

ネパール国
水資源省治水砂防局
公共事業省道路局

ネパール国
ナラヤンガート～ムグリン道路
防災管理計画調査

ファイナル・レポート
巻Ⅴ
要約

平成21年2月
(2009年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

環境

JR

09-013

ネパール国
水資源省治水砂防局
公共事業省道路局

ネパール国
ナラヤンガート～ムグリン道路
防災管理計画調査

ファイナル・レポート
巻Ⅴ
要約

平成21年2月
(2009年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

ファイナル・レポートの構成

巻	報告書名	言語
巻 I	Summary	英文
巻 II	Main Report	英文
巻 III	Data and Drawing	英文
巻 IV	Technical Guide	英文
巻 V	要約	和文
巻 VI	主報告書	和文

序 文

日本国政府はネパール国政府の要請に基づき、同国の「ナラヤンガート～ムグリン道路防災管理計画調査」にかかる開発調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成 19 年 7 月から平成 21 年 2 月までの間、日本工営株式会社の衛藤正敏氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ネパール国政府関係者と協議を行うとともに、共同で計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、対象区間をはじめネパール国内の効果的な道路災害リスク管理の促進につながるとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を頂いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 21 年 2 月

独立行政法人国際協力機構
理事 松本 有幸

平成 21 年 2 月

独立行政法人 国際協力機構
理 事 松本 有幸 殿

伝 達 状

謹啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

さて、ここにネパール国「ナラヤンガート～ムグリン道路防災管理計画調査」の最終報告書を提出いたします。

本報告書は、貴機構との契約に基づいて、平成 19 年 7 月から平成 21 年 2 月までの間、日本工営株式会社が、ネパール国水資源省治水砂防局（DWIDP）ならびに公共事業省道路局（DOR）との共同作業により実施した調査結果を取りまとめたものであります。

まず、ネパール事務所関係者および DWIDP に派遣中の専門家をはじめとして、貴機構から寄せられた貴重なご助言とご支援に対して厚くお礼を申し上げます。

また調査の遂行にあたっては、DWIDP および DOR から有益な意見をいただいたほか、本省および地方組織の職員からネパール国内各地において多くのご支援とご協力をいただきました。調査の終了にあたり、調査団は関係各位に深甚なる謝意を表する次第です。

終わりに、本調査の成果が調査対象区間をはじめとしてネパールの国道沿いの斜面において、合理的な道路土砂災害管理の改善に貢献することを切に望みます。

謹白

ネパール国 ナラヤンガート～ムグリン道路防災管理計画調査
日本工営株式会社
総括 衛藤 正敏

要 旨

1. 調査概要

調査背景

ナラヤンガート～ムグリン道路（以後、N-M 道路）は、ネパール国の国道ネットワークの中で最も重要な道路区間である。2003 年 7 月 30 日、集中豪雨によりこの道路区間で多くの斜面崩壊と土石流が発生した。また、この豪雨によりムグリンの西方約 4km に位置するルワ川でも大土石流が発生し、マルシャンディ発電所に甚大な被害をあたえた。そのためネパール政府は、公共事業省道路局（DOR）に対し道路復旧工事を実施させるとともに、水資源省治水砂防局（DWIDP）に対し土砂災害防止に向けた対策構造物の施工を実施させた。加えて、ネパール政府は、N-M 道路の重要区間において効率的かつ効果的な道路斜面災害のリスク管理システムを構築することを決定した。

そのような中、ネパール政府の技術支援の要請を受け、日本政府は「ナラヤンガート～ムグリン道路防災管理計画調査」を実施することを決定した。

調査目的

本調査の主な目的は次のとおりである。

- N-M 道路において斜面災害のリスク評価の結果を考慮した「基本戦略」を構築すること
- ルワ川・マルシャンディ発電所の土石流対策工計画を策定すること

調査手法

本調査は 2007 年 7 月から 2008 年 11 月まで、次に示す 3 フェーズに分けて実施された。

- フェーズⅠ：2007 年 7 月 - 2007 年 11 月：道路斜面災害リスク評価と基本戦略の計画
- フェーズⅡ：2007 年 12 月 - 2008 年 6 月：基本戦略に基づいたフィージビリティスタディとパイロットプロジェクトの準備
- フェーズⅢ：2008 年 7 月 - 2008 年 11 月：パイロットプロジェクトの実施 / モニタリング / 評価

本調査は DWIDP および DOR から構成されるカウンターパートチームと密接に協力しあうことにより、成功裏に実施された。

2. 調査地域の斜面災害の概要

調査対象地域はネパール国の中央南部に位置し、基盤岩はレッサーヒマラヤ帯およびシワ

リク帯の岩石より構成され、これらは主境界断層（MBT）によって分断される。MBT は対象路線のほぼ中央部 CH 14+500 付近を通過すると考えられ、MBT およびその周辺の断層帯の影響により、調査地域では岩盤が脆弱化し、地すべりや崩壊が比較的発生しやすい状態となっていると考えられる。

このような素因を持つ本地域において、2003 年 7 月末の豪雨により多数の地すべりや土石流が発生し、道路周辺に甚大な被害を与えた。

1998 年から 2006 年におけるデブガット雨量観測所における日雨量は、2003 年災害では累積雨量 446 mm に達し、その再現期間は 16 年であった（16 年に 1 度の豪雨に相当）。またこのときの最大時間雨量は 80 mm を超えた。

3. 斜面災害のハザード・リスク評価

空中写真判読等から、調査地域では約 30 箇所での地すべり地形が確認されたが、いずれの地すべりも現況では活動的でないことがわかった。しかしながら、現地踏査から、道路山側斜面ならびに横断溪流では、比較的崩壊が発生しやすい状況であることがわかった。

また、本調査において作成した「道路斜面災害評価シート」を用いて、対象区間の計 305 箇所（山側斜面 134 箇所、横断溪流 78 箇所、川側斜面 93 箇所）において道路斜面災害のリスク評価を実施した。

リスク評価の結果、2007 年時点での潜在年損失額（ALp）は 1 億 600 万ルピー/年と算定された。経済損失は、特に山側斜面において大きく（全体の ALp の約 66%）、次いで横断溪流（全体の ALp の約 32%）、川側斜面（全体の ALp の約 2%）の順であった。川側斜面の経済損失は DOR によって実施された対策工の効果により軽減していると判断できる。

ルワ川では 2003 年以降、砂防ダム等の建設が進められており、2007 年時点での潜在年損失額は 490 万ルピー/年であった。

4. ナラヤンガート～ムグリン道路における基本戦略

N-M 道路における 2003 年当時の斜面災害のリスクレベルは 1 億 9,400 万ルピー/年であったが、2007 年時点では 1 億 600 万ルピー/年と大きく軽減されている。これは、DOR により 2004 年から 2006 年にかけて実施された道路復旧工事、および DWIDP により 2004 年以降に実施されている土砂災害防止工事によるものである。

前述のリスク評価結果に基づいて、本プロジェクトにおける道路斜面災害のリスク管理における基本戦略をハード・ソフト両面から検討し策定した。以下に基本戦略を述べる。

基本戦略 I：追加対策工事

ALp が 100 万ルピー/年を越える 8 箇所（横断溪流 4 箇所、山側斜面 4 箇所）を選定し、構造物による追加対策工事を実施することとした。追加対策工事の総工費は 2 億 400 万ルピーである。

基本戦略 II：道路維持・緊急対応管理

道路土砂災害に対する常時・緊急時の道路維持作業は、毎年次、策定されている年次道路維持計画に基づいて、バラトプール地方道路事務所により実施されている。緊急対応管理（道路閉塞災害時の復旧）は、今後、道路早期情報システムを活用することにより、より効果を発揮する。

基本戦略 III：砂防施設の維持管理

選定した 6 溪流は、放置すると堆砂が進行し約 10 年後に許容潜在年損失額である 100 万ルピー/年を超えると考えられる。そこで、これら 6 溪流において除石することを提案し、その排砂費用は 130 万ルピー/年となった。また、DWIDP により関連砂防施設の点検がすでに実施され、その結果に基づいて今後の維持管理計画を策定することが重要である。

基本戦略 IV：道路早期情報システム / 基本戦略 V：コミュニティにおける減災活動

道路早期情報システムは、道路情報版、ウェブページ、FM 放送を通して、道路交通障害情報（道路閉塞、交通渋滞）や早期警報（豪雨、道路障害）を伝達するシステムである。

コミュニティにおける減災活動は、1) ハザードマップ作成、2) 防災教育、3) 早期警戒・避難システム、4) 簡易な斜面对策工、5) 植林と対策工計画から構成される。

これらのシステムは、地方レベルでの災害防止パートナーシップ（ステークホルダー間の良好な情報伝達）と密接に関係しているものであり、例えばコミュニティに設置された雨量計の情報が住民と道路利用者の両方に寄与することとなっている。

各基本戦略に対する総括評価

追加対策工事に対する便益費用比（BCR）は 2.0、砂防施設の排砂に対する BCR は 1.3 であった。これらの対策工事・除石を実施することにより N-M 道路から、ALp が 100 万ルピー/年を越える高リスク箇所がなくなる。残りのリスクについては、道路維持・緊急対応管理ならびに道路早期情報システムを通じて軽減させていくことが効果的である。

5. パイロットプロジェクト：道路早期情報システムとコミュニティにおける減災活動

基本戦略のうち、IV：道路早期情報システムと V：コミュニティにおける減災活動は、ネパール政府にとって新たな試みである。そのため、これらのシステムの試運用を、パイロットプロジェクトとしてカウンターパートならびに関連機関によって実施することとした。

パイロットプロジェクトの関連機関は次のとおり。

- バラトプール地区道路事務所 (DRO)
- チトワン郡警察署 (DPO)
- カビラシ村落開発委員会 (VDC)
- ムグリン～ナラヤンガート洪水土砂災害防除プロジェクト (MNWIDPP) 事務所、治水砂防局第三地方事務所
- カリカ FM

パイロットプロジェクトは、郡行政局長を長とし、上述の関連機関から選出されたメンバーによって組織された地方レベルの計画・評価委員会によって実施された。

中央省庁レベルの支援委員会は、DWIDP を長として内務省 (MOHA)、DOR、地方社会基盤開発・農道局 (DoLIDAR) によって構成される。

パイロットプロジェクトは成功裏に実施され、2008 年 11 月に行なわれた計画・評価委員会では、今後の持続可能なシステム運用に関して以下の方針が提示された。

- 計画・評価委員会は、毎年 5 月 (雨季前) および 11 月 (雨季後) の 2 回実施することとする。
- これらの計画・評価委員会は、チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会に含まれるものとする。
- 合同演習は毎年 5 月 (雨季前) に実施することとする。

また、道路早期情報システムおよび早期警戒・避難システムで用いている豪雨の警戒基準は、「12 時間半減換算積算雨量」を採用しており、N-M 道路のさまざまなハザードタイプ (斜面崩壊、地すべり、土石流) の特徴を網羅する上で精度が高いものであり、日本の幹線国道の災害履歴に基づいて設定されたものである。

DWIDP は、今後、システム運用の調整、ならびにデータの解析を実施していくこととする。将来的には蓄積したデータを解析し、警戒基準を修正していくことが望ましい。

6. ルワ川流域・マルシャンディ発電所の構造物対策

発電所保護のための対策は次のとおりとする。

- a) 砂防ダムの排砂：8,500m³
- b) 発電所本体防護のための土石流導流工：右岸 207m、左岸 57m、合計 267m

工費は約 1,840 万ルピーであり、その費用便益比は 2.0 である。

7. 技術移転

より効率的かつ効果的な技術移転に向けて、本調査では「砂防と道路斜面对策に関する技術指針」と題した技術参考資料を別冊資料としてとりまとめた。

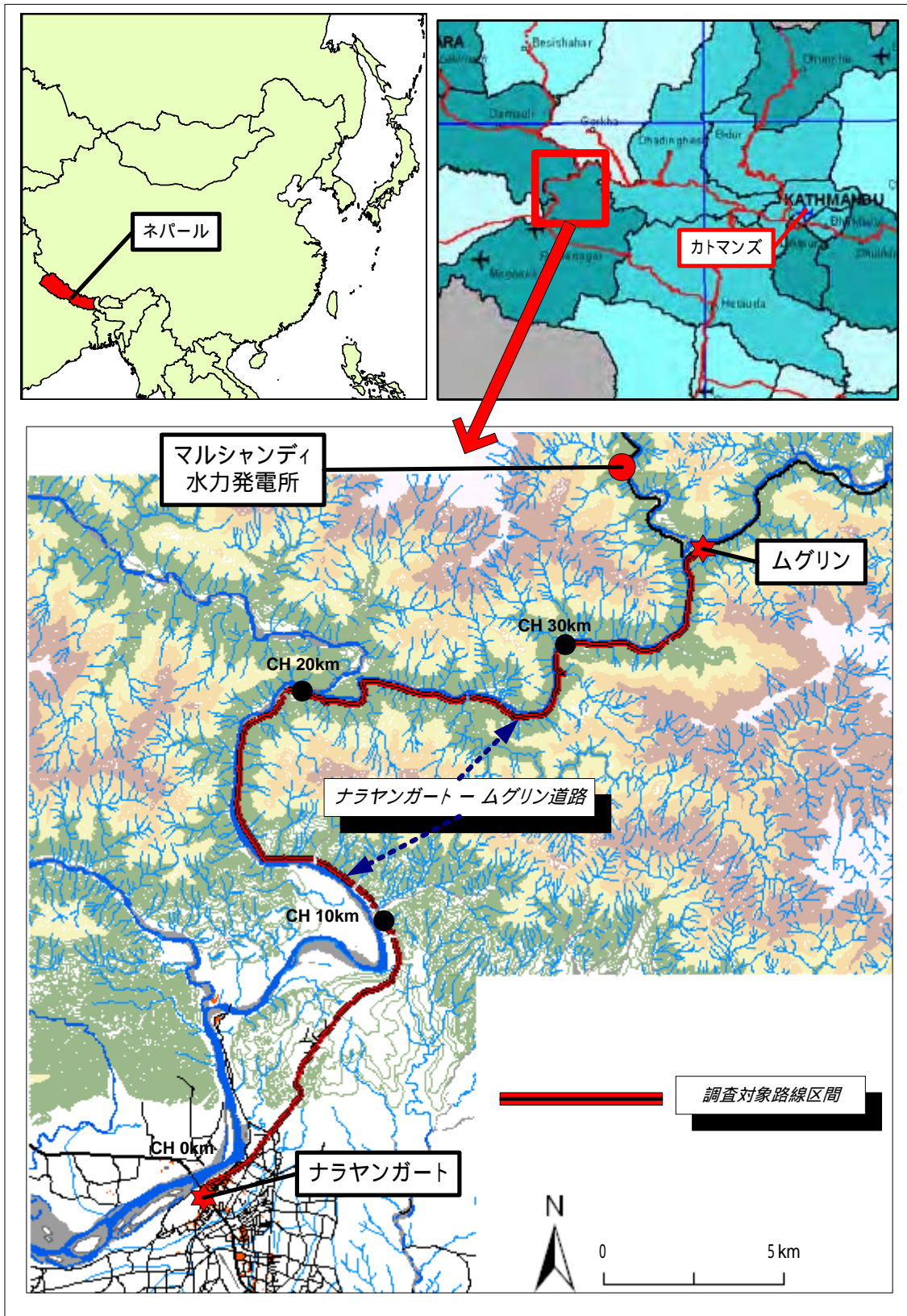
道路早期情報システムおよび早期警戒・避難システムに関する技術移転は、パイロットプロジェクト期間中のセミナー、ワークショップ、実地訓練を通して、関連機関に行われた。

防災教育に関しては、カピラシ村の村人や生徒に向けた、ネパール語で書かれた教科書を作成し、2008年の9月～10月にかけて防災教育を実施した。今後はDWIDPが調整役として防災教育に取り組んでいくこととする。

8. 提言

土砂災害管理の基本戦略は、対象区間に焦点を合わせて作成したものである。しかしながら、基本戦略の全てのプログラムは、ネパール国国道のうち土砂災害管理が必要なほかの区間にも適用可能である。近い将来、この手法を他区間に適用して合理的な土砂災害の管理システムを構築することを進言する。

また、コミュニティにおける早期警戒・避難システムも他に地域に導入することで犠牲者の削減が可能となる。さらに道路早期情報システムとの連携が、より効果的な道路斜面災害のリスク管理を実現する。



調査位置図

斜面災害管理に関わる用語の定義

<u>用 語</u>	<u>定 義</u>
変状・異常 (Disturbance)	: 斜面および道路構造体の変形、および道路部分に到達しない斜面崩壊。
RCD 道路閉塞災害 (Road Closure Disaster)	: 道路の全幅もしくは一部分の閉鎖の原因となる災害。道路を閉鎖しない変形や崩壊は必ずしも RCD とはみなさず、単なる変状・異常とみなす。
損失 (Loss)	: 災害によって生じた損害の金額で、特に道路再開費用、人命損失、道路迂回費用の和と定義される。
リスク (Risk)	: 災害の潜在的頻度と規模により特性化されるすべての損害。年間総損失はリスクのひとつの表現である。リスクは、当調査の場合には、道路および道路利用者に対する顕在的な危険と定義される「危険因子 (hazard)」とは区別される。
FRCd 道路閉鎖災害年間頻度	: ひとつの斜面に対する RCD の年間発生件数 (道路閉塞災害数/年)。
FRCdp	: 潜在道路閉塞災害頻度
FRCda	: 実績道路閉塞災害頻度
AL 道路閉鎖災害による年損失額	: 道路斜面や横断渓流を発生源とする災害による年損失額 (ルピー/年)。
ALp	: 潜在道路閉塞災害による年損失額
ALa	: 実績道路閉塞災害による年損失額
IRCD 道路閉鎖災害強度	: ひとつの道路区間に対する RCD の単位距離当たりの年間平均発生件数、つまり、道路区間内の各斜面の FRCd の総和をその道路区間の長さで除したもの (ルピー/年/km)。
IALp	: 潜在道路閉塞災害強度
IALa	: 実績道路閉塞災害強度
CH. 道路距離呈	: 道路の起点からの距離を、 km+ m の様にキロメートルポストとポストからの距離をメートルで表示したもの。

略語 (Acronyms/Abbreviations)

AADT	Average Annual Daily Traffic 日平均交通量
ACLoV	Average Cancellation Loss of Vehicles 1 車輦当たりの平均交通取り止めに伴う損失
ADB	Asian Development Bank アジア開発銀行
ADLoV	Average Detour Loss of Vehicles 1 車輦当たりの平均迂回損失
ADPC	Asian Disaster Preparedness Center アジア災害準備センター
ADRC	Asian Disaster Reduction Center アジア防災センター
ALE	Average Life Expectancy at birth 平均余命
ALp	Potential Annual Loss of a site 1 地点の潜在年損失額
ANHD	Average Numbers of Human Deaths per RCD 1 道路閉塞災害当たりの平均死亡者数
ANVL	Average Numbers of Vehicles Loss per RCD 1 道路閉塞災害当たりの平均損失車輦数
AR	Automatic Rain gauge 自記記録雨量計
ARMP	Annual Road Maintenance Plan 年次道路維持計画
ARR	Assistant Resident Representative アシスタント レジデント レプリゼンタティブ
ASLoV	Average traffic Suspension Loss of Vehicles 1 車輦当たりの平均通行止めに伴う損失
ATP	Average Traffic Persons of a vehicle 1 車輦当たりの平均乗員
AVS	Average Vehicle Speed 平均車輦速度
AWLoV	Average Waiting Loss of Vehicles 車輦の平均待機損失
BCR	Benefit Cost Ratio 便益費用比
C	Cost 費用
CARE	Cooperative for American Relief Everywhere CARE/ケア (NGO)
CBS	Central Bureau of Statistics 中央統計局
CDMA	Code division multiple access 符号分割多元接続方式
CDO	Chief District Officer 郡行政局長

CEM	Coefficient of Effectiveness of Structural Measure Effectiveness for FRCDp 潜在道路閉塞災害発生頻度に対する構造物対策工の効果係数
CH	Chainage 道路距離呈
CP	Cancellation Percentage 交通取り止め率
C/P	Counterpart(s) or Counterpart Organization(s) カウンターパート、あるいはカウンターパート組織
CPoWTP150	Cancellation percentage of Willingness to Pay equal to over than Rs 150 交通取り止めのうち代替交通路に 150 ルピー以上の支払意志がある車輛の率
CPoWTP300	Cancellation percentage of Willingness to Pay equal to over than Rs 300 交通取り止めのうち代替交通路に 300 ルピー以上の支払意志がある車輛の率
CPoWTP<150	Cancellation Percentage of Willingness to Pay under than Rs 150 instead of waiting 交通取り止めのうち代替交通路に 150 ルピー以上は支払意志が無い車輛の率
DAL	Decrease in Annual loss due to structural measure 構造物対策による年損失額の削減額
DALy	Decrease in Annual Loss due to structural measure of y year y 年における構造物対策による年損失額の削減額
DDC	District Development Committee 郡開発委員会
DDO	District Development Office 郡開発事務所
DG	Director General 局長
DDG	Deputy Director General 副局長
DEM	Digital Elevation Model 数値標高モデル
DF	Debris Flow 土石流
DFID	Department for International Development 英国国際開発省
DF/R	Draft Final Report ドラフトファイナルレポート
DHM	Department of Hydrology and Meteorology, Ministry of Environment, Science and Technology 環境科学技術省 水文気象局
DP	Detour Percentage 迂回率
DPdNH	Detour Percentage divert to Naubise or Hetauda ナウピセあるいはヘタウダへの迂回率
DPdPB	Detour Percentage divert to Pokhara or Butawal ポカラあるいはプトワルへの迂回率
DPO	District Police Office 郡警察署
DMG	Department of Mines and Geology, Ministry of Industry Commerce and Supplies

	工商業調達省 鉱業地質局
DMSPP	Disaster Mitigation Support Program Project 減災支援プログラム プロジェクト
DoLIDAR	Department of Local Infrastructure Development and Agriculture Road, Ministry of Local Development 地方開発省 地方社会基盤開発・農道局
DOR	Department of Roads, Ministry of Physical Planning and Works 公共事業省 道路局
DOS	Department of Survey, Ministry of Land Reform and Management 土地改良管理省 調査局
DPTC	Disaster Prevention Training Center 防災訓練センター
DR	Discount Rate 割引率
DRO	District Road Office 地方道路事務所
DTM	Department of Transport Management, Ministry of Labor and Transport Management 労働・交通管理省 交通管理局
DWIDP	Department of Water Induced Disaster Prevention, Ministry of Water Resources 水資源省 治水砂防局
EIA	Environmental Impact Assessment 環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return 経済的内部収益率
ENPV	Economic Net Present Value 経済的純現在価値
E/R	Evaluation Report エヴァリュエーションレポート
EU	European Union 欧州連合
FCR	Fixed Cost for Reopening of a RCD 道路閉塞復旧費の固定費
F/R	Final Report ファイナルレポート
FRCD	Frequency of Road Closure Disaster of a site 箇所別 道路閉塞災害の年発生回数
FRCDa	Actual Frequency of Road Closure Disaster of a site 箇所別 道路閉塞災害頻度の実年発生回数
FRCDabm	Actual Frequency of RCD of a site before structural measure is installed 箇所別 道路閉塞災害の実年発生回数の構造物対策前値
FRCDp	Potential Frequency of Road Closure Disaster of a site 箇所別 潜在的道路閉塞災害の年発生回数
FRCDpom	Potential Frequency of Road Closure Disaster of a site without structural measure 構造物対策の効果を見込まない、箇所別 潜在的道路閉塞災害の年発生回数
FRCDpwm	Potential Frequency of Road Closure Disaster with structural measure 構造物対策の効果を見込んだ、箇所別 潜在的道路閉塞災害の年発生回数
FS	Frequency Score for FRCDp FRCDp 算定用頻度スコア

F/S	Feasibility Study フィージビリティスタディ
FTP	File Thrasher Protocol ファイル転送プロトコル
GDP	Gross Domestic Product 国内総生産
GIS	Geographic Information System 地理情報システム
GON	Government of Nepal ネパール政府
GPS	Global Positioning System 衛星利用測位システム
GTZ	Technical Cooperation of the Federal Republic of Germany ドイツ技術協力公社
GWHa	Actual Gross Working Hours 実総労働時間
HLLp	Potential Value of Human Lives Loss of a RCD 1 道路閉塞災害当たりの潜在的人身損失
IALp	Potential Intensity of Annual Loss of a section 道路区間における 1km 当たりの潜在的年損失額
INGO	International Non-Governmental Organization 世界非政府組織機構
IC/R	Inception Report インセプションレポート
ICIMOD	Integrated Centre for Integrated Mountain Development 国際総合山岳開発センター
IEE	Initial Environmental Evaluation 初期経済影響評価
IRCD	Intensity of Road Closure Disaster 道路閉塞災害の発生密度
IRCDp	Potential Intensity of Road Closure Disaster of a section 潜在道路閉塞災害の発生密度
IRCS	International Red Cross Society 国際赤十字協会
IT/R	Interim Report インテリムレポート
JICA	Japan International Cooperation Agency 独立行政法人国際協力機構
LF	Lobar Force 労働人口
Lp	Potential Loss of a RCD 1 道路閉塞災害当たりの潜在被害
LRCpoF	Potential Length of Road Closure section of Full width of a RCD 全幅員閉塞道路災害の潜在閉塞延長
LRCpoP	Potential Length of Road Closure section of Partial width of a RCD 部分幅員閉塞道路災害の潜在閉塞延長
LS	Length of Section 道路区間延長
LTSp	Potential Losses of Traffic Suspension of a RCD 1 道路閉塞災害当たりの潜在通行止めに伴う被害額

LWS	Lutheran World Services ルーテル世界サービス
MBT	Main Boundary Thrust 主境界断層
MCT	Main Central Thrust 主中央断層
MFT	Main Frontal Thrust 主前線断層
M/M	Minutes of Meeting 協議議事録
M-N	Mugling-Narayangharh ムグリン～ナラヤンガート
MNWIDPP	Mugling-Narayangharh Water Induced Disaster Prevention Project ムグリン～ナラヤンガート洪水土砂災害防除プロジェクト
MOEST	Ministry of Environment Science and Technology 環境科学技術省
MOFSC	Ministry of Forests and Soil Conservation 林野土壌保全省
MOHA	Ministry of Home Affairs 内務省
MOIC	Ministry of Information and Communication 情報通信省
MOLD	Ministry of Local Development 地方開発省
MOLT	Ministry of Labour and Transport Management 労働・交通管理省
MOPPW	Ministry of Physical Planning and Works 公共事業省
MOWR	Ministry of Water Recourses 水資源省
M/P	Master Plan マスタープラン
MSL	Mean Sea Level 平均海水準
NAR	Non Automatic Rain Gauge 非自記雨量計
NCDp	Numbers of Predicted Closure Days of the whole width of the road on the survey site per RCD 当該箇所における1災害当たり想定全幅員閉塞日数
NCDpV	Numbers of predicted Closure Days of a Vehicle 1 車輛当たりの想定閉塞日数
NCHpV	Numbers of predicted Closure Hours of a Vehicle 1 車輛当たりの想定閉塞時間
NDRA	The Natural Disaster Relief Act 国家災害救済法
NEA	Nepal Electric Authority ネパール電力公社
NGIIP	National Geographic Information Infrastructure Program 国家地理情報公共事業プログラム
NGO	Non Government Organization

	非政府団体
NK	Nippon Koei Co., Ltd. 日本工営株式会社
N-M	Narayangharh-Mugling ナラヤンガート～ムグリン
Nos.	Numbers 数、個、件
NORAD	Norwegian Agency for Development Cooperation ノルウェー開発協力機構
NPC	National Planning Commission 国家計画委員会
NPO	Nonprofit Organization 特定非営利活動法人
NWP	Non-Waiting Percentage 非待機率
O-D	Origin – Destination 起終点
PDM	Project Design Matrix プロジェクトデザインマトリクス
PIP	Priority Investment Plan 優先投資計画
PM	Project Manager プロジェクトマネージャー
PMED	Planning Monitoring and Evaluation Division 計画計測評価部
POP	Population 人口
PP	Pilot Project(s) パイロットプロジェクト
PPD	Policy and Planning Division 企画課
PR/R	Progress Report プログレスレポート
PVC	Poly-Vinyl Chloride ポリ塩化ビニル
Q/N	Questionnaire 質問表
RCD	Road Closure Disaster 道路閉塞災害
RCDp	Potential Road Closure Disaster 潜在的な道路閉塞災害
RCp	Potential Reopening Cost of a RCD 1 道路閉塞災害当たりの潜在的な復旧費
RF	Rock Fall 落石
RRN	Rural Reconstruction Nepal, NGO ルーラル リコンストラクション ネパール (NGO)
RRR	Risk Reduction Ratio リスク低減率
Rs	(Nepalese) Rupee

	(ネパール) ルピー
RSL	Road Section Length 道路区間延長
S/C	Steering Committee ステアリングコミティ
SCF	Save the Children Found セーブザチルドレン基金
SDC	Swiss Development Corporation スイス開発協力
SF	Slope Failure 斜面崩壊
SL	Slide or Landslide すべり、あるいは地すべり
SPM	Suspended Particulate Matter 浮遊粒子状物質
SRN	Strategic Road Network 戦略的道路網
S/W	Scope of Work 実施細則
TA	Technical Assistance 技術協力
TCR	Travel Conversion Ratio 交通転率
The Study	The Study on the Disaster Risk Management for Narayangharh – Mugling Highway ナラヤンガート～ムグリン道路防災管理計画調査
The Team	The JICA Study Team 国際協力機構開発調査団
TOR	Terms of Reference 業務仕様書
TSDC	Transport Sector Development Project 交通分野開発事業
UCLp	Unit Potential Losses due to Cancellation of trip per vehicle per RCD 1 車輦 1 災害当たりの交通取り止めに伴う損失
UDL	Unit Detour Loss 1 車輦当たりの迂回損失単価
UDLdNH	Unit Detour Loss of a Vehicle when divert to Naubise or Hetauda ナウビセあるいはヘタウダへ迂回した場合の 1 車輦当たりの迂回損失単価
UDLdPB	Unit Detour Loss of a Vehicle when divert to Pokhara or Butawal ポカラあるいはプトワルへ迂回した場合の 1 車輦当たりの迂回損失単価
UHL	Unit Value of Human Lives Loss 人身損失単価
ULTS	Unit Loss of Traffic Suspension of a vehicle 1 車輦当たりの道路通行止めに伴う損失
UMN	United Mission to Nepal ユニット ミッション トウ ネパール
UNDP	United Nations Development Program 国連開発計画
URCpMoF	Unit Reopening Cost per one meter length of Full width road closure 全幅員道路閉塞 1 m 当たりの復旧費単価

URCpMoP	Unit Reopening Cost per one meter length of Partial width road closure 部分幅員道路閉塞 1 m 当たりの復旧費単価
U.S.	United State of America アメリカ合衆国
USAIDM-N	United States Agency for International Development Mission to Nepal 米国際開発庁ネパール派遣団
UVOC	Unit Vehicle Operation Cost per km per vehicle 1 キロメートル 1 台当たりの車輛走行費用単価
UVL	Unit Value of Vehicle Loss 車輛損失単価
UVTT	Unit Value of Traffic Time of a vehicle 1 台当たりの交通時間価値単価
UWL	Unit Waiting Loss of a vehicle 1 台当たりの待機損失単価
VDC	Village Development Committee 村落開発委員会
VLP	Potential value of Vehicle Loss of a RCD 1 道路閉塞災害当たりの潜在車輛損失額
VOC	Vehicle Operation Cost 車輛走行費用
WB	World Bank 世界銀行
WFP	World Food Programme 国連世界食料計画
W/G	Working Group (comprising of the C/P) ワーキンググループ (カウンターパートよりなる)
WH	Waiting Hours 待機時間
WP	Waiting Percentage 待機率
W/S	Workshop ワークショップ
WTP	Willingness To Pay 支払い意志額
y	Year from countermeasure installation 対策実施後の経過年数

計測単位

Area 面積

cm² = Square-centimeters (1.0 cm x 1.0 cm)
平方センチメートル

m² = Square-meters (1.0 m x 1.0 m)
平方メートル

km² = Square-kilometers (1.0 km x 1.0 km)
平方キロメートル

ha = Hectares (10,000 m²)
ヘクタール

Length 距離

mm = Millimeters
ミリメートル

cm = Centimeters (cm = 10 mm)
センチメートル

m = Meters (m = 100 cm)
メートル

km = Kilometers (Km = 1,000 m)
キロメートル

Currency 通貨

Rs = Nepalese rupee
ネパール ルピー

Volume 体積

cm³ = Cubic-centimeters (1.0 cm x 1.0 cm x 1.0 cm or 1.0 milliliter)
立方センチメートル

m³ = Cubic-meters (1.0 m x 1.0 m x 1.0 m or 1.0 kiloliter)
立方メートル

L = Liter (1,000 cm³)
リットル (1,000 立方センチメートル)

mL = milliliter (1/1,000 L)
ミリリッター (1/1,000リットル)

Weight 重さ

G = Grams
グラム

kg = Kilograms (1,000 g)
キログラム (1,000 グラム)

ton = Metric tone (1,000 kg)
メートル法トン (1,000キログラム)

