

独立行政法人 国際協力機構

マレーシア国  
天然資源環境省  
灌漑排水局

マレーシア国  
地方主要都市洪水制御事業  
協力準備調査

ファイナルレポート  
第3巻 パハン川流域編

平成23年1月  
(2011年1月)

株式会社 建設技研インターナショナル  
八千代エンジニアリング株式会社

環境
CR
11-027



独立行政法人 国際協力機構

マレーシア国  
天然資源環境省  
灌漑排水局

マレーシア国  
地方主要都市洪水制御事業  
協力準備調査

ファイナルレポート  
第3巻 パハン川流域編

平成23年1月  
(2011年1月)

株式会社 建設技研インターナショナル  
八千代エンジニアリング株式会社

2010年9月13日現在の交換レートは以下の通りである:

$$\text{RM } 1.00 = \text{JPY } 27.08$$

# レポートの構成

## 要約版

第1巻 共通編

第2巻 ムアール川流域編

第3巻 パハン川流域編



# 第3卷

## パハン川流域編









## *The Pahang River*



Estuary of the Pahang River with sandbars enclosing the river mouth, leaving narrow outlet to the South China Sea.



Lower midstream of the Pahang River, at Lubok Paku, Maran District.

## *Water Utilization*



There are a number of irrigation schemes in the Pahang River Basin. This is the Paya Kertau Irrigation Scheme at Maran District.



Some upstream stretches of the river is being used for recreational purposes by the local people.

## *Environmental Issues*



There are a number of sand dredging projects alongside the Pahang River. Improper management of these sand dredging operations may result in siltation of river water.

## *Flood Management Facilities*



The existing flood warning siren at Kpg. Chedong, Maran.

## 2007 Flood



The December 2007 flood in Mentakab Town. A major part of the town center was seriously inundated.

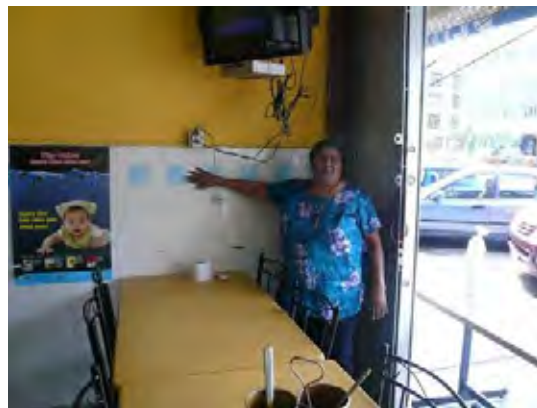


The owners of commercial premises in Mentakab Town were suffering serious flood damages and financial losses in the December 2007 flood.

## Semantan River



Interview with local residents at Taman Sagumpas 1  
Date : 27<sup>th</sup> April 2010  
Venue : Mentakab, Pahang



Resident pointing the flood level by December 2007 flood at commercial area of Mentakab Town



Pahang River at Semantan River confluence point. Semantan River on the left hand side.



Aquaculture in Semantan River upstream of Temerloh Town

マレーシア国  
地方主要都市洪水制御事業協力準備調査ファイナルレポート  
第3巻 パハン川流域

## 目次

## パハン川流域図

## 写真集

目次.....	i
表一覧.....	vi
図一覧.....	xii
略語.....	xvii
単位系.....	xix

<b>第1章 自然状況.....</b>	<b>1-1</b>
1.1 地形.....	1-1
1.2 地質.....	1-2
1.3 気候・水文.....	1-3
1.3.1 気候概況.....	1-3
1.3.2 降雨量.....	1-5
1.3.3 潮位.....	1-6
1.4 パハン川流域の概要.....	1-7
1.4.1 パハン川水系.....	1-7
1.4.2 河川の特性.....	1-7
1.4.3 流下能力.....	1-10
1.4.4 河川構造物.....	1-11
1.4.5 河岸侵食.....	1-12
1.4.6 生産土砂量と流送土砂量.....	1-12
1.4.7 河川景観.....	1-13
1.5 洪水特性.....	1-14
1.5.1 パハン川流域の洪水の特徴.....	1-14
1.5.2 既往洪水.....	1-15
1.5.3 氾濫区域.....	1-18
1.5.4 洪水危険地域.....	1-19
1.6 生態系.....	1-20
1.6.1 環境脆弱地域.....	1-21
1.7 水資源ポテンシャル.....	1-23
1.7.1 表流水.....	1-23
1.7.2 地下水.....	1-24
1.7.3 渇水頻度と既往の渇水被害.....	1-24
<b>第2章 社会経済状況.....</b>	<b>2-1</b>
2.1 地方自治.....	2-1

2.2	法制度・組織	2-1
2.2.1	法制度	2-1
2.2.2	組織	2-3
2.3	人口および経済概要	2-4
2.3.1	人口	2-4
2.3.2	域内総生産(GRDP)	2-5
2.3.3	労働力と産業構造	2-5
2.4	農業、牧畜および漁業	2-6
2.4.1	農業	2-6
2.4.2	家畜	2-7
2.4.3	漁業	2-8
2.5	水利用と水資源	2-9
2.5.1	水資源開発概要	2-9
2.5.2	生活・工業用水	2-9
2.5.3	灌漑	2-19
2.5.4	水力発電	2-20
2.6	河川水質	2-22
2.6.1	河川水質保全	2-23
2.6.2	河川水質モニタリング	2-24
2.6.3	汚濁発生源の管理	2-27
2.7	土地利用	2-34
2.7.1	地域開発	2-34
2.7.2	パハン川流域内の土地利用	2-36
2.7.3	河川区域 (River Reserve)	2-38
2.8	流域情報管理	2-39
2.8.1	全国空間データ基盤 (National Spatial Data Infrastructure)	2-39
2.8.2	DIDの流域情報システム (River Basin Information System, RBIS)	2-40
<b>第3章</b>	<b>気候変動による影響解析</b>	<b>3-1</b>
3.1	背景	3-1
3.2	観測結果の分析	3-1
3.2.1	気温データ	3-2
3.2.2	降雨データ	3-4
3.2.3	潮位データ	3-7
3.2.4	観測データ分析結果の概要	3-8
3.3	利用可能データ	3-8
3.3.1	GCMデータ	3-8
3.3.2	RCMデータ	3-9
3.3.3	排出シナリオ	3-10
3.4	気候変動モデル結果に基づいた影響評価	3-11
3.4.1	気温への影響	3-11
3.4.2	降雨量および蒸発散量への影響	3-11
3.4.3	水資源量への影響	3-15
<b>第4章</b>	<b>IRBM計画とIFM計画策定のための基礎調査と解析</b>	<b>4-1</b>
4.1	デジタル地形モデリングとGISデータベース	4-1
4.1.1	DTM作成	4-1
4.1.2	GISデータベース作成	4-2
4.2	河川横断測量	4-4
4.2.1	対象河川と横断面位置	4-4
4.2.2	主な作業の詳細	4-5
4.2.3	横断測量成果	4-5

4.3	人口予測.....	4-6
4.4	水文解析.....	4-9
4.4.1	目的と方針.....	4-9
4.4.2	データの存在状況.....	4-9
4.4.3	降雨解析.....	4-12
4.4.4	洪水シミュレーションモデルの構築.....	4-16
4.4.5	洪水予測検討.....	4-22
4.5	経済分析の方法.....	4-26
4.5.1	洪水被害の推定.....	4-26
4.5.2	洪水被害額の推定.....	4-27
4.6	気候変動による水資源への影響評価.....	4-32
4.6.1	概説.....	4-32
4.6.2	長期流出モデルの構築.....	4-32
4.6.3	気候変動による水資源への影響.....	4-35
<b>第5章</b>	<b>IRBM 計画の作成.....</b>	<b>5-1</b>
5.1	IRBM 計画作成の基本条件.....	5-1
5.1.1	IRBM 計画の目的.....	5-1
5.1.2	IRBM 計画の計画期間.....	5-1
5.2	IRBM の課題の抽出.....	5-1
5.2.1	水利用.....	5-1
5.2.2	環境.....	5-8
5.2.3	洪水.....	5-15
5.3	中心的課題と問題分析.....	5-19
5.3.1	中心的課題.....	5-19
5.3.2	問題分析.....	5-19
5.4	連邦政府および州政府の政策.....	5-28
5.4.1	連邦政府の政策.....	5-28
5.4.2	State Structural Plan 2020.....	5-30
5.5	政策案、戦略案、対策案およびプロジェクト案/行動案.....	5-31
5.5.1	政策案.....	5-31
5.5.2	組織強化.....	5-31
5.5.3	持続的水利用の確保.....	5-45
5.5.4	持続可能かつ快適な河川環境の創出.....	5-60
5.5.5	洪水に対ししなやかな社会をつくる.....	5-81
5.6	IRBM 計画の実施のためのロードマップ.....	5-82
<b>第6章</b>	<b>IFM 計画の策定.....</b>	<b>6-1</b>
6.1	序論.....	6-1
6.1.1	政策、戦略および対策.....	6-1
6.1.2	IFM の目的.....	6-1
6.2	洪水緩和に関する過去および進行中の活動.....	6-2
6.2.1	構造物対策.....	6-2
6.2.2	非構造物対策.....	6-5
6.2.3	河川・排水構造物の維持管理.....	6-11
6.3	計画フレームワーク.....	6-11
6.3.1	IFM 計画の目標完成年.....	6-11
6.3.2	将来の自然・社会条件の設定.....	6-12
6.3.3	構造物対策の設計規模.....	6-12
6.3.4	IFM アプローチ.....	6-12
6.4	IFM 計画における各種洪水対策.....	6-12
6.4.1	構造物対策.....	6-12

6.4.2	構造物対策の検討	6-13
6.4.3	非構造物対策	6-17
6.5	IFM 計画の実施計画	6-21
6.5.1	事業実施スケジュール	6-21
6.5.2	実施体制	6-21
6.6	環境社会配慮	6-22
6.6.1	IEE の必要性	6-22
6.6.2	スコーピング (予備的スコーピング)	6-24
6.7	フィージビリティ調査プロジェクト	6-26
<b>第7章 TEMERLOH 洪水緩和事業フィージビリティ調査に関する基礎調査</b>		<b>7-1</b>
7.1	序論	7-1
7.1.1	対象地域の概要	7-1
7.1.2	洪水緩和事業の目的と対策	7-1
7.2	対象地域の概要	7-2
7.2.1	自然状況	7-2
7.2.2	社会経済状況	7-4
7.2.3	対象地域の既往洪水	7-6
7.3	オルソマップ作成と河川および横断測量	7-8
7.3.1	目的	7-8
7.3.2	オルソマップの作成	7-8
7.3.3	河川および排水溝横断測量	7-9
7.4	地質調査	7-10
7.5	資産評価調査	7-14
7.5.1	対象項目およびサンプリング数	7-14
7.5.2	調査結果	7-15
7.6	水理・水文解析	7-15
7.6.1	氾濫シミュレーション	7-15
7.6.2	内水流出解析	7-22
7.7	構造物対策の概略設計	7-26
7.7.1	設計条件	7-26
7.7.2	施設計画	7-27
7.7.3	構造物対策の検討ケース	7-29
7.7.4	代替案 1	7-29
7.7.5	代替案 2	7-31
7.7.6	代替案 1 及び代替案 2 の比較	7-33
7.8	代替案の建設費算定	7-34
7.8.1	プロジェクトコスト算定の構成と条件	7-34
7.9	経済評価の方法	7-37
7.9.1	目的	7-37
7.9.2	前提条件	7-37
7.9.3	メッシュデータ	7-38
7.9.4	便益	7-38
7.9.5	費用	7-39
7.9.6	年平均被害軽減期待額の計算	7-40
7.9.7	EIRR、B/C 及び NPV の計算	7-41
<b>第8章 TEMERLOH 洪水緩和事業に係わるフィージビリティ調査</b>		<b>8-1</b>
8.1	構造物対策案	8-1
8.1.1	設計概念	8-1
8.1.2	代替案の検討	8-2
8.1.3	最適案の選定	8-8



