

スリランカ国  
災害管理人権省  
水管理灌漑省灌漑局

スリランカ国  
防災機能強化計画調査  
最終報告書

(主報告書)

平成 21 年 3 月  
(2009年)

独立行政法人 国際協力機構  
(JICA)

委託先

株式会社 オリエンタルコンサルタンツ  
財団法人 都市防災研究所

スリランカ国  
災害管理人権省  
水管理灌漑省灌漑局

スリランカ国  
防災機能強化計画調査  
最終報告書

(主報告書)

平成 21 年 3 月  
(2009年)

独立行政法人 国際協力機構  
(JICA)

委託先  
株式会社 オリエンタルコンサルタンツ  
財団法人 都市防災研究所

本報告書で採用した通貨換算率

Master Plan Study

通貨	1 ドルあたり
スリランカルピー (LKR)	111.11 LKR
円 (JPY)	119.64 円

(2007年3月1日から同年8月31日までの平均為替交換率による)

Action Plan of Priority Project

通貨	1 ドルあたり
スリランカルピー (LKR)	107.90 LKR
円 (JPY)	105.47 円

(2008年1月1日から同年5月30日までの平均為替交換率による)

## 序 文

日本国政府はスリランカ国政府の要請に基づき、同国における災害被害の減少を目標に、防災関連機関の能力強化に関する調査を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成 18 年（2006 年）10 月から平成 21 年（2009 年）2 月までの間、株式会社オリエンタルコンサルタンツの工藤利昭氏を団長とし、同社および財団法人都市防災研究所から構成される調査団を現地に派遣しました。また、同期間、国内支援委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議を行いました。

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

この報告書が、スリランカ国における防災関連機関の能力強化に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

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

平成 21 年 3 月

国際協力機構

理事 松本 有幸

## 伝 達 状

独立行政法人国際協力機構  
理事 松本 有幸 殿

今般、スリランカ国における防災関連機関の能力強化に関する調査が終了いたしましたので、ここに「スリランカ国防災機能強化計画調査」の最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき、株式会社オリエンタルコンサルタンツおよび財団法人都市防災研究所の共同企業体が、平成 18 年（2006 年）10 月から平成 21（2009 年）年 3 月までの間に実施して参りました。今回の調査においては、スリランカ国先方政府の現状を踏まえ、洪水対策計画の立案、早期警報避難計画、コミュニティ防災、能力強化という 4 つコンポーネントを通じ、スリランカ国における防災関連機関の能力強化に努めました。

なお、同期間中、日本政府、特に貴機構、外務省、およびその他関係方面の方々に多大な協力を賜りましたことを、この機会を借りて、厚く御礼申し上げます。また、調査期間中、災害管理人権省およびカウンターパート機関である防災センター(DMC)、灌漑局、気象局、建築研究所、その他関係機関より頂きました協力と支援について深く感謝いたします。

貴機構におかれましては、スリランカ国における防災関連機関の能力強化に向けて、本報告書を大いに活用されることを切望する次第です。

平成 21 年 3 月

株式会社オリエンタルコンサルタンツ  
防災機能強化計画調査  
団長 工藤 利昭



図 1 調査対象位置図



図 2 調査対象流域図

## スリランカ国防災機能強化計画調査

### 概 要

#### 1. はじめに

本調査では、スリランカ国全体における災害被害の減少を上位目標に、洪水・土砂災害の常襲地域である南西部 4 河川（ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川）流域および津波災害地域を対象にして次の 4 つのコンポーネントからなる活動を実施した。

- 1) ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川における総合的な洪水対策計画立案
- 2) 早期警報避難システムの計画とパイロットプロジェクトの実施
- 3) コミュニティ防災（CBDM）活動
- 4) 関連機関における能力強化活動

#### 2. ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川における洪水対策計画

本調査の対象地域の流域諸元は以下のとおりである。

表-1 対象 4 河川流域の諸元

項目	ケラニ	カル	ギン	ニルワラ
流域面積 (km <sup>2</sup> )	2,292	2,719	932	971
河川延長 (km)	150	101	113	78
年間降雨量 (mm)	3,800	4,040	3,290	2,890
総流出量 (MCM)	3,417	4,032	1,268	1,152
流域に属する県	ガンパハ、コロ ンボ、ケゴール、ラ トナブラ、ヌワラエ リヤ	カルタラ、ラトナ ブラ	ゴール、ラトナ ブラ	マータラ、ゴール
人口	2,773,000	1,127,000	490,000	459,000
洪水氾濫地域内人口 (総人口に対する比率%)	150,000 (5.4%)	132,000 (11.8%)	32,000 (6.5%)	100,000 (21.8%)

出典：灌漑局及びその他関係機関の情報に基づいて調査団が作成

本調査では、洪水対策全体計画の見直しと策定のために以下の 6 つの基本原則を適用した。

- 小規模洪水に対しては構造物対策により防御し短期的対策として位置づける。限られた予算の中で早期に洪水便益を発現させるため、目標とする計画防御レベルに段階的に到達するような小規模な構造物対策、短期間対策として実施可能な河道掘削や堤防建設などを考慮する。
- 上記項目に関連して、最大限既存施設を活用し、事業実施による便益の早期発現と実施費用の最小化を図る。しかし、4 流域における既存施設（堤防、樋門・樋管、排水機場等）の現状把握を通じて、それらのいくつかは適切な維持管理が欠如し、または機器類が寿命に達した状態で運転が行われていることが判明した。従って、既存施設の修理や更新を優先的に進める。
- 自然の遊水地としての湿地帯を、大規模洪水や超過洪水の緩衝帯として利用する。このような湿地帯の役割を慎重に評価し、ゾーニングを通じて明確にその境界を区分し保全する。これに関連して関連政府機関の組織・制度の強化も並行して進める。



## 概要

- 環境面・社会面へのインパクトは、構造物対策の計画規模のもとで最小化する。ステークホルダー間の合意形成を実現するために、環境配慮や緩和策の検討は非常に重要である。尚、「ス」国において、事業化に向けては、環境影響評価（EIA）のプロセスを経る必要がある。
- 構造物・非構造物対策の最適な組合せを考慮する。本調査における非構造物対策の役割は、構造物対策実施によって期待される便益を補完し、また増進することと認識される。この観点から、4流域の個々の条件を踏まえつつ両対策の適切な組合せを検討する。
- 気象・水文観測ネットワーク強化によって将来の気候変動に対応していく。また、主として非構造物対策による超過洪水に対するリスク管理は、洪水氾濫地域の住民の生計と生命を守るために欠く事はできない。

尚、提案するマスタープランのうち、短期計画と長期計画の定義及び期間は、各対象流域での検討の結果、以下の通りとした。

- 短期計画：緊急を要する優先的に実施すべき事業（実施期間：5年~7.5年）
- 長期計画：中・長期的に実施すべき事業（実施期間：9年~15年、短期計画を含む）

## 4 河川の洪水対策マスタープラン

### 構造物対策

表-2 ケラニ川の主要構造物対策

	項目	主要諸元
短期計画	1. 既存樋門の改修	既存樋門の改修（9基）、水路整備（L=200m）、堤防護岸（L=200m）
	2. 樋門の再建および新設	再建8基、新設1基
	3. 既設堤防護岸工	L=670m
	4. 堤防(5年確率規模)	- 左岸：15,060m（平均 H=3.4m） - 右岸：19,640m（平均 H=3.8m）
長期計画	5. 堤防の嵩上げ（20年確率規模）	- 左岸：15,060m（平均 H=4.6m） - 右岸：19,640m（平均 H=5.1m）
	6. 遊水地の整備	7箇所（A=46.5km <sup>2</sup> ）

出典: JICA 調査団

表3 カル川の主要構造物対策

	項目	主要諸元
短期計画	1. 樋門の新設	24基(カルタラ地区)、9基(ラトナプラ地区)
	2. 輪中堤（ラトナプラ）（10年確率規模）	コンクリート擁壁（L=6.2km, H=4.0m） 土堤（L=6.4km, H=4.0m）
	3. 堤防整備（カルタラ）（10年確率規模）	土堤 -左岸：9,625m（平均 H=3.3m） -右岸：11,730m（平均 H=3.2m）
長期計画	4. 堤防の嵩上げ（20年確率規模）	-左岸：9,625m（平均 H=4.7m） -右岸：11,730m（平均 H=4.4m）
	5. 排水ポンプ施設の新設	13箇所（Q=3.0m <sup>3</sup> /s, H=5.0m）

出典: JICA 調査団

表-4 ギン川の主要構造物対策

	項目	主要諸元
短期計画	1. 樋門の新設	9基
	2. 既存ポンプ場の改修	既存排水ポンプ場10基
	3. マウンドダイク	3箇所合計 A=51,000m <sup>2</sup>
	4. 堤防（10年確率規模）	- 左岸：8,360m（平均 H=5.4m） - 右岸：7,620m（平均 H=5.3m）

	項目	主要諸元
長期計画	5. 堤防の嵩上げ (30年確率規模)	- 左岸：8,360 m (平均 H=6.6m) - 右岸：7,620 m (平均 H=6.3m)
	6. 排水ポンプ施設の新設	8箇所

出典: JICA 調査団

表5 ニルワラ川の主要構造物対策

	項目	主要諸元
短期計画	1. 樋門の新設	11基
	2. 既存ポンプ場の改修	既存排水ポンプ場3基
	3. マウンドダイク	3箇所合計 A=62,000m <sup>2</sup>
	4. 堤防 (10年確率規模)	- 左岸：9,570 m (平均 H=4.7m) - 右岸：7,460 m (平均 H=4.4m)
長期計画	5. 堤防の嵩上げ (30年確率規模)	-左岸：9,570 m (平均 H=5.9m) -右岸：7,460 m (平均 H=5.5m)
	6. 排水ポンプ施設の新設	2箇所 (Q=3.0 m <sup>3</sup> /s, H=5.0 m)

出典: JICA 調査団

非構造物対策 (短期計画と並行して実施)

表-6 推進すべき非構造物対策

項目	主要諸元
1. 早期警報およびモニタリングシステム (4河川)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ケラニ川：雨量計9基、水位観測所3箇所</li> <li>カル川：雨量計6基、水位観測所3箇所</li> <li>ギン川：雨量計8基、水位観測所5箇所</li> <li>ニルワラ川：雨量計8基、水位観測所6箇所</li> </ul>
2. 洪水貯留区域の管理 (ケラニ川)	<ul style="list-style-type: none"> <li>洪水貯留区域での布告および法的規制</li> <li>洪水貯留区域内での不法行為への刑罰の強化</li> </ul>
3. 都市部開発の規制 (4河川)	<ul style="list-style-type: none"> <li>土地利用の管理および監視</li> <li>洪水氾濫区域での宅地開発の規制</li> <li>洪水ハザードマップの作成</li> </ul>
4. 洪水に強い家屋建設の推進 (4河川)	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築物の高床式化</li> <li>家屋の重層化</li> <li>耐水性の壁や家屋の適用</li> </ul>
5. 水防活動の推進 (4河川)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域での防災情報の普及</li> <li>安全な地域への避難 (洪水時)</li> <li>家屋、ビル内での家財移動 (浸水対策)</li> </ul>
6. 住民移転 (ギン川、ニルワラ川)	<ul style="list-style-type: none"> <li>マウンドダイク</li> </ul>
7. 実施機関の組織強化 (4河川)	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業実施に関する合意形成の仕組み構築</li> <li>都市区画・土地利用開発事業との調整</li> </ul>

出典: JICA 調査団

優先事業の選定

各河川流域において、代替案を社会・経済・環境、技術的な観点に加え、洪水脆弱性分析の結果に基づいて、対象流域間での優先順位を検討し、カル川流域を優先事業の対象流域と選定した。

また、カル川流域での優先事業の実施に加え、その他3河川の既存構造物の修復・復旧の実施や非構造的対策の早期実施が望まれ、スリランカ政府内でもそのような要望は高い。その点からも、緊急の修復工事として、ケラニ川、ギン川、ニルワラ川において、既設樋門の修復、下流域既存堤防での護岸整備、既設排水ポンプ場の改修・更新といった構造物対策と、早期警報システムなどの非構造物対策を優先度の高い事業として位置づけた。

概要

カル川流域における優先事業

事業概要

表-7 優先事業の概要

河川名	対策	主要諸元
構造物対策		
カル川流域	堤防計画	i) 下流域の堤防計画 (延長 21,355m) - 左岸(延長 9,625m, 高さ 3.3m) - 右岸(延長 11,730, 高さ 3.2m) - 新規樋門 (24 箇所) ii) 上流域の堤防計画 (総延長 6,400m) - 土堤防 (延長 5,350m, 高さ 2.1-3.5m), - コンクリート壁 (延長 1,050m, 高さ 3.1m) - 新規樋門 (11 箇所)
非構造物対策		
カル川流域	(1) 早期警報およびモニタリングシステム (2) 都市部開発の規制 (3) 洪水に強い家屋建設の推進 (4) 水防活動の推進 (5) 実施機関の組織強化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自記雨量計 (6 箇所)</li> <li>・ 自記水位計 (3 箇所)</li> <li>・ 土地利用の管理および監視</li> <li>・ 洪水氾濫区域での宅地開発の規制</li> <li>・ 洪水ハザードマップの作成</li> <li>・ 建築物の高床化</li> <li>・ 家屋の重層化</li> <li>・ 耐水性の壁や家屋の適用</li> <li>・ 地域での防災情報の普及</li> <li>・ 安全な地域への避難 (洪水時)</li> <li>・ 家屋、ビル内での家財移動 (浸水対策)</li> <li>・ 事業実施に関する合意形成の仕組み構築</li> <li>・ 都市区画・土地利用開発事業との調整</li> </ul>

出典: JICA 調査団

事業費

表-8 優先事業の事業費 (カル川)

(単位: 1,000 ドル)

項目	事業額		
	外貨	内貨	合計
I. 直接工事費			
A 樋管の新設	3,003	1,153	4,157
B 堤防 (ラトナプラ)	9,025	3,467	12,492
C 堤防 (カルタラ)	8,954	3,020	11,974
D 早期警報およびモニタリングシステム	185	46	231
小計	21,167	7,686	28,854
II. 用地取得費	0	17,920	17,920
III. エンジニアリングサービス費	3,175	1,153	4,328
IV. 管理費	0	1,022	1,022
V. 物価上昇予備費	3,290	4,751	8,041
VI. 物理的予備費	2,434	2,778	5,212
VII. 税金	-	4,977	4,977
総計	30,067	40,287	70,354

出典: JICA 調査団

維持管理費

カル川における優先事業の年間維持管理費は 289,000 ドルと算定される。

事業実施計画

下流域（カルタラ）および上流域（ラトナブラ）の堤防整備の工期は、詳細設計を含めてそれぞれ5年間と見込まれ、工区を分けて同時の着工を条件とする。事業計画を図-1に示す。

優先事業(カル川流域短期計画)の実施工程(案)

	2009				2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
<b>A 堤防システム</b>																																
A1 F/S 調査																																
A2 EIA (スリランカ政府)																																
A3 資金調達																																
A4 コンサルタントサービス																																
A4.1 コンサルタントの選定																																
A4.2 現地調査																																
A4.3 基本設計/c詳細設計																																
A4.4 入札図書を作成																																
A4.5 環境調査とECCの承認																																
A4.6 事前資格審査及び契約業務の支援																																
A4.7 施工管理																																
A5 土木工事																																
A5.1 事前資格審査																																
A5.2 入札及び工事契約																																
A5.3 準備工事(設営等)																																
A5.4 下流堤防工事(カルタラ)																																
A5.5 上流堤防工事(ラトナブラ)																																
A6 土地収用																																
A6.1 下流堤防区間(カルタラ)																																
A6.2 上流堤防区間(ラトナブラ)																																
<b>B 早期警報及びモニタリングシステム</b>																																
B1 調査、設計																																
B2 パイロットプロジェクトの拡張																																

出典: JICA 調査団

図-1 優先事業の事業計画

事業評価

表-9 経済分析結果

指標	優先事業
B-C (Rs.mil.)	7,617
B/C	2.89
EIRR (%)	23.5%

出典: JICA 調査団

事業の実施体制

Flood Ordinance に治水事業実施機関として定められている灌漑局は、類似事業の経験を有しており、その事業運営能力は高い。望ましい事業実施体制を検討した結果、灌漑局の技術力を活用した「事業実施機関を新設し、技術面および契約管理面を運営する」案が現時点の最適案と考えられる。しかし、実効ある組織を設立するためには更なる協議が必要とされる。

