

## 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 道路の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。

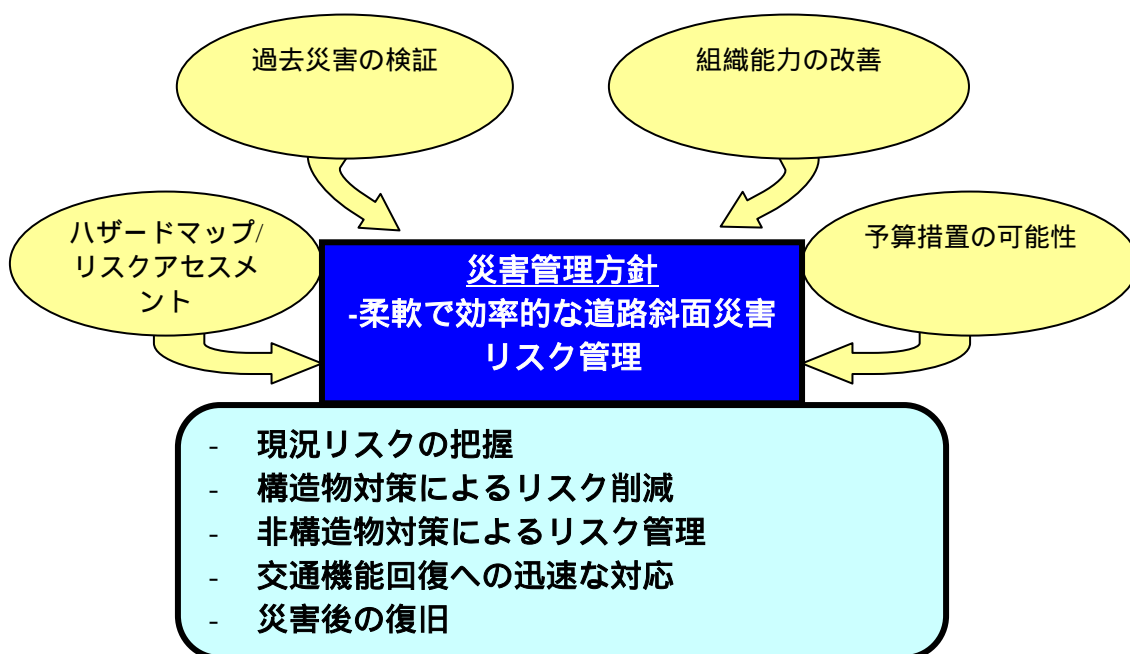


図 4.1.1 道路斜面災害リスク管理方針

##### 4.1.2 現況潜在リスクの把握

第 3 章で記述した通り、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。

2003 年時点におけるリスクの現在値換算値は 34.7 件/年（潜在年発災件数）、194 百万ルピー（年損失額）であり、2007 年時点では 22.0 件/年（潜在年発災件数）、106 百万ルピー（年損失額）と算定された。表 4.1.1 にこれらの結果を示す。

表 4.1.1 2003 年時点のリスクと現在のリスク

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 %

2003 年災害以降の大幅なリスクレベルの改善は、2004 年から 2006 年に DOR が実施した「Rehabilitation work named Road Maintenance and Development Project」DWIDP が 2004 年から開始し、2008 年 2 月現在継続実施中の「Mugling- Narayangharh Water Induced Prevention Project (MNWIDPP)」の成果によるものである。

#### 4.1.3 基本戦略の要素

基本戦略の要素を図 4.1.2 に示すとともに、その詳細を次頁に述べる。

##### 基本戦略の構成

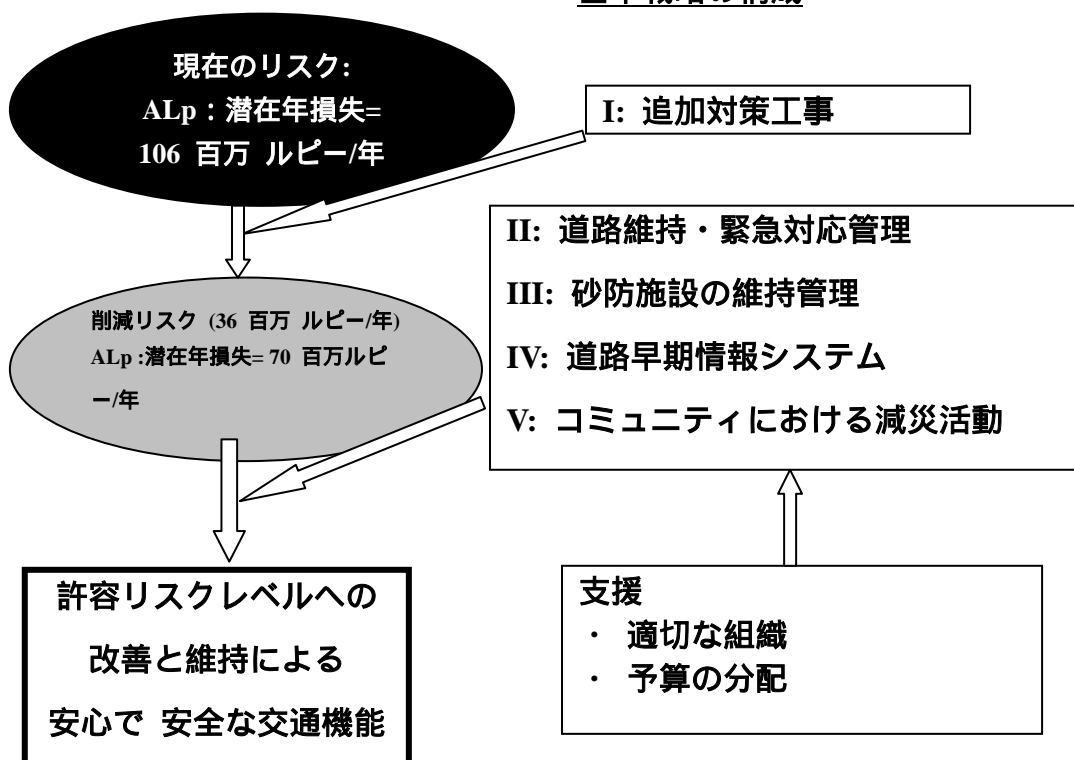


図 4.1.2 基本戦略の構成とリスク管理

斜面災害のリスク算定結果によると、2003 年災害時から比べて、それ以降の構造物対策により潜在年損失 (ALp: Potential annual loss) は 45% 削減した。また、2006 年の豪雨 (24 時間積算雨量において約 10 年確率降雨に相当) のときは大きな交通障害は発生しなかった。これらを踏まえて基本戦略は現状のリスクレベルを改善・維持する方針で作成する。各基

本戦略の詳細は下記の通り。

#### 1) 追加対策工事

各地点における許容リスクレベルを潜在年損失額 100 万ルピー/年と設定し、これを越える地点（全路線の年損失額の約 47%を占める）において構造物対策を実施し、許容リスクレベル以下とすることとする。このとき路線の総潜在年損失額は、2007 年現況の 106 百万ルピー/年から 70 百万ルピー/年に削減される。対策後のリスクレベルは 2003 年以前と比べて 36%、2007 年現状と比べて 66%まで減少することとなる。

#### 2) 道路維持・緊急対応管理

土砂災害防止の対策工は 2003 年以降、DOR と DWIDP で実施され当該道路の交通機能の確保は大幅に改善されてきた。しかし、この機能確保のためには継続的な日常・定期・緊急時の道路維持管理が不可欠である。

#### 3) 砂防施設の維持管理

2004 年から 2007 年間に設置された砂防ダムはリスクレベルの低減に大きく貢献した。この機能の維持管理を効果的に実施すれば、その機能を長く維持することが可能である。砂防ダムの堆砂を除去することは最も重要で効果的な維持管理手法であり、費用対効果も高い。一般に、同じ土砂堆積容量を確保する場合、既存砂防ダムにおける機能回復の方が新設よりも低費用で実施できる。そこでこの基本戦略項目は最優先に実施されるべきであると考えられる。

#### 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

「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」を基本戦略に加え、パイロットプロジェクトによりその効果を検証する。構造物対策を実施してもリスクは残っている。そのため現在の構造物の機能維持管理、災害発生後の緊急対応、また安全管理システムを構築し将来の年損失額低減のためのプログラムを導入することとする。

## 4.2 追加対策工事

### 4.2.1 リスクレベルの目標設定

第3章で述べたとおり、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）の大きさによって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

潜在年損失額の3つの区分のうち百万ルピー/年以上は12箇所あり、その潜在年損失額の小計は50百万ルピー/年であり、その額は当該路線の総潜在年損失額（リスクレベル）106百万ルピー/年の47%を占める。本調査で提案する対策工が実施されれば、当該路線の道路斜面災害リスクは36百万ルピー/年削減され、70百万ルピー/年となる。また、これは2003年災害時のリスクレベル194百万ルピー/年の36%に相当する。

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

追加対策工事の実施地点は、リスク評価調査の結果、リスク評価共同作業、テクニカルワーキンググループ（平成19年9月13日）の議論により、選定した。選定地点は表4.2.2と図4.2.1に示す通り6山側斜面と6横断溪流である。これらの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。

表 4.2.2 選定された追加対策工検討地点

山側斜面	位置	CH	横断溪流	位置	CH
	21km+610	地すべり1	SL-1	11km+200	カハレ川
	23km+510	地すべり2	SL -2	11km+500	
	23km+960	地すべり3	SL -3	12km+600	ダス川
	24km+235	地すべり4	SL -4	21km+200	
	30km+690			21km+560	
	34km+200			23km+930	

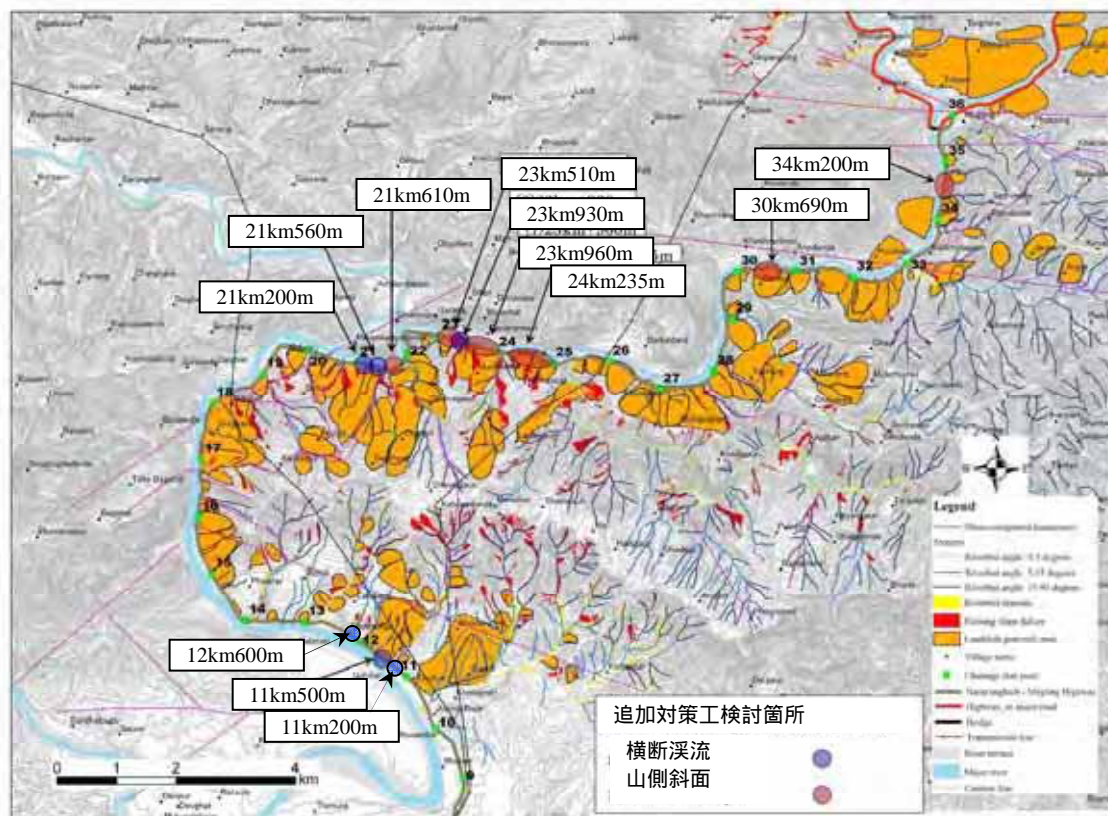


図 4.2.1 選定された追加対策工検討地点

#### 4.2.3 構造物対策工の検討と経済評価

選択された 12 地点のうち横断溪流 21km+560 は、新たな構造物対策を実施しなくても、既往砂防ダムの堆砂除去により潜在年損失額を百万ルピー/年を下回ること可能であることから、追加対策工計画には含めず堆砂除去管理とすることとした。

また DWIDP のノンプロ無償プロジェクトにおいて、横断溪流 11km+200m カハレ川と横断溪流 12km+600m の追加対策工が 2007～2008 年に実施進行中である。これらの対策工の経済的効果を検討した結果、いずれも年潜在損失額百万ルピー/年を下回ることから、本調査により追加構造物対策は提案しない方針とした（Volume III Data and Drawing 参照）。経済評

価の算出結果を表 4.2.3 に示す。

さらに No.1 の地点（11km+500）はパイロットプロジェクトとして実施することとした。

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

位置	斜面タイプ (災害タイプ)	潜在年損 失額 (百万ル ピー/年)	対策工	建設費用 税込み (維持費は 含まない)	BCR: 便益 費用比
11km +280 カハレコ ーラ	横断渓流 (土石流)	対策前 5.774、 対策後 0.577	国道より 220m 上流、コンクリート砂防ダム 延長 73m、高さ 5m	7,300,000	2.4
			国道より 310m 上流、コンクリート砂防ダム 延長 43m、高さ 5m	4,300,000	
			国道より 825m 上流、コンクリート砂防ダム 延長 45m、高さ 7m	6,300,000	
			国道より 1km 300m 上流、コンクリート砂防ダ ム 延長 38m、高さ 8m	6,080,000	
			国道より 1km 750m 上流、コンクリート砂防ダ ム 延長 30m、高さ 7m	4,144,000	
			国道より 125m 上流 右岸、コンクリート突堤	418,000	
			計	<b>28,542,000</b>	
12km +600 ダスコ ーラ	横断渓流 (土石流)	対策前 7.661、 対策後 0.766	国道より 310m 上流、コンクリート砂防ダム 延長 80m、高さ 7m	11,200,000	2.6
			国道より 520m 上流、コンクリート砂防ダム 延長 71m、高さ 7m	9,940,000	
			国道より 915m 上流、コンクリート砂防ダム 延長 50m、高さ 7m	7,000,000	
			国道より 1km 750m 上流、コンクリート砂防ダム 延長 33m、高さ 7m	4,620,000	
			国道より上流 125m 区間、河道整備	2,500,000	
			国道より上流 300m 左岸、フトン籠突堤	1,000,000	
			国道より下流練石積護岸 延長 30m 高さ 5m	30,000	
			計	<b>35,660,000</b>	

残り 8 地点において現地詳細観察、基本設計と概略工事費の積算、および経済評価を行った（詳細は Volume III Data and Drawing 参照）。

これら 8 地点の基本設計、概略工事費、経済評価結果を表 4.2.4 に示す。

対策工法の選定は、「ネ」国で一般に採用されている工法（水抜きボーリング工、ギャピオン砂防ダム等）を優先的に採用した。しかし、これらの工法では目標レベルまでのリスクが低減しない場合は日本で一般化している工法（のり枠工、落石防止フェンス、落石防止ネット等）を採用した。

