

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VI  
主報告書

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 VI  
主報告書

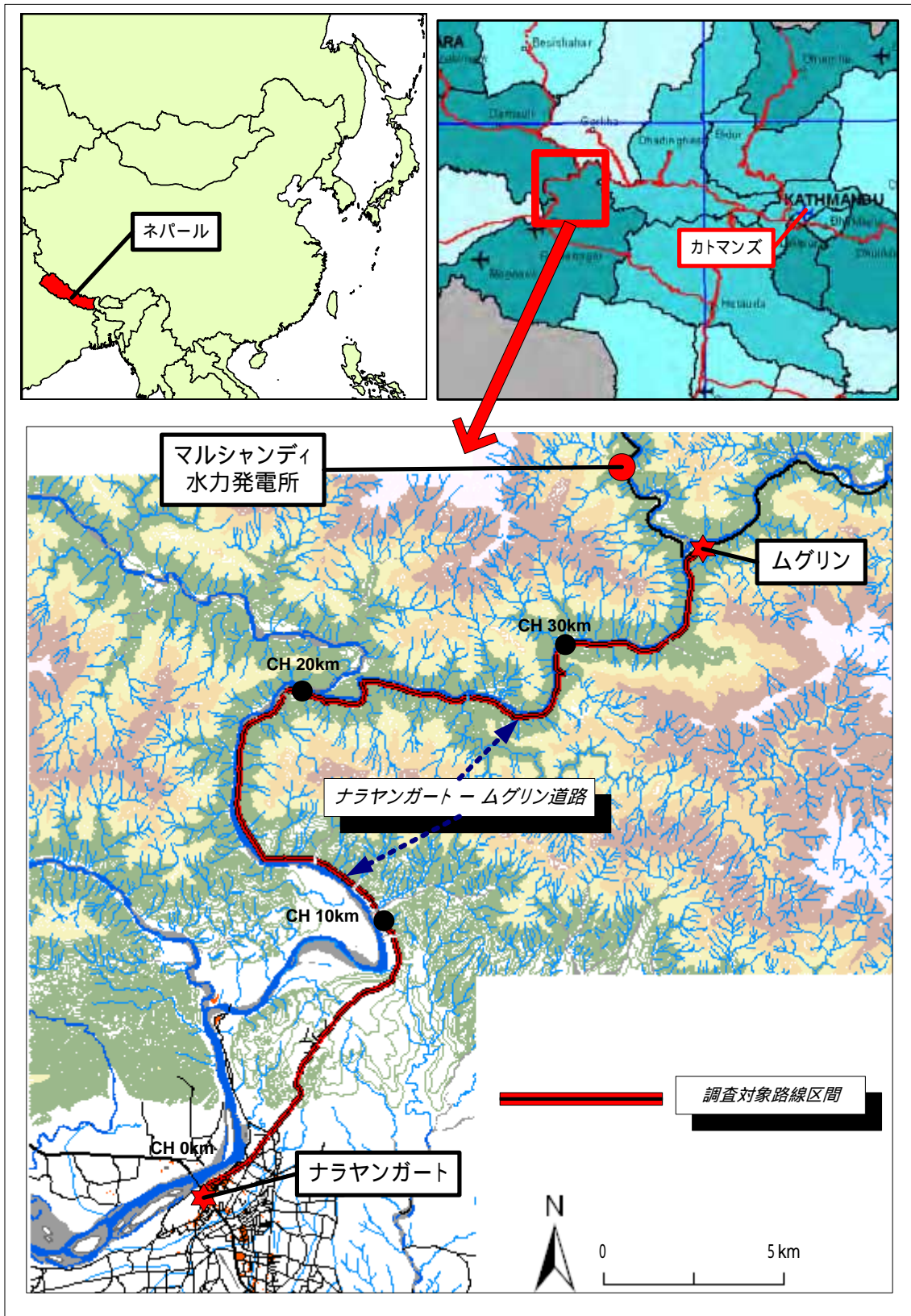
平成 21 年 2 月  
(2009 年)

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



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。
FRC D 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)。
FRC D <sub>p</sub>	: 潜在道路閉塞災害頻度
FRC D <sub>a</sub>	: 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)。
AL <sub>p</sub>	: 潜在道路閉塞災害による年損失額
AL <sub>a</sub>	: 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 FRC D の総和をその道路区間の長さで除したもの (ルピー/年/km)。
IAL <sub>p</sub>	: 潜在道路閉塞災害強度
IAL <sub>a</sub>	: 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**

cm<sup>2</sup> = Square-centimeters (1.0 cm x 1.0 cm)  
平方センチメートル

m<sup>2</sup> = Square-meters (1.0 m x 1.0 m)  
平方メートル

km<sup>2</sup> = Square-kilometers (1.0 km x 1.0 km)  
平方キロメートル

ha = Hectares (10,000 m<sup>2</sup>)  
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**

cm<sup>3</sup> = 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

m<sup>3</sup> = 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 cm<sup>3</sup>)  
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 VI 主報告書

目 次

ファイナル・レポートの構成

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**

<b>第1章 序論 .....</b>	<b>1-1</b>
1.1 調査の背景 .....	1-1
1.2 調査の目的・活動・成果 .....	1-2
1.3 調査地域 .....	1-3
1.4 調査の実施体制 .....	1-3
1.4.1 ステアリングコミッティ .....	1-4
1.4.2 カウンタパートチーム .....	1-4
1.4.3 テクニカルワーキンググループおよびワーキングチーム .....	1-4
1.4.4 JICA 調査団 .....	1-6
1.5 実施期間と作業項目 .....	1-8
1.5.1 実施期間 .....	1-8
1.5.2 作業項目 .....	1-8
1.6 主要な委員会活動 .....	1-10
<b>第2章 ナラヤンガート～ムグリン道路の斜面災害の概要 .....</b>	<b>2-1</b>
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 .....	2-7

2.2	調査地域の社会条件 .....	2-11
2.2.1	調査地域概要 .....	2-11
2.2.2	カビラシ村の社会条件 .....	2-16
2.2.3	国家レベルでの防災活動 .....	2-20
2.2.4	調査地域での降水の特徴 .....	2-22
2.3	2003年ナラヤンガート～ムグリン道路災害の状況 .....	2-31
2.3.1	2003年災害の特徴 .....	2-31
2.3.2	2003年災害の損失 .....	2-33
2.4	ルワ川流域（マルシャンディ発電所）の土砂災害 .....	2-36
2.4.1	土砂災害の発生状況 .....	2-36
2.4.2	被災の状況 .....	2-37
<b>第3章</b>	<b>斜面災害のハザード・リスク評価 .....</b>	<b>3-1</b>
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
3.1.1	ナラヤンガート～ムグリン道路沿いに想定される災害 .....	3-1
3.1.2	ナラヤンガート～ムグリン道路の斜面災害分類 .....	3-12
3.2	地すべりサイトの安定度調査 .....	3-16
3.2.1	選定したサイト .....	3-16
3.2.2	サイトの状況 .....	3-16
3.2.3	調査結果 .....	3-17
3.2.4	道路沿いの大規模地すべりの可能性 .....	3-27
3.3	道路斜面災害のリスクアセスメント .....	3-29
3.3.1	リスクアセスメントの概要 .....	3-29
3.3.2	作業の流れ .....	3-30
3.3.3	道路斜面アセスメントシート .....	3-32
3.4	リスクアセスメントの結果 .....	3-60
3.4.1	ナラヤンガート～ムグリン道路 .....	3-60
3.4.2	ルワ川/マルシャンディ水力発電所 .....	3-75
<b>第4章</b>	<b>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 .....</b>	<b>4-1</b>
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 .....	4-4



4.2.1	リスクレベルの目標設定.....	4-4
4.2.2	追加対策工事検討地点の選定.....	4-4
4.2.3	構造物対策工の検討と経済評価.....	4-5
4.2.4	施工計画.....	4-8
4.3	道路維持・緊急対応管理.....	4-13
4.3.1	年次計画による道路施設の維持管理.....	4-13
4.3.2	維持管理の年間コストと経済評価.....	4-14
4.3.3	改善点の進言.....	4-16
4.4	砂防施設の維持管理.....	4-18
4.4.1	実施機関.....	4-18
4.4.2	維持管理の主要作業.....	4-18
4.4.3	砂防施設維持管理の流れ.....	4-19
4.4.4	堆積土砂の除石.....	4-19
4.4.5	砂防施設の修繕.....	4-22
4.5	道路早期情報システム.....	4-23
4.5.1	目的.....	4-23
4.5.2	対象地域.....	4-23
4.5.3	システムの概要.....	4-23
4.5.4	システムの運用.....	4-26
4.5.5	システムの費用と経済性評価.....	4-27
4.6	コミュニティにおける減災活動.....	4-29
4.6.1	目的.....	4-29
4.6.2	対象地域.....	4-29
4.6.3	減災活動の概要.....	4-29
4.6.4	システム費用と経済性評価.....	4-33
4.7	組織制度/予算計画.....	4-35
4.7.1	担当組織.....	4-35
4.7.2	基本戦略の必要経費.....	4-36
4.8	基本戦略の評価.....	4-38
4.8.1	社会・環境評価.....	4-38
4.8.2	統括評価.....	4-38
<b>第5章</b>	<b>パイロットプロジェクトⅠ：道路早期情報システム.....</b>	<b>5-1</b>
5.1	パイロットプロジェクトⅠの手順.....	5-1
5.1.1	道路早期情報システムの概要.....	5-1
5.1.2	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	5-3
5.2.1	運営に伴う委員会、実施班の立ち上げ	5-3
5.2.2	システム設計	5-6
5.2.3	システム構築・設置	5-22
5.2.4	現地説明会	5-25
5.3	パイロットプロジェクトⅠの実施	5-29
5.3.1	道路早期情報システムの運用	5-29
5.3.2	29KM+850 地点の岩石崩壊による道路閉鎖の経過	5-30
5.3.3	パイロット期間中の降雨	5-32
5.4	パイロットプロジェクトⅠの評価	5-33
5.4.1	評価のまとめ	5-33
5.4.2	成果の評価	5-34
5.4.3	プロジェクト目標の評価	5-38
5.4.4	上位目標の評価	5-39
5.4.5	組織の評価	5-40
<b>第6章</b>	<b>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</b>	<b>6-1</b>
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	6-5
6.5	パイロットプロジェクトⅡの実施	6-6
6.5.1	ハザードマップ作成	6-6
6.5.2	防災教育	6-9
6.5.3	早期警戒・避難システム運用	6-14
6.5.4	簡易な斜面对策工	6-18
6.5.5	植林と対策工計画	6-20
6.6	パイロットプロジェクトⅡの評価	6-33
6.6.1	評価のまとめ	6-33
6.6.2	成果の評価	6-34
6.6.3	プロジェクト目標の評価	6-35
6.6.4	上位目標の評価	6-36
<b>第7章</b>	<b>ルワ川流域/マルシャンディ発電所の構造物対策</b>	<b>7-1</b>
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	7-4
7.1.4	事業費積算及び費用便益分析	7-6
7.2	事業評価	7-7
7.2.1	社会環境	7-7
7.2.2	総合評価	7-7
<b>第8章</b>	<b>技術移転</b>	<b>8-1</b>
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	8-2
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	8-3
8.2.1	災害情報システム	8-3
8.2.2	防災教育	8-3
<b>第9章</b>	<b>結論と提言</b>	<b>9-1</b>
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	9-2
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	9-4
9.2	自立発展性に向けた提言	9-5
9.2.1	基本戦略の継続的实施	9-5
9.2.2	基本戦略の全国的展開	9-5
9.2.3	災害情報システムの利活用と全国的展開	9-5
9.2.4	土砂災害対策工事に関する技術上の助言	9-7

## 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 ヒマラヤの地帯区分.....	2-2
図 2.1.2 ヒマラヤ帯の断面.....	2-2
図 2.1.3 CH 11-CH36 区間の斜面傾斜分布 .....	2-3
図 2.1.4 CH 11-CH 36 区間の斜面方位分布 .....	2-4
図 2.1.5 CH 11-CH 36 区間の概略地質図 .....	2-6
図 2.1.6 ナワコットコンプレックスの層理面のコンター図.....	2-7
図 2.1.7 ネパールの気候区分.....	2-8
図 2.1.8 ネパールの年間降水量.....	2-9
図 2.1.9 バラトプール観測点の最高気温.....	2-10
図 2.2.1 調査地位置図.....	2-11
図 2.2.2 カビラシ村の管理チャート.....	2-16
図 2.2.3 カビラシ村の議会組織.....	2-17
図 2.2.4 カビラス村の土地利用図.....	2-18
図 2.2.5 カビラシ村の洪水・土砂災害リスク地区.....	2-19
図 2.2.6 調査地周辺の雨量計位置.....	2-23
図 2.2.7 2003 年 7 月 31 日の降雨分布（デブガット計測所） .....	2-24
図 2.2.8 2003 年 7 月 31 日の降雨強度曲線（デブガット計測所） .....	2-25
図 2.2.9 2003、2006、2007 年災害の日雨量状況.....	2-26
図 2.2.10 ある時点までの 1 時間雨量値とその 1 時間後までの 1 時間雨量値の関係 .....	2-30
図 2.3.1 N-M 道路におけるハザードマップ .....	2-32
図 2.3.2 2003 年災害の被災状況図.....	2-33
図 2.4.1 土石流発生前後の土砂流動状況.....	2-37
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 3.1.2 道路斜面の幾何学的区分.....	3-3
図 3.1.3 道路沿線の基盤岩類の走向・傾斜.....	3-4
図 3.1.4 斜面崩壊－土石流の連続性を示す模式図.....	3-5
図 3.1.5 斜面崩壊を示す模式図.....	3-6
図 3.1.6 流れ盤斜面の模式図.....	3-7
図 3.1.7 CH 22 - 22+500 間に典型的な斜面崩壊.....	3-8
図 3.1.8 楔形岩すべりによって形成される斜面崩壊.....	3-8
図 3.1.9 トリスリ川沿いの北向きの流れ盤斜面、道路.....	3-9
図 3.1.10 層理面すべりの模式図.....	3-10

図 3.1.11 基盤岩の層理面すべりによって形成された典型的な流れ盤斜面 .....	3-10
図 3.1.12 ノープル層の千枚岩のノンテクトニック変形構造 .....	3-11
図 3.1.13 珪岩の切土斜面からの落石の模式図 .....	3-12
図 3.1.14 一般的な斜面災害のタイプ別イラスト .....	3-13
図 3.1.15 各斜面災害タイプの模式図 .....	3-15
図 3.2.1 調査対象斜面（サイト）の位置図 .....	3-16
図 3.2.2 SL-1 の平面図と断面図 .....	3-19
図 3.2.3 パイプひずみ計変動図（BH-1 孔、BH-3 孔、BH-4 孔） .....	3-20
図 3.2.4 SL-2 の平面図と断面図 .....	3-22
図 3.2.5 SL-3 の平面図と断面図 .....	3-24
図 3.2.6 SL-4 の平面図と断面図 .....	3-26
図 3.3.1 リスク指標の関係 .....	3-29
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 .....	3-29
図 3.3.3 ある箇所の潜在年間損失（ALp）の算出構造 .....	3-30
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 .....	3-31
図 3.3.5 道路斜面アセスメントシートの構造 .....	3-32
図 3.3.6 道路斜面アセスメントシート 1（一般情報）の事例 .....	3-35
図 3.3.7 道路斜面アセスメントシート 2 の FRCDp の計算法 .....	3-37
図 3.3.8 各要因アイテム・カテゴリーの頻度スコアの算出手法 .....	3-38
図 3.3.9 山側斜面の頻度スコア .....	3-39
図 3.3.10 横断溪流の頻度スコア .....	3-40
図 3.3.11 川側斜面の頻度スコア .....	3-41
図 3.3.12 道路斜面アセスメントシート 2-1：道路閉鎖災害の潜在頻度（山側斜面） .....	3-43
図 3.3.13 道路斜面アセスメントシート 2-2：道路閉鎖災害の潜在頻度（横断溪流） .....	3-44
図 3.3.14 道路斜面アセスメントシート 2-3：道路閉鎖災害の潜在頻度（川側斜面） .....	3-45
図 3.3.15 潜在的年間損失額の計算法 .....	3-46
図 3.3.16 道路斜面アセスメントシート 3（潜在災害規模と年間損失額）の例 .....	3-47
図 3.3.17 N-M 道路の全幅員閉塞時における行動選択の割合 .....	3-54
図 3.3.18 交通障害損失の 3 つの構成要素の割合と道路閉鎖日数の関係 .....	3-58
図 3.3.19 道路斜面アセスメントシート 5：災害記録 .....	3-59
図 3.4.1 道路閉鎖災害の潜在的頻度（FRCDp）のハザード .....	3-61
図 3.4.2 潜在的年間損失（ALp）のハザード .....	3-62
図 3.4.3 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 .....	3-63
図 3.4.4 損失成分による N-M 道路の潜在的年間損失（ALp）の 2007 年値 .....	3-64
図 3.4.5 構造物対策の効果による道路斜面災害リスクの低減 .....	3-65
図 3.4.6 山側斜面の場合の ALp が 1.0 百万 Rs/年以上の高リスク 6 箇所の位置 .....	3-68