必要とされる環境社会配慮

優先プロジェクトとして選定された諸活動は、1988年の国家環境法 No.56 (修正) に指定された、環境影響評価 (EIA) のプロセスを経る必要がある。優先プロジェクトとして選定されたカル川の構造物対策に関しては、IEE が実施済みであるが、さらなる調査が必要とされている。

## 概要

### 提言

#### 全対象流域共通

- 水害軽減と水資源開発・管理の統合的な実施
- 事業運営管理のためのキャパシティービルディングの実施
- 洪水対策のための技術的能力（水文解析の詳細や洪水対策施設の設計等を含む）向上
- 水理・水文解析の精度向上にむけた測量等を含むデータ整備
- 灌漑局データ管理システムの改善
- 本調査で作成した水理モデルの更新
- 環境社会配慮への留意
- 灌漑局の組織強化（治水部の創設）
- 流域委員会の設置
- 気候変動対策への取り組み強化

#### ケラニ川流域

- 緊急対策の早期着手
- 遊水地での洪水貯留可能量についてのさらなる水文的・地形的な検討と低平地保全のための法令整備、規制の強化
- 非構造物対策の早期実施
- 既存施設の緊急復旧事業の早期実施
- 新規ポンプ施設の検討

#### カル川流域

- 優先事業の早期着手
- 事業実施機関の組織化と流域委員会の設置
- 水資源開発を目的としたマルワラ多目的ダム計画の実現性検討
- 洪水対策のラトナプラ都市開発事業 (UDA)との連携
- カルタラ河口部での河口閉塞防止のための浚渫
- 道路局による南部高速道路事業の排水機能への影響に関するモニタリング実施

#### ギン川流域

- 緊急復旧対策の早期着手
- アンプロテクトエリアの住民対応にむけた水理面、社会面の更なる検討
- 既設排水ポンプ場の更新・改修の実施
- 道路局による南部高速道路事業の排水機能への影響に関するモニタリング実施

#### ニルワラ川流域

- 緊急復旧対策の早期着手
- 下流に存在する河床段差の調査の実施
- 上流域での流域変更（導水）事業における技術面、環境・社会面の詳細検討の実施

### 3. 早期警報避難計画

#### 計画の手順

本調査では、以下の手順に従ってマルチハザード早期警報避難システムを計画した。

## 概念設計

観測から警報発令、住民の避難に至るまでの情報の流れと情報伝達方法、関係機関の役割について検討、先方政府と協議し、早期警報避難システム案を概念図、表で整理した。

## パイロットプロジェクトの実施

早期警報避難システムの概念設計に基づき、ケラニ川およびカル川の洪水に関する早期警報避難システムをパイロットプロジェクトとして構築した。パイロットプロジェクトは以下の活動で構成される。

- ・ 水文観測の自動化を図る水文情報システムの構築
- ・ 関連機関での情報共有を図る省庁間ネットワークの構築
- ・ 住民への情報伝達方法の提案
- ・ 観測から警報発令、関連機関による情報伝達と共有、避難勧告発令、住民の避難活動までのシステム構築と、システムを試行する防災訓練の実施

## 実際の出来事の評価

調査実施中に、インドネシア沖地震に伴う実際の津波警報の発令、および、豪雨に伴う洪水災害が発生した。早期警報避難システムの観点から、これらの出来事の評価し、システム構築のための課題や教訓を整理した。

## マルチハザード早期警報避難システムの計画

上記活動の結果を用いて、現在稼動しているシステムの現状および課題を整理した後、マルチハザードに対する早期警報避難システムを計画し、計画実施に向けた提案を示した。

## マルチハザード早期警報避難システム計画

計画を以下の表に示す。計画は、短期的に実施が望まれるものと、中期的、長期的なものに分類した。短期計画は2年、中期計画は5年、長期計画は10年以内の実施を目標とする。

表-10 短期計画

分 類		計 画
役割分担		- 「役割分担」のワーキンググループ立ち上げと、関係機関による合意書締結
危険の認識	洪水	- 危険地域の抽出と住民への聞き取り調査の実施 - 聞き取り調査結果と近傍水文観測所のデータとの比較と整理
	地すべり	- 危険地域の抽出 - コミュニティレベルのハザードマップ作成
	津波	- コミュニティレベルのハザードマップ作成
	共通	- 「ハザードマップ作成」のワーキンググループ立ち上げと、関係機関による合意書締結 - ハザードマップ作成に向けたアクションプランの作成と実施
観測と警報サービス	降雨	- 降雨予測の精度向上に向けたアクションプランの作成と施設設置スケジュールの作成
	洪水（到達時間が長い洪水）	- ギン川・ニルワラ川における観測所の新規設置と自動化 - ケラニ川・カル川・ギン川・ニルワラ川における全ての水位観測所における目標とする水位（浸水の目安となる水位）の検討 - 十分なデータの蓄積がある観測所に関する、上流水位と下流水位の相関解析による警報基準の設定
	洪水（到達時間が短い洪水）	- 対象地域の抽出と、モデル地区としての優先地域の選択 - パイロットプロジェクトとしてのモデル地区への雨量計および水位計の設置と観測の開始 - モデル地区でのデータの蓄積 - 上流の雨量データと下流の水位の相関解析による警報基準の設定

概要

分類		計画
	地すべり	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 危険な DS および GN の事務所における日雨量の目視観測の開始</li> <li>- 優先度の高い DS や GN の事務所におけるテレメータ付き自動雨量計の設置</li> <li>- 地すべり発生時の近傍雨量観測所の雨量データの収集</li> <li>- 地すべり発生と日雨量の相関解析による警報基準の改善</li> <li>- 自動雨量計の設置状況に応じた、時間雨量を用いた上記検討の実施</li> </ul>
	コミュニティレベルの早期警報避難システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>- コミュニティレベルの早期警報避難システムの対象とする地域の抽出</li> <li>- JICA 調査で実施したコミュニティ活動のモニタリングと他地域への展開</li> </ul>
	共通	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 「観測所と機材」のワーキンググループ立ち上げと、関係機関による合意書締結</li> <li>- 「情報公開」のワーキンググループの立ち上げと、関係機関による合意書締結</li> <li>- 「警報サービス」のワーキンググループ立ち上げと、関係機関による合意書締結</li> </ul>
伝達とコミュニケーション		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ワーキンググループ「役割分担」における情報の流れ、使用する機材、維持管理のルール等に関する議論と関係機関による合意書締結</li> </ul>
対応能力	適切な維持管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 以下に示すワーキンググループの立ち上げと、関係機関による合意書締結                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 役割分担</li> <li>・ ハザードマップ作成</li> <li>・ 観測所と機材</li> <li>・ 情報公開</li> <li>・ 警報サービス</li> <li>・ 防災訓練</li> </ul> </li> <li>- 緊急対応マニュアルの作成</li> <li>- 防災訓練の定期的な実施</li> </ul>
	担当職員の能力強化	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ワーキンググループへの参加、緊急対応マニュアルの作成、防災訓練の実施、研修プログラムへの参加等</li> </ul>
	住民の能力強化	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 継続的なコミュニティ活動の実施</li> <li>- 避難訓練やその他訓練の実施</li> </ul>
	DMC の能力強化	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DMC の主導による早期警報避難システム計画の実施</li> </ul>

出典: JICA 調査団

表-11 中期計画

分類		計画
危険の認識	洪水	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 危険地域の抽出と住民への聞き取り調査の実施</li> <li>- 聞き取り調査結果と近傍水文観測所のデータとの比較と整理</li> </ul>
	地すべり	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 危険地域の抽出</li> <li>- コミュニティレベルのハザードマップ作成</li> </ul>
	津波	<ul style="list-style-type: none"> <li>- コミュニティレベルのハザードマップ作成</li> </ul>
観測と警報サービス	洪水(到達時間が長い洪水)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 流域以外の流域における観測所の新規設置と自動化</li> <li>- ケラニ川・カル川・ギン川・ニルワラ川における全ての水位観測所における目標とする水位(浸水の目安となる水位)の検討</li> <li>- 十分なデータの蓄積がある観測所に関する、上流水位と下流水位の相関解析による警報基準の設定</li> </ul>
	洪水(到達時間が短い洪水)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- モデル地区以外への雨量計・水位計設置の展開</li> <li>- 観測機器の設置状況およびデータの蓄積状況に応じた、モデル地区以外への警報基準検討の展開</li> </ul>
	地すべり	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 危険な DS や GN 事務所へのテレメータ付き自動雨量計の設置展開</li> <li>- 地すべり発生時の近傍雨量観測所の雨量データの収集</li> <li>- 地すべり発生と日雨量の相関解析による警報基準の改善</li> <li>- 自動雨量計の設置状況に応じた、時間雨量を用いた上記検討の実施</li> </ul>
	コミュニティレベルの早期警報避難システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>- コミュニティレベルの早期警報避難システムの対象とする地域の抽出</li> <li>- JICA 調査で実施したコミュニティ活動のモニタリングと他地域への展開</li> </ul>

出典: JICA 調査団

表-12 長期計画

分類		計画
危険の認識	洪水	<ul style="list-style-type: none"> <li>- より詳細な地形データや水文データを用いた洪水氾濫シミュレーションの実施</li> </ul>
	地すべり	<ul style="list-style-type: none"> <li>- より詳細な地形データを用いたコミュニティレベルのハザードマップ改善</li> </ul>

分類		計画
	津波	- 津波シミュレーションの実施
観測と警報サービス	洪水(到達時間が長い洪水)	- 4 流域以外の流域における観測所の新規設置と自動化 - 4 流域以外の流域におけるデータの蓄積と、警報基準の設定
	洪水(到達時間が短い洪水)	- モデル地区以外への雨量計・水位計設置の展開 - 観測機器の設置状況およびデータの蓄積状況に応じた、モデル地区以外への警報基準検討の展開
	地すべり	- 危険な DS や GN 事務所へのテレメータ付き自動雨量計の設置展開 - 地すべり発生と短時間雨量、累積雨量の相関解析による警報基準の改善

出典: JICA 調査団

### 早期警報避難計画に関する結論と提案

マルチハザード早期警報避難システム計画は、「役割分担」「危険の認識」「観測と警報サービス」「伝達とコミュニケーション」「対応能力」の項目ごとに整理し、それぞれ短期、中期、長期計画に分類した。このうち短期計画については、できるだけ具体的実施方法をメインレポートに記載しており、早急の実施が望まれる。

上述マルチハザード早期警報避難システムの計画実施に際し、以下の活動の速やかな実施を強く提案する。

- 役割分担に関する合意書の締結
- 情報公開に向けた議論の継続と適切な警報発令のための努力
- 防災訓練の定期的な実施
- 南西部 4 河川の早期警報モニタリングシステムの構築

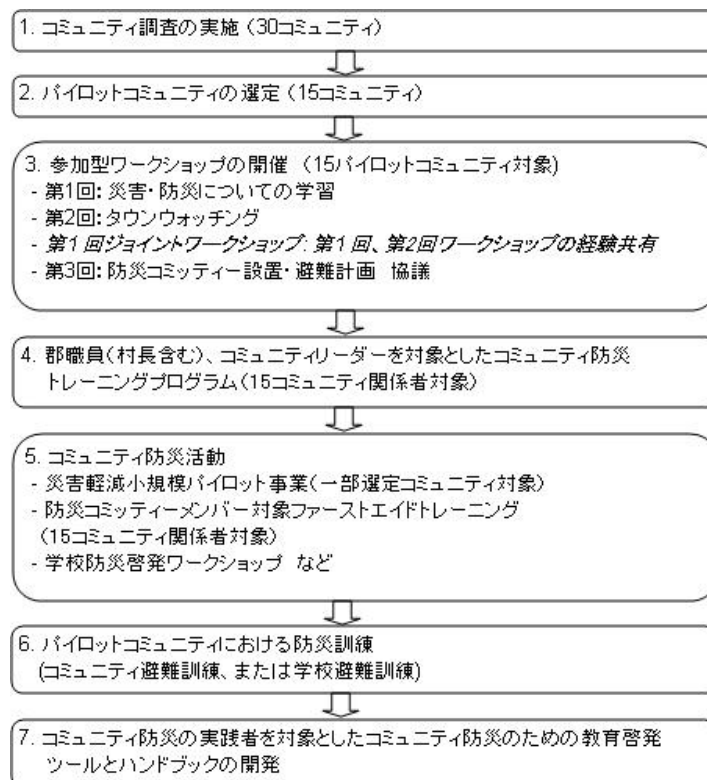
## 4. コミュニティ防災活動

### コミュニティ防災活動の流れ

コミュニティ防災活動は、図 2 に示す流れに沿って実施された。活動は、DMC に加え、灌漑局や NBRO などのカウンターパート機関の協力を得て行われた。

### コミュニティでの活動

災害状況、現在の防災体制などに関するコミュニティ調査、DMC、灌漑局、NBRO の推薦に基づき、コミュニティ防災活動を行う 15 のパイロットコミュニティを選定した



出典: JICA 調査団

図-2 コミュニティ防災活動の流れ



表-13 コミュニティ活動の対象コミュニティ

災害の種類	対象地域	対象 コミュニティ	G.N.	Division	District
洪水	Kelani River basin	Kittampahuwa	Kittampahuwa	Kolonnawa	Colombo
		Malwana Town	Malwana Town	Biyagama	Gampaha
	Kalu River basin	Angammana	Angammana	Ratnapura	Ratnapura
		Mudduwa	Mudduwa	Ratnapura	Ratnapura
		Ukwatta	Ukwatta	Dodangoda	Kalutara
Gin River basin	Baddegama	Baddegama	Baddegama	Galle	
Nilwala River basin	Kadduwa	Kadduwa	Malimbada	Matara	
土砂災害	Ratnapura District	Kiribathgala	Wanniyawatta	Nivithigala	Ratnapura
		Helauda	Mahawala	Ratnapura	Ratnapura
	Kalutara District	Niggaha	Niggaha	Bulathsinhala	Kalutara
		Nagalakanda	Kananvila-south	Horana	Kalutara
津波	Matara District	Gandara South	Gandara	Devinuwara	Matara
		Kottegoda	Suduwella	Dickwella	Matara
	Ampara District	Sinna Ullai	Sinna Ullai	Pothuvil	Ampara
		3rd Section	Vinayagapuram	Thirukkovil	Ampara

出典: JICA 調査団

コミュニティ参加型ワークショップと合同セミナー

15 のパイロットコミュニティでは、各コミュニティにおける参加型ワークショップや避難訓練を含む 5 回の活動、各コミュニティから代表者や地方行政官を招聘した合同ワークショップなどを実施した。

コミュニティの取り組みをサポートするための活動

上述の一連の活動に加え、住民がコミュニティ防災活動を進めていく取り組みをサポートする活動として、ラトナプラ県における「土砂災害脆弱地域パイロットコミュニティにおける災害軽減小規模プログラム」、マータラ県における、「河川堤防のゲート開閉に関する協議会」、「村 (GN) レベル防災コミッティメンバーを対象とした応急処置訓練」、「学校の生徒を通じた活動」等を実施した。

コミュニティ防災活動のための教育ツールの作成

調査におけるコミュニティ防災活動の経験に基づき、Flipation (「flip chart (フリップチャート)」と「presentation (プレゼンテーション)」を組み合わせた造語) と名づけたコミュニティ防災の教育ツールを作成した。Flipation は電源等を使用しないため、コミュニティでの活動に適し、このような標準ツールを利用することによって、コミュニティ防災を進める実践者の準備等を容易にし、災害のメカニズムや防災に関する正しい知識を確実に伝えることを目的としている。Flipation の構成と主な内容を表 14 に示す。

表-14 Flipation の構成と主な内容

テーマ	主な内容	仕様
コミュニティ防災活動	コミュニティ防災活動のアウトライン リスクを知ることの重要性 コミュニティレベルのハザードマップ作成 コミュニティレベルの防災コミッティの構築 防災訓練 コミュニティ防災計画	全 19 ページ A1 サイズ 劣悪な環境でも 繰り返し使用で きる丈夫な素材
災害メカニズムと被害軽減 Volume 1: 洪水 Volume 2: 土砂災害 Volume 3: 津波	災害のメカニズム スリランカにおける主な既往災害 被害を軽減する構造物対策 被害を軽減する非構造物対策	それぞれ 10 ページ A1 サイズ 劣悪な環境でも 繰り返し使用で きる丈夫な素材