Time 時間

S = Second
秒

min = Minutes (60 s)
分 (60分)

hr = Hours (60 min)
時間 (60分)

ネパール国

ナラヤンガート～ムグリン道路防災管理計画調査

ファイナル・レポート

巻 V 要約

目 次

ファイナル・レポートの構成

序文

伝達状

要旨

調査位置図	i
斜面災害管理に関わる用語の定義.....	ii
略語 (Acronyms/Abbreviations)	iii
計測単位	xi

Page

第 1 章 序論	1-1
1.1 調査の背景	1-1
1.2 調査の目的	1-1
1.3 調査地域	1-2
1.4 調査の実施体制	1-2
1.4.1 ステアリングコミッティ	1-3
1.4.2 カウンタパートチーム	1-3
1.4.3 テクニカルワーキンググループ	1-3
1.4.4 JICA 調査団	1-4
1.5 実施期間と作業項目	1-4
第 2 章 ナラヤンガート～ムグリン道路の斜面災害の概要	2-1
2.1 調査地域における斜面災害に係る自然条件.....	2-1
2.1.1 地形および地質	2-1
2.1.2 気象.....	2-2
2.2 調査地域の社会条件	2-3
2.2.1 調査地域概要.....	2-3
2.2.2 カビラシ村の社会条件.....	2-4

2.2.3	国家レベルでの防災活動.....	2-4
2.2.4	調査地域での降水の特徴.....	2-5
2.3	2003年ナラヤンガート～ムグリン道路災害の状況.....	2-7
2.3.1	2003年災害の特徴.....	2-7
2.3.2	2003年災害の損失.....	2-7
2.4	ルワ川流域（マルシャンディ発電所）の土砂災害.....	2-9
2.4.1	土砂災害の発生状況.....	2-9
2.4.2	被災の状況.....	2-10
第3章	斜面災害のハザード・リスク評価.....	3-1
3.1	ナラヤンガート～ムグリン道路の斜面災害タイプ.....	3-1
3.2	地すべりサイトの安定度調査.....	3-2
3.2.1	選定したサイト.....	3-2
3.2.2	サイトの状況.....	3-2
3.2.3	調査結果.....	3-3
3.2.4	道路沿いの大規模地すべりの可能性.....	3-6
3.3	道路斜面災害のリスクアセスメント.....	3-7
3.3.1	リスクアセスメントの概要.....	3-7
3.3.2	作業の流れ.....	3-9
3.3.3	道路斜面アセスメントシート.....	3-10
3.4	リスクアセスメントの結果.....	3-12
3.4.1	ナラヤンガート～ムグリン道路.....	3-12
3.4.2	ルワ川/ マルシャンディ水力発電所.....	3-17
第4章	ナラヤンガート～ムグリン道路における基本戦略と フィージビリティスタディ.....	4-1
4.1	概要.....	4-1
4.1.1	基本戦略立案の方針.....	4-1
4.1.2	現況潜在リスクの把握.....	4-1
4.1.3	基本戦略の要素.....	4-2
4.2	追加対策工事.....	4-3
4.2.1	リスクレベルの目標設定.....	4-3
4.2.2	追加対策工事検討地点の選定.....	4-3
4.2.3	構造物対策工の検討と経済評価.....	4-3
4.2.4	施工計画.....	4-3
4.3	道路維持・緊急対応管理.....	4-5
4.3.1	年次計画による道路施設の維持管理.....	4-5
4.3.2	維持管理の年間コストと経済評価.....	4-5
4.3.3	改善点の進言.....	4-6
4.4	砂防施設の維持管理.....	4-7

4.4.1	実施機関.....	4-7
4.4.2	維持管理の主要作業.....	4-7
4.4.3	砂防施設維持管理の流れ.....	4-7
4.4.4	堆積土砂の除石.....	4-7
4.4.5	砂防施設の修繕.....	4-9
4.5	道路早期情報システム.....	4-9
4.5.1	目的.....	4-9
4.5.2	対象地域.....	4-9
4.5.3	システムの概要.....	4-10
4.5.4	システムの運用.....	4-11
4.5.5	システムの費用と経済性評価.....	4-12
4.6	コミュニティにおける減災活動.....	4-13
4.6.1	目的.....	4-13
4.6.2	対象地域.....	4-13
4.6.3	活動の概要.....	4-13
4.6.4	システム費用と経済性評価.....	4-13
4.7	組織制度/予算計画.....	4-15
4.7.1	担当組織.....	4-15
4.7.2	基本戦略の必要経費.....	4-15
4.8	プログラム/制度の評価.....	4-15
4.8.1	社会・環境評価.....	4-15
4.8.2	統括評価.....	4-16
第5章	パイロットプロジェクトⅠ：道路早期情報システム.....	5-1
5.1	パイロットプロジェクトⅠの手順.....	5-1
5.2	パイロットプロジェクトⅠの実施体制.....	5-1
5.2.1	運営に伴う委員会、実施班の立ち上げ.....	5-1
5.2.2	システム設計.....	5-3
5.2.3	システム構築・設置.....	5-5
5.2.4	現地説明会.....	5-5
5.3	パイロットプロジェクトⅠの実施.....	5-6
5.3.1	道路早期情報システムの運用.....	5-6
5.3.2	29KM+850 地点の岩石崩壊による道路閉鎖の経過.....	5-6
5.3.3	パイロット期間中の降雨.....	5-7
5.4	パイロットプロジェクトⅠの評価.....	5-8
5.4.1	評価のまとめ.....	5-8
5.4.2	成果の評価.....	5-9
5.4.3	プロジェクト目標の評価.....	5-12
5.4.4	上位目標の評価.....	5-13
5.4.5	組織の評価.....	5-14

第6章	パイロットプロジェクトⅡ：カピラシ村における減災活動	6-1
6.1	パイロットプロジェクトⅡの目的と対象地域	6-1
6.2	パイロットプロジェクトⅡの項目	6-2
6.3	パイロットプロジェクトⅡの実施体制	6-3
6.4	草の根事業との連携	6-4
6.5	パイロットプロジェクトⅡの実施	6-5
6.5.1	ハザードマップ作成	6-5
6.5.2	防災教育	6-5
6.5.3	早期警戒・避難システム運用	6-6
6.5.4	簡易な斜面对策工	6-8
6.5.5	植林と斜面对策工計画	6-9
6.6	パイロットプロジェクトⅡの評価	6-11
6.6.1	評価のまとめ	6-11
6.6.2	成果の評価	6-11
6.6.3	プロジェクト目標の評価	6-13
6.6.4	上位目標の評価	6-14
第7章	ルワ川流域/マルシャンディ発電所の構造物対策	7-1
7.1	方針と設計	7-1
7.1.1	構造物対策工の計画	7-1
7.1.2	対策工の設計	7-2
7.1.3	施工計画	7-2
7.1.4	事業費積算及び費用便益分析	7-3
7.2	事業評価	7-4
7.2.1	社会環境	7-4
7.2.2	総合評価	7-4
第8章	技術移転	8-1
8.1	構造物対策工に関する助言	8-1
8.1.1	経緯	8-1
8.1.2	目的	8-1
8.1.3	テクニカルガイドの概要	8-1
8.2	災害情報システムならびに防災教育に関する技術移転	8-2
8.2.1	災害情報システム	8-2
8.2.2	防災教育	8-2
第9章	結論と提言	9-1
9.1	結論	9-1
9.1.1	ナラヤンガート～ムグリン道路の斜面災害リスクレベル	9-1

9.1.2	土砂災害管理の基本戦略.....	9-1
9.1.3	基本戦略の実施計画.....	9-3
9.1.4	ルワ川の砂防計画.....	9-3
9.1.5	実施組織の編成.....	9-3
9.2	自立発展性に向けた提言.....	9-4
9.2.1	基本戦略の継続的实施.....	9-4
9.2.2	基本戦略の全国的展開.....	9-4
9.2.3	災害情報システムの利活用と全国的展開.....	9-4
9.2.4	土砂災害対策工事に関する技術上の助言.....	9-6

目 次

図 1.2.1 最終目的と調査大項目との関係.....	1-2
図 1.4.1 調査の実施体制.....	1-3
図 2.1.1 バラトプール観測点の最高気温.....	2-2
図 2.2.1 カビラシ村の洪水・土砂災害リスク地区.....	2-4
図 2.3.1 N-M 道路におけるハザードマップ.....	2-7
図 2.4.1 土石流発生前後の土砂流動状況.....	2-9
図 3.1.1 道路斜面災害のハザード・リスク評価（調査）の流れ.....	3-1
図 3.2.1 SL-1 の平面図と断面図.....	3-3
図 3.2.2 SL-2 の平面図と断面図.....	3-4
図 3.2.3 SL-3 の平面図と断面図.....	3-4
図 3.2.4 SL-4 の平面図と断面図.....	3-5
図 3.3.1 道路斜面災害のリスク指標の関係.....	3-7
図 3.3.2 ある箇所の潜在道路閉塞災害発生頻度（FRCDp）の算出構造.....	3-7
図 3.3.3 ある箇所の潜在年間損失（ALp）の算出構造.....	3-8
図 3.3.4 N-M 道路の斜面災害リスク・構造物対策の経済性評価の手順.....	3-9
図 3.3.5 道路斜面アセスメントシートの構造.....	3-10
図 3.4.1 斜面タイプによる N-M 道路の潜在的年間損失額（ALp）の 2007 年値.....	3-12
図 3.4.2 潜在的年間損失（ALp）のハザード.....	3-13
図 3.4.3 道路区間 1km 当たりの斜面災害リスク指標の算出プロセス.....	3-15
図 3.4.4 ルワ川/マルシャンディ水力発電所のリスク評価の手順.....	3-17
図 4.1.1 道路斜面災害リスク管理方針.....	4-1
図 4.1.2 基本戦略の構成と斜面災害リスク管理.....	4-2
図 4.2.1 パッケージ 1、3 の作業工程表.....	4-4
図 4.2.2 パッケージ 2 の作業工程表.....	4-5
図 4.4.1 砂防施設維持管理の流れ.....	4-7
図 4.4.2 除石の概念図.....	4-8
図 4.5.1 N-M 道路早期情報システムの概念図.....	4-10
図 4.7.1 基本戦略実施の担当組織.....	4-15
図 5.1.1 実施手順.....	5-1
図 5.2.1 チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会組織図.....	5-2
図 5.2.2 雨量計設置位置.....	5-3
図 5.2.3 道路早期情報システム概念図.....	5-4
図 5.4.1 システム実行に向けた情報の流れ概念図.....	5-15
図 6.3.1 カビラシ村防災組織.....	6-3
図 6.5.1 豪雨時の早期警戒・避難システムの情報連絡.....	6-7
図 6.5.2 CH 11km+500 地点横断溪流における簡易な斜面对策工事.....	6-9
図 7.1.1 土石流導流工効果の概念図.....	7-1
図 7.1.2 土石流導流工の標準断面図.....	7-2

図 7.1.3 土石流導流工の施工手順.....	7-3
図 7.1.4 土石流導流工の施工スケジュール.....	7-3

表 目 次

表 1.4.1 JICA 調査団の構成員	1-4
表 1.5.1 調査の期間と項目	1-5
表 2.1.1 調査地域の地層および岩石	2-2
表 2.2.1 24 時間積算雨量と換算積算雨量値の各年最大値の再現期間	2-6
表 2.2.2 換算積算雨量値による予警報しきい値（案）	2-6
表 2.3.1 2003 年災害と 2006 年災害の被災状況表	2-8
表 2.3.2 2003 年災害の道路での被災	2-8
表 2.3.3 DOR における道路復旧対策構造物（2003 年）	2-8
表 3.2.1 選定したサイトの状況	3-2
表 3.2.2 地すべりハザードの評価（SL-1、SL-2、SL-3、SL-4）	3-6
表 3.3.1 道路斜面災害リスクと構造物対策のフィージビリティ評価シートの項目	3-11
表 3.4.1 2007 年における ALp リスクレベルによる分類	3-14
表 3.4.2 ALp1.0 百万ルピー/年以上の高リスク 12 箇所	3-14
表 3.4.3 N-M 道路の斜面災害リスクの概要	3-16
表 3.4.4 2003 年 7 月豪雨災害の損失額の 2007 年価格値	3-17
表 4.1.1 2003 年時点とリスク現在値	4-1
表 4.2.1 潜在年損失額：ALp 額区分別リスク状況	4-3
表 4.2.2 選定箇所における実施計画	4-4
表 4.3.1 当該区間の道路維持管理 2008/2009 年次の計画予算	4-5
表 4.3.2 道路維持・緊急対応管理の費用と効果	4-6
表 4.3.3 日常管理時の着眼点	4-6
表 4.4.1 堆積土砂の除石の検討が必要な既往砂防ダム	4-8
表 4.5.1 雨量による警報基準	4-10
表 4.5.2 道路早期情報システムの費用	4-12
表 4.5.3 道路早期情報システムの便益	4-13
表 4.6.1 カビラシ村早期警戒・避難システムの費用	4-14
表 4.8.1 配慮すべき環境社会配慮項目と実施上の留意点	4-16
表 4.8.2 各基本戦略の統括的評価	4-17
表 5.2.1 道路早期情報システム実施班の役割	5-2
表 5.2.2 換算積算雨量値による予警報しきい値（案）	5-4
表 5.2.3 雨量情報の提供項目と内容	5-5
表 5.2.4 通行障害情報の提供項目と内容	5-5
表 5.4.1 パイロットプロジェクト I：道路早期情報システムの評価まとめ	5-8
表 5.4.2 合同演習直後の各職員に対するヒアリング結果	5-9
表 5.4.3 合同演習直後のカビラシ村村民に対するヒアリング結果	5-9

表 5.4.4 (1) パイロットプロジェクト中の道路早期情報システムの評価(1).....	5-10
表 5.4.4 (2) パイロットプロジェクト中の道路早期情報システムの評価(2).....	5-11
表 5.4.5 パイロットプロジェクト中のカビラシ村早期警戒・避難システムの評価.....	5-12
表 5.4.6 2008 年 6 月における運転手へのアンケート結果.....	5-13
表 5.4.7 2008 年 8 月における運転手へのアンケート結果.....	5-13
表 5.4.8 パイロットプロジェクトにおける各組織の評価.....	5-14
表 6.1.1 カビラシ村における減災活動の目的及び対象地域.....	6-1
表 6.2.1 カビラシ村における減災活動の活動項目、工程、投入資源等.....	6-2
表 6.4.1 調査団・シャプラニールとの連携方針.....	6-4
表 6.5.1 ハザードマップの諸元.....	6-5
表 6.5.2 リーダー用防災テキストの内容.....	6-6
表 6.5.3 豪雨時の警戒予報基準値（12 時間換算積算雨量）.....	6-7
表 6.5.4 システム運用時の役割.....	6-8
表 6.5.5 調達材料（ローカル NGO 契約を含む）.....	6-9
表 6.6.1 パイロットプロジェクト II：カビラシ村における減災活動の評価まとめ.....	6-11
表 7.1.1 工事概算数量.....	7-2
表 7.1.2 費用便益分析結果.....	7-4

なお本文中の図表のうち、特に引用元が記載されていないものは、JICA 調査団作成による。

第 1 章

序論

1.1 調査の背景

ネパール国（以下、「ネ」国）は、風水害や土砂災害を中心とした災害が頻繁に発生し、毎年大きな被害を被っている。「ネ」国では、山岳地に道路が多いことから道路の被害が多く、特に雨季になると、道路法面の崩壊等による災害が頻発する。ナラヤンガート～ムグリン道路（以下、N-M 道路）（道路延長約 36km）は、2003 年 7 月の豪雨により甚大な被害を受け、橋梁及び道路の破壊、数々の斜面崩壊、護岸崩壊による路肩崩壊等被害の大規模な箇所は 20 箇所以上にのぼった。その結果、長期間道路が寸断され、国内産業、物流等に甚大な被害を及ぼしたほか、沿線のマルシャンディ発電所にも土砂が流入し、稼働率が 40～50% まで落ち込む等の大きな被害が出た。本道路は、首都カトマンズとインドとをつなぐ物資輸送の要であり、この区間が途絶した場合は人の移動が大変困難な状況となるほか、物資の不足・物価の高騰等を招き、ネパール経済に甚大な打撃を与えることになる。また、前述の発電所に対しても砂防施設整備等の対策をとらなければ、今後壊滅的な被害を受けることが予想される。

こうした中、中・長期的な対策を実施するためには、確かな技術を用いた調査とそれに基づく基本計画の策定が不可欠であるが、調査技術の不足等から「ネ」国独自での実施は困難であるため、日本側による調査が要請された。

「ネ」国政府の技術支援の要請を受け、日本政府は「ナラヤンガート～ムグリン道路防災管理計画調査」（以下、本調査）を実施することを決定した。この決定を受け、独立行政法人国際協力機構（以下、JICA）は本調査に関して「ネ」国関係機関と協議するため事前評価調査団を「ネ」国に派遣し、2007 年 1 月 31 日に本調査の実施細則（S/W）及びその協議に関する協議議事録（M/M）に合意した。合意した実施細則（S/W）及びその協議に関する協議議事録（M/M）に基づき、2007 年 7 月から 2009 年 2 月までの間、本調査を実施した。

1.2 調査の目的

本調査は、調査対象地域の道路斜面災害のリスクを明らかにした上で、リスク管理に係る基本戦略を策定し、基本戦略に基づいた防災事業の妥当性を確認することを目的として実施する。また「ネ」国側カウンターパート（以下、C/P）機関である水資源省治水砂防局（以下、DWIDP）、公共事業省道路局（以下、DOR）に対して、技術及び知識の移転を行なうことを目的とする。さらにはルワ川マルシャンディ発電所の土石流対策工計画を策定する（図

1.2.1 参照)。

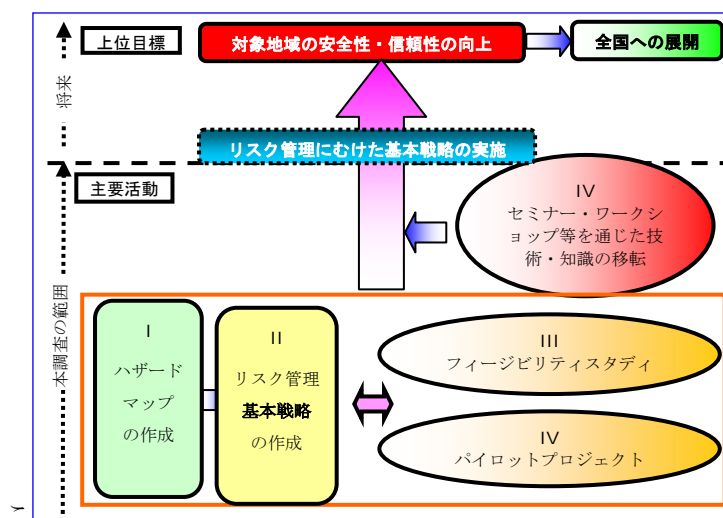


図 1.2.1 最終目的と調査大項目との関係

この調査成果は道路やルワ川流域と同じ問題を抱える他の道路区間や溪流地にも適用が可能である。

1.3 調査地域

本調査は下記の地域で行われた。

- (a) ナラヤンガート～ムグリン道路沿線とその周辺地域（道路延長約 36km、周辺住民約 23,000 人）
- (b) マルシャンディ発電所の側方を流下するルワ川流域（流域面積約 2.69km²、周辺住民約 2,500 人）

（巻頭調査位置図参照）

1.4 調査の実施体制

2007年1月31日に合意された実施細則（S/W）及びその協議に関する協議議事録（M/M）に基づき、水資源省治水砂防局（DWIDP）と公共事業省道路局（DOR）がネパール側 C/P となり JICA 調査団（以下、調査団）とともに調査を実施した。調査の実施体制を図 1.4.1 に示す。

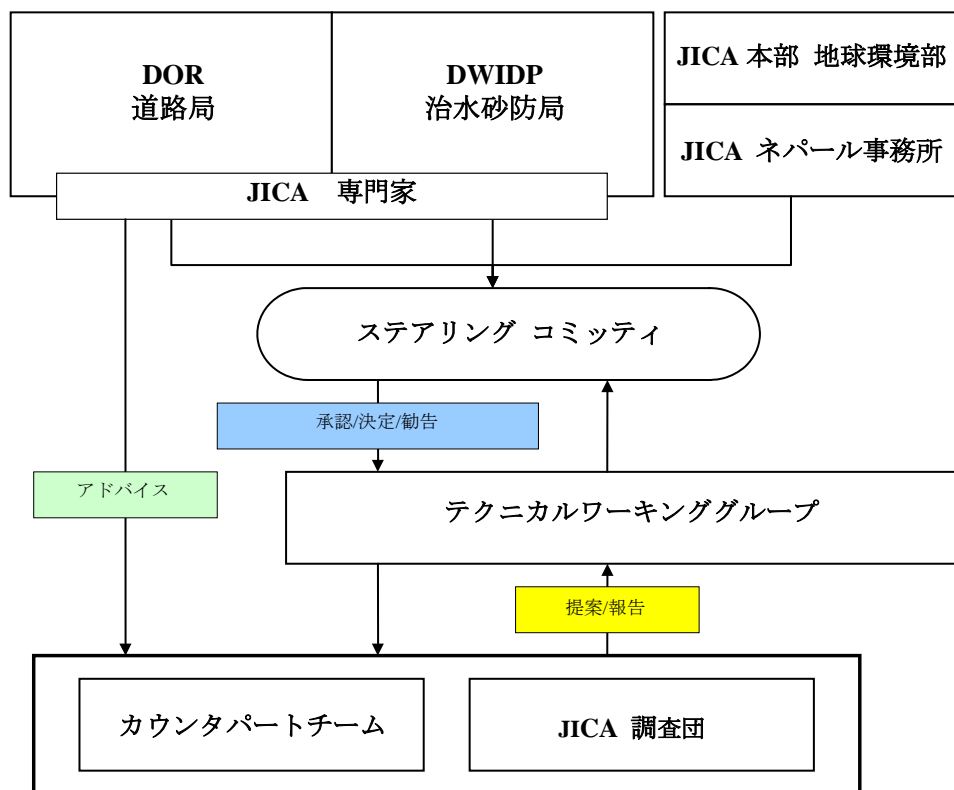


図 1.4.1 調査の実施体制

事前調査合意文書に基づき、調査実施を管理する機関としてステアリングコミッティ（以下、S/C）が組織された。これに加え、調査団は C/P 等と共同作業をおこなう機関としてテクニカルワーキンググループおよび個別課題のワーキングチームを設立し、これらのグループ・チームに基づいて共同作業を実施した。

1.4.1 ステアリングコミッティ

S/C は調査を指導管理するための組織である。第 1 回 S/C は 2007 年 8 月 9 日に開催され、この会議でインセプションレポートが承認された。第 2 回 S/C は 2008 年 11 月 27 日に開催され、今後の基本戦略の方針について承認された。

また、ステアリングコミッティは水資源省次官が議長となり DWIDP、DOR、ネパール電力公社の幹部職員、及び世界銀行、アジア開発銀行等で構成されている。

1.4.2 カウンタパートチーム

DWIDP および DOR は、5 名の技術者を C/P チームメンバーとして選任した。

1.4.3 テクニカルワーキンググループ

テクニカルワーキンググループは、S/C を補助し、調査を円滑かつ効果的に行なうための 9 名からなるグループである。

1.4.4 JICA 調査団

JICA 調査団は、表 1.4.1 に示す 12 名の技術者で構成されている。

表 1.4.1 JICA 調査団の構成員

衛藤 正敏	総括/土砂災害防止
杉本 隆	副総括/土砂災害防止/河川
森 幹尋	道路管理
田中 健一	地質
大野 博之	社会/経済
桑野 健	環境・社会配慮
カダナンダラムサール	水理・水文
楊 普 才	積算
野田 聡	業務調整
沼田 祐助	防災情報管理
松尾 環	防災管理
北川 淳一	構造物対策

1.5 実施期間と作業項目

本調査は、平成 19 年 7 月 5 日から平成 21 年 2 月 27 日までの延べ約 20 ヶ月間で実施した。実施した作業項目および作業のスケジュール、調査団の現地調査の状況を表 1.5.1 にまとめる。

表 1.5.1 調査の期間と項目

年 月	H19年度(2007年度)												平成20年度(2008年度)											
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2				
調査年次	第1年次												第2年次											
フェーズ	フェーズI						フェーズII						フェーズIII											
作業工程	第1次現地調査												第2次現地調査											
作業項目	第1次現地調査												第2次現地調査											
調査報告書	インセプション・レポート												第3次現地調査											
	プログレス・レポート												第4次現地調査											
	インテリム・レポート																							
	ドラフトファイナル・レポート																							
	エヴァリュエーション・レポート																							
ファイナル・レポート																								
フェーズI																								
【第1次国内作業】																								
【1】 関連資料・情報収集及び分析																								
【2】 調査の基本方針・方法・工程・手順の検討																								
【3】 インセプションレポート(IC/R)の作成																								
【第1次現地調査】																								
【4】 インセプションレポート(IC/R)の説明・協議																								
【5】 データ収集																								
【6】 現地踏査																								
【7】 地すべり箇所の調査																								
【8】 既存計画、既存調査、組織体制、法体制のレビュー																								
【9】 過去の災害履歴の分析、雨量と災害の関係分析																								
【10】 斜面災害の用語の定義付け																								
【11】 収集データの分析																								
【12】 「ネ」国側カウンターパート機関による防災対策構造物に対する技術アドバイス																								
【13】 対象地域のリスクアセスメント																								
【14】 ハザードマップの作成																								
【15】 災害リスク管理の考え方の整理																								
【16】 基本戦略の策定																								
【17】 パイロットプロジェクト及び地すべりモニタリングの実施準備																								
【18】 プログレス・レポート(P/R)の作成・説明・協議																								
フェーズII																								
【第2次現地調査】																								
【19】 対象サイトの選定																								
【20】 F/Sの実施																								
【21】 インテリム・レポート(IT/R)の作成・説明・協議																								
【第3次現地調査】																								
【22】 パイロットプロジェクト、地すべりモニタリングの継続実施																								
【23】 「ネ」国側カウンターパート機関による構造物対策に対する技術アドバイス																								
【24】 ドラフトファイナル・レポート(DF/R)の作成・説明・協議																								
フェーズIII																								
【第4次現地調査】																								
【25】 パイロットプロジェクト、地すべりモニタリング及び評価																								
【26】 「ネ」国側カウンターパート機関による構造物対策に対するアドバイス																								
【27】 エヴァリュエーション・レポート(E/R)の作成・説明・協議																								
【第2次国内作業】																								
【28】 ファイナル・レポート(F/R)の作成・提出																								

■ 現地作業 □ 第1次国内作業 ■ 第2次国内作業

第 2 章

ナラヤンガート～ムグリン道路の斜面災害の概要

2.1 調査地域における斜面災害に係る自然条件

2.1.1 地形および地質

(1) 路線沿いの地形

道路はトリスリ川を中心とした谷の左岸側、標高 250m に位置しており、道路から尾根までの比高差は 750m 以上に達する。

地形的には、CH（ナラヤンガート側からの道路距離呈）10 - 36 の区間は CH 10 - 14 区間と CH 14 - 36 区間の 2 つに大きく区分可能である。

CH 10 - 14 区間はシワリク帯に位置しており、本区間ではトリスリ川は東に向かって流下する。道路沿いの自然斜面は南ないし南西に面している。この区間は、CH 12+600m のダス川、CH 11+300m のカハレ川ならびに CH 10+300m のジュゲジ川の 3 つの主要溪流と交差する。

CH 14 - 36 の区間はレッサーヒマラヤ帯に位置しており、本区間に沿ってトリスリ川の軸は北から南あるいは東から西に向かって蛇行し、シワリク帯へ注ぐ。このトリスリ川の蛇行に伴い、道路沿いの自然・人工斜面は一般に北あるいは西に面している。CH 25+500 付近で、トリスリ川は調査地域内最大の流域面積を有するリグディ沢と合流する。

(2) 路線沿いの地質

調査地域の基盤岩は、上述のようにレッサーヒマラヤ帯およびシワリク帯の岩石より構成され、これらは主境界断層（MBT）によって分けられる。調査地域内では、MBT は CH 14+500 付近を通過すると考えられる。表 2.1.1 には各帯の累層および岩石を示す。

CH の位置については、巻頭調査位置図もしくは図 2.3.1 参照

表 2.1.1 調査地域の地層および岩石

層群および累層		岩相	地質工学的特徴
Dn	ダン 累層	モラッセ性堆積物	緩い未固結層
Si	シワリク 層群 (新第三系)	モラッセ性、砂岩、泥岩礫岩	軟岩～中硬岩
ナワコットコンプレクス			
上部 ナワコット 層群 (上部 古世界)			
bg	ベニガット粘板岩 累層	暗青灰色 泥質粘板岩 と 千枚岩、 黒色 炭質粘板岩	中硬岩 葉理面発達
下部 ナワコット 層群 (上部 先カンブリア界 - 下部 古生界)			
dh	ダディン苦灰岩 累層	明暗灰色苦灰岩、密実なストロマト ライト、藻体、刺皮動物を含む	硬岩、塊状、しばしば急崖あ るいはカルスト地形を形成
np	ノアプル 累層	千枚岩 と変質千枚岩/珪岩互層 と 千枚岩/苦灰岩互層、有色縞状	中硬岩～硬岩
pb	プレベシ珪岩 累層群	珪岩、リップルマークが卓越	硬岩、所々塊状、急崖を形成
da	ダンダガオン千枚岩 累層	暗緑灰色 千枚岩主体、石灰質千枚 岩、まれに薄い石灰岩と珪岩を介在	中硬岩～硬岩 葉理面発達
fg	ファグフォグ珪岩 累 層	白色珪岩、リップルマークと共に 千枚岩の介在を伴う	硬岩、急崖形成、所々塊状
kn	クンチャ 累層	千枚岩、千枚岩質珪岩、砂岩、礫岩、 まれに塩基性岩 (角閃岩) 層	中硬岩～硬岩

層群・累層名は、Photo-geological Map of Part of Central Nepal (1982)による。その他は本調査による観察事項

南方の CH 10 - 14 区間において、道路斜面の地質はシワリク層群の堆積岩類からなり、これらは第四紀の段丘・崖錐堆積物によって被覆される。シワリク層群の岩石は北東 - 南西方向に分布し、北に傾斜する単斜構造を呈する。

2.1.2 気象

当該道路は海拔 200m から 900m の地域にあり、亜熱帯気候に属する。冬季の気温は、6-25℃である。また、夏季においてはナラヤンガートとその周辺地域は非常に暑い、道路の北部分は快適な気候であり、気温は 25-40℃である。バラトプール観測所の 2002 年から 2006 年のデータ分析によると、最高気温は 2004 年 5 月に記録された 41.2℃ である (図 2.1.1)。また、4 月、5 月ならびに 6 月は比較的暑い月で、平均最高気温はそれぞれ 37.8℃、39.3℃、38.6℃である。平均年降水量は約 2650 mm である。

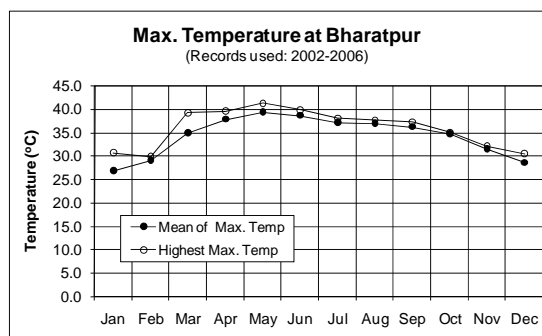


図 2.1.1 バラトプール観測点の最高気温

2.2 調査地域の社会条件

2.2.1 調査地域概要

(1) 調査位置

調査地域は図 2.2.1 に示す各町村周辺に属する。特に当該道路の大部分はカピラシ村に属する（CH10 km - 26 km）。そのため、本社会条件調査の大部分はカピラシ村に対して実施した。

(2) 人口

2003 年の中央統計局（CBS：Central Bureau of Statistic）の調査によると、カピラシ村 5,513 人、ダハクハニ村 3,571 人、チャンヂバンジョング村 4,553 人、デレコック村 9,109 人である。

(3) 経済条件

農業従事者の多くは穀物と果物を生成し、主な収入源となっているが、灌漑施設が全体的に不足している。また、農業だけでは生活に十分な収入は得られず、若者の多くは都市部に出稼ぎに出ている。

本地域では急斜面かつ灌漑施設の不足から、十分な農作物の生産ができない状況にあるため、低い所得となっている。

(4) 農業条件

全農耕地は 1,326.0 ha であるが、わずか 108.8ha (8.2%) においてのみ灌漑施設が設置されている。

(5) 飲料水

飲料水の多く（83.0%）はパイプを用いた供給である。残りの 17.0%の村民は、遠く離れた河川などまで水汲みに行き、飲料水を確保している。

(6) 教育

当該地域での就学年齢人口における識字率は 47% であり、男性 59%、女性 41%と男女間に差が見られる。

教育・医療機関等は本地域において防災教育等を実施するうえで重要な機関である。また、カピラシ村では現在 12 の学校があり、生徒数は小学生で 1100 人、中高校生で 794 人となっている。

(7) 環境条件

対象地域の周辺環境は近年悪化している。これは地質的な要因だけでなく人為的な要因により雨季には地すべりや土石流、洪水などが多数発生することに起因する。人為的要因には貧困、教育・意識の問題が影響している。また森林伐採、焼畑や過度な放牧などが斜面災害を誘発している。