8.1.4	河川の水辺利用と景観 .....	8-9
8.2	非構造物対策案.....	8-11
8.2.1	Temerloh 地区において採用されている非構造物対策.....	8-11
8.2.2	プロジェクト地区の現状 .....	8-19
8.2.3	対象地域における非構造物対策の課題.....	8-23
8.2.4	提案する非構造物対策 .....	8-24
8.3	気候変動適応策.....	8-32
8.3.1	適応策の必要性 .....	8-32
8.3.2	適応策提案における留意点 .....	8-32
8.3.3	リスク評価 .....	8-32
8.3.4	適応策の提案 .....	8-39
8.4	実施計画.....	8-40
8.4.1	プロジェクトコスト .....	8-40
8.4.2	実施計画 .....	8-41
8.4.3	提案事業の実施体制 .....	8-44
8.4.4	経済評価及び財政的検討 .....	8-46
8.5	環境社会配慮.....	8-50
8.5.1	概要 .....	8-50
8.5.2	初期環境調査 (IEE) .....	8-51
8.5.3	EIA の必要性についての DID との協議結果 .....	8-58
8.5.4	緩和策およびモニタリング計画 .....	8-59
8.6	プロジェクトの実施に向けて.....	8-66
8.6.1	運用効果指標 .....	8-66
8.6.2	コンサルティングサービス .....	8-67

表一覧

表 1.3.1	Tanjung Gelang 地点における月別平均・最大・最小潮位.....	1-6
表 1.4.1	10 カ年平均月平均流量および最小・最大日流量(Lubok Paku) .....	1-8
表 1.4.2	パハン川流域における年流出量、降雨量と流出率 .....	1-10
表 1.4.3	主要河川構造物.....	1-11
表 1.4.4	DID 所管のダム貯水池.....	1-12
表 1.5.1	1971 年 1 月洪水の状況 .....	1-16
表 1.5.2	District 別の避難者数 (1988 年 11 月洪水).....	1-17
表 1.5.3	2007 年 12 月洪水時のピーク水位 .....	1-17
表 1.5.4	最大避難者数 (12 月 6 日から 29 日).....	1-18
表 1.5.5	主な都市・町の洪水に対する脆弱さ .....	1-20
表 1.6.1	パハン川流域の森林種類.....	1-20
表 1.6.2	ESA の開発規制 .....	1-22
表 1.7.1	水資源量比較図.....	1-24
表 2.1.1	Pahang 州における地方行政区分 .....	2-1
表 2.2.1	河川流域管理に係る州組織と役割.....	2-3
表 2.3.1	人口および人口密度 .....	2-4
表 2.3.2	2000 年現在におけるマレーシア全土及び関連各州の域内総生産(GRDP) .....	2-5
表 2.3.3	関連各州の労働力.....	2-5
表 2.3.4	関連各州における職業分野別就業構造 .....	2-6
表 2.4.1	関連各州における主要作物の作付面積 .....	2-7
表 2.4.2	関連各州におけるその他の作物の作付面積 .....	2-7
表 2.4.3	パハン川流域内の家畜.....	2-8
表 2.4.4	パハン川流域内の漁師の数.....	2-8
表 2.4.5	パハン川流域内の養殖池及びカゴの数 .....	2-9
表 2.4.6	パハン川流域内の養殖生産高 (2008 年).....	2-9
表 2.5.1	パハン川流域内の水処理施設 (1) .....	2-12
表 2.5.2	パハン川流域内の水処理施設 (2) .....	2-13
表 2.5.3	パハン川流域内の現行表流水消費量 .....	2-13
表 2.5.4	パハン川流域内の既設ダム及び計画中のダム .....	2-14
表 2.5.5	パハン川流域における生活・工業用水需要量 .....	2-15
表 2.5.6	パハン川流域における水供給計画 .....	2-16
表 2.5.7	Pahang 州からの Selangor 州南部への原水輸送.....	2-18
表 2.5.8	Pahang 州の貯水施設から Selangor 州北部への原水輸送.....	2-18
表 2.5.9	パハン川流域の稲作耕作面積及び生産高 (2007 年).....	2-19
表 2.5.10	小規模農業の灌漑スケジュール .....	2-19
表 2.5.11	パハン川流域内の年間の灌漑用水需要量 .....	2-20
表 2.5.12	既設水力発電所.....	2-21
表 2.5.13	計画中の水力発電プロジェクト .....	2-21
表 2.5.14	建設中の水力発電所.....	2-21
表 2.6.1	DOE の IRBM に関する環境・水質管理の権限および手段 .....	2-23
表 2.6.2	WQI 分類.....	2-25
表 2.6.3	パハン川水質変化傾向 (2004 年～2007 年) .....	2-26
表 2.7.1	マレーシアの土地計画体制.....	2-34
表 2.7.2	2000 年と 2020 年のパハン流域土地利用内訳.....	2-36
表 2.7.3	河川区域の横幅.....	2-38
表 2.8.1	RBIS の内容 .....	2-41
表 3.1.1	IPCC によるアジア地域への気候変動インパクト予測.....	3-1
表 3.3.1	GCM の利用可能データ .....	3-8

表 3.3.2	RCM の利用可能データ .....	3-9
表 3.3.3	SRES シナリオ .....	3-10
表 3.4.1	パハン川流域の気温変化予測結果 .....	3-11
表 3.4.2	降雨量への影響予測に使用した GCM .....	3-12
表 3.4.3	CGCM3.1(T47), Canada 結果から求めた確率規模別 8 日雨量とその増加率 .....	3-13
表 3.4.4	確率規模別 8 日降雨量の増加率 .....	3-13
表 3.4.5	GCMs and RCMs used for Analysis .....	3-14
表 3.4.6	月・年降雨量および蒸発散量増加率(1990 年比) .....	3-15
表 3.4.7	世界平均の海面水位上昇予測値 .....	3-15
表 4.1.1	地図投影法、座標系、垂直データム .....	4-2
表 4.1.2	GIS データベースのレイヤー構造 .....	4-3
表 4.1.3	土地利用データの主な区分 .....	4-3
表 4.3.1	Pahang 州の Sub-District 別人口予測 .....	4-6
表 4.3.2	Pahang 州の Local Authority 別人口予測 .....	4-8
表 4.4.1	水位観測所一覧 .....	4-10
表 4.4.2	雨量観測所一覧 .....	4-12
表 4.4.3	流域平均年最大 8 日雨量 .....	4-14
表 4.4.4	確率規模別の 8 日雨量 .....	4-16
表 4.4.5	小流域の地表区分 .....	4-16
表 4.4.6	流出モデルパラメータ .....	4-19
表 4.4.7	水理モデルパラメータ .....	4-20
表 4.4.8	浸透域、不浸透域の割合 .....	4-23
表 4.4.9	浸透域、不浸透域の割合 .....	4-23
表 4.4.10	検討ケース一覧 .....	4-24
表 4.4.11	各地点における 100 年確率洪水での水位 .....	4-25
表 4.4.12	Pekan 地点における河川水位予測結果 .....	4-26
表 4.5.1	家屋・家財の被害率 .....	4-28
表 4.5.2	公共構造物と什器備品の被害率 .....	4-29
表 4.5.3	イネの被害率 .....	4-30
表 4.5.4	ゴム樹の被害率 .....	4-30
表 4.5.5	ヤシ類の被害率 .....	4-30
表 4.5.6	その他の換金作物樹の被害率 .....	4-31
表 4.5.7	園芸作物の被害率 .....	4-31
表 4.5.8	パハン川流域の市街地における被害額の原単位 .....	4-31
表 4.5.9	年平均洪水被害軽減期待額 .....	4-32
表 4.6.1	蒸発散量の推定に用いた気象データ .....	4-33
表 4.6.2	1990 年と比較した変化率 .....	4-36
表 4.6.3	年平均流量、年最大・最小月平均流量 .....	4-38
表 4.6.4	Tennant Method による環境流量の定義 .....	4-38
表 5.1.1	過去の類似調査での計画期間 .....	5-1
表 5.2.1	IRBM に関連する主要水利用問題 .....	5-2
表 5.2.2	水利用における権限配分 .....	5-2
表 5.2.3	環境に係る課題の概観 .....	5-9
表 5.2.4	TSS 値の分布 .....	5-10
表 5.2.5	洪水に関係した IRBM の課題 .....	5-15
表 5.2.6	パハン川流域の洪水記録 .....	5-16
表 5.4.1	第 9 次マレーシアプランの IRBM に関係した政策と目標 .....	5-28
表 5.4.2	第 10 次マレーシアプランの IRBM に関係した政策 .....	5-29
表 5.4.3	IRBM に関係した NPP の政策 .....	5-30
表 5.4.4	Pahang 州の IRBM に関係した政策 .....	5-30
表 5.4.5	公共施設政策の実施方法および実施度の指標 .....	5-31

表 5.5.1	中心的課題と政策案.....	5-31
表 5.5.2	制度強化に係る方針と対策.....	5-32
表 5.5.3	組織枠組みの提案概要.....	5-33
表 5.5.4	流域委員会の構成.....	5-35
表 5.5.5	流域委員会の役割.....	5-36
表 5.5.6	流域委員会設置に係る長所・短所.....	5-37
表 5.5.7	単独の頂点機関設置に係る長所・短所.....	5-41
表 5.5.8	流域管理情報のコンポーネント.....	5-44
表 5.5.9	水利用における政策、戦略及び対策案.....	5-46
表 5.5.10	環境流量の決定方法.....	5-49
表 5.5.11	マレーシア国の渇水に対する警報段階.....	5-50
表 5.5.12	渇水段階.....	5-50
表 5.5.13	水事業界の改革スケジュール.....	5-53
表 5.5.14	計器類精度の参考例.....	5-59
表 5.5.15	「持続可能かつ快適な河川環境の創出」に向けた IRBM 戦略と対策の提案.....	5-61
表 5.5.16	DID によるパイロットプロジェクト実施事例.....	5-67
表 5.5.17	DID による油分除去設備パイロットプロジェクト(Medan Selara Teratai Food-Court in Alor Setar, Kedah).....	5-68
表 5.5.18	政策案、戦略案および対策案（洪水セクター）.....	5-81
表 5.6.1	パハン川流域の IRBM 計画実施ロードマップ.....	5-82
表 6.2.1	第9次国家開発計画における予算配分（パハン川流域）.....	6-2
表 6.2.2	進行中の洪水緩和事業の概要(2009年11月現在).....	6-3
表 6.2.3	洪水緩和のために必要な調整池.....	6-4
表 6.2.4	開発行為の規制.....	6-7
表 6.2.5	水位と降水量観測所のテレメトリーネットワーク(パハン川流域の Infobanjir).....	6-8
表 6.2.6	洪水管理に係わる関係機関の役割.....	6-10
表 6.2.7	復旧事業と費用(2008年).....	6-11
表 6.3.1	目標完成年 2025 年における条件設定.....	6-12
表 6.4.1	パハン川流域における構造物対策.....	6-13
表 6.4.2	ダムおよびダムサイトの概要.....	6-13
表 6.4.3	治水ダムの効果.....	6-14
表 6.4.4	Jengka 分水路の効果.....	6-15
表 6.4.5	各都市の洪水対策の概要.....	6-16
表 6.4.6	都市域防御の効果.....	6-17
表 6.4.7	Maran および Jerantut Town の洪水緩和事業.....	6-17
表 6.4.8	非構造物対策案一覧.....	6-18
表 6.4.9	能力強化プロジェクトの概要.....	6-18
表 6.4.10	能力開発プロジェクトの活動内容.....	6-19
表 6.4.11	テレメトリー観測局数の増設案.....	6-19
表 6.4.12	洪水予警報システム強化案の事業費.....	6-20
表 6.5.1	IFM 計画の実施スケジュール案.....	6-21
表 6.6.1	パハン川流域想定洪水緩和策.....	6-22
表 6.6.2	Project Classification in Malaysia.....	6-23
表 6.6.3	カテゴリ分類と環境レビュー.....	6-24
表 6.6.4	カテゴリ分類とその理由.....	6-24
表 6.6.5	パハン川流域提案プロジェクトスコoping結果.....	6-25
表 6.7.1	フィージビリティ調査プロジェクト.....	6-26
表 7.1.1	対象地域のフィージビリティ調査の概要.....	7-1
表 7.2.1	Temerloh Station の機構特性.....	7-2
表 7.2.2	Semantan 川の河道特性.....	7-3
表 7.2.3	Temerloh の人口と面積.....	7-4