出典: JICA 調査団

## コミュニティ防災活動に関する結論と提言

本調査でのコミュニティ防災活動はカウンターパート機関との緊密な協力のもとで実施され、具体的な成果をあげることができた。活動に参加した人は、それぞれの責任に応じコミュニティ防災活動を行う能力を向上させることができた。今後、コミュニティ防災活動をさらに進展させていくために、下記に関し、検討・考慮していくことが必要である。

- 持続的なコミュニティ防災活動のための地方政府職員の能力向上
- 持続性の確保をめざした、コミュニティ住民が継続的に行う活動の推進
- コミュニティ防災活動への技術官庁の積極的な関与の推進
- 政府レベルの情報伝達訓練と連携した避難訓練実施の推進
- 学校の防災活動を通じた防災啓発の推進
- コミュニティ防災教育ツール Flipitation の効果的な利用
- コミュニティ活動を効果的に推進するための活動計画の策定
- ひとつのコミュニティと長期間の関わりを持つ調査計画
- コミュニティ活動の開始時期の考慮

## 5. 能力強化活動

能力強化活動は、そのターゲットを、カウンターパートおよびカウンターパート機関、コンポーネント 3 における対象コミュニティとし、調査全体の活動をふまえ、1) 調査の終了時において、洪水早期警報避難システム（パイロットプロジェクト）が良好に機能している、2) 調査の終了時において、洪水対策計画と早期警報計画の計画立案能力を獲得している、という 2 つの能力強化目標を設定した。

表-15 能力強化計画

	個別ゴール/アウトプット	活動形態
DMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 防災を主導する組織としての能力獲得と強化</li> <li>• 調整、意思決定、情報伝達能力の向上</li> </ul>	a), b), c), f) 海外研修 DDMCU における海外研修
灌漑局	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 技術能力の向上</li> <li>• 技術的な分析の実施と計画を修正する能力の獲得</li> <li>• 洪水モニタリングネットワークの完成と洪水警報基準の設定</li> <li>• 警報を遅滞なく発令する能力の獲得</li> <li>• コミュニティ活動における洪水の技術情報の提供</li> </ul>	a), b), c), f) 海外研修
NBRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 技術能力の向上</li> <li>• 地滑りに関する警報基準の設定</li> <li>• 地滑り早期警報システムの確立</li> <li>• コミュニティ活動における地滑りの技術情報の提供</li> <li>• 災害事象を予測する能力の獲得</li> </ul>	a), b), c), f) 海外研修
気象局	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 技術能力の向上</li> <li>• 過去の経験に基づいた災害に結び付く気象を予測する能力の獲得</li> <li>• リアルタイムでわかりやすい気象情報をメディアを含む関連機関に対して提供する能力の獲得</li> </ul>	a), b), c), f) 海外研修
DDMCU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 防災能力全般の向上</li> <li>• 管轄地域において発生する可能性のある災害に関する正しい知識の習得</li> <li>• 防災（災害対策、事前準備、災害対応）に関する適切な知識の習得</li> <li>• 災害情報のわかりやすい形による遅滞ない伝達</li> </ul>	b), c), d), e), f) 海外研修 地方行政組織に対するトレーナー研修
地方政府	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 防災能力全般の向上</li> <li>• 管轄地域において発生する可能性のある災害に関する正しい知識の習得</li> <li>• 防災（災害対策、事前準備、災害対応）に関する適切な知識の習得</li> <li>• 災害情報の適切な伝達</li> </ul>	c), d), e), f) 海外研修

	個別ゴール／アウトプット	活動形態
コミュニティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防災能力全般の向上</li> <li>・ 災害に対する正しい知識の習得と防災におけるコミュニティの役割の正しい理解</li> <li>・ 警報受領時に正しい行動を行える能力の獲得</li> <li>・ 緊急時に対する準備</li> <li>・ コミュニティ防災組織の組織化</li> <li>・ コミュニティベースの防災活動のコミュニティによる調整の実施</li> </ul>	c), d), e)
メディア／社会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 防災に関するさらなる関与</li> <li>・ 防災に関する役割の付与と役割の実践</li> <li>・ メディアを通じた災害情報、災害予報の適切な伝達</li> <li>・ 天気図の定期的な新聞発表やテレビ報道</li> </ul>	b), c), e), f) 合意書の準備

Note: a) 調査団との協働, b) カウンターパートミーティング, c) 訓練, d) セミナー, e) ワークショップ, f) その他  
出典: JICA 調査団

## 能力強化活動の内容

### 能力強化セミナー、カウンターパートミーティング

調査期間中 3 回の能力強化セミナーと 18 回のカウンターパートミーティングを実施した。

### 早期警報避難計画に係る能力強化

早期警報避難計画について、計画の実効性・持続性を高めるため、特に、計画立案と情報伝達の能力強化を意識し「参加型立案プロセス」と「訓練の実施」を併用した能力強化活動を実施した。

### 日本での研修

合計 7 名（2007 年：4 名、2008 年：3 名）の研修員が日本での研修を受けた。

## 能力強化に関する評価

能力強化全体について、調査開始時に設定した 2 つの目標の達成度を考察することで評価する。

1 つめの目標に対しては、パイロットプロジェクトで構築した洪水早期警報避難システムは、いくつかの課題はあるが、ほぼ良好に機能している。2 つ目の目標（計画立案能力）は、洪水対策計画立案全体については、カウンターパートの理解は深まったが、要素技術面は、必ずしも向上したとはいえない。一方、早期警報については、DMC が全体をリードする体制が構築でき、関係各機関も役割分担や責任を理解していることから、その能力は備わったと判断する。

表 16 に個別機関の評価と今後必要な能力強化活動を示す。

## 提言

- ・ DMC および DDMCU における人材確保と人材育成
- ・ 地方の防災関係機関の能力強化
- ・ 活動に必要な情報の整備と共有
- ・ 災害予測への注力と気候変動への対応
- ・ 活動の継続と繰り返し
- ・ 関係機関とのより密接な連携の推進
- ・ 治水部の創設

## 今後の能力強化活動について

- ・ 能力強化活動にはある程度長期の調査スパンで臨むべきである。

- 効果的な能力強化のためには、対象者が持っている能力のベースを理解する（キャパシティアセスメント）が必要である。
- 活動に必要な機器を同時に導入するなど、活動に必要なツールを提供することが必要
- 基礎情報の整備が同時に行われるべきである
- 能力強化活動は柔軟に行われるべきである。
- コミュニティ活動の開始までには一定の期間を設けるべきである。

表-16 個別機関に関する評価

	評 価	今後の能力強化
DMC	本調査で実施した早期警報計画とコミュニティ防災活動については、DMC は会議、活動を主導し、DMC が防災を主導する機関だと認知された。 行政機関を対象とした防災訓練を 3 回実施した。これにより、災害情報を伝達する能力は向上した。しかし、情報伝達の適切性については、依然として、改善する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 繰り返した訓練の実施。</li> <li>• 早期警報に関するさらなる議論</li> <li>• 正確な早期警報のための基礎情報の整備</li> </ul>
灌漑局	多くの水文課職員は、パイロットプロジェクトで導入した水文情報システムを理解した。 洪水警報の発令基準と発令時期については、十分な改善が見られなかった。 水文シミュレーションソフトを利用できる職員の増加は限られたものであった。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 早期警報システムの他の流域への拡張</li> <li>• 洪水情報の継続的なモニタリングと分析</li> <li>• 洪水警報基準に関して他機関とのさらなる議論</li> <li>• 早期警報にかかる適切な知識習得のための職員訓練</li> <li>• 水文情報システム、水文シミュレーションソフトに関するトレーニングの実施</li> </ul>
NBRO	地滑りに関する警報基準の設定や早期警報システムを調査期間内で終えることはできなかった。一方、コミュニティレベルでの観測・警報活動は一定の進歩を見た。警報は比較的遅滞なく発令されており、発令回数も増加した。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地滑り警報発令能力向上に向けた地滑りの観測と分析</li> <li>• ハザード／リスクアセスメントの継続</li> <li>• 早期警報にかかる適切な知識習得のための職員訓練</li> </ul>
気象局	リアルタイムベースの気象観測システムは 2009 年 2 月に完成する。 過去の災害実績に基づいた災害に関する気象予報能力強化は十分でない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• リアルタイム観測能力とそれに基づいた予報能力の向上</li> <li>• 過去の災害事象と気象の関係整理と分析</li> </ul>
DDMCU	パイロットプロジェクト対象地域の DDMCU の一般的な能力は向上した。 特に、コミュニティ防災活動や早期警報システムに関する意識向上がみられる。 一方で、情報伝達の適切性という観点からは、情報伝達にさらなる改善が必要である。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 本調査で実施した活動の継続と地域的な拡大</li> <li>• 適切な防災知識を得るための DM コーディネーターおよびスタッフの訓練</li> <li>• 省庁間ネットワークの他の DDMCU への拡張</li> </ul>
地方政府組織	セミナー、訓練等に参加した地方政府職員の能力は、格段に向上した。また、防災活動を実施するに十分な能力があることも確認された。 しかし、本調査で対象とする機関が限られていたことから、全体としてみた場合、能力強化の範囲は限られている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 本調査で実施した活動の継続と地域的な拡大</li> <li>• 適切な防災知識を得るための地方政府職員の訓練</li> </ul>
コミュニティ	本調査の対象となったコミュニティでは、災害に関する知識と災害対応能力は向上した。 2 つの地滑り危険コミュニティと 2 つの洪水危険コミュニティにおいて、自らの発意による被害軽減活動が実施された。 しかし、本調査で対象としたコミュニティが限られていたことから、全体としてみた場合、能力強化の範囲は限られている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 本調査で実施した活動の継続と地域的な拡大</li> <li>• 適切な防災知識を得るためのコミュニティリーダーの訓練</li> </ul>

	評価	今後の能力強化
メディア／社会	<p>早期警報計画の立案プロセスと訓練への参加者は、早期警報に関しての意識が向上し、メディア内に防災情報を伝達する担当がおかれた。</p> <p>メディアは、情報が提供されればそれを伝達するに十分な能力を有する。</p> <p>メディア以外の社会がどのように防災に関与するかといった議論はほとんど行われなかった。</p> <p>また、住民はその経験の違いにより、避難行動に差がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メディアや社会が負うべき防災上の役割についての議論の継続</li> <li>・ 防災教育の継続</li> </ul>

出典: JICA 調査団

## 6. 結論と提言

### 結論

2004年12月の津波災害後、スリランカの防災行政は大きな変化を遂げている。津波災害から4年が経過し、大災害の記憶が風化していく中で、スリランカ政府はDMCの強化を中心とした防災体制の強化を進めている。このような中で、本調査は防災行政全体の能力向上に大きな貢献をしたといえる。

### 提言

- 本調査報告書に示した各種計画の認定と早期実現
- DMC コアエリアの確立とその確実な実施
- 防災に関する各種情報の整備と共有
- 構造物的対策の実施
- 災害地域、保全地域、公共水域などの定義・明文化
- 開発計画と防災の連携と災害インパクトアセスメント (DIA) の実施
- 関係機関の連携推進

## 目次

序文

伝達状

調査対象位置図

調査対象流域図

概要

ページ

## パート I： 一般

第1章	はじめに	I-1
第2章	調査の目的	I-1
第3章	調査対象地域	I-2
第4章	調査の内容	I-2
第5章	調査工程	I-3
第6章	調査実施体制	I-4
6.1	調査実施体制	I-4
6.2	調査関係者	I-4
第7章	報告書の構成	I-5

## パート II： ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川における洪水対策計画

第1章	概論	II-1
1.1	序論	II-1
1.2	目標	II-1
1.3	調査対象地域	II-1
1.4	コンポーネント1の調査範囲	II-2
第2章	洪水管理の現状および計画策定の基本方針	II-3
2.1	洪水とその対策の現状	II-3
2.2	データ・情報収集および現地踏査	II-3
2.3	「ス」国における洪水管理政策の提案	II-3
第3章	ケラニ川流域の洪水対策マスタープラン	II-5
3.1	流域の概要	II-5
3.2	既往洪水の状況	II-6
3.3	洪水管理に関わる既往検討のレビュー	II-6
3.4	水理・水文解析	II-6
3.5	洪水管理計画を踏まえた土地利用計画	II-7
3.6	洪水防御マスタープラン策定の基本方針	II-7
3.7	代替案の設定	II-9
3.8	非構造物対策の推進	II-10
3.9	施工計画および積算	II-10
3.10	事業便益	II-12
3.11	環境社会配慮	II-13
3.12	ケラニ川流域洪水防御マスタープラン	II-15

第4章	カル川流域の洪水防御マスタープラン	II-19
4.1	流域の概要	II-19
4.2	既往洪水の状況	II-20
4.3	洪水管理に関わる既往検討のレビュー	II-20
4.4	水理・水文解析	II-21
4.5	洪水管理計画を踏まえた土地利用計画	II-21
4.6	洪水管理計画策定の基本方針	II-22
4.7	代替案の設定	II-23
4.8	非構造物対策の推進	II-24
4.9	施工計画および積算	II-24
4.10	事業便益	II-25
4.11	環境社会配慮	II-26
4.12	カル川流域洪水防御マスタープラン	II-27
第5章	ギン川流域の洪水防御マスタープラン	II-33
5.1	流域の概要	II-33
5.2	既往洪水の状況	II-34
5.3	洪水管理に関わる既往検討のレビュー	II-34
5.4	水理・水文解析	II-34
5.5	洪水管理計画を踏まえた土地利用計画	II-34
5.6	洪水管理計画策定の基本方針	II-35
5.7	代替案の設定	II-36
5.8	非構造物対策の推進	II-37
5.9	施工計画および積算	II-38
5.10	事業便益	II-39
5.11	環境社会配慮	II-39
5.12	ギン川流域洪水防御マスタープラン	II-41
第6章	ニルワラ川流域の洪水防御マスタープラン	II-44
6.1	流域の概要	II-44
6.2	既往洪水の状況	II-45
6.3	洪水管理に関わる既往検討のレビュー	II-45
6.4	水理・水文解析	II-45
6.5	洪水管理計画を踏まえた土地利用計画	II-46
6.6	洪水管理計画策定の基本方針	II-46
6.7	代替案の設定	II-47
6.8	非構造物対策の推進	II-48
6.9	施工計画および積算	II-48
6.10	事業便益	II-49
6.11	環境社会配慮	II-50
6.12	ニルワラ川洪水防御マスタープラン	II-51
第7章	洪水脆弱性解析	II-56
7.1	目的	II-56
7.2	検討手法	II-56
7.3	調査対象流域の FVI 分析結果	II-57

第8章	優先事業の選定	II-60
8.1	優先事業の選定基準	II-60
8.2	対象流域間の優先順位	II-60
8.3	既設洪水管理施設の緊急復旧	II-60
第9章	優先事業のアクションプラン	II-62
9.1	序文	II-62
9.2	事業内容の照査	II-62
9.3	事業の範囲	II-66
9.4	事業費の算定	II-66
9.5	事業実施計画	II-69
9.6	事業評価	II-70
9.7	事業の実施体制	II-70
9.8	必要とされる環境社会配慮	II-73
第10章	提言	II-77
10.1	全対象流域共通の提言	II-77
10.2	ケラニ川流域での提言	II-79
10.3	カル川流域での提言	II-80
10.4	ギン川流域での提言	II-81
10.5	ニルワラ川流域での提言	II-82
<b>パート III：早期警報避難計画</b>		
第1章	概要	III-1
1.1	背景および早期警報避難システムの必要性	III-1
1.2	調査の目的	III-1
第2章	早期警報避難システム計画	III-2
2.1	計画の手順	III-2
2.2	EWC III「チェックリスト」との対応	III-2
2.3	概念設計	III-4
第3章	調査を通じて得られた知見	III-7
3.1	パイロットプロジェクトを通じて得られた知見	III-7
3.2	実際の出来事を通じて得られた知見	III-18
3.3	DMCの活動から得られた知見	III-26
第4章	現状の早期警報避難システムの課題	III-28
4.1	スリランカにおける水災害の特徴	III-28
4.2	現状の早期警報避難システムの課題	III-30
第5章	マルチハザード早期警報避難システム	III-32
5.1	マルチハザード早期警報避難システム	III-32
5.2	実施計画	III-48
第6章	結論と提案	III-50
6.1	結論	III-50
6.2	提案	III-51