2.2.2 カビラシ村の社会条件

(1) 村の管理状況

カビラシ村には、村長 1 名、副村長 1 名、地区長 9 名、36 名の地区役員があり、村の開発や機能に関する課題に取り組んでいる

2006 年-2007 年におけるカビラシ村の開発計画は、学校建設、電気投票機購入、道路整備、飲料水、小規模灌漑などからなり、年間予算は 2,265,000 ルピーである。

(2) 土地利用

南部の大部分は森林であり、北部の多くは草地や農耕地である。

(3) 災害多発地域

カビラシ村の 1, 6, 8, 9 の各地区は災害多発である(図 2.2.1)。これらの地区では 2003 年および 2006 年の豪雨時に土石流や地すべりの被災を受けており、災害管理に意識が比較的高い。また各地区では、災害時に学校などを避難所としている。

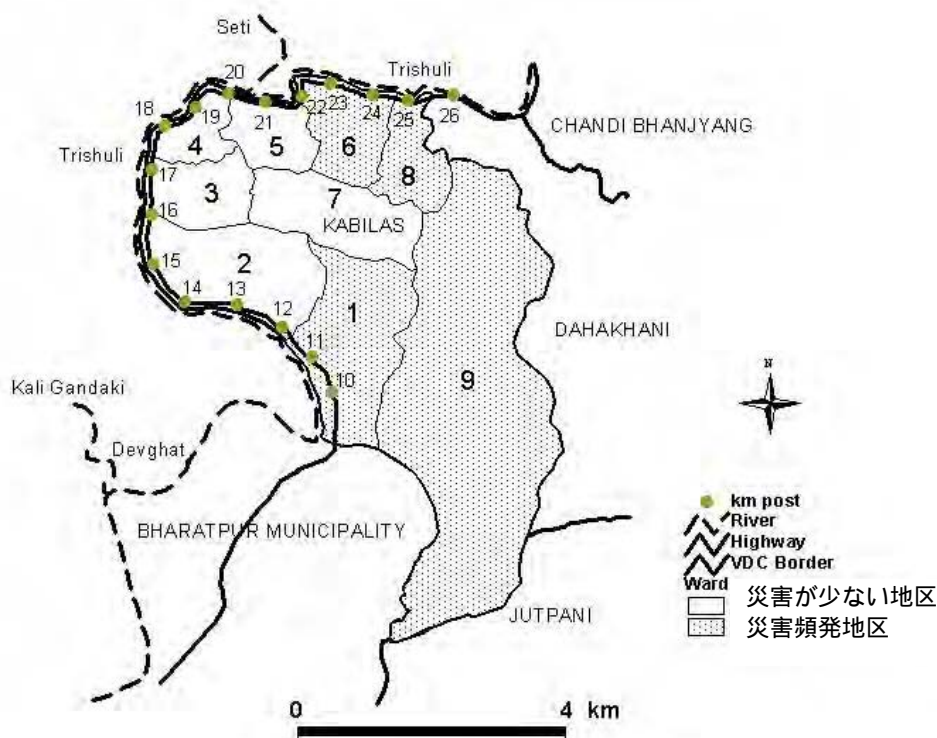


図 2.2.1 カビラシ村の洪水・土砂災害リスク地区

2.2.3 国家レベルでの防災活動

(1) 国家災害管理の組織体系

「ネ」国には様々な災害が多く発生しているが、洪水・土砂災害関連は顕著であり、毎年約千人の死者、約百人が行方不明者、約千世帯が被災し巨額の財産が失われている。

自然災害に対処するため国家レベルの災害管理システムが構築されている。

国家災害救済法(The National disaster Relief Act: NDRA) が設置され、災害管理の効果的かつ効率的に実施するための組織体系が構築されている。

(2) 国家災害管理アクションプラン

「ネ」国において国家災害管理アクションプランとして、2001年には8つの主要プログラムと活動内容が策定された。

(3) DWIDP の活動

DWIDP は 1991 年に Water Induced Disaster Prevention Technical Centre (DPTC) として、水資源省内に創設され、2000 年 2 月に「ネ」国の治水砂防局となった。DWIDP は次の 3 つのテーマを持って、治水・砂防に関する活動を行なっている（出典：DWIDP, an Introduction ）。

- 1) 治水砂防に関わる技術開発
- 2) 治水砂防に関わる訓練、検討と技術導入
- 3) 治水・砂防事業

2.2.4 調査地域での降水の特徴

降雨の降り始め・降り終わりを定義せず、先行 1 時間雨量値を時間の経過により減少させて積算する値を実効雨量（国土交通省では換算連続雨量）と称する。

本検討では、実効雨量法を「換算積算雨量：Modified Rainfall Amount」と称し、6、12、24 時間半減による換算積算雨量値を「6、12、24 時間半減換算積算雨量値：6、12、24 half-value modified rainfall amount」と称する。

表 2.2.1 にデブガット観測所で観測した本地域における 24 時間雨量と換算積算雨量値の各年最大値の再現期間を示す。2003 年と 2006 年はそれぞれ大雨災害が発生したときの雨量値とその再現期間に相当する。再現期間が大きいほど、未曾有の大雨であると理解される。2003 年大雨災害は、換算積算雨量では 25～85 年に 1 度のレベルの未曾有の大雨で、6 時間半減積算雨量が最も大きい 85 年の再現確率であり集中豪雨型の大雨であった。一方 2006 年大雨災害は、4～9 年に 1 度のレベルの大雨で、24 時間半減積算雨量が最も大きい 9 年の再現確率であり、長雨型の大雨であった。

表 2.2.1 24 時間積算雨量と換算積算雨量値の各年最大値の再現期間

年	日	年最大 24 時間 積算雨量		年最大 6 時間 半減積算雨量		年最大 12 時間 半減積算雨量		年最大 24 時間 半減積算雨量	
		雨量 (mm)	再現 期間 (年)	雨量 (mm)	再現 期間 (年)	雨量 (mm)	再現 期間 (年)	雨量 (mm)	再現 期間 (年)
1998	7月5日	162	1	31	1	60	1	119	1
1999	8月5日	250	3	48	2	93	2	183	3
2000	5月24日	131	1	25	1	49	1	96	1
2001	7月30日	225	2	43	2	84	2	165	2
2002	7月12日	180	2	34	2	67	2	132	2
2003	7月31日	446	16	224	85	303	58	362	25
2004	9月3日	152	1	29	1	57	1	111	1
2005	8月7日	100	1	19	1	37	1	73	1
2006	9月9日	376	9	72	4	140	5	275	9

この手法は、土砂災害との相関性が高く、土砂災害の予警報基準値を設定するうえで災害を効率よく捕捉できることが日本における過去の災害の解析で明らかになっている。

理論的には半減期が短い方が降雨強度影響型災害の捕捉性が良く、長い方が先行雨量影響型災害の捕捉性が良くなるが、当該地域の災害形態は多岐に渡り両者を含むと考えられることから、中間型の 12 時間半減積算雨量値を警報雨量値として用いることが適切と判断する。

また、2003 年豪雨、2006 年豪雨において人身損失は居住域で発生しており、N-M 道路では発生していないことから、居住者への予警報基準値は N-M 道路利用者への予警報基準値よりも短い再現期間とし、表 2.2.2 に案を示す。

表 2.2.2 換算積算雨量値による予警報しきい値（案）

予警報 レベル	予警報基準値	行動	
		N-M 道路利用者向け	居住者向け
レベル IV	12 時間半減積算 雨量=180mm 10 年再現期間	警報発令: 通行回避勧告	警報発令: 避難勧告
レベル III	12 時間半減積算 雨量=140mm 5 年再現期間	注意報発令: 通行注意勧告	
レベル II	12 時間半減積算 雨量=80mm 2 年再現期間	警戒体制: パトロール、緊急対 応の準備(管理員、作 業員、機材の招集)	注意報発令: 避難準備勧告 村内の移動取りやめ喚起(生徒は家庭 あるいは学校で待機)
レベル I	12 時間半減積算 雨量=60mm 1 年再現期間	1 時間毎に換算積算 雨量データをウェブ ページにアップロー ド	警戒体制 村落開発協議会、警報・避難チーム、 区、居住域代表へ連絡 1 時間毎に換算積算雨量データをウ ェブページにアップロード

2.3 2003 年ナラヤンガート～ムグリン道路災害の状況

2.3.1 2003 年災害の特徴

CH15km 付近を境界として、災害の特徴に差異が認められる。図 2.3.1 にそれぞれの地区の災害状況をまとめる。

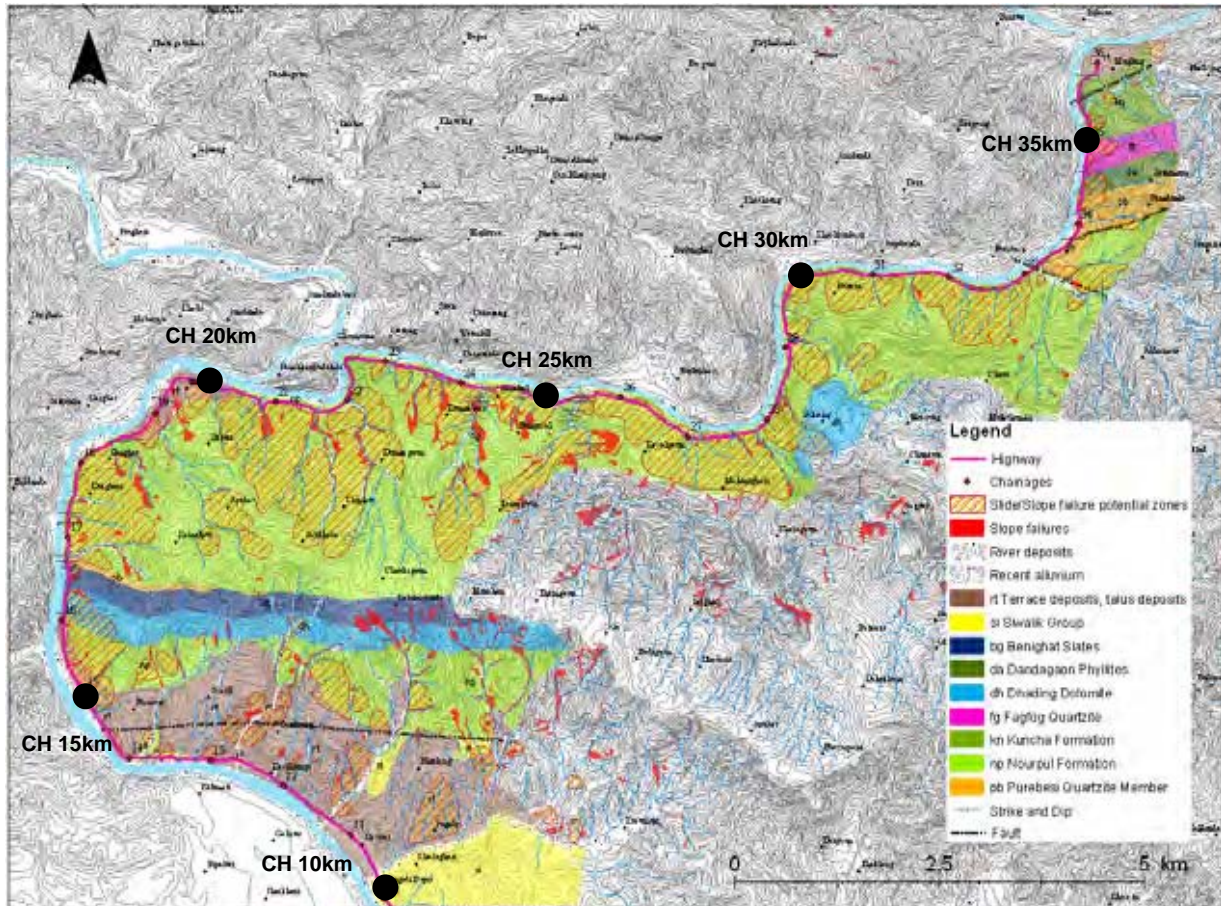


図 2.3.1 N-M 道路におけるハザードマップ

2.3.2 2003 年災害の損失

(1) 近隣村における損失

各村の被災状況を表 2.3.1 にまとめる。近隣村における 2003 年災害の被災状況を調査した。特にカピラス村において、死者 18 人、家屋崩壊 69 戸と被害が多かった。

表 2.3.1 2003 年災害と 2006 年災害の被災状況表

年	村名	被害者		被災世帯 (世帯)	家畜被害 (頭)	損壊家屋 (棟)	公共施設被害	積算被害額 (ルピー)
		死者 (人)	負傷者 (人)					
2003	ダレチョク	1		2	13	2	2	440,000
	チャンヂバンジョンゲ	9	5	4	44	5	5	530,000
	カピラシ	18		69	164	69	69	2,022,000
2006	カピラシ	3				15	15	資料無し

出典: Disaster Review 2003 & 2006, DWIDP と各村落開発評議会資料を基に編集

(2) ナラヤンガート～ムグリン道路における損失

道路の被災状況は表 2.3.2 に示すとおりである。またいくつかの溪流においても土石流が発生し、道路に影響を与えた。

表 2.3.2 2003 年災害の道路での被災

被災施設種	破壊施設数
損傷した橋梁（箇所）	2
損傷したカルバート（箇所）	9
損傷した道路舗装（m）	8675
損傷した擁壁（m）	494
損傷した盛土（m）	1480

出典：DWIDP Bulletin 2005-6

(3) 復旧状況

対策構造物の状況を表 2.3.3 にまとめる。復旧作業としては、土砂除去による道路交通の確保のほか、斜面安定に向けた構造物対策工を実施した。

表 2.3.3 DOR における道路復旧対策構造物（2003 年）

構造物	単位	施工数量
直立擁壁（Brest walls）	m	809
もたれ式擁壁（Retaining walls）	m	538
チェックダム（Check dams）	箇所	42
道路谷側ガイド壁（Guide walls）	m	104
アンカー付擁壁（Anchor walls）	m	4
集水枡（Catch pits）	箇所	7
のり先擁壁（Toe walls）	m	269
河川侵食防止突堤（Spur）	箇所	1

出典：DWIDP Bulletin 2005-6

2.4 ルワ川流域（マルシャンディ発電所）の土砂災害

2003年7月に発生した豪雨によって、ルワ川に発生した土石流によって発電機能が9日間停止する被害を受けた。

2.4.1 土砂災害の発生状況

(1) 土石流の発生日時と誘因

発生日時：2003年7月30日 AM2:00 頃

誘 因：7月29日17:00頃からの連続的な降雨（累計446.2mm）

(2) 土砂移動の状況

土砂移動の状況は現地調査時の観察に基づいて、以下のように推定されている。

- a) 流域の上流で発生した崩壊に伴い、土石流が発生した。
- b) 発電所に通じる、河道を横断する道路の基礎部分のボックスカルバートが障害となって第一次の流出土砂がダムアップして付近一帯に堆積し、河床が上昇した。
- c) その後、第二次の土石流が発生し、河床洗掘が生じて橋台基礎やボックスカルバートまでも流亡させ、土砂はマルシャンディ本川に流出、堆積したことでマルシャンディ川を閉塞させ、発電所の排水口閉塞の原因となった。

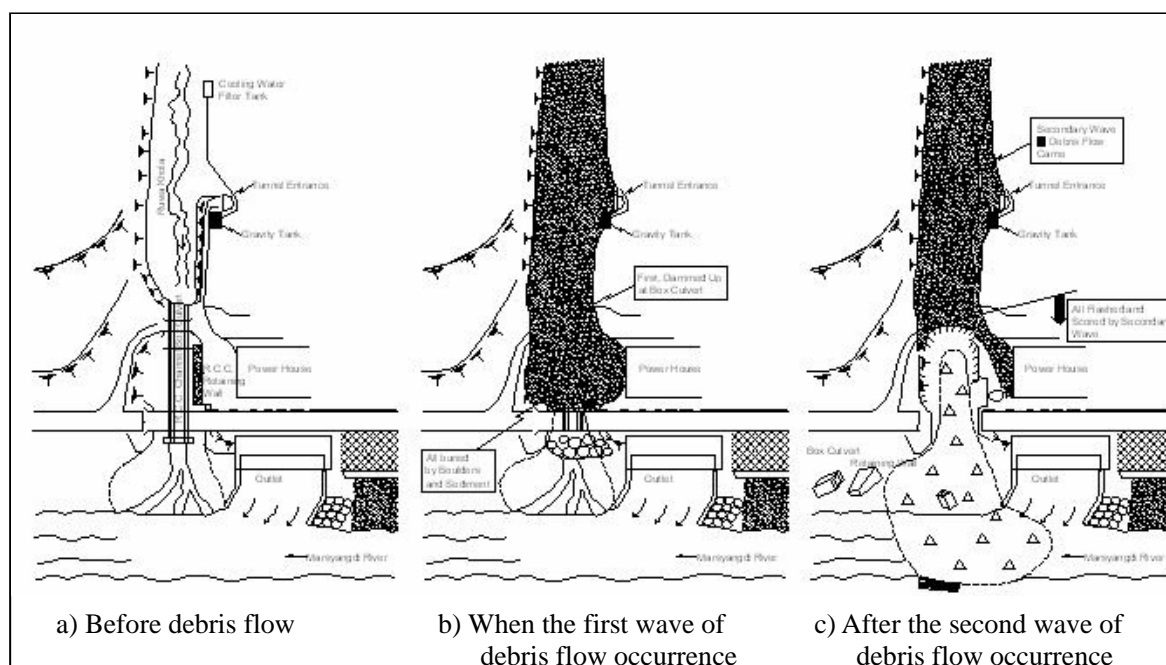


図 2.4.1 土石流発生前後の土砂流動状況

2.4.2 被災の状況

(1) 発電所

- a) 本棟のルワ川側で流出土砂による埋積。建物自体の破損は無かったが、泥水が建物内に流入し、本棟1階で30cm、地下部で1.2m水没した。排水には3日を要した。
- b) ルワ川側の建物の基礎が露出し、緊急対策として、フトン籠を施工した。
- c) ルワ川からマルシャンディ川に流出した土砂によって、マルシャンディ川に面した排水口が一時閉塞した。3基あるゲートのうち、1基が巨礫の衝突により変形し、閉まらなくなった。排水・修復などには約1ヶ月かかった。

(2) 発電所関連施設及びその他の施設

- a) 土石流の流下により、ルワ川に面した冷却水取水口が埋塞した。
- b) 土石流の流下により、ルワ川沿いの送水管が流亡した。
- c) マルシャンディ川との合流点の直上流にあった3面張りの水路、ボックスカルバート（その上方を道路として使用していた）が全て流亡した。
- d) 川出口の国道橋（L=34m）で片側の橋台、床版が流亡した。この床版等が合流点直下流で横臥してマルシャンディ川を閉塞させたことが発電所の排水口閉塞の原因となった。

第3章

斜面災害のハザード・リスク評価

3.1 ナラヤンガート～ムグリン道路の斜面災害タイプ

道路斜面災害のハザード評価とリスク評価は以下の2つの観点で行った。

- A. 斜面の定性的評価
- B. 調査団の開発した評価手法を適用した道路沿い斜面の定量的評価

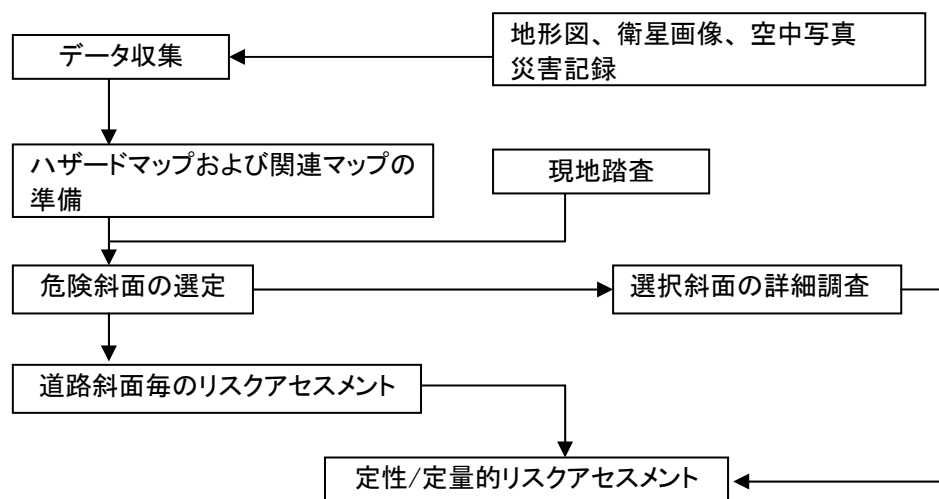


図 3.1.1 道路斜面災害のハザード・リスク評価（調査）の流れ

3.2 地すべりサイトの安定度調査

3.2.1 選定したサイト

調査団は道路に対して危険と思われる地すべり地点を4つ選定し、2007年8月2日、3日に調査団とDWIDPが現地視察を実施して最終的にこれらを地すべりサイト（以下、SL）として特定した。サイト選定後、現地調査業務は現地再委託によって実施された。

3.2.2 サイトの状況

選定した4サイトは北向きの流れ盤斜面である。サイトの基盤岩はノーブル層の変成堆積岩類よりなる。

表 3.2.1 に4つの選定サイトの現在の状況について要約する。

表 3.2.1 選定したサイトの状況

SL-1	SL-1は北向きの流れ盤斜面である。地すべりに関連する変形が多数認められる。例えば、擁壁の開口亀裂、湧水、蛇かごの転倒、落石などである。このサイトは典型的な地すべり地形を示している。基盤岩はノーブル層の変成堆積岩類であり、これらは塩基性岩に貫入されている。塩基性岩は標高380m付近の急崖を形成している。
SL-2	SL-2は北向きの流れ盤斜面で、CH 23+600 m付近に位置する。現在、不安定岩塊が道路に向かって滑動している。 この不安定岩塊下にある石積道路擁壁は岩塊すべりによって変形を受けていた。石積擁壁上に発生した開口亀裂は徐々に拡大をみせ、最終的に2007年9月17日に、大雨に伴って崩壊した。 斜面の基盤岩はノーブル層の岩石である。 不安定岩塊を周辺の斜面も同様なすべりの可能性がある。 上述の不安定岩塊はまだ、道路の上方斜面に残っている。
SL-3	SL-3は北向きの流れ盤斜面であり、CH 24 付近に位置する。道路の川側にはアンカー・コンクリート壁が地すべり対策として施工済みである。また、河川浸食防護のためのコンクリートブロックが河床部に設置されている。 SL-2と同様、この斜面にも道路に向かって滑動する不安定岩塊が存在する。道路脇の石積擁壁には変状があり、亀裂が発生していた。2007年9月3日の大雨の翌日、9月4日に擁壁の変状部分が崩壊した。 不安定岩塊はまだ、道路の上方斜面に残っている。 この不安定岩塊を含む一連の斜面には地すべりを示唆する多数の変形がある（例えば、開口亀裂、末端斜面崩壊の滑落崖、基盤岩の亀裂からの湧水、キンクバンド、層理面・片理面の微褶曲）。 標高350mの等高線は凸型をなすが、これは地すべりの滑落崖を示すものと考えられる。
SL-4	SL-4は北向きの流れ盤斜面で、CH 24+500 付近に位置する。 活動的な地すべりを示唆する積極的な要素はない。しかし、衛星写真あるいは地形図上で斜面は地すべりを示唆する典型的な地形的特徴を示す。 図的にはこの斜面はトリスリ川へ向かって突出しており、これが地すべりの動きによって形作られたものと考えられた。 SL-4の基盤岩はノーブル層の砂岩を伴う千枚岩で、しばしば珪岩層を挟む。 川側斜面に沿ってはコンクリート擁壁が建設されており、河川浸食防護のために、河床部にはSL-3と同様、コンクリートブロックが定置されている。

3.2.3 調査結果

(1) SL-1

想定されるハザード

地すべりブロック 1A は流れ盤構造と関係している。下方斜面の緩んだ物質は上方斜面の物質によって道路に向かって押されている。

SL-1 の地すべりはもともとトリスリ川の浸食によって始まったものと考えられる。その後、地すべりおよび関連する斜面崩壊はブロック 1A 区間の道路建設時の切土によって活性化したと考えられる。ブロック 1A が道路に向かって滑動した場合、ブロック 1B が滑動を開始する可能性がある。

ハザード防止の対策工として、地下水を適切に排除する安定化工法が必要と思われる。選定した 4 つの地すべり可能性斜面のうち、この SL-1 斜面が最もハザードの可能性が高く、典型的な地すべりサイトである。

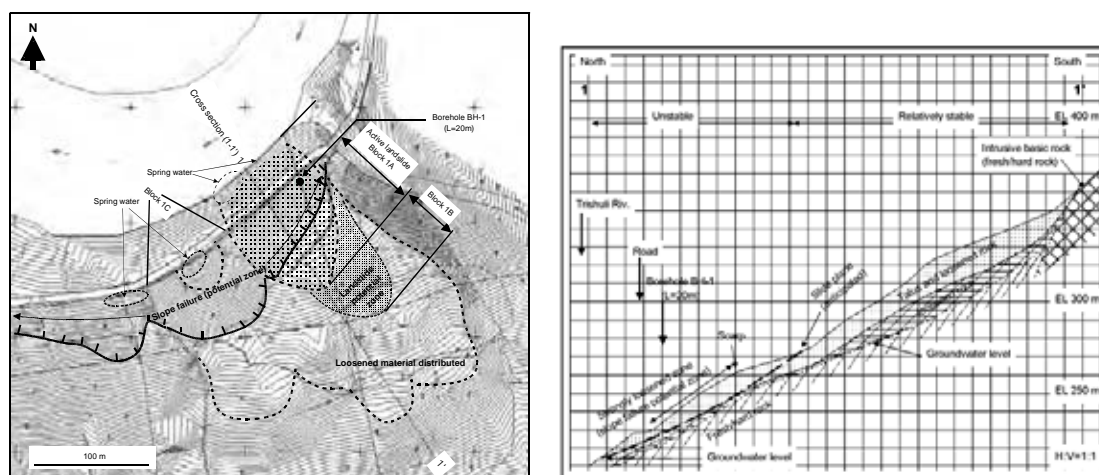


図 3.2.1 SL-1 の平面図と断面図

(2) SL-2

想定されるハザード

斜面の表面の岩石はもともと緩んでおり、ブロック 2A の動きは道路建設時の切土によって始まったものと考えられる。

不安定岩塊の動きは地質構造すなわち、流れ盤と関係している。想定されるすべり面は基盤岩、おそらくは砂岩の層理面を使っていると考えられる。ブロック 2A が崩壊した場合、ブロック 2B が道路へ向かって滑動を開始すると思われる。

しかし、ブロック 2A の想定最大範囲は約 600 m²で、それは地すべりとしては小規模と考えられる。また、当該道路区間中の地すべりとしては、比較的小さい。そのため、崩壊した場合も著しく深刻な規模にはならないと考えられる。

山側の斜面については、地表付近の緩んだ岩盤(図 3.2.2 参照) に対する対策工を検討する必要がある。いっぽう、川側の斜面は現在比較的安定していると思われる。図 3.2.2 に道路斜面の対策工対象範囲を示す。

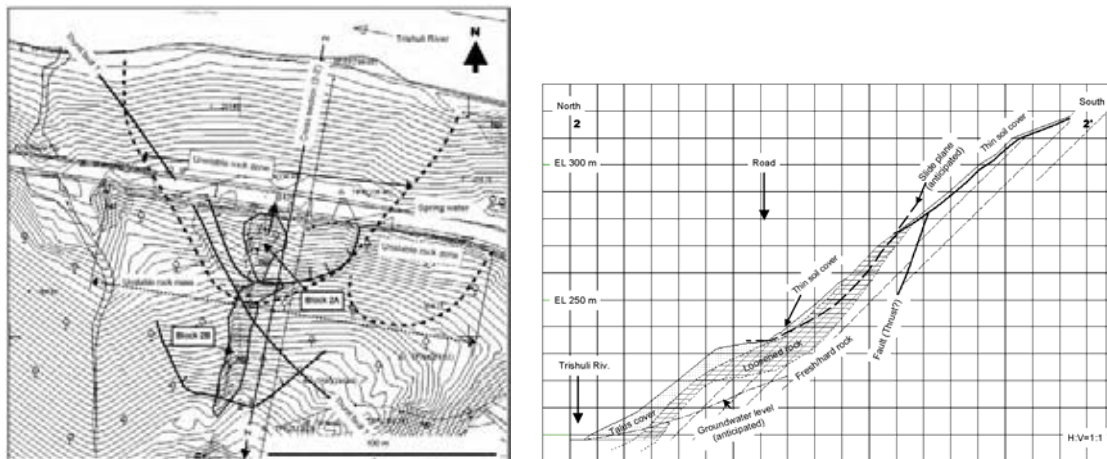


図 3.2.2 SL-2 の平面図と断面図

(3) SL-3**想定されるハザード**

現在のところブロック 3A とブロック 3A1 は滑動していないようである。しかし、大雨の場合にはそれらが滑動する可能性がある。

地すべり(ブロック 3A とブロック 3A1)はトリスリ川の浸食によって開始したと考えられる。その後、道路建設に伴う切土により地すべりの滑動は加速されたと考えられる。一方、ブロック 3A の地すべりよりもむしろ、浅い深度(深さ 5m 程度まで)の層理面すべりや斜面崩壊の方が活発である。そういった現在の斜面の挙動は地すべりに関連する動きである可能性がある。なお、現在標高 260m より下の切土斜面の崩壊は、ブロック 3A1 の両側に拡大していくと考えられる。

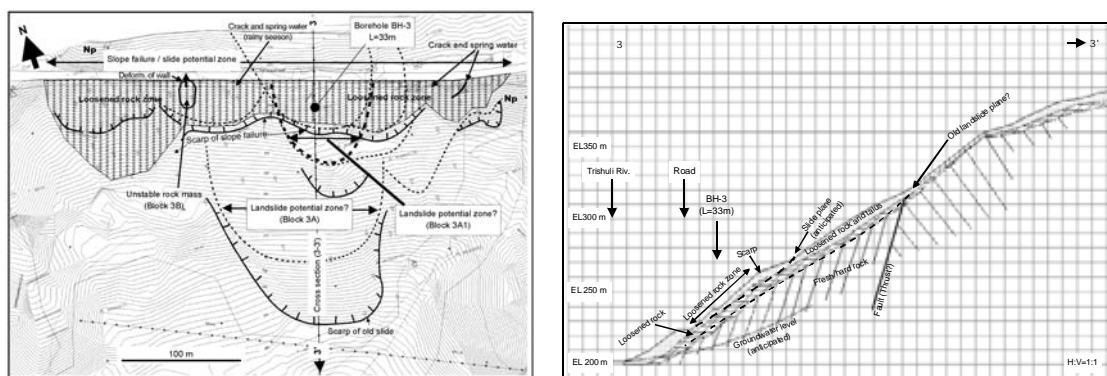


図 3.2.3 SL-3 の平面図と断面図

(4) SL-4**想定されるハザード**

道路へ向かう大きな地すべりが存在する可能性はきわめて低い。考えられるハザードはブロック 4A とその隣接斜面での斜面崩壊と落石である。このような斜面崩壊は主に道

路建設時の切土に誘発され発生したものと考えられる。

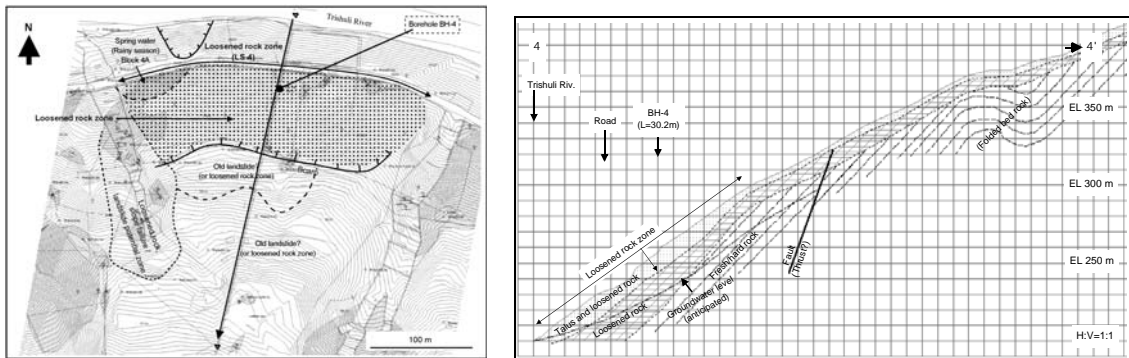


図 3.2.4 SL-4 の平面図と断面図

3.2.4 道路沿いの大規模地すべりの可能性

表 3.2.2 に地すべり可能性があると考えられた SL-1、SL-2、SL-3、SL-4 の評価結果を示す。

表 3.2.2 地すべりハザードの評価 (SL-1、SL-2、SL-3、SL-4)