表 7.2.4	Mentakab の人口および面積.....	7-5
表 7.2.5	男女比 .....	7-5
表 7.2.6	人種構成 (%).....	7-5
表 7.2.7	洪水記録一覧 .....	7-6
表 7.2.8	警戒水位 .....	7-7
表 7.3.1	横断測量の条件および手法 .....	7-9
表 7.4.1	シルト質粘性土の特徴(Temerloh).....	7-10
表 7.4.2	シルト質粘性土の特徴 (Mentakab) .....	7-12
表 7.5.1	調査対象地域の概要 .....	7-14
表 7.5.2	調査対象者と調査項目 .....	7-14
表 7.5.3	アセット評価調査の結果 .....	7-15
表 7.6.1	8日雨量の生起確率 .....	7-16
表 7.6.2	降雨引き伸ばし率 .....	7-17
表 7.6.3	モデルパラメータ .....	7-18
表 7.6.4	計算ケース .....	7-20
表 7.6.5	Semantan River における水位計算結果.....	7-21
表 7.6.6	流域特性 .....	7-24
表 7.6.7	最大流量と総流出量 .....	7-26
表 7.7.1	設計水位 (50年確率規模) .....	7-26
表 7.7.2	洪水制御施設案 .....	7-27
表 7.7.3	堤防の基本構造 .....	7-28
表 7.7.4	堤防の延長 (Temerloh-Mentakab) .....	7-30
表 7.7.5	道路の嵩上げ .....	7-30
表 7.7.6	許容湛水域と調節池の諸元 .....	7-30
表 7.7.7	樋門・樋管・河川ゲート諸元 .....	7-31
表 7.7.8	ポンプ場諸元 .....	7-31
表 7.7.9	堤防の延長 (Temerloh-Mentakab) .....	7-31
表 7.7.10	道路嵩上げ .....	7-32
表 7.7.11	河川ゲートの諸元 .....	7-32
表 7.7.12	許容湛水域諸元 .....	7-32
表 7.7.13	ポンプ場の規模 .....	7-33
表 7.7.14	代替案の比較 (Temerloh) .....	7-33
表 7.7.15	代替案の比較 (Mentakab) .....	7-34
表 7.8.1	Temerloh 洪水緩和事業の建設費 .....	7-35
表 7.8.2	対象地域における用地買収費 .....	7-36
表 7.8.3	運営費およびコンサルティング費 .....	7-36
表 7.8.4	Temerloh 洪水緩和事業に関する事業費 .....	7-37
表 7.9.1	メッシュデータの概要 .....	7-38
表 7.9.2	浸水深と被害率 .....	7-39
表 7.9.3	公共施設被害の一般資産費被害に対する比率.....	7-39
表 7.9.4	年平均被害軽減期待額 .....	7-40
表 7.9.5	事業の費用・便益要約表 .....	7-41
表 8.1.1	対策内容と設計レベル .....	8-1
表 8.1.2	代替案の構成 .....	8-4
表 8.1.3	各代替案における洪水対策施設の機能 .....	8-7
表 8.1.4	代替案のメリットとデメリット .....	8-7
表 8.1.5	土地買収の目的と面積 .....	8-8
表 8.1.6	代替案の選定に係わる指標とその値 .....	8-8
表 8.2.1	採用されている非構造物対策 .....	8-11
表 8.2.2	水位観測所における警戒水位一覧 .....	8-14
表 8.2.3	Temerloh 災害管理救援委員会の概要 .....	8-16

表 8.2.4	計画地区の避難センターとその収容能力 .....	8-17
表 8.2.5	州内の地域ごとの災害管理救援の概要 .....	8-18
表 8.2.6	河川水位の記録(Temerloh 観測所) .....	8-20
表 8.2.7	Mentakab 地点の推定した河川最高水位 .....	8-20
表 8.2.8	洪水時の河川水位の順位(第1位から第3位).....	8-20
表 8.2.9	被災区域一覧(2007年洪水).....	8-20
表 8.2.10	避難センターにおける避難者数とその累計(Temerloh 地域).....	8-21
表 8.2.11	AMRFF システムの概算コスト .....	8-28
表 8.2.12	提案する非構造物対策(Temerloh 地域) .....	8-31
表 8.3.1	2025年における8日雨量と生起確率 .....	8-32
表 8.3.2	各ゾーンの特性 .....	8-33
表 8.3.3	50年確率規模洪水による潜在的リスク .....	8-36
表 8.3.4	10年確率規模の1日雨量増加率 .....	8-38
表 8.3.5	将来条件下での最大流量・総流出量 .....	8-38
表 8.3.6	許容湛水域の容量と貯留必要量 .....	8-39
表 8.3.7	対象地域における受容可能な構造物対策による適応策 .....	8-39
表 8.4.1	事業費内訳 .....	8-41
表 8.4.2	主な建設工事と数量 .....	8-41
表 8.4.3	マレーシアの休日 .....	8-42
表 8.4.4	平均降雨日数 .....	8-42
表 8.4.5	主な工種毎の年間工事可能日数 .....	8-43
表 8.4.6	土工に関連する建設機械の能力 .....	8-43
表 8.4.7	コンクリート工事に関する作業能力 .....	8-43
表 8.4.8	構造物対策実施に係る役割分担 .....	8-44
表 8.4.9	非構造物対策の実施体制 .....	8-45
表 8.4.10	人口及び住宅/商店数の予測 .....	8-46
表 8.4.11	経済的費用(代替案1) .....	8-46
表 8.4.12	経済的費用(代替案2) .....	8-47
表 8.4.13	年平均被害軽減期待額(代替案1及び2) .....	8-47
表 8.4.14	費用・便益の総括表(代替案1) .....	8-48
表 8.4.15	費用・便益の総括表(代替案2) .....	8-48
表 8.4.16	EIRR、B/C、NPVと感度分析(代替案1) .....	8-48
表 8.4.17	EIRR、B/C、NPVと感度分析(代替案2) .....	8-48
表 8.4.18	事業の費用項目(代替案1) .....	8-49
表 8.4.19	想定した借款の条件 .....	8-49
表 8.4.20	借款の元本返済及び利払い(代替案1) .....	8-49
表 8.4.21	経済及び社会分野における連邦開発予算 .....	8-50
表 8.4.22	Temerloh District DIDの維持管理予算 .....	8-50
表 8.5.1	構造物対策によるテメロー洪水緩和事業の代替案 .....	8-51
表 8.5.2	プロジェクトエリアの主要な環境項目とその現況(Temerloh) .....	8-52
表 8.5.3	プロジェクトエリアの主要な環境項目とその現況(Mentakab).....	8-53
表 8.5.4	スコーピング結果 .....	8-54
表 8.5.5	スコーピング・マトリックス .....	8-55
表 8.5.6	社会環境への影響 .....	8-56
表 8.5.7	自然環境への影響 .....	8-57
表 8.5.8	プロジェクト実施により発生の可能性のある公害 .....	8-57
表 8.5.9	社会環境への影響に対する緩和策 .....	8-59
表 8.5.10	自然環境への影響に対する緩和策 .....	8-60
表 8.5.11	公害に対する緩和策 .....	8-61
表 8.5.12	社会環境への影響に対するモニタリング計画 .....	8-63
表 8.5.13	自然環境への影響に対するモニタリング計画 .....	8-63

---

表 8.5.14	公害に対するモニタリング計画 .....	8-64
表 8.5.15	モニタリング項目 .....	8-65
表 8.5.16	環境モニタリング実施頻度(案).....	8-66
表 8.6.1	運用効果指標案 .....	8-66

図一覧

図 1.1.1	パハン川流域地形図.....	1-1
図 1.2.1	パハン川流域の地質図.....	1-2
図 1.3.1	パハン川流域の気候特性.....	1-3
図 1.3.2	Cameron Highlands、Batu Embun、Temerloh および Pekan の雨量、温度、湿度および蒸発量（1999年-2008年平均）.....	1-4
図 1.3.3	パハン川流域における降雨分布.....	1-5
図 1.3.4	流域平均月別および年降雨量.....	1-5
図 1.3.5	日平均・最大・最小潮位時系列.....	1-6
図 1.4.1	パハン川とその主要支川.....	1-7
図 1.4.2	パハン川およびその支川の河床勾配.....	1-8
図 1.4.3	1999-2008年の観測値による月平均および、月別最小・最大日流量(Lubok Paku).....	1-9
図 1.4.4	月最大日地流量(1999-2008年, St. 357410).....	1-9
図 1.4.5	年降雨量と流出率の関係.....	1-10
図 1.4.6	パハン川5年確率洪水の水位縦断.....	1-11
図 1.4.7	洪水緩和に係る構造物の現況写真.....	1-11
図 1.4.8	河岸侵食地点の現地写真.....	1-12
図 1.4.9	流量-送流土砂量関係曲線.....	1-13
図 1.4.10	パハン川流域の重点河川景観箇所.....	1-14
図 1.5.1	年最大流域平均雨量と Lubok Paku 地点ピーク流量.....	1-15
図 1.5.2	1971年1月洪水時の氾濫区域.....	1-16
図 1.5.3	2007年12月洪水の氾濫区域.....	1-18
図 1.5.4	パハン川流域の氾濫危険区域図.....	1-19
図 1.6.1	パハン川流域内の生物特別保護地区.....	1-21
図 1.6.2	パハン川流域における ESA.....	1-22
図 1.7.1	パハン川流域年間水収支.....	1-23
図 2.2.1	河川水位情報の伝達フロー.....	2-4
図 2.5.1	新しい給水事業体制.....	2-10
図 2.5.2	パハン川流域内の水処理施設位置図.....	2-11
図 2.5.3	既存および計画ダム位置図.....	2-14
図 2.5.4	Pahang 州-Selangor 州南部導水ルート図.....	2-18
図 2.5.5	導水ルート図（Pahang 州から Selangor 州北部）.....	2-19
図 2.5.6	農業用水の取水地点.....	2-20
図 2.5.7	既設、建設中および計画中の水力発電プロジェクト位置図.....	2-22
図 2.6.1	DOE の水質管理体制.....	2-23
図 2.6.2	DOE の水質モニタリングポイント（2007年）.....	2-25
図 2.6.3	パハン川の水質状況（2007年）.....	2-27
図 2.6.4	下水管理の体制.....	2-28
図 2.6.5	下水管理の概念図.....	2-29
図 2.6.6	工場排水管理の体制.....	2-30
図 2.6.7	廃棄物管理の体制.....	2-31
図 2.6.8	畜産の管理体制.....	2-32
図 2.6.9	農園開発と森林伐採についての環境管理体制.....	2-33
図 2.6.10	砂利採取の環境管理体制.....	2-33
図 2.7.1	マレー半島の地域開発傾向.....	2-35
図 2.7.2	都市開発階層.....	2-36
図 2.7.3	2000年と2020年のパハン川流域土地利用図.....	2-37
図 2.7.4	河川区域の開発申請手順.....	2-39