## パート IV：コミュニティ防災

第1章	活動の達成状況	IV-1
1.1	全体概要	IV-1
1.2	パイロットコミュニティの選定	IV-1
1.3	コミュニティ参加型ワークショップ	IV-3
1.4	コミュニティ防災活動	IV-15
1.5	スリランカにおける防災教育	IV-33
1.6	コミュニティ防災の教育ツールの開発	IV-35
第2章	結論と提言	IV-39

## パート V：能力強化

第1章	はじめに	V-1
第2章	調査開始時点における関連機関の能力把握	V-1
2.1	防災に関する枠組み	V-1
2.2	防災に関連する機関	V-2
2.3	調査開始時点における関連機関等の能力	V-6
第3章	能力強化計画	V-7
3.1	方針	V-7
3.2	能力強化計画	V-8
第4章	能力強化活動の内容	V-9
4.1	セミナーおよびワークショップ	V-9
4.2	カウンターパートミーティング	V-11
4.3	早期警報避難計画に係る能力強化	V-13
4.4	日本での研修	V-18
4.5	その他の能力強化活動	V-19
第5章	能力強化に関する評価	V-20
5.1	全体評価	V-20
5.2	個別機関に対する評価	V-21
第6章	提言	V-24
第7章	今後の能力強化活動について(日本語版のみ)	V-28

## パート VI：結論と提言

第1章	結論	VI-1
第2章	提言	VI-1

## 表リスト・図リスト

## 表リスト

	<u>ページ</u>
表 I-1 調査項目 .....	I-3
表 I-2 調査団構成 .....	I-5
表 I-3 レポートの構成と内容 .....	I-6
表II-1 対象 4 河川流域の諸元 .....	II-2
表II-2 主要降雨観測所における確率日雨量 .....	II-7
表II-3 ケラニ川確率流量 .....	II-7
表II-4 ケラニ川洪水防御マスタープランの計画規模 .....	II-8
表II-5 構造物対策の代替案(ケラニ川) .....	II-9
表II-6 構造物対策の代替案(短期計画) .....	II-10
表II-7 構造物対策の代替案(長期計画) .....	II-10
表II-8 事業費積算の条件 .....	II-11
表II-9 代替案の事業費(ケラニ川) .....	II-11
表II-10 間維持管理費(ケラニ川) .....	II-12
表II-11 事業便益の種類 .....	II-12
表II-12 各代替案の事業便益 .....	II-12
表II-13 各代替案の評価結果概要 .....	II-13
表II-14 代替案の初期環境評価結果 .....	II-14
表II-15 マスタープランの主要構造物対策 .....	II-15
表II-16 推進すべき非構造物対策 .....	II-15
表II-17 主要降雨観測所における確率日雨量 .....	II-21
表II-18 カル川確率流量 .....	II-21
表II-19 カル川全体計画の計画規模 .....	II-22
表II-20 構造物対策の代替案(カル川) .....	II-23
表II-21 構造物対策の代替案(短期計画) .....	II-24
表II-22 構造物対策の代替案(長期計画) .....	II-24
表II-23 代替案の事業費(カル川) .....	II-25
表II-24 年間維持管理費(カル川) .....	II-25
表II-25 各代替案の事業便益 .....	II-25
表II-26 各代替案の評価結果概要 .....	II-25
表II-27 カル川での代替案の初期環境評価結果 .....	II-27
表II-28 全体計画での主要な構造物対策 .....	II-28
表II-29 推進すべき非構造物対策 .....	II-28
表II-30 主要降雨観測所における確率日雨量 .....	II-34
表II-31 ギン川確率流量 .....	II-34
表II-32 ギン川洪水防御マスタープランの計画規模 .....	II-35
表II-33 構造物対策の代替案(ギン川) .....	II-36
表II-34 構造物対策の代替案(短期計画) .....	II-37
表II-35 構造物対策の代替案(長期計画) .....	II-37

表リスト・図リスト

表II-36	代替案の事業費(ギン川) .....	II-38
表II-37	年間維持管理費(ギン川) .....	II-38
表II-38	各代替案の事業便益 .....	II-39
表II-39	各代替案の評価結果概要 .....	II-39
表II-40	ギン川での代替案の初期環境評価結果 .....	II-40
表II-41	マスタープランの主要構造物対策 .....	II-41
表II-42	推進すべき非構造物対策 .....	II-41
表II-43	主要降雨観測所における確率日雨量 .....	II-45
表II-44	ニルワラ川確率流量 .....	II-45
表II-45	ニルワラ川洪水防御マスタープランの計画規模 .....	II-46
表II-46	構造物対策の代替案(ニルワラ川) .....	II-47
表II-47	構造物対策の代替案(短期計画) .....	II-47
表II-48	構造物対策の代替案(長期計画) .....	II-48
表II-49	代替案の事業費(ニルワラ川) .....	II-49
表II-50	年間維持管理費(ニルワラ川) .....	II-49
表II-51	各代替案の事業便益 .....	II-49
表II-52	各代替案の評価結果概要 .....	II-49
表II-53	ニルワラ川での代替案の初期環境評価結果 .....	II-51
表II-54	全体計画での主要な構造物対策 .....	II-52
表II-55	推進すべき非構造物対策 .....	II-52
表II-56	本調査の FVI 指標 .....	II-56
表II-57	対象流域の FVI 指標値 .....	II-58
表II-58	優先事業選定のための総合評価 .....	II-60
表II-59	ラトナプラ堤防計画主要諸元 .....	II-62
表II-60	設計河道断面の水理条件 .....	II-63
表II-61	中間報告書からの修正点(ラトナプラ堤防計画) .....	II-63
表II-62	優先事業の概要 .....	II-67
表II-63	物価上昇率の算定条件 .....	II-68
表II-64	物価上昇率 .....	II-68
表II-65	優先事業の事業費(カル川) .....	II-69
表II-66	経済分析結果 .....	II-70
表II-67	事業実施組織体制の概略検討結果 .....	II-71
表II-68	新規樋管の設置に関する EIA の着目点 .....	II-74
表II-69	ラトナプラにおける堤防建設に関する EIA の着目点 .....	II-74
表II-70	カルタラにおける堤防建設・リハビリに関する EIA の着目点 .....	II-75
表II-71	提言 .....	II-82
表 III-1	チェックリストと本調査での活動の対応 .....	III-3
表 III-2	関係機関の主な役割と責任(職務規定) .....	III-5
表 III-3	関連機関の分類(概念設計) .....	III-6
表 III-4	関連機関の役割分担(概念設計) .....	III-6
表 III-5	対象観測所 .....	III-9
表 III-6	3 回の訓練の比較 .....	III-15

表 III-7	2008年10月16日に実施された訓練の目的と活動	III-16
表 III-8	2007年9月12日と13日の津波警報に関する情報	III-18
表 III-9	質問表の内容	III-20
表 III-10	日雨量(4月27日～29日)	III-21
表 III-11	日雨量(5月27日～6月2日)	III-22
表 III-12	警報の内容	III-27
表 III-13	責任機関	III-27
表 III-14	水関連災害の特徴	III-29
表 III-15	現状の早期警報避難システムの課題	III-31
表 III-16	役割分担に関する計画	III-33
表 III-17	関係機関の役割分担	III-34
表 III-18	ヒアリング結果	III-36
表 III-19	危険の認識に関する計画	III-37
表 III-20	観測と警報サービスに関する計画(観測所)	III-38
表 III-21	観測と警報サービスに関する計画(観測機器の運用維持管理)	III-38
表 III-22	観測と警報サービスに関する計画(情報公開)	III-39
表 III-23	ケラニ川下流のマイナーフラッドに対する警報基準	III-40
表 III-24	ラトナプラにおけるマイナーフラッドに関する警報基準	III-40
表 III-25	観測と警報サービスに関する計画(災害予測と警報基準)	III-40
表 III-26	警報発令のタイミングと内容(洪水)	III-41
表 III-27	警報の詳細(洪水)	III-41
表 III-28	警報発令のタイミングと内容(地すべり)	III-42
表 III-29	警報の詳細(地すべり)	III-42
表 III-30	警報のタイミングと内容(津波)	III-42
表 III-31	観測と警報サービスに関する計画(警報サービス)	III-43
表 III-32	コミュニティレベルの早期警報避難システムの構築方法(洪水)	III-44
表 III-33	コミュニティレベルの早期警報避難システムの構築方法(地すべり)	III-44
表 III-34	観測と警報サービスに関する計画(コミュニティレベルの早期警報避難システム)	III-44
表 III-35	伝達とコミュニケーションに関する計画	III-46
表 III-36	対応能力に関する計画(システムと機器の適切な運用維持管理)	III-47
表 III-37	対応能力に関する計画(防災関連職員の能力向上)	III-48
表 III-38	対応能力に関する計画(住民の能力向上)	III-48
表 III-39	対応能力に関する計画(DMCの調整能力向上)	III-48
表 III-40	短期計画	III-48
表 III-41	中期計画	III-49
表 III-42	長期計画	III-50
表 III-43	提言	III-52
表 IV-1	調査対象としたコミュニティ	IV-2
表 IV-2	パイロットコミュニティ選定指標	IV-3
表 IV-3	選定されたパイロットコミュニティ	IV-3
表 IV-4	ワークショップの講師	IV-4
表 IV-5	第1回ワークショップの基本的な構成	IV-5

## 表リスト・図リスト

表 IV-6	第 2 回ワークショップの基本的な構成	IV-7
表 IV-7	第 1 回ジョイントワークショップのプログラム	IV-10
表 IV-8	コミュニティで防災活動を推進するための提案	IV-11
表 IV-9	第 3 回コミュニティワークショップの基本構成	IV-11
表 IV-10	各パイロットコミュニティのサブコミティの設置状況	IV-12
表 IV-11	避難訓練を実施するコミュニティ選定の指標	IV-16
表 IV-12	訓練を実施したパイロットコミュニティと参加者数	IV-16
表 IV-13	コミュニティ避難訓練の基本実施スケジュール	IV-16
表 IV-14	避難完了までにかかった時間	IV-19
表 IV-15	郡政府職員、コミュニティリーダーを対象としたトレーニングのプログラム	IV-21
表 IV-16	シリーズで実施された協議会	IV-25
表 IV-17	学校啓発ワークショップのプログラム	IV-27
表 IV-18	学校避難訓練プログラムの基本構成	IV-28
表 IV-19	マータラ県 Gandara South でのプログラム	IV-29
表 IV-20	避難訓練の行動の基本的な流れ	IV-30
表 IV-21	Fliptation の主な内容	IV-36
表 IV-22	コミュニティ防災セミナーのプログラム	IV-37
表 IV-23	コミュニティ防災推進への提言	IV-42
表 V-1	調査開始時における関係機関の能力	V-7
表 V-2	能力強化計画	V-8
表 V-3	調査期間中に開催したセミナー、ワークショップ、訓練	V-9
表 V-4	カウンターパートミーティング	V-12
表 V-5	早期警報システム立案に関する各種ミーティング	V-14
表 V-6	訓練の内容、目的、対象地域	V-16
表 V-7	日本でのカウンタパートトレーニング参加者	V-18
表 V-8	Counterpart Training Program in Japan	V-18
表 V-9	個別機関に関する評価	V-22
表 V-10	提言	V-27

## 図リスト

	ページ
図 I-1	調査対象地域…………… I-2
図 I-2	調査工程…………… I-3
図 I-3	調査実施体制…………… I-4
図II-1	ケラニ川流域位置図…………… II-5
図II-2	ケラニ本川縦断図…………… II-5
図II-3	事業実施計画(ケラニ川)…………… II-11
図II-4	ケラニ川における堤防計画(1/2)…………… II-16
図II-5	ケラニ川における堤防計画(2/2)…………… II-17
図II-6	ケラニ川における遊水地計画…………… II-18
図II-7	カル川流域位置図…………… II-19
図II-8	カル川本川縦断図…………… II-19
図II-9	確率洪水流量配分図(カル川)…………… II-23
図II-10	事業実施計画(カル川)…………… II-24
図II-11	カル川における堤防計画(1/3)…………… II-29
図II-12	カル川における堤防計画(2/3)…………… II-30
図II-13	カル川における堤防計画(3/3)…………… II-31
図II-14	ラトナプラにおける輪中堤計画…………… II-32
図II-15	ギン川流域位置及び洪水氾濫区域図(2003年5月洪水)…………… II-33
図II-16	ギン川本川縦断図…………… II-33
図II-17	確率洪水流量配分図(ギン川)…………… II-37
図II-18	事業実施計画(ギン川)…………… II-38
図II-19	ギン川における堤防計画(1/2)…………… II-42
図II-20	ギン川における堤防計画(2/2)…………… II-43
図II-21	ニルワラ川流域位置及び洪水氾濫区域図(2003年5月洪水)…………… II-44
図II-22	ニルワラ川本川縦断図…………… II-44
図II-23	確率洪水流量配分図(ニルワラ川)…………… II-47
図II-24	事業実施計画(ニルワラ川)…………… II-48
図II-25	ニルワラ川における堤防計画(1/3)…………… II-53
図II-26	ニルワラ川における堤防計画(2/3)…………… II-54
図II-27	ニルワラ川における堤防計画(3/3)…………… II-55
図II-28	FVI算定結果の一例…………… II-57
図II-29	豪雨の頻度…………… II-59
図II-30	氾濫域内の人口…………… II-59
図II-31	対象流域のFVI試算結果…………… II-59
図II-32	堤防と擁壁の標準断面図…………… II-64
図II-33	ラトナプラ市の排水システム位置図…………… II-65
図II-34	優先事業の事業計画…………… II-70
図II-35	事業実施機関案…………… II-72
図II-36	スリランカにおける環境影響評価の手順…………… II-73

図 III-1	住民を中心とした早期警報システムの 4 つの要素	III-3
図 III-2	洪水警報発令の手順(職務規定)	III-5
図 III-3	概念図(概念設計)	III-7
図 III-4	水文情報システムと省庁間ネットワークの関係	III-8
図 III-5	水文情報システムのシステム図	III-8
図 III-6	現在の観測システム	III-9
図 III-7	観測所位置図	III-10
図 III-8	観測所に設置された機器	III-10
図 III-9	灌漑局水文課に設置された機器	III-11
図 III-10	水文情報システムの観測画面	III-11
図 III-11	省庁間ネットワークのシステム図	III-12
図 III-12	設置された機器	III-12
図 III-13	掲示板の開始画面	III-13
図 III-14	インターネットを通じた情報伝達システムのシステム図	III-13
図 III-15	DS オフィスに設置された機器	III-14
図 III-16	訓練マニュアル(抜粋)	III-14
図 III-17	訓練の様子	III-16
図 III-18	警報の内容	III-19
図 III-19	Nagalagam St.観測所における水位(4月～5月洪水)	III-21
図 III-20	Ratnapura における水位と Asoka Estate における雨量(4月～5月洪水)	III-22
図 III-21	Nagalagam St.観測所における水位(5月～6月洪水)	III-22
図 III-22	水位と警報発令の関係(4月～5月洪水)	III-23
図 III-23	情報伝達状況(4月～5月洪水)	III-24
図 III-24	水位と警報発令の関係(5月～6月洪水)	III-25
図 III-25	情報伝達状況(5月～6月洪水)	III-25
図 III-26	ワークショップの様子	III-26
図 III-27	DDMCU による SOP の例	III-28
図 III-28	Malwana Town と Hanwella 観測所の位置図	III-35
図 III-29	水位とヒアリング結果の関係	III-36
図 III-30	コミュニティレベルの観測活動例	III-44
図 III-31	情報の流れ(左:全体、右:GN からコミュニティ)	III-45
図 III-32	情報伝達手段	III-46
図 IV-1	コンポーネント 3 の活動の流れ	IV-1
図 IV-2	第 1 回ワークショップの講義のようす(洪水/土砂災害/津波)	IV-6
図 IV-3	タウンウォッチング(洪水/土砂災害/津波)	IV-7
図 IV-4	作成したハザードマップの紹介(洪水/土砂災害/津波)	IV-8
図 IV-5	簡易雨量計と雨量観測に関する説明	IV-8
図 IV-6	ジョイントワークショップにおける講義とグループディスカッション	IV-10
図 IV-7	村(G.N.)レベルの防災コミッティの構成図	IV-12
図 IV-8	コミュニティレベルでの基本的な情報の流れ	IV-13
図 IV-9	防災訓練実施についての協議	IV-13
図 IV-10	設置された簡易雨量計と住民による雨量の記録	IV-14