図 3.4.7 横断溪流の場合の ALp が 1.0 百万 Rs/年以上の高リスク 6 箇所の位置 .....	3-69
図 3.4.8 道路区間 1km 当たりのリスク指標の算出プロセス .....	3-70
図 3.4.9 道路区間 1km 当たりの道路閉塞災害の潜在発生頻度 (IRCDp) .....	3-73
図 3.4.10 道路区間 1km 当たりの潜在年間損失額 (IALp) .....	3-74
図 3.4.11 ルワ川/マルシャンディ水力発電所のリスク評価の手順 .....	3-75
図 4.1.1 道路斜面災害リスク管理方針 .....	4-1
図 4.1.2 基本戦略の構成とリスク管理 .....	4-2
図 4.2.1 選定された追加対策工検討地点 .....	4-5
図 4.2.2 吹付けコンクリート法枠工の施工手順 .....	4-10
図 4.2.3 ロックボルト付き吹付けコンクリート法枠工の施工手順 .....	4-10
図 4.2.4 落石防護ネット工の施工手順 .....	4-10
図 4.2.5 パッケージ 1、3 の作業工程表 .....	4-11
図 4.2.5 パッケージ 2 の作業工程表 .....	4-12
図 4.3.1 バラトプール DRO の組織図 .....	4-13
図 4.3.2 土砂災害に対する年次道路維持計画の作成の流れ .....	4-14
図 4.3.3 緊急対応の流れ .....	4-17
図 4.4.1 砂防施設維持管理の流れ .....	4-19
図 4.4.2 除石対象の砂防ダム .....	4-20
図 4.4.3 除石の概念図 .....	4-21
図 4.4.4 砂防施設の点検結果 .....	4-22
図 4.5.1 道路早期情報システムの効果の範囲 .....	4-23
図 4.5.2 N-M 道路早期情報システムの概念図 .....	4-24
図 4.6.1 カビラシ村内の区の区分 .....	4-29
図 4.6.2 カビラシ村における減災活動の促進 .....	4-30
図 4.6.3 カビラシ村における早期警戒・避難システム .....	4-32
図 4.7.1 基本戦略実施の担当組織 .....	4-35
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 .....	5-4
図 5.2.2 雨量計の設置位置 .....	5-7
図 5.2.3 道路早期情報システム (雨量情報) の概念図 .....	5-8
図 5.2.4 画面イメージ .....	5-12
図 5.2.5 グラフイメージ .....	5-15
図 5.2.6 画面イメージとグラフの表示位置 .....	5-15
図 5.2.7 雨量情報・通行阻害情報 画面イメージ .....	5-17
図 5.2.8 画面イメージと雨量情報・通行阻害情報表示位置 .....	5-17
図 5.2.9 道路情報板の外形 (雨量情報) .....	5-18

図 5.2.10 道路情報板の外形（通行阻害情報） .....	5-19
図 5.2.11 道路情報板掲示部.....	5-20
図 5.2.12 道路早期情報システムの全体イメージ.....	5-21
図 5.2.13 合同演習の組織図.....	5-26
図 5.2.14 合同演習のシナリオ.....	5-27
図 5.3.1 岩石崩壊が発生した斜面.....	5-31
図 5.3.2 自動観測雨量計による日雨量.....	5-32
図 5.4.1 第二回チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会.....	5-40
図 5.4.2 システム実行に向けた情報の流れの概念図.....	5-43
図 6.3.1 カビラシ村防災組織.....	6-3
図 6.5.1 衛星写真を基本図とするハザードマップの例（ワード1） .....	6-7
図 6.5.2 地形図を基本図とするハザードマップの例（ワード1） .....	6-8
図 6.5.3 リーダーに対する防災教育.....	6-10
図 6.5.4 生徒の防災教育.....	6-12
図 6.5.5 村民の防災教育.....	6-13
図 6.5.6 豪雨時の早期警戒・避難システムの情報連絡.....	6-14
図 6.5.7 雨量計（左）とコンピューターシステム（右）の設置状況.....	6-15
図 6.5.8 自動雨量計における日雨量.....	6-17
図 6.5.9 CH 11km+500 地点横断溪流における簡易な対策工事.....	6-18
図 6.5.10 簡易構造物対策の施工状況（2008年6月） .....	6-19
図 6.5.11 施工後の状況（2008年8月） .....	6-19
図 6.5.12 (1) 植林計画地点（ワード1） .....	6-23
図 6.5.12 (2) 植林計画地点（ワード2） .....	6-24
図 6.5.12 (3) 植林計画地点（ワード3） .....	6-25
図 6.5.12 (4) 植林計画地点（ワード4） .....	6-26
図 6.5.12 (5) 植林計画地点（ワード5） .....	6-27
図 6.5.12 (6) 植林計画地点（ワード6） .....	6-28
図 6.5.12 (7) 植林計画地点（ワード7） .....	6-29
図 6.5.12 (8) 植林計画地点（ワード8） .....	6-30
図 6.5.12 (9) 植林計画地点（ワード9） .....	6-31
図 6.6.1 簡易な斜面安定対策工の状況（2008年11月） .....	6-35
図 7.1.1 土石流導流工効果の概念図.....	7-2
図 7.1.2 土石流導流工の標準断面図.....	7-4
図 7.1.3 土石流導流工の施工手順.....	7-5
図 7.1.4 土石流導流工の施工スケジュール.....	7-5

## 表 目 次

表 1.4.1	ステアリングコミッティの構成メンバー	1-4
表 1.4.2	カウンターパートチームメンバー	1-4
表 1.4.3	テクニカルワーキンググループの構成員	1-5
表 1.4.4	基本戦略構築にむけたワーキングチーム	1-5
表 1.4.5	JICA 調査団の構成員	1-6
表 1.5.1	調査の段階区分	1-8
表 1.5.2	調査の期間と項目	1-9
表 1.6.1	本調査の主要委員会活動	1-10
表 2.1.1	調査地域の地層および岩石	2-5
表 2.1.2	CH 14-36 区間の斜面地質の概要	2-7
表 2.2.1	家屋数と人口	2-12
表 2.2.2	経済活動状況一覧	2-12
表 2.2.3	予測年収状況一覧	2-12
表 2.2.4	予測農耕地と灌漑地状況一覧	2-13
表 2.2.5	農作物の生産時期一覧	2-13
表 2.2.6	農作物の予測生産量一覧	2-13
表 2.2.7	飲料水の状況一覧	2-14
表 2.2.8	就学年齢人口に対する識字率一覧	2-14
表 2.2.9	教育・医療機関等一覧	2-15
表 2.2.10	当該地域の文化遺産一覧	2-15
表 2.2.11	DWIDP の人員	2-21
表 2.2.12	N-M 道路の道路維持予算（会計年次 2006/2007）	2-22
表 2.2.13	24 時間雨量と実効雨量値の各年最大値の再現期間	2-28
表 2.2.14	換算積算雨量値による予警報しきい値（案）	2-29
表 2.3.1	2003 年災害と 2006 年災害の被災状況表	2-33
表 2.3.2	2003 年災害の道路での被災	2-34
表 2.3.3	2003 年災害の中央道路局による復旧活動	2-34
表 2.3.4	DOR における道路復旧対策構造物（2003 年）	2-35
表 2.3.5	2003 年以降の斜面安定対策構造物の状況	2-35
表 3.1.1	路線区間ごとの斜面分類	3-4
表 3.1.2	斜面災害の特徴と定義	3-15
表 3.2.1	選定したサイトの状況	3-17
表 3.2.2	地すべりハザードの評価（SL-1、SL-2、SL-3、SL-4）	3-28
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	3-33
表 3.3.2	道路斜面アセスメント必要箇所を選定基準	3-34



表 3.3.3	道路閉鎖災害に対し大きな影響がある要因アイテム	3-38
表 3.3.4	CEM の設定ガイド	3-42
表 3.3.5	道路閉塞区間の延長の定義	3-48
表 3.3.6	道路閉鎖災害の潜在損失額の構成要素	3-48
表 3.3.7	復旧費の算出式と使用単価	3-49
表 3.3.8	潜在人身損失額の算出式と使用単価	3-50
表 3.3.9	ある道路閉塞災害の潜在車両損失額の算定式と単価	3-51
表 3.3.10	潜在交通障害損失額の算定式と単価	3-51
表 3.3.11	交通障害損失額の構成要素	3-53
表 3.3.12	車両の平均待機損失の算出式と単価	3-55
表 3.3.13	車両の平均迂回損失額の算出式と単価	3-56
表 3.3.14	車両の平均交通取り止め損失額の算定式と単価	3-57
表 3.4.1	潜在的年間損失額(ALp)と構造物対策の効果を見込まない Alp(ALpom)一覧	3-66
表 3.4.2	ALp1.0 百万ルピー/年以上の高リスク 12 箇所	3-67
表 3.4.3	N-M 道路の斜面災害リスクの概要	3-72
表 3.4.4	2003 年 7 月豪雨災害の損失額の 2007 年価格値	3-76
表 4.1.1	2003 年時点のリスクと現在のリスク	4-2
表 4.2.1	潜在年損失額：ALp 額区分別リスク状況	4-4
表 4.2.2	選定された追加対策工検討地点	4-5
表 4.2.3	DWIDP による 2 渓流対策・道路防災効果経済評価結果一覧	4-6
表 4.2.4	追加対策工基本設計/積算/経済評価結果一覧	4-7
表 4.2.5	選定箇所と提案された対策工	4-8
表 4.2.6	選定箇所における実施計画	4-9
表 4.3.1	当該区間の道路維持管理 2008/2009 年次の計画予算	4-15
表 4.3.2	道路維持・緊急対応管理の費用と効果	4-16
表 4.3.3	日常管理時の着眼点	4-16
表 4.4.1	除石の検討が必要な既往砂防ダム	4-21
表 4.5.1	システムを構成する機器	4-24
表 4.5.2	道路情報板による情報(案)	4-25
表 4.5.3	道路の雨量による警報基準	4-25
表 4.5.4	道路早期情報システムの費用	4-28
表 4.5.5	道路早期情報システムの便益	4-28
表 4.6.1	カビラシ村における減災活動の組織と役割	4-31
表 4.6.2	住民向け豪雨時早期警戒・避難基準案	4-33
表 4.6.3	カビラシ村早期警戒・避難システムの費用	4-34
表 4.7.1	バラトプール DRO 予算	4-36
表 4.7.2	M-N 道路対策建設事務所予算	4-36

表 4.7.3 チトワン DPO 予算.....	4-37
表 4.7.4 カビラシ村予算.....	4-37
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.....	4-38
表 4.8.2 各基本戦略の統括的評価.....	4-39
表 5.2.1 (1) チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会委員の役割.....	5-4
表 5.2.1 (2) N-M 道路早期情報システム実施班.....	5-5
表 5.2.1 (3) カビラシ村防災管理実施班.....	5-6
表 5.2.2 自記雨量計の詳細.....	5-7
表 5.2.3 非自記雨量計の詳細.....	5-8
表 5.2.4 換算積算雨量値による予警報しきい値 (案).....	5-9
表 5.2.5 システム構成機器.....	5-10
表 5.2.6 雨量情報の提供項目と内容.....	5-10
表 5.2.7 通行阻害情報の提供項目と内容.....	5-11
表 5.2.8 画面表示項目.....	5-13
表 5.2.9 グラフの仕様.....	5-14
表 5.2.10 DPO 収集情報.....	5-16
表 5.2.11 雨量情報の表示項目.....	5-16
表 5.2.12 通行阻害情報の提供項目と内容.....	5-16
表 5.2.13 道路情報板掲示内容.....	5-20
表 5.2.14 各組織の役割.....	5-26
表 5.2.15 カビラシ村における合同演習のプロセス.....	28
表 5.3.1 DPO の担当者.....	29
表 5.3.2 DRO の担当者.....	29
表 5.3.3 DPO によるアップロード状況.....	29
表 5.3.4 DRO によるアップロード状況.....	30
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.....	5-33
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.....	5-34
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.....	5-34
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).....	5-36
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).....	5-37
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.....	5-38
表 5.4.6 2008 年 6 月における運転手へのアンケート結果.....	5-39
表 5.4.7 2008 年 8 月における運転手へのアンケート結果.....	5-39
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.....	5-41
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 6.3.1 早期警戒・避難チームメンバー一覧表.....	6-4

表 6.3.2 防災教育・ハザードマップチームメンバー一覧表.....	6-4
表 6.3.3 工事・植林チームメンバー一覧表.....	6-4
表 6.4.1 調査団・シャプラニールとの連携方針.....	6-5
表 6.5.1 ハザードマップの諸元.....	6-6
表 6.5.2 リーダー用防災テキストの内容.....	6-9
表 6.5.3 リーダーに対する講義プログラム.....	6-10
表 6.5.4 生徒の防災教育プログラム.....	6-11
表 6.5.5 村民の防災教育プログラム.....	6-11
表 6.5.6 生徒の防災教育.....	6-11
表 6.5.7 村民の防災教育.....	6-12
表 6.5.8 豪雨時の警戒予報基準値（12時間換算積算雨量）.....	6-15
表 6.5.9 システム運用時の役割.....	6-15
表 6.5.10 各警戒段階での行動.....	6-16
表 6.5.11 システム運用スタッフ.....	6-17
表 6.5.12 ウェブサイトへの更新状況.....	6-17
表 6.5.13 調達材料（ローカル NGO 契約を含む）.....	6-18
表 6.5.14 植林計画地点のリスト.....	6-20
表 6.5.15 苗床計画地点のリスト.....	6-22
表 6.5.16 簡易斜面对策工の計画概要.....	6-32
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.....	6-33
表 7.1.1 各材料の単位体積重量一覧.....	7-3
表 7.1.2 河川状況に係わる設計定数一覧.....	7-3
表 7.1.3 基礎地盤定数一覧.....	7-3
表 7.1.4 土石流の安定評価基準一覧.....	7-3
表 7.1.5 工事概算数量.....	7-4
表 7.1.6 費用便益分析結果.....	7-6

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・活動・成果

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）。これらの目的を達成するための具体的活動と成果は以下に示す通りである。

- (I) 当該道路、ならびにルワ川マルシャンディ発電所に関する土砂災害のハザードマップ作成とリスクアセスメント
- (II) 当該道路の土砂災害管理に対する「基本戦略」の作成
- (III) 当該道路の基本戦略、ならびにルワ川マルシャンディ発電所の土石流対策工に対するフィージビリティスタディ（以下、F/S）の実施
- (IV) 基本戦略の適用性を確認するためのパイロットプロジェクトの実施
- (V) カウンターパート機関及び地域への技術移転

この調査成果は、当該道路やルワ川流域と同様の問題を抱える他の道路区間や溪流にも適用が可能であるといえる。

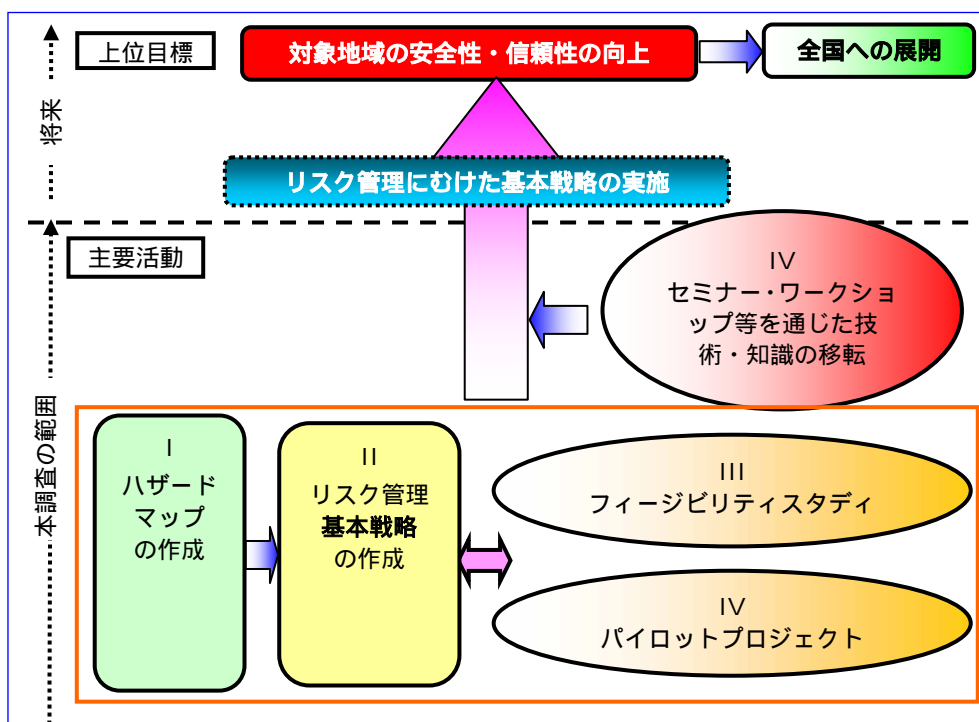


図 1.2.1 最終目的と調査大項目との関係

### 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 2.69km<sup>2</sup>、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」国側 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。