図 2.8.1	MaCGDI の位置付け .....	2-40
図 2.8.2	MaCGDI の GIS データベース管理概念 .....	2-40
図 2.8.3	RB-DSS の構成 .....	2-41
図 2.8.4	RB-DSS の仕組み .....	2-41
図 3.2.1	気象観測所、水文観測所位置図 .....	3-2
図 3.2.2	気温観測値 .....	3-2
図 3.2.3	1989-1998 と 1999-2008 の月別平均気温 .....	3-3
図 3.2.4	年降雨量観測値 .....	3-4
図 3.2.5	1989-1998 と 1999-2008 の月平均降雨量 .....	3-5
図 3.2.6	日雨量 50mm を超える日数 .....	3-5
図 3.2.7	年最大日雨量 .....	3-6
図 3.2.8	年最大連続無降雨日数 .....	3-7
図 3.2.9	Tanjung Gelang における潮位観測値 .....	3-7
図 3.3.1	使用するグリッドのイメージ図 .....	3-9
図 3.3.2	RCM のグリッド .....	3-9
図 3.3.3	2000-2100 年の温室効果ガス排出量と地表面気温予測値 .....	3-10
図 3.4.1	パハン川流域の気温変化予測結果時系列 .....	3-11
図 3.4.2	パハン川流域における GCM 結果と実測値の月別降雨量比較結果 .....	3-11
図 3.4.3	CGCM3.1(T47), Canada によるパハン川流域の降雨確率分布 .....	3-12
図 3.4.4	2025 年における 100 年確率 8 日降雨量の増加率 .....	3-13
図 3.4.5	現況および将来条件化での氾濫域計算結果(100 年確率洪水) .....	3-14
図 3.4.6	2025 年における月・年降雨量および蒸発散量増加率(1990 年比) .....	3-15
図 4.1.1	DTM 作成方法 .....	4-2
図 4.1.2	作成された GIS データベースの例 .....	4-4
図 4.2.1	対象河川と横断面位置 .....	4-4
図 4.2.2	横断測量現場 .....	4-5
図 4.2.3	河川横断面図の例 .....	4-6
図 4.4.1	近隣データ比較結果の例(地点 3429096 のデータを解析から除外した) .....	4-10
図 4.4.2	観測地点位置図 .....	4-11
図 4.4.3	ティーセン分割図と各雨量観測地点の支配面積 .....	4-13
図 4.4.4	洪水時の降雨・流量時系列(左：1990 年 12 月洪水、右：2007 年 12 月洪水) .....	4-13
図 4.4.5	主要洪水における累積降雨量時系列 .....	4-14
図 4.4.6	地点 4227001 を含めた場合と含めない場合の年最大 8 日雨量比較結果 .....	4-15
図 4.4.7	降雨確率分布(パハン川流域) .....	4-15
図 4.4.8	地表区分模式図(表面流は直接河道へ流入する) .....	4-16
図 4.4.9	流出モデル模式図 .....	4-17
図 4.4.10	降雨損失の模式図 .....	4-17
図 4.4.11	洪水シミュレーションモデル模式図 .....	4-18
図 4.4.12	パハン川流域の流域分割および距離標 .....	4-18
図 4.4.13	氾濫域検証結果(左：観測値、右：計算結果) .....	4-20
図 4.4.14	検証結果(水位時系列) .....	4-21
図 4.4.15	主要洪水時の降雨量分布 .....	4-22
図 4.4.16	ダムによる洪水調節の模式図 .....	4-24
図 4.4.17	洪水対策施設位置図 .....	4-24
図 4.4.18	100 年確率規模の洪水におけるパハン川の水位および、対策を行わない場合との水位差(上：河川水位、下：水位差) .....	4-25
図 4.4.19	100 年確率洪水による 2025 年条件下での氾濫域予測結果 .....	4-26
図 4.5.1	浸水地域の人口および土地利用の推定方法 .....	4-27
図 4.6.1	パハン川小流域分割図 .....	4-32
図 4.6.2	小流域別の合計取水量 .....	4-33
図 4.6.3	灌漑取水及び水処理プラントの位置 .....	4-34

図 4.6.4	タンクモデル概念図とモデル定数.....	4-34
図 4.6.5	検証計算結果.....	4-35
図 4.6.6	1999-2008年のデータで求めた月別平均降雨量、可能蒸発散量.....	4-36
図 4.6.7	流量時系列(Temerloh).....	4-36
図 4.6.8	月別平均流量.....	4-37
図 4.6.9	流況曲線.....	4-39
図 4.6.10	“Good”の環境流量を下回る日数(Temerloh).....	4-39
図 4.6.11	“Good” Flowと“Outstanding”の環境流量を下回る日数(河口地点).....	4-40
図 4.6.12	パハン川流域の年間水収支.....	4-41
図 5.2.1	パハン川流域の水需要と供給比較.....	5-4
図 5.2.2	地区単位の水需要と供給比較.....	5-5
図 5.2.3	マレーシア国内州別 NRW 率.....	5-7
図 5.2.4	外国の NRW 率.....	5-8
図 5.2.5	Mentakabのウェットマーケット.....	5-10
図 5.2.6	Temerlohのウェットマーケット.....	5-10
図 5.2.7	パハン川流域の農業地域.....	5-11
図 5.2.8	パハン川河道内の砂利採取(左)と建設活動(右).....	5-11
図 5.2.9	農業化学物質の汚染可能地区.....	5-12
図 5.2.10	Cameron Highlandsでの農薬流出についての新聞記事.....	5-12
図 5.2.11	パハン川流域における環境脆弱地域(左)および集水区域(右).....	5-13
図 5.2.12	Chini湖の環境問題に関する新聞記事.....	5-14
図 5.2.13	Chini湖の生物圏保存地域指定に関する公示.....	5-14
図 5.2.14	2007年洪水の氾濫地域.....	5-17
図 5.2.15	河岸浸食と保護工.....	5-17
図 5.2.16	パハン川河口処理プロジェクト.....	5-18
図 5.3.1	組織制度に係る問題分析系図.....	5-20
図 5.3.2	河川管理の分類.....	5-21
図 5.3.3	水利用の問題分析系統図.....	5-23
図 5.3.4	水質の問題分析系統図.....	5-25
図 5.3.5	洪水の問題分析系統図.....	5-26
図 5.5.1	パハン川流域委員会の構成.....	5-34
図 5.5.2	水資源管理局の枠組み.....	5-40
図 5.5.3	流域管理事務所の枠組み.....	5-41
図 5.5.4	情報管理フロー.....	5-44
図 5.5.5	NRWの損益分岐点.....	5-53
図 5.5.6	NRWの要因.....	5-54
図 5.5.7	潜在的‘Hotspots’.....	5-77
図 6.2.1	進行中の洪水緩和事業の位置.....	6-3
図 6.2.2	河口保全修復事業現場.....	6-4
図 6.2.3	Bentong River改修事業の現地写真.....	6-5
図 6.2.4	Pahang州南部における2007年洪水時の洪水氾濫実績図(DID作成).....	6-6
図 6.2.5	LTFMによる流量予測.....	6-8
図 6.2.6	レーダー雨量観測洪水予警報システム(AMRFF).....	6-9
図 6.2.7	警報サイレンとサインボード(パハン川流域).....	6-9
図 6.2.8	パハン川流域における維持管理の様子.....	6-11
図 6.4.1	治水ダムの位置.....	6-14
図 6.4.2	Jengka分水路の位置.....	6-15
図 6.4.3	テレメータ観測局の増設案(降雨および水位観測所).....	6-20
図 6.5.1	実施体制.....	6-22
図 7.1.1	Temerloh-Mentakab洪水緩和プロジェクトの位置.....	7-1
図 7.2.1	気候特性(Temerloh気候観測所).....	7-2

図 7.2.2	対象地域の地形 .....	7-3
図 7.2.3	Municipality と Town の境界 .....	7-4
図 7.3.1	IFSAR データ (上) およびオルソ画像 (下) .....	7-8
図 7.3.2	2箇所 のテストサイト (緑)、水準観測点 (赤) .....	7-9
図 7.3.3	オルソマップの一部 .....	7-9
図 7.3.4	横断図の位置(左図, Semantan 川:黄色,支流と排水溝:赤)と測量成果の例(右図).....	7-9
図 7.4.1	ボーリング実施位置(Temerloh) .....	7-10
図 7.4.2	ボーリング柱状図(Temerloh) .....	7-11
図 7.4.3	ボーリング実施位置(Mentakab).....	7-12
図 7.4.4	ボーリング柱状図(Mentakab).....	7-13
図 7.5.1	調査範囲 .....	7-14
図 7.5.2	サンプル数 .....	7-14
図 7.6.1	ティーセン分割と各観測地点の支配面積.....	7-15
図 7.6.2	基準点上流の確率規模別 8 日雨量.....	7-16
図 7.6.3	パハン川流域モデルと Semantan River モデルの関係 .....	7-17
図 7.6.4	2007 年 12 月洪水における降雨分布.....	7-17
図 7.6.5	実測水位と計算水位の時系列 .....	7-18
図 7.6.6	氾濫域の比較によるモデル検証結果 .....	7-19
図 7.6.7	構造物対策位置図 .....	7-20
図 7.6.8	各種計算ケース下における河川水位計算結果.....	7-21
図 7.6.9	50 年確率洪水による氾濫域計算結果(対策なし).....	7-22
図 7.6.10	降雨継続時間-降雨強度曲線 .....	7-23
図 7.6.11	計画降雨波形 .....	7-23
図 7.6.12	流出モデル概念図 .....	7-24
図 7.6.13	流出係数 .....	7-25
図 7.6.14	内水流出波形の例 .....	7-25
図 7.7.1	対象地域における設計水位 .....	7-27
図 7.7.2	堤防の概略図 .....	7-28
図 7.7.3	ショートカット水路の概略図 .....	7-28
図 8.1.1	洪水防御エリアの選定 .....	8-2
図 8.1.2	計画規模と調査対象地域の特徴との関係.....	8-3
図 8.1.3	代替案 1 の構造物配置図 .....	8-5
図 8.1.4	代替案 2 の構造物配置図.....	8-6
図 8.1.5	現在の Semantan River 沿いの状況 Temarloh (左) and Mentakab (右).....	8-9
図 8.1.6	パース図位置図 .....	8-9
図 8.1.7(1)	パース図 .....	8-10
図 8.2.1	DID における洪水予警報に関するモニタリングとその公表に関するフロー....	8-12
図 8.2.2	警報サイレン(Kg. B. Kapur)と洪水警報板 (Kg. B. Pulau).....	8-12
図 8.2.3	警報板における既往洪水水位の表示(DID Manual から引用).....	8-13
図 8.2.4	洪水予警報システム(DID 水文部、Pahang 州 DID) .....	8-13
図 8.2.5	予警報システムの連絡体制(連邦、州、地域).....	8-14
図 8.2.6	策定されたガイドライン (Pahang 州、Temerloh 地域、Kerdu 地区).....	8-15
図 8.2.7	Pahang 州、Temerloh 地域、Mukim レベル、避難センター間の連絡フロー.....	8-18
図 8.2.8	高床式の家屋 (Semantan 川 Kg. Pdng. Kerbau, Kg. Lompat) .....	8-19
図 8.2.9	1971 年洪水(38m)と 1988 年洪水(34m)の最高水位相当のコンター図 (Temerloh) .....	8-21
図 8.2.10	1971 年洪水(40m)と 1988 年洪水(37m)の最高水位相当のコンター図 と低地 標高(35m)レベル(Mentakab).....	8-22
図 8.2.11	プロジェクト地区における非構造物対策(Temerloh、Mentakab).....	8-25
図 8.2.12	水防活動の実施例(日本).....	8-26