地 点	SL-1	SL-2	SL-3	SL-4	
地すべりハザード	地形	明瞭	明瞭	明瞭	不明瞭
	本体	認識される	認識される	認識される	認められない
	規模	Block 1A : 100 m (幅) x 120 m (長さ) Block 1C : 100 m (幅) x 75 m (長さ)	Block 2A : 20 m (幅) x 30 m (長さ)	Block 3A : 150 m (幅) x 150 m (長さ) Block 3A1 : 75 m (幅) x 70 m (長さ)	—
	深さ(厚さ)	10 - 15 m	3 - 5 m	10 m	—
	地質学的 機構	緩んだ基盤岩 と崖錐堆積物 の層理面すべり (流れ盤構造)	薄い基盤岩の層 理面すべり (流れ盤構造)	緩んだ基盤岩と 崖錐堆積物の層 理面すべり (流れ盤構造)	—
	地下水位	GL -3 m	GL -20 m (or below)	GL -25 m	GL -30m (or below)
	湧水	雨季に多量	ほとんどない	雨季に多量	雨季に部分的 に存在
	変形・変状	多数確認でき る	不安定岩塊があ る	多数確認できる	一部、確認で きる。
	考えられる誘 因	大雨、地震	大雨、地震	大雨、地震	—
	孔内歪計	2007年12月深 度7mに軽微 な歪みの進行 が認められた がその後安定	—	変化は極微小	(2008年1月25 日時点)
関連するハザード	切土斜面の崩 壊(頻発)	落石 (時々)	切土斜面の崩壊 (時々)	切土斜面の崩 壊 (Block 4A) (稀、ないし 時々)	
評価 (道路への影響)	高い* *最も危険な地 すべり	低い* *小規模	中程度* *末端斜面崩壊 が側方へ拡大中	低い* *安定にみえる	

 : 対策工の対象ブロック。この評価は2008年2月18日時点のものである。

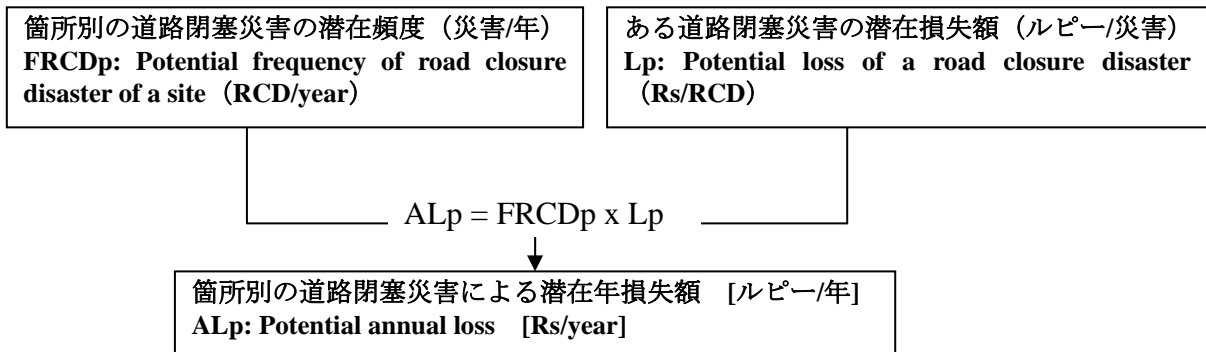
3.3 道路斜面災害のリスクアセスメント

3.3.1 リスクアセスメントの概要

道路斜面災害リスクを以下の2つのリスク指標で評価した。

- 1) ある箇所における道路閉塞災害の潜在頻度 (FRCDp)
- 2) ある箇所における道路閉塞災害による潜在年間損失額 (ALp)

FRCDp と ALp の関係を図 3.3.1 に示す。



RCD: Road closure disaster : 道路閉塞災害

Lp: ある道路閉塞災害の潜在損失額 (ルピー/災害) =
道路復旧費+人身損失+車輛損失+道路閉塞による交通損失

図 3.3.1 道路斜面災害のリスク指標の関係

一般に、道路斜面災害のリスクは災害発生頻度と災害規模の積として示される。FRCDp はリスクの発生頻度要素のみの指標であり、ALp はこの発生頻度要素 FRCDp と損失額で示したリスク規模との積により求められる総括的な指標である。

(1) ある箇所における道路閉塞災害の潜在頻度(FRCDp)

FRCDp の見積り構成は図 3.3.2 に示すとおりである。

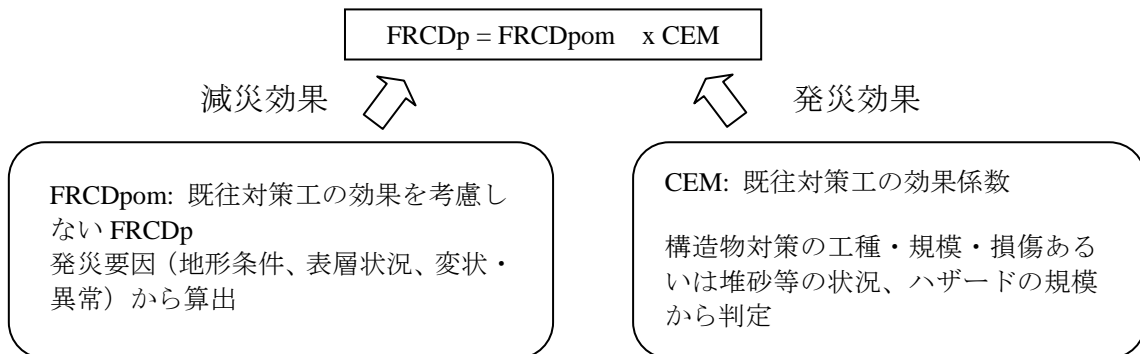


図 3.3.2 ある箇所の潜在道路閉塞災害発生頻度 (FRCDp) の算出構造

まず、既存対策の効果を考慮しない場合の FRCDp (FRCDpom: FRCDp without structural measure)を、地形条件、表層状況、変状・異常から算定する。一方、既存の構造物対策の減災効果はその効果係数(CEM)として評価する。FRCDp は FRCDpom と CEM の積として算出される。

(2) 潜在年間損失(ALp)

ALp の算出構造を図 3.3.3 に示す。



図 3.3.3 ある箇所の潜在年間損失 (ALp) の算出構造

ALp は FRCDp と「ある道路閉塞災害の潜在損失額(Lp)」の積である。Lp は、道路復旧費、人身損失、車輻損失、道路閉塞による交通損失の 4 つの要素からなる。さらに、道路閉塞による交通損失は、待機損失、迂回損失、取止め損失の 3 つの細要素の和として求める。

3.3.2 作業の流れ

N-M 道路の斜面災害リスクと、構造物対策の経済性評価の作業手順を図 3.3.4 に示す。

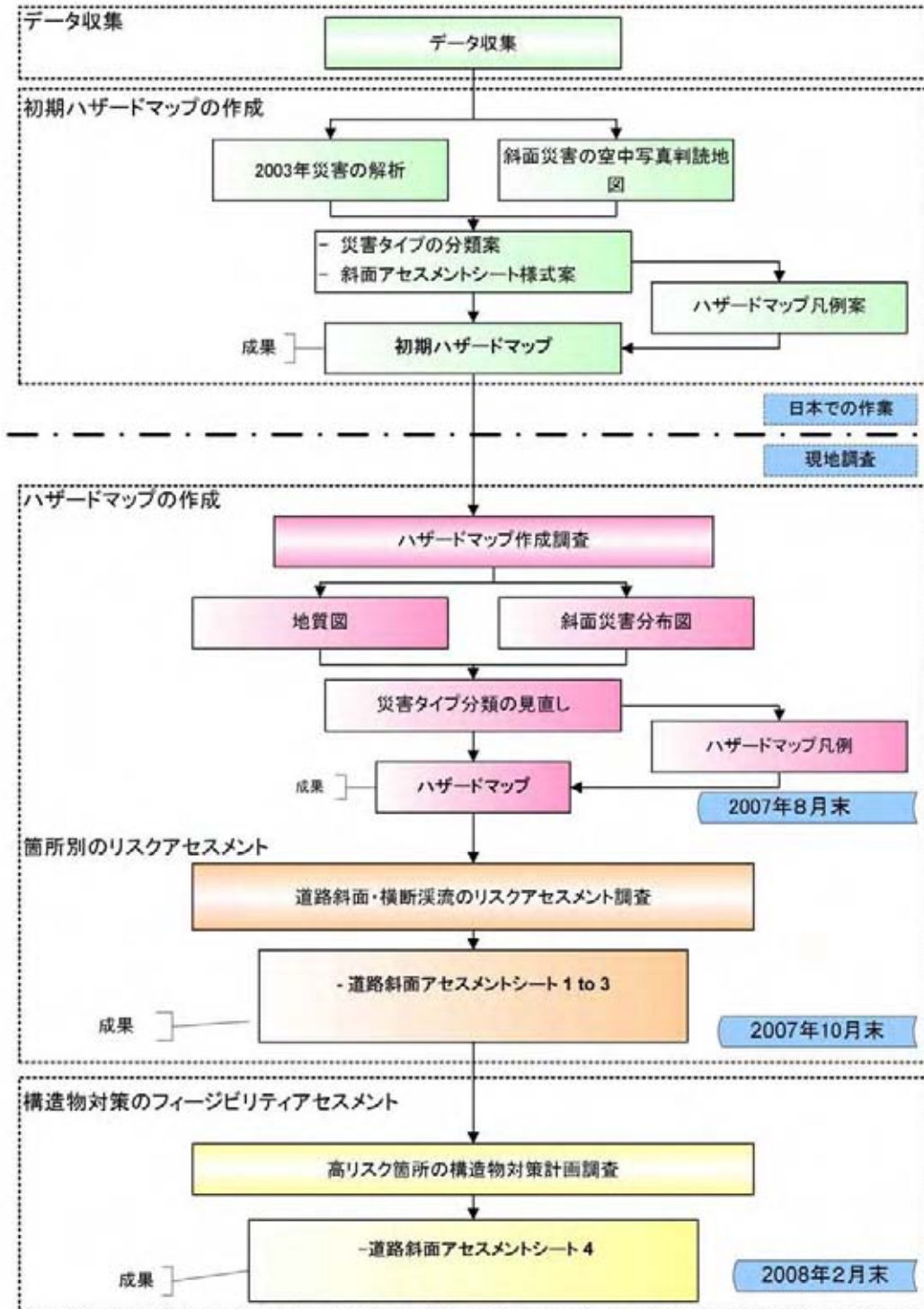


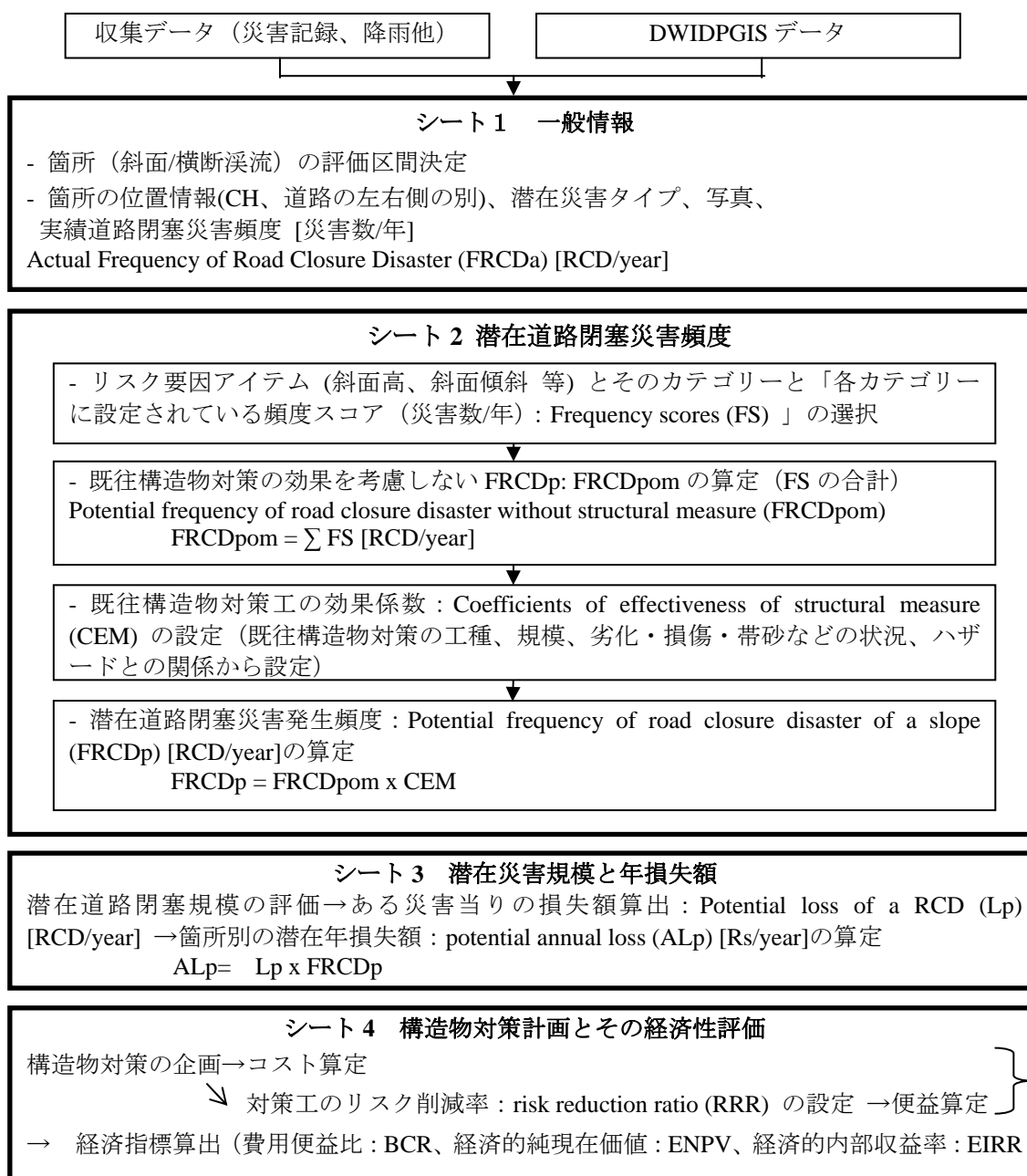
図 3.3.4 N-M 道路の斜面災害リスク・構造物対策の経済性評価の手順

ハザードマップは、道路斜面や道路横断溪流のリスク評価の情報として用いる。

3.3.3 道路斜面アセスメントシート

(1) 概要

各道路斜面/横断溪流のリスクとそれらの構造物対策のフィージビリティを評価作業に供するアセスメントシートを用意した。図 3.3.5 に道路斜面アセスメントシートの構造を示す。



RCD: Road Closure Disaster (道路閉塞災害)

図 3.3.5 道路斜面アセスメントシートの構造

表 3.3.1 に道路斜面災害リスクと構造物対策の経済性評価シートの項目を示す。

表 3.3.1 道路斜面災害リスクと構造物対策のフェージビリティ評価シートの項目

シート No. シート名 (作業内容)	摘要/データ
箇所別のリスク評価	
シート 1. 一般情報 (評価すべき箇所 の選出と特定)	<ul style="list-style-type: none"> - 箇所位置 (CH、道路からみた左右、ハザードタイプ) - 状況写真 - 箇所別の実績道路閉塞災害頻度 ‘FRCDa: Actual frequency of RCD of a site [RCD/ year]’ - 箇所別の対策工実施前の道路閉塞災害頻度 FRCDabm: Actual frequency of RCD before structural measures of a site [RCD/year]
シート 2. 潜在道路閉塞災害 頻度： FRCDp (災害発生頻度評 価)	<ul style="list-style-type: none"> - 発災要因アイテム別のカテゴリー (要因アイテムグループは地形状況、表層状況、異常・変状)と 既往構造物対策工の チェックシート - 道路閉塞災害の潜在頻度’FRCDp: Potential Frequency of RCD [RCD/year] ‘の評価結果箇所別の既往対策工の効果を見込まない道路閉塞災害の潜在頻度 ‘FRCDpom: FRCDp without existing structural measures of a site [RCD/year]’ 既往対策工の効果係数’CEM: Coefficient of effectiveness of structural measures [ratio] ‘ FRCDp = FRCDpom x CEM
シート 3. 潜在災害規模と 年損失額：ALp (潜在災害規模の 評価とリスク 算定)	<ul style="list-style-type: none"> - ハザードとリスク対象物の状況スケッチ - 潜在災害規模の評価 潜在全幅員道路閉塞延長’LRCpof: potential Length of Road Closure section of Full width [m] ‘ 潜在部分幅員道路閉塞延長’LRCpof: potential Length of Road Closure section of Partial width [m] ‘ - 箇所別の潜在年損失額の算定 ある潜在道路閉塞災害の復旧費’RCp: potential reopening cost of a RCD’ ある潜在道路閉塞災害の人身損失’HLLp: potential value of human lives loss of a RCD’ ある潜在道路閉塞災害の車輛損失’VLP: potential value of vehicles loss of a RCD’ ある潜在道路閉塞災害の通行止めに伴う被害額’LTSp: Potential Value of Losses of Traffic Suspension of a RCD’ ある潜在道路閉塞災害の損失額 ‘Lp: potential loss of a RCD’ 箇所別の潜在年損失額 ALp: potential annual loss of a site
箇所別の構造物対策の計画と経済性評価	
シート 4 構造物対策計画 (構造物対策計画 とその経済指 標の算出)	<ul style="list-style-type: none"> - 構造物対策工計画平面図 - 構造物対策計画横断面図 - コスト ‘C : cost [Rs] - 便益 /成果 リスク削減比’RRR: risk reduction ratio in RCD due to structural measures [Ratio]’ 構造物対策による年損失額の削減額 ‘DAL: Decrease in annual loss due to structural measures [Rs/year]’ 計画構造物対策の効果を見込んだ潜在的な道路閉塞災害発生頻度 ‘FRCDpwm: Potential frequency of road closure disaster with structural measures[RCD/year]’ -経済性指標 費用便益比 ‘BCR: Benefit/cost ratio at 12% discount rate [ratio]’ 経済的純現在価値 ‘ENPV: Economic net present value at 12% discount rate [Rs]’ 経済的内部収益率 ‘EIRR: Economic internal rate of return [percent]’
災害記録	
シート 5 災害記録 (アセスメント調 査後の災害記録)	<ul style="list-style-type: none"> - 災害発生日時 - 災害規模 - 損害: 道路閉塞日数、復旧費、人身損失、車輛損失 - 既往対策工

RCD: Road closure disaster (道路閉塞災害)

3.4 リスクアセスメントの結果

3.4.1 ナラヤンガート～ムグリン道路

(1) 道路斜面災害のリスクレベル

2007年8月の現地調査に基づいて、全305箇所（山側斜面134、横断溪流78、川側斜面93）の道路斜面災害のリスクを、道路斜面災害アセスメントシートを用いて評価した。

道路斜面災害のリスクレベルの指標は先に述べたとおり以下のものを用いた。

- 道路閉塞災害の潜在的頻度(FRCDp) [災害/年]
- 潜在的年間損失 (ALp) [ルピー/年]

潜在的災害箇所はN-M道路のCH10-36km(延長26km)に分布しており、高リスク(FRCDpが0.1災害/年あるいはALpが1.0百万ルピー/年)箇所はこの国道の26km区間に散在することがわかる。また、3種の斜面タイプ（山側斜面、横断溪流、川側斜面）の中では、山側斜面のリスクが最も高いといえる。

(2) ナラヤンガート～ムグリン道路のトータルリスク

N-M道路の地点10kmから地点36kmの間の道路斜面災害のリスクを検討した。

年間損失は2007年値で、合計106.1百万ルピー/年である。このうち、山側斜面が65.9%、横断溪流が32.1%、川側斜面が2.1%である(図3.4.1)。図3.4.2にALpによる道路斜面災害のリスクマップを示す。

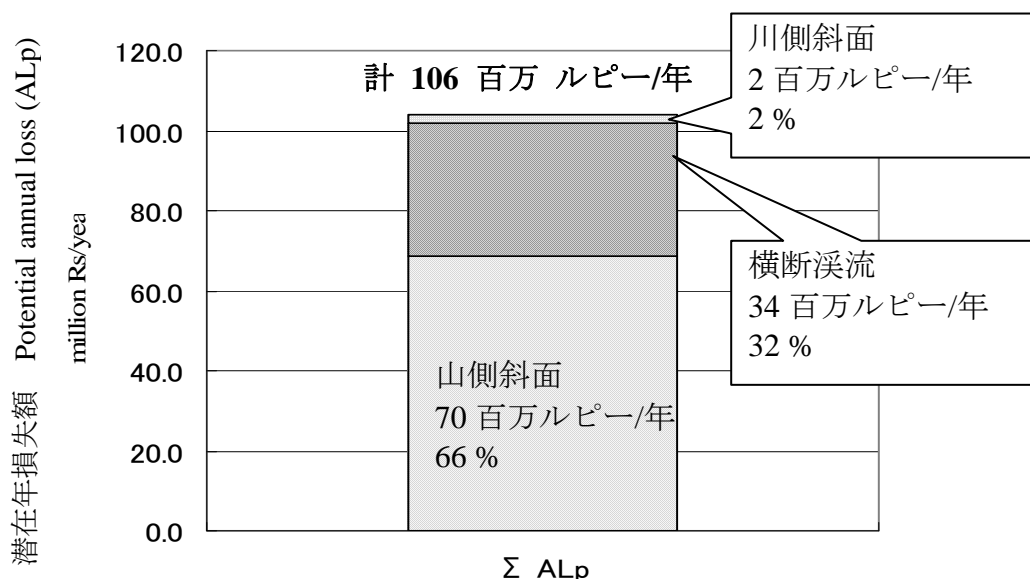


図 3.4.1 斜面タイプによる N-M 道路の潜在的年間損失額 (ALp) の 2007 年値

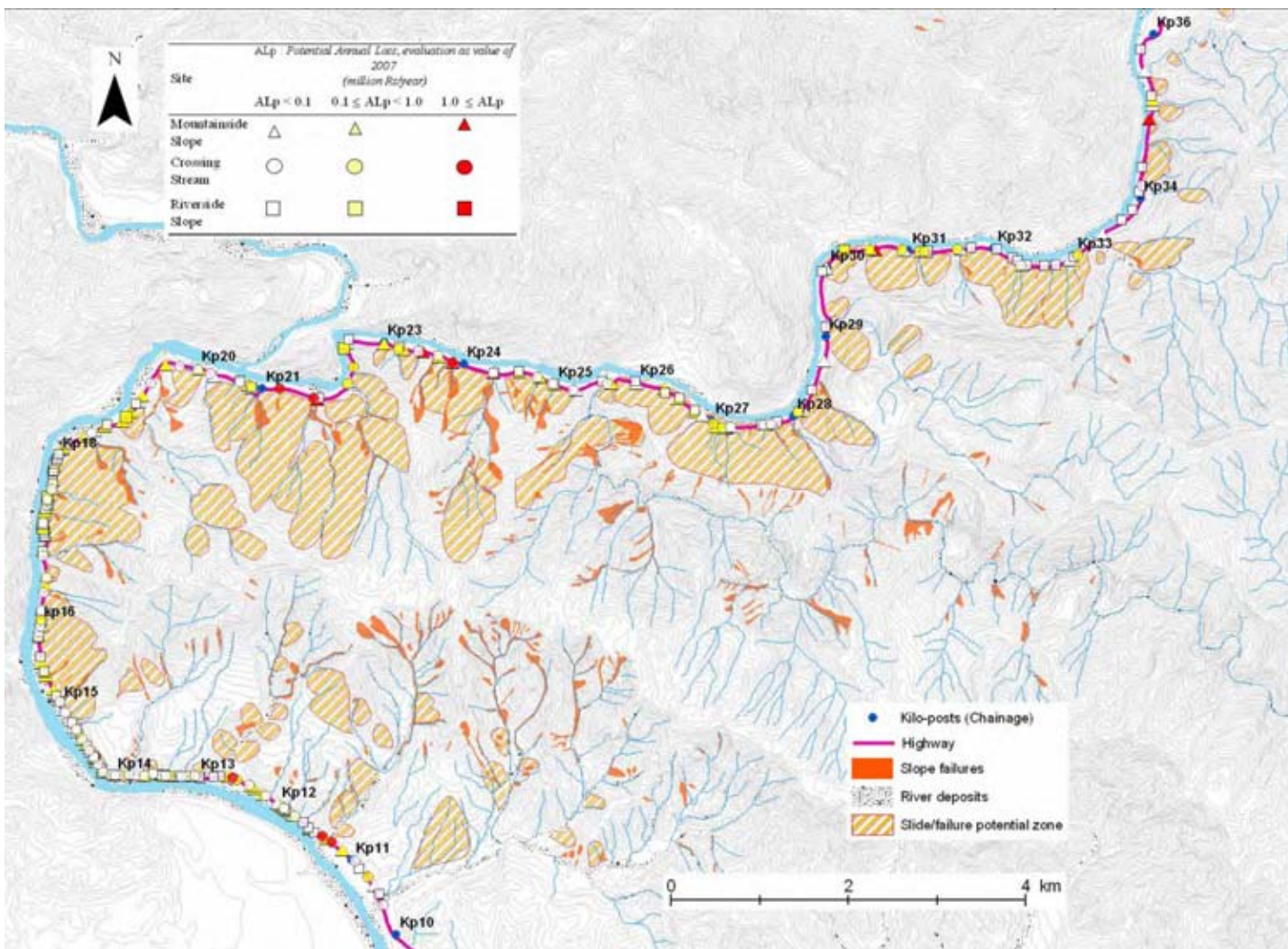


図 3.4.2 潜在的年間損失 (ALp) のハザード

(3) 高リスク 12 箇所

表 3.4.1 に示すとおり、算出した道路斜面災害のリスクレベルを、ALp が 0-0.1 百万ルピー/年、0.1-1.0 百万ルピー/年、1.0 百万ルピー/年以上の 3 レベルに分類した。表 3.4.2 に ALp が 1.0 百万ルピー/年以上の高リスク 12 箇所を示す。

表 3.4.1 2007 年における ALp リスクレベルによる分類

リスクレベル (mil. Rs)	山側斜面			横断溪流			川側斜面			合計		
	数量	ALp (mil. Rs)	割合 (%)	数量	ALp (mil. Rs)	割合 (%)	数量	ALp (mil. Rs)	割合 (%)	数量	ALp (mil. Rs)	割合 (%)
0-0.1	61	0.4	1	54	0.4	1	87	0.0	2	202	0.9	1
0.1-1.0	67	41.6	60	18	11.1	33	6	2.1	98	91	54.8	52
1.0<	6	27.9	40	6	22.5	65	0	0	0	12	50.4	47
Total	134	69.9	100	78	34.0	100	93	2.1	100	305	106.1	100

表 3.4.2 ALp1.0 百万ルピー/年以上の高リスク 12 箇所

起点からの CH	斜面タイプ	災害タイプ	FRCdp	ALp
			(災害/年)	(百万ルピー/年)
11 km+280 m (カハレコーラ)	横断溪流	土石流	0.25	5.8
11 km+500 m	横断溪流	斜面崩壊と土石流	0.26	2.1
12 km+600 m (ダスココーラ)	横断溪流	土石流	0.39	7.7
21 km+200 m	横断溪流	斜面崩壊と土石流	0.34	2.7
21 km+560 m	横断溪流	土石流	0.13	1.3
21 km+610 m (SL-1)	山側斜面	すべり	0.15	2.9
23 km+510 m (SL-2)	山側斜面	すべりと斜面崩壊	0.24	3.5
23 km+930 m	横断溪流	土石流	0.23	2.3
23 km+960 m (SL-3)	山側斜面	すべり	0.24	13.7
24 km+235 m (SL-4)	山側斜面	すべりと斜面崩壊	0.19	1.5
30 km+690 m	山側斜面	斜面崩壊	0.24	1.9
34 km+200 m	山側斜面	落石	0.55	4.3
計 12 箇所			3.21	50.4
全 305 箇所の総計に対するパーセンテージ			15%	47%
全 305 箇所の総計			22.02	106.1

SL は地すべりサイトを指す。

(4) 道路区間 1km 当たりの斜面災害リスクレベル

(a) 総論

斜面災害リスクの高い道路部分を認識するために、各サイトのリスク指標を道路区間 1km 当たりのリスク指標に換算した (図 3.4.3)。

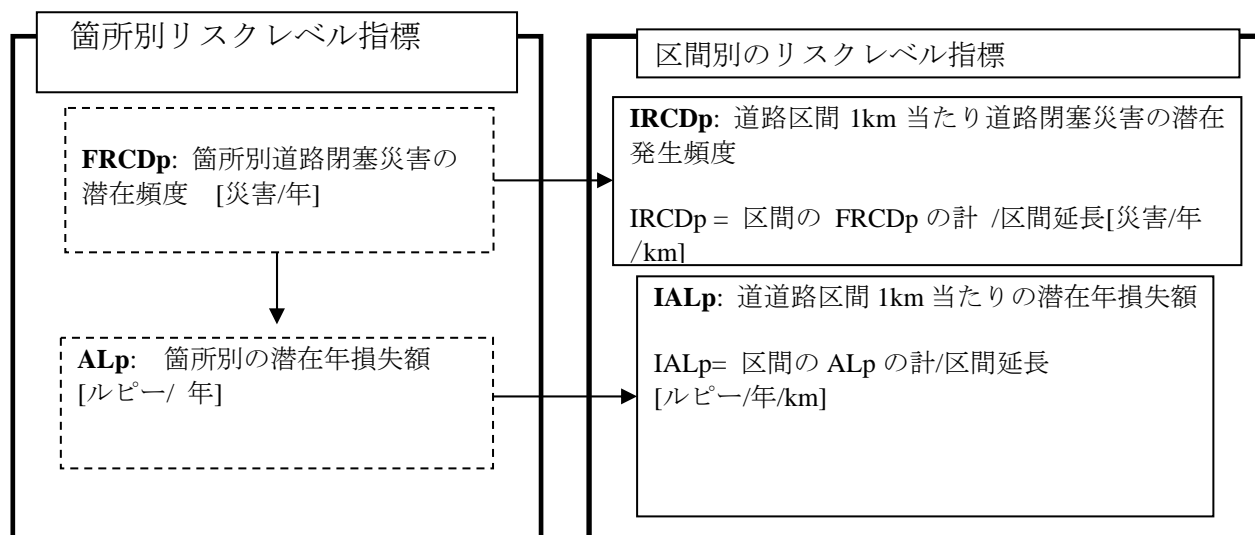


図 3.4.3 道路区間 1km 当たりの斜面災害リスク指標の算出プロセス

(b) 道路区間 1km 当たりの道路閉塞災害の潜在発生頻度(IRCDp)

区間別の IRCDp を以下の式により求める。

$$\text{IRCDp} = \sum \text{FRCDp} / \text{LS}$$

(c) 道路区間 1km 当たりの潜在年損失額 (IALp)

1km 毎の道路閉鎖災害の潜在的な年間損失は以下の式により求める。

$$\text{IALp} = \sum \text{IALp} / \text{LS}$$

(d) 道路区間 1km 当たりのリスクレベル

道路区間 1km 当たりにおけるリスクレベル指標を表 3.4.3 に示した。

IRCDp が 1.0 災害/km/年以上の高災害リスクの区間は、CH km11-12、km13-15、km17-18、km27-28、km34-35 である。IALp が 10 百万ルピー/ km /年以上の高リスク区間は、km 11-13、km 23-25 である。

表 3.4.3 N-M 道路の斜面災害リスクの概要

1 km 区間	IRCDp: 道路区間 1km 当たりの道路閉 塞災害の潜在発生頻 度	IALp: 道路区間 1km 当たりの潜在 年損失額	高額順位 12 ALp (箇 所別の潜在年損失 額) 箇所
	災害/年/km	ルピー/年/km	
km 10 - km 11	0.20	636,349	
km 11 - km 12	1.28	12,553,071	2 箇所
km 12 - km 13	0.90	11,596,374	1 箇所
km 13 - km 14	1.28	5,532,572	
km 14 - km 15	1.26	3,907,911	
km 15 - km 16	0.73	2,629,073	
km 16 - km 17	0.93	2,509,015	
km 17 - km 18	1.76	6,125,221	
km 18 - km 19	0.49	2,560,350	
km 19 - km 20	0.62	3,139,973	
km 20 - km 21	0.84	2,878,446	
km 21 - km 22	0.84	8,443,483	3 箇所
km 22 - km 23	0.43	768,427	
km 23 - km 24	0.94	11,427,335	3 箇所
km 24 - km 25	0.93	14,584,536	1 箇所
km 25 - km 26	0.55	1,578,079	
km 26 - km 27	0.55	2,228,505	
km 27 - km 28	1.38	1,295,980	
km 28 - km 29	0.75	488,570	
km 29 - km 30	0.50	18,536	
km 30 - km 31	0.63	2,787,817	1 箇所
km 31 - km 32	0.91	3,025,898	
km 32 - km 33	0.85	304,143	
km 33 - km 34	0.73	28,870	
km 34 - km 35	1.07	4,369,938	1 箇所
km 35 - km 36	0.66	685,373	
km 36 - km 36.1	0.09	3,417	
平均	0.84	4,065,294	

3.4.2 ルワ川/ マルシャンディ水力発電所

(1) リスクアセスメントの方針と流れ

2003年7月豪雨災害の再現は、災害の頻度と規模を算定するためのシナリオとすることができる。本調査では、このシナリオによって土砂災害のリスク（損失額）を概算した。本箇所リスクアセスメントの手順を図3.4.4に示す。