総工費は 8 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。

表 4.2.4 追加対策工基本設計/積算/経済評価結果一覧

位置	斜面タイプ (災害タイプ)	潜在年損 失額 (百万ルビ ー/年)	対策工	建設費用 (維持費は含ま ない)	BCR: 便益費 用比	
21km +200	横断溪流 (斜面崩壊/土 石流)	対策前 2.653、 対策後 0.796	コンクリート擁壁	113.39 m <sup>3</sup>	527,859	23.6
			落石防止柵	22.0m	377,663	
			既存壁の取り壊し	19.5m	13,934	
			×1.13(税率 13%)		<b>1,038,985</b>	
21km +610	山側斜面 (地すべり)	対策前 2.863、 対策後 0.716	横ボーリング水抜き 工	486.0m	5,728,880	4.4
			×1.13(税率 13%)		<b>6,473,634</b>	
23km +510	山側斜面 (地すべり/斜 面崩壊)	対策前 3.492、 対策後 0.175	吹きつけのり枠	4196.6 m <sup>2</sup>	14,318,696	1.5
			ロックボルト工	3671.50m	5,398,327	
			厚層基材吹き付け 工	3032.06 m <sup>2</sup>	6,506,910	
			×1.13(税率 13%)		<b>29,633,044</b>	
23km +930	横断溪流 (土石流)	対策前 2.286、 対策後 0.686	じゃ籠土留工	825.69 m <sup>3</sup>	1,607,117	11.7
			除石	2,730m <sup>3</sup>	—	
			×1.13(税率 13%)		<b>1,816,042</b>	
23km +960	山側斜面 (地すべり)	対策前 13.749 対策後 0.687	吹きつけのり枠	20269.72 m <sup>2</sup>	68,930,851	1.2
			ロックボルト工	17734.5m	26,000,153	
			厚層基材吹き付け 工	14644.87 m <sup>2</sup>	30,774,324	
			×1.13(税率 13%)		<b>142,047,020</b>	
24km +235	山側斜面 (地すべり/土 石流)	対策前 1.523 対策後 0.381	横ボーリング水抜き 工	150.0m	1,770,488	7.5
			×1.13(税率 13%)		<b>2,000,651</b>	
30km +690	山側斜面 (斜面崩壊)	対策前 1.898 対策後 0.285	吹きつけのり枠	2433.94 m <sup>2</sup>	8,466,350	1.6
			厚層基材吹き付け 工	1690.24 m <sup>2</sup>	3,660,422	
			×1.13(税率 13%)		<b>13,703,252</b>	
34km +200	山側斜面 (落石)	対策前 4.347 対策後 0.652	落石防護ネット	4150.0m <sup>2</sup>	6,180,463	7.0
			×1.13(税率 13%)		6,983,923	
8 箇所全体		対策前 32.811 対策後 4.377			<b>203,696,551</b>	2.0

横断溪流 21km+560 は、新たな構造物対策を実施しなくても、既往砂防ダムの堆砂除去で潜在年損失額を百万ルビー/年よりも下げることが可能であることから、追加対策提案(本表)に含めていない。  
11km+280 地点(横断溪流カハレ川)と12km+600 地点(横断溪流ダス川)は現在砂防工事が実施中であり、この効果により潜在年損失額が 100 百万ルビー/年を下回ると評価されることから追加対策提案(本表)に含めていない。

#### 4.2.4 施工計画

N-M 道路の F/S は Maintenance and Development Project (MDP) Sector Wide Road Programme、世界銀行から融資された Priority Plan Study の中で実施されてきた。しかしながら、ネパール政府と世界銀行の間でまだ Maintenance and Development Project の実現のための融資が合意に至っていない。

そのため、F/S における対策工の施工計画は、上記に示したように Maintenance and Development Project を考慮しないで組み立てた。

##### (1) ネパールでの利用可能な技術と設備

表 4.2.5 に選定された地点と共に提案された工種を示す。さらに No.1 の地点 (11km+500) はパイロットプロジェクトとして実施した。

表 4.2.5 選定箇所と提案された対策工

Site No.	位置	工種	備考
1	11km+500	・ 植生工 / 編柵工 ・ フトン籠砂防ダム	パイロットプロジェクト
2	21km+200	・ 土留擁壁工 + 落石防護柵工	
3	21km+560	・ 堆積物除去工	構造物なし
4	21km+610	・ 横ボーリング工	SL-1
5	23km+510	・ ロックボルト付き吹付コンクリート法砕工 ・ 種子吹付工	SL-2
6	23km+930	・ フトンカゴ工 ・ 堆積物除去工	
7	23km+960	・ ロックボルト付き吹付コンクリート法砕工 ・ 種子吹付工	SL-3
8	24km+235	・ 横ボーリング工	SL-4
9	30km+690	・ 吹付コンクリート法砕工	
10	34km+200	・ 落石防護ネット工	
11	ルワ川	・ 導流工 ・ 堆積物除去工	

本調査で提案している主要な工種は、地元の工事業者が利用可能な技術、機材、経験の点において実施可能と判断される。以下に示す 3 つの工法については、特に留意すべき点があり以下に記述する。

- (a) 吹付けコンクリート法砕工
- (b) ロックボルト付き吹付けコンクリート法砕工
- (c) 覆式落石防護ネット工

前者 2 工法については、対策工の品質と機能を保証できる経験豊富な工事業者に対して実施を求める。特に吹付けコンクリート法砕工の実施には、吹付設備が必要となり、ロックボルトの据付にはオーガードリルやハンマードリルなどの掘削機材が必要となる。地元の工事業者の中には国際的なコンサルタントの管理の下で吹付けコンクリート法砕工のある



程度の工事の経験を持っているところもある。

落石防護ネット工は、特に「ネ」国のような山国では落石被害を軽減するためには適した解決策である。加えてこれらを適用することは、この国において施工業者の経験を広げる機会を与えることとなる。

上記に示した工法は、適切な経験を保障する国際競争入札の一部としての事前資格審査方法において実施するか、もしくは専門家を下請け契約することによって経験豊富な海外参加者を割り当てる方式によって実施することが望ましい。

## (2) 契約

前節に述べた通り、主に技術的な観点からこれらの対策工の施工は国際競争入札によって実施されることが望ましい。入札にあたっては表 4.2.6 に示すように、3つの一括契約に分割することを提案する。

表 4.2.6 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		<b>11.34</b>	
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		<b>192.36</b>	
3	ルワ川	・ 導流工	<b>18.37</b>	ネパール電力公社
	合計		<b>222.07</b>	

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。

## (3) 施工手順

今回、提案されたほとんどの工種は、DWIDP もしくは DOR の管理の下で地元施工業者が施工経験済みであり、「ネ」国ではすでに一般的な工法である。したがって、施工手順については、施工例が比較的少ない法砕工及び落石防護ネット工に対して解説する。図 4.2.2～4.2.4 にこれらの施工手順を示す。

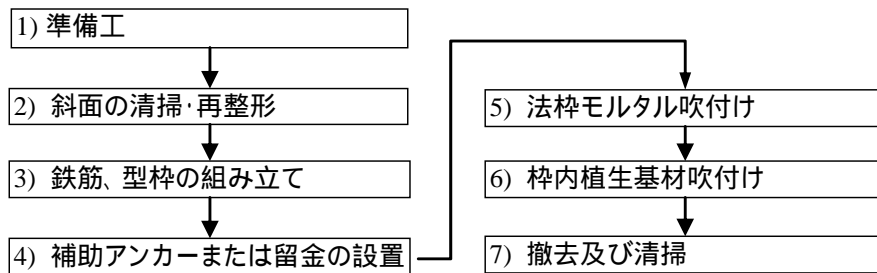


図 4.2.2 吹付けコンクリート法枠工の施工手順

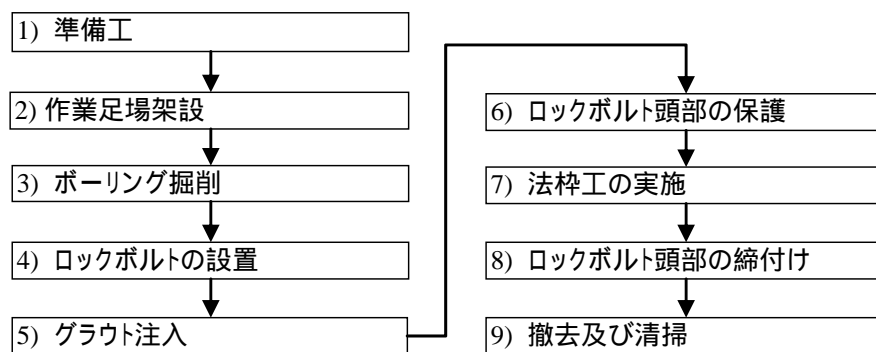


図 4.2.3 ロックボルト付き吹付けコンクリート法枠工の施工手順

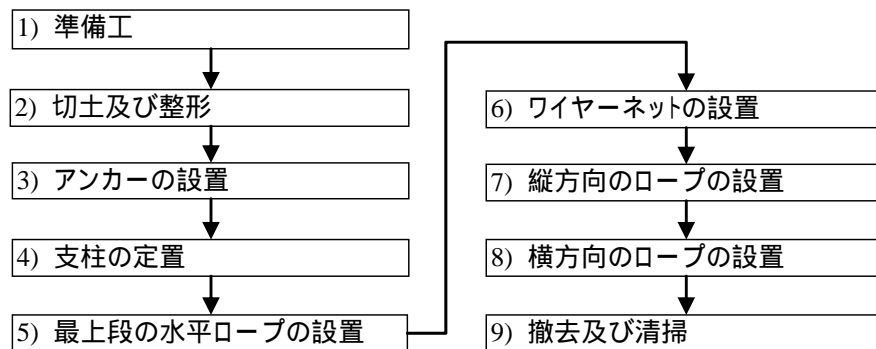


図 4.2.4 落石防護ネット工の施工手順

#### (4) 作業工程

図 4.2.11 及び図 4.2.12 にパッケージ 1 と 3、パッケージ 2 の全期間の工程を示す。

構造物の品質保証を目的として、工事は雨季の後（9月以降）から開始するものとし、次の雨季の開始（6月以前）までに終了させるものとする。

対策箇所	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	1年次												2年次								
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. 準備工																					
3. 21km+200地点																					
3. 21km+610地点																					
4. 23km+930地点																					
5. 24km+235地点																					
6. Ruwa Khola																					

図 4.2.5 パッケージ 1、3 の作業工程表

パッケージ 1 および 3 を実施する際に、施工では次に示すことを考慮する。

(a)このパッケージにおける工事は 3 つの作業班によって実施するものとし、第 1 班は 21km+500 地点と 23km+930 地点を実施し、第 2 班は 21km+610 地点と 24km+930 地点、第 3 班は Ruwa Khola を実施する。

(b)横ボーリングの掘削作業は、5m/日として想定した。

同様に、パッケージ 2 の施工では次に示すことを考慮する。

(a)このパッケージにおける工事は 2 つの作業班によって実施するものとし、第 1 班は 23km+510 地点と 23km+960 地点を、第 2 班は 30km+690 地点と 34km+200 地点を実施する。

(b)23km+960 地点については、他の地点の完成後、次年度に実施するものとする。

(c)ロックボルト設置のための掘削方法はレッグハンマードリルとして想定した。23km+510 地点については、5 台のレッグハンマードリルを使用するものとし、1 日に 1 台当たり 2 箇所設置する。一方 23km+960 地点では、10 台のレッグハンマードリルを使用するものとし、前の現場の経験を踏まえて 1 日に 1 台当たり 3 箇所設置する。

(d)ロックボルトのための掘削の間、鉄筋型枠及びモルタル吹付を別箇所ですべて同時に実施する。

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 4.2.6 パッケージ 2 の作業工程表

### 4.3 道路維持・緊急対応管理

土砂災害防止の対策工は 2003 年以降、DOR と DWIDP で実施され当該道路の交通機能の確保は大幅に改善されてきた。しかし、この機能確保のためには継続的な日常・定期・緊急時の道路維持管理が不可欠である。この維持管理に関するシステムはすでに構築されており、N-M 道路でも着実に実施されている。

#### 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トプール DRO により実施されている。

##### (1) バトプール地方道路事務所の役割とその組織

バトプール DRO は、チトワン（Chitwan）とダディング（Dhading）地方の重要路線の維持を所管している。管轄道路は、186km の国道と 23km のフィーダ（Feeder）道路である。N-M 道路はすべてバトプール DRO の管轄である。当該事務所は地区の主要橋梁の建設管理も行う。（図 4.3.1 参照）

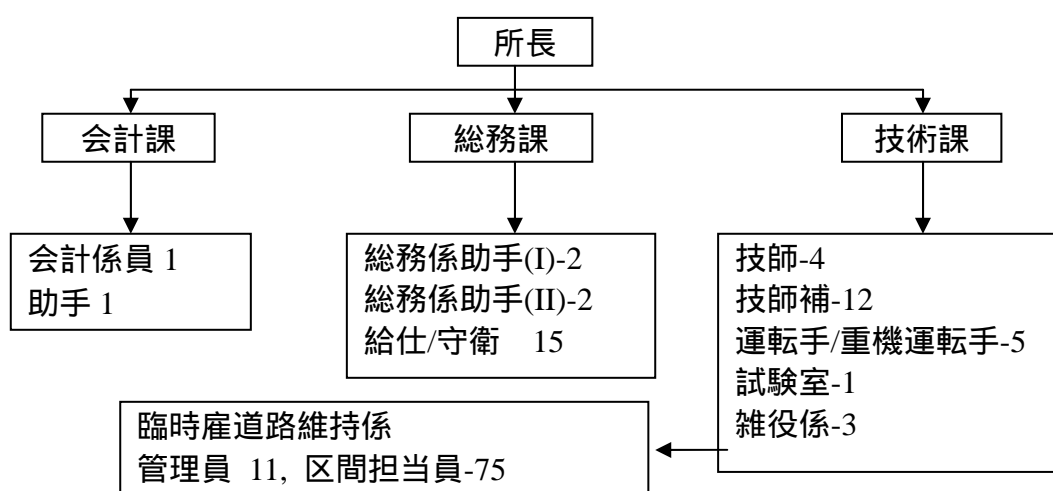


図 4.3.1 バトプール DRO の組織図

##### (2) 土砂災害に対する年次道路維持計画の準備

年次道路維持計画（ARMP：Annual Road Maintenance Plan）は、斜面・舗装・橋梁等の道路維持分野強化プログラムで用意された標準 ARMP ガイドラインに従い作成されている。

土砂災害に対する年次道路維持計画の作成の流れは図 4.3.2 に示される。

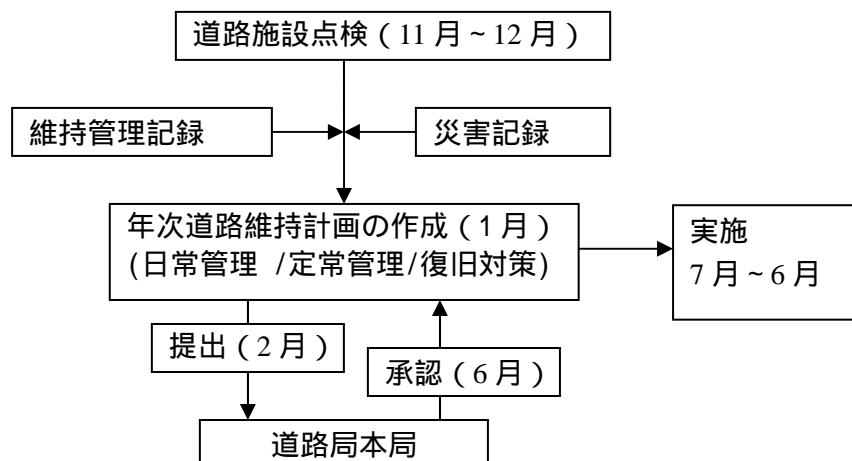


図 4.3.2 土砂災害に対する年次道路維持計画の作成の流れ

#### 4.3.2 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/災害記録に基づいて作成される。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	体制/活動	2008/2009 年次要 望予算(ルピー)
(a) 日常管理	作業監督1人、作業班員 6名(各 3km 担当)から構成されるチームで 0-18km、18-36km の各区間を担当	330,139
(b) 定期補修	下記の作業項目を施工業者への発注により実施 - 橋梁下堆積土砂の除去 - 路肩補修 - カルバート工、練石積擁壁工補修 - ふとん籠 川側転落防止ガイドウール補修 - 道路排水工の修理 - (沈下部の)盛土、穴埋め - 道路のり面植生工の維持	12,850,000
(c) 修繕工事	路床、路盤、タックコート、アスファルトあるいはコンクリート舗装、側溝 等	11,594,822
(d) 植生工	新設植生工	36,897
(e) 緊急対応	緊急対応は、'Yearly Emergency Action Plan'に従って実施される。 重機および関連職員および機材は、ノウピセ、ガジュリ、ムグリン、と バートプールに配置されている。 一箇所当たりの重機・機材・職員の配置は以下のとおりである。 機材 ホイールローダー 1台 チップラー/トラクター 1台 要員 エンジニア 1名 サブエンジニア 1名 重機オペレータ 2名 その他の補助職員	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。また、緊急対応を合理化し、道路閉塞期間を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輛走行費用の減少により生じる便益 = 当該区間の車輛走行費用の 10% <sup>注1)</sup> x 年走行車輛数	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% <sup>注2)</sup> x 車輛1台当たりの交通時間価値単価 x 年走行車輛数	30,091,641	
	植生工 36,897			
	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% <sup>注3)</sup>	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、車輛走行費用は約 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量的に十分ではなく、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。