図 IV-11	早期警報情報伝達の基本的な流れ	IV-17
図 IV-12	コミュニティハザードマップの準備: Helauda (左)/ Baddegama (右)	IV-18
図 IV-13	避難場所への住民の避難	IV-18
図 IV-14	応急手当のデモ/避難所のサイン	IV-19
図 IV-15	評価会合: Helauda (左) and Angamma (右)	IV-20
図 IV-17	「クロスロード」ゲームでの活発な議論のようす	IV-22
図 IV-18	協議会(左)/目盛りの読み方のトレーニング(右)	IV-23
図 IV-19	工事前の排水路の清掃(左)/改善された排水路	IV-24
図 IV-20	建設作業(左)/改善前の横断橋(中央)/改善後の横断橋(右)	IV-25
図 IV-21	上流住民との第2回会合(左)/上流・下流双方住民の参加した第3回会合(右)	IV-25
図 IV-22	ワークショップに参加した生徒たち	IV-26
図 IV-23	災害に関する講義(左)/地すべり危険地域の現地視察(右)	IV-27
図 IV-24	マータラ県 Tallala 校における避難計画	IV-29
図 IV-25	津波警報が発令された際の Gandara 小学校の行動計画	IV-30
図 IV-26	準備会合のようす: Kottegoda(左)/Vinayagapuram(右)	IV-30
図 IV-27	避難のようす: Kottegoda(左)/Sinna Ullai(中央)/Vinayagapuram(右)	IV-31
図 IV-28	啓発プログラム: Kottegoda(左)/Sinna Ullai(中央)/Vinayagapuram(右)	IV-31
図 IV-29	教員の事前会合(左)/保護者も参加した啓発プログラム(右)	IV-32
図 IV-30	各県でのファーストエイドトレーニング	IV-33
図 IV-31	作成されたコミュニティ防災 Fliptation (CBDRM/洪水/土砂災害/津波)	IV-36
図 IV-32	Fliptation を利用したモデル講義: CBDRM(左)/土砂災害(右)	IV-38
図 IV-33	Fliptation についての活発な議論(左、中央)/クロスロードゲームでの議論(右)	IV-38
図 V-1	DMC 組織図	V-3



## 略語

ADB	Asian Development Bank
CBDM	Community-based Disaster Management
CBDRM	Community-based Disaster Risk Management
CD	Capacity Development
CIDA	Canadian International Development Agency
DANIDA	Danish International Development Agency
DDMCU	District Disaster Management Coordinating Unit
DHI	Danish Hydraulic Institute
DIG	Disaster Imagination Game
DMC	Disaster Management Centre
DOI	Department of Irrigation
DOM	Department of Meteorology
DM	Disaster Management
DM Coordinators	District Disaster Management Coordinators
DRM	Disaster Risk Management
DS	Divisional Secretary
EOC	Emergency Operation Centre
ESCAP	United Nations Economic and Social Development in Asia and the Pacific
EWC	Early Warning Committee
EWE	Early Warning and Evacuation
GA	Government Agency
GN	Grama Niladhari
GOJ	Government of Japan
GOSL	Government of Sri Lanka
GTZ	German Technical Cooperation
GWh	Giga Watt hour
JICA	Japan International Cooperation Agency
LHI	Lanka Hydraulic Institute
LSSD	Landslide Studies & Service Division of NBRO
M/DM&HR	Ministry of Disaster Management and Human Rights
MCM	Million Cubic Meters
MSL	Mean Sea Level
MW	Mega Watt
NBRO	National Building Research Organization
NCDM	National Council for Disaster Management
NIE	National Institute of Education
RDA	Road Development Authority
the Study	Comprehensive Study on Disaster Management in Sri Lanka
UDA	Urban Development Authority
UNDP	United Nations Development Programme
UN/ISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
WB	The World Bank
WS	Workshop

パート 1:  
一般

## パート I: 一般

### 第1章 はじめに

2003年に発生した洪水・土砂災害や2004年の津波をはじめとして、スリランカでは近年、大きな災害が度重なり発生している。この災害を契機として、スリランカ国政府は、国家防災体制強化の方針を打ち出し、2005年5月に、自然災害以外の災害を含む災害に対し、事前の防災活動から災害発生後の緊急対応、復興にいたるまでの包括的な枠組みを定めた、災害対策法（Sri Lanka Disaster Management Act, No. 13 of 2005）を制定した。

災害対策法の下、大統領を議長とし関係大臣から構成され、防災に関する最高の意思決定機関である国家災害対策評議会（National Council for Disaster Management: NCDM）が設置されるとともに、国家レベルでの防災関連計画の立案と調整を行う防災局（Disaster Management Centre: DMC）が設立された。DMCは、国家レベルおよび地方レベルの双方において、防災関連計画の立案と調整を防災に関連する諸機関との間で行っている。

一方、2005年9月から2006年3月にかけて国際協力機構（JICA）が実施した「防災行政強化プログラム」プロジェクト形成調査において、以下のような問題点が明らかになった。

- 主要な災害である水害（洪水、土砂災害）に対する対策が不十分である。
- 非構造物対策（コミュニティ防災、早期警報・避難計画など）に対する取り組みが不十分である。
- DMCおよび防災関係機関の能力および各機関の連携が不十分である。

このような状況の下、スリランカ国政府は、上記の問題点を解決し、スリランカ国の災害被害を軽減させることを目的とした調査の実施を日本国政府に要請し、日本国政府は「スリランカ国防災機能強化計画調査」の実施を決定し、2006年6月22日に、調査内容についての実施細則（Scope of Works: S/W）に合意した。

2006年10月、JICAは合意されたS/Wに基づき、調査団をスリランカに派遣した。調査団は、10月18日、ステアリングコミッティにおいてスリランカ国政府に対し調査内容の説明と議論を行い、調査が公式に開始された。

2009年2月、調査団はすべての現地調査を完了し、調査全体を総括する報告として、本報告書（ファイナルレポート）が取りまとめられた。

### 第2章 調査の目的

本調査は、スリランカ国全体における災害被害の減少を上位目標に、洪水、土砂災害、津波の3種の自然災害を対象に以下の活動を実施し、活動を通じて関係機関およびパイロットコミュニティ住民の能力強化を行い、調査対象地域の災害被害を軽減することを目的とする。

- 南西部4河川における、総合的な洪水対策計画（M/P）の立案（改訂）
- 早期警報・避難システム構築支援
- コミュニティ防災（CBDM）に関する活動支援
- 防災関連機関の能力強化

### 第3章 調査対象地域

本調査の対象地域は、スリランカ国全体であるが、特に洪水、土砂災害の常襲地域である南西部4河川（ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川）流域に加え、津波災害を対象とした地域（下図ハッチ部）とする。



図I-1 調査対象地域

### 第4章 調査の内容

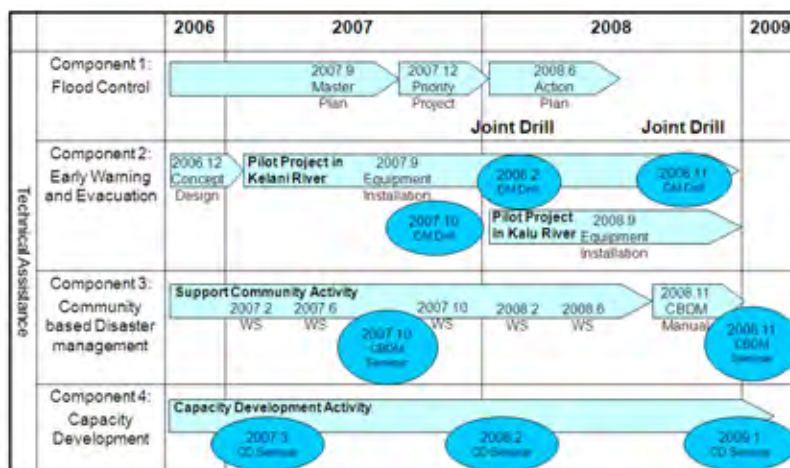
本調査は、1) ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川における総合的な洪水対策計画立案、2) 早期警報避難システム、3) コミュニティ防災（CBDM）、4) 関連機関における能力強化、の4つのコンポーネントから構成される。表I-1に、本調査の調査項目を示す。

表I-1 調査項目

Component	Scope of Work
Component 1: Integrated Flood Management Planning in Kelani, Kalu, Gin, and Nilwala Rivers	1. Collection, review and analysis of data and information
	2. Examination on characteristic of vulnerability and hazard
	3. Evaluation of current disaster mitigation measures
	4. Flood Risk assessment
	5. Flood Management planning through a review of existing master plans and integration of structural as well as non-structural measures
	6. Selection of priority areas and projects
	7. Formulation of action plan
	8. Initial environmental evaluation
Component 2: EWE System	1. Collection, review and analysis of data and information
	2. Institution, law and regulation survey
	3. Designing concept of EWE system
	4. Pilot project planning in Kelani River basin
	5. Pilot project implementation in Kelani River basin
	6. Support to establishment of flood EWE system in Kalu, Gin, Nilwala Rivers
	7. Support CBDM activities and evacuation drills
Component 3: CBDM	1. Collection, review, survey, and analysis of related data and information
	2. Selection of pilot communities in tsunami, flood and sediment disasters
	3. Support to CBDM activities in prioritized communities
	4. Evaluation
	5. Preparation and dissemination of CBDM manual to concerned organizations
Component 4: Capacity Building of Organizations Concerned	1. Needs Assessment on capacity building
	2. Recommendation on institutional strengthening
	3. Preparation of materials for operation and maintenance
	4. Formulation of capacity building plans
	5. Implementation of training programs and workshops for concerned organizations' staff
	6. Provision of technical advice on ongoing projects on a day-to-day basis

## 第5章 調査工程

本調査は、2006年10月にスリランカでの現地作業を開始し、2009年3月に完了した。約2年半の調査期間中、S/Wに基づいた様々な活動が実施された。主要活動を示した調査工程を図I-2に示す。

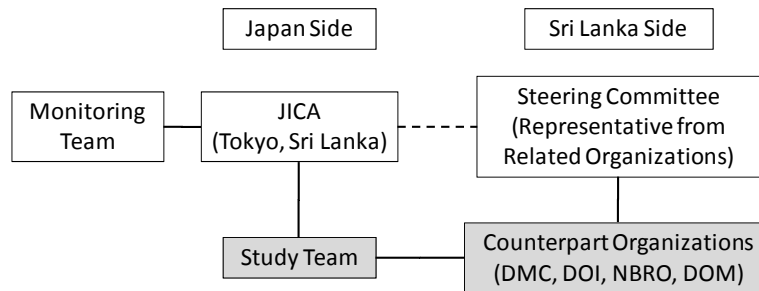


図I-2 調査工程

## 第6章 調査実施体制

### 6.1 調査実施体制

本調査は、前述の目的を達成するため、DMC、灌漑局（DOI）、建築研究所（NBRO）、気象局（DOM）と調査団との協働により実施した。また、JICAは、2006年10月、2008年10月、2009年1月にモニタリング調査団をスリランカに派遣した。モニタリング調査団は、カウンターパート機関と協議を行うとともに現地調査を行い、技術的な助言をJICAに対して行った。調査は、以下の実施体制で行われた。



図I-3 調査実施体制

### 6.2 調査関係者

#### 6.2.1 ステアリングコミッティおよびカウンターパート

調査の円滑な実施とスリランカ国政府職員に対する技術移転を円滑に実施するため、スリランカ国政府は、ステアリングコミッティを設立し、同時に、カウンターパートを任命した。

ステアリングコミッティメンバー：

- (1) Secretary, the Ministry of Disaster Management and Human Rights (Chair)
- (2) Director General, DMC
- (3) Director General, DOM
- (4) Director General, DOI
- (5) Director General, NBRO
- (6) Director General, External Resources Department, Ministry of Finance and Planning
- (7) Director General, National Planning Department, Ministry of Finance and Planning
- (8) Representative of Ministry of Irrigation and Water Management
- (9) Representative of Ministry of Environment
- (10) Other organizations concerned, if necessary

カウンターパート：

- (1) DMC: Disaster management planning, community based disaster management, and early warning system
- (2) DOI: Flood early warning system, and flood mitigation
- (3) NBRO: Sediment Disasters
- (4) DOM: meteorological observation

### 6.2.2 モニタリング調査団

- (1) 西川 智、国土交通省
- (2) 吉谷純一、独立行政法人土木研究所
- (3) 栗原淳一、長野県

### 6.2.3 調査団構成

調査団は、以下の 22 名で構成される。

表I-2 調査団構成

Responsibility	Name
1. Team Leader	Toshiaki KUDO (Sep. 2008 - Mar. 2009)
	Kimio TAKEYA (Sep. 2006 -Aug. 2008)
2. Disaster Management Administration 1	Ryo MATSUMARU (Deputy Leader: Disaster Management Planning)
3. Disaster Management Administration 2	Koji SUZUKI
4. Flood Management Planning	Yoshihiro MOTOKI (Deputy Leader: Flood Management Planning)
5. Hydrology/Hydraulics	Borala Liyanage JAYARATNE
6. Flood Vulnerability Evaluation/Project Evaluation	Kenji MORITA
7. River Structures	Hikaru SUGIMOTO
8. Cost Estimation/Project Management	Tadahiro FUKUDA
9. Land Use Planning	Yuko SAKAI
10. Environment	Naohito WATANABE
11. Early Warning and Evacuation (EWE) Planning	Yoshihiko UCHIKURA (Deputy Leader : EWE)
12. Early Warning and Evacuation System Planning 1	Hiroaki KURITA
13. Early Warning and Evacuation System Planning 2	Hirotsugu KATO
14. Disaster Management Exercise	Shinya TANAKA
15. Disaster Management Exercise 2	Chiho OCHIAI
16. Meteorological Observation	Chuji YAMAMOTO
	Masahiro SATO
17. Community Disaster Management 1 (Disaster Management Activities)	Miki KODAMA
18. Community Disaster Management 2 (Disaster Management Education)	Akiko NAKAMURA
19. Sediment Disaster	Satoru TSUKAMOTO
20. Social Consideration/Coordination	Chiho OCHIAI
	Natsuko SEKIGUCHI
21. Enlightenment / Publicity	Chiho OCHIAI

## 第7章 報告書の構成

本報告書は、調査全体の結果を示すものであり、要約（和文）、主報告書（和文）、サマリー（英文）、メインレポート（英文）、サポーティングレポート（英文）、データブック（英文）の 6 分冊からなる。それぞれの内容を表I-3 に示す。

表I-3 レポートの構成と内容

Volume	Contents
要約 (和文)	要約
主報告書 (和文)	パート I : 一般
	パート II : ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川における洪水対策計画
	パート III : 早期警報避難計画
	パート IV : コミュニティ防災
	パート V : 能力強化
	パート VI : 結論と提言
Summary (英文)	Summary
Main Report (英文)	Part I: Introduction
	Part II: Flood Management Planning for Kelani, Kalu, Gin and Nilwara Rivers
	Part III: Early Warning and Evacuation System Planning
	Part IV: Community Based Disaster Management
	Part V: Capacity Development
	Part VI: Conclusion and Recommendations
Supporting Report (英文)	A: Current Condition and Master Plan Formulation
	B: Hydrological and Hydraulic Model Studies
	C: Flood Damage and Inundation Survey Results
	D: Land Use Planning
	E: Preliminary Structural Drawings for Structural Measure Options
	F: Preliminary Cost Estimate
	G: Environmental and Social Consideration
	H: Economic Evaluation
	I: Established Systems in Pilot Project
	J: Warning Criteria and Content of Warning Message
	K: Result of Interview Survey
	L: Meteorological Consideration for Disaster Management
	M: Community-based Disaster Management
	N: Study on Sediment Disaster
Data Book (英文)	1. River Cross Section Survey
	2. Disaster Management Exercise Manual
	3. Questionnaire of Interview Survey
	4. Questionnaire and Result of Community Survey
	5. Handbook and "Flipchart" (Flip Chart & Presentation) Materials
	6. Community Hazard Maps (15 pilot communities)
	7. Newsletters
	8. Screenshot of Web pages