既往対策工の効果を見込まないリスク

$$= \text{潜在発災害頻度} \times \text{潜在災害規模} [\text{ルピー/年}]$$

潜在災害頻度: 2003年7月豪雨の24時間積算雨量の再現期間と同値 [災害/年]

潜在災害規模: 2003年7月豪雨の被害額の2007年価格 [ルピー]



既往対策工の効果を見込んだリスク

$$= \text{既往対策工の効果を見込まないリスク} \times \text{CEM} [\text{ルピー/年}]$$

CEM: 潜在発災害頻度に対する対策工の効果係数 [無単位]

図 3.4.4 ルワ川/マルシャンディ水力発電所のリスク評価の手順

(2) 既往対策工の効果を見込まない潜在発災害頻度

既往対策工の効果を見込まない潜在災害頻度は、2003年7月豪雨の再現期間との同値として評価する。デブガット観測所の降雨計24時間降雨量の2003年7月豪雨の再現期間は16年であることから、潜在発災害頻度は1/16災害/年と評価する。

(3) 既往対策工の効果を見込まない潜在損失額

既往対策工の効果を見込まない潜在損失額は、2003年7月豪雨災害による損失額の2007年価格値として、本調査2008年2月に実施した調査道路交通調査等から算出する。潜在損失額の算出結果を表3.4.4に示す。

表 3.4.4 2003年7月豪雨災害の損失額の2007年価格値

項目	損失 (ルピー)
復旧費 (仮設迂回路)	40,000
道路と発電所設備の損失	58,350,000
車輛損失	40,000
発電所出力低下に伴う損失	87,700,000
道路通行阻害損失 (待機、迂回および取り止め)	9310,000
計	155,440,000

(4) 既往対策工の効果を見込まないリスク

以下の式により算出した。

既往対策工の効果を見込まない潜在年損失額

=既往対策工の効果を見込まない潜在発災頻度 x 既存対策工の効果を見込まない潜在損失額 [ルピー/年]

ここで、

既往対策工の効果を見込まない潜在発災頻度：2007年7月豪雨（24時間積算雨量）の再現期間16年に1回発災すると評価 [災害/年] = 1/16 [災害/年]

既往対策工の効果を見込まない潜在損失額：7月31日の損失を2007年価格 [Rs]

= 1/16 [災害/年] x 155,440,000 [ルピー/災害]

従って、構造物対策のない場合の潜在的な年間損失は9,715,000ルピー/年と算出される。

(5) 既往対策工の効果を見込んだリスク

リスク：既往対策工の効果を見込んだ潜在年間損失額は以下のように定義できる。

既往対策工の効果を見込んだ潜在年損失額 [ルピー/年]

= 既往対策工の効果を見込まない潜在年損失額 x CEM

ここで、

CEM：潜在発災頻度に対する対策工の効果係数 [無単位]

既往の砂防ダムは、2003年7月豪雨災害時に発生した土石流と同規模の規模を捕捉する効果がある。しかし、新たな斜面崩壊による大規模な土石流が発生した場合、既往砂防ダムの許容量を超えてしまう。また、既設の流路断面の一部は2003年の降雨強度に基づいて計算される必要流路断面よりも小さい。これらの状況を考慮し、CEMを“0.5”と設定した。

= 9,715,000 [ルピー/年] x 0.5 = 4,857,500 [ルピー/年]

よって既往対策工の効果を見込んだ現況の潜在年間損失額は4,857,500 [ルピー/年]と算出された。

第 4 章

ナラヤンガート～ムグリン道路における基本戦略と フィージビリティスタディ

4.1 概要

4.1.1 基本戦略立案の方針

N-M 道路における土砂災害管理の基本戦略は、対象道路区間に対して図 4.1.1 に示す通り一連の道路斜面災害リスク管理調査の過程で得られた情報を適用することにより策定する。

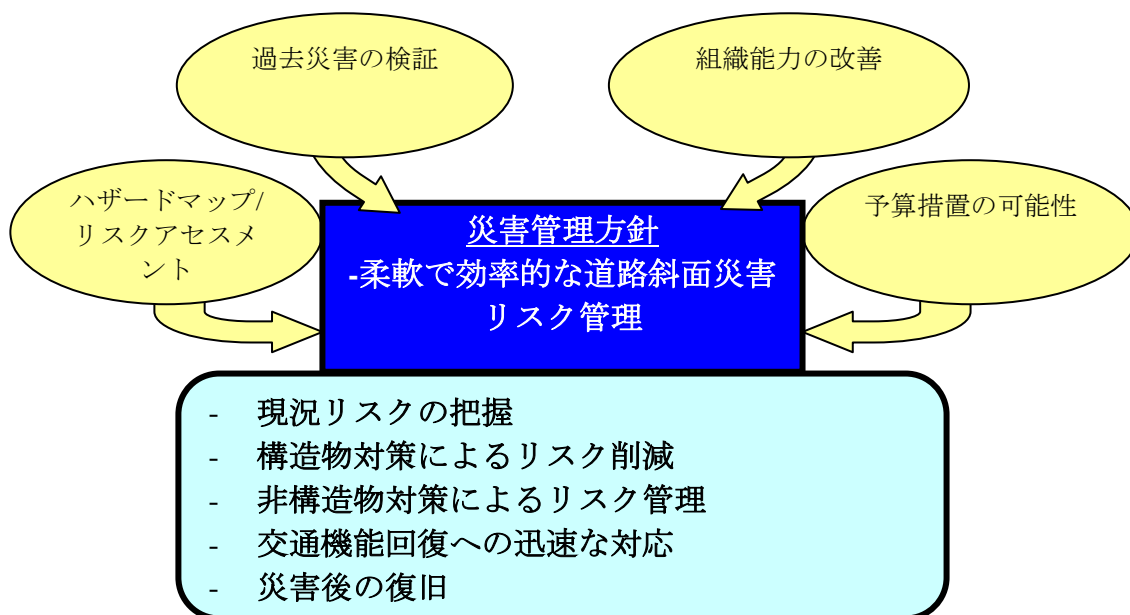


図 4.1.1 道路斜面災害リスク管理方針

4.1.2 現況潜在リスクの把握

第 3 章で記述した通り、道路斜面災害の現況リスク算定のためのリスクアセスメント調査を全 305 箇所（134 山側斜面、78 横断溪流、93 川側斜面）で実施した。

表 4.1.1 2003 年時点とリスク現在値

時点	当該路線全体の潜在 年発災件数(件/年)	率	年損失額 (百万ルピー/年)	率
2003 年以前レベル	34.7	100%	194	100 %
2007 年現在改善後レベル	22.0	63%	106	55 %

4.1.3 基本戦略の要素

基本戦略の要素を図 4.1.2 に示す。

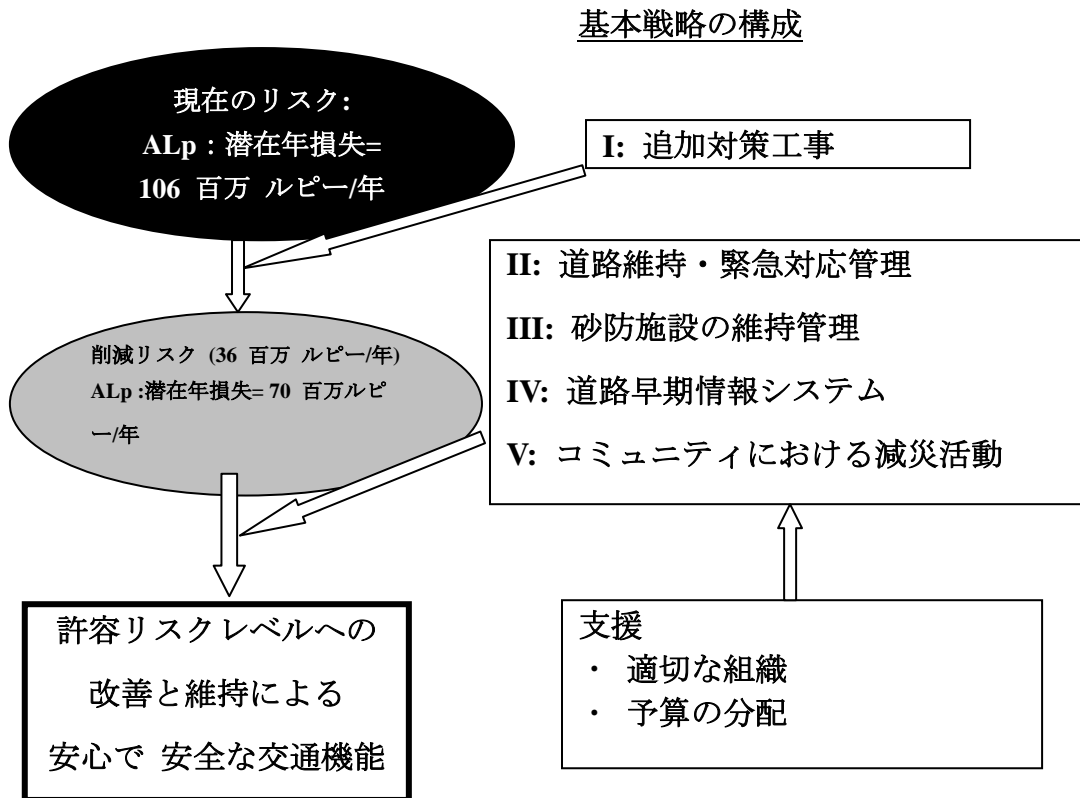


図 4.1.2 基本戦略の構成と斜面災害リスク管理

各基本戦略は下記の通り。

- 1) 追加対策工事
- 2) 道路維持・緊急対応管理
- 3) 砂防施設の維持管理
- 4) 道路早期情報システム
- 5) コミュニティにおける減災活動

4.2 追加対策工事

4.2.1 リスクレベルの目標設定

斜面と溪流のリスクレベルは表 4.2.1 に示すとおり潜在年損失額：ALp（百万ルピー/年）によって3区分される。

表 4.2.1 潜在年損失額：ALp 額区分別リスク状況

潜在年損失額の区分 ALp（百万ルピー）	山側斜面			横断溪流			川側斜面			合計		
	箇所	潜在年損失額		箇所	潜在年損失額		箇所	潜在年損失額		箇所	潜在年損失額	
		ALp（百万Rs）	割合（%）		ALp（百万Rs）	割合（%）		ALp（百万Rs）	割合（%）		ALp（百万Rs）	割合（%）
0-0.1	61	0.4	1	54	0.4	1	87	0.0	2	202	0.9	1
0.1-1.0	67	41.6	60	18	11.1	33	6	2.1	98	91	54.8	52
1.0<	6	27.9	40	6	22.5	66	0	0	0	12	50.4	47
計	134	69.9	100	78	34.0	100	93	2.1	100	305	106.1	100

道路斜面災害のリスク削減の優先対象箇所は、地点あたりの許容リスクレベルを年潜在損失額、百万ルピー/年とし、それを越える斜面および溪流とする。

4.2.2 追加対策工事検討地点の選定

選定地点は6山側斜面と6横断溪流である。この12箇所において、対策工の検討とその経済効率評価を実施した。

4.2.3 構造物対策工の検討と経済評価

選定した12箇所のうち、DWIDPあるいは本パイロットプロジェクトにおいて対策が実施される（一部は実施された）3箇所、ならびに砂防ダムの排砂で対応できる1溪流を除外し8箇所とし、さらにルワ川（マルシャンディ発電所）1箇所を加えて9箇所とした。

9地点の基本設計/概略工事費/経済評価結果、総工費は9地点で約204百万ルピーと算出された。また、経済評価指標はいずれの地点も経済的に妥当であると評価された。

4.2.4 施工計画

(1) 契約

表 4.2.2 に示すように、これらの対策は3つに一括契約に分けることを提案する。

表 4.2.2 選定箇所における実施計画

パッケージ	位置	工 種	費用 (百万 Rs)	実施機関
1	21km+200	・ 擁壁工+ 防護柵	1.04	DWIDP (国内調達)
	21km+610	・ 横ボーリング工	6.48	
	23km+930	・ フトンカゴ工+堆積物除石	1.82	
	24km+235	・ 横ボーリング工	2.00	
	小計		11.34	
2	23km+510	・ ロックボルト付吹付法砕工 + 植生工	29.63	DOR (国際調達/国内調達)
	23km+960	・ ロックボルト付吹付法砕工 + 植生工	142.05	
	30km+690	・ 吹き付けのり砕工 + 植生工	13.70	
	34km+200	・ 落石防護ネット工	6.98	
	小計		192.36	
3	ルワ川	・ 導流工	18.37	ネパール電力公社
合計			222.07	

パッケージ 1、3 は地元の工事業者によって実施し、パッケージ 2 は「ネ」国において定着していない技術を含むため、国際競争入札及び地元の競争入札の基、実施されることを提案する。

(2) 作業工程

図 4.2.1 及び図 4.2.2 にパッケージ 1、3 とパッケージ 2 の全期間の工程を示す。

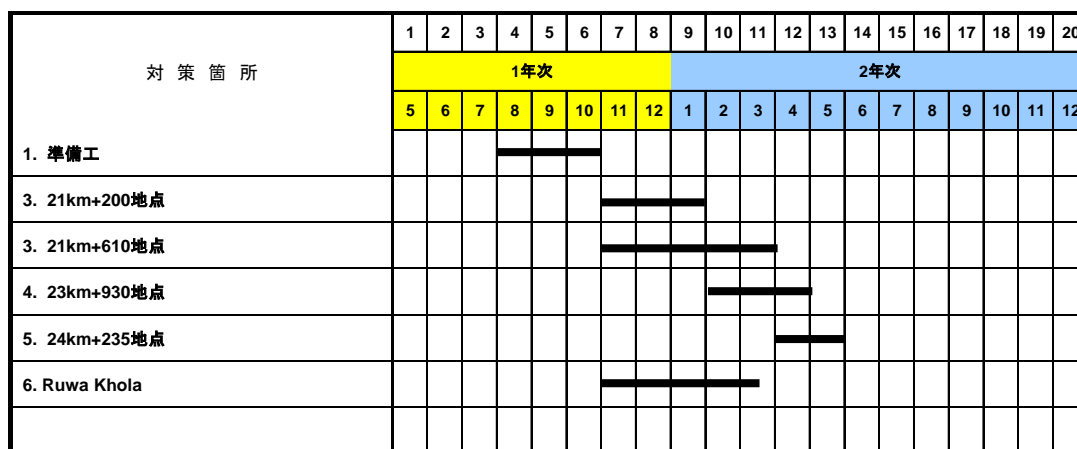


図 4.2.1 パッケージ 1、3 の作業工程表

対策工 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
	1年次												2年次												3年次															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1. 準備工																																								
2. 23km+510地点																																								
2.1 斜面整形																																								
2.2 ロックボルトの設置																																								
2.3 法枠工の設置																																								
2.4 ロックボルト頭部処理																																								
3. 30km+690地点																																								
3.1 斜面整形																																								
3.2 鉄筋・型枠の組立																																								
3.3 モルタル吹付け																																								
4. 34km+200地点																																								
4.1 切土工																																								
4.2 落石防護ネットの設置																																								
5. 23km+960地点																																								
5.1 準備工																																								
5.2 斜面整形																																								
5.3 ロックボルトの設置																																								
5.4 法枠工の設置																																								
5.5 ロックボルト頭部処理																																								

図 4.2.2 パッケージ 2 の作業工程表

4.3 道路維持・緊急対応管理

4.3.1 年次計画による道路施設の維持管理

道路土砂災害に対する常時・緊急時の道路維持作業は、地方道路事務所（以下、DRO）により実施されている。当該道路においても、2006年3月に策定された年次道路維持計画に基づいてバラトプールDROにより実施されている。

4.3.2 維持管理の年間コストと経済評価

(1) 年間コスト

年次維持計画は雨季後の点検、維持/災害記録により作成される。当該区間の2008年/2009年次の維持管理計画を表4.3.1に示す。

表 4.3.1 当該区間の道路維持管理 2008/2009 年次の計画予算

管理項目	2008/2009 年次要望予算(ルピー)
(a) 日常管理	330,139
(b) 定期補修	12,850,000
(c) 修繕工事	11,594,822
(d) 植生工	36,897
(e) 緊急対応	393,209
合計	25,205,067

(出典：Annual Road Maintenance Plan (Draft/Request) for Fiscal Year 2008/2009)

(2) 維持管理の経済評価

これらの維持管理作業の費用と効果の関係を表4.3.2にまとめる。緊急対応を合理化し、道路閉塞期間の短縮化することにより、さらに潜在損失額の削減が見込まれる。

表 4.3.2 道路維持・緊急対応管理の費用と効果

管理項目	費用 2008/2009年要 望予算 (ルピー)	年便益 2009年 (ルピー)		BCR:便益費用比 (2008年投資、2009 年便益)
日常管理、定期補修、修繕工事、植生工	日常管理費 330,139	路面・道路のり面の管理により道路の走行性が‘可’の状況で保全されることによる便益		5.2
	定期補修費 12,850,000	1. 道路の劣化を保全/改良したことによる車両走行費用の減少により生じる便益 =当該区間の車両走行費用の10% ^{注1)} x 年走行車両数	115,178,835	
	修繕工事 11,594,822	2. 道路の劣化を保全/改良したことによる当該区間の通過時間減少に伴う便益 =当該区間の平均走行時間の10% ^{注2)} x 車両1台当たりの交通時間価値単価x年走行車両数	30,091,641	
	植生工 36,897	計	145,270,477	
計	24,811,858	計	145,270,477	
緊急対応	393,209	道路閉塞災害による年潜在交通損失額 105,109,585の50% ^{注3)}	52,554,793	134

注1) 世銀が開発した道路経済評価ツールHDM-4では、舗装状態がFAIRからBADに劣化することで、車両走行費用は約2割上昇する。ここでは日常管理および定期補修しなければ、FAIRからBADとFAIRの中間の状態まで劣化することを想定している。

注2) 同HDM-4では、舗装状態がFAIRからBADに劣化することで、平均走行時間は約2割上昇する。

注3) 道路閉塞災害が発生した場合は、この緊急対応への投資が無かった場合は、開通対応が大幅に遅れると考えられる。

4.3.3 改善点の進言

(1) 日常管理時の確認事項

日常管理時に注視すべき地点と着眼点を表4.3.3に示す。

表 4.3.3 日常管理時の着眼点

位置	災害タイプ	危険状況/確認事項
26km+700	地すべり	路面の地すべりによる連続的な亀裂の有無
27km+050	地すべり	路面の地すべりによる連続的な亀裂の有無
アンカー設置箇所 24km+025、24km+600	盛土の沈下	路面の変状

(2) 緊急対応活動への道路早期情報システムの活用

緊急災害時の道路復旧は、ムグリン、ガジュリ、ノウビセの基地に配置されている重機により対応する。しかしながら、激甚被害時にはこれらの重機では数的に十分ではなく、その配置などについて効率的な活用が必要となる。そのため緊急時の対応は、図4.3.3に示すように道路早期情報システムを活用することにより効率化を図る。すなわち自記雨量計の計測で12時間半減積算雨量が60mm(1年再現確率)を超えた時点で斜面災害への緊急対応チームが準備を開始し、3基地の重機が効率的に運用されることが望まれる。

また、緊急時の復旧活動を記録し、整理・分析することは、将来の合理的な緊急対応年次計画を作成するうえで重要である。

4.4 砂防施設の維持管理

当該道路に災害を引き起こす溪流への砂防ダム等の砂防施設の設置は、2004年から2008年完了の予定でプロジェクトが実施中である。これらの施設は2006年豪雨で大きな災害が起きなかったことからその有効性が証明された。しかし、砂防ダムは2006年豪雨に発生した土石流等で堆砂が進んでおり、今後の土石流の発生に対してその機能を発揮できない状態となっている。

砂防施設の維持管理は土石流から道路機能を守るために重要である。砂防施設の維持管理業務を以下の手順で行う。

4.4.1 実施機関

砂防施設の維持管理業務は、DWIDPが実施する。

4.4.2 維持管理の主要作業

既往砂防施設の機能維持のため、以下の作業を行うこととする。

- 砂防ダムの除石
- 砂防施設損傷の修復

4.4.3 砂防施設維持管理の流れ

維持計画は各年次計画を作成し、DWIDPによる継続的な実施が必要となる。図4.4.3に砂防施設の維持管理の流れを示す。

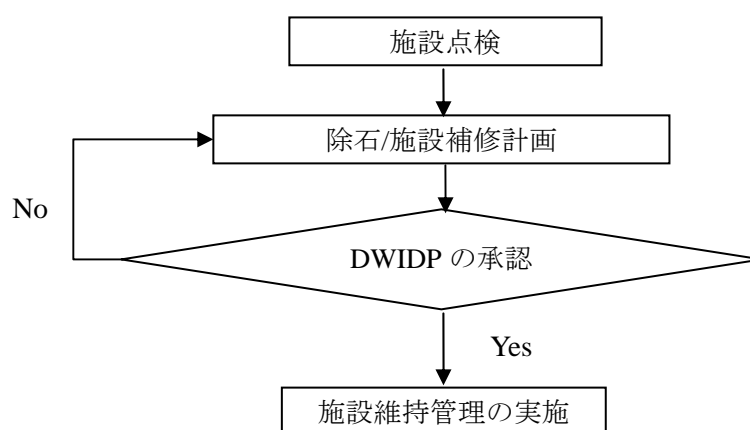


図 4.4.1 砂防施設維持管理の流れ

4.4.4 堆積土砂の除石

(1) 除石の方針

表 4.4.1 に除石検討対象の砂防ダムを示す。図 4.4.2 は既往砂防ダムの堆積土砂の除石の概念図について示す。

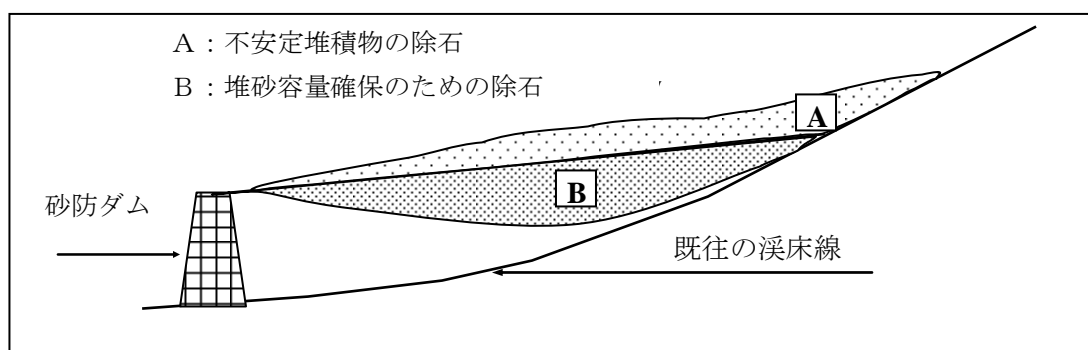


図 4.4.2 除石の概念図

表 4.4.1 堆積土砂の除石の検討が必要な既往砂防ダム

位置 (km)	ダム数	概略対象土砂量 (m ³)		2007 年現況での年 潜在損失額 ²⁾ (ルピー/年)
		A ¹⁾	B ¹⁾	
11+280 (カハレ川)	2	16,080	0	577,413
12+600 (ダス川)	2	7,500	0	766,056
15+033	2	90	30	6,090
17+350	3	360	130	9,441
20+800	2	10	0	970,879
21+560	3	8,350	2,000	1323,536
23+150	3	30	0	866,764
23+710	2	300	50	63,147
23+930	10	2,030	700	685,683
24+740	2	240	80	7,000
24+960	3	460	170	7,768
27+195	2	40	0	236,800
27+705	2	100	0	11,181
27+900	1	400	0	463,733
計 14 溪流	39 ダム		39,150	10,962,000
内優先排砂計画 6 溪流	22 ダム		36,700	5,190,331

注: 1) A と B は図 4.4.5.参照

2) 11+280 (カハレ川)、(ダス川) は、2008 年 7 月実施中の構造物対策の効果を見込んだ値

表 4.4.1 で 2007 年現況での潜在年損失額が 50 万ルピー/年を超える 6 溪流は、放置すると約 10 年で堆砂が進行し、リスクが 2 倍となり許容潜在年損失額である 100 万ルピー/年を超えると考えられる。よってこの 6 溪流において 10 年に 1 度の堆積土砂の除石を計画した。

(2) 経済評価

10 年に一度に発生する規模の土石流で砂防ダムが満砂する条件で除石計画を立案した。対象となる 6 溪流で 10 年に一度 36,700m³ を排砂する必要がある。毎年の必要予算は下記である。

毎年の砂防施設維持費

$$= 36,700 \text{ m}^3 \text{ 排砂委託費単価 (280 ルピー/m}^3) = 1.0 \text{ 百万ルピー/年}$$

対して年便益は2007年現況での潜在年損失額の1/4(排砂直後は1/2となるが約10年で効果は0に戻る)の1.3百万ルピー/年が見込まれる。便益費用比は1.3となり経済的に妥当である。

4.4.5 砂防施設の修繕

N-M 道路沿いの砂防施設の点検が DWIDP の「ムグリン～ナラヤンガート洪水土砂災害防除プロジェクト (MNWIDPP)」によって 2008 年度上半期に実施された。

6 箇所 (6.9%) の施設は緊急な修繕が必要である。14 箇所 (14.6%) の施設は修繕が必要であり、39 箇所 (39.16%) の施設は経過観察が必要である。

4.5 道路早期情報システム

4.5.1 目的

目的を以下に示す。

- 道路土砂災害による人身および車輛損失の回避
- 道路通行止めを早期把握による通行止めに伴う損失の最小化

4.5.2 対象地域

対象地域はナラヤンガート～ムグリンに限定されるが、その効果は自動車通行が可能な道路全体に影響すると考えられる。

4.5.3 システムの概要

(1) 一般

システムは図 4.5.1 にシステムの概要を示す。

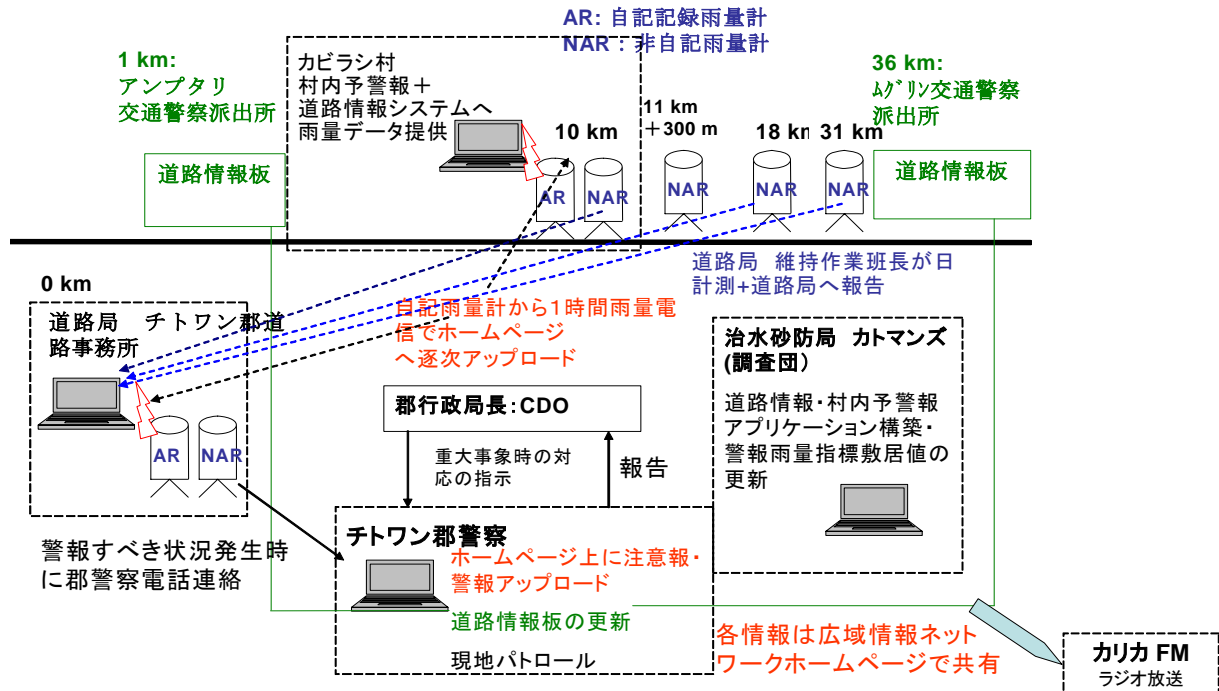


図 4.5.1 N-M 道路早期情報システム概念図

(2) 道路情報板

道路情報板は当該道路の起終点付近に道路情報板を設置する。道路利用者へ道路通行阻害の状況と想定される阻害期間を通知する。

(3) 雨量値による事前警報基準と行動

雨量値による事前警報基準と行動の 2008 年基準を表 4.5.1 に示す。この基準は雨量値と災害記録の蓄積後、解析を行い、実態にあったものに更新していく必要がある。

表 4.5.1 雨量による警報基準

予警報レベル	基準	行動
レベル IV 警報	12 時間半減積算雨量 (実効雨量) =180mm 10 年再現期間	通行取り止め勧告
レベル III 注意報	12 時間半減積算雨量 (実効雨量) =140mm 5 年再現期間	通行注意勧告
レベル II	12 時間半減積算雨量 (実効雨量) =140mm 2 年再現期間	関係者の警戒体制継続
レベル I 警戒体制開始	12 時間半減積算雨量 (実効雨量) =60mm 1 年再現期間	関係者の警戒体制開始

(4) 雨量計計測

雨量計は DRO、カビラシ村落開発委員会（以下、カビラシ村 VDC）により次のとおり計測する。

(a) 自記雨量計

自記雨量計のデータは DRO、カビラシ村 VDC 内のデータロガーに自動的に蓄積される。

- 12 時間半減積算雨量 60mm 未満：1 回/日
- 12 時間半減積算雨量 60mm 以上：毎時

(b) 非自記雨量計

非自記雨量計は、補足情報として日 1 回の計測を行い、自記雨量計との比較を行う。

(5) 道路交通状況のモニタリング

交通事故、ストライキによる道路封鎖、道路および道路斜面の異常は、DRO のパトロール員、維持管理監督（スーパーバイザー）、維持管理作業員（レンスワーカー）、沿道住民、道路利用者により DPO へ通報される。

4.5.4 システムの運用

(1) チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会

- 道路情報伝達手法の決定
- 道路斜面災害リスク情報の基準の議論と設定
- “道路モニター組織”の編成
- システムの運用マニュアルおよびリーフレットの用意
- システムの報道機関への公示

(2) 関連組織の役割

主要機関の役割は下記とする。

1) 地方行政官長（CDO）

チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会の議長となり、委員会の運営を統括

2) 郡警察署（DPO）

- DPO の監督警察官による道路早期情報公示内容（リスクレベル III：災害注意報、リスクレベル IV：災害警報、道路閉塞状況）の決定
- 監督警察官による交通警察への情報板更新の指示
- インターネットウェブページでの情報公示
- カリカ FM ラジオ局への情報提供
- 情報提供用コンピュータの維持管理

➤ 道路利用者への交通管理方針と手法を説明

3) 地方道路事務所 (DRO)

- 雨量観測と雨量計維持管理 (雨量計 5 基、コンピュータ 1 台)
- 12 時間半減積算雨量の計算
- 解析雨量値による予警報レベルの確認と DPO への通報

4) カビラシ村村落開発協議会 (カビラシ村 VDC)

- 雨量観測と雨量計維持管理 (雨量計 2 基、コンピュータ 1 台)
- 12 時間半減積算雨量の計算
- 解析雨量値による予警報レベルの確認と DPO への通報

5) DWIDP プロジェクト (MNWIDPP) 事務所あるいは第三地方事務所

- 早期警戒・避難システムの構築
- カビラシ村の雨量計測作業の支援

4.5.5 システムの費用と経済性評価

(1) 費用

2008 年から 20 年間の費用を表 4.5.2 に一覧する。費用の年額としては 15 万ルピー/年が見込まれる。なお、システム運用に係る人件費は関連組織の日常業務のなかで実施されるものであり、費用には含めていない。

表 4.5.2 道路早期情報システムの費用

項目	単価	個数	費用 税込み (ルピー)	1 年当たり費用 税込み (ルピー)
初期投資額				
コンピュータ	79,100	3	237,300	
マイクロソフトオフィス	40,115	3	120,345	
ウィルスセキュリティ	8,625	3	25,875	
UPS	45,200	3	135,600	
CDMA ホーン	22,600	3	67,800	
関連ソフト開発	226,000	1	226,000	
自記雨量計	203,400	2	406,800	
非自記雨量計	22,600	4	90,400	
道路情報板	220,350	2	440,700	
初期投資額 計			1,750,820	
運用費				
20 年間維持管理費 上記初期投資額の 50%			875,410	43,771
CDMA 電話通話料 20 年 (月額税込み 500 ルピー)	120,000	3	360,000	
合計			2,986,230	149,312

(2) 便益**表 4.5.3 道路早期情報システムの便益**

項目	2007年交通量に基づく年 便益 (ルピー/年)
道路斜面災害により生じる潜在年人身損失の 50%回避	3,618
道路斜面災害により生じる潜在年車輛損失の 50%回避	7,920
道路斜面災害により生じる潜在年交通阻害損失の 10%回避	10,510,959
計	10,555,026