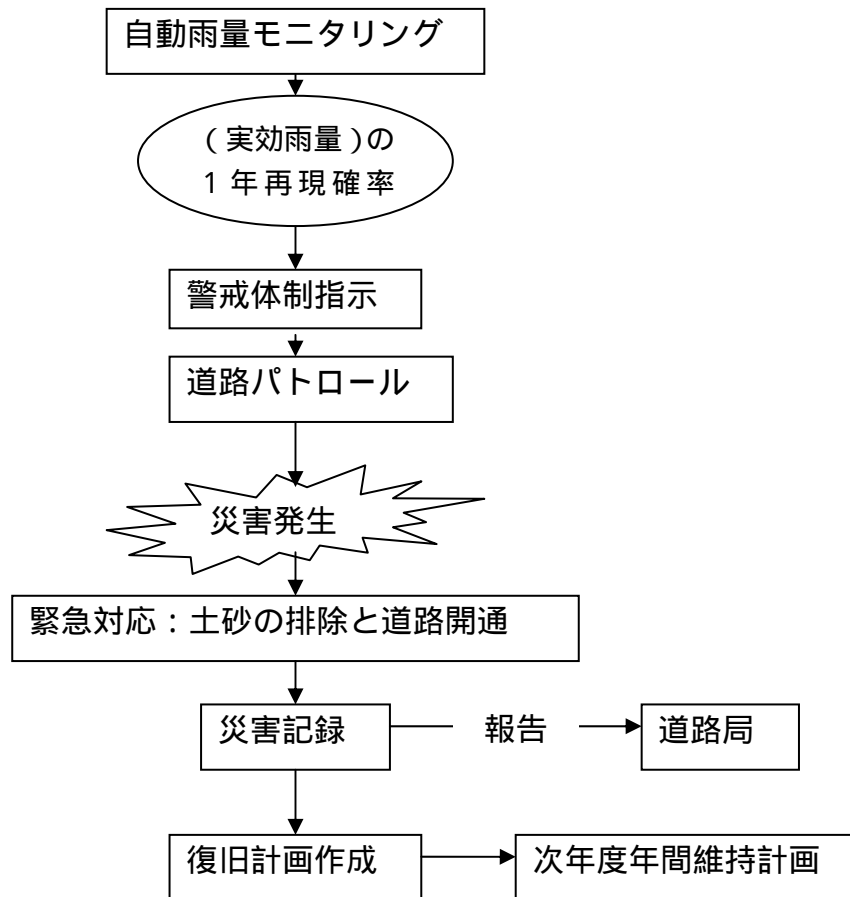


図 4.3.3 緊急対応の流れ

#### 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。

- 砂防ダム堆砂の除石
- 砂防施設損傷の修復

##### (a) 砂防ダム堆砂の排土

多くの砂防ダムが2003年災害以降DWIDPにより建設された。これらのダムは2006年豪雨において減災効果を発揮した。しかし、すでに堆砂が進んでおり2003年ないし2006年相当の豪雨を上回る降雨があった場合、発生する土石流を捕捉する容量は十分では無い。砂防ダムの機能回復は喫緊の課題であり、堆砂の除石は継続的に実施される必要がある。

一般的に、特に山岳道路においては既往砂防ダムの機能回復は新設よりも安価である。そのため機能回復の手法としては、除石が最も費用対効果が高い。

##### (b) 砂防施設の修復

現地調査によると、既存砂防ダム、ならびに他の砂防施設には次に示す損傷や欠陥が認められる。

- ふとん籠のワイヤーの損傷
- 砂防ダム基礎地盤の不良箇所の未改良
- 基礎の洗掘による沈下や傾動
- ふとん籠砂防ダム天端の土石流による損傷対策保護工の未設置
- 想定される土石流規模に対し道路近傍の流路工の不十分な断面

- その他

このような損傷や欠陥への対応は、既往砂防ダムの機能確保のために不可欠である。

本調査では、潜在年損失額の推定と危険度評価は、既往の砂防施設は設計機能を維持するものとして評価している。砂防施設の修繕がなされないとその機能は低下する。

#### 4.4.3 砂防施設維持管理の流れ

砂防施設の修復は図 4.4.1 に示す手法で進める。

砂防ダムの維持管理は図 4.4.1 に示すフロー図に従い実施する。

##### 1) 砂防ダムの点検

砂防ダムの点検は雨季終了時に年 1 回実施し、土砂除去あるいは修繕が必要なダムのリストを作成する。

##### 2) 除石および修繕計画

年次維持計画を作成し、DWIDP へ提出する。

##### 3) DWIDP での承認

DWIDP 本部は年次計画の妥当性を検討し承認を行う。

##### 4) 維持管理作業の実施

年次維持計画に従い維持管理を実施する。

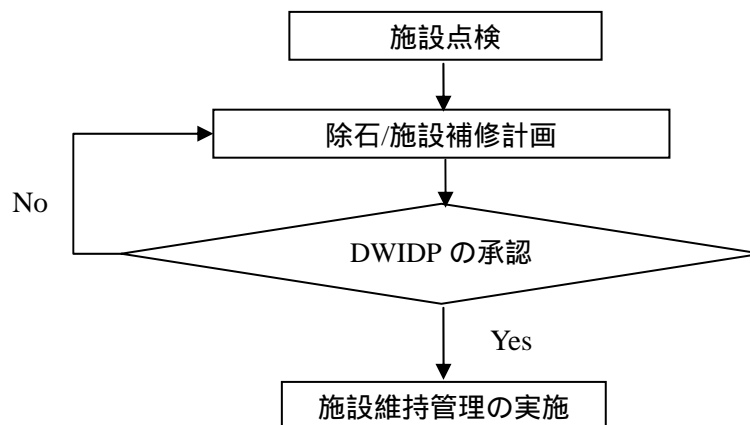


図 4.4.1 砂防施設維持管理の流れ

#### 4.4.4 堆積土砂の除石

##### (1) 除石の方針

対象となる砂防ダムの考え方は下記のとおりである。

- 道路より 100m 以内の砂防ダムでアクセスが容易であるものを選定する。
- 上流にある砂防ダムの堆砂は斜面下部の崩壊防止機能を果たしているため、除

去対象としない。

表 4.4.1 と図 4.4.2 に除石検討対象の砂防ダムを示す。図 4.4.3 は既往砂防ダムの除石の概念図について示す。

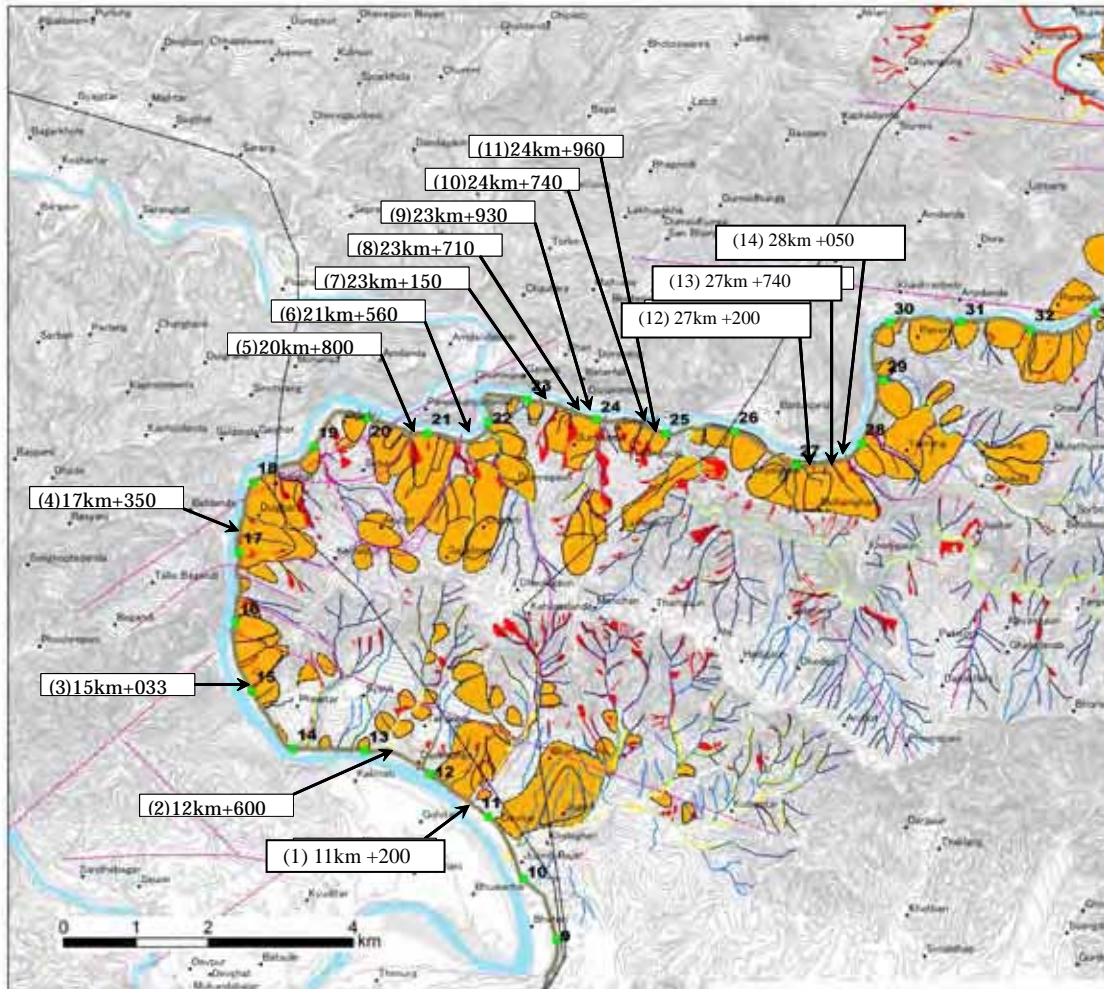


図 4.4.2 除石対象の砂防ダム

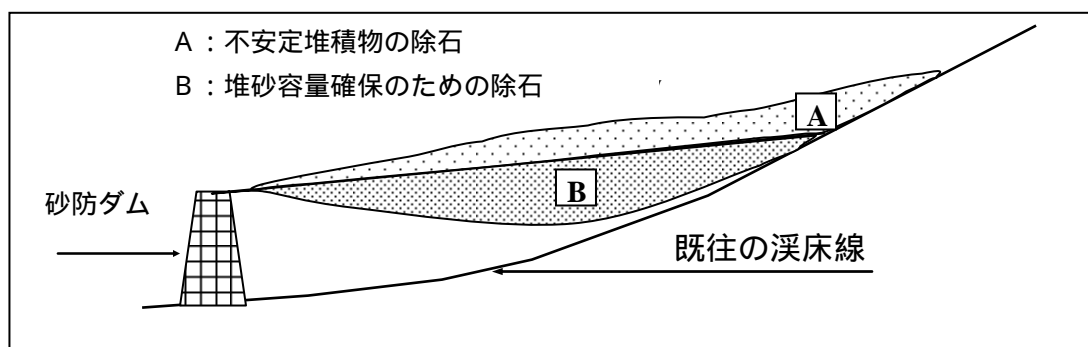


図 4.4.3 除石の概念図

表 4.4.1 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 <sup>3</sup> )		2007 年現況での年 潜在損失額 <sup>2)</sup> (ルピー/年)
		A <sup>1)</sup>	B <sup>1)</sup>	
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 渓流	39 ダム		39,150	10,962,000
内優先除石計画 6 渓流	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 渓流は、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 渓流において 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 渓流で 10 年に一度 36,700m<sup>3</sup> 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

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

対して年便益は 2007 年現況での潜在年損失額の 1/4（除石直後は 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 MNWIDPP によって 2008 年度上半期に実施された（出典：Contract No: MNWIDPP-C-01/064/65 Preparation of Asset Inventory of MNWIDPP）。

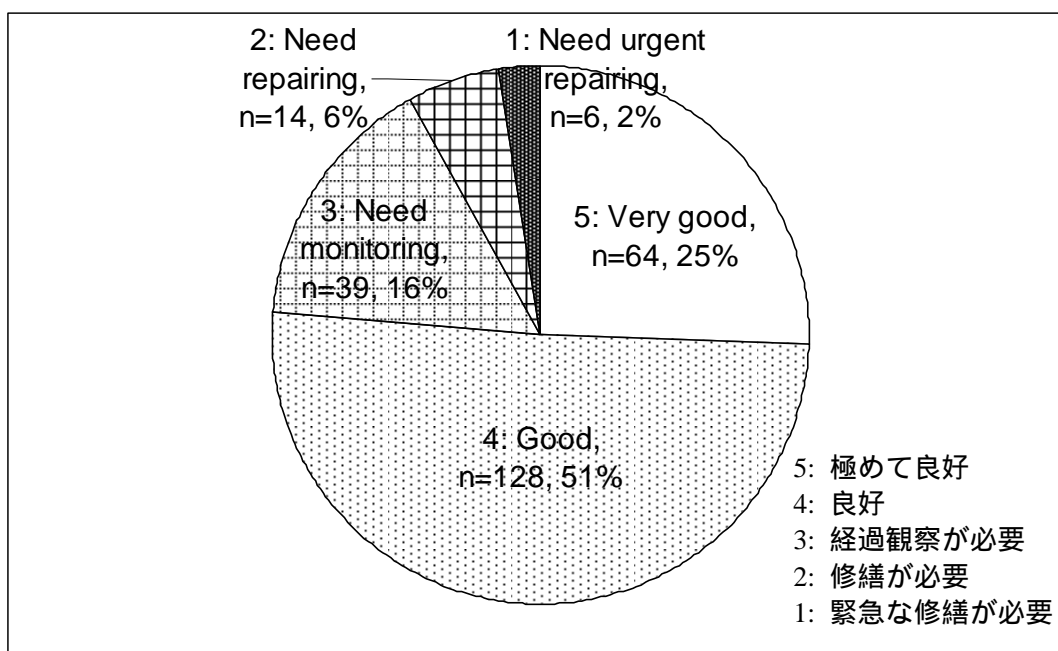


図 4.4.4 砂防施設の点検結果

図 4.4.4 に示したとおり 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

道路早期情報システム構築の目的を以下に示す。

- 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。



図 4.5.1 道路早期情報システムの効果の範囲

### 4.5.3 システムの概要

#### (1) 一般

図 4.5.2 にシステムの概要を示す。

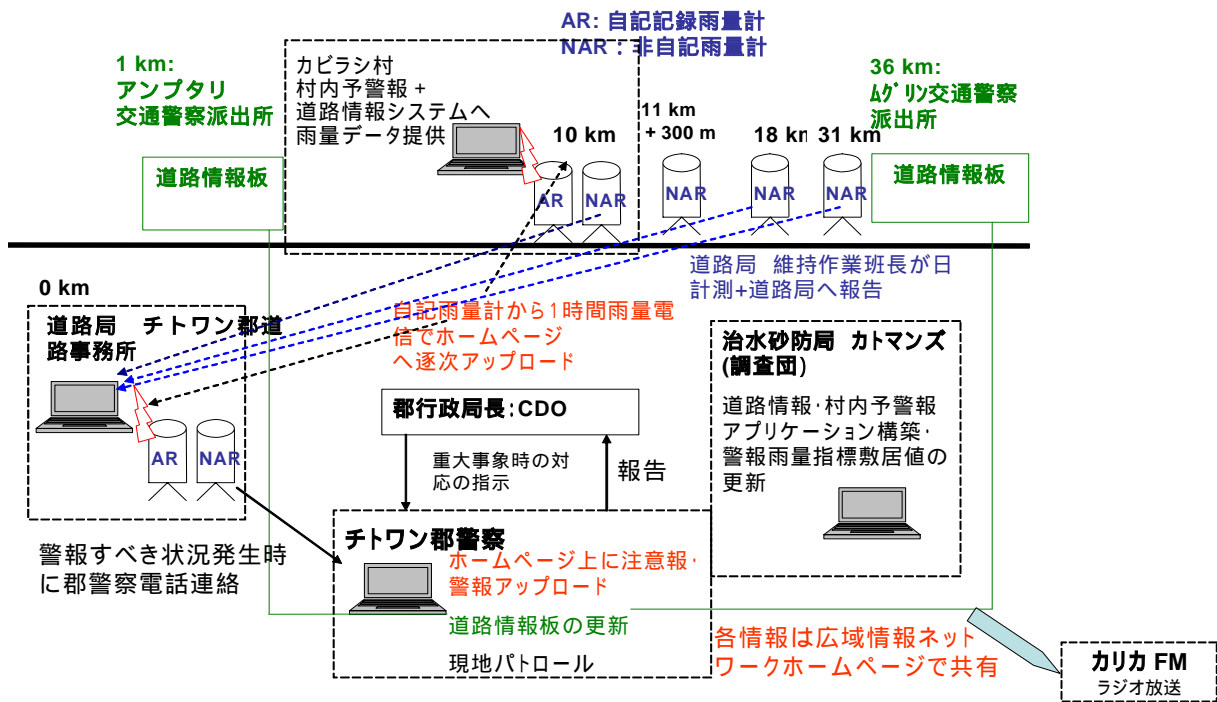


図 4.5.2 N-M 道路早期情報システムの概念図

本システムは解析・モニタリング用コンピュータ、雨量計、情報板から構成され、自動記録雨量計から DRO のモニタリングセンターまで降雨データが逐次発信される。DRO は時間雨量データを解析し、早期道路情報の発信の必要性を判断する。情報提供の最終判断は地区行政官長（以下、CDO）が行い、郡警察署（以下、DPO）に指示する。