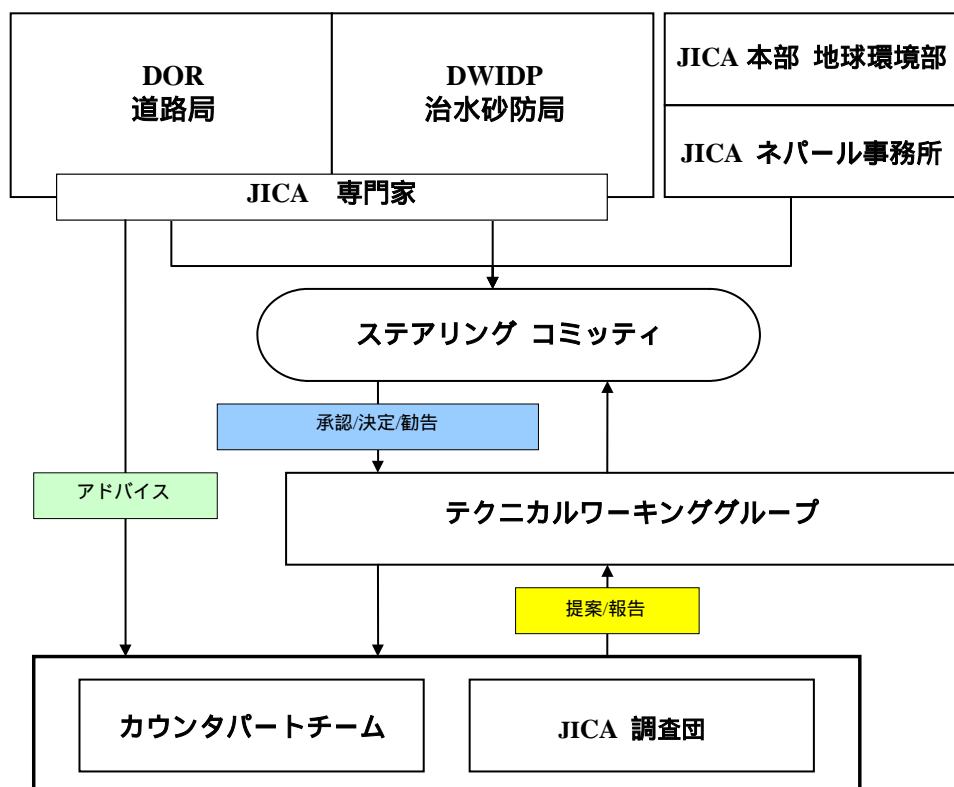


図 1.4.1 調査の実施体制

また、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の設立を要望した。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 回ステアリングコミッティは 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、S/C は表 1.4.1 に示すように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。

表 1.4.1 ステアリングコミッティの構成メンバー

名前	コミッティ内の役職	組織
Shankar Prasad Koirala	議長	水資源省 次官
Narayan Prasad Bhattarai	副議長	DWIDP 地質官
Ramesh Raj Bista	副議長	DOR 副局長
Shiv Chandra Jha	メンバー	ネパール電力公社 取締役
Ramesh Tuladhar	メンバー	DWIDP 砂防課長
Shanumukesh Amatya	メンバー (Tuladhar 氏の後任)	DWIDP 地すべり課長
Surendra G. Joshi	オブザーバー	世銀 上級交通専門員
Nogendra Sapkota	オブザーバー	アジア開発銀行 社会環境役員
Yusuke Tsumori	オブザーバー	JICA ネパール事務所 所員

#### 1.4.2 カウンタパートチーム

DWIDP および DOR は 表 1.4.2 に示す 5 名の技術者を C/P として選任した。

表 1.4.2 カウンタパートチームメンバー

名前	チーム内の役職	組織における役職
Ramesh Tuladhar	チームリーダー	DWIDP 砂防課長
Shanumukesh Amatya	チームリーダー (Tuladhar 氏の後任)	DWIDP 地すべり課長
Shree Kamal Dwivedi	メンバー	DWIDP 土木地質技術者
Bed Kantha Yogol	メンバー	DOR 上級地方技術者
Rajendra Raj Sharma	メンバー	DOR バラトプール地方道路事務所長

#### 1.4.3 テクニカルワーキンググループおよびワーキングチーム

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。

当グループは、N-M 道路治水砂防プロジェクト事務所（以下、MNWIDPP）ならびにバラト

プール地方道路事務所（以下、DRO）と、2回にわたりテクニカルワーキンググループミーティングを実施した。

第1回ミーティングは2007年8月10日にDWIDP、DORの本部メンバーと実施し、第2回ミーティングは2007年9月13日にDWIDP、DORの中央・地方メンバーと共に、バラトプール市（ナラヤンガート区）で実施した。

表 1.4.3 テクニカルワーキンググループの構成員

名前	グループ内役職	所属部署および役職
Ramesh Tuladhar	グループ長	DWIDP 砂防課長
Shanumukesh Amatya	グループ長 (Tuladhar氏の後任)	DWIDP 地すべり課長
Shree Kamal Dwivedi	メンバー	DWIDP 土木地質技術者
Saroj Pandit	メンバー	ムグリン～ナラヤンガート治水砂防プロジェクト(MNWIDPP)プロジェクト事務所長
Yogendra Mishara	メンバー	MNWIDPP 技師
Basanta Raj Paudel	メンバー	MNWIDPP 技師
Krishna Raj Pathak	メンバー	MNWIDPP 技師
Rajendra Raj Sharma	メンバー	DOR バラトプール地方道路事務所長
Uma Kant	メンバー	DOR バラトプール地方道路事務所 技師

また、基本戦略を構築するためのワーキングチームを表 1.4.4 のように構成し、2008年5月から作業を実施した。

表 1.4.4 基本戦略構築にむけたワーキングチーム

プログラム	調査団	DWIDP	DOR
道路管理	衛藤 森	-	B. Subedi, 他
早急な災害対応	衛藤 森	-	B. Subedi, 他
砂防施設の維持管理	衛藤 森 楊 北川	R. Tuladher (S. Amatya) S. Pandit K.R. Pattack 他	
チトワン郡防災パートナーシッププログラム - 道路早期情報システム - コミュニティにおける減災活動（カピラシ村パイロットプロジェクト）	衛藤 森 大野 沼田 松尾	R. Tuladhar (S. Amatya) K. Dwivedi S. Pandit K. R. Pathak 他	B. Yogol R.R.Sharma B. Chapagain 地方道路事務所 技師
技術ガイドの作成	衛藤 森 楊 北川	R. Tuladhar (S. Amatya) S. Pandit K.R. Pathak 他	B. Yogol R.R.Sharma B. Chapagain 他



## 1.4.4 JICA 調査団

JICA 調査団は、表 1.4.5 に示す 12 名の技術者で構成されている。

表 1.4.5 JICA 調査団の構成員

役職・専門		役割
衛藤 正敏 総括/土砂災害防止		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 調査業務全体の総括</li> <li>2. 日本側及び「ネ」国関係機関との協議</li> <li>3. 本業務全体の調査方針、調査計画策定</li> <li>4. 再委託業務統括管理</li> <li>5. 各種計画の策定総括</li> <li>6. セミナーの実施</li> <li>7. 総合評価・提言</li> <li>8. 各種報告書のとりまとめ及び説明・協議 (主として、地すべり・崩壊分野担当)</li> </ol>
杉本 隆 副総括/土砂災害防止/河川		<p>同上記および総括不在時の代行 (主として、土石流・洪水分野担当)</p>
森 幹尋 道路管理		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. パイロットプロジェクト時の総括・副総括不在時の代行</li> <li>2. 基本戦略の策定</li> <li>3. パイロットプロジェクト実施内容の検討</li> <li>4. 地すべりモニタリング評価</li> <li>5. パイロットプロジェクト実施</li> </ol>
田中 健一 地質		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 地形・地質分野の情報収集および分析</li> <li>2. 地質踏査</li> <li>3. 統括的ハザードマップの作成</li> <li>4. 工学的地質調査計画および管理</li> </ol>
大野 博之 社会/経済		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 社会状況や土地利用等の情報収集と分析</li> <li>2. リスクアセスメント</li> <li>3. F/S における組織制度や財務面からの調査</li> <li>4. パイロットプロジェクト対象箇所の選定</li> <li>5. パイロットプロジェクト実施内容の検討</li> <li>6. パイロットプロジェクトの評価</li> </ol>
桑野 健 環境・社会配慮		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 環境社会配慮資料のレビュー・情報とりまとめ</li> <li>2. 基本戦略、F/S 等に関わる環境配慮ガイドラインに上の問題の確認</li> <li>3. ステークホルダーミーティングの準備・実施</li> </ol>
カダナンダラムサール 水理・水文		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 気象・水文分野の情報収集及び分析</li> <li>2. 過去の災害履歴と降雨との関連分析(警報・事前通行規制雨量指標の解析)</li> </ol>
楊 普 才 積算		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 基本戦略の策定時のコスト概算額の算定</li> <li>2. F/S 実施時の詳細コスト積算</li> </ol>

野田 聡 業務調整		1. 業務調整 2. 各団員の補助
沼田 祐介 防災情報管理		1. 道路早期情報システムの構築 2. 早期警戒・避難システムの構築
松尾 環 防災管理		1. カピラシ村防災管理パイロットプロジェクトの準備と促進
北川 淳一 構造物対策		1. 構造物対策にかかる技術アドバイス 2. 構造物対策テクニカルガイドの作成

## 1.5 実施期間と作業項目

### 1.5.1 実施期間

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。現地調査は表 1.5.1 に示す 3 段階に分けて行った。

表 1.5.1 調査の段階区分

段階	調査の主要テーマ	期間
フェーズ I	- 調査区間のリスクアセスメント - 地質調査 - 「基本戦略」の提案	2007 年 7 月–2007 年 11 月
フェーズ II	- 「基本戦略」の完成 - F/S の実施 - パイロットプロジェクトの実施と斜面のモニタリング	2007 年 12 月–2008 年 6 月
フェーズ III	- パイロットプロジェクトの評価 - モンスーン時のパイロットプロジェクトおよび地すべりのモニタリングと評価	2008 年 7 月–2008 年 11 月

### 1.5.2 作業項目

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 1.5.2 にまとめる。

表 1.5.2 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			第3次現地調査			第4次現地調査								
作業項目	第1次現地調査					第2次現地調査			第3次現地調査			第4次現地調査								
調査報告書	インセプション・レポート																			
	プログレス・レポート																			
	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																				
<b>フェーズI</b>																				
【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																				
<b>フェーズII</b>																				
【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																				
<b>フェーズIII</b>																				
【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

## 1.6 主要な委員会活動

本調査において実施した主なミーティングや委員会は以下に示すとおりである。

- 1) 第1回ステアリングコミティ
- 2) 第1回テクニカルワーキンググループミーティング
- 3) リスクアセスメントの合同踏査、合同視察
- 4) 第1回セミナー/ワークショップ
- 5) 第2回テクニカルワーキンググループミーティング
- 6) プロGRESSレポート説明・協議会
- 7) 第2回セミナー/ワークショップ
- 8) 第1回チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会
- 10) 第3回セミナー/ワークショップ
- 11) 第2回チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会
- 12) 支援委員会
- 13) 第2回ステアリングコミティ
- 14) 事業報告会

これらの活動を通じ、調査に関する協議、技術移転が行われた。活動の概要を表 1.6.1 に示す。

表 1.6.1 本調査の主要委員会活動

活動/日時	場所/概要
フェーズ I	
第1回ステアリングコミティ 2007年8月9日	水資源省次官会議室 1. 作業計画の説明(調査団) 2. 議論と提言 3. 結論: 調査目的の承認
第1回テクニカルワーキンググループミーティング 2007年8月10日	DWIDP 会議室 1. 調査方針の説明と地すべり用語の定義 2. 調査方針の議論 3. 調査方針と学術用語の理解
危険斜面の合同リスクアセスメント踏査および視察 2007年8月下旬 MNWIDPP 事務所、DRO 職員との合同リスクアセスメント踏査 2007年9月12日 視察	N-M 道路 1. 高リスク箇所視察と現場討論 2. 結論 10箇所を構造物対策計画対象として選定
第1回セミナー/ワークショップ 2007年9月13日	バラトプール グローバルホテル会議室 1. 「ネ」国における地すべり災害の問題点 2. 調査の概要 3. 降雨と土石流災害の関係 4. パイロットプロジェクト案

活動/日時	場所/概要
第2回テクニカルワーキンググループ ミーティング 2007年9月13日	下記が議論され承認された。 1. 追加対策工事計画地点 2. パイロットプロジェクトの方針案 3. 技術アドバイス方針
プログレスレポート説明協議会 2007年11月6日	調査の進捗と成果が調査団より報告があり、助言と要望が議長及び会議メンバーからあった。
フェーズII	
第2回セミナー/ワークショップ 2008年2月22日	ヒマラヤホテル セミナーホール セッション I: 開会 セッション II: 土砂災害に対する体制と活動 セッション III: リスク評価 セッション IV: 災害管理の基本戦略
第1回チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会(パイロットプロジェクト方針決定) 2008年6月9日	道路早期情報システム カビラシ村における減災活動
第3回セミナー/ワークショップ 2008年6月26日	バラトプール グローバルホテル会議室 パイロットプロジェクトのセミナー 1. 道路早期情報システム 2. カビラシ村における減災活動
フェーズIII	
第2回チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会(パイロットプロジェクト評価) 2008年11月20日	バラトプール ロイヤルセンチュリーホテル会議室 道路早期情報システム及びカビラシ村早期警戒・避難システムの運用に関して、パイロットプロジェクトの評価及び来年度の活動計画について協議。
支援委員会 2008年11月24日	DWIDP 会議室 道路早期情報システム及びカビラシ村早期警戒・避難システムの運用、特に支援策について協議
第2回ステアリングコミティ 2008年11月27日	水資源省会議室 本プロジェクト概要ならびにパイロットプロジェクト結果を報告し協議。 ドラフトファイナルレポートに記載されている調査結果を承認。
事業報告会 2008年11月28日	DWIDP 会議室 本プロジェクト概要、N-M 道路対策検討ならびにパイロットプロジェクト結果を報告。

注：これらの会議議事録やセミナー・ワークショップの参加者リストは Volume III Data & Drawing に収録してある。

## 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

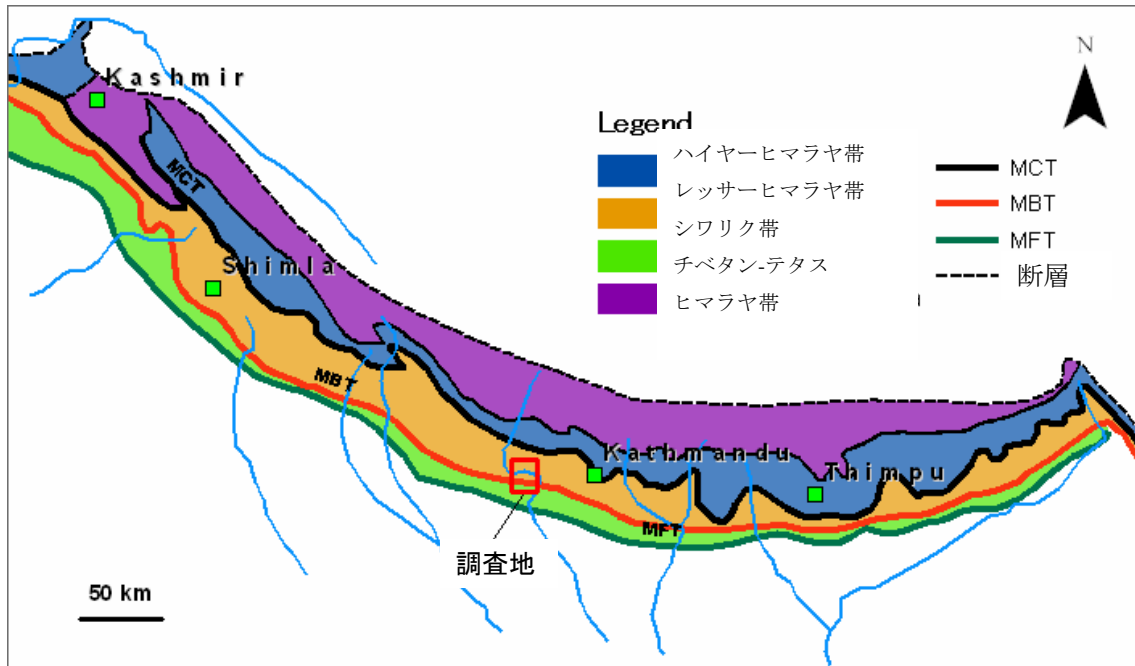
「ネ」国は、ヒマラヤ山脈の南側に位置する。ヒマラヤは西のインダス川から東のブラマプルタ川に至る約 2400km の山脈で、南側から新しい地層が付加されて形成されたことから、北から南に向かい比較的若い地層が分布する。

Ganser (1964)によるとヒマラヤ山脈は、縦走方向に、パンジャブ地塊、クマオン地塊、ネパール地塊、シッキムおよびブータン地塊、および北東辺境・アッサム地塊などに区分される。

ネパールヒマラヤの山塊は全長 2400km のヒマラヤ山脈のうちの約 1/3、すなわち約 800km を占めており、この間には標高 8000m 超級の頂きが 14 以上あり、エベレスト山もネパールヒマラヤ地塊に属している。

また、Ganser (1964)ならびに Upreti and Le Fort (1999)によると、ネパールヒマラヤは横断方向にもいくつかの帯に区分されており、調査地域は Ganser(1964)によるレッサーヒマラヤ帯とシワリク帯に位置する。

図 2.1.1 に Ganser (1964)によるネパールヒマラヤの区分を示す。また、図 2.1.2 には Upreti and Le Fort (1999)によるネパールヒマラヤの地質断面を示す。図 2.1.1 ならびに図 2.1.2 に示すように、ヒマラヤはいくつかの地質帯に区分され、各帯の境界は大断層である。



MCT:主中央断層、MBT:主境界断層、MFT:主前面断層

図 2.1.1 ヒマラヤの地帯区分 (Gansser 1964 を改変)