4.6 コミュニティにおける減災活動**4.6.1 目的**

コミュニティにおける減災活動の目的は次に示すとおりである。

- 道路よりも高標高部の土石流や地すべりの発生要因となる不安定斜面の安定性を向上させる。
- 早期警報避難システムにより災害による死傷者を削減する。
- 災害の削減に対する自助および互助のシステムを構築する。

4.6.2 対象地域

コミュニティにおける減災活動は、パイロットプロジェクト（5章および6章にて解説）として N-M 道路に隣接するカビラシ村で実施するものとした。

4.6.3 活動の概要

減災活動内容は下記とする。

- (1) ハザードマップ作成
- (2) 防災教育
- (3) 早期警戒・避難システム運用
- (4) 簡易な斜面对策工
- (5) 植林と対策工計画

4.6.4 システム費用と経済性評価**(1) 費用**

2008年から20年間の費用を表4.6.1に一覧する。

表 4.6.1 カビラシ村早期警戒・避難システムの費用

項目	単価	個数	費用 税込み (ルピー)	1年当たり費用 税込み (ルピー)
初期投資額				
コンピュータ	79,100	1	79,100	
マイクロソフトオフィス	40,115	1	40,115	
ウィルスセキュリティ	8,625	1	8,625	
UPS	45,200	1	45,200	
CDMA ホーン	22,600	1	22,600	
自記雨量計	203,400	1	203,400	
非自記雨量計	22,600	1	22,600	
初期投資額 計			421,640	
運用費				
20年間維持管理費			210,820	10,541
上記初期投資額の50%				
FM ラジオ放送			100,000	5,000
CDMA 電話通話料 20年 (月額税込み 500 ルピー)	120,000	1	120,000	
合計			852,460	42,623

(2) 便益

このシステムの導入による便益は、カビラシ村において洪水土砂災害により生じる潜在年人身損失の50%が回避されるとして算定する。過去10年間（1998年～2007年）で、カビラシ村では21人が洪水・土砂災害で死亡していることから、潜在年死亡者を、2.1人/年とし、人身損失単価 674,000 ルピー/人を用いると、潜在年人身損失額は 1,415,400 ルピー/年で、システムの便益はその50%の 70,700 ルピー/年と算定される。そのため便益は費用を上回ることとなる。

4.7 組織制度/予算計画

4.7.1 担当組織

「基本戦略」を実施する担当組織は、DWIDP、DOR、チトワン郡開発委員会、カピラシ村VDC等である。基本戦略の各プログラムと担当組織の関係を図4.7.1に示す。

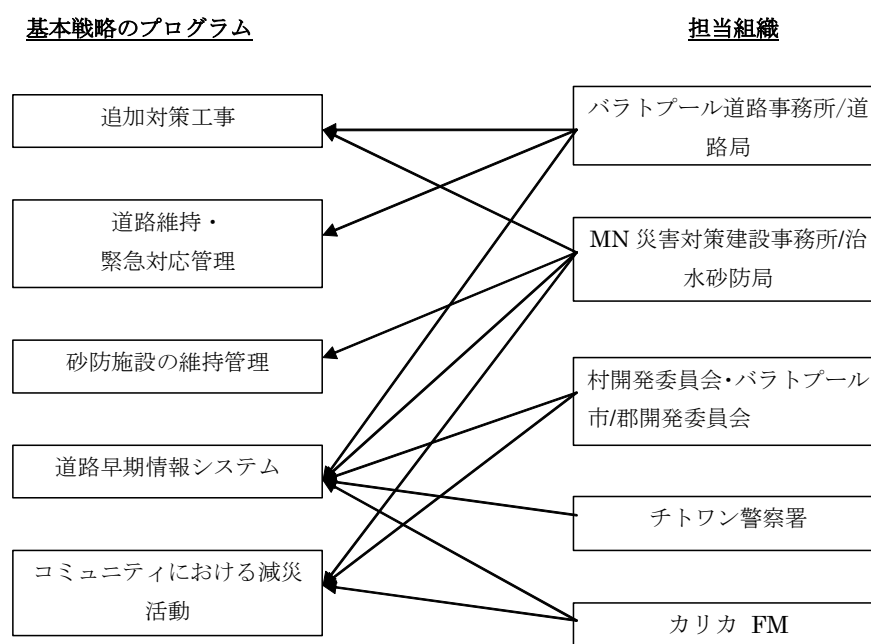


図 4.7.1 基本戦略実施の担当組織

4.7.2 基本戦略の必要経費

N-M 道路の土砂災害管理のための基本戦略 5 プログラムを実施するための必要経費は、総額約 254 百万円であり、内 222 百万円は追加対策工事費である。

4.8 プログラム/制度の評価

4.8.1 社会・環境評価

基本戦略の 5 項目（Ⅰ：追加対策工事、Ⅱ：道路維持・緊急対応管理、Ⅲ：砂防施設の維持管理、Ⅳ：道路早期情報システム、Ⅴ：コミュニティにおける減災活動）は、「ネ」国の環境関連法規上、初期環境調査（IEE）または、環境影響評価（EIA）の義務づけに該当しない。本件の対象となる砂防施設の建設は IEE および EIA の対象外の事業である。自然保護区や考古学的・文化的な価値を有する地域など環境影響を受けやすい地域内では、あらゆる開発プロジェクトが EIA 対象となるが、本調査地域はそれに該当しない。

JICA の環境社会配慮ガイドラインに掲げられている環境社会影響について、C：不明（検討

する必要はあり) に該当する 2 項目と今後この基本戦略プログラム/制度を実施するうえでの留意点を、表 4.8.1 に示す。

表 4.8.1 配慮すべき環境社会配慮項目と実施上の留意点

環境項目	内容	基本戦略実施上の留意点
事故・災害(リスク)	交通事故	- 追加構造物工事期間中の周辺住民や労働者への安全対策が必要。
	工事中の事故、土砂災害の誘因行為	- 工事用骨材、石の採取地を地すべり脚部や斜面下部等することによる新たな土砂災害の発生を引き起こさないようにする。 - 砂防ダム堆積土砂の排砂を、上流部の溪岸で行うことにより新たな崩壊を発生させないようにする。
社会・インフラサービス	工事による道路通行阻害の発生	- 工事に伴う通行止めを発生させない施工計画とする。
	精度の悪い道路通行者への予警報による通行阻害による損失の発生	- 豪雨時の警報(通行回避勧告)は 10 年再現確率の極めて土砂災害の危険性が高いレベルにおいて公布する。

4.8.2 統括評価

各基本戦略の統括的評価を表 4.8.2 に示す。この中に示した費用・便益の算出根拠は、4.2 から 4.5 項までの各基本戦略の説明の中に示してある。

基本戦略の便益費用比はいずれも 1.0 以上であり経済的に妥当である。特に、II 道路維持・緊急対応管理と、IV 道路早期情報システムは効率的な経済的効果がある。

年便益の大きさでは、II 道路維持・緊急対応管理が、道路維持活動で 145 百万ルピー/年、緊急対応活動で 53 百万ルピー/年といずれも高い。I 追加対策工事も 30 百万ルピー/年の効果があり高い。

表 4.8.2 各基本戦略の統括的評価

基本戦略	内容	経済的妥当性	統括的評価
I 追加対策工事	9箇所を追加対策工事によって各当該箇所の年潜在リスクを100万円/年以下への削減	工事費計 204 百万円/年 年便益 30 百万円/年 便益費用比 2.0	路線上の突出した脆弱地点(潜在年損失 100 万円/年以上)が100万円/年未満になる。路線全体のリスクレベルが2007年現況レベルの66%まで改善される。 事業は経済的に妥当である。
II 道路維持・緊急対応管理	DROが計画している、日常管理、定期補修、修繕工事、緊急対応	日常管理・定期補修・修繕工事 2008/2009年予算 25 百万円/年 年便益 145 百万円/年 便益費用比 5.2	日常管理・定期補修・修繕工事により高い効果を得ることができる。
		緊急対応 2008/2009年予算 53 百万円/年 年便益 53 百万円/年 便益費用比 33.6	緊急対応の合理化によりさらに大きな、道路通行阻害期間の短縮による経済効果を得る余地がある。
III 砂防施設の維持管理	堆砂により10年以内に潜在年損失額が100万円/年以上になると見込まれる6溪流の排砂管理	年排砂費 1.0 百万円/年 年便益 1.3 百万円/年 便益費用比 1.3	路線上に突出した脆弱地点(潜在年損失 100 万円/年)を残さない観点から不可欠な対策である。 経済的にも便益がコストに対しやや大きく妥当である。
IV 道路早期情報システム	道路通行阻害情報と豪雨による通行注意報および警報	年費用 0.15 百万円/年 年便益 10.56 百万円/年 便益費用比 70	効率的な効果が見込める。
V コミュニティにおける減災活動(カビラシ村)	豪雨時の早期警戒・避難システム	年費用 0.04 百万円/年 年便益 0.71 百万円/年 便益費用比 18	村内の人身損失の回避効果がある。村内の雨量計は道路早期情報システムでも活用することから効率的な効果がある。

第5章

パイロットプロジェクト I：道路早期情報システム

パイロットプロジェクトは合同演習（2008年6月26日）後より開始され、2008年11月20日に終了した。

5.1 パイロットプロジェクト I の手順

パイロットプロジェクトの実施手順を以下に示す。

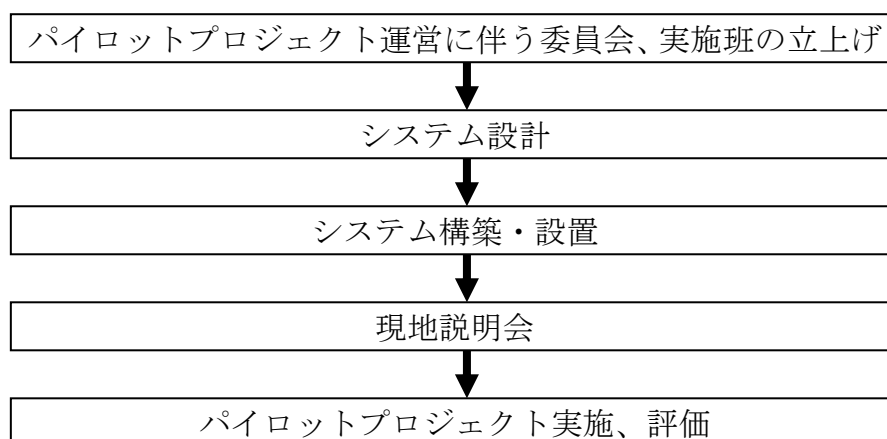


図 5.1.1 実施手順

5.2 パイロットプロジェクト I の実施体制

5.2.1 運営に伴う委員会、実施班の立ち上げ

道路早期情報システムは、複数の機関が連携することにより実現するシステムであることから、「チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会」の立ち上げを行い、各機関の役割を決定した。委員会を図 5.2.1、道路情報システム実施班の役割を表 5.2.1 に示す。

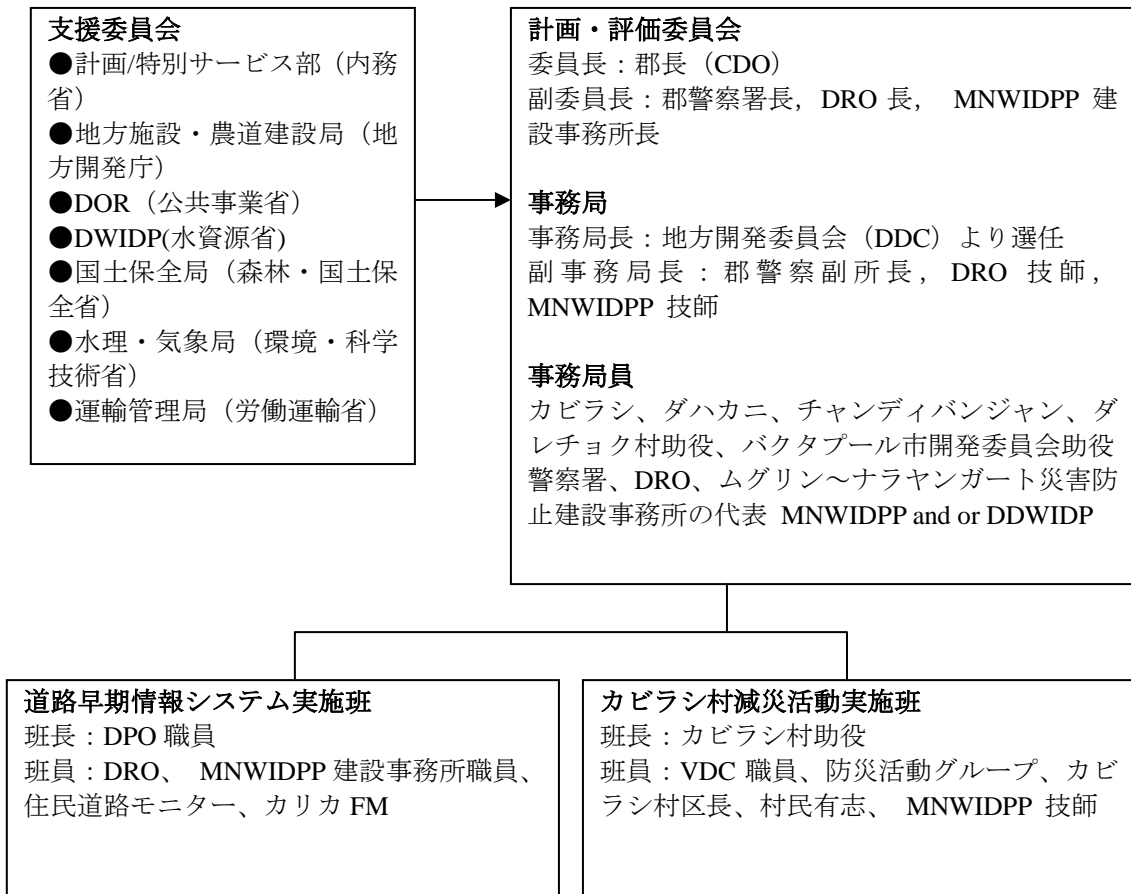


図 5.2.1 チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会組織図

表 5.2.1 道路早期情報システム実施班の役割

組織	役割
DPO 職員 (Chief Organization)	1. 道路早期情報システムの操作と管理 2. 通行阻害情報、豪雨による予警報の情報収集 (DRO、カビラシ村より)。 3. 交通障害に関するパトロールおよび判断 4. 通行阻害情報、豪雨による予警報の道路情報板への情報の掲示 5. 通行阻害情報、豪雨による予警報のウェブページへのアップロード 6. 交通障害への緊急対応
DRO 職員	1. 自記雨量計と非時期雨量計による雨量観測(ウェブページへの降雨状況のアップロード) 2. 豪雨による早期警戒の判断と DPO への報告 3. 豪雨と災害の後の道路パトロール 4. 洪水・土砂災害への緊急対応
MNWIDPP and or DDWIDP 職員	1. カビラシ村(N-M 道路 10Km 付近)の自記雨量計と非自記雨量計のモニタリングに関するアドバイスとサポート 2. 洪水・土砂災害への DRO の緊急対応のサポート
道路情報モニター (地域住民 / ドライバー)	1. 通行阻害情報の DPO への報告
カリカ FM	1. 通行阻害情報、豪雨による予警報などの情報を一般に公開する。

5.2.2 システム設計

(1) 雨量計の設置と雨量情報の収集

豪雨による注意報、警報情報を道路利用者に早期に提供するため、N-M 道路沿線に雨量計を設置し、雨量の計測を行う。

雨量計は、自記記録雨量計と非自記記録雨量計の2種類を利用する。自記記録雨量計は、1時間雨量を自動的に収集し、注意報、警報の判定を行うものとした。ただし雨量情報の収集を行うパソコンとの距離の制約やメンテナンスを考慮して、本パイロットプロジェクトでは、2基導入した。非自記雨量計は、自記雨量計の補助的な役割とし、各地点での雨量の傾向を把握するためのデータ解析や自記雨量計増設の必要性の検討に向けて蓄積するものとする。約10Km間隔で設置するものとする。雨量計の設置位置を図5.2.2に示す。



図 5.2.2 雨量計設置位置

また雨量情報に係るシステムの概念図を図 5.2.3 に示す。

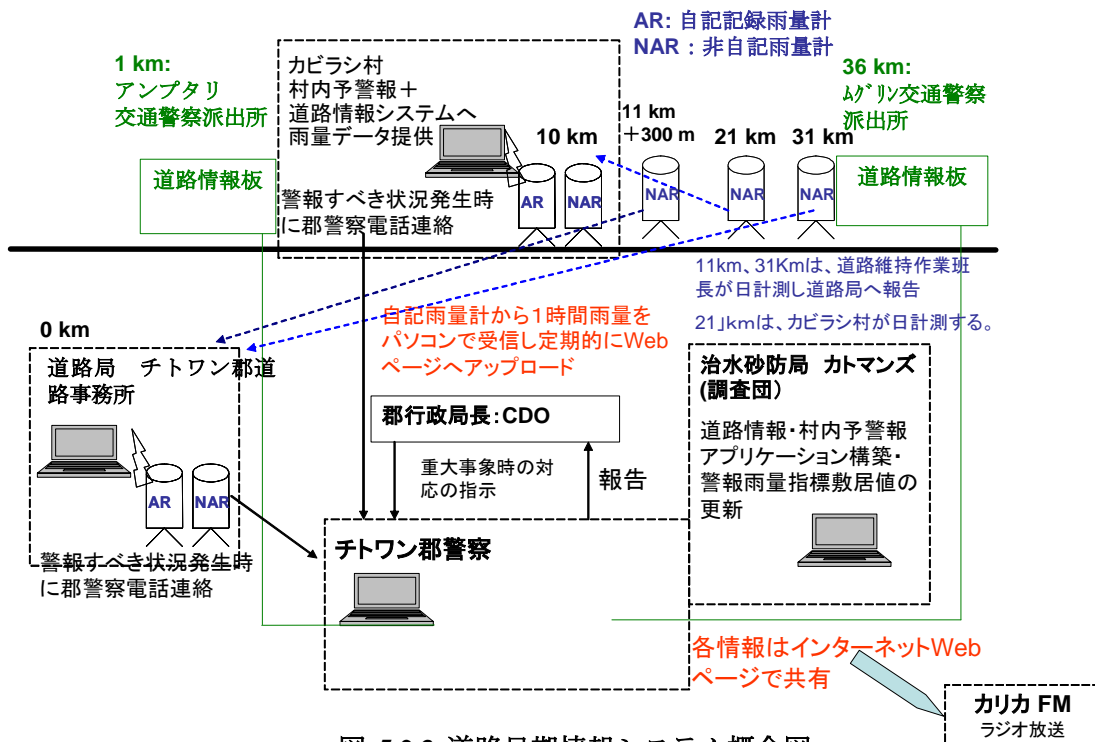


図 5.2.3 道路早期情報システム概念図

(2) 雨量情報の判断

雨量が危険な状態であるかの判断は、12 時間半減換算積算雨量を算出し、算出結果と 1 年、2 年、5 年、10 年の再現期間の値の比較（表 5.2.2 参照）によって行なった。

これらの判断は、DRO およびカピラシ村が実施し、各予警報レベルに達した時点で、DPO に注意報、警報の発表を要請する。

表 5.2.2 換算積算雨量値による予警報しきい値（案）

予警報レベル	降雨量しきい値	行動
レベル IV	12 時間半減換算積算雨量=180mm 10 年再現期間	警報発令: 通行回避勧告
レベル III	12 時間半減換算積算雨量=140mm 5 年再現期間	注意報発令: 通行注意勧告
レベル II	12 時間半減換算積算雨量=80mm 2 年再現期間	警戒体制: パトロール, 緊急対応の準備 (管 理員, 作業員, 機材の招集)
レベル I	12 時間半減換算積算雨量=60mm 1 年再現期間	1 時間毎に換算積算雨量データを ウェブページにアップロード

(3) モニター制度と通行阻害情報の収集

本システムで取り扱う通行阻害情報は、「洪水・土砂災害」、「交通事故」、「ストライキ」等による通行止めや渋滞である。これらの情報は、雨量計のような機器で収集することができないため、道路管理者、利用者などの人による目撃情報を DPO が収集する仕組みとした。

(4) インターネットウェブページおよび道路情報板での道路早期情報提供内容

インターネットウェブページおよび道路情報板で提供する「雨量情報」と「通行阻害情報」の項目および内容を表 5.2.3、表 5.2.4 に示す。

表 5.2.3 雨量情報の提供項目と内容

項目	ウェブの内容	情報板の内容
種別	・豪雨警報 通行取り止め勧告 ・豪雨注意報 通行注意勧告	同左
場所	場所：10km 地点から 36km 地点	同左
発令年月日	発令：yyyy 年 mm 月 dd 日 hh 時	同左
状況	・10 年に 1 度の豪雨状況に達しています。 ・5 年に 1 度の豪雨状況に達しています。	—
雨量グラフ	0km 地点と 10km 地点の 12 時間半減換算積算雨量グラフ。 本日および過去 6 日（計 7 日分）を折れ線で表示	—

表 5.2.4 通行阻害情報の提供項目と内容

項目	ウェブの内容	情報板の内容
種別	・全幅員通行止め ・片側 1 車線通行止め ・渋滞	同左
場所	場所：nn km 地点から mm km 地点	同左
発令年月日	発令：yyyy 年 mm 月 dd 日 hh 時	同左
復旧見込み	復旧見込み：yyyy 年 mm 月 dd 日 hh 時	同左
状況	・洪水・土砂災害 ・交通事故 ・ストライキ	同左

5.2.3 システム構築・設置

システム設計の結果を基にシステム構築し各現場に設置した。

- 自動雨量計と通信機器
- 手動雨量計
- コンピュータ（CDMA、UPS）

5.2.4 現地説明会

パイロットプロジェクトを実施する各機関に対して、現地説明会としてパイロットプロジェクトセミナーを実施した。また、パイロットプロジェクトが円滑にスタートできるようにセミナーまでに、各機関に対して事前に担当箇所の役割および機器の説明を実施した。

(1) 事前説明会

- 1) DPO
- 2) DRO
- 3) カビラシ村（VDC 職員、教員、道路情報モニター）

(2) 合同演習

架空の降雨及び道路災害のシナリオを作成し、道路早期情報システム及びカビラシ村早期警戒・避難システム運用の合同演習を実施した。

5.3 パイロットプロジェクト I の実施**5.3.1 道路早期情報システムの運用****(1) 実施組織と担当者**

パイロットプロジェクトは DWIDP、DOR、DPO、DRO、カビラシ村、カリカ FM 等の関連機関で実施された。

(2) システムの運用

自動/手動雨量観測は適切に行われ、観測された雨量情報は適宜、ウェブサイトに掲載された。

5.3.2 29km+850 地点の岩石崩壊による道路閉鎖の経過

パイロットプロジェクト期間中の降雨量は少なく、従って土砂災害の発生は 8 月 14 日 29km+850 地点の岩石崩壊 1 件のみであった。この災害に対する DPO 及び DRO の対応は以下の通りである。

(1) 災害発生場所: N-M 道路 CH29km+850**(2) 崩壊発生の経緯**

岩石崩壊の前兆現象である落石現象は 8 月 13 日 12 時ころ発生した。道路維持管理の担当作業員が落石を発見し DRO に報告した。DRO は重機を待機させ、岩石崩壊の監視を始めた。岩石崩壊は 14 日 0 時頃完了し道路通行は出来なくなった。

(3) 道路開通作業

崩壊完了後 DRO の 2 台のローダーが除石作業を開始した。その後、ヘタウダ事務所の掘削機が支援作業を行った。

(4) 交通障害情報の公示

交通障害情報の公示は以下のとおり行った。

- ◇ 道路情報版の掲示: 8 月 14 日午前 6 時
- ◇ カリカ FM による放送: 8 月 14 日午前 7 時

- ◇ DPO によるウェブサイトアップロード：(道路閉鎖)：8月14日8時
- ◇ DPO によるウェブサイトアップロード：(道路開通)：8月15日午後4時
- ◇ 道路掲示板の表示: 8月15日午後6時

道路早期情報システムは活用されたものの、掲示タイミングは遅れており、改善の必要がある。

5.3.3 パイロット期間中の降雨

パイロットプロジェクト期間中の降雨は過去の記録と比較して非常に少なかった。期間中の最大日雨量は7月21日に記録した51mm/日である。これは過去10年間の日雨量と比較し最小である。この降雨状況のため、パイロット期間中雨量に達した日はなかった。

5.4 パイロットプロジェクト I の評価

5.4.1 評価のまとめ

評価のまとめを表 5.4.1 に示す

表 5.4.1 パイロットプロジェクト I：道路早期情報システムの評価まとめ

プロジェクト要約	指標	入手手段	評価結果
上位目標			
道路利用者が情報を得て道路閉塞に対し適切に行動する（待機、迂回、取りやめ）ことによる通行障害損失の削減	車両の潜在的な年通行障害損失（ルピー/年）	システム開始後の道路利用者への質問表調査と解析	車両の潜在的な年通行障害損失の約 10%、千百万ルピー/年の削減が見込まれる。
道路斜面・洪水・土砂災害に対する交通の安全性向上	道路斜面・洪水・土砂災害による人身および車両損失の回避	災害記録（DPO）	パイロットプロジェクト中に、人身損失、車両損失共に発生しなかった。
	潜在的な年人身損失額（ルピー/年）	システム開始後の道路利用者への質問表調査と解析	潜在的な年人身損失額（ルピー/年）の半減、4 万ルピー/年の削減が見込まれる。
	潜在的な車両損失額（ルピー/年）		システムにより潜在的な車両損失（ルピー/年）の半減、8 千ルピー/年の削減が見込まれる。
プロジェクト目標			
予警報・交通障害情報の活用	道路利用者の認識率および行動率	システム開始後の道路利用者への質問表調査と解析	約 8 割のドライバーにおいて、提供された道路情報の理解と適切な行動選択が見込まれる。
成果			
機能的なシステムの導入	システム訓練参加者の理解度	訓練記録	大半のスタッフがシステムについて理解した。
	実際の行動	チェックリストを用いた確認 2008 年 11 月	概ね円滑に必要な行動が実行された。情報伝達はやや時機を得ていなかった。
	提供された情報数	記録簿	15 回以上の雨量情報、1 回の通行障害情報が提供された(2008 年 7-10 月、4 ヶ月間)。
	関連機関の能力	チェックリストを用いた確認 2008 年 11 月	緊急時・異常気象時に作業が集中し、人的資源が不足している。

5.4.2 成果の評価

(1) ヒアリング調査に基づいた評価

道路早期情報システムとカビラシ村早期警戒・避難システムに対して、ヒアリング調査等に基づいて評価を実施した。第一回調査は2008年6月26日の合同演習直後に各職員ならびに住民参加者に対して実施した。第二回調査はパイロットプロジェクトの実際の動向を評価するため同年11月に各機関に対して実施した。

第一回調査の結果を表5.4.2と表5.4.3にまとめる。

表 5.4.2 合同演習直後の各職員に対するヒアリング結果

各職員に対するヒアリング項目	回答
1) 時間雨量の認識 (4人)	理解した 100 % 困難だった 0 %
2) 12時間半減換算積算雨量計算プログラムの実施 (4人)	理解した 25 % 困難だった 75 %
3) ウェブページの更新 (4人)	理解した 100 % 困難だった 0 %
4) 雨量警報の要請 (4人)	理解した 100 % 困難だった 0 %
5) カビラシ村 VDC 内での通信伝達 (13人)	理解した 54 % 困難だった 46 %

表 5.4.3 合同演習直後のカビラシ村村民に対するヒアリング結果

参加者に対するヒアリング項目 (70人)	回答
1) 避難の実施	できた 100 % できなかった 0 %
2) 避難経路の確認	容易にできた 29 % 困難だができた 61 % できなかった 10 %
3) 避難場所の確認	容易にできた 27 % 困難だができた 60 % できなかった 13 %

第二回調査の結果を表にまとめる。なお表5.4.4は道路早期情報システムに対するものであり、表5.4.5はカビラシ村における減災活動に対するものである。

表 5.4.4 (1) パイロットプロジェクト中の道路早期情報システムの評価(1)

項目	組織	良好	ほぼ良好	問題あり	備考
1. 機器材の機能					
1-1. 自動雨量計	道路事務所		○		道路事務所内の自動雨量計への樹木の葉の混入(2回発生)
	カビラシ村	○			
1-2. 手動雨量計	道路事務所		○		11km地点の手動雨量計のシリンダー破損
	カビラシ村	○			
1-3. コンピュータ	警察署			○	故障中
	道路事務所	○			
	カビラシ村	○			
1-4. CDMA電話	警察署	○			
	道路事務所	○			
	カビラシ村	○			
1-5. 情報版	警察署	○			
2. 機器やシステムの操作					
2-1. 修正降雨量の計算	道路事務所	○			
	カビラシ村	○			
2-2. 修正降雨量のウェブページへの更新	道路事務所	○			
	カビラシ村	○			
2-3. 道路閉塞時のパトロールおよび現地確認	道路事務所	○			
	警察署	○			
2-4. 道路早期情報のウェブページへの更新	警察署	○			
2-5. 道路早期情報の情報版への更新	警察署		○		ムグリーン側の警察関係者において情報板操作を理解していない職員が一部にいた
2-6. NM道路早期情報システムの維持管理	DWIDP		○		DWIDP はシステムのサーバーを保有しているため、今後システムの活性化に積極的に関与していくことが期待される
2-7. データ蓄積	DWIDP	○			
	警察署	○			
	道路事務所	○			
	カビラシ村	○			
2-8. 警戒基準の改良	DWIDP			適用なし	5年後に適用
	道路事務所		○		5年後に適用 自動雨量計と手動雨量計のデータを検証
	警察署			適用なし	5年後に適用
3. 情報伝達					
3-1. 危険時の道路事務所への情報伝達(修正降雨量が管理基準値を超えた場合、深刻な道路閉塞が発生した場合)	道路事務所		○		よりスムーズな情報伝達が望まれる
	カビラシ村	○			
3-2. 関連機関ならびに道路利用者からの豪雨、道路閉塞に関する情報受理	警察署	○			

表 5.4.4 (2) パイロットプロジェクト中の道路早期情報システムの評価(2)

項目	組織	良好	ほぼ良好	問題あり	備考
3-3. カリカFMへの連絡 (早期情報ならびに道路閉塞に関するもの)	警察署		○		よりスムーズな情報伝達が望まれる 情報には事故による道路閉塞も含まれる
3-4. NM道路早期情報システムのウェブページへのアクセス	カリカFM		○		9月以降は問題なし
	ホテル			○	実施されなかった
	運送会社			○	実施されなかった
3-5. FMラジオ放送	カリカFM	○			9:15-9:20に道路情報が放送され、緊急情報もその都度放送される
3-7. ホテル宿泊者への通知	ホテル			○	実施されなかった
3-8. 運転手への通知	運送会社		○		18社中8社が情報板を認識した
4. ユーザー利用					
4-1. 運転手による情報版の認識	道路利用者		○		6月と8月のアンケート調査による
4-2. 情報板内の文字の認識	道路利用者		○		6月と8月のアンケート調査による
4-3. 情報板の内容理解	道路利用者		○		6月と8月のアンケート調査による
4-4. 情報版に対する運転手の反応 (適切な行動を行なうか無視するか)	道路利用者		○		6月と8月のアンケート調査による
4-5. ウェブページへのアクセス	道路利用者		○		6月と8月のアンケート調査による

表 5.4.5 パイロットプロジェクト中のカビラシ村早期警戒・避難システムの評価

項目	組織	良好	ほぼ良好	問題あり	備考
1. 機器材の機能					
1-1. 自動雨量計	警察署	○			
1-2. 手動雨量計	カビラシ村	○			
1-3. コンピュータ	カビラシ村	○			
1-4. CDMA電話	カビラシ村	○			不具合があったが、機種変更後は問題なし
2. 機器やシステムの操作					
2-1. 修正降雨量の計算	カビラシ村	○			
2-2. カビラシ村早期警戒避難システムの維持管理	DWIDP		○		DWIDP はシステムのサーバーを保有しているため、今後システムの活性化に積極的に関与していくことが期待される
	カビラシ村		○		修正雨量計算ソフトに不具合が見られたが、再インストールにより問題は解決
2-3. データ蓄積	DWIDP	○			
	カビラシ村	○			
2-4. 警戒基準の改良	DWIDP			適用なし	5年後に適用
3. 情報伝達					
3-1. カリカFMへの情報伝達 (修正降雨量が警戒基準雨量を超過した場合)	カビラシ村	○			パイロットプロジェクト期間中、基準雨量は超えなかったが、ドリルでは問題なかった
3-2. FMラジオ放送	Kalika FM	○			パイロットプロジェクト期間中、基準雨量は超えなかったが、ドリルでは問題なかった
3-3. 雨量計計測者から早期警戒避難チームへの情報伝達	カビラシ村	○			パイロットプロジェクト期間中、基準雨量は超えなかったが、ドリルでは問題なかった
3-4. 早期警戒避難チームから地区代表者への情報伝達	カビラシ村	○			パイロットプロジェクト期間中、基準雨量は超えなかったが、ドリルでは問題なかった
3-5. 地区代表者から地区村民への情報伝達	カビラシ村	○			パイロットプロジェクト期間中、基準雨量は超えなかったが、ドリルでは問題なかった
4. ユーザー利用					
4-1. 村民による早期警戒避難システムの理解	カビラシ村村人	○			
4-2. 村民による早期警戒情報の理解	カビラシ村村人	○			
4-3. 避難行動の理解	カビラシ村村人	○			