このシステムは村民への警報システムとしても、別の警報基準値を用いて適用できる。

表 4.5.1 システムを構成する機器

機器	個数	一般仕様	設置箇所
自記雨量計	2	発信機 マイクロ波	DRO、N～M 道路 CH 10km カピラシ村落開発協議会
非自記雨量計 Rain gauge(M)	5	シリンダー内の水量読み取り	上記 + N～M 道路 CH 11km、21km、31km
コンピュータ	3	データのウェブページアップロード用の CDMA ホーンを含む	DPO、DRO、N～M 道路 CH 10km カピラシ村落開発協議会
情報板	2	手動差し替え式	N～M 道路 CH 1km アンブタリ 10km ムグリン交差点

(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した。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。情報内容の概要を表 4.5.2 に示す。



表 4.5.2 道路情報板による情報（案）

通行障害レベル	通行障害状況	通行障害区間	想定通行障害期間	状況
I	通行止め	A 地点から B 地点	年月日	- 斜面災害
II	渋滞			- 交通事故
III	大雨による通行の危険(すべり易さ、洪水・土砂災害)			- ストライキ
				- 雨量指標基準値による大雨警報・注意報

**(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 4.5.3 に示す。この基準は雨量値と災害記録の今後の蓄積後、再解析を行い、実態にあったものに更新していく必要がある。

表 4.5.3 道路の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、カピラシ村落開発委員会（以下、カピラシ村 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、カピラシ村 VDC 内のデータロガーに自動的に蓄積される。

毎日 1 回、あるいは 12 時間積算雨量が 120mm を越えた場合、ブザーまたは携帯電話で担当者に通知されるので、担当者は、12 時間半減積算雨量値（実効雨量値）への換算を実施し、予警報レベルを確認する。

**(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。値が大きく異なる場合は、自記雨量計の障害（落葉等が集水部を塞ぎ雨量計

観測の障害になっている場合がある)の確認を行う。

#### (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

パイロットプロジェクトの運営と評価のため、チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会を設置する。

チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会はシステム全般の管理を行う。議長は地方行政官長とし、交通情報・警報の発令の最終決定者はDPO署長とする。委員会の構成は、DPO、パラトプールDRO、DWIDPプロジェクト事務所あるいは第三地方事務所、沿道コミュニティ、地方報道機関組合とする。

委員会の活動は下記である。

- 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

地方行政官長、DPO、DROとカピラシ村VDCは道路早期情報システムの主たる関連機関である。

関連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であり、委員会の運営を統括する。このシステムの運用計画の最終決断を行う。

##### 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)
- DRO は 5 基の雨量観測を行いコンピュータにより観測データを解析する。DRO の役割は以下のとおりである。
- 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) カピラシ村村落開発協議会 (カピラシ村 VDC)
- カピラシ村 VDC は 2 基の雨量観測を行い
- 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
  - カピ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 4.5.4 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 4.5.4 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			875,410	43,771
上記初期投資額の50%				
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) 便益および費用対効果

このシステムの導入による便益を以下に計上する。

- 道路斜面災害により生じる潜在年人身損失および潜在年車輛損失の50%が回避される。
- 道路斜面災害により生じる潜在年交通阻害損失の10%回避される。
- 道路斜面災害以外の道路通行阻害情報(交通事故、ストライキ)、大雨予警報によるスリップ事故の回避便益については計測する手法が無いため計上しない。

表 4.5.5 に示すとおり、便益は年間約 1,056 万ルピー/年となり、費用 15 万ルピー/年に対し便益費用比は 7.3 となり、大きな費用対効果が見込まれる。

表 4.5.5 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。

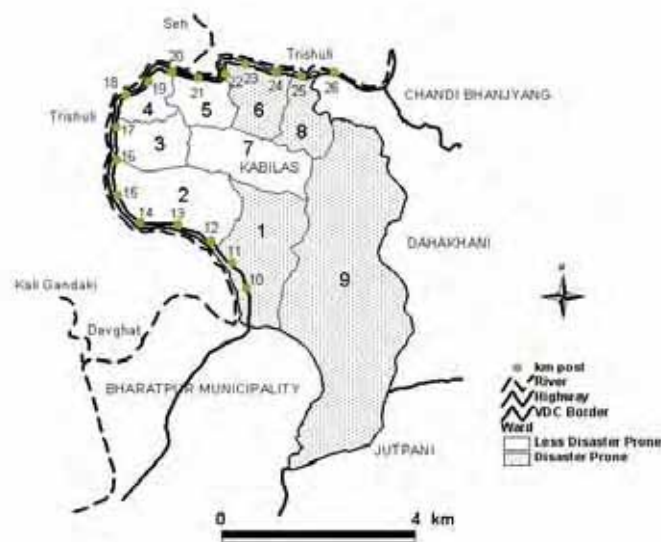


図 4.6.1 カビラシ村内の区の区分

### 4.6.3 減災活動の概要

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

斜面災害に係る教育プログラムを、生徒や村民が防災についての知識を普及する目的で導入する。

(3) 早期警戒・避難システム運用

図 4.6.2 に早期警戒・避難システムの概念図を示す。警報・注意報基準は雨量値の解析と村内のハザード状況を考慮して決定する。

(4) 簡易な斜面对策工

N-M 道路 CH 11km+500 地点山側斜面・溪流で、村民による簡易土木工事のモデルケースとして実施する。

(5) 植林と対策工計画

植林計画は村内の森林状況を考慮のうえ作成する。

NPO Shaplaneer（以下、シャプラニール）と NGO Rural Reconstruction Nepal（以下、RRN）により下記のプロジェクトがカピラシ村で進行中であり防災教育を中心に連携を行う。

“Project on Disaster Preparedness and Sustainable Livelihood Development Project, Chitwan District, Nepal”

このプロジェクトは主として 1) 財務/貯蓄による所得創出 2) 災害削減の 2 つのプログラムから構成される。

また、減災活動を実施するにあたり、住民防災組織を形成した。カピラシ村において形成された減災活動組織図を図 4.6.2 に示す。

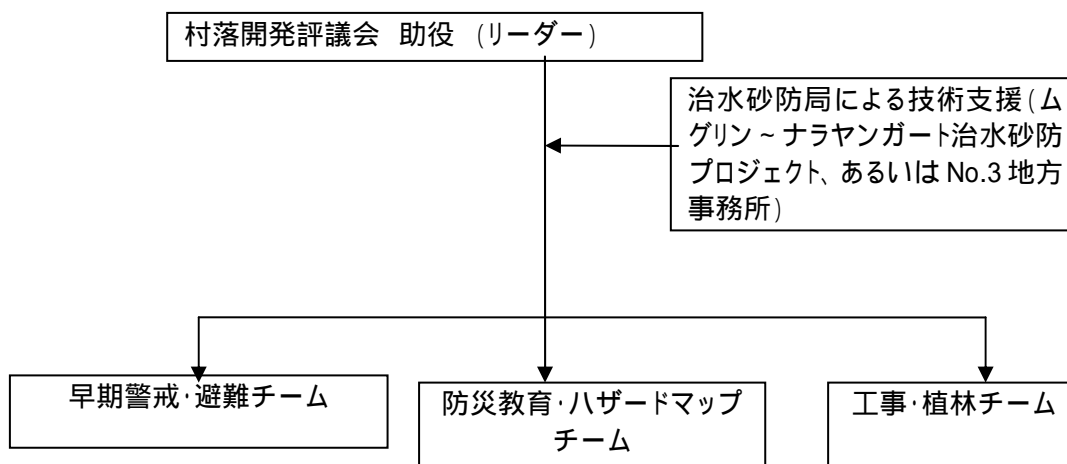


図 4.6.2 カピラシ村における減災活動の促進

カピラシ村 VDC 助役と各チームの災害削減活動における役割を表 4.6.1 に示す。

表 4.6.1 カピラシ村における減災活動の組織と役割

組織	役割
カピラシ村 VDC 助役(プロジェクト主任)	- カピラシ村における統括管理者
カピラシ村 VDC 職員	- カピラシ村落開発評議会助役の助手
早期警戒・避難チーム	- 自記雨量計の維持管理 - 非自記雨量計の補助データとしての観測 - 大雨に伴う洪水・土砂災害リスクレベルの確認 住民への注意報・警報発令
防災教育・ハザードマップチーム	- 調査団、DWIDP、NGO RRN との共同作業でのハザードマップの用意 - 学校や住民向けの防災教育の提供
工事・植林チーム	- N-M 道路 11km+500 地点山側斜面・溪流で、村民による簡易土木工事を実施・管理(2008年6月16日作業完了) - 土壌浸食の保全、収益形成を目的とした新たな簡易土木工事・植林計画の作成
DWIDP、MNWIDPP、あるいは No.3 地方事務所	- カピラシ村における減災活動へのアドバイスと支援

### (1) ハザードマップ作成

以下の2段階のハザードマップを調査団、DWIDP、RRN との共同作業として作成した。

第1段階：衛星画像をベースとしたハザードマップ (Quick Bird)

第2段階：地形図をベースマップとしたハザードマップ

ハザードマップでは以下の情報を示し、避難や防災教育に活用する。

- 災害履歴：発災位置、発災日時、被災者、被災状況、素因・誘因等
- ハザード：発災危険斜面、溪流、道路、倒木
- 豪雨時の危険家屋：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（焼畑の跡など）、不良な水利用（大量漏水を伴う灌漑水路）等
- 植林候補地：候補地範囲と適正な樹種等を記載（NPO シャプラニールとの連携）
- 避難経路：避難時の主な経路と避難場所を記載

また、ハザードマップの更新に関しては、災害の頻度にもよるが、数年単位でハザードマップを更新することとする。

このために、本プロジェクト終了後も、住民防災組織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。パイロットプロジェクトの中でその体制作りと教育を実施する。

## (2) 防災教育

村民と生徒への防災教育を雨季の開始前に年1回実施すべきである。教育プログラムを以下に示す。

### A) 村民へのプログラム

過去災害の検証と危険地区の認識（ハザードマップ使用）

カピラシ村における早期警戒・避難システム

### B) 生徒へのプログラム（5年生）

土砂災害の基礎知識

地図の見方

降雨と洪水・土砂災害の関係

カピラシ村における早期警戒・避難システム

カピラシ村 VDC のメンバーは DWIDP の支援により防災教育の指導員の役割を担う。学校教師は生徒への防災教育を行う。

## (3) 早期警戒・避難システム運用

自記雨量計・非自記録雨量計を各1基設置し、早期警戒・避難システムを構築運営した。

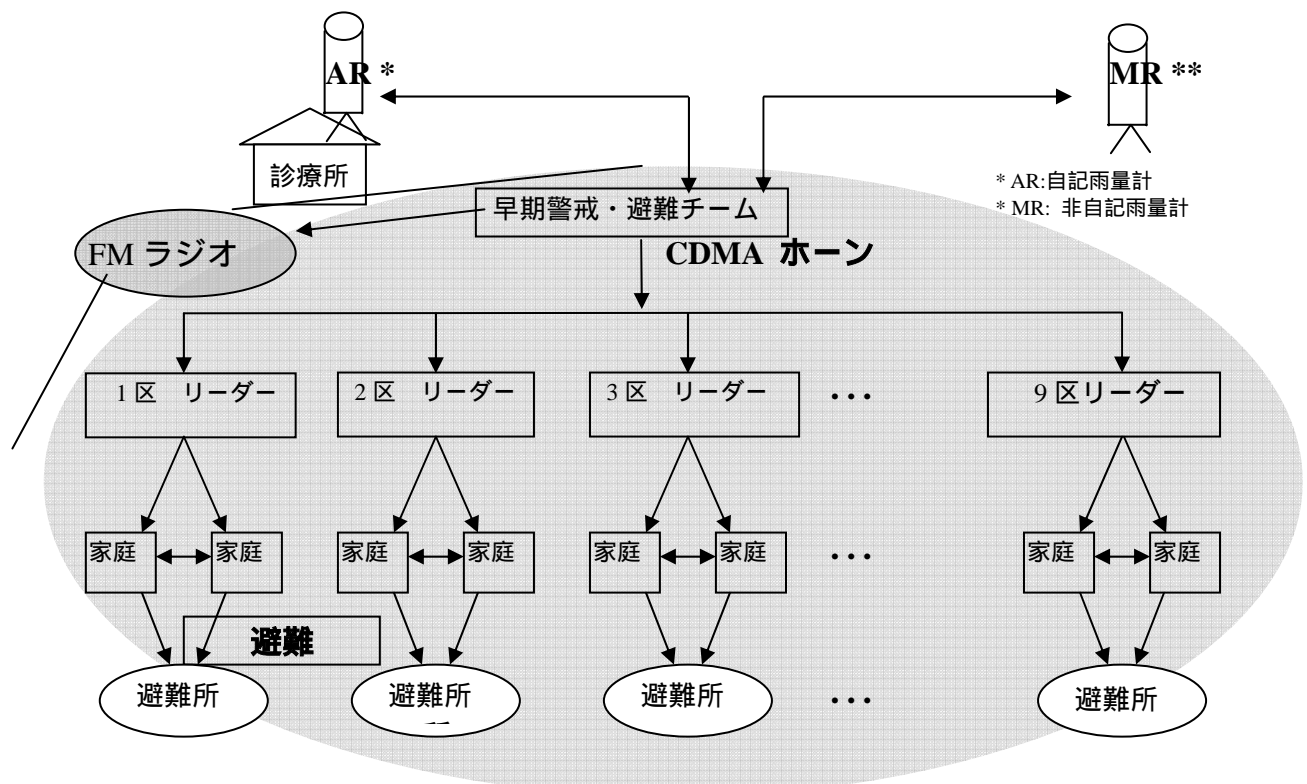


図 4.6.3 カピラシ村における早期警戒・避難システム

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、カピラシ村内の診療所の屋根に自記雨量計を、コンピュータを役場に設置し、雨量データをウェブページにアップロ



ードする。

そこで交代制で住民防災組織モニタリングチームが管理運営を行う。このとき日誌を残し、天候と降雨量、降雨量に対する判断と対応等を記録するようにする。

表 4.6.2 住民向け豪雨時早期警戒・避難基準案

予警報レベル	基準	行動	
		道路利用者	住民
レベルⅣ	12時間半減積算雨量(実効雨量)=180mm 10年再現期間	警報 通行取り止め勧告	警報 避難勧告
レベルⅢ	12時間半減積算雨量(実効雨量)=140mm 5年再現期間	注意報 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	注意報 避難準備勧告
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	警戒態勢開始 パトロール開始、緊急対応のための職員、作業員の招集および機材準備 1時間毎の換算積算雨量値(実効雨量値)の計算とウェブページ更新	警戒態勢開始 早期警戒・避難チームへ、区および居住区代表への通報 1時間毎の換算積算雨量値(実効雨量値)の計算とウェブページ更新

#### 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4.6.3に一覧する。費用の年額としては約4万ルピー/年が見込まれる。これらの機材は道路早期情報システムでも活用される。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 4.6.3 カピラシ村早期警戒・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、カピ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、カピラシ村では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。