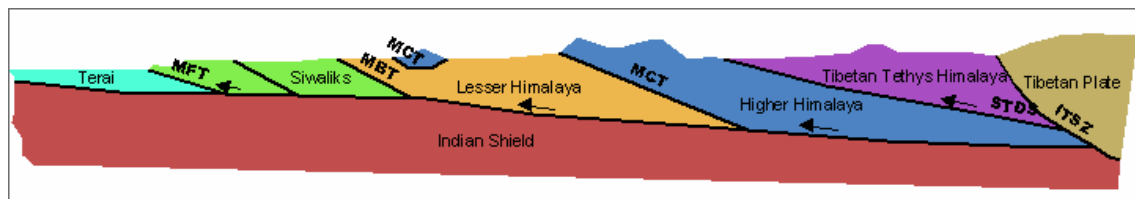


図 2.1.2 ヒマラヤ帯の断面 (Upreti and Le Fort 1999)

(1) 対象とする道路区間

全長 36 km の N-M 道路はナラヤンガートとムグリンを結ぶ山岳地帯に位置している。本路線のうち、CH<sup>\*</sup> (ナラヤンガート側からの道路距離呈) 0 - 10 (約 10 km) の区間は平坦面・緩斜面上に位置し、残りの 26km の区間はレッサーヒマラヤ帯の山地部に位置している。

斜面災害は CH10-36 の約 26 km の区間に集中しており、本調査では斜面災害の可能性の高いこの 26 km 区間を対象とする。

(2) 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 250 m に位置しており、道路から尾根までの比高差は 750 m 以上に達する。

地形的には、CH10-36 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 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



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+600 m のダス川、CH 11+300 m のカハレ川ならびに CH 10+300 m 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。

図 2.1.3 に道路沿いの斜面傾斜分布を示す。一般に道路沿いの自然斜面は図 2.1.3 に示すように、30 度以上の勾配を有する。

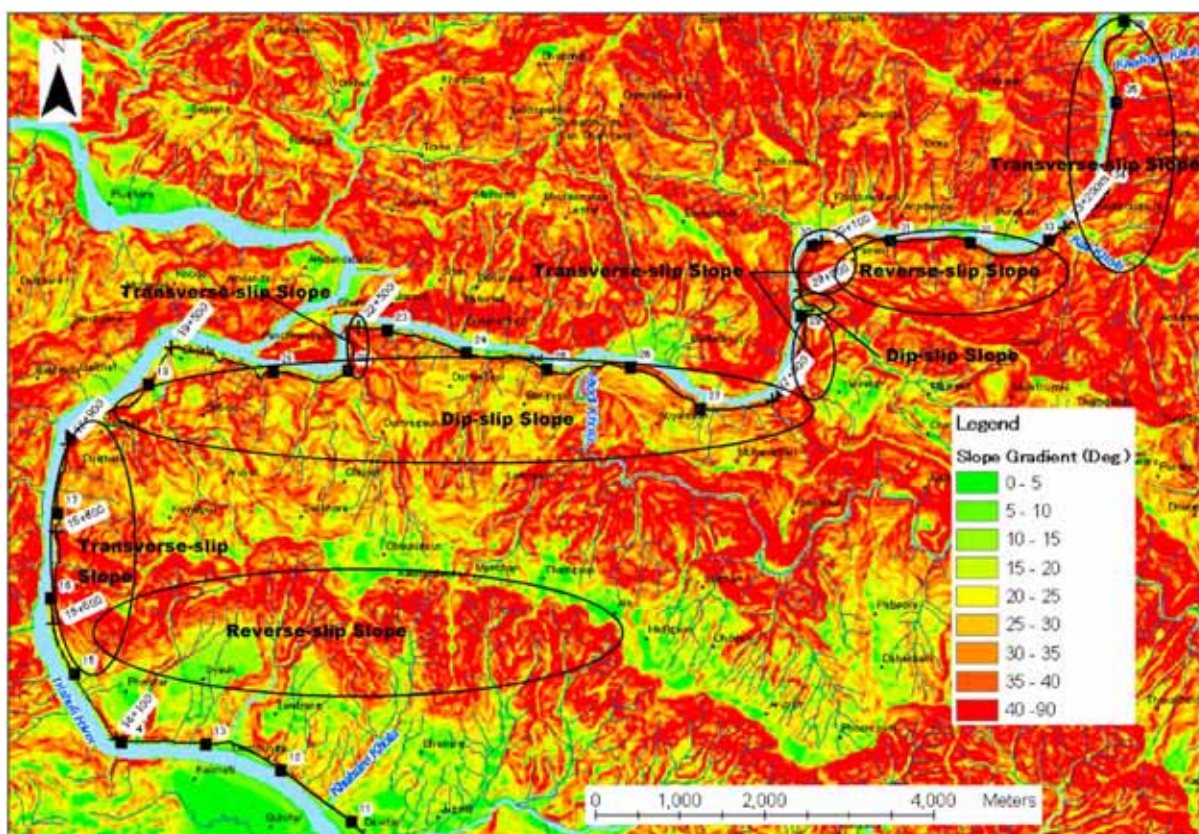


図 2.1.3 CH 11-CH36 区間の斜面傾斜分布

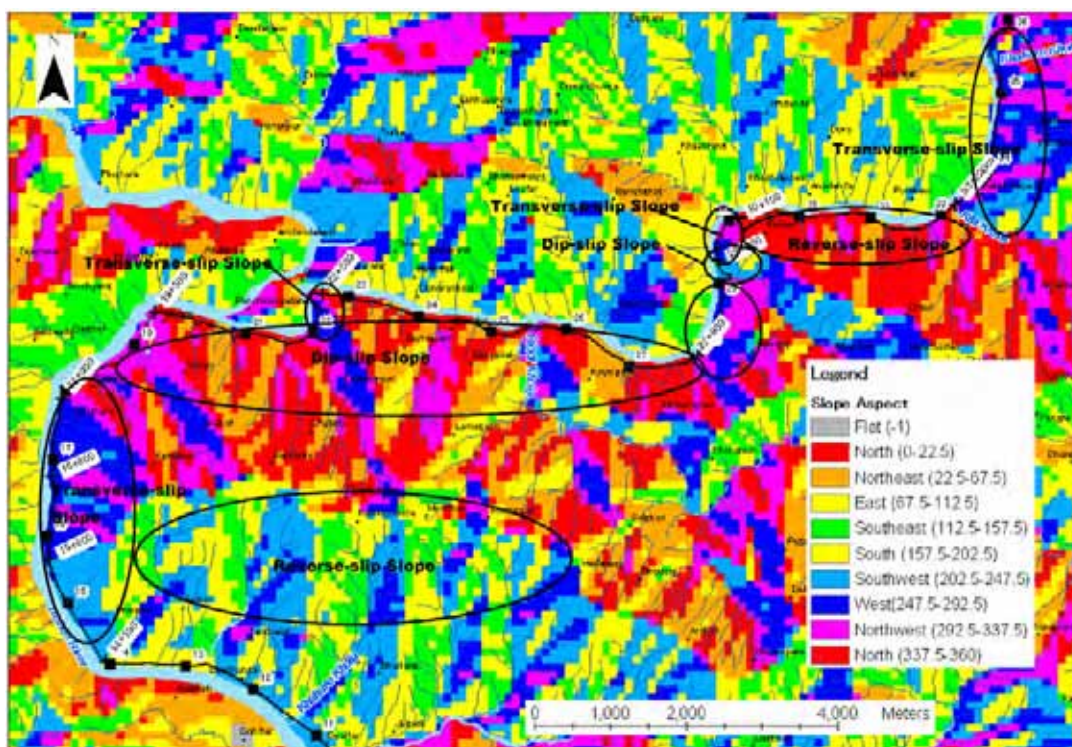


図 2.1.4 CH 11-CH 36 区間の斜面方位分布

### (3) 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。

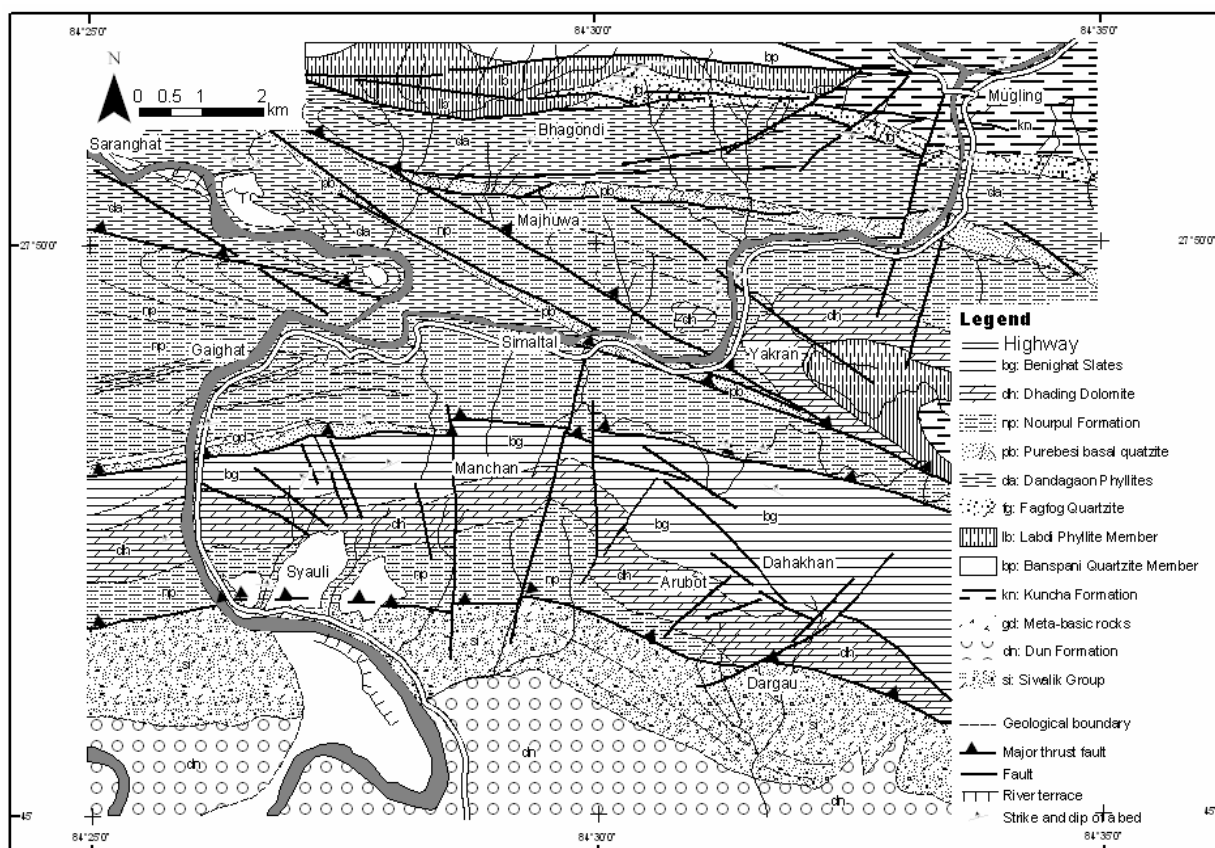
図2.1.5 に、CH 10-36 区間の概略地質図を示すとともに、表2.1.1 には各帯の累層および岩石を示す。

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нда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。



bn: ダン累層、si: シワリク 層群、bg: ベニガット 粘板岩 類層、da: ダハゼング 苦灰岩累層、fg: ファグフォグ珪岩累層、kn: クンチャ累層、np: ノウルプル累層、gd: 、bp: ピュレベシ珪岩 部層 (Stocklin と Bhattarai, 1980 と 1982 を基に編集)

図 2.1.5 CH 11-CH 36 区間の概略地質図

第四紀の段丘堆積物および崖錐堆積物は、シワリク層群からなる丘陵地帯、プワタール(Phwatar)、シャウリ(Syauli)、タンダラン(Tandran)、デビタール(Divitar)付近に分布する。

レッサーヒマラヤ帯の基盤岩は、先カンブリア系から上部古生界のナワコットコンプレックスの変成した堆積岩類よりなる。

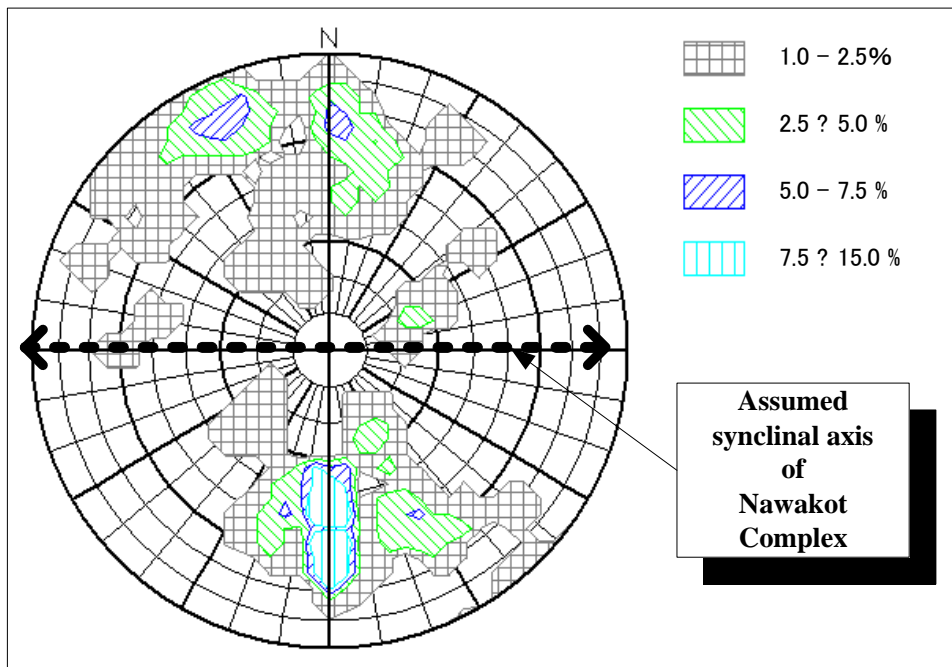
ナワコットコンプレックスの岩石は、CH 16-36 区間の道路切土斜面ならびに河床において頻繁に露出する。特に CH 14-16 区間において、本層は第四系段丘堆積物および崖錐堆積物によって覆われているものの、山側斜面の上半部で露出する。

ナワコットコンプレックスの走向および傾斜は、一般に東西走向で分布し、CH 14-27 では 45 度から 75 度の北傾斜を呈する。CH 27 付近では北向きに低角度で傾斜し、CH 28+500 m 付近ではほぼ水平となる。CH 28+500 m から CH 36 にかけては、50 度から 80 度の中-高角度で南に傾斜する。

以上を踏まえると、ナワコットコンプレックス内に東西方向の向斜軸が存在することが



推定される（図2.1.6 参照）。



(シュミットネット、下半球投影)

図 2.1.6 ナワコットコンプレックスの層理面のコンター図

CH 20付近では、ナワコットコンプレックスは第四系段丘堆積物によって被覆される。

ナワコットコンプレックスは下部ナワコット層群と上部ナワコット層群に区分され、両層群のうち、表 2.1.2 に示す地層および岩石が CH14-36 の区間に分布する。

表 2.1.2 CH 14-36 区間の斜面地質の概要

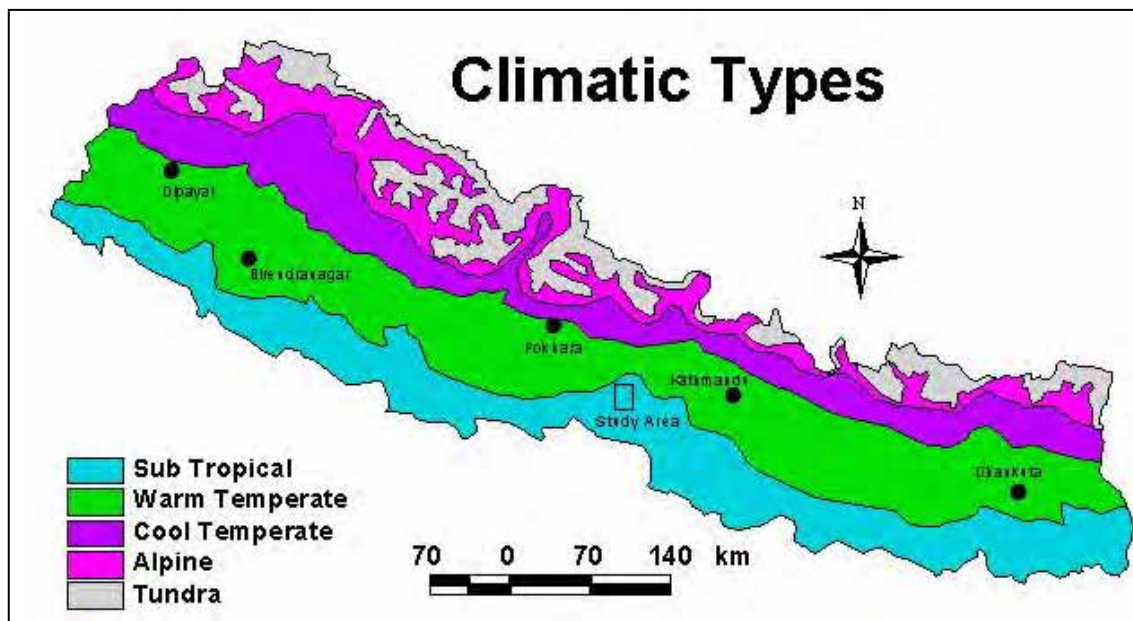
区間	区間距離	地 質
CH 14 - 16	2.00 km	第四系未固結堆積物、ノーブル層
CH 16 - 16+400 m	0.40 km	ダディン苦灰岩
CH 16+400 m - 16+700 m	0.30 km	ベニガート粘板岩
CH 16+700 m - 16+800 m	0.10 km	ブレベシ珪岩類
CH 16+800 m - 18+600 m	1.80 km	ノーブル層
CH 18+600 m - 20+300 m	1.70 km	第四系段丘堆積物、ノーブル層
CH 20+300 m - 33+100 m	12.8 km	ノーブル層
CH 33+100 m - 34+350 m	1.25 km	珪岩類
CH 34+350 m - 34+500 m	0.15 km	ダンディン千枚岩
CH 34+500 m - 35+900 m	1.40 km	クンチャ層
CH 35+900 m - 36	0.10 km	第四系段丘堆積物