図 8.2.13	AMRRF システムの概要 .....	8-27
図 8.2.14	雨量予測から流量(水位)予測までのフロー .....	8-27
図 8.2.15	Temerloh and Mentakab のハザードマップ (JICA 作成) .....	8-29
図 8.2.16	低平地地域 (現在は非耕作地や湿地となっている).....	8-30
図 8.2.17	都市計画における低平地の保全区域 .....	8-30
図 8.2.18	水防演習と土のうによる対策工法 (日本の事例) .....	8-31
図 8.3.1	2025 年における 8 日雨量と生起確率 .....	8-33
図 8.3.2	リスク評価のためのゾーン分割 .....	8-33
図 8.3.3	現況および 2025 年の 50 年確率規模洪水水位予測結果(上：河川水位、下： 現況との水位差).....	8-34
図 8.3.4(1)	50 年確率規模洪水による氾濫域(現況).....	8-34
図 8.3.5	浸水深別水位ゾーンの定義 .....	8-36
図 8.3.6	Temerloh and Mentakab リスクマップ(浸水域と浸水家屋数).....	8-37
図 8.3.7	現況と比較した 10 年確率規模の 1 日雨量増加率 (2025).....	8-38
図 8.4.1	Gemas 洪水緩和事業の工事实施計画 .....	8-43
図 8.4.2	提案事業 (構造物対策) の実施体制 .....	8-44
図 8.5.1	代替案-1 モニタリング実施位置(案).....	8-65
図 8.5.2	代替案-2 モニタリング実施位置(案).....	8-66

## 略語

AMRFF	Atmospheric model-based rainfall and flood forecasting system
AR4	IPCC Fourth Assessment Report
ARI	Average Recurrence Interval
ASMA	Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd.
B/C	Benefit/Cost
BAKAJ	Johor Water Regulatory Body ( <i>Badan Kawalselia Air Johor</i> )
BKSA	Water Regulatory Body ( <i>Badan Kawalselia Air</i> )
BOD/BOD5	Biochemical oxygen demand
BORDA	Bremen Overseas Research and Development Association
COD	Chemical oxygen demand
CORPRI Model	Corporatization and Privatization Model
DID	Department of Irrigation and Drainage
DEWATS	Decentralised Wastewater Treatment Solution
DMRC	Disaster Management and Relief Committee
DO	Dissolved oxygen
DOCC	District Disaster Operations Control Center
DOE	Department of Environment
DTGSM	Peninsular Malaysia Geodetic Vertical Datum ( <i>Datum Tegak Geodesi Semenanjung Malaysia</i> )
DTM	Digital Terrain Model
DVS	Department of Veterinary Service ( <i>Jabatan Perkhidmatan Veterinar</i> )
EIA	Environmental Impact Assessment
EIRR	Economic Internal Rate of Return
EPU	Economic Planning Unit (Unit Perancang Ekonomi)
EQA	Environmental Quality Act 1974
EQR	Environmental Quality Report
ESA	Environmental Sensitive Area
EXCO	Executive Council
GCM	General Circulation Model
GEV	General Extreme Value
GHG	Greenhouse gas
GRDP	Gross Regional Domestic Products
HH	Household
IEE	Initial Environmental Evaluation
IFM	Integrated Flood Management
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRBM	Integrated River Basin Management
IST	Individual septic tank
IWK	Indah Water Konsortium Sdn. Bhd.
IWRM	Integrated Water Resources Management
JAS	Department of Environment ( <i>Jabatan Alam Sekitar</i> )
JBA	Water Supply Department ( <i>Jabatan Bekalan Air</i> )
JBIC	Japan Bank for International Cooperation
JICA	Japan International Cooperation Agency
JKPS	River Management Committee ( <i>Jawatankuasa Pengurusan Sungai</i> )
JKR	Public Works Department ( <i>Jabatan Kerja Raya</i> )
JMG	Department of Mineral and Geoscience ( <i>Jabatan Mineral dan Geosains</i> )
JPBD	Department of Town and Country Planning ( <i>Jabatan Perancangan Bandar dan Desa</i> )
JPBB	Disaster Management and Relief Committee ( <i>Jawatankuasa Pengurusan dan Bantuan Bencana</i> )
JPBBD	District Disaster Management and Relief Committee ( <i>Jawatankuasa Pengurusan dan Bantuan Bencana Daerah</i> )
JPPH	Valuation and Property Services Department ( <i>Jabatan Penilaian dan Perkhidmatan Harta</i> )
JUPEM	Department Survey and Mapping Malaysia ( <i>Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia</i> )
Kg.	Village ( <i>kampung</i> )
KL	Kuala Lumpur
LA	Local authority
LKIM	Malaysian Fisheries Development Board ( <i>Lembaga Kemajuan Ikan Malaysia</i> )
LTFM	Linear Transfer Function Model
LUAN	Kedah Water Management Authority ( <i>Lembaga Urus Air Negeri Kedah</i> )
LUAS	Selangor Water Management Authority ( <i>Lembaga Urus Air Selangor</i> )
MaCGDI	Malaysian Center for Geospatial Data Infrastructure
MCM	Million cubic meter
Mid	Million liter per day
MMD	Malaysian Meteorological Department
MRSO	Malaysian Rectified Skew Orthomophic
MyGDI	Malaysian Geospatial Data Infrastructure
NAHRIM	National Hydraulic Research Institute of Malaysia

NCLG	National Council for Local Government
NGVD	National Geodetic Vertical Datum
NH3-N	Ammoniacal nitrogen
NPV	Net present value
NRE	Natural Resources and Environment
NRW	Non-Revenue Water
NSC	National Security Council
NWQS	National Water Quality Standard
NWRC	National Water Resources Council
NWRD	National Water Resources Department
NWRS	National Water Resources Study (2000)
NWRS	National Water Resources Study, Malaysia (JICA, 1982)
NWSC	Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara
OJT	On-the-job training
PAAB	Water Asset Management Company ( <i>Pengurusan Aset Air Berhad</i> )
PERHILITAN	Department of Wildlife and Natural Park Peninsular Malaysia ( <i>Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara, Semenanjung Malaysia</i> )
PFA	Pig farm area
ppm	Part per million
PRECIS	Providing Regional Climate Impact Studies
PTG	Land and Mines Office ( <i>Pejabat Tanah dan Galian</i> )
PWCC	PricewaterhouseCoopers Consulting Sdn. Bhd.
RBC	River Basin Committee
RB-DSS	National River Basin Decision Support System
RB-IMS	River Basin Infrastructure Management System
RBMO	River Basin Management Office
RBO	River Basin Organization
RB-SMS	River Basin Geographical Information System
RB-SMS	River Basin Simulation Modeling System
RCM	Regional Climate Model
RegHCM-PM	Regional Hydroclimate Model of Peninsular Malaysia
RM	Ringgit Malaysia
RMK-10	Tenth Malaysia Plan
RMK-8	Eighth Malaysia Plan
RMK-9	Ninth Malaysia Plan
RRB	National Register of River Basin Study
RRB2	Second Phase of the National Register of River Basin Study
RTU	Remote Terminal Unit
SAINS	Syarikat Air Negeri Sembilan Sdn. Bhd.
SAJ	Johor Water Company ( <i>Syarikat Air Johor</i> )
SBMO	Sub-Basin Management Office
Sg.	River ( <i>sungai</i> )
SPAN	Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara
SS	Suspended solids
st.	Station
STP	Sewage treatment plant
SWM	SWM Environment Sdn. Bhd.
SWRC	State Water Resources Council
TDS	Total dissolved solids
Tg.	Tanjung
TNB	Tenaga Nasional Berhad
TOR	Terms of Reference
TSS	Total suspended solids
UPEN	State Economic Planning Unit ( <i>Unit Perancang Ekonomi Negeri</i> )
UPPP	Federal Project Implementation Unit ( <i>Unit Pelaksanaan Projek Persekutuan</i> )
USD	US Dollar
USEPA	The United States Environmental Protection Agency
W.L.	Water Level
WRD	Water Resources Department
WQI	Water Quality Index

単位系

## (Length)

mm	:	millimeter(s)
cm	:	centimeter(s)
m	:	meter(s)
km	:	kilometer(s)

## (Area)

mm <sup>2</sup>	:	square millimeter(s)
cm <sup>2</sup>	:	square centimeter(s)
m <sup>2</sup>	:	square meter(s)
km <sup>2</sup>	:	square kilometer(s)
ha	:	hectare(s)

## (Weight)

g, gr	:	gram(s)
kg	:	kilogram(s)
ton	:	ton(s)

## (Time)

s, sec	:	second(s)
min	:	minute(s)
h, hr	:	hour(s)
d, dy	:	day(s)
y, yr	:	year(s)

## (Volume)

cm <sup>3</sup>	:	cubic centimeter(s)
m <sup>3</sup>	:	cubic meter(s)
l, ltr	:	liter(s)
mcm	:	million cubic meter(s)

## (Speed/Velocity)

cm/s	:	centimeter per second
m/s	:	meter per second
km/h	:	kilometer per hour





## 第1章 自然状況

## 1.1 地形

パハン川流域は、マレーシア中央部を南北に走る Titiwangsa 山脈と海岸沿いの Timur 山脈によって流域の東西を挟まれ、マレー半島で最大の流域面積(約 29,000km<sup>2</sup>)を有する。流域西部の Titiwangsa 山脈付近の高地は 1000m~1500mの高度でなだらかに変化し、標高約 2000mの山頂を持つ山が多く、流域東部の Timur 山脈付近の高地は 300m~600m の範囲の高度で変化し、山頂部の標高は約 1500m となっている。また、流域内には半島マレーシア最高峰(標高 2187m)を有する Gunungtahan 山脈が流域を南北に走っている。

Kuala Tembeling から Temerloh に準平原が広がっているが、この準平原はパハン川流域の南端である支川 Bera River の上流、ムアール川流域との境界まで続いている。また、Temerloh からパハン川に沿って東へと続き、下流部の海岸平野へと続く。本川や支川沿いに広がる低平地や、海岸平野洪水の氾濫源となっているパハン川流域の地形図を図 1.1.1 に示す。