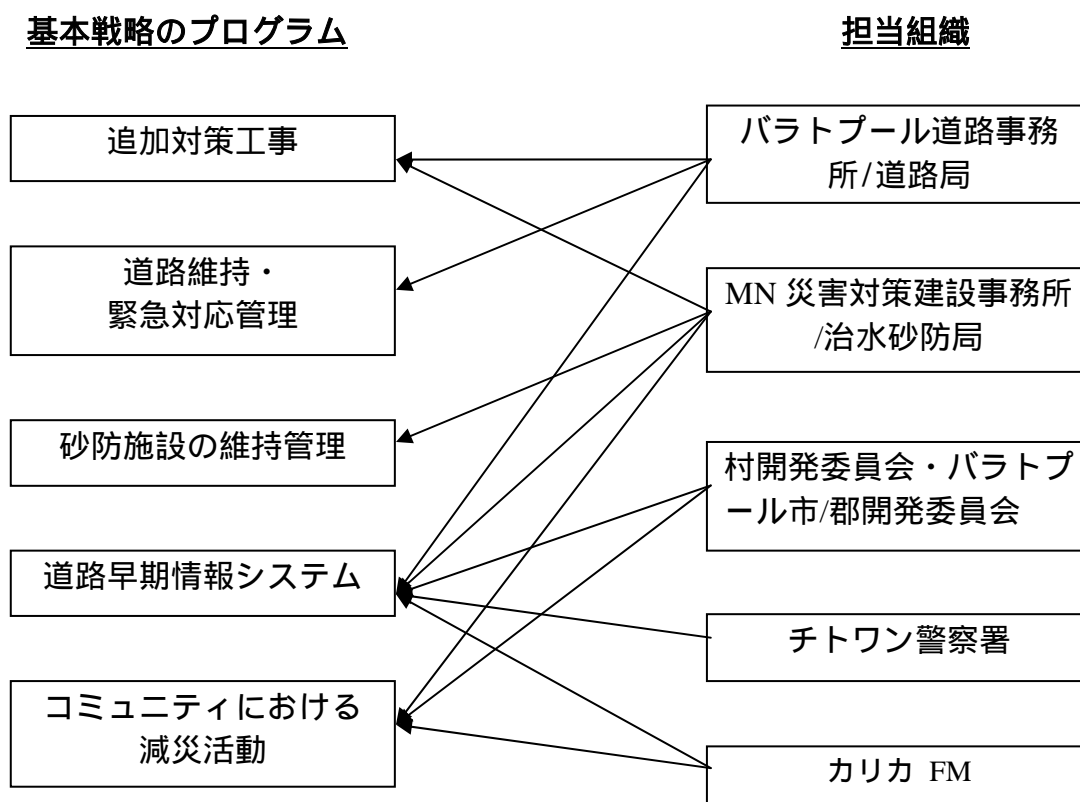


図 4.7.1 基本戦略実施の担当組織

#### (1) バラトプール DRO/DOR

- 道路斜面の追加対策工事の実施
- 道路維持管理と災害緊急対応
- 雨量観測と DPO へのリスクレベルの報告
- 監視機器の維持管理

#### (2) MN 災害対策建設事務所/DWIDP

ムグリーン～ナランガート災害対策建設事務所は、砂防施設の維持管理及びコミュニティにおける減災活動の内、小規模防災対策の技術支援を行う。また、DWIDP は蓄積された雨量観測資料を解析し災害発生基準値の更新を行う。

**(3) カピラシ村 VDC・バラトプール市/郡開発委員会**

バラトプール市、沿線各村委員会は、バラトプール DRO、チトワン DPO への道路状況の情報提供をおこなう。また、道路早期情報システム、早期警戒・避難システムを活用し住民の災害時安全管理活動を行う。またそれぞれの村の小規模災害対策工事を企画し実施する。

郡開発委員会は、上記各村の予算・人材面での補助を行うと同時に情報システム管理を行う。

**(4) チトワン警察署**

チトワン DPO は、道路早期情報システムの中心的組織である。

- 道路交通管理方針の策定
- 道路情報を判断し道路情報板およびウェブページの情報更新
- カリカ FM への情報提供

**(5) カリカ FM**

DPO およびカピラシ村からの情報をラジオ放送する。

**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を表 4.7.1 から表 4.7.4 に示す。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。

**表 4.7.1 バラトプール DRO 予算**

プログラム	費目	数量	金額 (ルピー)	備考
追加対策工事	工事費	1 式	221,600,000	
			<b>年次金額 (ルピー/年)</b>	
道路維持管理	維持管理費	1 式	25,650,000	年次計画書による
緊急対応管理	燃料費/労務費	1 式	392,000	同上
道路早期情報システム		1 式	20,000	機材管理 CDMA ホーン通話料

**表 4.7.2 MN 道路対策建設事務所予算**

プログラム	費目	数量	年次金額 (ルピー/年)	備考
砂防施設の維持管理	土砂除去費	1 式	1,028,000	
計			1,028,000	

表 4.7.3 チトワン DPO 予算

プログラム	費目	数量	年次金額 (ルピー/年)	備考
道路早期情報システム	運用・維持費	1 式	25,000	機材管理 CDMA ホーン通話料
計			25,000	

表 4.7.4 カピラン村予算

プログラム	費目	数量	金額 (ルピー/年)	備考
早期警戒・避難システム	運用・維持費	1 式	22,000	機材管理 CDMA ホーン通話料
計			22,000	

## 4.8 基本戦略の評価

### 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效果がある。

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 箇所の追加対策工事によって各当該箇所の年潜在リスクを 100 万ルピー/年以下への削減	工事費計 204 万ルピー 年便益 30 万ルピー/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 万ルピー/年以上)が 100 万ルピー/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 万ルピー/年 年便益 145 万ルピー/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 万ルピー/年 年便益 53 万ルピー/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 万ルピー/年以上になると見込まれる 6 渓流の排砂管理	年排砂費 1.0 万ルピー/年 年便益 1.3 万ルピー/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 万ルピー/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 万ルピー/年 年便益 10.56 万ルピー/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(カピラシ村)	豪雨時の早期警戒・避難システム	年費用 0.04 万ルピー/年 年便益 0.71 万ルピー/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警戒・避難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

##### 5.1.1 道路早期情報システムの概要

道路早期情報システムは、N-M 道路における雨量や災害に関連する現象・事故・ストライキ等の交通機能を阻害する目撃情報および雨量情報の収集を行い、収集した情報を道路利用者に迅速に提供して、道路通行阻害に対して生じる損失の軽減・回避を図るものである。情報の提供者は、沿道住民や道路利用者を含むものとし、地域防災パートナーシップを念頭におく。

##### 5.1.2 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。

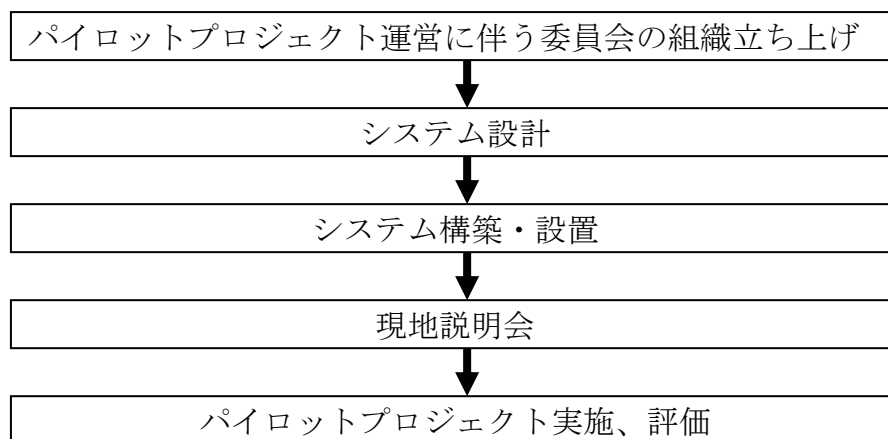


図 5.1.1 実施手順

##### (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、複数の機関が連携して実現するシステムであることから、関係する機関によってシステム全体の設計や運営、次年度以降の予算の確保を実施する委員会を組織した。



**(2) システム設計**

関係する各機関の役割や情報の流れを含む全体システムの設計、コンピュータシステム、道路情報板の設計、道路防災モニタ制度についての検討を行った。

**(3) システム構築・設置**

コンピュータシステムの構築、道路情報板の制作を実施し、雨量計を含む機器を現地に設置した。また、コンピュータシステムの利用マニュアルを作成した。

**(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担当箇所の操作説明を実施した。

**(5) パイロットプロジェクト実施、評価**

パイロットプロジェクトセミナー（2008年6月26日）の実施後より、雨季の間、パイロットプロジェクトを実施した。また、同年11月に道路利用者およびパイロットプロジェクトの実施者へのヒアリングを実施し、パイロットプロジェクトの評価を実施した。

## 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、複数の機関が連携して実現するシステムであることから、関係する機関によってシステム全体の設計や運営、次年度以降の予算の確保を実施する委員会を組織した。

#### 委員会の名称

本パイロットプロジェクトⅠ（道路早期情報システム）と次章に示すパイロットプロジェクトⅡ（コミュニティ（カビラシ村）における減災活動）の連携を踏まえて、本委員会の名称は、「チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会」とする。

#### 委員会組織の構成

委員会組織の構成は、円滑な運営を目的として可能なかぎりシンプルな形とする方針とし、中央省庁で構成する「支援委員会」と地方で構成する「計画・評価委員会」、「事務局」、「事務局員」からなる。また、これらの基で、道路早期情報システム実行班とカビラシ村減災活動実施班がパイロットプロジェクトを実施した（図 5.2.2 参照）。各組織の役割を表 5.2.1 に示す。

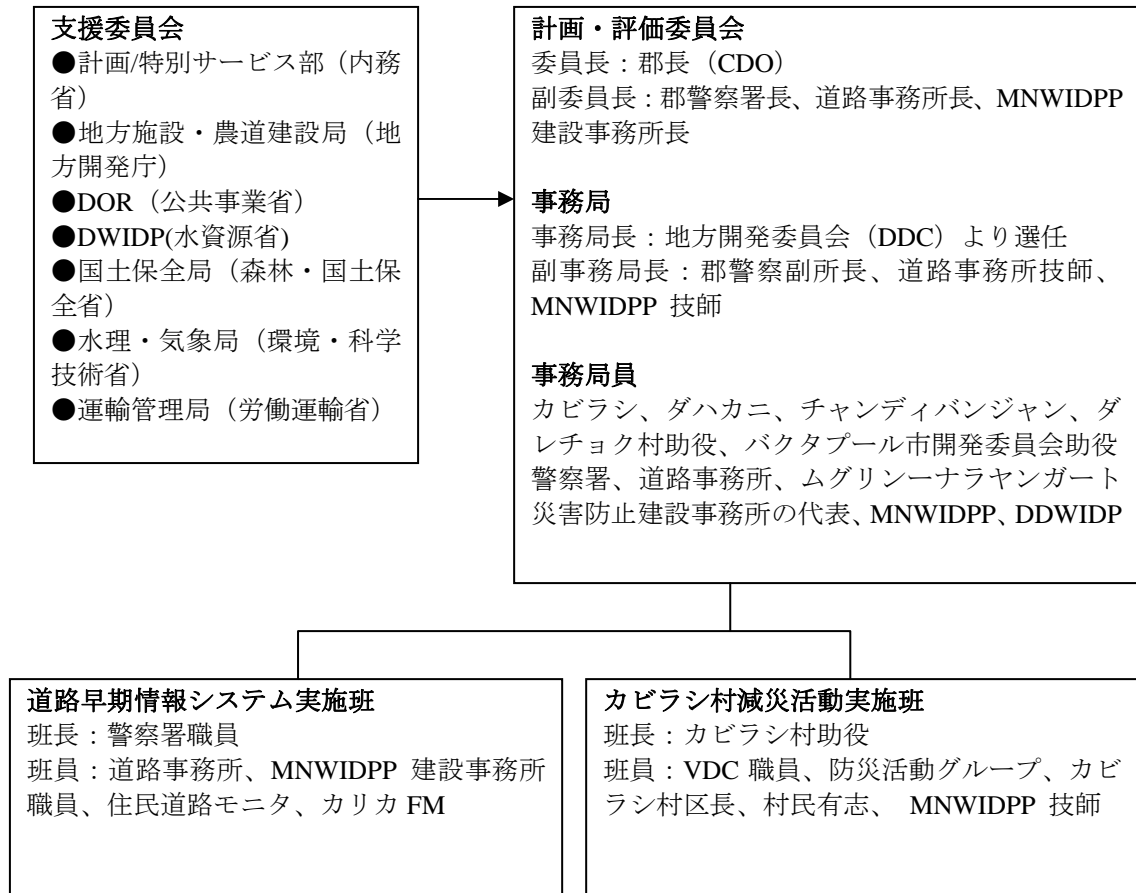


図 5.2.1 チトワン郡災害管理パートナーシップ委員会組織図

表 5.2.1 (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

計画評価委員会	
<b>組織</b>	計画・評価委員会の役割
<b>委員長</b>	
郡長(CDO) チトワン郡	1. 年2回 計画・評価委員会を招集 2. 計画・評価委員会の促進 3. 地域防災管理の促進 4. 災害時の危機管理の実施
<b>副委員長</b>	
DPO 署長 (SP) , チトワン DPO	1. 委員長のサポート 2. 災害管理を役割とする DPO 職員への指示と促進 3. 災害時の危機管理の実施
DRO 所長	1. 委員長のサポート 2. 災害管理を役割とする DOR 職員への指示と促進 3. 道路災害復旧の危機管理の実施
MNWIDPP 建設事務所長	1. 委員長のサポート 2. 災害管理を役割とする DWIDP 職員への指示と促進 3. 洪水・土砂災害復旧の危機管理の実施
<b>事務局</b>	
<b>事務局長</b>	

地方開発委員会(DDC)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. コミュニティにおける減災活動の計画の作成とレビュー</li> <li>2. 雨季の後の年間活動のレビュー</li> <li>3. コミュニティにおける減災活動の指導と管理</li> </ol>
<b>副事務局長</b>	
DPO 副所長(DSP), チトワン DPO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 災害管理と N-M 道路早期情報システムの行動計画の作成とレビュー</li> <li>2. バス会社、運送会社からの道路情報モニタの委嘱</li> <li>3. 交通マナーと N-M 道路早期情報システムを含む災害管理の一般人への教育</li> </ol>
DRO 技師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 災害管理と N-M 道路早期情報システムの行動計画の作成とレビュー</li> <li>2. 雨量計モニタと N-M 道路の洪水・土砂災害時の緊急パトロール者の選任</li> </ol>
MNWDIPP / DDWDIP 技師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 災害管理と N-M 道路早期情報システムの行動計画の作成とレビュー</li> <li>2. N-M 道路とコミュニティのための組織上の施策の追加構築</li> <li>3. 既設砂防施設の維持、点検</li> <li>4. 雨と災害の関係およびしきい値の見直し</li> <li>5. N-M 道路沿いのハザードマップの修正</li> <li>6. コミュニティにおける減災活動への技術的アドバイス</li> </ol>
<b>メンバー</b>	
カビラシ、ダハカニ、チャンディバンジャン、ダレチョク村助役 バクタプール市開発委員会助役.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. コミュニティにおける減災活動の計画の作成とレビュー</li> <li>2. N-M 道路沿いの住民から道路情報モニタを委嘱</li> </ol>
DPO の代表	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. DSP のサポート</li> </ol>
DRO の代表	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. DRO 技師のサポート</li> </ol>
MNWDIPP / DDWDIP の代表	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. DDWDIP 技師のサポート</li> </ol>
<b>支援委員会</b>	
計画/特別サービス部(内務省)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 災害管理政策と方法論のアドバイス</li> <li>2. 被災者の救出と救援物資の提供</li> <li>3. 災害期間の前後における DPO と交通警察に対する道路早期情報システムの管理についての教育</li> </ol>
地方施設・農道建設局(地方開発庁)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. チトワン DDC の政策とプログラムの遂行とモニタリングのためのアドバイス.</li> <li>2. 地方レベルの技術開発に関するアドバイス</li> <li>3. 災害対応のための村の開発委員会へのアドバイス</li> </ol>
DOR	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 効率的に道路網を維持するためのアドバイス</li> <li>2. 道路交通障害への迅速な対応に関するアドバイス</li> </ol>
DWDIP	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 洪水・土砂災害管理の政策と方法論のアドバイス.</li> <li>2. 洪水・土砂災害管理の立案と実行</li> <li>3. 洪水・土砂災害管理上のコミュニティの自立プログラムと訓練</li> <li>4. 洪水・土砂災害管理の教材の作成</li> </ol>
国土保全局(森林・国土保全省)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 森林の保護、管理、利用および土壌保全に関するアドバイス</li> <li>2. 災害に関連した森林開発のアドバイス</li> </ol>
運輸管理局(労働運輸省)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 前回の災害時の輸送管理についてのアドバイス</li> </ol>
水理・気象局(環境・科学技術省)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 水文学、気象学、災害管理に関する知識とノウハウのアドバイス</li> <li>2. 災害や交通障害に役立つ水文学、気象学のデータの共有</li> </ol>