## 2.1.2 気象

### (1) ネパールの気候

「ネ」国の気候は場所ならびに季節で大きな変化があるが、一般的には「ネ」国では寒

く乾燥した冬と暑く乾燥した夏、およびモンスーンがある。世界的に見ると一般に四季をもつ地域があるが、「ネ」国には6つの季節があり、それらは春/バサント(3月中旬から五月中旬)、夏/グリシュマ(5月中旬から7月中旬)、モンスーン/バルサ(7月中旬から9月中旬)、秋/シャラッド(9月中旬から11月中旬)、ヘマント(11月中旬から1月中旬)そしてシシール(1月中旬から3月中旬)である。さらに「ネ」国には図2.1.7に示すように高度分布に基づく5つの気候タイプが存在する。



(ネパール水文気象局 ホームページ資料を基に編集)

図 2.1.7 ネパールの気候区分

**ツンドラ気候:** 「ネ」国ではこの気候は海拔 5000 m 以上のヒマラヤ山地にみられる。冬の気温は 0 度以下で、夏でもわずかに 0 度以上である。この気候では植物は普通、自生しない。

**アルプス気候:** この気候は海拔 3300 m – 5000 m の山地にみられる。冬の気温は 0 度以下であるが、夏は 5-15 °C である。

**寒冷気候:** この気候は海拔 2100 – 3300 m の山地にみられる。冬の気温は 0 度以下だが、夏場は 15-20 °C である。針葉樹林がこの気候において代表的な植生である。

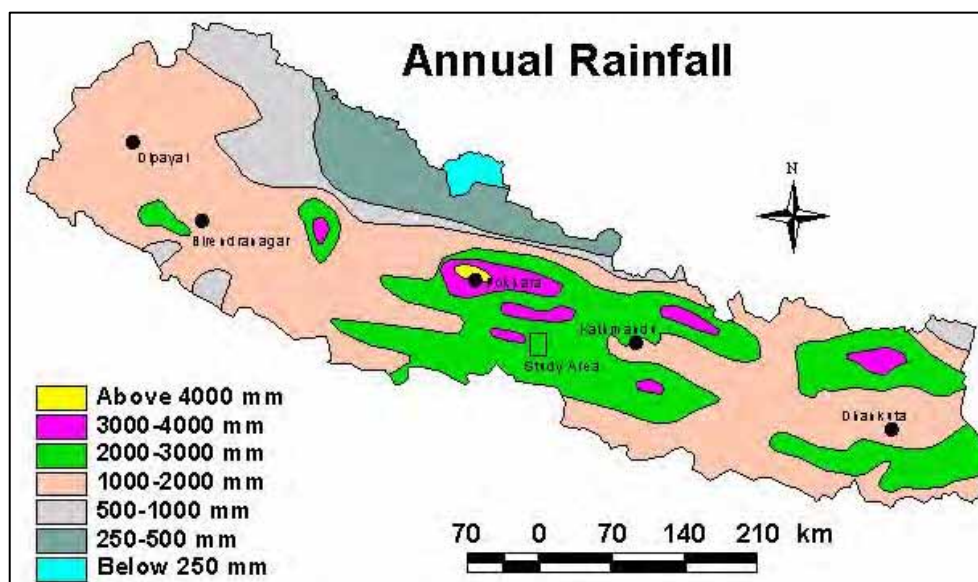
**温暖気候:** この気候は海拔 900 – 2100 m の低山地域にみられる。冬の気温は 0-18 °C で、夏の気温は 17-30 °C である。落葉樹林がこの気候において代表的である。

**亜熱帯気候:** この気候は海拔 900 m 以下のマハバラット丘陵やテライ平原でよくみられる。冬の気温は 6-25 °C で夏の気温は 25-40 °C である。常緑樹林はこの気候において代表的である。

## (2) ネパールの年降水量分布

「ネ」国の雨量は主に、ベンガル湾で発生する夏のモンスーンの影響を受けている。したがって、年間降水量の約 80%は夏のモンスーン期（6月から9月）のものである。残る 20%はその他の季節のものである。また降雨は時間的・空間的にバリエーションがある。いくつかの“ポケット”地域では1年で 3000 mm 以上の降雨があり、そのような高い年間降雨を受ける地域は、東ネパールのヌム(Num)、中央ネパールのグムタン(Gumthang)ならびに西ネパールのポカラ(Pokhara)である。ポカラ(Pokhara)では1年に 4000 mm 以上の年間降雨量がある。

また風向等と同様に地形的効果は、「ネ」国の降雨にとって大きな影響がある。ポカラ地域はムスタン(Mustang)地域の風上にあり、年降水量は 3000 mm 以上であるが、風下のムスタン地域の年降水量は 250 mm 未満である。



(ネパール水文気象局 ホームページ資料を基に編集)

図 2.1.8 ネパールの年間降水量

## (3) ナラヤンガート～ムグリン道路の気候

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 2.1.9)。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。

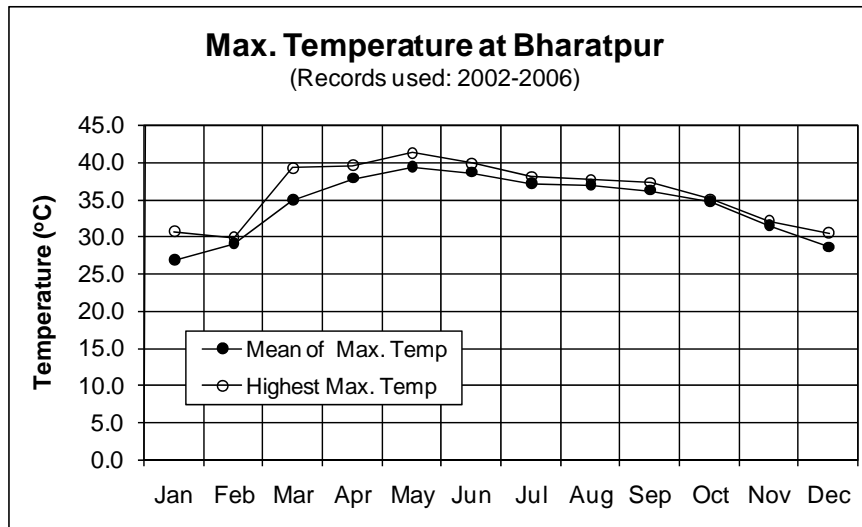


図 2.1.9 バラトプール観測点の最高気温



## 2.2 調査地域の社会条件

斜面災害管理において、調査地域の社会条件は重要な要件となる。それゆえ、道路沿いの各村の社会条件を調査した。

### 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ビラシ村に属する（CH10 km-26 km）。そのため、本社会条件調査の大部分はカビラシ村に対して実施した。

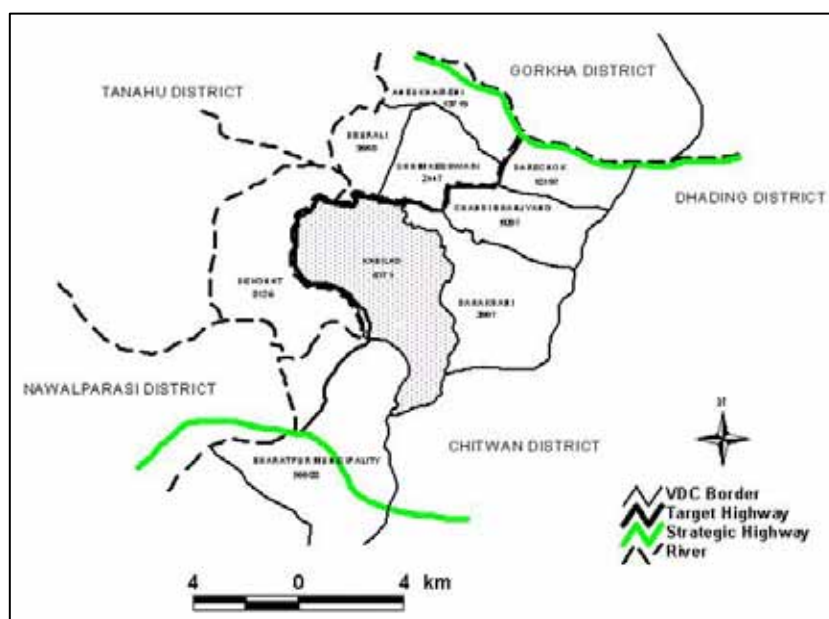


図 2.2.1 調査地位置図

#### (a) カビラシ村

本地区は道路周辺において地すべりと土石流が多発する地域であり、面積は約 62 km<sup>2</sup>。カビラス村は、北西部でトリスリ川、南部でバラトプール市とジュピパニ村、東部でダハクハニ 村に接している。

#### (b) ダハクハニ 村

総面積は約 39 km<sup>2</sup>で、西部でカビラシ村と接する。

#### (c) チャンヂバンジョング 村

総面積は 48 km<sup>2</sup>で、南部でダハクハニ村に接する。

#### (d) デレチョック 村

総面積は 39 km<sup>2</sup>で、南部でダハクハニ村に接する。西部でトリスリ川、南部でチャンヂバンジョング 村に接する。

## (2) 人口

2003年の中央統計局（CBS：Central Bureau of Statistic）の調査によると、各村の人口は、カピラス村 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(表 2.2.1)。

表 2.2.1 家屋数と人口

村	家屋数	人口		
		男性	女性	Total
カピラス	985	2,767	2,748	5,513
ダハクニ	589	1,807	1,764	3,571
チャンヂバンジョング	813	2,279	2,274	4,553
ダレチョク	1,648	4,790	4,319	9,109
合計	4,035	11,641	11,105	22,746

出典：ネパール中央統計局 2003

## (3) 経済条件

## (a) 収入源

全体の 24%は農業以外の何らかの経済活動を行っており、残りの 76 % では伝統的な農業を行っている (表 2.2.2)。デレコック村の 33%はムグリンなどで商業活動を行っている。

表 2.2.2 経済活動状況一覧

村	家屋数			経済活動の種類					計
	計	経済活動従事	非経済活動従事	製造	商業	運輸	サービス	その他	
カピラス	985	326	659	11	89	2	3	221	326
ダハカニ	589	17	572	1	6	0	8	2	17
チャンヂバンジョング	813	83	730	0	53	0	20	10	83
ダレチョク	1,648	549	1,099	11	339	14	11	74	549
計	4,035	975	3,060	23	487	16	14	307	975

出典：ネパール中央統計局 2003

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。

## (b) 収入

表 2.2.3 に各村の平均収入を示す。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。

表 2.2.3 予測年収状況一覧

村名	合計家屋数	推定 平均年収 (ルピー)
カピラス	985	18,000
ダハカニ	589	12,000
チャンヂバンジョング	813	15,000
ダレチョク	1,648	25,000
合計	4,035	(平均) 17,500

出典：ネパール中央統計局 2003

## (4) 農業条件

## (a) 農耕地と灌漑地

表 2.2.4 に各村の推定農耕地と灌漑地の状況を示す。全農耕地は 1,326.0 ha であるが、わずかに 108.8ha (8.2%) においてのみ灌漑施設が設置されている。

表 2.2.4 予測農耕地と灌漑地状況一覧

村名	耕作面積 (ha)	灌漑面積 (ha)	灌漑方法	灌漑水が得れる耕作地割合	灌漑が得られている区
カピラシ	68.0	61.2	小灌漑水路	90%	1, 2, 4, 5, 6, 7区 (2, 4, 5, 6区では洪水・土砂災害による被害あり)
ダハカニ	510.0	6.8	小灌漑水路	2%	7, 3, 9区
チャンヂバンジョング	278.8	27.2	小灌漑水路	10%	3区
ダレチョコク	476.0	13.6	パイプ配水	3%	9, 2 区
計	1326.0	108.8		8%	

出典: 本調査の現地調査による (2007年9月)

## (b) 農作物と収穫量

本地域における主な農作物と収穫時期を表 2.2.5 に示す。

表 2.2.5 農作物の生産時期一覧

耕作物	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
モンスーン期稲作												
春季稲作												
モンスーン期トウモロコシ												
春季 トウモロコシ												
麦												
マスタード												
豆類												
野菜類												

出典: 本調査の現地調査による (2007年9月)

また表 2.2.6 に各農産物の収穫高を示す。

表 2.2.6 農作物の予測生産量一覧

耕作物	カピラシ村			ダハカニ村			チャンヂバンジャン村			ダレチョコク村		
	面積 (ha)	収穫率 (ton/ha)	家屋数	面積 (ha)	収穫率 (ton/ha)	家屋数	面積 (ha)	収穫率 (ton/ha)	家屋数	面積 (ha)	収穫率 (ton/ha)	家屋数
稲	61.2	2.0	325	6.8	0.9	200	54.4	1.5	60	13.6	1.0	85
小麦	68.0	1.0	380	2.7	0.6	250	23.8	0.6	125	-	-	-
トウモロコシ	204.0	1.0	680	510.0	1.0	540	200.0	1.0	650	476.0	0.5	120
キビ	15.7	0.5	620	346.8	0.5	550	102.0	0.4	700	272.0	0.3	950
豆類	15.7	0.5	870	34.0	0.2	500	12.6	0.3	90	13.6	0.2	800
野菜類	12.0		200	25.0		150	5.0		50	10.0		300

出典: 本調査の現地調査による (2007年9月)

**(5) 飲料水**

表 2.2.7 に飲料水の状況を示す。

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。

表 2.2.7 飲料水の状況一覧

村名	パイプ給水利用家屋率 (%)	非パイプ給水利用家屋 (井戸、河川等) (%)	水源への平均徒歩所要時間 (分)
カビラシ	70	30	20
ダハカニ	97	3	10
チャンヂバンジョング	90	10	30
ダレチョク	75	25	10
合計	83	17	17

出典: 本調査の現地調査による (2007年9月)

**(6) 教育****(a) 識字率**

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 (表 2.2.8)。

表 2.2.8 就学年齢人口に対する識字率一覧

村名	就学年齢人口			就学年齢人口のうち読書不可			就学年齢人口のうち読字のみ可			就学年齢人口のうち読み書き可		
	男	女	計	男	女	計	男	女	計	男	女	計
カビラシ	2,342	2,364	4,706	861	1,290	2,151	308	301	609	1,164	764	1,928
ダハカニ	1,500	1,396	2,896	638	885	1,523	230	186	416	614	310	924
ダレチョク	4,125	3,708	7,833	1,056	1,455	2,511	102	104	206	2,944	2,148	5,092
チャンヂバン ジョング	1,859	1,989	3,848	1,217	1,474	2,691	47	49	96	585	455	1,040
計	9,826	9,457	19,283	3,772	5,104	8,876	687	640	1,327	5,307	3,677	8,984

出典: ネパール中央統計局 2003

**(b) 調査地の教育・医療機関等**

表 2.2.9 に対象地域の教育・医療機関等の一覧を示す。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、カビラシ村では現在 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。

表 2.2.9 教育・医療機関等一覧

村名	学校	保健所	動物保健所	NGO/ 民間サービス組織
カビラシ	12	1	-	NGOs (プラクティカルアクション、赤十字)
ダハカニ	8	1	-	-
チャンジバンジャング	13	2	-	-
ダレチョク	15	2	1	1 融資機関
計	48	6	1	3

出典: 村落開発評議会プロフィールと本調査の現地調査による (2007年9月)

**(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。

**(a) 森林破壊**

現在、貧困が原因となり農地確保ないし木材燃料確保のための森林伐採が進んでいる。この森林伐採が斜面災害の大きな要因となっている。

**(b) 無計画で過度な放牧**

当該地域では牛やヤギの放牧が盛んであり、斜面の草木を餌としている。これは日々、無計画で過度に草木が減少していくことを意味しており、斜面の荒廃が進んでいる。この対策としては、居住者への防災教育・訓練（家畜による斜面の荒廃と発災の関係、家畜の取り扱い）や、専用の放牧地の確保等が必要と考えられる。

**(c) 移住地の移動**

カビラシ村では近隣村からの移住者が近年多く見られ、彼らは道路際に不法に居住し、斜面を伐採し農耕地や居住地としている。そのため斜面や森林地区に対して、移住に対する取締りや取り決めを設定する必要がある。

**(8) 文化遺産等**

当該地区には守られるべき文化遺産は表 2.2.10 のとおりである。

表 2.2.10 当該地域の文化遺産一覧

村名	様式	位置	個数
カビラシ	1. ガドヒ 仏像	第7区	1
	2. 日本追悼碑	第1区	1
ダハカニ	1. 寺院	第5区	1
	2. ガドヒ (玉座)		
チャンジバンジョング	1. ガドヒ (玉座)	タンゲケル	1
	2. 寺院	イチャ カマナ マンディール	1
ダレチョク	1. 寺院	第3、9、4区	4
	2. ガンバ (Gumba)		
計			9