パート II:  
ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川  
における洪水対策計画

## パート II: ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川における洪水対策計画

### 第1章 概論

#### 1.1 序論

スリランカ国（以下「ス」国）ではその地理的・地質的な条件から津波、洪水、土砂災害、旱魃、落雷などの自然災害が頻発している。特に頻発する洪水氾濫は国家の発展のために多くの国民に大きな被害を与える主要な災害である。河川改修を含む洪水管理の取り組みは、経済成長と自然保護の調和のために重要な課題である。従って、適切な洪水管理の実施は「ス」国の自然災害に対する脆弱性を低減するために欠かせない。

特筆すべき水害としては、1989年のケラニ川流域での洪水と2003年のその他3つの流域での洪水が挙げられる。また、本調査期間中の2008年4月から6月の間に、調査対象地域は2度の大規模な洪水により被災した。これらの洪水実績を踏まえ、4つの河川流域における全体計画が見直され本報告書が作成された。

#### 1.2 目標

本調査は、関連機関や地方自治体などの組織強化を通じて洪水や土砂災害、津波などによる自然災害を軽減させることを目標とする。その目標達成のため、コンポーネント1では、ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川の4流域における洪水管理計画および優先事業のアクションプランの策定を目指すものとする。

#### 1.3 調査対象地域

本調査の対象地域は、「ス」国南西部に位置する4河川（ケラニ川、カル川、ギン川、ニルワラ川）流域である。これらの流域では、主たる2つの雨期、つまり5月から9月にかけての南西モンスーン期と10月から11月のインターモンスーン期の影響を受け、過去にスリランカ国内でも最も大きい年間降雨量を記録している。中央高地のいくつかの地域では4,000mmを越す年間降雨量を記録している。4流域の主要諸元を表II-1に示す。地理条件や河川特性のため、洪水の頻発は4河川に共通する特徴と言える。

表II-1 対象4 河川流域の諸元

項目	ケラニ	カル	ギン	ニルワラ
流域面積(km <sup>2</sup> )	2,292	2,719	932	971
河川延長(km)	150	101	113	78
年間降雨量(mm)	3,800	4,040	3,290	2,890
総流出量(MCM)	3,417	4,032	1,268	1,152
主要支川	マスケリヤオヤ、ケハイガムオヤ、ウィオヤ、リティガナオヤ、グルゴダガンガ、シータワカガンガ、ワックオヤ	クダガンガ、マグルガンガ、ククレガンガ、ウェイガナガ、ククレガンガ、ウェイガンガ	ケプエラ、ホルワゴダ、キムビヤエラ、ガラゴダエラ、ディビチュラエラ、マベンエラ	キラマエラ、カダウェドゥワエラ、バドゥラオヤ、ディギリエラ
主要水位観測所	キトゥルガラ、デラニヤガラ、グレンコース、ホロンブワ、ハンウエラ	ラトナブラ、デラ、エラガワ、ククレガマ、カラウエラワ、ミラカンダ、プトウパウラ	アガリヤ、タワラマ	ピタベツダラ、ボパゴダ
流域に属する県	ガンバハ、コロンボ、ケゴール、ラトナブラ、ヌワラエリヤ	カルタラ、ラトナブラ	ゴール、ラトナブラ	マータラ、ゴール
人口	2,773,000	1,127,000	490,000	459,000
洪水氾濫地域内人口(総人口に対する比率%)	150,000 (5.4%)	132,000 (11.8%)	32,000 (6.5%)	100,000 (21.8%)

出典：灌漑局及びその他関係機関の情報に基づいて調査団が作成

#### 1.4 コンポーネント1の調査範囲

コンポーネント1は、洪水管理全体計画の改訂および優先事業アクションプランの作成からなり、以下の作業を実施した。

- (1) データ・情報の収集、レビューおよび解析
- (2) 洪水氾濫に対する地域の脆弱性や被害の特性把握
- (3) 現在実施されている災害軽減策の評価
- (4) 洪水リスク評価
- (5) 既存全体計画の見直しや構造物・非構造物両面からの対策による洪水管理計画の策定
- (6) 優先する地域や事業の選定
- (7) アクションプランの策定
- (8) 初期環境影響評価 (IEE)

施設による対策のスクリーニングは、水資源開発の観点からではなく防災計画の観点から行われた。従って、多目的ダム計画は予備的な検討レベルで可能性を評価している。本調査の結果を踏まえて、更なる洪水管理計画調査および水資源管理計画調査の実施が望まれる。

## 第2章 洪水管理の現状および計画策定の基本方針

### 2.1 洪水とその対策の現状

調査対象地域は島の南西部4分の1を占め、年2回のモンスーン(南西モンスーン(5月～9月)、北東モンスーン(12月～2月))により豪雨に見舞われる。年間降水量は、全国平均で1,861mmであるが、南西部山岳地域の多雨地帯では5,000mmを超えるところもある。調査対象地域の洪水観測記録によれば、過去30年間での最大洪水は南西モンスーンの5月～6月に発生している。

最近にも2008年4月末と5月末の2度にわたって生起確率10～30年程度の洪水が調査対象地域で発生した。ある新聞報道では、7つの県(カルタラ、ガンパハ、コロombo、ゴール、マータラ、ラトナプラ、ケゴール)で、40万人が避難し20名が死亡したと伝えている(2008年6月5日現在)。また、カルタラ県での被害が最も大きかったとしている。

毎年のように常襲する洪水氾濫は、国民の生活と経済活動に大きな悪影響を及ぼしている。しかし、洪水管理計画の実施は小規模な河川改修を除くと先の調査報告書(特に1964年に作成されたカル川、ギン川、ニルワラ川のM/P)により提言された計画より大幅に遅れている。段階的な開発からなる洪水管理全体計画の欠如は、洪水対策実施の遅れの原因となっている。

従って、構造物・非構造物両面からの対策による全体計画の策定・更新は4つの対象河川流域における度重なる水害を早期に軽減するために必要不可欠である。

### 2.2 データ・情報収集および現地踏査

本調査ではマスタープラン策定(コンポーネント1)のために様々なデータや情報を収集した。データは生データ(雨量、流量、水位、洪水被害額等)、解析結果、地図・図面、報告書等に分類される。これらは主に灌漑局(DOI)の中央および地方事務所、気象局(DOM)、UDA、LHIその他地方自治体を含む関係政府機関から収集した。

他方、517世帯と30箇所地方自治体に対して聞き取り調査を実施し洪水被害と水理特性を把握、洪水氾濫解析を行なった。また、対象河川の主要な18地点(ケラニ川4箇所、カル川6箇所、ギン川4箇所、ニルワラ川4箇所)において河川横断測量を実施した。

### 2.3 「ス」国における洪水管理政策の提案

「ス」国における洪水管理の現況を鑑みて、本調査では、洪水管理全体計画の見直しと策定のために以下の6つの基本原則を適用した。

- (1) 小規模洪水に対しては構造物対策により防御し短期的対策として位置づける。限られた予算の中で早期に洪水便益を発現させるため、目標とする計画防御レベルに段階的に到達するような小規模な構造物対策、短期間対策として実施可能な河道掘削や堤防建設などを考慮する。
- (2) 上記項目(1)に関連して、最大限既存施設を活用し、事業実施による便益の早期発現と実施費用の最小化を図る。しかし、4流域における既存施設(堤防、樋門・樋管、排水機場等)の現状把握を通じて、それらのいくつかは適切な維持管理が欠如し、または機器類が寿命に達した状態で運転が行われていることが判明した。従って、既存施設の修理や更新を優先的に進める。
- (3) 自然の遊水地としての湿地帯を、大規模洪水や超過洪水の緩衝帯として利用する。このような湿地帯の役割を慎重に評価し、ゾーニングを通じて明確にその境界を区分し保全する。これに関連して関連政府機関の組織・制度の強化も並行して進める。

- (4) 環境面・社会面へのインパクトは、構造物対策の計画規模のもとで最小化する。ステークホルダー間の合意形成を実現するために、環境配慮や緩和策の検討は非常に重要である。尚、「ス」国において、事業化に向けては、環境影響評価（EIA）のプロセスを経る必要があり、その詳細は 9.8 節に記載した。
- (5) 構造物・非構造物対策の最適な組合せを考慮する。本調査における非構造物対策の役割は、構造物対策実施によって期待される便益を補完し、また増進することと認識される。この観点から、4 流域の個々の条件を踏まえつつ両対策の適切な組合せを検討する。
- (6) 気象・水文観測ネットワーク強化によって将来の気候変動に対応していく。また、主として非構造物対策による超過洪水に対するリスク管理は、洪水氾濫地域の住民の生計と生命を守るために欠く事はできない。

### 第3章 ケラニ川流域の洪水対策マスタープラン

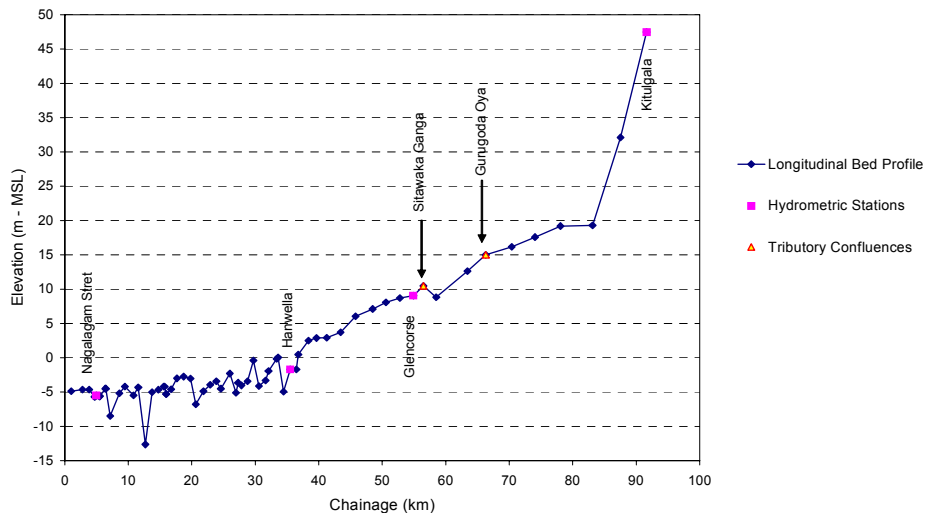
#### 3.1 流域の概要

ケラニ川は「ス」国で 2 番目に大きな河川である。島の中央に源を発して西流した後にコロombo 市北端で海へ注ぐ。流域は湿地帯に位置し、流域面積 2,292 km<sup>2</sup>、年間河川流量は 3,417 百万 m<sup>3</sup> である。ケラニ川流域の位置図を図II-1 に示す。また、縦断面図（キトゥルガラー河口間）を図II-2 に示した。



出典: JICA 調査団

図II-1 ケラニ川流域位置図



出典: 灌漑局およびLHI の水理解析結果

図II-2 ケラニ本川縦断面図

洪水氾濫防止のため幾つかの小規模洪水対策（MFPs）が灌漑局によって講じられている。コロombo 市および市郊外では河川堤防が築かれている。灌漑局は北堤（ガンパハ側）の浸食対策を実施中である。

### 3.2 既往洪水の状況

既往最大洪水は、河口から約 5 km 上流のナガラガム観測所で水位 12.85 フィートを記録した 1947 年 6 月洪水である。ここ 20 箇年では、同観測所にて水位 9.20 フィートを記録して「危険」水位を超えた 1989 年 6 月の洪水が最も大きい。この洪水によって 5 万エーカー（約 202 km<sup>2</sup>）の耕作地が浸水被害を受けた。

本調査実施中、ケラニ川流域は 2008 年の 4 月末から 6 月初めにかけての一ヶ月間に 2 度の豪雨に見舞われた。5 月 30 日から 6 月 1 日の洪水は、4 月 28 日に発生したものよりわずかに大きかった。5 月 31 日にはナガラガム観測所での水位は標高 5.90 フィートに達した。これは過去 30 年間で 3 番目に高い観測水位である。両洪水の氾濫によって、ハンウェラからケラニムツラ（コロンボ側）、プゴダからマルワナ（ガンパハ側）にかけての広範囲が浸水被害を受けた。JICA 調査団による現地踏査および被害者への聞き取り調査の結果、二つの洪水氾濫での浸水深は平均で 0.5~1.0 m であったことが判明した。



ビヤガマの洪水状況  
(カドウェラの対岸, 2008 年 6 月 1 日)



コロナワの洪水状況  
(ゴタトゥワ堤防付近, 2008 年 6 月 1 日)

### 3.3 洪水管理に関わる既往検討のレビュー

ケラニ川では、以下に示すとおり 1940 年代以来数多くの治水計画が検討されてきた。

- (1) “Flood Control of the Kelani Ganaga, International Engineering Company, San Francisco, 1948”
- (2) “Kelani Flood Protection Scheme, Dr. Mylvaganam, Irrigation Department, 1948”
- (3) “Diversion Canal, Irrigation Department, 1950”
- (4) “Kelani Ganga Basin Scheme, Technopromexport, USSR, 1961”
- (5) “Wetland Site Report and Conservation Management Plan, Colombo Flood Detention Areas, Central Environmental Authority/Euroconsult, Ministry of Transport, Environmental and Women’s Affairs, January 1995”
- (6) “Western River Basin Sector Project, TA3030-SRI, DHI, July 1999”

そのうち、USSR による 1961 年の調査ではケラニ川の総合開発が提案された。しかし、資金難と社会問題により、提案された施策はなんら実現しなかった。DHI による 1992 年の調査および中央環境庁（Central Environmental Authority）による 1995 年の調査では、下流域の低湿地を利用することが検討されている。

### 3.4 水理・水文解析

ケラニ川の洪水氾濫特性（氾濫区域、浸水深、湛水時間等）、流下能力を把握し、洪水管理のための対策を検討するために水理・水文解析を実施した。

流域モデルはキトゥルガラからコロomboの範囲で、アルゴダ橋地点で合流するシタワカ川と インブラナ地点で合流するグルゴダ川の二つの支川を含む。また、流域内は 6 つの流域に分割され、22 箇所の降雨観測所のデータを用いて計算された流域平均雨量を適用した。主要降雨観測所における確率雨量を表II-2 に示す。

表II-2 主要降雨観測所における確率日雨量

河川名	観測所名	標高 (m)	データ入手可能期間	確率日雨量 (mm/日)				
				10 年	25 年	50 年	100 年	既往最大
ケラニ川	アビスアベラ	30.5	1950-2006	202.5	237.8	263.9	289.9	264.2
	コロombo	7.3	1950-2006	236.7	286.2	323.0	359.5	493.7

出典: JICA 調査団

ケラニ川の主要観測所における確率流量は、全分割流域において河川以外での洪水貯留を考慮しないという条件の下で算定し表II-3 のとおりとなった。

表II-3 ケラニ川確率流量

生起確率 (年)	確率ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)			
	グレンコース	ハンウェラ	カドウェラ	ナガラガム
2	1,438	1,566	1,613	1,665
5	2,292	2,569	2,673	2,788
10	2,860	3,247	3,415	3,601
20	3,401	3,886	4,104	4,346
30	3,714	4,263	4,513	4,790
50	4,105	4,735	5,026	5,349

出典: JICA 調査団

### 3.5 洪水管理計画を踏まえた土地利用計画

ケラニ川流域における土地利用の現況は以下のとおりである。

- (1) 建築物の範囲が流域の 1% を占め、これは 4 つの対象流域のうち最も大きな割合である。
- (2) 作付面積が流域の凡そ半分 (49.7 %) を占め、そのうち最も広いのが 67.4 % を占めるゴム園である。
- (3) 2 番目に多い土地利用が耕作地で全体の 34.0 % を占める。そのうち最も広いのが 74.1 % を占める牧場で、その次が 22.4 % を占める水田である。