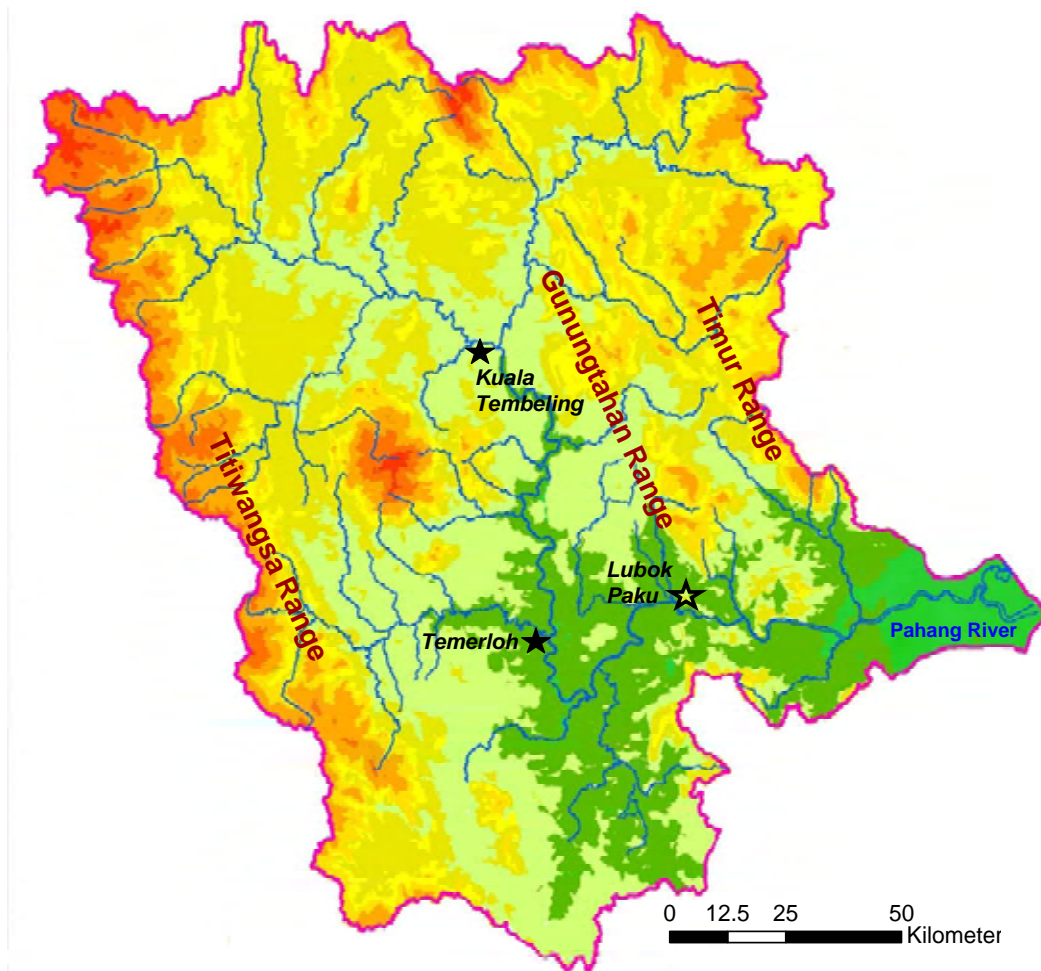
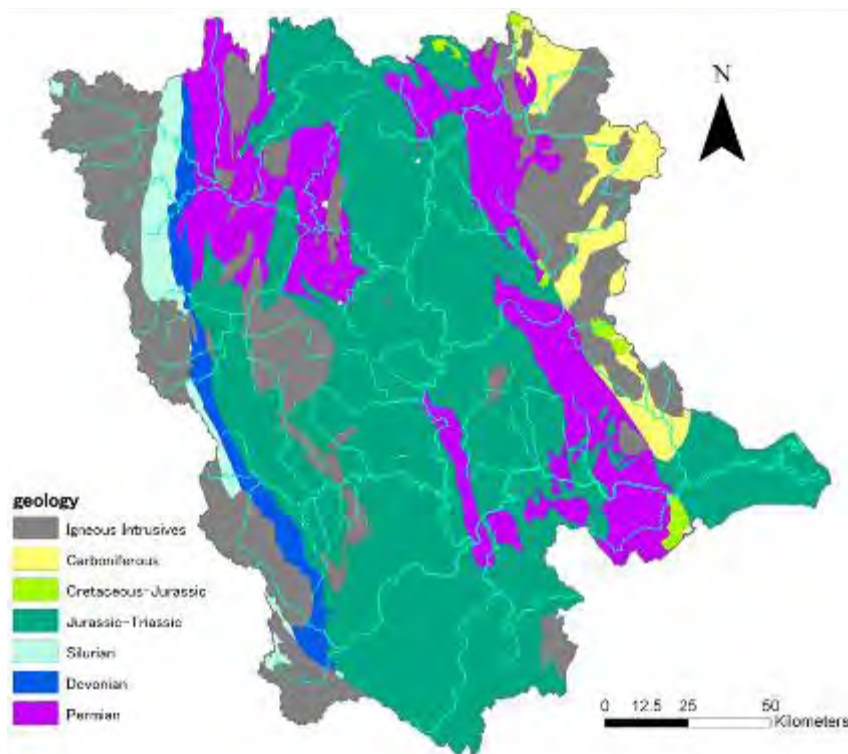


図 1.1.1 パハン川流域地形図

## 1.2 地質

マレー半島の中央に位置し、半島で最大の面積約 29,000 km<sup>2</sup>を有するパハン川流域は、地質構造が北北西に向かって伸びる特徴を持つ西部の Titiwangsa 山脈、東部の Timur 山脈に挟まれ、東部の海岸は第 4 紀に形成された地質を持つ広大な平野となっている。実際のところ、流域の地質構造は複雑で、それを完全に確認する情報には恵まれていないが、既往の調査や地質図（図 1.2.1 参照）を参考にしてまとめると、パハン川流域の地質構造は、シルル紀から白亜紀にかけての全ての地質区分(紀)における堆積岩や変成岩が北北西の方向に発達する傾向を有しつつ層状に折り重なる構造となっている。

また、この流域の主な地質的特徴としては、ジュラ紀から三畳紀の堆積物・岩がパハン川流域の大部分を占め、花崗岩で覆われた地域が東西山脈の水源付近に露出していることである。ちなみに花崗岩の分布域は、Titiwangsa 山脈に露出した南北延長 170km の地域、東部の Timur 山脈近傍および流域中央部に不連続に露出している地域である。また、既往の調査によると、流域内に分布する堆積岩は緩やかな広域変成作用を受けたシルト岩、砂岩、珪岩、礫岩、石灰岩で構成されている。さらに、凝灰岩と火山放出岩の中間物で構成された酸性の火山岩も分布しており、これらは上述した堆積岩に層状に挟まれている。また、流域の珪岩、石灰岩および礫岩は硬岩であるが、シルト質と凝灰質の岩は地表面に露出すると柔らかく分裂しやすい性質を持っている。



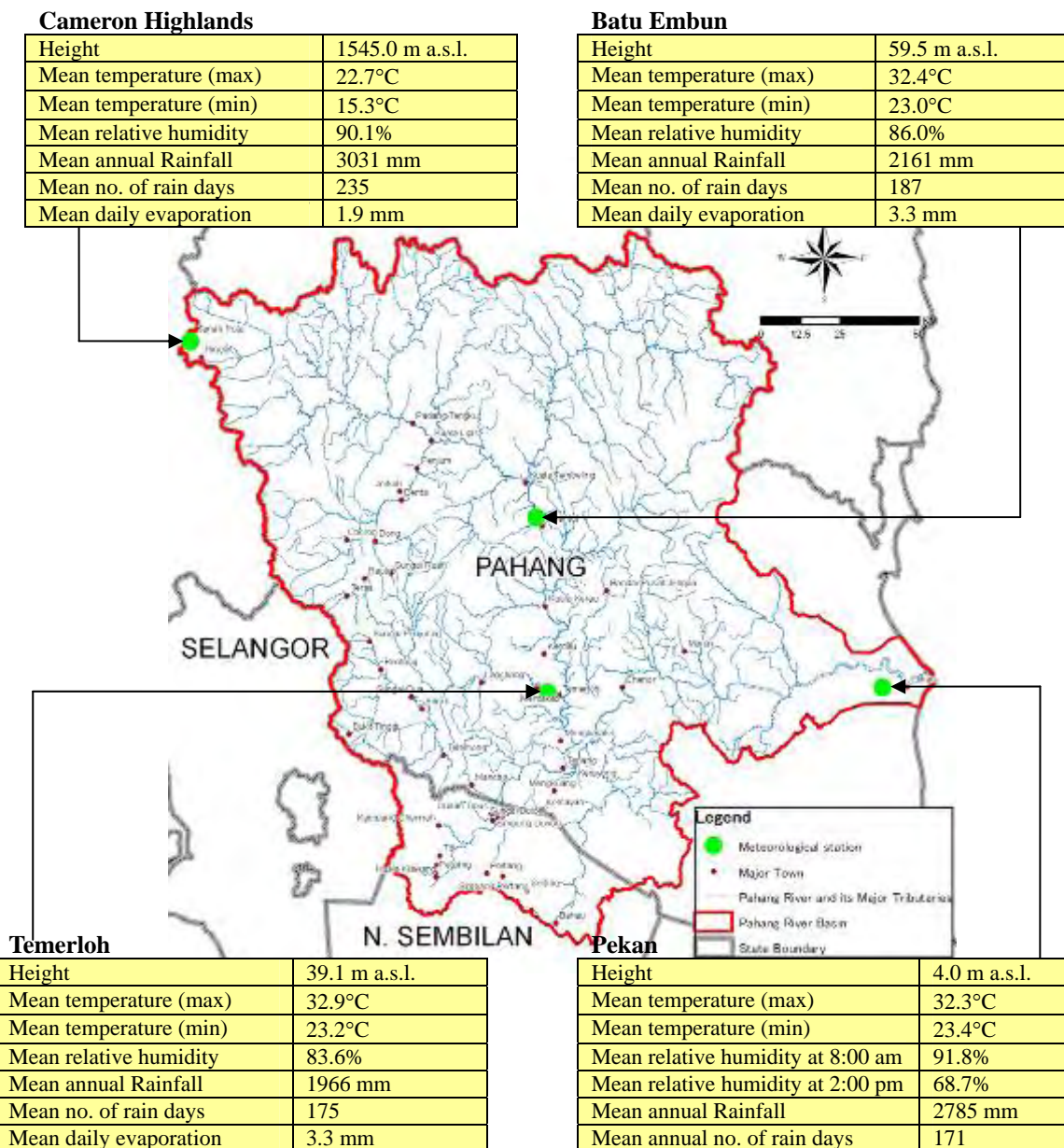
出典:Geological Map(1984)

図 1.2.1 パハン川流域の地質図

## 1.3 気候・水文

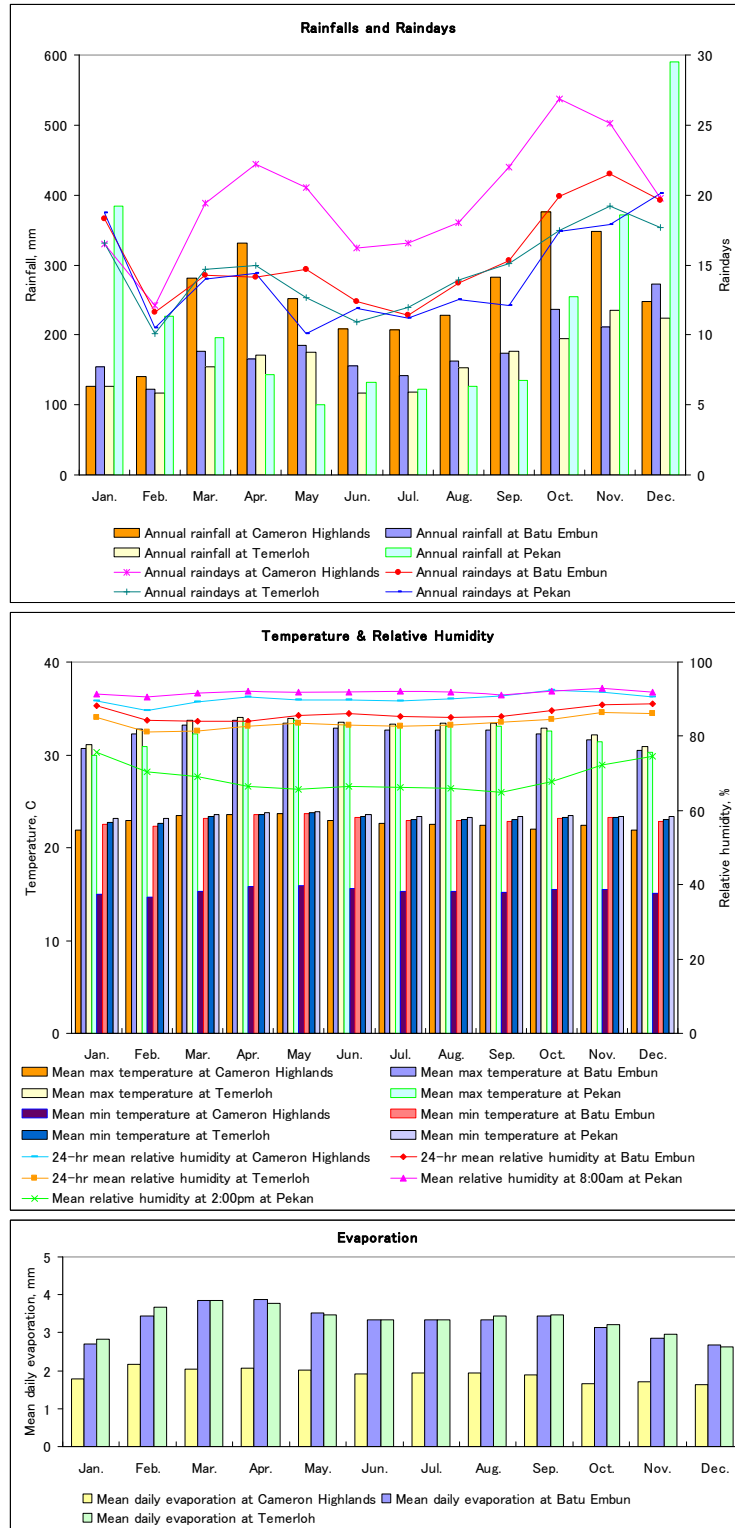
## 1.3.1 気候概況

パハン川流域はマレー半島の東海岸地域に位置する。この地域では、11月から12月にかけて最も雨量が多く、6月～7月の雨量が最も少ない。Cameron Highlandsを含む高地以外では、平年の日最高気温と最低気温はそれぞれ32°Cと23°Cになり、湿度は年間を通じて80～90%で、日蒸発量は3mm程度である。図1.3.1と図1.3.2はパハン川流域とその付近の一般的な気候特性を示す。