出典: 本調査の現地調査による (2007年9月)

## 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 名の地区役員がおり、村の開発や機能に関する以下の課題に取り組んでいる。

また村民はかねてより互助を行い、村の開発等に関し取り組み、管理状況が機能している。

#### (a) 計画、管理、財政:

- 定期計画、年間計画      - 政府組織や非政府組織との調整      - 予算準備
- 税金や各種料金      - 税金や各種料金の未払者への罰則、

#### (b) 開発:

- 農業      - 飲料水      - 仕事と移動      - 教育等
- 灌漑、浸食、河川管理      - 身体発育      - 健康保険      - 森林環境
- 言語と文化      - 旅行産業

#### (c) その他:

- 人材開発、雇用調整      - NGO 等の促進      - 人口、住居等の記録
- 出産、死亡等の記録

図 2.2.2 と 図 2.2.3 にカビラシ村の管理体制を示す。現在、選挙で選出された村長は不在であり、村長秘書がこれらの業務に従事している。

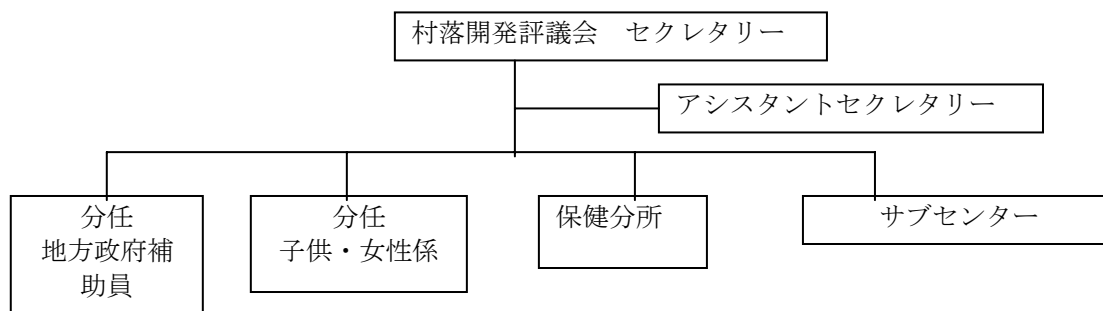


図 2.2.2 カビラシ村の管理チャート

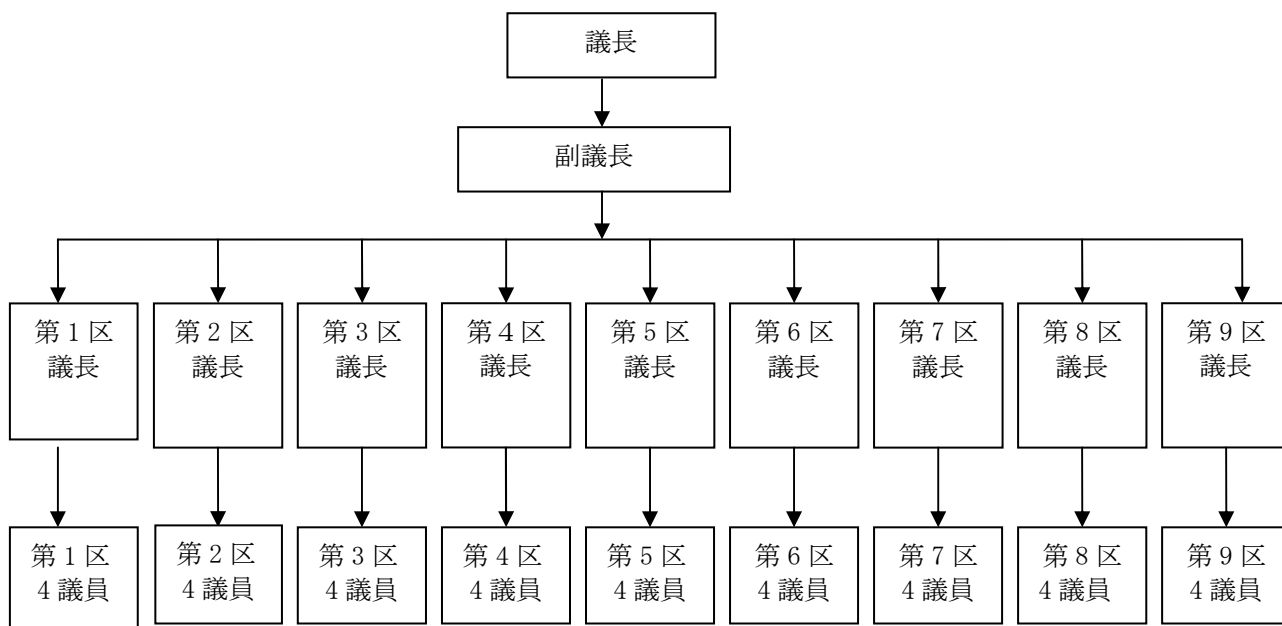
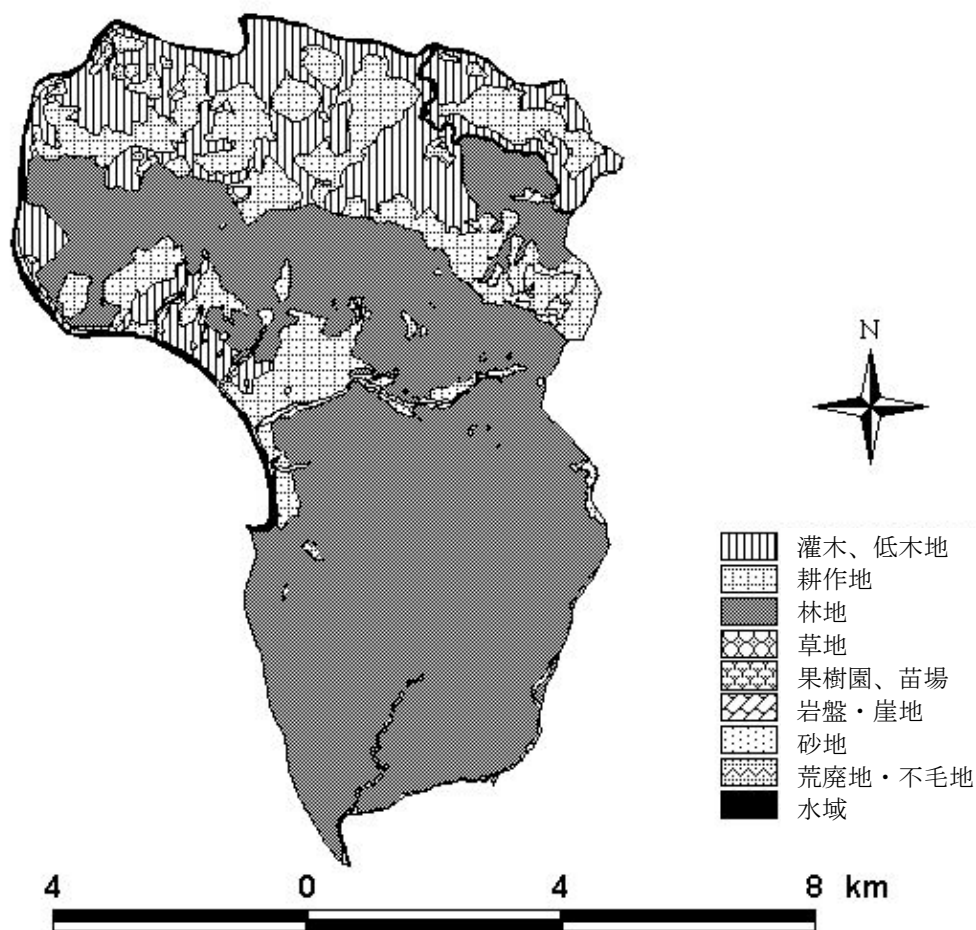


図 2.2.3 カビラシ村の議会組織

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

図 2.2.4 にカビラシ村の土地利用を示す。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。



出典：チトワン郡開発評議会

図 2.2.4 カビラス村の土地利用図

### (3) 災害多発地域

カビラス村の1, 6, 8, 9の各地区は災害多発である（図 2.2.5）。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。



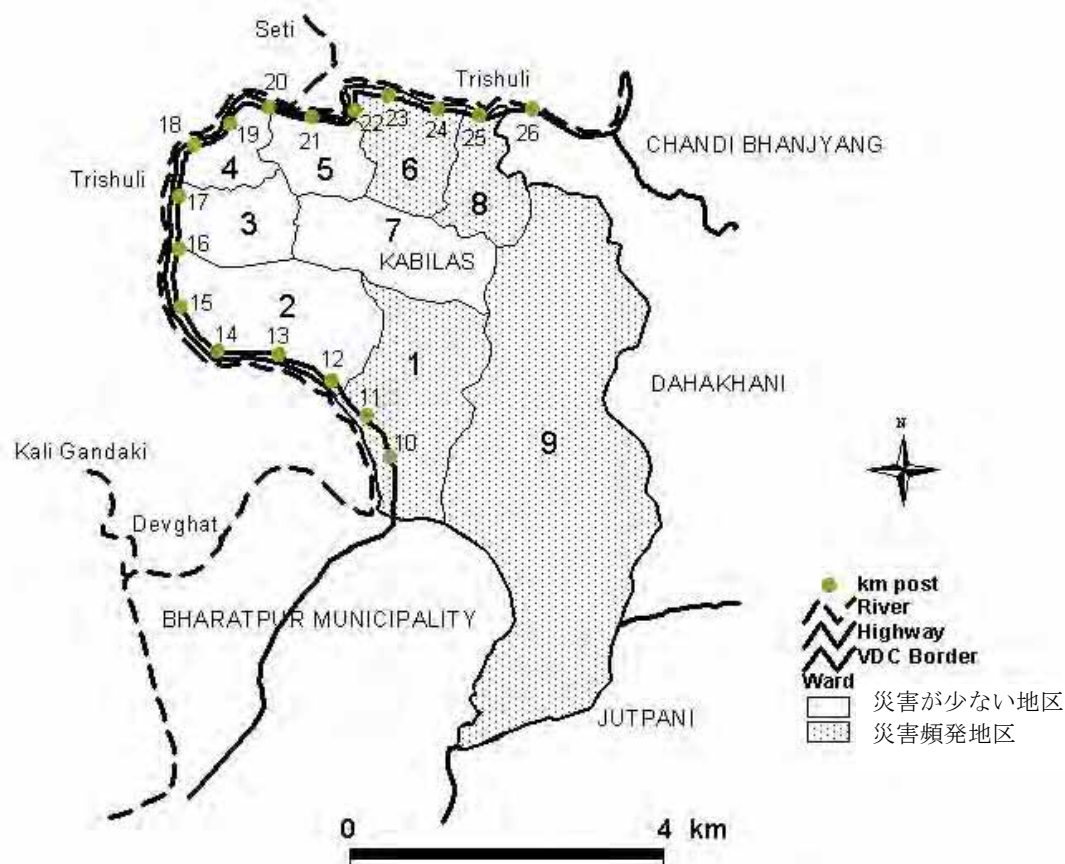


図 2.2.5 カビラシ村の洪水・土砂災害リスク地区

#### (4) カビラシ村の災害管理体制と取り組み

カビラシ村では、地域グループや学生などから様々な災害対応の考え方が提起されている。本調査ではこれらの組織の一部と災害管理に関する簡単な議論を行った。

##### (a) 森林委員会:

村には森林管理に関する委員会が6つあるが、現在はそのうち3つが活動中である。委員会は政府に対して、森林管理権の引渡しを要求しているものの、2007年9月現在明確な返答は得られていない。

##### (b) 気象変化影響災害管理グループ INGO (Climate Change Impact Disaster Management Group and Practical Action)

村の有志が結成したグループで、森林破壊の原因等の調査を行っている。森林破壊の主な原因は貧困による森林伐採であるため、収入増収のための提案と実践を行っている。また、グループは小規模な砂防ダムを設置している。

##### (c) 赤十字

赤十字はカビラシ村の高校において洪水・土砂災害リスク低減訓練を行った。訓練では地すべりや土石流に関する知識等の防災教育を実施した。

**(d) ムグリン～ナラヤンガート治水・砂防プロジェクト MNWIDPP (Mugling Narayangharh Water Induced Disaster Prevention Project)**

本プロジェクトでは道路沿いにおいて、砂防ダムや地すべり対策工などの土砂災害防止工を設置してきた。既往の防止工にはふとん籠工などの抑止工と地下水排除工などの抑制工がある。

### 2.2.3 国家レベルでの防災活動

詳しくは、「Volume III DATA AND DROWING」に示し、ここではその概要を記述する。

#### (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。

内務省は「ネ」国における災害管理の主調整機関であり、災害予防、削減、緊急救助、救済、情報収集・普及、資金の調達・分配に掛かる国家方針の策定と実行を監督する。

75 地区の地方行政官長 Chief District Officer (CDO) は自然災害時の危機管理責任者である。

#### (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 年には以下の 8 つの主要プログラムが策定された。

1) 地盤・水文・気象ハザード評価手法

実施機関：林野土壤保全省 (MOFSC)、DWIDP、鉱業地質局 (DMG)

2) 防災意識向上プログラム

実施機関：情報通信省 (MOIC)、内務省 (MOHA)

3) 訓練/予行演習/模擬実験

実施機関：内務省 (MOHA)、「ネ」国の NGO

4) 災害管理情報システム

実施機関：情報通信省 (MOIC)、警察、国際 NGO、「ネ」国の NGO

5) 国家土地利用・保護計画

実施組織：林野土壤保全省 (MOFSC)、水資源省 (MOWR)

6) 災害削減方針

実施組織：林野土壤保全省 (MOFSC)、水資源省 (MOWR)

## 7) 類似自然災害被災国の地域間および小地域間協力

実施組織：外務省（MOFA）、水資源省（MOWR）

## 8) 災害管理図書センターの設置

実施組織：外務省（MOFA）、水資源省（MOWR）

**(3) DWIDP の成り立ち**

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。

JICA の The Disaster Mitigation Support Program Project (DMSP) において、これらの治水・砂防にかかる体系的でコミュニティを取り込んだ手法を、モデル防災工事を通じ企画・実践し、技術移転を行った。

次の 3 つのテーマが「ネ」国の治水・砂防の主要活動である。（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

DWIDP は道路の保全に関しても、その河道整備、植生工、斜面整備・安定化、砂防ダムの建設の責任官庁である。これらの活動は表 2.3.1 に示す 231 人の人員で実施されている（出典: DWIDP, an Introduction）。

**表 2.2.11 DWIDP の人員**

単位	人数計
本局	70
地方局	126
地方分局	35
計	231

**(4) バラトプール地方道路事務所における活動****(a) 管理範囲と組織**

バラトプール地方道路事務所（DRO）はチトワン郡とダハディング郡の国道と地方幹線道路の管理を行っている。管理延長は 186km の国道と 23km の地方幹線道路である。また、地方内橋梁の建設管理も行っている。

DOR は道路および道路から 25m の範囲の工事の責任を有している。実際には、DOR と DWIDP は道路保全と維持の作業を共同して実施している（バラトプール地方道路事務所 2007 による）。

N-M 道路はチトワン地区バラトプールの地方事務所の管理・管轄下に置かれる。技術セクションには 4 人の技師、12 人の技師補、5 人の運転オペレーター、1 名の試験員と

2名の試験員補が常勤している。また、11人の監督（supervisor、約1人/20km）と75人の道路維持作業員（length worker、約3km）が契約ベースで雇用されている。災害の緊急時にはハタウダ、ジャナクプール、ナウピセ、ガジュリのような他の事務所からも機材が集められ復旧作業に投入される。

#### (b) 日常管理

道路維持管理監督（supervisor）と道路維持作業員（length workers）が担当道路区間の日常維持作業を行っている。会計年度の初めに各年の監督および作業員の契約が行われる。ムグリン～ナラヤンガートを管轄する（N-M 道路）機材事務所（mechanical office）は、3台のローダーを所有している。自然災害発生時には、必要な建設機械とオペレーターを、ヘタウダ、ジャナクプア、バラトプール等の DRO から調達する必要がある。

#### (c) 緊急対応と復旧

道路維持出張所がムグリン、ナウピセとガジュリにありこの任に当たる。バラトプール市にある DRO の技術課には常備の技術者4名、準技術者12名、自動車運転手5名、室内試験員1名、試験室員2名が所属して道路維持出張所を補助する。加えて、道路維持管理監督（Supervisors）と維持管理作業班員（Length workers）もこの対応に当たる。

#### (d) N-M 道路の維持管理費

N-M 道路の 2006/2007 会計年次の道路維持予算を表 2.3.2 に示す。

表 2.2.12 N-M 道路の道路維持予算（会計年次 2006/2007）

日常管理	Rs 606,513.00
定期管理	Rs 460,206.24
定期対策工	Rs 1027,564.80
カハレ橋梁維持工事	Rs 360,877.00