(2) 情報提供

自動および手動雨量計による雨量モニタリングは問題なく実施され、雨量グラフがウェブページに更新された。DPO による更新は、8月14日に29km+850で発生した岩盤崩壊に関する2件のみであった。また10月末日までのウェブページへのアクセス回数は1952回であった。

5.4.3 プロジェクト目標の評価

N-M 道路通行中の運転手に対して、道路情報板を設置したムグリン (180人) とアンプタリ (46人) において2008年6月26日および8月27日にヒアリング調査を実施した。調査結果を表5.4.6に表5.4.7にまとめる。

調査の結果、約 80%の運転手が情報板の存在、文字、内容を理解することができ、90%以上の運転手が情報板に道路障害の情報が出た場合に、待機すると答えた。このことは道路情報板が土砂災害やその他の道路障害による事故を軽減させることに役立つことを示している。

表 5.4.6 2008 年 6 月における運転手へのアンケート結果

ヒアリング項目	ムグリン (46 人)	アンブタリ (180 人)
1) 情報板の理解	理解できた 50 % 理解できなかった 50 %	理解できた 89 % 理解できなかった 11%
2) 警報発令時の反応	待機 72% 無視 4% 分からない 15% 返答なし 9%	待機 98 % 分からない 2%

表 5.4.7 2008 年 8 月における運転手へのアンケート結果

ヒアリング項目	ムグリン (46 人)	アンブタリ (180 人)
1) 情報板の理解	理解できた 78% どうにか理解した 17% 理解できなかった 4% 返答なし 1%	理解できた 88% どうにか理解した 7% 理解できなかった 4% 返答なし 1%
2) 警報発令時の反応	待機 96% 無視 4% 分からない 1% 返答なし 1%	待機 95% 無視 1% 分からない 4%

5.4.4 上位目標の評価

このプロジェクトの上位目標は、1) 道路利用者が、時機を得た情報提供を得て適切な行動選択（待機、迂回、取りやめ）をすることによる通行阻害損失の削減、2) 道路交通の斜面災害あるいは洪水・土砂災害に対する安全性の向上、である。上位目標の達成度の評価は以下のとおり。

(1) 道路利用者が、時機を得た情報提供を得て適切な行動選択（待機、迂回、取りやめ）をすることによる損失の削減

➤ 人身および車輛損失の回避

システムの導入以降、人身あるいは車輛損失は発生していない。しかし、2008年の雨季は、予警報基準値を超える豪雨は発生しておらず、N-M 道路において災害も多く発生しなかった。よってこの成果が単純にシステムの導入の成果とは評価できない。

➤ 車輛の潜在的な年通行阻害損失（ルピー/年）

プロジェクト目標に対する評価では、約 80%の運転手は、道路早期情報を理解し、情報により適切な行動を選択すると考えられる。それゆえ、時機を得た情報により適切な行動選択（待機、迂回、取りやめ）を行うことにより、約 10%の車輛の潜在的な年通行阻害損失、

千百万ルピー/年の低減が期待できる。

(2) 道路斜面・洪水・土砂災害に対する交通の安全性向上

➤ 潜在的な年人身損失額

潜在的な年人身損失額の約 5 割である、4 万ルピー/年を回避することが期待できる。

➤ 潜在的な年車輛損失額

潜在的な年車輛損失額の約 5 割である、8 千ルピー/年を回避することが期待できる。

5.4.5 組織の評価

各組織に対する評価を、「第二回チトワン郡防災管理パートナーシップ委員会」およびその委員会に先立って各組織によって作成された「パイロットプロジェクトの結果と次年度の計画」に基づいて実施した。

各機関の評価を表 5.4.8 にまとめる。

表 5.4.8 パイロットプロジェクトにおける各組織の評価

項目	組織	良好	ほぼ良好	問題あり	備考
警察署	1. パイロットプロジェクト積極性	○			
	2. 実行予算		○		2009年度で93,000ルピーを計上
	3. 実行能力		○		8名のスタッフ コンピュータ技士に限られており、技術訓練が必要
	4. 実行計画		○		
道路事務所	1. パイロットプロジェクト積極性	○			
	2. 実行予算	○			2009年度で117,460ルピーを計上
	3. 実行能力		○		7名のスタッフ 通常の道路維持管理業務で、システム対応の人材が不足することがある
	4. 実行計画	○			
カピラシ村	1. パイロットプロジェクト積極性	○			
	2. 実行予算		○		2009年度で243,590ルピーを計上 予算をより現実的に修正する必要あり
	3. 実行能力		○		3名のスタッフ コンピュータ技士に限られており、技術訓練が必要
	4. 実行計画		○		
カリカFM	1. パイロットプロジェクト積極性	○			
	2. 実行計画	○			9:15-9:20に道路情報が放送され、緊急情報もその都度放送される

各組織に対する評価の詳細を以下に示す。

(1) DPO

DPO に対する評価は「ほぼ良好」とした。今後、基本的にシステムを実施していくための能力はあるが、コンピュータオペレータが 8 名と限られているため、将来的には訓練等に

より人材を確保することが望ましい。

(2) DRO

DRO に対する評価は「良好」とした。今後、システムを実施していくための能力は十分であるが、コンピュータオペレータの 7 名と限られているためほか、特に雨季においては、通常の道路管理に費やされる時間が多く、システム運営のための人材を十分確保できない場合がある。そのため、将来的には訓練等により人材を確保することが望ましい。

(3) カビラシ村

カビラシ村に対する評価は「ほぼ良好」とした。2009 年度においてシステムを運用していくための予算を 243,590 ルピーとして計上したが、村において十分な予算を確保することは困難であり、より現実を考慮した予算を策定する必要がある。またコンピュータオペレータが 3 名と限られているため、将来的には訓練等により人材を確保することが望ましい。

(4) カリカ FM

カリカ FM に対する評価は「良好」とした。カリカ FM は現在、「道路交通情報」を毎朝 9:15-9:20 に放送中であり、緊急道路情報もその都度放送している。カリカ FM には今後、道路情報を定期的ならびに緊急的に放送していくことに対し問題ないと判断される。

(5) 組織間の情報伝達

合同演習およびヒアリング調査による結果から、組織間における情報伝達ではやや時機を得ていないという課題が残った。適切な情報伝達は本システムを運営していく上で必要不可欠な要素である。DRO とカビラシ村は、豪雨や道路閉塞など情報を速やかに DPO に連絡し、DPO はカリカ FM に情報提供するとともに、遅滞なくウェブページを更新する必要がある。これらの情報伝達に関する概念図を下図に示す。

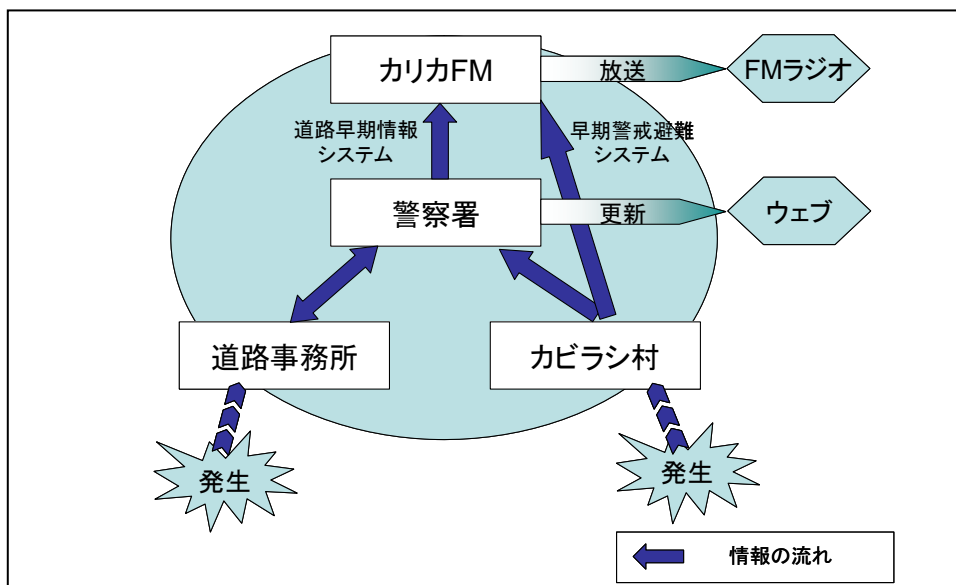


図 5.4.1 システム実行に向けた情報の流れ概念図

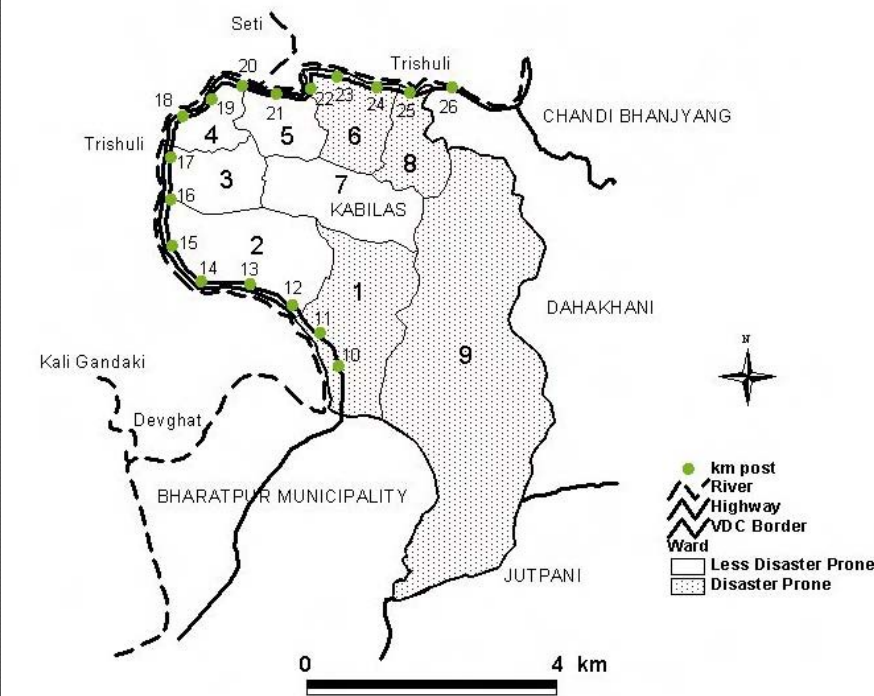
第 6 章

パイロットプロジェクト II：カビラシ村における減災活動

6.1 パイロットプロジェクト II の目的と対象地域

対象路線延長の過半数に接するカビラシ村における減災活動について、表 6.1.1 に実施目的及び対象地域を示す。

表 6.1.1 カビラシ村における減災活動の目的及び対象地域

項 目	内 容
■目的	沿線住民が減災活動の実践を通じて、斜面・土地・水利用の適正化が図られ、居住地や農林業資源（畑地・林地）に対する土砂災害が軽減すること、 ならびにそれら住民活動を通じて、道路交通に支障をきたす斜面災害の発生を抑制することを、目的とする。
■対象地域	減災活動の実施対象は、9 つに区分されるカビラシ村の行政区全域。 

6.2 パイロットプロジェクトⅡの項目

カピラシ村における減災活動は以下の 5 項目であり、実施にあたり住民防災組織の結成することとした。また実施後、本パイロットプロジェクトの評価を行なうとともに、今後の継続実施・展開にあたっての提言をまとめる。表 6.2.1 に活動項目、工程及び投入資源等を示す。

- 1) ハザードマップ作成
- 2) 防災教育
- 3) 早期警戒・避難システム運用
- 4) 簡易な斜面对策工
- 5) 植林と対策工計画

表 6.2.1 カピラシ村における減災活動の活動項目、工程、投入資源等

項 目	内 容
■活動項目と工程	<p>【第 1 段階】2008 年 5 月中旬から下旬</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ VDC を中心として、活動内容と実施組織についての協議を実施。また、簡易な斜面对策工事の実施参加者の募集 <p>【第 2 段階】2008 年 6 月上旬から継続</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ハザードマップの作成 ・ 住民や小中高学生に対する防災用教材を作成し、防災授業（不適正な土地利用・水利用が斜面災害に与える悪影響の改善、簡易な斜面对策工事や植生工の効果の紹介、雨量と斜面災害発災危険度）の実施 ・ カピラス村診療所への雨量計の設置と早期警戒・避難体制の構築 ・ N-M 道路 11 k m500m横断溪流における簡易な斜面对策工事および桑の植林（根茎の緊縛効果による崩壊の抑制、葉の家畜飼料への活用）の実施 ・ 村落内の斜面防災を目的とした植林計画の作成 <p>【第 3 段階】2008 年 6 月下旬から継続（住民防災組織での活動）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 早期警戒・避難体制の運用と訓練 ・ 簡易な斜面对策工事、植林箇所の維持管理と他の箇所への展開 <p>【第 4 段階】2008 年 11 月中旬から 11 月下旬</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コミュニティにおける減災活動の評価 ・ 継続実施と隣接村落での展開にあたっての提言・とりまとめ
■投入資源等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動記録式雨量計、コンピュータ、CDMA ホーン(住民既存の物を利用) ・ テキスト（ネパール語で記述、絵柄・図案を多用） ・ 簡易な斜面对策工事材料、道具 ・ 桑苗
■その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ NPO シャブラニールと連携 ・ カリカ FM 放送局の“早期警戒避難”の放送協力

6.3 パイロットプロジェクトⅡの実施体制

村落開発評議会を中心とした既存の住民防災組織を活用してカビラス村による減災活動を実施する。その組織構成を図 6.3.1 に示す。

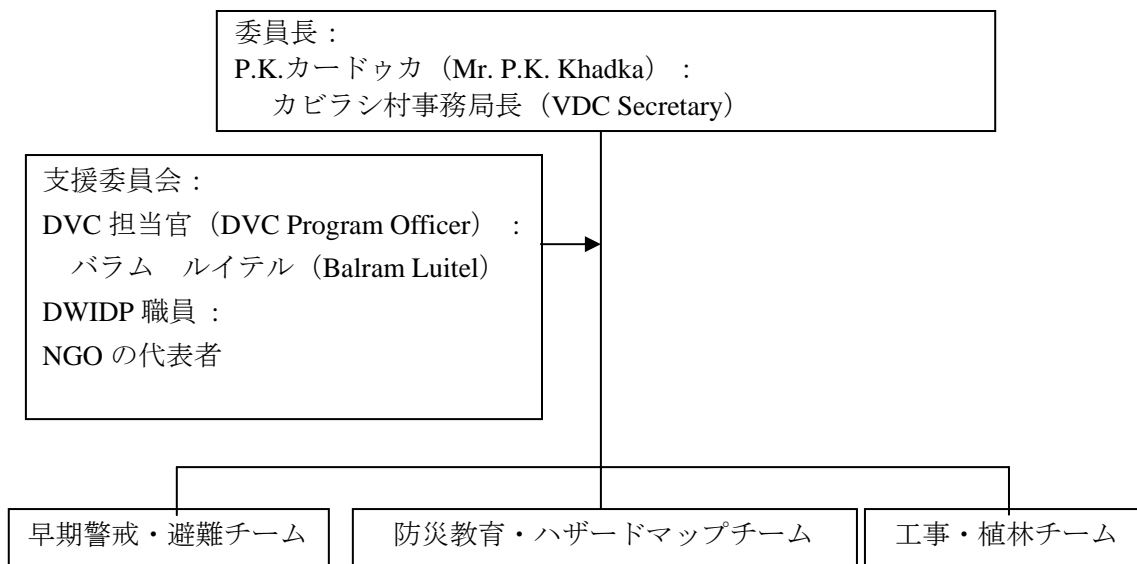


図 6.3.1 カビラス村防災組織

以下の 3 つの活動の促進を図るために、VDC 事務局長を委員長として各地区代表者などから構成されるチームを結成した。

- ① 早期警戒・避難チーム：早期警戒・避難体制の構築と運用を主務とする。医療関係者、各地区代表、教員などでメンバーを構成。
- ② 防災教育・ハザードマップチーム：ハザードマップ（教育用含む）の作成と更新、カビラス村の学校生徒や村民を対象とした教育を主務とする。各地区代表及び教員でメンバーを構成。NPO Shaplaneer（以下、シャプラニール）と連携。
- ③ 工事・植林チーム：簡易工事を実施し、他の箇所への展開を主務とする。また、ハザードマップに示された植林可能地域についての植林計画をシャプラニールと連携し行う。既存の植林チームに簡易工事の参加者などを加えて新たにメンバーを構成。シャプラニールと連携。

6.4 草の根事業との連携

カピラシ村におけるパイロットプロジェクトの実施にあたっては、草の根事業を実施しているシャプラニールとの連携のもと減災活動を行った。各活動項目に対する調査団の事業結果及び連携内容を表 6.4.1 に示す。

表 6.4.1 調査団・シャプラニールとの連携方針

活動項目	開発調査パイロットプロジェクト事業	草の根事業(結果、今後の事業)	連携内容
ハザードマップ作成	<ul style="list-style-type: none"> - 衛星写真ベースのハザードマップ作成(9ワード) - 地形図ベースのハザードマップ作成(10枚:9ワード) 	<p><結果>プロジェクト開始後、グループメンバーを対象にハザードマップや防災活動全般に関する研修を実施。その後グループが独自にハザードマップを作成、マップを元に対策工(植林、蛇籠)の実施場所を決めている。</p> <p><今後の事業>この点について新しくなにか事業を行う予定はいまのところなし。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・草の根事業で作成したハザードマップと調査団作成のハザードマップを照らし合わせる等し、草の根事業で作成したマップの検証を行う。検証作業を通じ、RRN に技術移転を図る。 ・ハザードマップの定期見直しをする。防災教育資料を活用し、草の根事業で取り組む。調査団が作成したマップを対象とするかは、検討する。時期は雨季明けの見直しと雨季前の確認とする。
防災教育	<ul style="list-style-type: none"> - 教育資料作成 - 教師・リーダー教育実施 - 村民及び生徒教育実施(7校/175名、9ワード/429名) 	<p><結果>子ども対象:これまでに2月と6月の2回、コピラシ中学校でポスターおよびスピーチコンテストを開催。コンテスト開催前にRRNスタッフが学校に赴き、災害に関するメッセージを子どもたちに伝えた。</p> <p><今後の事業>今年度はあと1回スピーチコンテストの予定あり。来年度以降は未定だが、開発調査事業で完成した資料を利用して積極的な展開を検討したい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・開発調査で作成した教育資料を基本資料とし、カピラシでの防災教育継続実施を検討していく。 ・毎年雨季前の防災教育実施は確保したい。 ・開発調査で研修したリーダー等のリソースを共有する。 ・DWIDPはリソースとして有効である。
早期警戒・避難システム	<ul style="list-style-type: none"> - 早期警戒・避難チームの編成 - 早期警戒・避難システムの構築 - システムの訓練 - システムの運用 	<p><結果>CBDP(コミュニティ防災グループ)の代表者で構成される委員会が結成された。早期警戒委員会もその一つ、災害発生前、中、後の3つのステージに分けてアクションプランを作成中。</p> <p><今後の事業>CBDPメンバー全体に警報や退避勧告(例)などのメッセージを伝えるためのネットワークを構築する。具体的なアイデアはこれから。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・開発調査で構築した早期警戒・避難システムに草の根で構成した委員会を取込み、VDCと村を結んだ体制構築を図る。 ・草の根事業において、雨季前に活動計画(体制の再確認、ネットワーク強化計画の作成)、避難訓練の継続実施する(ワード1、9) ・6月中旬のチトワン郡災害管理パートナーシップ委員会で発表・支援する。
簡易な斜面対策工	<ul style="list-style-type: none"> - 11km+500地点で簡易な対策工を実施 - 今後の簡易対策工の実施地点の選定及び概略を積算 	<p><結果>ハザードマップの結果とRRN技術スタッフの見地を総合して、これまでに26箇所で蛇籠を設置。</p> <p><今後の事業>今年度の予定はなし。来年度計画予算で新たに協議する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・編柵工の視察し、草の根事業での普及展開を検討した。 ・草の根事業で実施した蛇籠の技術的評価、調査団から提案した。 ・開発調査作成の対策リスト事業の対応可能な範囲での事業化する。
植林と対策工計画	<ul style="list-style-type: none"> - 工事・植林チームとRRNが選定した「焼畑」跡地及び苗畑計画地点をハザードマップ上に記載 	<p><結果>これまでに約2,000本を植樹した。コミュニティナーサリーも設立。</p> <p><今後の事業>本数を増やしてさらに実施予定。現在植林している種類は収入につながるまでに長い時間がかかるため、今後は短い期間で利用可能(家畜の餌など)な種類などある程度多様化していく考え。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・開発調査で選定した箇所において、草の根事業で植林を実施する・ ・開発調査での植林箇所選定過程を通じて技術移転を行なった。

6.5 パイロットプロジェクトⅡの実施

6.5.1 ハザードマップ作成

全9ワードについて下記2種類のハザードマップを作成した。作成は調査団、防災教育・ハザードマップチーム（カビラシ村）、シャプラニールと NGO Rural Reconstruction Nepal（以下、RRN）の共同作業で行った。ハザードマップに記載された主な防災情報を表 6.5.1 に示す。

- A) 衛星写真を基本図としたハザードマップ
- B) 1/25,000 地形図を基本図としたハザードマップ

表 6.5.1 ハザードマップの諸元

項 目	内 容
■対象地区	カビラシ村の全地区
■ハザードマップの記載事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 過去の被災箇所：いつ、どこで、誰が、どんな災害に遭い、どうなったか、その原因は、などの情報を記載 ・ 豪雨時危険箇所：土壌浸食箇所、湧水箇所、危険溪流箇所、倒木危険箇所などを記載 ・ 豪雨時危険家屋：危険性のある母屋、資材置き場、家畜小屋などを記載 ・ 斜面悪影響箇所：不適正な土地利用（乱開発された焼畑、伐採箇所）、水利用（灌漑劣化箇所など）など、斜面安定に悪影響を及ぼす箇所を記載 ・ 植林可能ゾーン：植林可能な箇所（コミュニティ森林、リースホールド森林箇所）を記載（シャプラニールとの連携） ・ 避難経路・場所：避難時の主な経路と避難場所などを記載
■考慮事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1枚のマップでは、上記記載事項の記載で煩雑になる可能性がある。その場合は、数枚のマップに分けるなどの工夫をする。
■ハザードマップの更新	<ul style="list-style-type: none"> ・ 災害の頻度にもよるが、3年単位でハザードマップを更新する。このために、本プロジェクト終了後も、住民防災組織の防災教育・ハザードマップチームは継続的に災害を把握し、更新を行う。その体制作りと教育を実施。

コミュニティ森林：住民の共有森林、リースホールド森林：国有林をある期間住民の共有林として貸与している森林

6.5.2 防災教育

(1) 防災教育テキストの作成

防災教育を実施するため下記3種類のテキストを作成した。

- A) リーダー用テキスト
- B) 生徒用テキスト
- C) 村民用テキスト

リーダー用テキストには土砂災害に関する自然科学的知識と実際の災害管理に必要な知識

を記載した。内容を表 6.5.2 に示す。

表 6.5.2 リーダー用防災テキストの内容

章: タイトル	内容
1: 序論	防災管理一般論、村による防災管理の重要性、防災教育の目的
2: 土砂災害の基礎	カビラシ村とその近隣における地形と地質、N-M 道路沿いの災害形態、チトワン地区の気候、チトワン地区の雨量と災害、ネパール土地利用・水利用
3: カビラシ村における土砂災害の防止	カビラシ村における簡易対策工の適用
4: カビラシ村におけるハザードマップ	ハザードマップの作成、基本図、カビラシ村の危険地域
5: 早期警報と避難 補足	自然からの警報、カビラシ村における早期警報と避難 9 ワードのハザードマップ

生徒用のテキストは、リーダー用のテキストから教育対象を考慮して適宜編集した。
(Volume III : Education Material 参照)

(2) 防災教育の実施

まず、リーダーに対する防災教育が 8 月に行われた。生徒及び村民の教育は、教育の際出された教材や教育方針に対する要望を考慮し教育計画を作成し実施した。

(a) リーダーの防災教育

リーダーの防災教育は 8 月 27 日カビラシ村会議室で行われた。

(b) 生徒及び村民の防災教育

リーダーから出された要求を考慮し、生徒用及び村民用テキストを編集し防災教育計画を立案した。

6.5.3 早期警戒・避難システム運用

(1) 早期警戒・避難システムの設置

自動/手動雨量計が設置されると早期警戒・避難システムで運用されるコンピューターソフトがインストールされた。図 6.5.1 に早期警戒・避難システムの概念図を示す。本システムは、まず合同訓練で運用された。

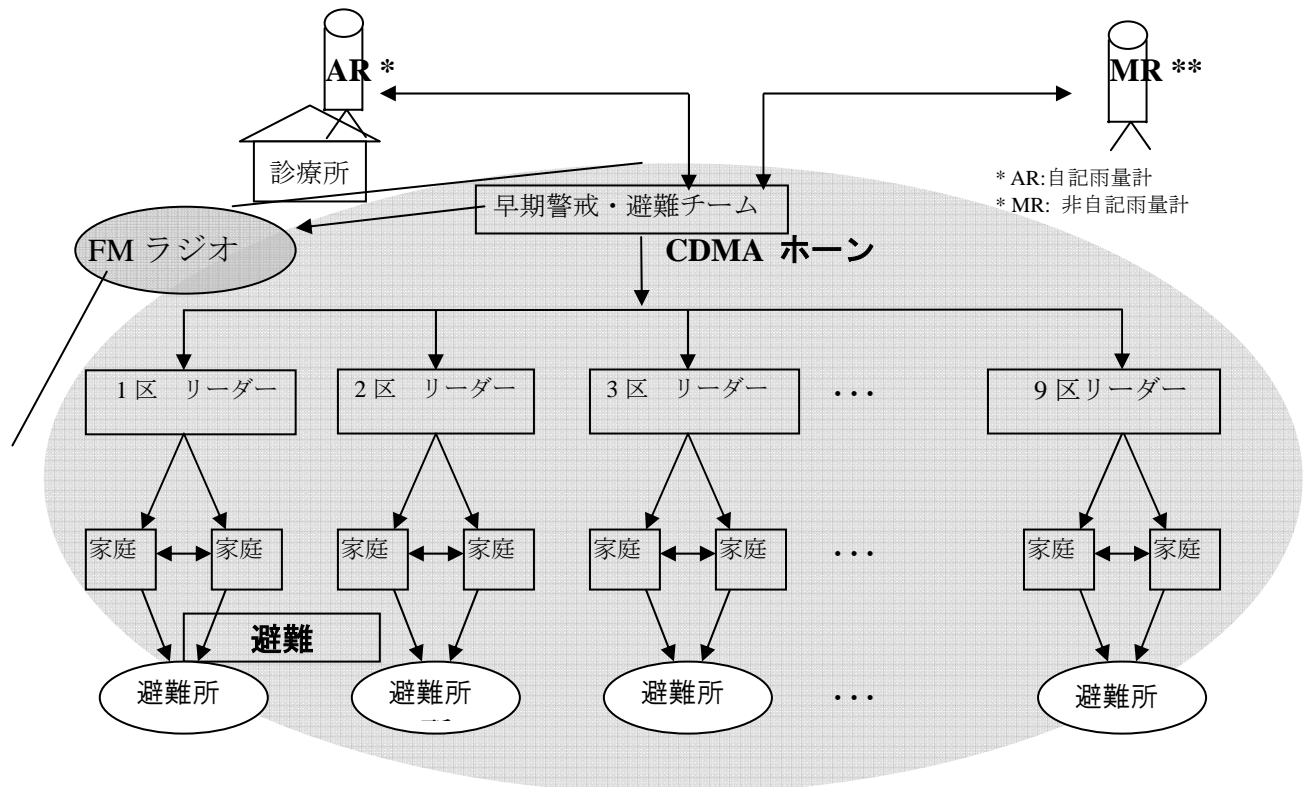


図 6.5.1 豪雨時の早期警戒・避難システムの情報連絡

このシステムが継続的に利用できるよう雨量計はカピラシ村診療所内に、またコンピュータは役場事務所内に設置された。このシステムは早期警戒・避難チームが主体となり運用する。

表 6.5.3 に豪雨時の警戒基準値を示す。また、このシステムを運用する際の各担当の役割を表 6.5.4 に示す。

表 6.5.3 豪雨時の警戒予報基準値 (12 時間換算積算雨量)

早期警戒レベル	降雨量しきい値	行動
レベル 1	12 時間半減換算積算雨量=60mm 1 年再現期間	警戒体制： ・村落開発協議会、観測チーム、区、居住域代表へ連絡 ・1 時間毎に換算積算雨量データをアップロード
レベル 2	12 時間半減換算積算雨量=80mm 2 年再現期間	注意報発令： 避難準備勧告
レベル 3	12 時間半減換算積算雨量=140mm 5 年再現期間	警報発令： 避難勧告

表 6.5.4 システム運用時の役割

対象者	システム
(1) カビラシ村 VDC 秘書	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 避難準備勧告と注意報発令(レベル 2) ✓ 避難勧告と警報発令 (レベル 3)
(2) カビラシ村 VDC 助役	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 秘書不在時の代理
(3) カビラシ村 VDC 早期警報・避難チーム	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 雨量計の確認 (毎日) 秘書への雨量情報の報告
(4) カビラシ村 VDC スタッフ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ VDC オフィスへ参集 (レベル 1) ✓ 早期情報・避難チームとの雨量計の確認 (レベル 1 を超えた後) ✓ 各地区代表への注意報、警報、勧告の伝達
(5) 地区代表者	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 村民への注意報、警報、勧告の伝達 ✓ 避難状況の把握
(6) 村民	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 近隣者への注意報、警報、勧告の伝達 ✓ 避難

(2) 早期警戒・避難システムの運用

早期警戒・避難システムの運用は 6 月 26 日の合同演習のあと始まり、11 月 20 日終了した。雨量観測とコンピューターシステムは特に支障なく、観測・操作出来た。

(3) パイロット期間中の雨量

パイロット期間中の雨量は過去の記録と比較し非常に少なかった。この降雨状況のため、1 度も警戒レベル 1 に達しなかった。

6.5.4 簡易な斜面对策工

将来的には斜面災害対策は、住民による住民のための対策工事とし、維持管理や新規の場合でも地元住民が実施できることが望ましい。このため、工事・植林チームに対策工計画及び管理方法を習得して貰うとともに、住民に対策工事を習得して貰うための簡易な斜面对策工事をおこなった。なお、この時、維持管理の簡単な補修にも対応出来るよう指導を行った。簡易な対策工事の概要を図 6.5.2 に示す。また、調達材料の一覧を表 6.5.5 に示す。

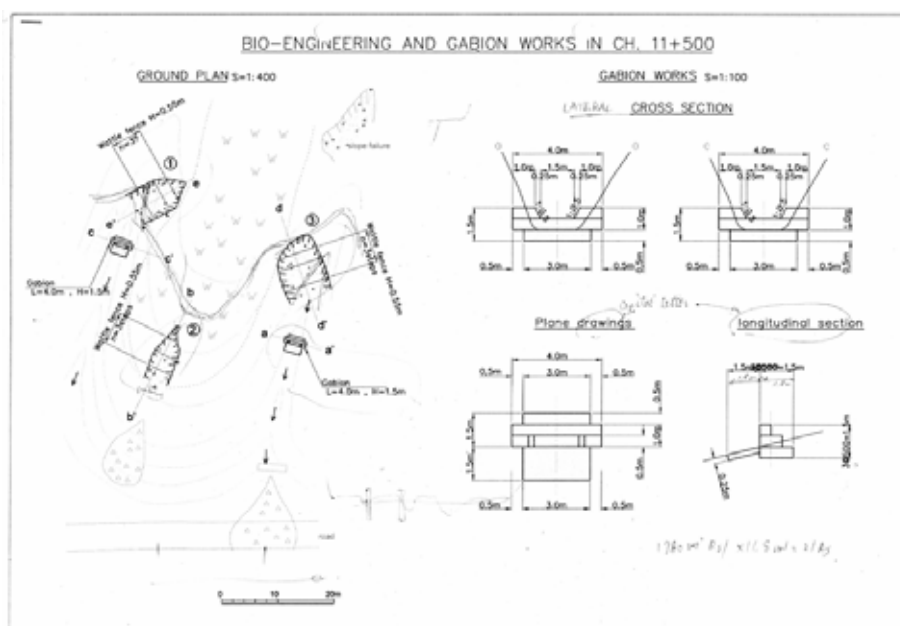


図 6.5.2 CH 11km+500 地点横断溪流における簡易な斜面对策工事

表 6.5.5 調達材料（ローカル NGO 契約を含む）

項目	仕様	数量
スコップ		10 個
つるはし		10 個
かけや		10 個
木槌		10 個
ふとん籠	亜鉛メッキ	100m ²
丸太	延長 1.2m 径 0.11m	260 本
丸太杭	延長 2.0m 径 0.11m	350 本
桑苗		610 本