過去 20 年間に牧場は 17%、森林は 19% 減少している。コロombo市中心部は経済、開発の中心で、新規事業のみならず再開発事業も盛んな区域である。また、「西部首都圏地域構造計画 (Regional Structure Plan of the Western Region Megapolis)」では、アビスアベラを新たな産業、居住地域の中核と位置付けている。防災上の観点から、そのような開発事業は厳正な規制と指導の下で管理されるべきである。

### 3.6 洪水防御マスタープラン策定の基本方針

#### 3.6.1 計画規模

洪水防御マスタープランの計画規模は、(i) 現況流下能力、(ii) 既往最大洪水のピーク流量、(iii) 将来の土地利用状況を考慮して、20 年確率規模とした。全体計画の実施に必要な期間を 15 年間と想定し、実施期間は 2010 年から 2024 年までとした。



表II-4 ケラニ川洪水防御マスタープランの計画規模

治水安全度 (現況流下能力)	既往最大洪水	将来の土地利用	計画規模
- 南堤 100年確率規模 (コロンボ側) - 北堤 30年確率規模 (ガンパハ側) - 無堤区間 3年確率規模	約 60~70 年確率規模相当 (1989 年 6 月洪水)	コロンボ市域の拡大と土地利用の高度化は今後も続く。効果的な土地利用規制が実施されない場合、ケラニ川沿川の低湿地は都市部に取り込まれ減少する。	20年確率規模 (河口部で 3,400 m <sup>3</sup> /s) (洪水貯留を除いた場合)

出典: JICA 調査団

### 3.6.2 洪水防御マスタープラン策定の要点

(1) 洪水被害の現状は以下のとおりである。

- 下流無防御区域での洪水氾濫の常襲 (3年確率規模を超える洪水が氾濫)
- 下流有堤区間での集中豪雨による内水氾濫
- 河川湾曲部での堤防浸食：北堤 (タルワッターペリヤゴダ：ガンパハ側)

(2) 無防御区域

「無防御区域」とは、堤防やその他構造物により洪水から防御されていない区域を指す。このような区域はケラニ、ギン、ニルワラ川の下流域に所在する。大規模な洪水に対して河川の流下能力が小さいため、洪水氾濫が常襲化している。

(3) 早期警報およびモニタリングシステム

ケラニ川流域では、本調査のコンポーネント 2 (早期警報システム) に係るパイロット事業として自動水位計と雨量計が設置されている。これは調査対象地域における非構造物対策として効果を発揮するものと期待される。

(4) ダム貯水計画

ダム貯水による洪水制御は洪水ピーク流量を低減させるために有効な方法の一つである。4河川では 1960 年代に有望なダム計画が立案されていた。しかし、資金不足と環境問題のため、カル川支流ククレ川の水力発電事業を除いては、どれも実現していない。

(5) 無堤区間 (氾濫域)

自然の洪水氾濫域は、河口から上流 50 km あたりまでの起伏の少ない区域に所在し、(i) 湿地帯 (ほとんど通年湛水している)、(ii) 遺棄地 (主に草地)、(iii) 農地 (主に水田) に分類される。その洪水貯留効果により、コロンボ市での洪水ピーク流量は低減されており、治水のための大きな役割を担っている。この地域で無秩序な開発が加速すれば、コロンボ市中心部の治水安全度は著しく低下する。

(6) 内水排除

コロンボ市では雨水排水網が十分に整備されていないため、毎年のように排水被害が発生している。これを改善するために SLLRDC と UDA は新規ポンプ場を建設中である。灌漑局は

既存堤防と既設樋門（MFPs: Minor Flood Protection Schemes）の運営・維持管理を担当している。MFPs で建設された樋管などの構造物は老朽化が進んで損傷が著しく、早急な修復が求められている。

### 3.6.3 基本戦略

ケラニ川洪水防御マスタープラン策定の基本戦略を以下に示す。

(1) 対象区域： ハンウェラ から 河口

(無防御区域、下流無堤区間および左岸側堤防浸食区間)

(2) 対策の計画規模：

短期計画	長期計画
1/5 ( $Q_{\text{peak}}=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ )	1/20 ( $Q_{\text{peak}}=3,400 \text{ m}^3/\text{s}$ )

(3) 洪水防御の基本戦略：

- 洪水常襲地帯付近の洪水流下能力を現況の2～3年確率規模から5年確率規模に引き上げる。
- 既設堤防の強化および既設樋門（MFPs）の延長・改良
- 無防御区域での非構造物対策の推進
- 上流でのダム計画は幹線道路の付け替えや非自主的な住民移転の発生、多目的ダムの容量配分の調整などの課題を抱えていることから、短期計画では考慮しないこととする。長期計画においては、治水専用ダムと代替案の比較検討を行う。
- ケラニ川無堤区間沿いの湿地帯の洪水貯留機能の強化（5年確率流量を上回る洪水の超過分を貯留する）

### 3.7 代替案の設定

構造物対策の基本方針に基づき、代替案を表II-5のとおり設定した。

表II-5 構造物対策の代替案（ケラニ川）

代替案	短期計画	長期計画
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設樋門（MFPs）および既設堤防の修復</li> <li>・ 堤防建設</li> <li>・ 早期警報およびモニタリングシステム</li> </ul>	堤防の嵩上げ
II		ダム（ナワタダム）
III		遊水地

出典: JICA 調査団

本調査では、スリランカ及び国際的な技術基準を適用してこれら構造物を検討した。短期計画では、表II-6に示す構造物対策の予備設計を行った。

表II-6 構造物対策の代替案（短期計画）

代替案	構造物対策	主要諸元
I, II, 及び III	・ 既設樋門（MFPs）および既設堤防の修復	改修：樋門 9 基 再建：樋門 8 基 新規：樋門 1 基 L=670 m（北堤のタルワッターペリヤゴダ 間）
	・ 堤防建設	5 年確率規模（既設堤防の上流側） -左岸：15,060 m（平均 H=3.4m） -右岸：19,640 m（平均 H=3.8m）
	・ 早期警報およびモニタリングシステム	雨量計 9 基および水位観測所 3 箇所の新設

出典: JICA 調査団

一方、長期計画の構造物対策諸元を表II-7 に示す。

表II-7 構造物対策の代替案（長期計画）

代替案	構造物対策	主要諸元
I	堤防の嵩上げ	20 年確率規模（既設堤防の上流側） -左岸：延長 15,060 m -右岸：延長 19,640 m
II	ダム（ナワタダム）	ナワタダム （高さ：86.9 m, 堤体積：1,060 百万 m <sup>3</sup> ）
III	遊水地	7 箇所（表面積：46.5km <sup>2</sup> ）

出典: JICA 調査団

### 3.8 非構造物対策の推進

非構造物対策は、構造物対策を補強することと同時に計画規模以上の超過洪水に対処する目的から少ない費用と短期間の計画策定が可能である。従い、水害リスク低減のために出来る限り早期に非構造物対策を導入すべきである。特に、ウェラムピティヤ、ウェナワッタ、コトゥウィラなど北堤と鉄道堤に挟まれた約 2,100 ha の無防区域では、優先的に以下の非構造物対策を推進する。

- (1) 早期警報およびモニタリングシステムの増強
- (2) 洪水貯留区域（氾濫域）の管理
- (3) 雨水貯留・浸透施設の設置
- (4) 高床式住居など洪水氾濫に強い家屋建設の推進
- (5) 水防活動の推進

### 3.9 施工計画および積算

マスタープランにおける各プロジェクトの施工期間は、提案する構造物対策の概算数量や類似プロジェクトの施工期間を勘案し、短期対策に対しては 5 年から 7 年を、その後の長期対策に対しては 3 年から 10 年を想定した。

施工は十分な能力を持った建設業者によって適切に実施されなければならない。業者は「ス」国政府の関連法規および国際援助機関のガイドライン等に基づいて国際入札（ICB）を通じて選定される。建設費の縮減および「ス」国建設業者の能力向上のために、国内の建設業者を活用することが推奨される。事業の実施計画を図II-3 に示す。

3 つの代替案の中から選定された計画（代替案 III）の実施工程を以下に示す。

ケラニ川: 代替案III(堤防システム+遊水地)

対策の内容	短期計画					長期計画									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. 短期対策															
(1) 資金調達															
(2) 既設樋門の改修			■	■											
(3) 新規樋門			■	■											
(4) 既設堤防護岸工			■	■											
(5) 堤防(短期対策)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. 長期対策															
(1) 資金調達															
(2) 堤防(長期対策:嵩上げ)								■	■	■	■	■	■	■	■
(3) 遊水地								■	■	■	■	■	■	■	■
3. 非構造物対策															
(1) 早期警報モニタリングシステム			■	■											

凡例: □ 資金調達    ▨ 設計    ■ 施工監理

出典: JICA 調査団

図II-3 事業実施計画 (ケラニ川)  
(比較検討の結果、代替案 III が選定された)

事業費は予備設計、建設資材単価および施工計画に基づいて算出した。事業費の項目は表II-8 に示すとおりである。

全ての工事費は 2007 年 1 月現在の単価に基づいている。通貨レートは 2007 年 1 月から同年 7 月までの平均を用いることとし、以下のとおりである。

$$US\$1.0 = Rs. 111.11 = ¥119.64$$

表II-8 事業費積算の条件

項目	算定条件
(A) 直接工事費	単価×数量またはランプサム。類似案件の実績に物価上昇を考慮して設定。
(B) 用地取得および補償	単価×数量 用地取得費の 20%を補償費とした。
(C) エンジニアリングサービス費	直接工事費の 15%
(D) 管理費	(A), (B) および (C) の 2%
(E) 価格上昇分	10.0%
(F) 予備費	(A), (B), (C) および (D)の 10%
(G) 税金	(A) および (C)の 15%

出典: JICA 調査団

代替案の事業費を表II-9 に示す。

表II-9 代替案の事業費 (ケラニ川)

(単位: 1,000 ドル)

項目		代替案 I	代替案 II	代替案 III
		堤防整備+堤防嵩上げ	堤防整備+ダム (ナワタダム)	堤防整備+遊水地
I.	直接工事費			
	短期計画	16,467	16,467	16,467
	長期計画	8,875	79,975	84,573
II.	用地取得費	78,774	81,718	43,954
III.	エンジニアリングサービス費	3,801	14,466	15,156

項目		代替案 I	代替案 II	代替案 III
		堤防整備+堤防嵩上げ	堤防整備+ダム (ナワタダム)	堤防整備+遊水地
IV.	管理費	2,158	3,853	3,203
V.	物価上昇予備費	70,550	202,130	182,873
VI.	物理的予備費	11,008	19,648	16,335
VII.	税金	4,371	16,636	17,429
合計		196,000	434,900	380,000

出典: JICA 調査団

ポンプ場の年間の維持管理費は工事費の 2.5%、その他の土木構造物については工事費の 1%と仮定した。維持管理費を表II-10 に示す。

表II-10 間維持管理費（ケラニ川）

(単位：1,000 ドル)

維持管理費	代替案 I	代替案 II	代替案 III
合計	253	964	1,010

出典: JICA 調査団

### 3.10 事業便益

#### 3.10.1 代替案の事業便益

事業便益は通常、「事業有り」と「事業なし」での経済効果の比較により行う。本調査においては、「事業有り」とは非構造物・構造物対策が完成または進行している状態、「事業なし」とはそれらの対策がなんら実施されない状態を指す。

表II-11 に示すとおり、(1) 洪水被害軽減効果および (2) ダムの多目的利用による利益の 2 種類の事業便益を算定している。各代替案による事業便益を表II-12 に示す。

表II-11 事業便益の種類

(1) 洪水被害軽減効果	(直接的な被害) ・ 家屋被害 ・ 資産被害 ・ 農業被害(水田) ・ 公共施設被害 (間接的な被害) ・ 経済活動の中断
(2) ダムの多目的利用による利益	・ 代替発電施設の直接工事費 ・ 代替発電施設の維持管理費

出典: JICA 調査団

表II-12 各代替案の事業便益

(単位：百万 Rs./年)

代替案		短期	長期
代替案 I	堤防整備	2,077.7	3,216.7
代替案 II	ダム	2,077.7	6,721.0
代替案 III	遊水地	2,077.7	3,585.9

出典: JICA 調査団

定量的な効果に加えて、本事業は定量化できない多くの便益をもたらす。本事業には、以下の非定量的効果が期待される。

- (1) 土地開発および経済発展の促進
- (2) 衛生環境の改善
- (3) 住民の日常生活の利便性向上
- (4) 洪水に対する脅威の排除

### 3.10.2 事業の経済性評価

本事業の経済的内部収益率 (EIRR)、効果－費用 (B－C) および効果対費用 (B/C) は、事業費、維持管理費、経済便益および以下の仮定をもとに算出した。

- (1) 事業の評価期間：完成後 50 年間
- (2) 割引率：10%
- (3) 短期計画の支出は施工計画に基づく
- (4) 長期計画の支出は施工計画に基づく
- (5) 維持管理費は短期、長期それぞれの事業完成後から供用期間中に発生する
- (6) 便益は事業完成後から供用期間中に発生する
- (7) 便益は増加しないと仮定

各代替案の評価結果の概要を表II-13 に示す。

表II-13 各代替案の評価結果概要

指 標	代替案I (堤防案)		代替案II (ダム案)		代替案III (遊水地案)	
	全体計画 (短期+長期)	短期計画	全体計画 (短期+長期)	短期計画	全体計画 (短期+長期)	短期計画
B-C (百万Rs.)	8,287	9,139	14,616	9,039	9,611	8,811
B/C (%)	2.1	3.5	2.3	3.4	2.4	3.2
EIRR (%)	19.2	25.8	19.7	25.6	20.7	24.4

出典: JICA 調査団

### 3.11 環境社会配慮

初期環境評価は、4 河川の全体計画に計画された構造物対策に対して現地踏査、既存施設調査などによって実施された。「事業を実施しない」という代替案を含めて、自然・社会環境の観点から評価した。

ケラニ川で検討された構造物対策の実施に伴い、現時点で想定される主な環境社会影響とその回避・低減のための対策は以下のとおりである。

- (1) 既設樋門の改修 (影響の程度：軽微)

既設樋門の改修に伴い、工事中に水の濁り等による河川水質への一時的な影響が想定されるが、工事箇所が 9 箇所限定されること、また工事規模が小さいことから影響は軽微と考えられる。

- (2) 新規樋門 (影響の程度：軽微)

新規樋門の設置に伴い、工事中に水の濁り等による河川水質への一時的な影響が想定されるが、工事箇所が 9 箇所限定されること、また工事規模が小さいことから影響は軽微と考えられる。一方、樋門設置箇所の設定にあたっては家屋の位置等の周辺環境に配慮する必要がある。

- (3) 既設堤防護岸工 (影響の程度：軽微)

護岸工種によっては周辺住民の河川へのアクセスが阻害される可能性があるが、洗濯場や渡し船へのアクセスを確保するための通路・階段の整備等の対策を講じることにより、影響は軽微になると考えられる。

(4) 堤防（短期計画）（影響の程度：中程度）

堤防区間の延長によって河川沿いに居住する住民の移転が発生する可能性が高い。河川沿いは人口密集地域ではないため、現時点で大規模な移転は想定されないが、事業実施に際しては詳細な調査を実施し移転住民への十分な補償を検討するとともに、構造物の設置位置自体を住民移転が最小限となるよう設計する必要がある。また、堤防の延長により周辺住民の河川へのアクセスが阻害される可能性があり、アクセスを確保するための通路・階段の整備等の対策を講じる必要がある。

(5) 堤防（長期計画）（影響の程度：軽微）

長期計画では堤防の嵩上げが計画されるため、周辺住民の河川へのアクセスが阻害される可能性がある。洗濯場や渡し船へのアクセスを確保するための通路・階段の整備等の対策を講じることにより、影響は軽微になると考えられる。