出典：DOR資料

### 2.2.4 調査地域での降水の特徴

詳しくは、「Volume III DATA AND DROWING」に示し、ここではその概要を記述する。

#### (1) 調査地域および周辺の雨量計測地点

調査地周辺の雨量計の分布を図 3.3.1 に示す。調査対象道路の近隣ではカハレコーラ、デブガット、バラトプールに存在し、いずれも道路南側に位置する。

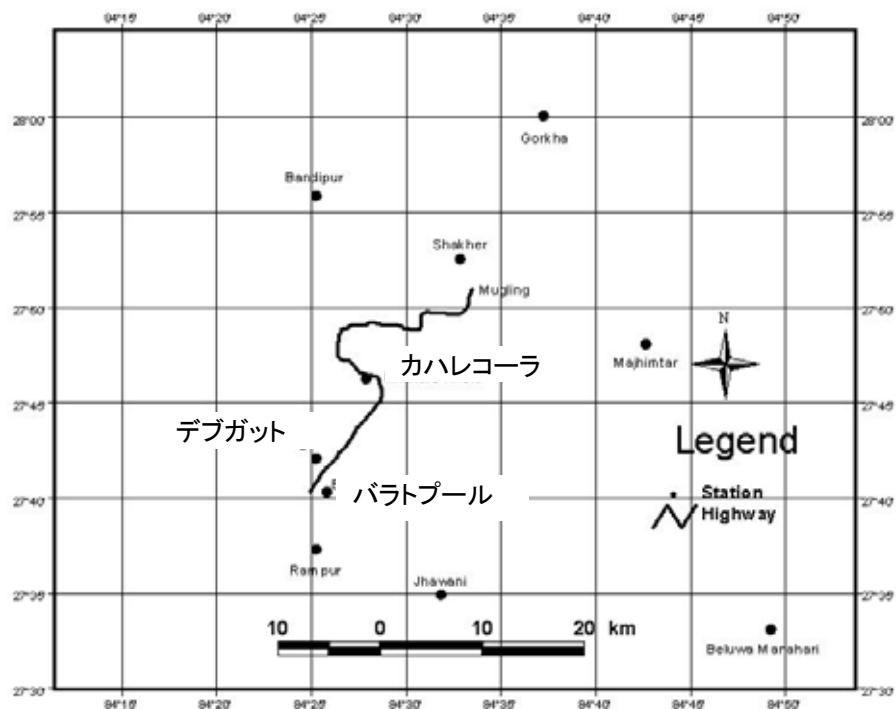


図 2.2.6 調査地周辺の雨量計位置

## (2) 雨量計の計測状況

調査地域内の雨量計測地の計測状況を以下に示す。

**カハレコーラ計測地:** 2003年7月災害以降に設置された。DRO管理の非自記雨量計であり、CH 11km+300mに位置する。道路作業班監督 (Supervisor) が、毎朝8時ごろ日雨量を計測している。

**デブガット計測地:** 1998年に設置された水文気象局管理 (DHM) の自記雨量計 (非自記雨量計併設) である。雨量計の機能としては、日雨量のほか1時間雨量の計測も可能である。しかし、日雨量の記録しか残されていない。2003年7月30-31日の災害時の1時間雨量の推移がグラフで残されており、1時間雨量値を読み取ることができる。

**バラトプール計測地:** バラトプール市管理の非自記雨量計で、2002年からの日雨量データを計測しているが、欠測が多い。

### (3) 2003 年災害時の降雨解析

2003 年災害時の降雨分布状況をまとめた。これによると 7 月 31 日の朝 8:45 から降り始めた降雨が 20.25 時間で 446.2 mm となった(図 2.2.7)。これは降り始めから 10 時間までで全体の 25%、12.5 時間までで 50%、14 時間までで 75%の降雨があったことを示す。また、31 日夜の 4 時間で 225.5 mm の降雨が発生した。

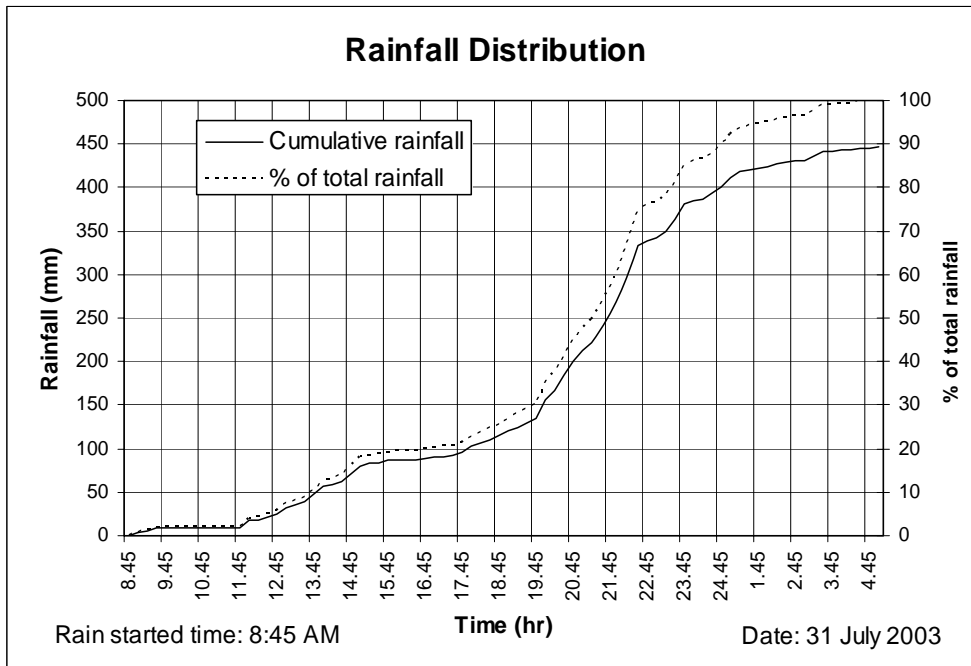


図 2.2.7 2003 年 7 月 31 日の降雨分布 (デブガット計測所)

2003 年 7 月 31 日降雨の降雨強度(mm/hr)と継続時間の解析を行わない図 2.2.8 に示した。下記の式に基づいて降雨強度曲線を設定した。

$$I = \frac{C}{(t+a)^b} \quad (1)$$

ここで

- I = 降雨強度 (mm/hr)
- t = 期間 (min)
- a, b, C = 定数

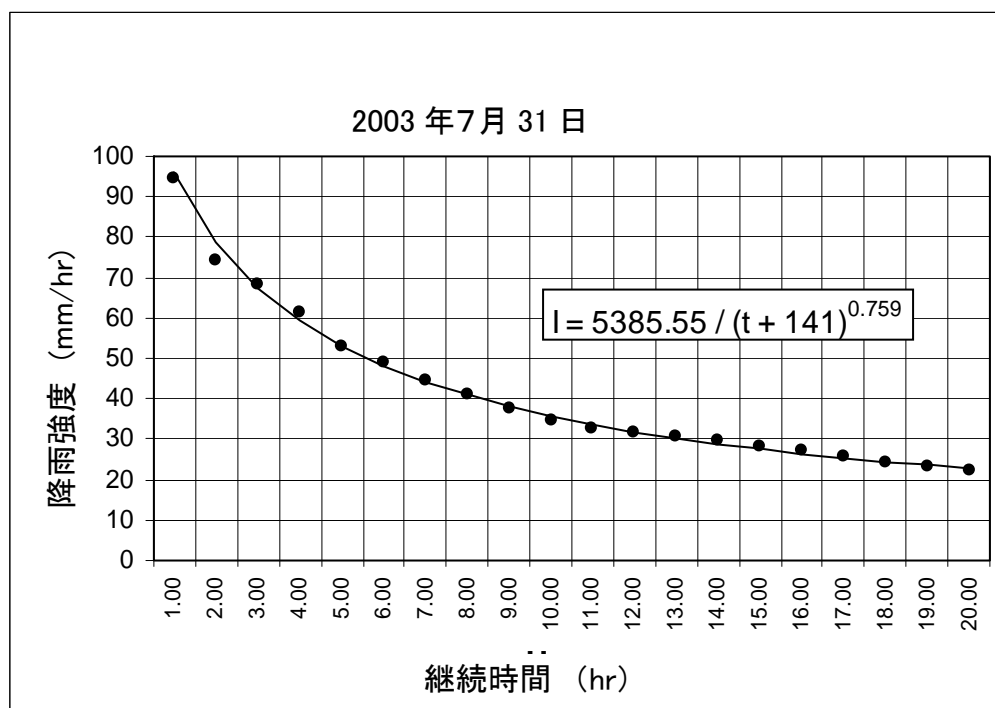


図 2.2.8 2003年7月31日の降雨強度曲線 (デブガット計測所)

非常に強い降雨強度 (90 mm/hr 以上) が1時間、強い降雨強度 (40mm/hr 以上) が8時間継続しており、土石流発生誘引と考えられる。

#### (4) 過去の災害における日雨量状況

2003年災害と2006年災害の日雨量分布を図2.2.9に示す。カハレコーラ（Kahale Khola）雨量計は2003年災害以降にDROが設置したものであり、2003年データは無い。

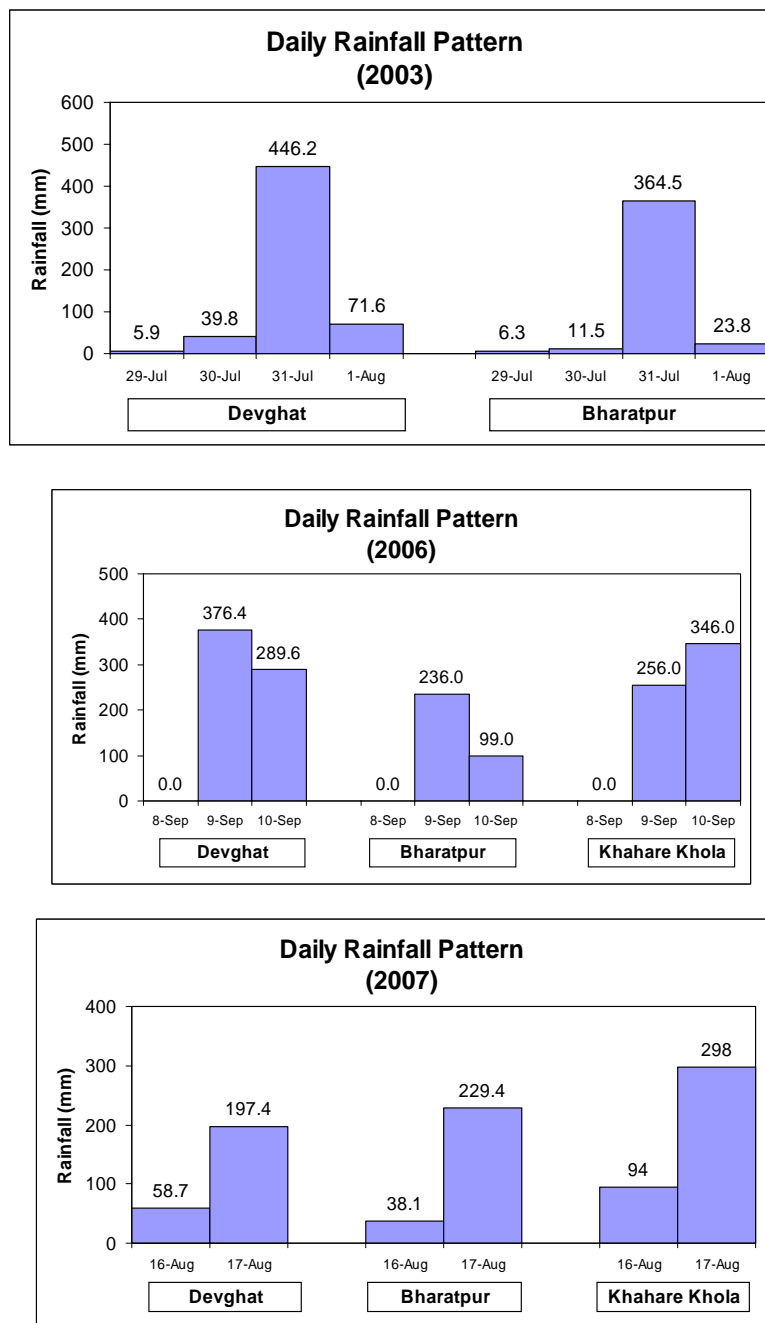


図 2.2.9 2003、2006、2007年災害の日雨量状況

2003年および2006年の土砂災害は日雨量300mmを超える強い雨によって発生したと考えられる。2007年は日雨量200mmを越える雨により道路沿いの数箇所です砂災害が発生した。2007年の8月17日の雨は、2003年以降の対策工事の効果により、豪雨による災害は発生



しにくくなっているものの、日雨量 200mm を越える雨に対してはいまだ危険箇所が残っていることを示している。

### (5) 土砂災害警報雨量の検討

日本の道路の事前通行規制に用いる雨量値のしきい値としては、連続雨量（降り始めからの積算雨量）、雨量強度（4、12、24 時間積算雨量）が用いられてきたが、いずれも「理論的に合理性がなく現実の危険度を精度良く反映できないこと」が指摘されてきた。

連続雨量値は、降雨の一時中断前の先行雨量の影響が考慮されない点、降雨末期の少雨状態でも、現実には危険度は下がっているにもかかわらず、雨量値が上昇し続けるとことが課題である。雨量強度についても同様な問題がある。

日本の国土交通省は、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実効雨量法（中部地方整備局では換算連続雨量法と称し運用・広報している）が合理的かつ比較的簡易であることからその試行運用を平成 12 年から中部地方整備局管内で開始した。また、過去の災害と降雨の関係分析でも、より短い規制時間でより多くの災害を回避できることを確認している。（平成 10 年～14 年度国土交通省新道路技術五箇年計画成果より）

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 時間半減積算雨量値: 6, 12, 24 half-value modified rainfall amount」と称する。N-M 道路および周辺コミュニティへの豪雨警報のしきい値にこの換算積算雨量値を用いることを提案する。なお、半減時間を 6、12、24 時間の 3 種類としたのは、6-12 時間の半減期で各種土砂災害の危険性の捕捉が可能なことと、解析の簡便性を考慮したものである。

本検討では実効雨量値を 1998-2006 年のデブガット観測所データを用いて計算した。2003 年 7 月 31 日のみグラフから読み取った 1 時間雨量値を用いた。それ以外は 1 日雨量しか得られないので 24 時間で割り全日同じ 1 時間雨量として加工した。

H-時間半減実効雨量値は下式により求められる。

$$RA_{Hhv}(t) = 0.5^{i/H} \times HR(i)$$

ここに、

$RA_{Hhv}(t)$  = 't' 時における H 時間半減実効雨量

i = 't' 時より 'i' 時間前 (時間)

H = H-時間半減: 1 時間雨量値が低減して半分の値と評価されるまでの時間 (時間)

H = 6, 12, 24

$HR(i)$  = 't' 時より 'i+1' 時間前から 'i' 時間前までの 1 時間雨量値

表 2.2.13 に 24 時間雨量と実効雨量値の各年最大値の再現期間を示す。2003 年と 2006 年は

それぞれ豪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時間半減換算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時間半減換算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 2.2.13 24時間雨量と実効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 半減実効雨量		年最大 12 時間 半減実効雨量		年最大 24 時間 半減実効雨量	
		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

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時間半減換算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、居住者への豪雨警報はN-M道路利用者への豪雨警報よりも短い再現期間とし、表2.2.14に案を示す。

表 2.2.14 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	<b>警報発令:</b> 通行回避勧告	<b>警報発令:</b> 避難勧告
レベル III	12 時間半減積算 雨量=140mm 5 年再現期間	<b>注意報発令:</b> 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	<b>警戒体制:</b> パトロール、緊急対応の準備 (管理員、作業員、機材の招集)	<b>注意報発令:</b> 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	<b>警戒体制</b> 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

換算積算雨量値は 1 時間後の値を予測して用いることとする。2003 年 7 月 31 日の 1 時間雨量の解析結果では下式のとおり、ある時点までの 1 時間雨量の観測値とその 1 時間後までの 1 時間雨量は同じ値をとることが明らかになった。この相関係数は 0.909 と高い。よって次の 1 時間雨量値はその時点までの 1 時間雨量と同値と予測するものとする。

$$R_{prd} = R_{obs} \quad (\text{mm})$$

ここに

$$R_{prd} = \text{ある時点から 1 時間後までの 1 時間雨量値}$$

$$R_{obs} = \text{ある時点までの 1 時間雨量値}$$

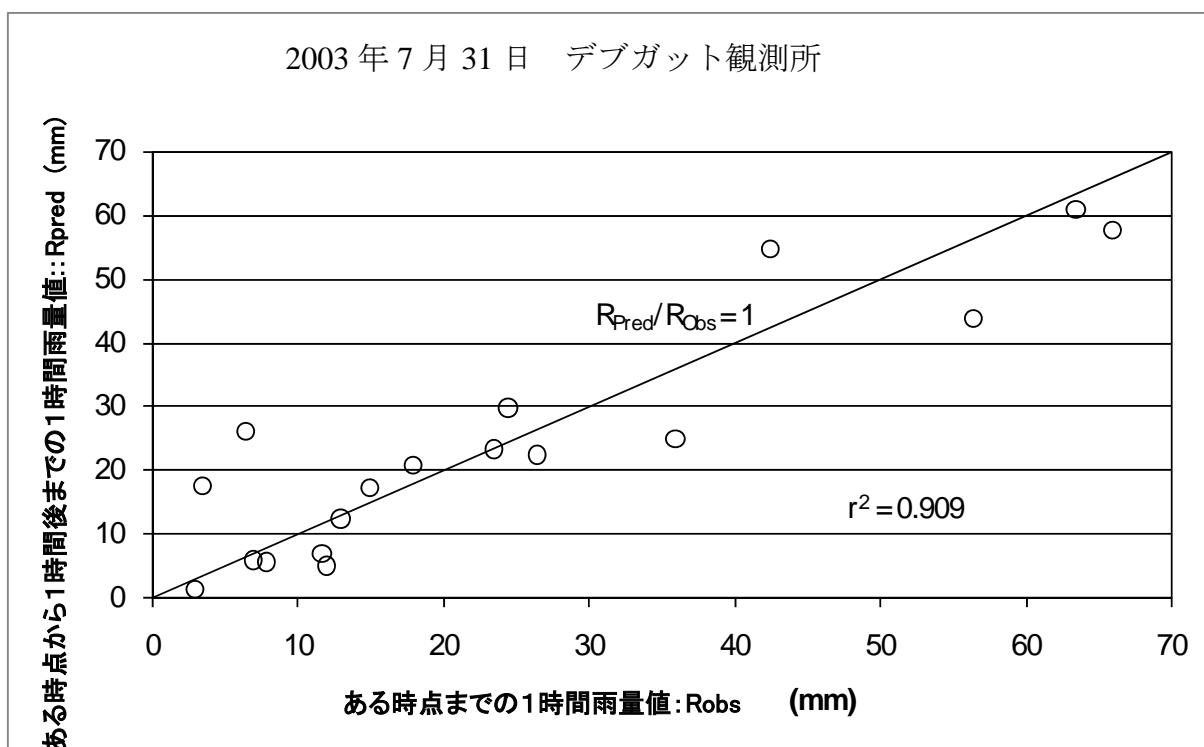


図 2.2.10 ある時点までの1時間雨量値とその1時間後までの1時間雨量値の関係

なお、これらのしきい値や予測雨量値は、データの蓄積に従い更新する必要がある。

## 2.3 2003年ナラヤンガート～ムグリン道路災害の状況

2003年7月31日の豪雨（CH 5km 付近から 3km 西方のデブガット観測所 446.2 mm/日）によって、本地域では多数の地すべりや土石流が発生し道路および周辺各地区に多くの被害が発生した。