表 5.2.1 (2) N-M 道路早期情報システム実施班

組織	役割
DPO 職員 (Chief Organization)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 道路早期情報システムの操作と管理</li> <li>2. 交通障害に関するパトロールおよび判断</li> <li>3. 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</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. 通行障害情報、豪雨による予警報のウェブページへのアップロード</li> <li>5. 交通障害への緊急対応</li> </ol>
DRO 職員	<ol style="list-style-type: none"> <li>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)</li> <li>2. 豪雨による早期警戒の判断と DPO への報告</li> <li>3. 豪雨と災害の後の道路パトロール</li> <li>4. 洪水・土砂災害への緊急対応</li> </ol>
MNWIDPP / DDWIDP 職員	<ol style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>2. 洪水・土砂災害への DRO の緊急対応のサポート</li> </ol>
道路情報モニタ (地域住民/ドライバー)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通行障害情報の DPO への報告</li> </ol>
カリカ FM	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通行障害情報、豪雨による予警報などの情報を一般に公示する。</li> </ol>

表 5.2.1 (3) カビラシ村防災管理実施班

組織	役割
カビラシ村助役(Project Chief)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. カビラシ村の災害管理活動</li> </ol>
村 VDC 職員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. VDC のサポート</li> </ol>
防災活動グループ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 雨量計のモニタリング</li> <li>2. 村民への早期避難情報</li> <li>3. 災害発生時の緊急対応</li> <li>4. 村民とのハザードマップ作成</li> <li>5. 学校での防災教育</li> </ol>
カビラシ村各区長	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 森林計画とその実行</li> <li>2. 簡易斜面对策工の実施</li> </ol>
MNWIDPP/DDWIDP 技師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 災害管理に関するアドバイス・サポート</li> </ol>

### 5.2.2 システム設計

本節では、パイロットプロジェクトを実施する各機関の役割や、情報の流れを含む全体システムの設計、コンピュータシステム、道路情報板の設計、道路防災モニタ制度についての検討を行った。

#### (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する。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 5.2.3 に示す。



図 5.2.2 雨量計の設置位置

自記雨量計については、自動的に毎時間 1 時間雨量を収集する。非自記雨量計については、降雨日のみ 1 日雨量を収集する。詳細を表 5.2.2、表 5.2.3 に示す。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。

表 5.2.2 自記雨量計の詳細

項目	内容
実施頻度	1 回/時間
収集する情報	1 時間雨量
雨量計設置場所	2 か所 DRO : 0km カビラシ村 VOC 事務所近傍 : 10km
収集方法	自記雨量計から無線発信されるデータを DRO とカビラシ村のコンピュータに接続されているデータロガーが自動的に収集する。
記録方法	自動的にコンピュータに接続したデータロガーが自動的に蓄積する。

表 5.2.3 非自記雨量計の詳細

項目	内容
実施頻度	降雨日：1回/日（朝8時）
収集する情報	無降雨日：計測しない 収集する情報 日雨量
雨量計設置場所	5か所 DRO管理：0km、11km、21km、31km （11km、31kmは道路維持作業監督（スーパーバイザー）が管理） カビラシ村管理：10km、21km
収集方法	非自記雨量計設置現場に行き、目視で確認する
記録方法	Excelの様式に手入力する。

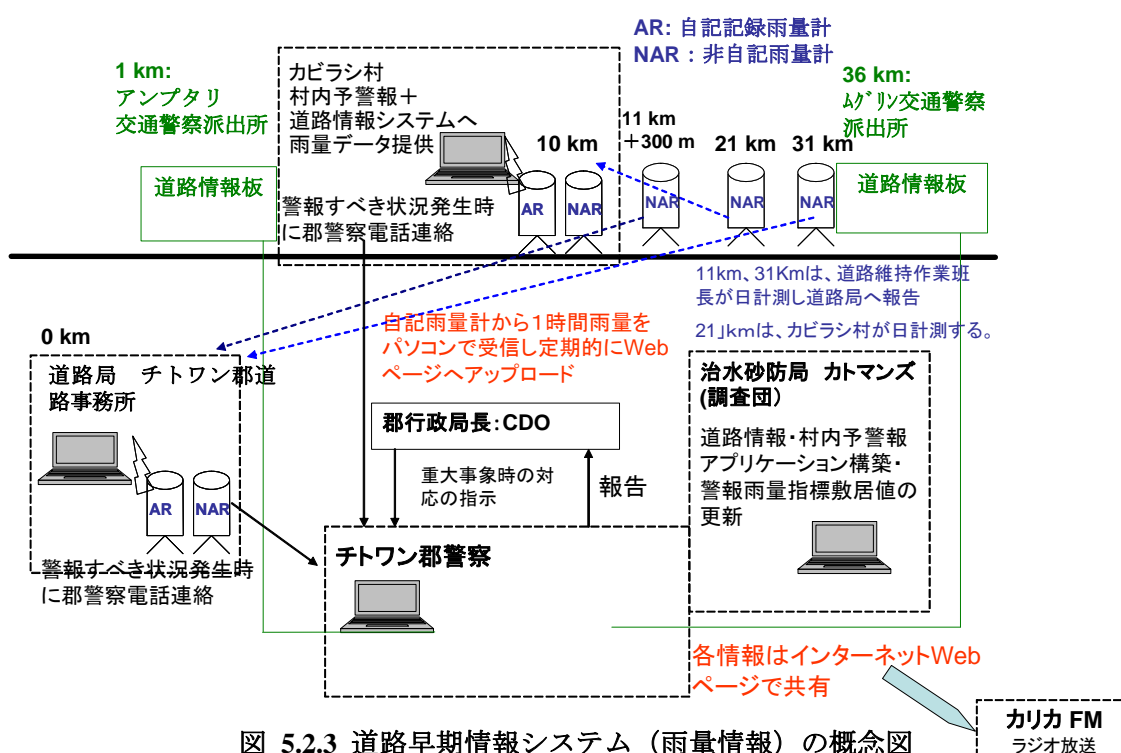


図 5.2.3 道路早期情報システム（雨量情報）の概念図

## (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 5.2.4 参照）によって行なった。

これらの判断は、DRO およびカビラシ村が実施し、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 5.2.4 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) 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
レベル I	12 時間半減換算積算雨量=60mm 1 年再現期間	

### (3) モニタ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。

目撃情報の提供者については、日々、道路管理作業を実施している DRO の道路維持作業監督 (スーパーバイザー)、道路維持作業員 (レンスワーカー) と、信頼できる道路利用者として沿線市村、DPO が委嘱する道路情報モニタ、道路移動情報モニタを新たに設置した。

### (4) 通行阻害情報の判断

DPO は、通報された情報を基に現地確認を行い、現地確認の結果を合わせて通行阻害情報の提供内容を判断する。

### (5) 雨量情報、通行阻害情報の提供

判断の結果、道路利用者等への情報提供は、次の 3 つの方法で実施する。

- 道路情報板
- インターネットウェブページ
- ラジオ放送 (カリカ FM : 95.2Hz)

#### 1) 道路情報板

N-M 道路の始点と終点付近に、雨量情報や通行阻害情報を掲示する道路情報板を設置した。

#### 2) インターネットウェブページ

DPO のコンピュータよりインターネットに接続してウェブページを更新 (アップロード) し情報提供を行う。またこれらの情報をカリカ FM よりラジオ放送する。

### (6) システム構成機器

道路早期情報システムを構成する機器および設置場所を以下に示す。



表 5.2.5 システム構成機器

機器名称	数量	設置場所	機能
自記雨量計、CDMA (CDMA 接続)	2	0km(DRO) 10km(カビラシ村)	時間雨量を計測、CDMA を介して対応する PC にデータを送信
コンテンツ作成パソコン、CDMA、UPS (CDMA、インターネット接続)	2	DRO カビラシ村	時間雨量受信プログラム 1 時間雨量受信機能 12 時間半減換算積算雨量算出・グラフ作成プログラム 予測 1 時間雨量算出 12 時間半減換算積算雨量算出 Excel グラフ作成 Excel、画像(JPG) 警報、注意報、警戒体制開始の判定 (手動) コンテンツ (HTML) 作成 (手動) ホームページ更新 データのバックアップ機能
コンテンツ作成パソコン、UPS (インターネット接続)	1	DPO	情報収集 (手動) 通行阻害情報コンテンツ作成 (手動) ホームページ更新
ウェブサーバー	(1)	DWIDP のウェブサーバーの一部を利用	3 か所のコンテンツ作成 PC からのコンテンツ受信 インターネットに配信
非自記雨量計	4 (1)	0km(DRO) 10km(カビラシ村) 11km300 既設 18km、31km	日雨量を計測 豪雨時には適宜、時間雨量などを計測
道路情報板	2	1km (アンプタリ交通警察派出所) 36km(ムグリーン交通警察派出所)	ナラヤンガート～ムグリーン道路の始点側と終点側に設置し、雨量警報情報や通行阻害情報を表示

## (7) 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 5.2.6、表 5.2.7 に示す。

表 5.2.6 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 5.2.7 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	<ul style="list-style-type: none"><li>・全幅員通行止め</li><li>・片側1車線通行止め</li><li>・渋滞</li></ul>	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	<ul style="list-style-type: none"><li>・洪水・土砂災害</li><li>・交通事故</li><li>・ストライキ</li></ul>	同左

(8) ウェブページ画面イメージ

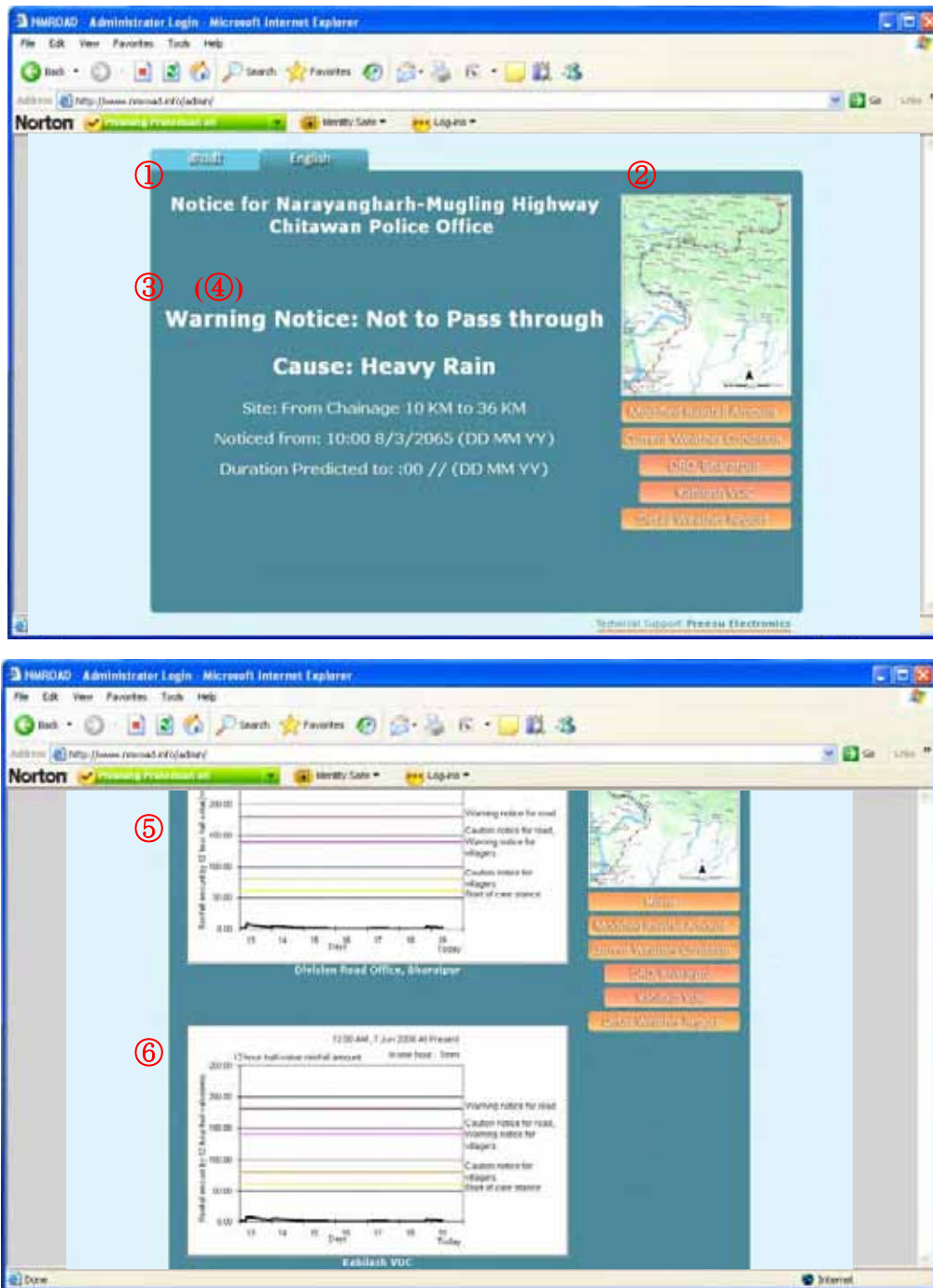


図 5.2.4 画面イメージ

表 5.2.8 画面表示項目

No	項目	内容
①	タイトル	ホームページの名称と発表元の警察の名称を表示（更新なし）
②	地図	N-M 道路の位置を表示（更新なし）
③	雨量情報	雨量注意報、警報などを表示（DPO が更新）
④	通行障害情報	通行止めや渋滞などの情報を表示（DPO が更新）
⑤	12 時間半減換算積算雨量グラフ（0km 地点）	DRO（0km 地点）の時間雨量を基に算出した 12 時間半減換算積算雨量グラフを表示（DRO が更新）
⑥	12 時間半減換算積算雨量グラフ（10km 地点）	カビラシ村（10km 地点）の時間雨量を基に算出した 12 時間半減換算積算雨量グラフを表示（カビラシ村が更新）

### (9) DRO・カビラシ村コンテンツ作成パソコンの機能

#### 1) 時間雨量受信プログラム

自記雨量計の 1 時間雨量データを受信し、表示する。

#### 2) 12 時間半減換算積算雨量算出・グラフ作成プログラム

##### a) 予測雨量の算出

1 時間雨量の最終値を基に、次の 1 時間雨量（予測雨量）を算出する。算出式は、過去の 1 時間雨量データより、次のとおりとする（第 2 章参照）。

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

ここに

$R_{prd}$  = ある時点から 1 時間後までの 1 時間雨量値

$R_{obs}$  = ある時点までの 1 時間雨量値

現在時間雨量の入力は、1) で受信・表示したデータを手動でプログラムに入力するものとする。

ここで算出した予測雨量は、次の b) 12 時間半減換算積算雨量で利用する。

##### b) 12 時間半減換算積算雨量の算出

12 時間半減換算積算雨量の算出は、次のとおりとする。

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

ここに、

$RA_{Hh_v}(t)$  = '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)

$$H = 12$$

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

$$12 \text{ 時間半減換算積算雨量} = X_{168}(0.5)^{168/12} + X_{167}(0.5)^{167/12} \cdots + X_1(0.5)^{1/12} + X_0 + X_{-1}$$

※  $X_n$  は、n+1 から n 時間前の時間雨量

- ※ X0 は、現在までの1時間雨量
- ※ X-1 は、現在から1時間後までの予測1時間雨量

非自記雨量計の計測値は、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。

#### c) グラフ作成

b) で算出した12時間半減換算積算雨量をもとに次のグラフを作成する。作成したグラフは、Excelファイルおよび画像（JPG形式）ファイルとして保存する。

表 5.2.9 グラフの仕様

項目	内容
グラフ種類	折れ線グラフ
表示期間（横軸）	1週間（過去6日間 + 本日）
縦軸	0mm ～ 250mm 次のラインを表示する。 60mm 黄色（1年再現期間） 80mm オレンジ（2年再現期間） 140mm ピンク（5年再現期間） 180mm 赤（10年再現期間）