(6) ダム（ナワタダム）（影響の程度：大）

ケラニ川上流部における新規ダム建設は、その位置によって数百世帯を超える大規模な住民移転を伴う可能性が高く、農地等の地域の経済活動の場が消失することによる雇用、生活手段等の地域経済に対する影響も想定される。この他、負の影響が想定される項目として既存社会インフラ・サービス、土地利用・地域資源利用、文化遺産、湖沼・河川流況、動植物・生物多様性、景観、建設中の周辺環境への影響などが想定される。一部影響については対策を講じることにより低減出来ると考えられるが、事業の実施は総じて地域社会に対して大きな影響を与えるものであると想定される。実施にあたっての影響を最小限とするためには用地補償のみならず地域住民の生活や経済活動に対する補償方法も明確にした住民移転アクションプランの作成および実施が必要である。同アクションプランは詳細な社会経済調査、計画策定段階からの地域住民への情報開示と住民参加・合意形成に基づいて策定される必要がある。

(7) 遊水地（影響の程度：軽微）

ケラニ川下流部において計画される 7 つの遊水地の合計面積は 46.7km<sup>2</sup> におよぶが、想定される遊水地が元来窪地であり、洪水時には自然の遊水地として機能していること、また、本対策は土地利用規制を通してこれらの地区の開発を制限するものであることから影響は総じて軽微であると考えられる。一方、土地利用の制限は土地所有者の経済活動を制限する可能性があり、事業の実施に際してはこれに対する補償を検討する必要がある。

比較検討の結果を表II-14 に示す。自然・社会環境について、代替案 II は影響が大きい、代替案 I および III の影響は小さい。「事業を実施しない」という代替案での負の影響はほとんどないが、洪水防御施設のない区域の住民は常に水害のリスクにさらされる。従って、自然・社会環境の観点からは、短期計画の堤防整備での非自主的住民移転の数も少ない代替案 I または代替案 III の選択が望ましい。

表II-14 代替案の初期環境評価結果

項目		代替案 I	代替案 II	代替案 III	事業を実施しない
構造物対策	既設樋門の改修	C	C	C	D
	新規樋門	C	C	C	D
	既設堤防護岸工	C	C	C	D
	堤防（短期計画）	B	B	B	D
	堤防（長期計画）	C	D	C	D
	ダム（ナワタダム）	D	A	D	D

項目	代替案 I	代替案 II	代替案 III	事業を実施しない
遊水地	D	D	C	D
洪水防御効果	○	○	○	×
ESC の観点からの評価 (代替案の負の影響)	B	A	B	D

ESC: 環境社会配慮 A: 影響が大きい, B: 中程度の影響, C: 影響が軽微または不明, D: 影響なし

○ 効果あり × 効果なし

出典: JICA 調査団

### 3.12 ケラニ川流域洪水防御マスタープラン

財務分析の結果、代替案 III（遊水地案）が短期計画および全体の評価で最も望ましいという結果を得た。IEE では、この計画は環境社会配慮の観点から「影響は中程度」（カテゴリーB）との結果を得た。一方、技術的難易度という観点からは、灌漑局は3案全ての類似案件の実施経験を持っているので全て同等と評価した。また、遊水地案に関しては、計画対象地域への明確な勧告とステークホルダーに対する十分な説明や行政指導が欠かせない。

以上を勘案して、ケラニ川流域の洪水防御マスタープランとして代替案 III を採用する。

短期計画、長期計画の実施項目を表II-15 および表II-16 に示す。

#### (1) 構造物対策

表II-15 マスタープランの主要構造物対策

##### 短期計画

項目	主要諸元
1. 既存樋門の改修	既存樋管の改修（9基）、水路整備（L=200m）、堤防護岸（L=200m）
2. 樋門の再建および新設	再建8基、新設1基
3. 既設堤防護岸工	L=670m
4. 堤防(5年確率規模)	- 左岸：15,060m（平均 H=3.4m） - 右岸：19,640m（平均 H=3.8m）

##### 長期計画

項目	主要諸元
5. 堤防の嵩上げ (20年確率規模)	- 左岸：15,060m（平均 H=4.6m） - 右岸：19,640m（平均 H=5.1m）
6. 遊水地の整備	7箇所（A=46.5km <sup>2</sup> ）

出典: JICA 調査団

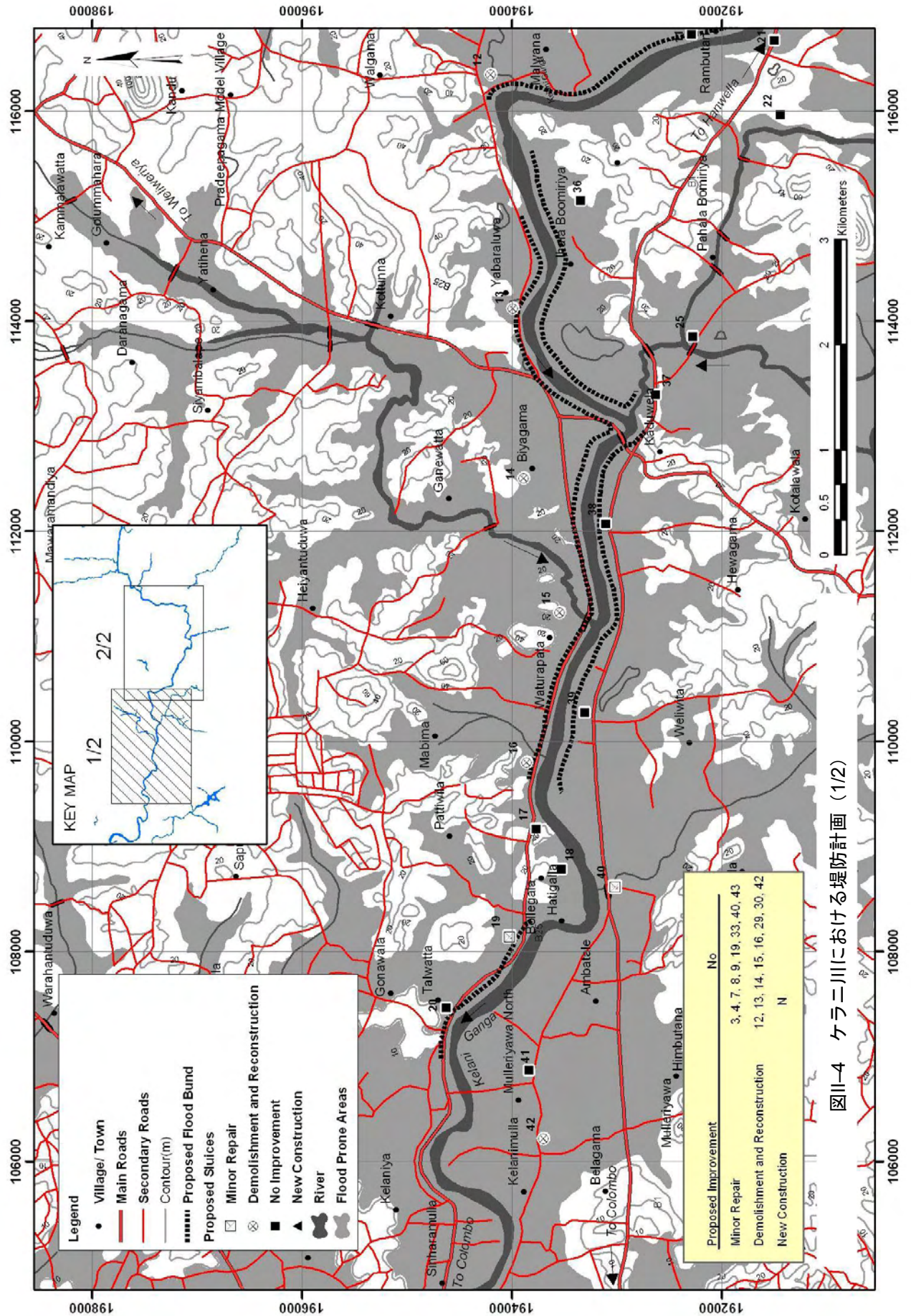
#### (2) 非構造物対策（短期計画と並行して実施）

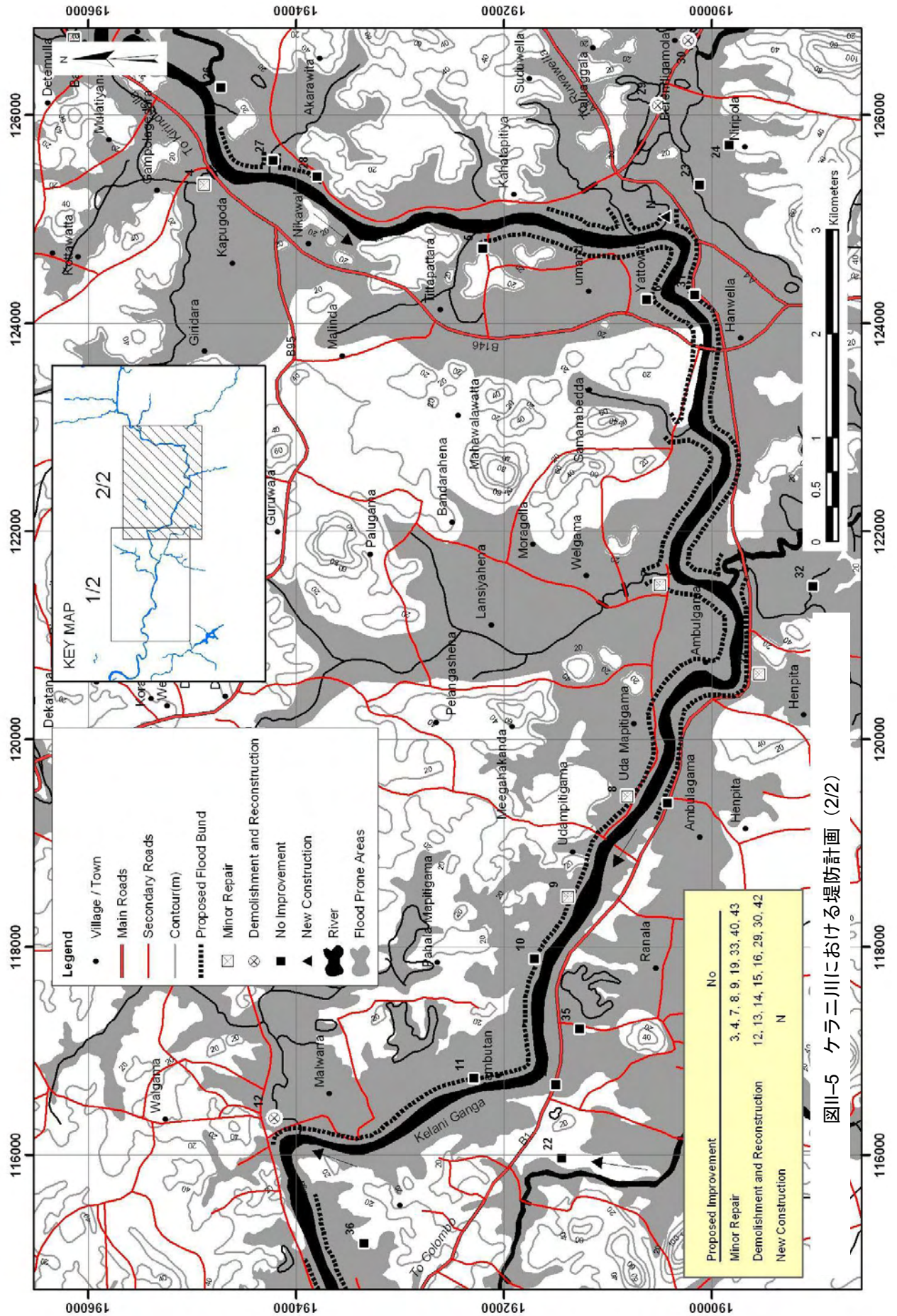
表II-16 推進すべき非構造物対策

1. 早期警報およびモニタリングシステム	・ 雨量計9基、水位観測所3箇所
2. 洪水貯留区域の管理	・ 洪水貯留区域での布告および法的規制 ・ 洪水貯留区域内での不法行為への刑罰の強化
3. 都市部開発の規制	・ 土地利用の管理および監視 ・ 洪水氾濫区域での宅地開発の規制 ・ 洪水ハザードマップの作成
4. 洪水に強い家屋建設の推進	・ 建築物の高床式化 ・ 家屋の重層化 ・ 耐水性の壁や家屋の適用
5. 水防活動の推進	・ 地域での防災情報の普及 ・ 安全な地域への避難（洪水時） ・ 家屋、ビル内での家財移動（浸水対策）
6. 実施機関の組織強化	・ 事業実施に関する合意形成の仕組み構築 ・ 都市区画・土地利用開発事業との調整

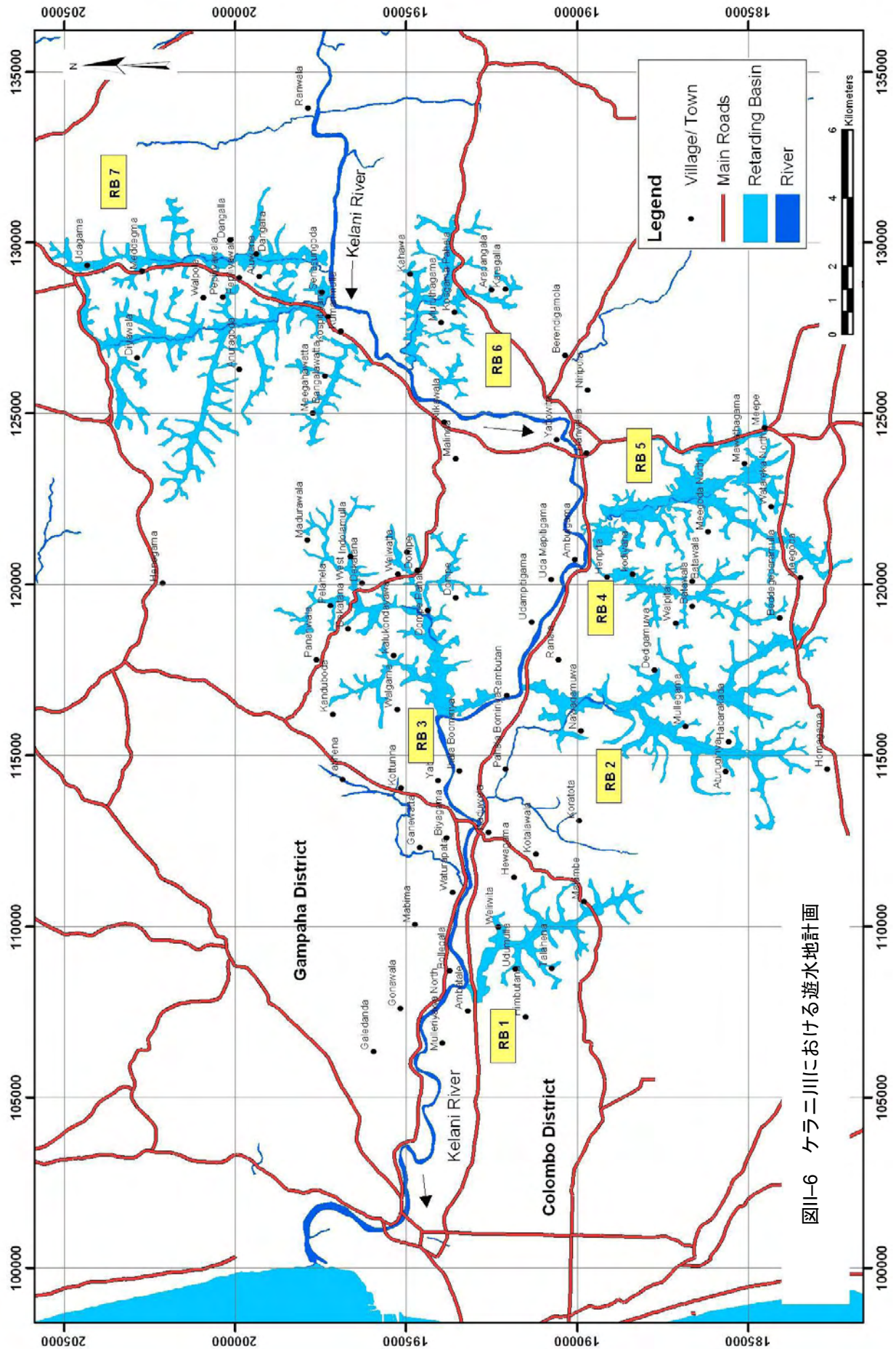
出典: JICA 調査団







図II-5 ケラニ川における堤防計画 (2/2)



図II-6 ケラニ川における遊水地計画