本節では、1992年の空中写真、2003年の現地被災写真、2005年の衛星写真などに基づいて2003年災害の斜面災害の特徴を整理した。

### 2.3.1 2003年災害の特徴

CH 15km 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。

#### (1) CH10—15 km

本地区では層理面が受け盤構造で急斜面を形成するが、斜面下部では崖錐堆積物があるため比較的緩斜面となっている。また溪流幅は比較的広い。斜面上部や溪岸で崩壊が発生し、崩壊土砂が土石流化した。

CH11km 付近を横断するカハレ川で N-M 道路の橋梁が土石流により破壊している。すべり面が深い位置にあるすべり崩壊は発生していない。

#### (2) CH15—36 km

本地区では層理面が受け盤構造を呈しており、比較的規模の大きな地すべりが認められる。特に CH17—28km 付近の溪流で、2003年7月末の豪雨で溪流の源頭や側壁で崩壊が多発し土石流化した。またこれらの崩壊によりさらなる地すべりが誘発された。CH 28km より終点側では比較的崩壊は少なかった。

CH17—28km 付近での土石流に関しては、道路に達したものもあったが道路破損にまでは至らなかった。

すべり面が深い位置にあるすべりは認められない。

対象地域におけるその他の崩壊タイプを以下に示す。

**路肩崩壊:** 河川の浸食による路肩崩壊の発生が認められた。

**小規模地すべり:** 山側斜面において地すべりの形状を示さない小規模な地すべりが発生した。



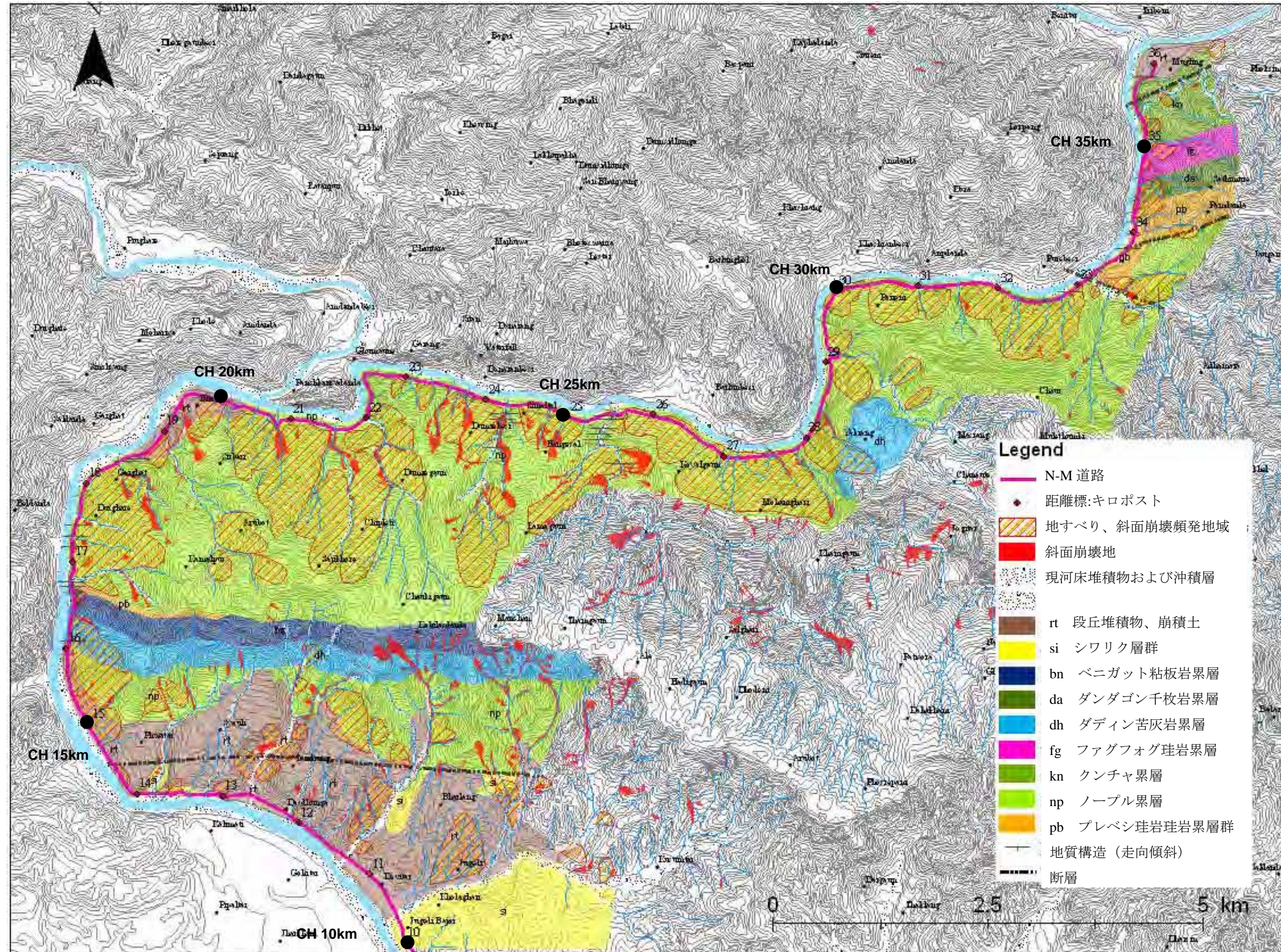


図 2.3.1 N-M 道路におけるハザードマップ



### 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 と図 2.3.2 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	ダレチョコク	1		2	13	2	2	440,000
	チャンヂバンジョング	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

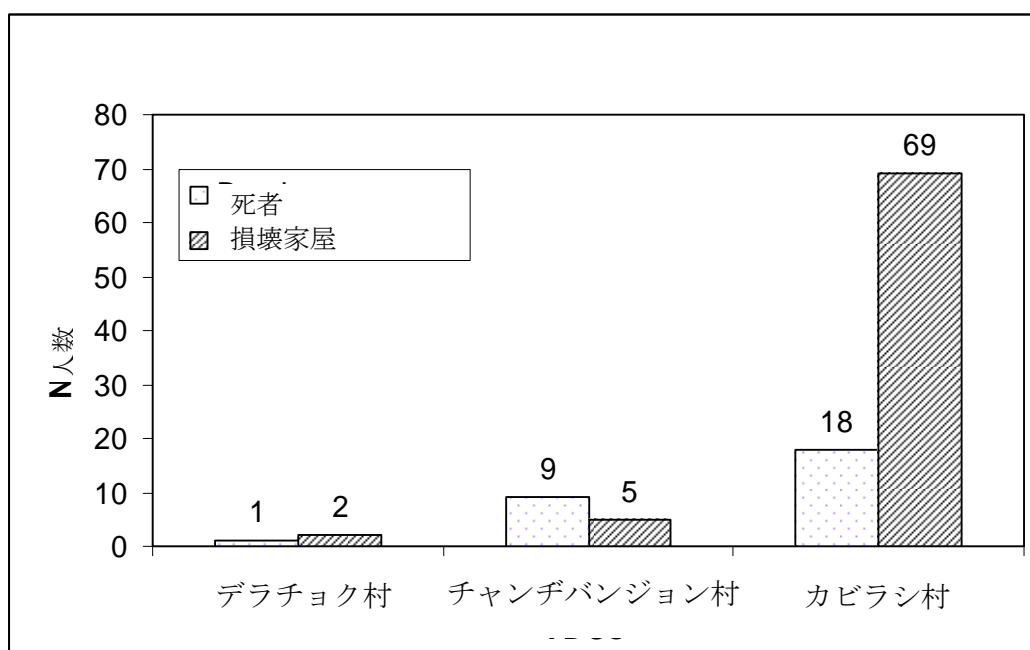


図 2.3.2 2003 年災害の被災状況図

#### (2) ナラヤンガート～ムグリー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。2003 年には橋梁、カルバート、道路舗装、擁壁などで被害が発生した。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

中央道路局(CDRO)は、2003 年災害の復旧工事を行い、約 164,000 m<sup>3</sup> の土砂除去を行った。

表 2.3.3 2003 年災害の中央道路局による復旧活動

距離呈:CH (CH km+m)	施工業者への 委託作業土量 (m <sup>3</sup> )	道路局直営作業			総土量 (m <sup>3</sup> )	通行阻害 日数 (日)
		機械作業時間(hr)		除去土量 (m <sup>3</sup> )		
		ローダー	掘削機			
8+000	0	24	0	1,560	1,560	1
11+300	21,075	11	9	1,762	22,837	3
16+800	0	5	0	325	325	0
17+560	1,003	15	0	975	1,978	3
18+460	10,093	38	21	4,990	15,083	100
20+800	148	20	0	1,300	1,448	2
21+560	43,938	134	64	16,330	60,268	28
23+550	707	4	0	260	967	0
23+760	2,932	252	81	26,023	28,955	25
23+770	0	23	4	1,915	1,915	5
23+800	1,715	35	0	2,275	3,990	12
24+400	1,194	17	3	1,432	2,626	11
24+740	3,671	17	0	1,089	4,760	8
27+060	3,663	0	0	0	3,663	0
27+850	3,552	0	0	0	3,522	0
29+500	1,596	0	0	0	1,596	0
30+890	654	29	0	1,885	2,539	15
31+400	2,232	2	0	98	2,330	1
31+890	3,231	0	0	0	3,231	0
32+400	0	7	0	422	422	0
34+400	139	0	0	0	139	0
計	101,513	632	182	62,641	164,154	124

出典：DWIDP Bulletin 2005-6

### (3) 復旧状況

対策構造物の状況を表 2.3.4 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 2.3.4 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

2003 年災害以降の斜面安定対策構造物の詳細は表 2.3.5 に示す。

表 2.3.5 2003 年以降の斜面安定対策構造物の状況

構造物	施工箇所
直立擁壁 (Brest walls)	
a. ふとん籠	8+930, 12+040, 15+360, 16+990, 17+115, 18+850, 20+350, 26+710, 30+550, 31+475, 31+810
b. 練石積	8+660, 13+035, 18+750, 18+790, 19+580, 20+350, 20+800, 21+130, 21+925, 24+000, 24+600, 26+710, 30+550
もたれ式擁壁 (Retaining walls)	
a. ふとん籠	9+500, 14+300, 18+696, 20+350, 20+850, 21+080, 21+642, 21+850, 20+800, 27+280
b. 練石積	11+620, 15+060, 17+850, 18+355, 18+415, 21+175, 21+850, 23+423, 23+570, 11+650, 17+050, 24+850, 27+160, 27+280, 28+080, 31+630, 31+810, 32+550
c. コンクリート	21+040, 29+325
チェックダム (Check dams)	
a. ふとん籠	11+100, 15+060, 16+950, 17+295, 17+560, 18+460, 20+200, 20+800, 21+130, 21+560, 22+150, 23+080, 23+550, 23+780, 24+400, 24+750, 25+070, 26+960, 27+070, 27+160, 27+200, 27+545, 27+600, 27+860, 29+825, 30+456, 30+390, 31+400, 32+890, 34+090
b. 練石積	15+930, 30+890
道路谷側ガイド壁 ふとん籠	11+300, 19+450, 18+460
アンカー付擁壁 コンクリート	17+115, 24+600, 31+875, 31+890
集水枡 (Catch pits)	15+060, 24+750, 25+070, 27+070, 29+825, 30+456, 31+400
のり先擁壁 (Toe walls)	
a. ふとん籠	26+250, 32+475
b. 練石積	23+785, 32+475
c. コンクリート	16+850, 17+850, 19+450, 24+000
河川侵食防止突堤 (Spur)	11+300

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、マルシャンディ川の支川であるルワ川をはじめ周辺の流域では多数の斜面崩壊やそれに伴う土砂の流出、堆積が生じた。

マルシャンディ発電所はカトマンズ～ポカラを結ぶ国道のムグリンから約4kmポカラ寄りのマルシャンディ川の右岸、支川のルワ川の出口左岸に位置するネ国の基幹施設である。1990年に稼動を開始し、69MWの電力を供給している。2003年7月の豪雨では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。

以下に2003年当時の被災の状況及び土砂移動現象について示す。また、これらの内容は2003年12月に実施された現地調査の結果に係る資料に拠るものである。

### 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（近くのDevghat雨量所での降雨量は7月30日午前8:45～31日朝5:00まで計446.2mmに示す）。

#### (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、その生産土砂が土石流となって流下し、谷の出口（マルシャンディ川との合流点）の約300m上流から堆積を開始して、下流にかけて河床を3～4m上昇させた。
- b) 土石流の発生前には、ルワ川の出口の直上流には国道からルワ川に逸れて発電所に通じる、河道を横断する道路が存在した。その基礎部分には流路としてボックスカルバートが設置されていた。それら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) 堆積土砂はa)に示すように3～4m河床を上昇させ、横断的には現在左岸側にある冷却水パイプの敷設域、取水口に至る通路域を含めた範囲に及んだ。また上流に向けて堆積域は取水口以遠にまで及び、堆積土砂の一部は取水口からトンネル内にまで流入した。また、河床上昇に伴い発電所本棟にまで達した。
- d) その後、第二次の土石流が発生した。この時、横断道路から国道橋付近では急勾配であったため、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。
- e) 崩壊土砂はさらに一気にマルシャンディ本川に流出し、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。

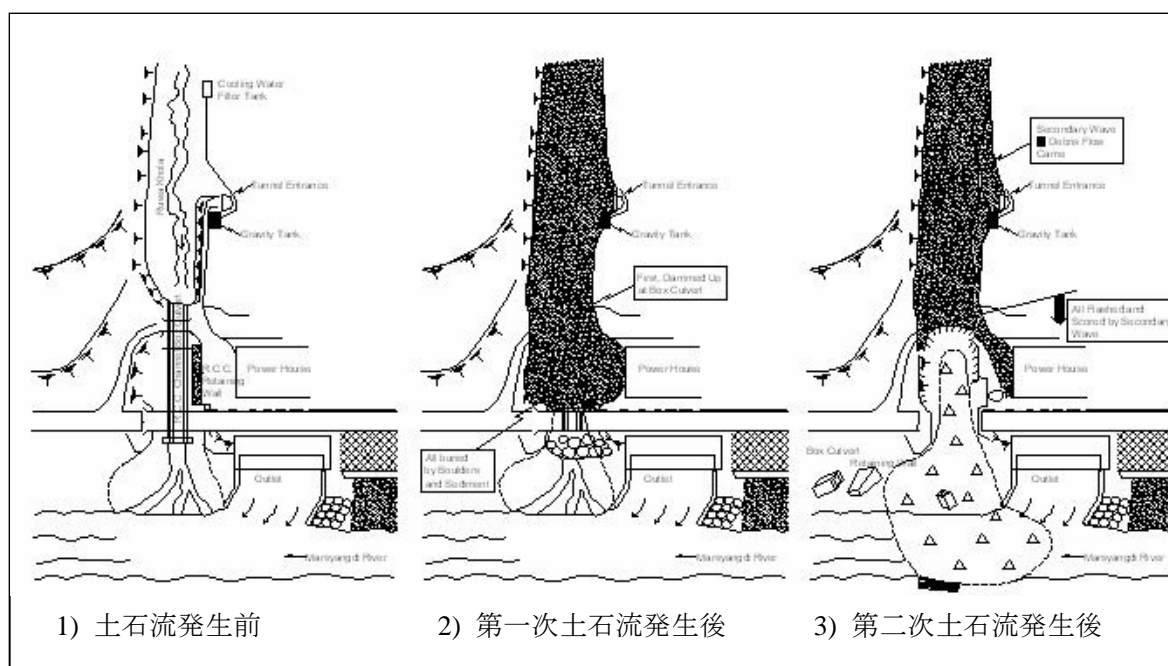


図 2.4.1 土石流発生前後の土砂流動状況

## 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があった。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。