#### d) 警報、注意報、警戒体制開始の判定

b) で算出された12時間半減換算積算雨量をオペレータが確認し、しきい値をこえていないか判定する。超えた場合は、DPOに警報、注意報などの発表を要請する。

#### e) ホームページコンテンツの作成

c) で作成したグラフ画像とb)の12時間半減換算積算雨量を基に、ホームページコンテンツ（HTMLファイル、JPGファイル一式）を作成する。

ホームページコンテンツは、あらかじめ雛型を用意しておき、次の内容を書き換えることで完成するものとする。

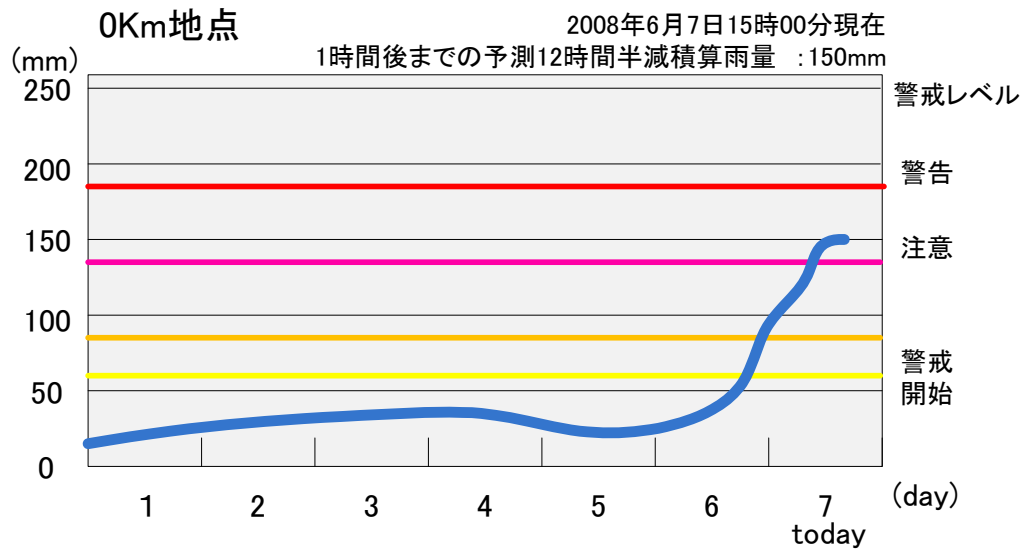


図 5.2.5 グラフイメージ

画面は、DRO、カビラシ村からそれぞれアップロードするものとする。

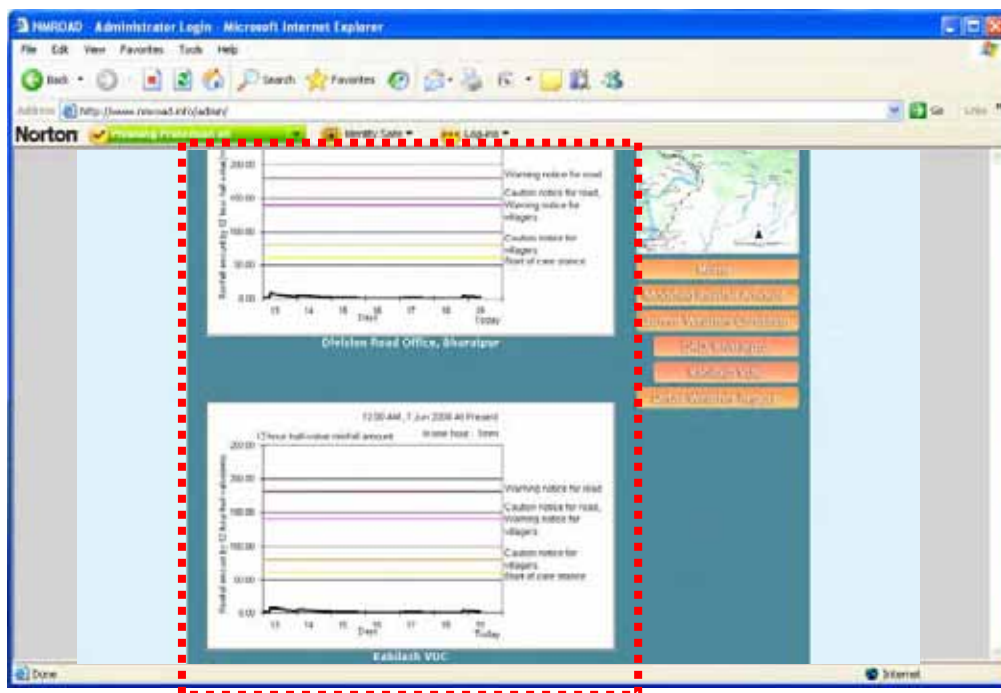


図 5.2.6 画面イメージとグラフの表示位置

#### f) ホームページの更新

e) で作成したホームページコンテンツをインターネット上にあるウェブサーバーにアップロードする。

## g) データの蓄積

c) で作成された、12時間半減換算積算雨量のファイルは、すべて（10年程度）蓄積するものとする。

## (10) DPO コンテンツ作成パソコンの機能

## 1) ウェブコンテンツの作成

DPO は、表 5.2.10 に示す各担当機関から雨量情報（表 5.2.11）・通行障害情報（表 5.2.12）を電話などにより収集した後、現地確認を行いその判断した結果をウェブページコンテンツ（HTML ファイル形式）として作成する。

図 5.2.7 にウェブページのイメージを示す。

表 5.2.10 DPO 収集情報

情報種類	担当機関等
雨量情報	DRO、カビラシ村
通行障害情報	道路維持作業監督（スーパーバイザー）、道路維持作業員（レンスワーカー）、道路情報モニタ、道路移動情報モニタなど

## 2) 雨量情報の表示項目

表 5.2.11 雨量情報の表示項目

項目	ウェブの内容
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
場所	場所：10km 地点から 36km 地点
発令年月日	発令：yyyy 年 mm 月 dd 日 hh 時
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

## 3) 通行障害情報の表示項目

表 5.2.12 通行障害情報の提供項目と内容

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



図 5.2.7 雨量情報・通行阻害情報 画面イメージ

DPO がアップロードする画面は、フレーム構成の中段左側（図 5.2.8 参照）に表示するものとする。

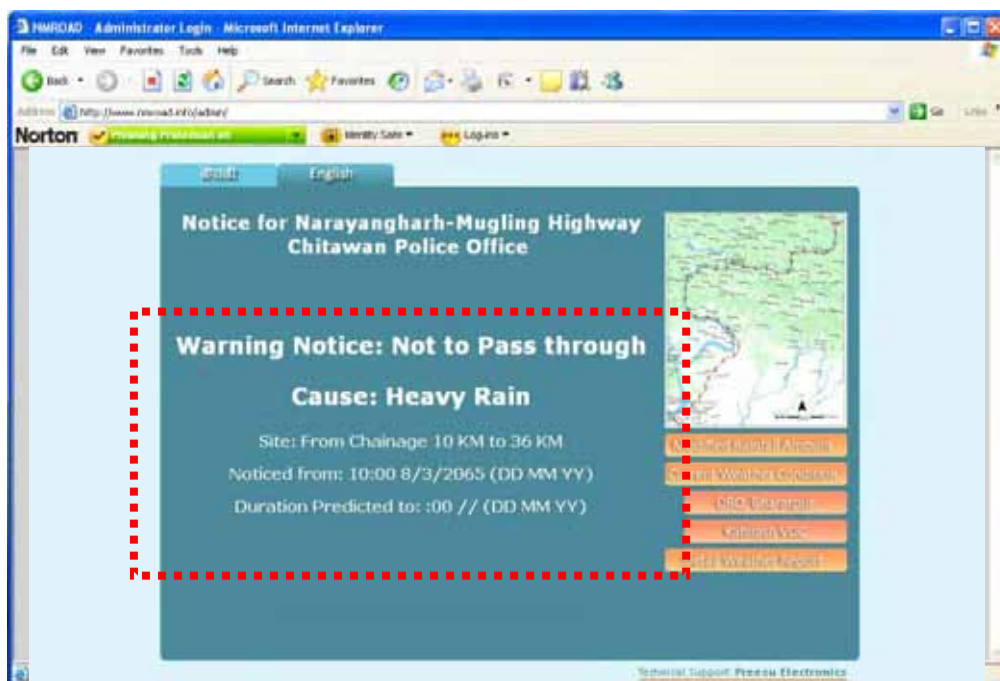


図 5.2.8 画面イメージと雨量情報・通行阻害情報表示位置

## (11) 道路情報板の設置と情報の提供

### 1) 情報板の設置位置

道路情報板は、継続的に運用することを考慮して、メンテナンスの容易な手動差し替え方



式の情報板を採用した。

また設置位置については、N-M 道路の始点・終点に近く、かつ情報板のメッセージボードの差し替えを担当する DPO 署員が滞在している 1km 付近(アンブタリ派出所付近)と 36km 付近(ムグリン派出所付近)に設置した。

## 2) 情報板の外形および表示内容

情報板は、車道の車から板の情報が読み取れるように、下図のサイズとする。また、道路利用者は、英語を読めない人が多いことからネパール語で情報を提供するものとする。

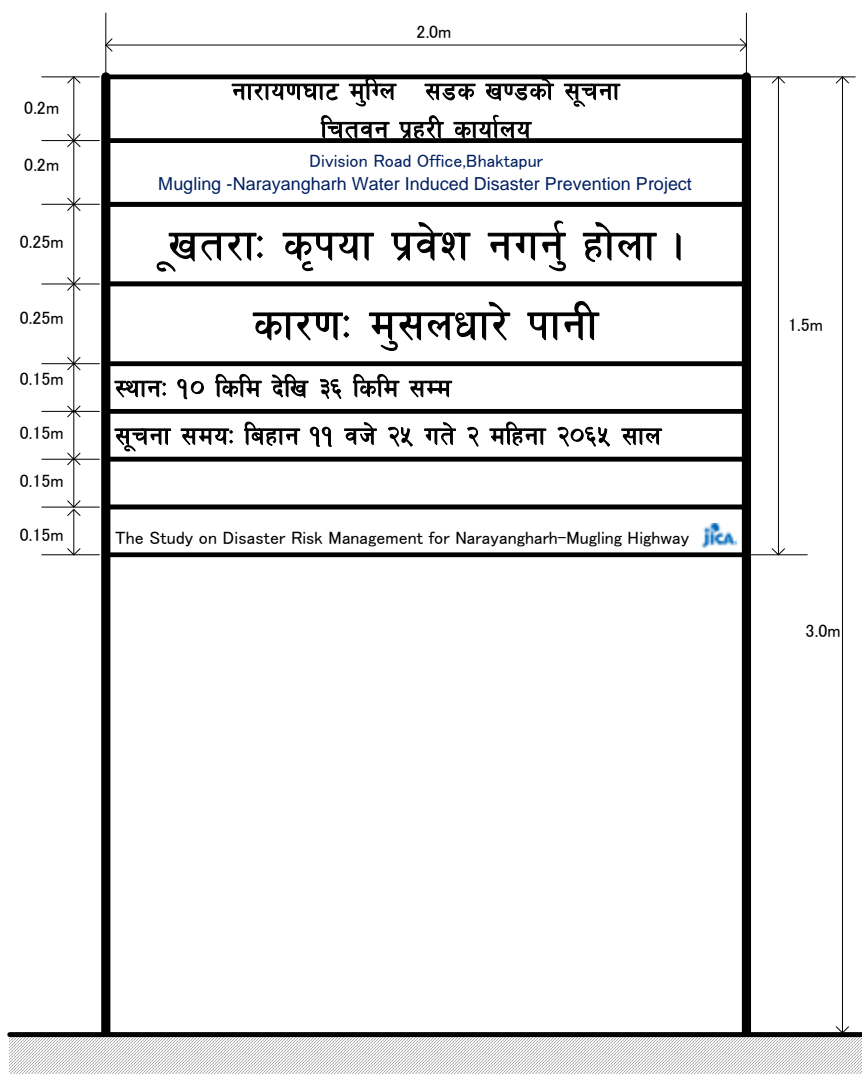


図 5.2.9 道路情報板の外形（雨量情報）

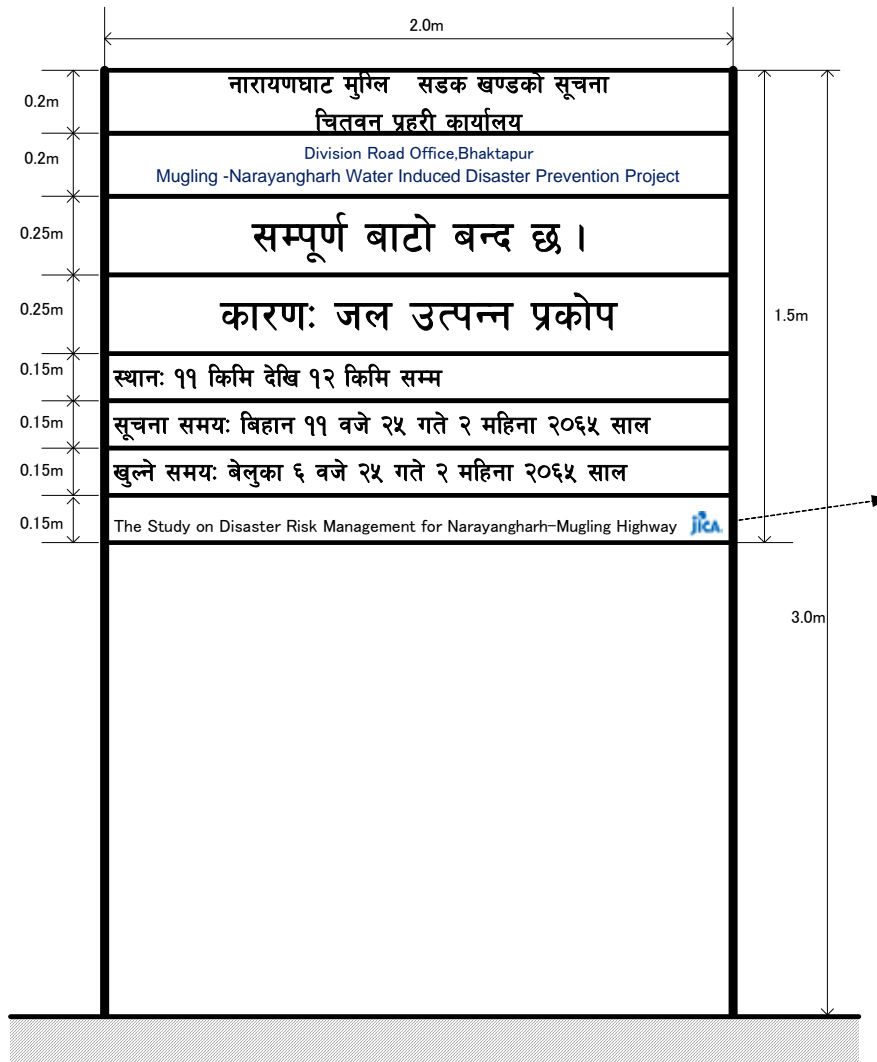


図 5.2.10 道路情報板の外形（通行阻害情報）

道路情報板の情報提供項目および内容は、インターネットウェブページと同様の内容とする。道路情報板と掲示部と掲示内容を図 5.2.11、表 5.2.12 に示す。

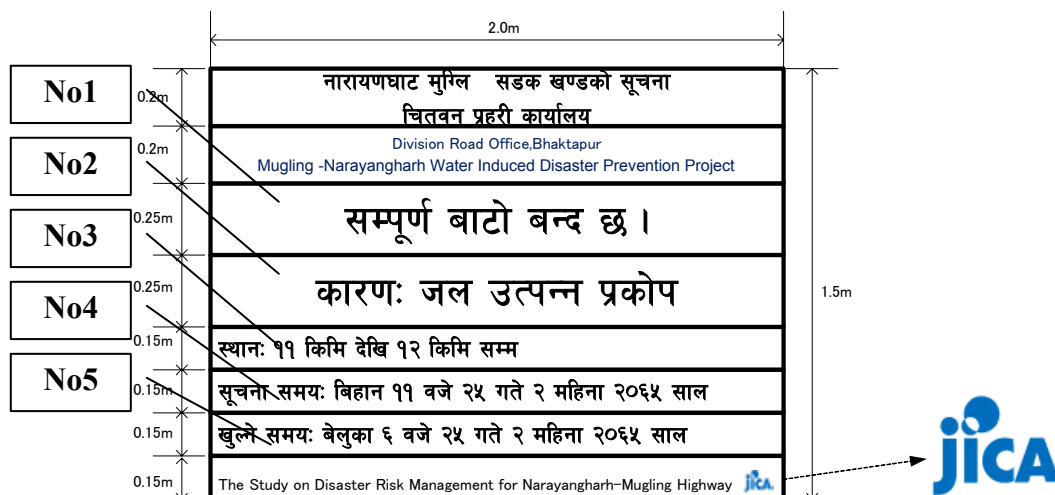


図 5.2.11 道路情報板揭示部

表 5.2.13 道路情報板揭示内容

No	種類	内容
No1	豪雨情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>豪雨警報 通行取り止め勧告</li> <li>豪雨注意報 通行注意勧告</li> </ul>
	通行阻害情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>全幅員通行止め</li> <li>片側1車線通行止め</li> <li>渋滞</li> </ul>
No2	共通	<ul style="list-style-type: none"> <li>場所：バラトプール、アンプタリ、ムグリンより <math>nn</math> km 地点から <math>mm</math> km 地点 (豪雨情報の場合は、「バラトプールより 10km 地点から 36km 地点」固定)</li> </ul>
No3	共通	<ul style="list-style-type: none"> <li>発令：yyyy 年 <math>mm</math> 月 <math>dd</math> 日 <math>hh</math> 時</li> </ul>
No4	豪雨情報	ブランクパネル
	通行阻害情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>復旧見込み：yyyy 年 <math>mm</math> 月 <math>dd</math> 日 <math>hh</math> 時</li> </ul>
No5	豪雨情報	ブランクパネル
	通行阻害情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>洪水・土砂災害</li> <li>交通事故</li> <li>ストライキ</li> </ul>