6.5.5 植林と斜面对策工計画

植林計画と簡易な対策工事計画が立案された。これはカビラシ村の工事・植林チームと NGO RRN が計画し、調査団は助言を行った。

(1) 植林計画

工事・植林チームと NGO RRN は下記の焼畑農業跡地に対する植林計画を作成した。

- 植林面積：55 地点（8 ワード）約 27ha に対し約 25,600 本の植林及び 3 箇所の苗畑造成
- 上記の他、下記のプログラムも検討中である。
 - A) 大体燃料プログラム：練炭と改良型調理用ストーブ
 - B) 酒類生産の削減

C) 燃料用薪販売の抑制

調査団は、上記計画の内植林計画のハザードマップ上に計画地点表示し、数量表作成作業を行った。実施計画は NGO RRN と工事・植林チームで検討中である。

(2) 簡易対策工計画

村民の要望により、簡易対策工計画地点が選定された。これらの地点の概略計画作成について調査団が支援した。

対策工は村民の施工技術で出来るものであり、総工事は約 370 万ルピーである。この中には緊急性の低い地点や、やや施工が難しいものも含まれておりより現実的な実施計画を検討すべきである。

6.6 パイロットプロジェクトⅡの評価

6.6.1 評価のまとめ

評価のまとめを表 6.6.1 に示す。

表 6.6.1 パイロットプロジェクトⅡ：カビラシ村における減災活動の評価まとめ

プロジェクト要約	指標	入手手段	評価結果
上位目標			
住民の洪水・土砂災害リスクの削減	潜在的な年死者数 (人/年)	早期警戒・避難システム開始後の村民への質問表調査と解析	早期警戒・避難システムおよび防災教育の効果として、潜在的な年死者数(人/年)の半減、プロジェクト開始前 2.1 人/年から開始後 1.1 人/年が見込まれる。
プロジェクト目標			
簡易構造物対策による崩壊性斜面の安定化	施工箇所状況 (N-M 道路 11km+500)	施工後の状況確認	施工は成功している。
防災管理に係る知見の向上	早期警戒・避難システムの認識度	訓練の記録	プロジェクト活動により住民の災害に対する意識が向上した。
	防災教育教材の理解度	ハザードマップ作成/防災教育の記録	
災害リスク管理の強化	災害リスク全般に渡る住民の理解度	成果の評価を考慮	災害リスク管理は、プロジェクトにおける投入により強化された。
成果			
ハザードマップ	作成活動への参加者数、参加者の理解度	ハザードマップ作成記録	20名の参加者の約1/3は、ハザードマップを理解した。
防災教育	参加者数と参加者の理解度	防災教育記録	600人の参加者の半数は教育内容を理解した。
早期警戒・避難システム	システム訓練参加者の理解度	早期警戒・避難システム訓練の記録	すべての担当者はシステムの意義を概ね理解した。
簡易な斜面对策工	簡易的な構造物対策箇所の状況	現地確認、状況写真	斜面安定工は成功し、安定が確保されている。

6.6.2 成果の評価

本プロジェクトにおける成果は、1) ハザードマップ、2) 防災教育、3) 早期警戒・避難システム 4) 簡易な斜面对策工の4項目からなる。それぞれの成果に対する評価を以下に示す。

(1) ハザードマップ

手法:

ハザードマップは、マップ作成時の参加者数と参加者の内容の理解度によって評価される。ただし、ハザードマップ作成作業の参加者に対してアンケート調査等を行っていないことから、ここでいう内容の理解度は、マップ作成指導者の所感に基づいて判断することとする。

評価:

調査団がハザードマップ作成のために村内の情報を収集したとき、各地区の代表者、村役員を含めた 20 人以上の村人が会議に参加した。

このとき調査団は、参加者に対してハザードマップ作成のための適切な情報収集の方法、ならびにハザードマップの意義などを解説した。解説後、大よそ 1/3 (約 33%) の村人がハザードマップ作成のために適切な情報を提供してきたことから、これらの村人がハザードマップの意味を理解したと考えることができる。また、村人に対するハザードマップに関する詳細な説明は、防災教育において後日実施した。

(2) 防災教育

手法:

防災教育は、参加者数と参加者の内容の理解度によって評価される。ただし、防災教育の参加者に対してアンケート調査等を行っていないことから、ここでいう内容の理解度は、講師の所感に基づいて判断することとする。

評価:

村の指導者たち（教員、地区代表者、村役員、技術者など）に対する防災教育では合計 44 名が参加した。また学生・村人に対する防災教育では、全地区において合計で 7 校、175 人の生徒、429 人の村人が参加した。

指導中、参加者グループに対して理解度を把握するために、講師は数回の質疑応答セッションを設けて、ハザードマップを含めた防災活動に関する質問を行なった。その結果、約半数の参加者が、的確な応答をすることができた。

(3) 早期警戒・避難システム

手法:

早期警戒・避難システムは、合同演習参加者数と参加者の理解度によって評価される。カビラシ村における参加者の理解度は「5.4.2 成果の評価」で示したとおり、アンケート調査によって評価される。

評価:

村役員や地区代表者など 13 名のスタッフと、70 名以上の村人が 2008 年 6 月に実施された早期警戒・避難システムの合同演習に参加した。

システムの理解度に関して、合同演習においてほぼすべてのスタッフが、システムの意味

と操作方法を理解していた。村人については、避難経路や避難場所を理解していない村民がいたものの、全員が避難することができた。これらの詳細については「5.4.2 成果の評価」を参照されたい。

(4) 簡易な斜面安定対策工

手法:

簡易な斜面安定対策工は、対策工施工後の現地調査ならびに現地写真を用いて評価される。

評価:

N-M 道路 CH 11km+500m 付近の溪流において、2008 年 6 月中旬に対策工が施工された。この対策工に対して調査団は 2008 年 8 月下旬および 11 月下旬に現地調査を行なった。現地調査の結果、対策工は十分機能しており、植生も復活していることから、斜面安定に効果をあげていることがわかった。

6.6.3 プロジェクト目標の評価

プロジェクト目標は、1) 簡易構造物対策による崩壊性斜面の安定化、2) 防災管理に係る知見の向上、3) 災害リスク管理の強化の 3 つから構成されており、前節の「成果の評価」に基づいて評価される。

(1) 簡易構造物対策による崩壊性斜面の安定化

前節で示したとおり、N-M 道路 CH 11km+500m 付近において実施された木柵による対策工は十分機能しており、斜面安定に効果をあげている。さらに、このような斜面安定に関わる簡易な対策工は、他の地域においても推進することが提案された。

以上のことから、対象地域において本調査を通して簡易構造物対策による崩壊性斜面の安定化が図られた。

(2) 防災管理に係る知見の向上

一連のパイロットプロジェクトを通して、村人たちが村役員や政府関係者などに土砂災害に関する質問や相談を行なっているほか、現場の斜面对策工等に関わる考え方についても改善されてきた。これはカピラシ村の村民が防災管理に係る知見が向上したことを示しており、本プロジェクトにおける当初目標を達成したと言える。またこの点に関しては、現場で作業する政府関係者の反応・所感からも同様の見解が聞かれた。

ただし、本プロジェクトのみでは、まだ十分に村民に知見・知識が浸透していないという課題も残っている。そのため今後の防災教育等に力を入れていくことが極めて重要である。

(3) 災害リスク管理の強化

本プロジェクトでは以下の減災活動を実施してきた。

- ハザードマップ作成とデータ収集
- 総括的な防災教育

- 早期警戒・避難システムの確立
- 斜面安定に向けた簡易な対策工の検討
- 効果的な植林計画と対策工計画
- 村民自身による自主避難（演習）

これらの活動は、カビラシ村の人々ならびに村組織等に対して、災害リスク管理の能力を強化させてきたと考えられる。

6.6.4 上位目標の評価

(1) 上位目標と評価方法

上位目標は、住民の洪水・土砂災害リスクの削減であり、前述の成果とプロジェクト目標の達成度を考慮のうえ評価した。

(2) 指標値と評価結果

ここでは、住民の洪水・土砂災害リスク削減に対する評価のための指標値を「潜在的な年死者数（人/年）」とした。

2007年時における潜在的な年死者数（人/年）は、1995年から2006年の10年間のカビラシ村内での洪水・土砂災害による死者が21人であることから2.1人/年とした。早期警戒・避難システム等を活用することにより、人身損失が50%回避されると算定され（4.6.4 システムの費用と経済評価）、1.1人/年まで軽減されると評価される。この効果は、今後のハザードマップの更新や防災教育活動の強化によりさらに改善されることが期待される。

第 7 章

ルワ川流域/マルシャンディ発電所の構造物対策

7.1 方針と設計

7.1.1 構造物対策工の計画

(1) 基本方針と対策工の目標

- a) 保全対象は主にマルシャンディ発電所とする。
- b) 追加対策の構造物対策工の規模は 2003 年 7 月豪雨と同程度の土砂流出に対応できるレベルとする。
- c) ここでの構造物対策工の基本方針は以下の通りである。
 - 発電所の管理施設（取水口、左岸側のアクセス道路など）は変更しない。
 - 既存の砂防ダムは変更しない。即ち、既存施設を活用しつつ、不足の機能を補強することとする。また、本来は河道の断面や河床の勾配については上流から下流へ向けて連続性を確保することが必要であるが、現状の改変程度とする。
 - 上流での対策工の施設配置は工事用道路の可否などから現実的でなく、下流での計画とする。

(2) 追加対策工の選定

図 7.1.1 に土石流導流工効果の概念図を示す。

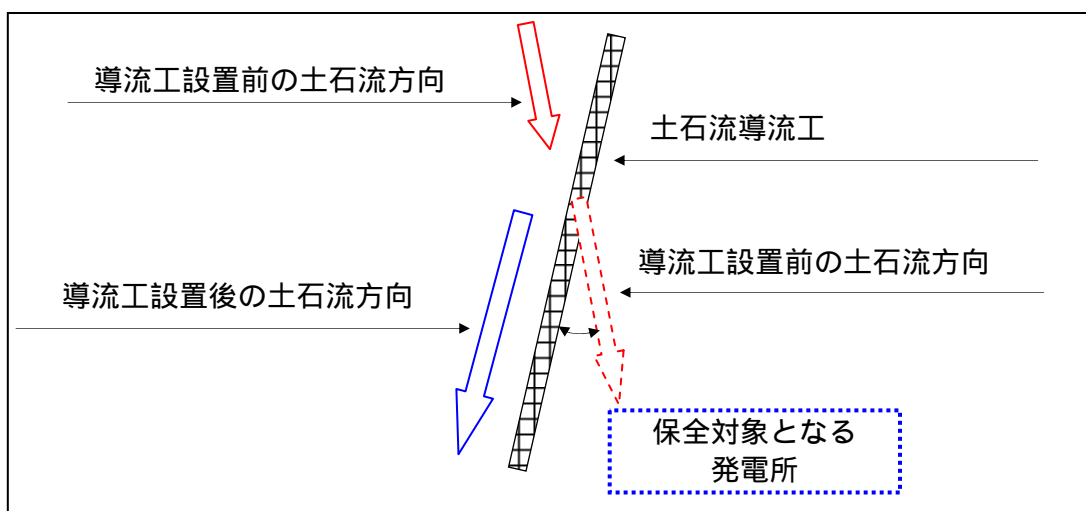


図7.1.1 土石流導流工効果の概念図

7.1.2 対策工の設計

土石流導流工の標準断面は図 7.1.2 に示す。

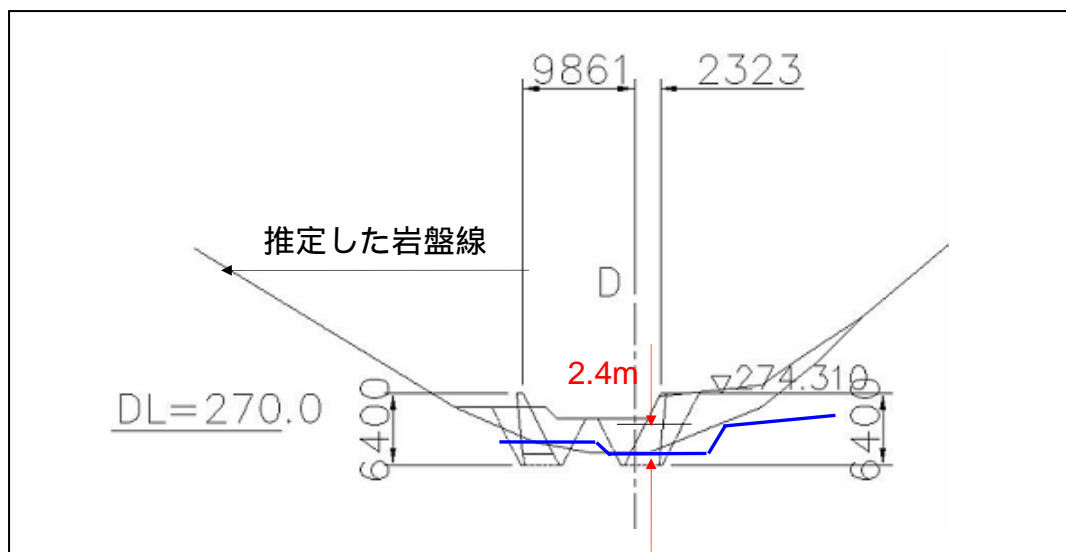


図7.1.2 土石流導流工の標準断面図

工事概算数量

対策工のレイアウトに基づき、工事概算数量を下表に示す。

表 7.1.1 工事概算数量

工 種	説 明	数 量
人力併用機械掘削	土砂 + 軟岩	7,747.0 m ³
埋め戻し		5,554.0 m ³
コンクリート		2,606.4 m ³
型枠工	木板	3,204.9 m ²

7.1.3 施工計画

(1) 施工実施機関

マルシャンディ発電所は Nepal Electric Authority (NEA)の管轄であるが、カウンターパター機関及び関連機関との打ち合わせ結果、暫定的に DWIDP が当対策工の施工実施機関となることが決定した。

(2) 施工手順

土石流導流工（コンクリート）は、図 7.1.3 に示す手順に基づき施工する。

また、基礎掘削及びコンクリート打設中に、河川水の影響を無くすため、土嚢による迂回水路を提案する。

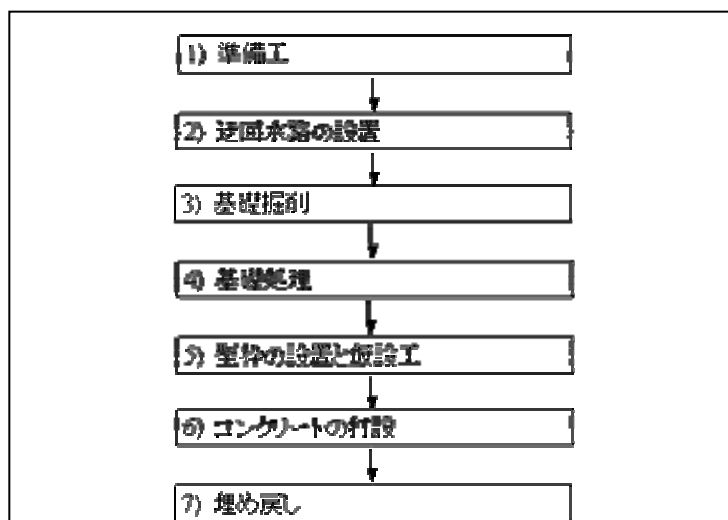


図 7.1.3 土石流導流工の施工手順

(3) 施工スケジュール

土石流導流工の施工は概算で6ヶ月を要し、施工スケジュールは図7.1.4に示す。また、降雨及び洪水は施工期間及び品質に影響を与えるため、施工時期については、基礎掘削は雨期後開始し、埋め戻しは次の雨期前に完了することを提案する。

Work Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	第1年												第2年								
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. 準備工					■	■	■														
2. 迂回水路の設置						■															
3. 基礎掘削							■	■	■												
4. 基礎処理									■												
5. 型枠の設置とコンクリートの打設										■	■										
6. 埋め戻し												■									

図 7.1.4 土石流導流工の施工スケジュール

7.1.4 事業費積算及び費用便益分析

(1) 事業費積算

事業費は、概算の工事数量を基に13%の税金を含め、約18.4百万ルピーと算出された。また、事業費概算資料の詳細はVolume III Data & Drawingに示す。

(2) 費用便益分析

対策工の費用便益分析結果は以下の表に示す。

表 7.1.2 費用便益分析結果

潜在的年間損失 ALp (百万ルピー/年)	事業費 (百万ルピー)	リスクの低減率 RRR	便益率 BCR	費用便益の現在価値 ENPV (百万ルピー)
4.858	18.364	0.90	1.99	12.759

7.2 事業評価

7.2.1 社会環境

(1) 社会的評価

➤ マルシャンディ発電所

土石流導流工の実施によって、2003年7月の災害と同様の土石流を制御することが可能であり、発電所の機能を安全に保たれる。

➤ 道路橋梁及び交通確保

土石流導流工の設置により、土石流の流れを主流路へスムーズに流出することができ、橋梁の洗屈や溢れ出しの危険性は軽減する。

(2) 環境的評価

導流工は河床には設置せず、谷の両岸に沿って設置される。そのため、河川を分断するわけではないので自然への影響は非常に低く、また河床はスムーズに表流水及び土石流を通過させることでさらに安定する。

7.2.2 総合評価

この計画は実行可能な対策工であり、また環境への影響は必要最小限で実施することが可能である。また導流工の完成後は、社会影響及び自然環境に良い影響をもたらすと考えられる。

第 8 章

技術移転

8.1 構造物対策工に関する助言

8.1.1 経緯

2003 年 N-M 道路で発生した土砂災害の後、2004～2006 年の間に斜面災害復旧対策を中心とした多くの防止対策が実施された。しかしながら、いくつかの構造物については部分的に、または完全に破損しているものがある。従って、特に破損している構造物に着目して対策の設計や構造の評価に関する技術的な助言を行う必要があり、「砂防と道路斜面对策に関するテクニカルガイド」と題した技術参考資料を別冊資料としてとりまとめた。

8.1.2 目的

テクニカルガイドは、DWIP 及び DOR 職員に対して技術的な参考資料、もしくは指針・基準として提供した。このガイドの主な目的は、DWIP と DOR の専門家またはその他の技術者が、斜面災害の減災対策の計画、設計、施工、管理を実施していくうえで参考となる資料とすることである。

8.1.3 テクニカルガイドの概要

このテクニカルガイドは、構造物の設計、施工についての技術的な指導を提供する。このガイドは全 3 編、合計 8 章で構成されている。

このガイドは基本的な技術事項を簡潔にとりまとめたことで留まっている。そのため今後現地で実施される砂防及び斜面災害減災のための土木工事の経験から DWIP 及び DOR の技術者によってガイドの内容が、より適したものに更新されることを願う。

8.2 災害情報システムならびに防災教育に関する技術移転

8.2.1 災害情報システム

災害情報システム（道路早期情報システムおよび早期警戒・避難システム）に関する技術移転は、バラトプール DRO、チトワン DPO、カビラシ村のスタッフに対して行われた。移転に係わる技術トレーニングは、以下のセミナー・ワークショップで実施された。

- 2008年6月18日：DRO、DPO
- 2008年6月19日：カビラシ村
- 2008年6月26日：技術トレーニングを伴うセミナー・ワークショップ

災害情報システムに関するこれらの技術移転・指導を通して、担当する技術者はシステムの操作技術を習得した。

8.2.2 防災教育

(1) 防災教育教材の作成

住民及び生徒向け教育教材として以下のものを作成し、これにより教育にあたることで災害への備えを心がけるようにさせる。ネパール語で作成したリーフレットは、全住民に配布した。

- ① 防災テキスト
- ② 教育用ハザードマップ

(2) 防災教育の実施と継続

住民防災組織の防災教育・ハザードマップチームが防災教育を継続的に実施していただけるように以下の教育を行った。

- 「白地図から作るハザードマップ」作りの教育とその方法

第6章で述べたとおり、調査団はリーダー、学生、村人に対する防災教育を、カビラシ村で2回にわたり実施した。

(3) 早期警戒・避難システムの構築と実施

本プロジェクト終了後も継続的にシステムが運用されるよう、自記雨量計や手動雨量計の使い方、雨量の観測方法、コンピュータの利用方法、早期警戒・避難システムの運用方法について、住民防災組織の早期警戒・避難チームに教育を行い、管理運営を行うことができるようにした。

第 9 章

結論と提言

9.1 結論

9.1.1 ナラヤンガート～ムグリーン道路の斜面災害リスクレベル

(1) 地形・地質的観点に基づいた定性的評価

斜面の不安定状況の確認は空中写真・衛星写真の判読及び現地地質調査により行われ、以下の総合評価結果が得られた。

- a) 空中写真及び衛星写真観察で約 30 箇所の大規模地すべり懸念箇所が検出された。しかし、現地地質調査の結果、現在のところいずれも活性化しておらず大規模地すべりの可能性は低いことが判明した。
- b) 多くの道路山側斜面では、豪雨などをきっかけとして斜面下部で崩壊が発生する可能性が高いことが明らかになった。
- c) 道路を横断する溪流では、上流の溪岸付近で中規模の地すべりや崩壊が頻発しており、これらの多くが土石流発生の原因となっている。

(2) 経済損失を用いた定量的評価

本計画調査のために、現地の災害発生要因の状況と潜在発災規模から統計解析的手法により経済損失を予測する手法を開発し、谷側斜面、山側斜面、横断溪流のあわせて 305 箇所において評価を実施した。その結果、潜在的な経済損失額は、2003 年以前の値である 1 億 9,400 万ルピー/年から、現在値は 1 億 600 万ルピー/年に削減されたと評価できる。これは DOR による主として谷側斜面の復旧工事と DWIDP による横断溪流の砂防工事の災害防止効果によるものである。2006 年にも、2003 年 7 月豪雨に相当する降雨が発生したが、大きな道路閉塞災害は発生しておらず、上記工事における災害防止の効果を裏づけている。

9.1.2 土砂災害管理の基本戦略

2003 年 7 月災害以前のリスクレベルに比べ、現在のリスクレベルは約 54%まで改善されていると評価された。これらの評価対象区間に対して土砂災害管理の基本戦略を策定した。基本戦略は構造物対策と非構造物対策に基づいた下記の 5 プログラムで構成される。

- I. 追加対策工事
- II. 道路維持・緊急対応管理

III. 砂防施設の維持管理

IV. 道路早期情報システム

V. コミュニティにおける減災活動

I. 追加対策工事

年間の潜在的経済損失額が 100 万ルピーを超えると評価された 12 箇所を対策優先箇所として、斜面对策工事を実施する計画とした。この内 2 箇所については DWIDP が砂防ダムをすでに建設中であり、1 箇所は既往砂防ダムの排砂で対応可能であることから、対策優先箇所から除外した。

残りの 9 箇所を対策工事实施箇所とし、総工事費は約 2 億ルピーとなった。これらの対策工事を実施することにより、経済価値に換算した年間リスクは当初の 10,600 万ルピーから 3,600 万ルピー低減され、7,000 万ルピーとなる。土砂災害発生のパテンシャルは依然として残るものの、このリスクレベルを維持できれば、交通機能に重大な障害は発生しないと判断される。

II. 道路維持・緊急対応管理

道路維持管理は、すでに DOR および各 DRO で実施されているものであり、主として道路側溝の清掃、小規模な斜面保護工等が行われている。これらの活動により豪雨時における谷側斜面の崩壊現象が抑制されている。

緊急対応管理は、特に雨季の土砂災害に焦点を当てた年間計画が立案され、DOR および各 DRO による緊急土砂災害の対応が実施されている。既存の緊急対応体制を中心として、緊急時の道路安全・道路機能復旧システムの改善策が計画された。

III. 砂防施設の維持管理

砂防施設機能維持管理は、本開発調査で提案されたプログラムであり、5 年間にわたる砂防ダム維持管理システムが DWIDP で承認され 2008 年度から運用が開始される見通しとなっている。

IV. 道路早期情報システム

道路早期情報システムは、豪雨時の土砂災害発生警報、事故やストライキによる交通渋滞の情報を提供するシステムで、本計画調査において構築された。このシステムは 2008 年 7 月～11 月のモンスーン期間にパイロットプロジェクトによって運用され、システムの実効性が確認された。このシステムの運用により豪雨時の土砂災害による人身・車両災害の低減と、無駄な交通渋滞の緩和・回避が期待される。

V. コミュニティにおける減災活動

コミュニティにおける減災活動は、道路沿いや道路の上方斜面に居住する住民の生

活・生産活動に起因する土砂災害を緩和する目的で実施されるものであり、本計画調査では下記の活動が行われた。

- 1) ハザードマップ作成
- 2) 防災教育
- 3) 早期警戒・避難システム運用
- 4) 簡易な斜面对策工
- 5) 植林と対策工計画

上記の内、3) 早期警戒・避難体制の構築は2008年6月までに構築され、7月からパイロットプロジェクトを通して運用されている。これらは道路土砂災害への影響軽減のみならず、地域住民の生活環境改善、安全度の向上に寄与することが期待される。

9.1.3 基本戦略の実施計画

基本戦略の5プログラムを実施するための初期資金投資額は約2億ルピーである。これは大部分が追加対策工事に要する資金であり、DWIDP及びDORが分担し実施する計画となる。

また、基本戦略の実施にあたっては、本来、道路斜面災害管理はDOR、土砂災害管理はDWIDPが主要担当機関であるが、パイロットプロジェクトの「道路早期情報システム」および「早期警戒・避難システム」において、チトワンDPO、カビラシ村VDC等関係諸機関、及びNGOや住民を含む有機的な管理組織が形成された。今後もこれを継続していく。

9.1.4 ルワ川の砂防計画

(1) リスク評価

2003年災害以降に設置された既存の砂防ダムの効果により、小規模な土石流が発生しても発電所および道路橋梁への影響は、2003年災害時と比較して小さくなっている。しかし、上流地区において大規模な斜面崩壊が発生した場合は、大量の土砂が生産され、既存の砂防ダムでは対抗できなくなる。また、既存砂防ダムはほぼ満砂状態で土砂堆積の機能はかなり低下しており、豪雨による斜面崩壊を伴う土石流災害のリスクがあると考えられる。2003年災害と同程度の豪雨が発生した場合の災害リスク（被害規模と被災頻度（1/16年）の積）は約500万ルピー/年と評価される。

(2) 施設の配置と施設規模

- (a) 既存の砂防ダムの除石を実施する。対象となる土砂量は約8,500 m³である。
- (b) 必要とする流下断面を確保し、護岸式の土石流導流工を配置する（左岸側約207m、右岸側約57m）。

9.1.5 実施組織の編成

(1) 追加対策工事の実施組織

2003年災害発生後、主として谷側斜面の復旧工事をDOR所管で実施し、横断溪流の土

石流対策工事を DWIDP で実施してきた。これら 2 つの事業の効果は 2006 年豪雨（3 日間雨量では 2003 年災害を上回る約 700mm の雨量を記録）の際に効果を発揮した。このことから、今後も同様の分担のもと、道路土砂災害防止事業を実施していくことが考えられる。

(2) 維持管理の実施組織

これまで N-M 道路の道路防災管理はバトプール DRO が「道路維持管理年次計画」を作成し、この年次計画を基に実施してきており、今後も継続して実施する。砂防施設の維持管理は DWIDP が企画し実施する。

(3) 道路早期情報システムおよびコミュニティにおける減災活動の実施組織

本調査中に立ち上げられた、道路早期情報システムとカピラシ村における早期警戒・避難システムの「計画・評価委員会（地方レベル）」および「支援委員会（中央レベル）」によって関係者が有機的に連携し、非構造物対策に関する各プログラムを有効かつ継続的に実施することが望ましい。

9.2 自立発展性に向けた提言

9.2.1 基本戦略の継続的实施

土砂災害管理の基本戦略 5 プログラムは、対象区間の実情と経済性を考慮し計画されたものである。その内、2 つのプログラム（道路早期情報システム、コミュニティにおける減災活動）は 2008 年 6 月～11 月のパイロットプロジェクトでその運用と効果が確認された。2009 年以降も関連機関が有機的に連携してこの基本戦略に沿って道路区間の土砂災害管理を実施すべきである。

9.2.2 基本戦略の全国的展開

土砂災害管理の基本戦略は、N-M 道路約 36km に焦点を合わせて作成したものである。しかしながら、基本戦略の全てのプログラムは、「ネ」国道のうち土砂災害管理が必要なほかの区間にも適用可能である。近い将来、この手法を約 5,000km の「基幹道路網」に適用して合理的な道路土砂災害管理システムを構築することを提言する。

9.2.3 災害情報システムの利活用と全国的展開

本調査で開発した災害情報システム（道路早期情報システムおよび早期警戒・避難システム）は、パイロットプロジェクトによりその有効性が確認された。これらパイロットプロジェクトの評価を踏まえ、今後より適切かつ効果的にシステムを利活用していくための具体的な 12 項目を提言する。

(1) チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会の分科会としてのシステムの実行

上記委員会は、郡行政政局長を委員長としている。N-M 道路早期情報システムおよび、カピラシ村早期警戒・避難システムは、この委員会の分科会として実施することが望ましい。なぜなら、

この委員会は、この2つのシステムのすべての関連機関とNGO、地方自治体によって構成されているからである。これらの災害情報システムは郡全体で情報を共有すべきであり、本委員会の構成員からの支援や助言が期待できる。

(2) 年2回の委員会開催

- 雨季終了時の評価委員会(11月)
- 雨季開始前の計画委員会(5月)

システムの運用について、毎年雨季終了直後に1年間の教訓が討議されるべきである。さらに、雨季前に、評価委員会の結果を踏まえ、その年の実際的な運用に資するシステムの実施計画が討議されるべきである。

(3) 訓練の実施

システムの訓練は、雨季開始前の計画委員会(5月)の後に年次の運用計画の確認と関連機関の連携強化のために実施すべきである。

(4) コンピュータオペレーションの訓練

各関連組織は小数の職員にシステムの運用を任命している。各組織の中でコンピュータを操作できる職員はごく限られている。また職員は日常業務とシステムの運用を掛け持ち、繁忙状況であり、雨季は特にこの傾向が強い。他の職員にコンピュータ操作の訓練を施し、交替して対応できる職員を確保すべきである。

(5) 次年度の運用計画の改善

次年度の運用計画はDPO、DRO、カビラシ村で作成された。しかし、これらの運用計画は費用の無駄を省いた実際的な計画に改善する必要がある。

(6) カビラシ村での運用

調査団は、カビラシ村早期警戒・避難システムの運用にあたり、人的資源や予算が限られていることを理解している。しかし、村の与件のなかでシステムを運用することが、本来のコミュニティ災害管理であると考えられる。

(7) 今後の支援委員会(中央レベル)の役割

支援委員会は内務省、地方開発省地方社会基盤開発・農道局、DOR、DWIDPから構成されている。支援委員会はN-M道路早期情報システムとコミュニティにおける減災活動に技術アドバイスをを行う。このシステム運営は支援委員会の以下の活動により支援されるべきである。

- システムの確認と雨季前の計画委員会の実施の働きかけ
- 雨季後の評価委員会実施の働きかけ
- チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会でのシステムに係る報告および議論
- 運用の評価と計画に係るアドバイス

上記活動を通じ、支援委員会はこれらの新しいシステムに係る知見の把握と、財務状況の理解

をすることが可能と考えられる。

(8) DWIDP の役割

DWIDP は支援委員会を召集する。また、雨季後のシステムの評価と雨季前のシステムの計画を調整する。DWIDP はチトワン郡災害管理パートナーシップ委員会でのシステムの評価と計画の報告を行う。

また DWIDP は、洪水・土砂災害管理の方針と、手法、機材管理についての助言・支援を行う。

(9) 危険性の高い変状・異常に伴う予警報

N-M 道路早期情報システムは大雨に対する警報や道路通行阻害(通行止め、渋滞)情報を扱うものとして開始した。しかしながら、2008年8月14日の29km+800地点岩盤斜面崩壊を教訓とし、危険性の高い変状・異常に伴う予警報も取り取り扱えるように改善した。DRO は危険性の高い変状・異常を認めた場合には予警報を発信すべきである。

(10) 道路情報板の改善

「ネ」国の文字を読めないドライバーもいることから、絵図を用いることも今後の検討課題であると考える。

(11) 道路早期情報システムの周知

DPO によるドライバー・道路利用者への N-M 道路早期情報システムや交通マナーに関するセミナーを実施することによって、本システム導入に対する効果を高めることができると考えられる。

(12) システム運用の資金確保

道路情報版やウェブページなど広告企業を募ることにより、システム運用に資する広告収入を得ることも考えられる。チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会で実際的な方法や支出内容について協議することが考えられる。

「ネ」国では豪雨による土砂災害で多数の犠牲者が発生しているが、これらシステムを国内の他の地域に導入することで犠牲者の削減が可能となる。

9.2.4 土砂災害対策工事に関する技術上の助言

2003年7月の豪雨土砂災害後、2005年から2006年にかけて道路斜面災害の復旧工として各種の構造物対策工が実施されてきた。これらの構造物対策は、現在もその効果を発揮しており、道路の安全を維持している。ただし、N-M 道路沿いに見られるように一部の構造物対策は、被害・損壊を受けており、その原因は主に不適切な設計や、施工及び低品質の材料を使用したことによるものである。

Volume IV: Technical Guide では、砂防施設と道路斜面对策工事の計画・設計・施工の基本的事項と留意点をとりまとめた。これを参考として、基本的な土砂災害対策工事が現地専門家や技術者によって改善されることが望まれる。