出典: Stations Cameron Highlands, Batu Embun, Temerloh and Sekolah Menengah Ahmad Pekan, Malaysian Meteorological Department, 2009

図 1.3.1 パハン川流域の気候特性



出典: Stations Cameron Highlands, Batu Embun, Temerloh and Sekolah Menengah Ahmad Pekan, Malaysian Meteorological Department, 2009

図 1.3.2 Cameran Highlands、Batu Embun、Temerloh および Pekan の雨量、温度、湿度および蒸発量 (1999年-2008年平均)

### 1.3.2 降雨量

流域平均降雨量の算定には流域内 20 地点の降雨観測所データを用いた(選定方法については4章参照)。観測地点および流域内降雨分布は図 1.3.3の通りである。流域内の年降雨量は約 1,700mm から 2,800mm の範囲にあり、流域北東部の Cameron Highlands から流域の北側、東海岸にかけて多くなる傾向にある。雨季は 9 月頃より始まり、最大月降雨量は 11 月から 12 月の間に観測されている。1999-2008 年の 10 ヶ年のデータから、流域の年平均降雨量は 2,136mm である。

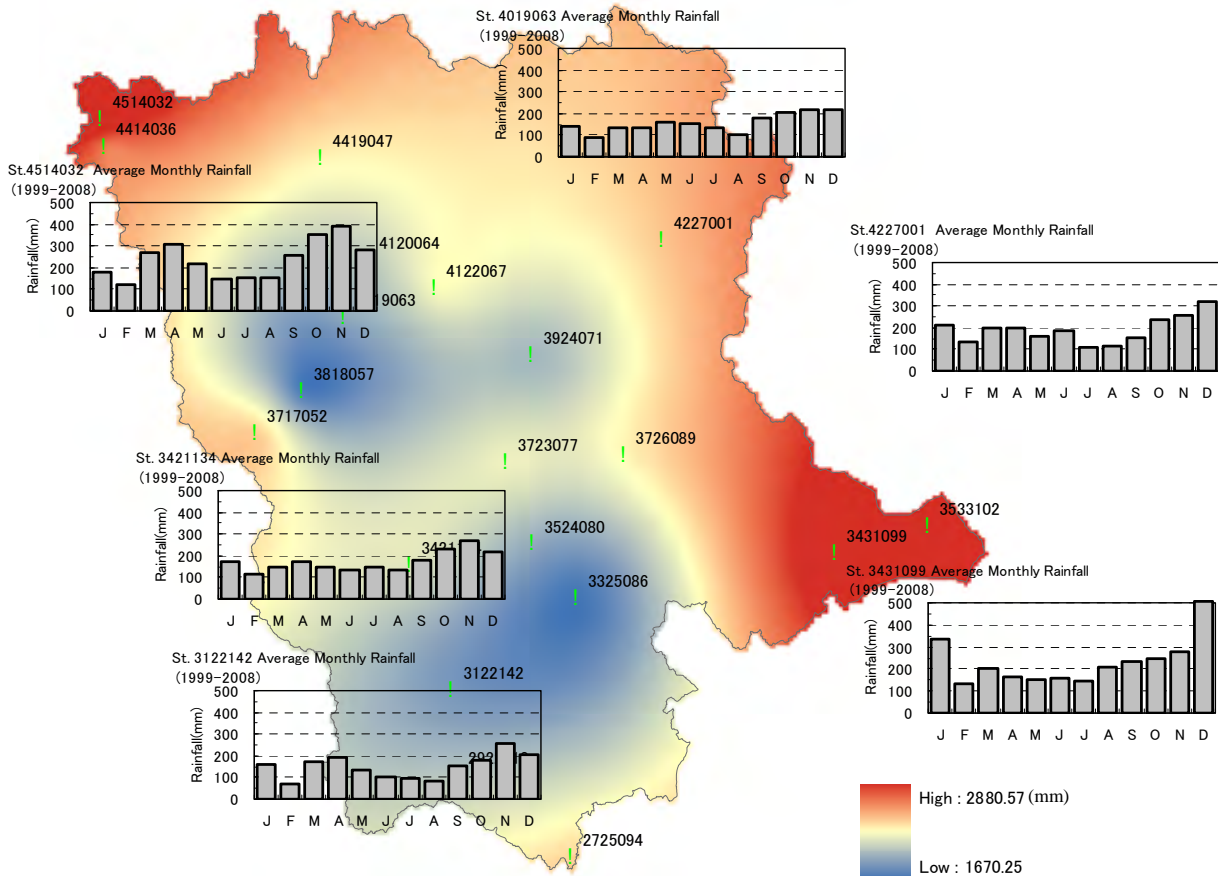


図 1.3.3 パハン川流域における降雨分布

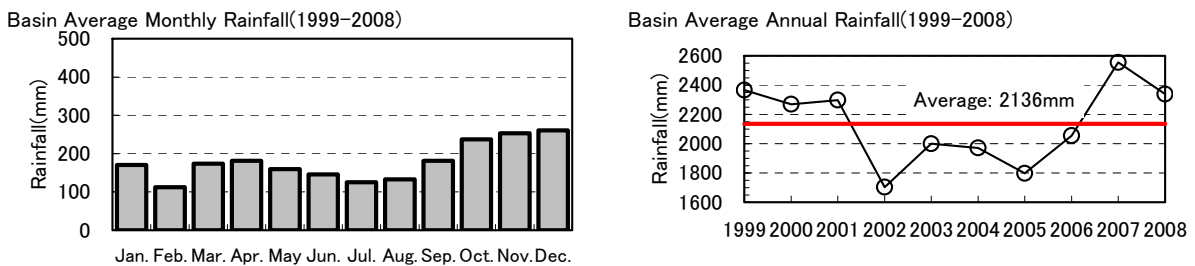


図 1.3.4 流域平均月別および年降雨量  
(左：月別平均降雨量、右：年降雨量)

### 1.3.3 潮位

パハン川河口に最も近い潮位観測所である Tanjung Gelang 地点における 10 カ年(1999-2008)の潮位データ(JUPEM による観測)をもとに、日平均潮位を図化すると図 1.3.5 のようである。また、表 1.3.1 は月別の平均・最大・最小潮位である。月別の平均潮位表から 10 月から翌年 3 月の潮位が年平均潮位を上回っており、これは前述のパハン川流域における雨季と一致している。過去の潮位データから年最大潮位は 1 月、11 月、12 月のいずれかに観測されている。