$nn, mm$  : :0 ~ 36

$hh$  : 1 ~ 12

$dd$  : 1 ~ 30

$MM$  : 01 ~ 12

$yyyy$  : 2008 ~ 2999

### (12) N-M 道路早期情報システムの全体イメージ

システムの全体イメージを以下に示す。

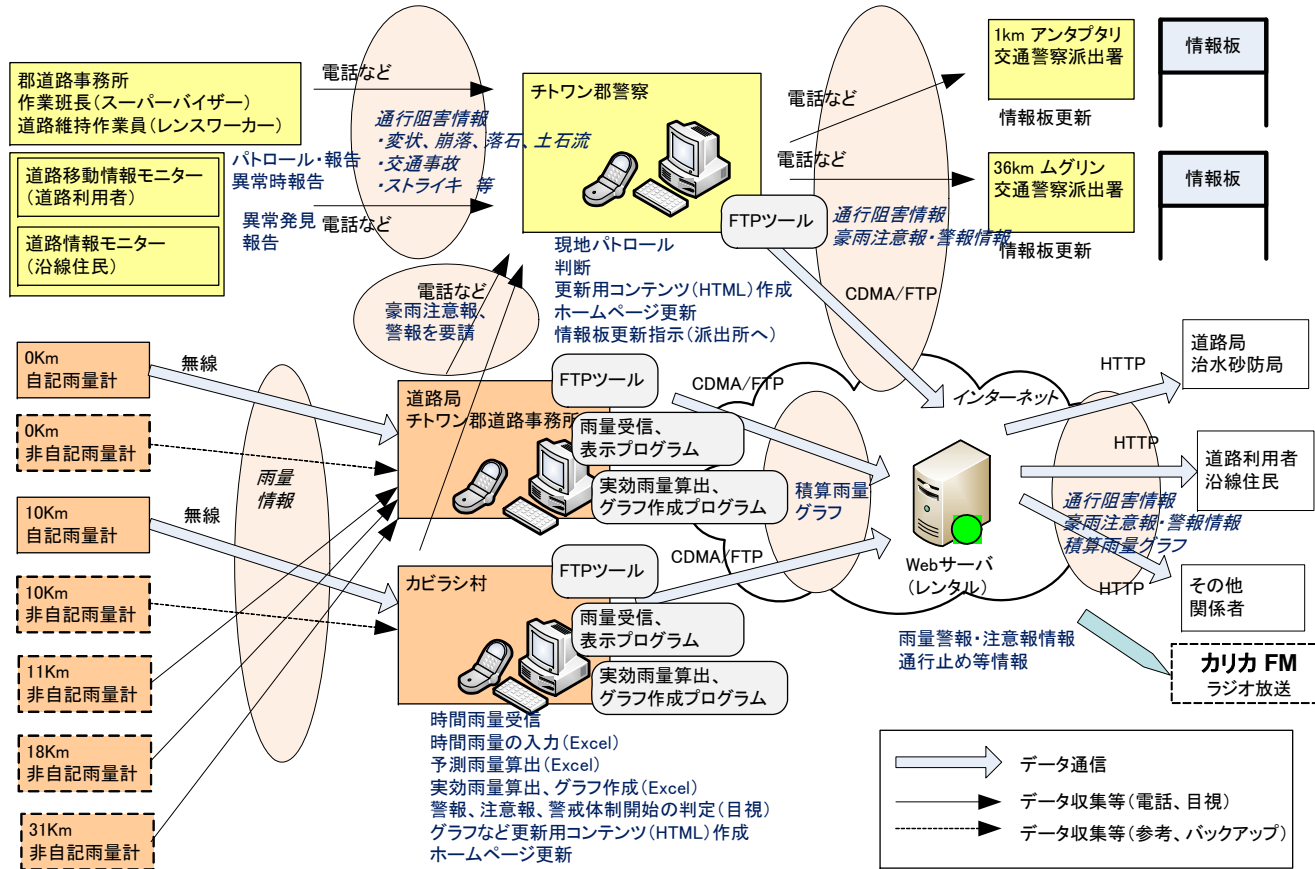


図 5.2.12 道路早期情報システムの全体イメージ

### 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。

#### (1) 掲示板



1km अंपटारी



36km मुग्लिन

#### (2) 自動雨量計と通信機器



0km DRO



10km काविराजिन

(3) 手動雨量計



0km DRO



10km カピラシ村



21km



31km チャンヂバンジョング村

(4) コンピュータ (CDMA、UPS)



0km 付近 DPO



0km 付近 DRO



データロガーと通信機器



CDMA 部

0km DRO

10km カビラシ村



## 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) 郡警察署 (DPO)

場所 : DPO  
日時 : 2008年6月25日  
参加者 : 郡警察署職員、アンプタリ派出所職員、ムグリーン派出所職員  
実施内容 : 雨量情報・交通阻害情報の受付・整理、ウェブページコンテンツの作成・アップロード、道路情報板の更新

#### 2) 地方道路事務所 (DRO)

場所 : DRO  
日時 : 2008年6月25日  
参加者 : DRO職員  
実施内容 : 雨量情報の確認、「12時間半減換算積算雨量算出・グラフ作成プログラム」による予測雨量および12時間半減換算雨量の算出、グラフ作成、ウェブページコンテンツの作成・アップロード

#### 3) カビラシ村 (VDC職員、教員、道路情報モニター)

場所 : カビラシ村VDC事務所  
日時 : 2008年6月25日  
参加者 : VDC職員、教員  
実施内容 : 雨量情報の確認、「12時間半減換算積算雨量算出・グラフ作成プログラム」による予測雨量および12時間半減換算雨量の算出、グラフ作成、ウェブページコンテンツの作成・アップロード

### (2) 合同演習

場所 : N-M道路、カビラシ村及びロイヤルセンチュリーホテル  
日時 : 2008年6月26日  
参加者 : 関係者  
実施内容 : 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

#### 1) 合同演習の概要

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。

##### a) 合同演習の組織

合同演習の組織を図5.2.13各組織の役割を表5.2.14に示す。実際のシステム運用とほぼ同じ組織である。



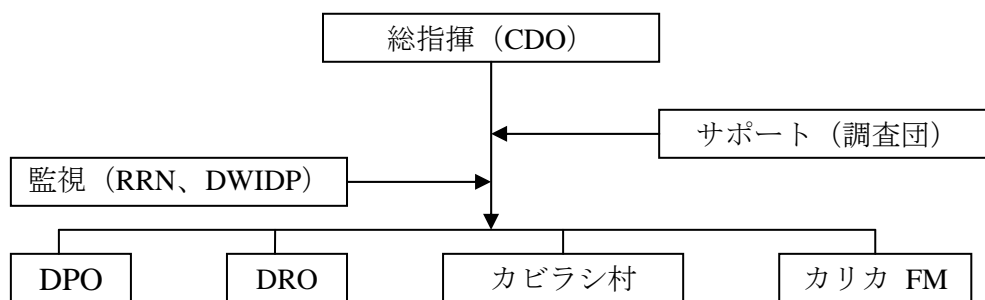


図 5.2.13 合同演習の組織図

表 5.2.14 各組織の役割

組織	役割	担当者	サポート
DPO	1. 通行障害情報、豪雨による予警報の情報収集 (DRO、カビラシ村、スーパーバイザー等より)。 2. 通報内容の確認 (パトロール) および判断 3. 通行障害情報、豪雨による予警報の道路情報板への情報の掲示 4. 通行障害情報、豪雨による予警報のウェブページへのアップロード 5. 交通障害への緊急対応	DPO ・連絡受付係 ・判断 (所長) ・コンピュータ操作係 アンプタリ駐在所 ・道路情報板係 ・パトロール係 ムグリーン分署 ・道路情報板係 ・パトロール係	DPO ・調査団 (コンピュータ操作) アンプタリ駐在所 ・RRN (道路利用者へのヒアリング調査) ムグリーン分署
DRO	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. 豪雨による道路利用者への早期警戒の判断と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	・コンピュータ操作係 ・判断 (所長) ・連絡係 ・(パトロール係) ・(非自記雨量計のモニタ係)	・調査団 (コンピュータ操作)
カビラシ村 VDC	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. 豪雨による村民への避難準備、避難勧告の判断と連絡 3. 豪雨による道路利用者への早期警戒の判断とDPOへの報告 4. 洪水・土砂災害への緊急対応	・防災教育・ハザードマップチーム	・MNDWIDPP (主に道路情報の提供のサポート) ・調査団 (コンピュータ操作) ・RRN (各ワードでのヒアリング調査)
スーパーバイザー/レンスワーカー	1. 通行障害情報の発見およびDPOへの通報	・発見・通報者	・なし
地域住民 / ドライバー	1. 通行障害情報の発見およびDPOへの通報	・発見・通報者	・なし
報道関係者 (カリカ FM)	1. 通行障害情報、豪雨による予警報などの情報を一般に提供する	・ウェブ確認係	・なし

**(b) 合同演習の結果**

災害は 21km+200 地点で発生し、災害発生するまでの降雨量は下記のように設定し合同演習を行った。

- 10:45: レベル 1(12 時間半減換算積算雨量 = 60mm)
- 11:00: レベル 2(12 時間半減換算積算雨量 = 80mm)
- 11:30: レベル 3(12 時間半減換算積算雨量 = 140mm)
- 12:30: レベル 4(12 時間半減換算積算雨量 = 180mm)
- 13:00: レベル 3(12 時間半減換算積算雨量 = 140mm)
- 14:00: レベル 1(12 時間半減換算積算雨量 = 60mm)

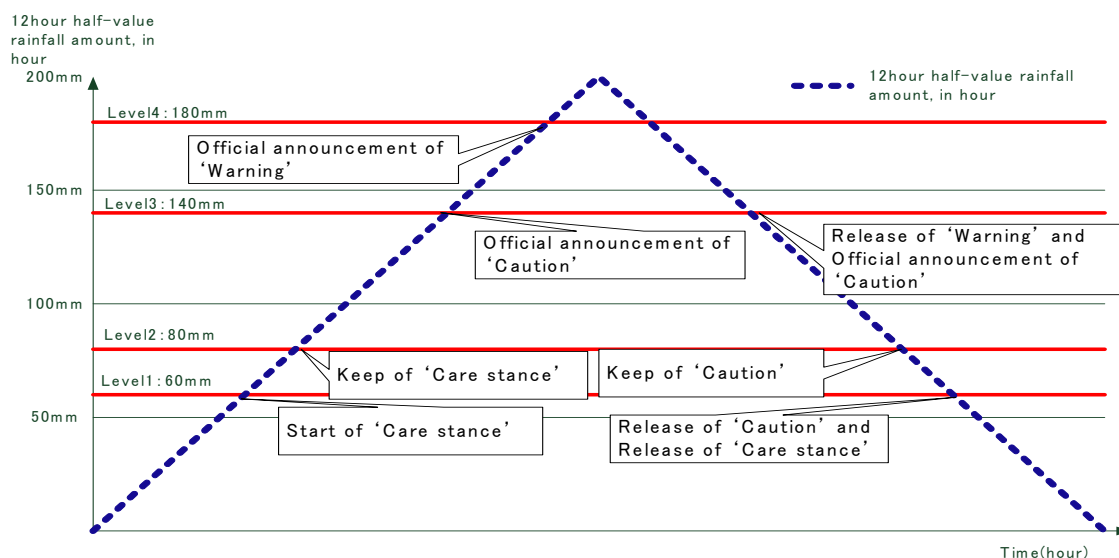


図 5.2.14 合同演習のシナリオ

演習は 10 時 30 分に始め午後 3 時 30 分に終了した。演習結果及び反省点は以下の通りである。

- **システムの機器類とソフトウェア:** 雨量情報の解析ソフトがコンピュータにインストールされ、DWIDP のウェブサイトのうち道路早期情報システムのウェブサイトを開設した (<http://nmroad.gov.np>)。図 5.2.14 に示す仮想の降雨パターンをインストールしたソフトウェアを利用して入力し、これに従ってシステム運用/災害管理の演習を行った。道路標示版は鉄骨のアルミ塗装が電力不足のため遅れていたため、仮設の表示板を設置した。

コンピュータシステムは正常に機能することが確かめられたが、カビラシ村のコンピュータからウェブサイトにアクセスするためにはアンテナ設置が必要であることが判明した。

- **担当者のシステム操作能力:** DRO、DPO、カビラシ村の担当者はコンピュータを適切に操作した。

- **連絡情報網**：DPO、DRO、カビラシ村の情報連絡は電話で行われ、確認された。しかし、災害発生地点の 21km+200 からカビラシ村、DRO、DPO の連絡は不可能であることが判った。この間の定置電話が使用不可能であったためである。そのため、カビラシ村への報告は車を利用して行う必要があった。所要時間は約 30 分を要した。
- **村民の行動**：カビラシ村では早期警戒・避難システムの演習が行われた。を演習に参加したのは、過去の土砂災害が多かったワード 1, 5, 6 である。コンピュータシステムの運用と各ワードのリーダーへの連絡は円滑に行われた。しかし、カリカ FM からの災害情報聴取は規定の 95.2MHz. では聞こえず、148.8MHz. で聴取した。カビラシ村での演習プロセスを表 5.2.15 に示す。

表 5.2.15 カビラシ村における合同演習のプロセス

時間	担当者	演習内容
11:00	秘書、スタッフ	雨量入力 89 mm (レベル II)、避難準備開始の連絡 ウェブサイトの更新
11:15	スタッフ	DPO と Kalika FM へ連絡
11:20	スタッフ	カリカ FM による気象情報の放送確認
12:00	秘書、スタッフ	雨量入力 148 mm (レベル III)、ワード長への避難指示の連絡
12:10	村人	DPO と Kalika FM へ避難指示の連絡
12:20	スタッフ	カリカ FM による気象情報の放送確認
12:30	村人	村人の避難開始
13:00	秘書、スタッフ	雨量入力 176 mm (レベル IV)、避難所にて待機指示
14:00	秘書、スタッフ	雨量入力 123 mm (レベル IV)、避難指示解除
14:10	スタッフ	DPO と Kalika FM へ連絡
14:20	村人	帰宅
14:30	終了	

#### ● 演習の総括と評価:

演習はほぼ予定通りおこなわれた。午後 2 時 30 分、演習終了後、演習の総括と DRO のブルテル技師、カビラシ村のアディカリ担当（女性）、DPO のマラ警部から発表され、質疑応答が行われた。

下記事項が今後の改善点として、指摘された。

- ラジオ放送は、災害情報を広く伝達するために重要である。しかし、カリカ FM との情報交換はあまり円滑ではなく今後この点を強化する必要がある。
- カビラシ村の電波受信状況が不安定であり、アンテナ設置により改善する必要がある。
- コンピュータシステムは適切に操作された。しかし、この点はパイロットプロジェクトの中でより強化する必要がある。
- システム運用担当者に手当てが必要である（DPO/カビラシ村）