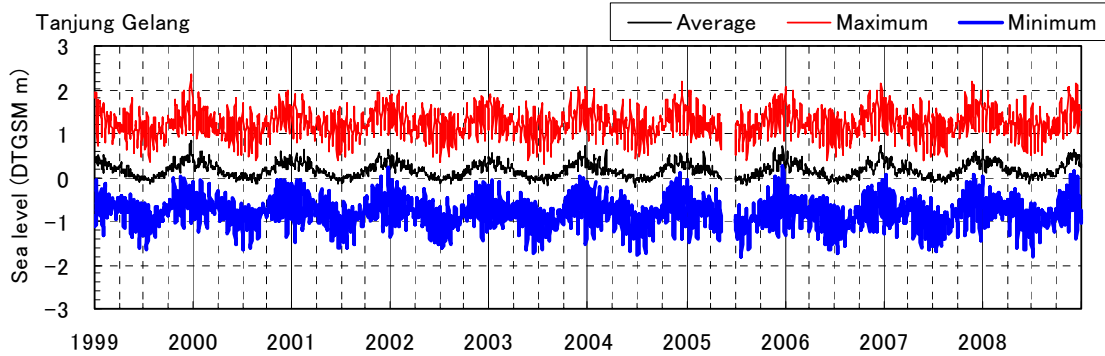


図 1.3.5 日平均・最大・最小潮位時系列

表 1.3.1 Tanjung Gelang 地点における月別平均・最大・最小潮位

		(DTGSM m)											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1999	平均	0.35	0.29	0.19	0.15	0.09	-0.02	-0.05	0.00	0.09	0.26	0.30	0.49
	最大	1.95	1.68	1.47	1.59	1.80	1.63	1.50	1.38	1.40	1.79	1.98	<b>2.35</b>
	最小	-1.14	-1.32	-0.95	-1.17	-1.38	-1.61	-1.65	-1.37	-0.99	-1.05	-1.17	-1.06
2000	平均	0.34	0.33	0.26	0.11	0.06	0.00	0.01	-0.01	0.11	0.16	0.35	0.35
	最大	1.94	1.61	1.49	1.46	1.66	1.80	1.71	1.59	1.42	1.61	1.88	<b>1.98</b>
	最小	-1.25	-1.17	-0.83	-1.01	-1.29	-1.53	-1.66	-1.60	-1.07	-1.00	-1.00	-1.35
2001	平均	0.32	0.32	0.21	0.16	0.05	-0.03	0.00	0.02	0.11	0.21	0.36	0.37
	最大	<b>1.91</b>	1.88	1.60	1.50	1.52	1.60	1.71	1.63	1.49	1.57	1.94	1.86
	最小	-1.50	-1.22	-1.03	-1.09	-1.44	-1.63	-1.60	-1.55	-1.13	-0.98	-0.97	-1.24
2002	平均	0.32	0.28	0.19	0.14	0.08	0.00	-0.04	0.01	0.03	0.17	0.29	0.31
	最大	1.99	<b>1.93</b>	1.50	1.70	1.67	1.56	1.46	1.48	1.44	1.68	1.82	1.84
	最小	-1.38	-1.22	-1.06	-1.14	-1.46	-1.52	-1.63	-1.51	-1.22	-0.99	-1.13	-1.44
2003	平均	0.35	0.27	0.21	0.10	0.03	-0.02	-0.03	0.00	0.05	0.20	0.32	0.43
	最大	1.91	1.82	1.45	1.63	1.75	1.62	1.68	1.49	1.50	1.93	2.05	<b>2.06</b>
	最小	-1.17	-1.15	-0.99	-1.32	-1.64	-1.72	-1.65	-1.44	-1.22	-1.17	-1.30	-1.51
2004	平均		0.22	0.19	0.09	0.04	-0.02	-0.02	-0.04	0.09	0.27	0.30	0.33
	最大		1.66	1.65	1.52	1.76	1.79	1.71	1.63	1.41	1.77	1.88	<b>2.18</b>
	最小		-1.21	-0.99	-1.24	-1.52	-1.69	-1.79	-1.74	-1.15	-1.05	-1.40	-1.42
2005	平均	0.27	0.18	0.20				-0.05	-0.04	0.07	0.17	0.28	0.36
	最大	<b>2.00</b>	1.80	1.67				1.65	1.52	1.45	1.63	1.91	1.93
	最小	-1.48	-1.42	-1.13				-1.80	-1.66	-1.26	-1.16	-1.26	-1.37
2006	平均	0.30	0.30	0.19	0.12	0.09	-0.03	-0.06	-0.01	0.09	0.19	0.27	0.45
	最大	2.06	1.82	1.56	1.59	1.64	1.57	1.49	1.50	1.46	1.65	1.98	<b>2.16</b>
	最小	-1.35	-1.18	-1.10	-1.29	-1.55	-1.64	-1.72	-1.57	-1.23	-1.22	-1.24	-1.25
2007	平均	0.34	0.16	0.20	0.16	0.05	0.00	-0.04	-0.03	0.07	0.17	0.37	0.38
	最大	1.84	1.72	1.58	1.64	1.80	1.75	1.56	1.38	1.35	1.94	<b>2.20</b>	2.00
	最小	-1.27	-1.37	-1.06	-1.41	-1.61	-1.65	-1.70	-1.46	-1.30	-1.37	-1.26	-1.44
2008	平均	0.35	0.36	0.24	0.16	0.08	0.01	0.04	0.06	0.07	0.21	0.37	0.44
	最大	1.98	1.73	1.50	1.67	1.78	1.84	1.69	1.60	1.35	1.81	2.08	<b>2.14</b>
	最小	-1.18	-0.97	-0.97	-1.34	-1.61	-1.66	-1.82	-1.49	-1.26	-1.12	-1.25	-1.41
1998-2008	平均	0.33	0.27	0.21	0.13	0.06	-0.01	-0.02	0.00	0.08	0.20	0.32	0.39
	最大	2.06	1.93	1.67	1.70	1.80	1.84	1.71	1.63	1.50	1.94	2.20	2.35
	最小	-1.50	-1.42	-1.13	-1.41	-1.64	-1.72	-1.82	-1.74	-1.30	-1.37	-1.40	-1.51

## 1.4 パハン川流域の概要

### 1.4.1 パハン川水系

パハン川の総延長は約 530km であり、Pahang 州と Negeri Sembilan 州の二つの州を渡って流れるために、「National River」と分類されている。パハン川の本川は Tembeling River および Jelai River の 2 つの主要支川によって形成される。Jelai River はパハン流域の北西部にある Titiwangsa Range から東南方向へ向かって流れる一方、Tembeling River はパハン流域の東北部にある Timur Range から南西方向へ向かって流れ、Kuala Tembeling で Jelai River と合流し、パハン川本川を形成する。

その緩やかな地形のため、パハン川本川は支川 Tembeling River や Jelai River より流速が遅く、幅が広い。Kuala Tembeling から、Benum Range と Gunung Tahan Range の間の谷をとおり、南方向へ向かって流れ、Temerloh で Semantan River と合流する。その後、川の流れ方向が変わり、東北方向に向かい、Tenang River、Bera River、Jengka River と合流してから、東へと向かい、Pekan の付近で South China Sea に流れ込む。

なお、パハン川流域に Lake Bera および Lake Chini の 2 つの主要な自然湖があり、それぞれマレーシアの最大と二番目の自然湖である。下図はパハン川流域の主要河川を示す。



図 1.4.1 パハン川とその主要支川

### 1.4.2 河川の特徴

#### (1) 河床勾配

図 1.4.2 は、パハン川およびその支川の河床勾配を示したものである。本川の河床勾配は約 1/6,200 (0.016%) であり、主要な支川である Semantan 川、Jelai 川、Tembeling 川の勾配はそれぞれ 1/1,900 (0.051%)、1/2,900 (0.034%)、1/4,100 (0.024%) となっている。

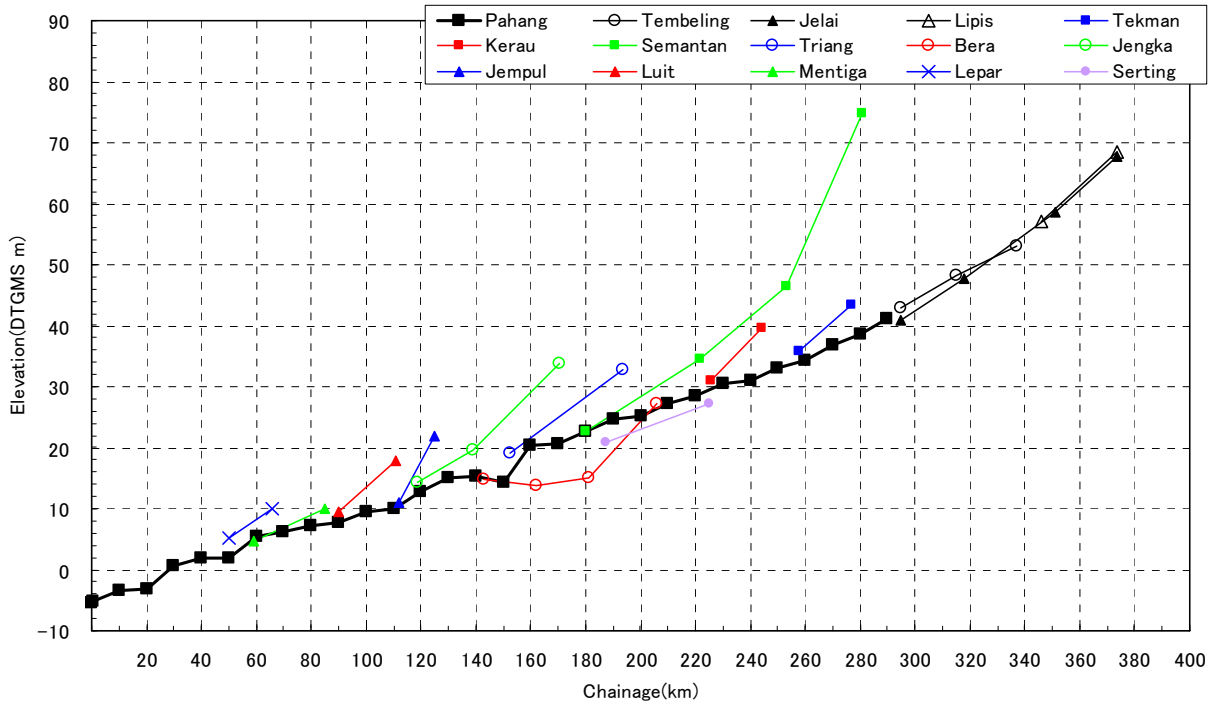


図 1.4.2 パハン川およびその支川の河床勾配

(2) 河川流量

ここでは本川最下流の流量観測地点であるLubok Paku地点(Station 3527410)の観測流量についてデータの整理を行った(観測地点位置図は第4章参照)。表 1.4.1、図 1.4.3は最近10ヵ年(1999-2008)の観測値から月・年平均流量および、月別の最大・最小流量を示したものである。

表 1.4.1 10ヵ年平均月平均流量および最小・最大日流量(Lubok Paku)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
平均	944	611	538	687	676	487	390	369	487	733	1035	1313	689
最大	1770	1146	869	1064	1195	808	674	674	874	1268	1672	2603	---
最小	509	371	316	460	378	325	264	252	294	393	637	608	---

(m<sup>3</sup>/s)



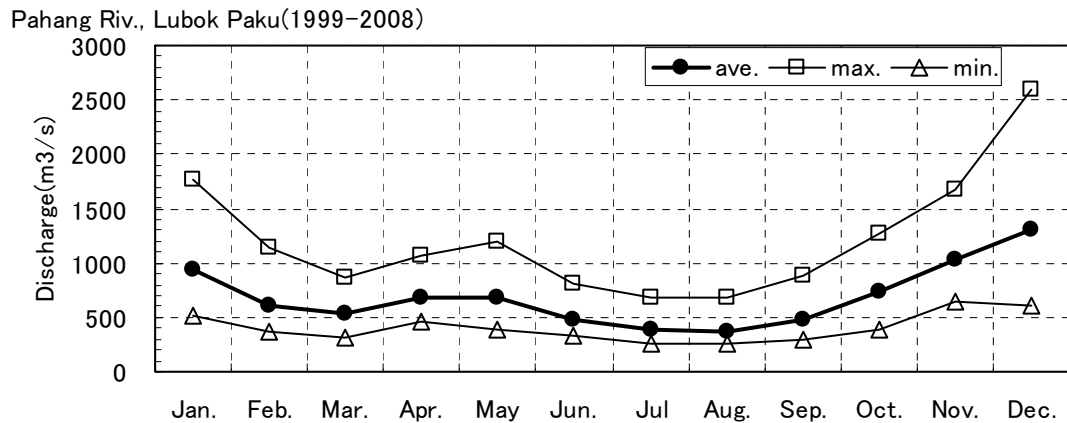


図 1.4.3 1999-2008 年の観測値による月平均および、月別最小・最大日流量(Lubok Paku)

両地点の月平均流量は、10月から翌年1月にかけて年平均流量である $690\text{m}^3/\text{s}$ を超えるが、これは前述の雨季と一致している。図 1.4.4に示す10カ年の月別最大日流量から、主な洪水は主に12月に生起しているものと推察される。

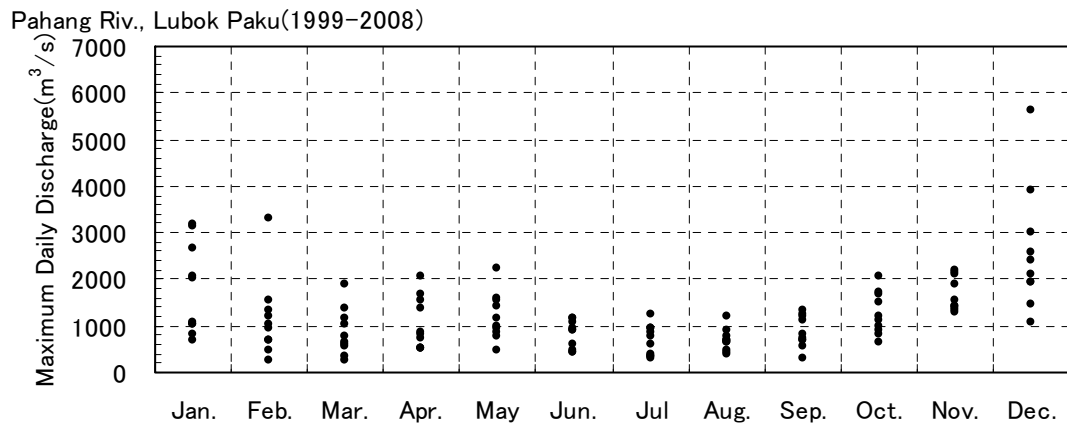


図 1.4.4 月別最大日流量(1999-2008 年, St. 357410)

### (3) 流出率

最近10カ年(1999-2008)のLubok Paku地点の流量、流域平均降雨量から年流出率の算出を行った。なお、当該流量観測地点の流域面積は $25,600\text{km}^2$ 、パハン川の流域面積は $28,770\text{km}^2$ である。表 1.4.2に示すように、各年の流出率は0.3から0.5程度であり、10カ年の平均値は約0.4である。また、図 1.4.5に示すように、年流出率は年降雨量とともに増加する傾向を示している。

表 1.4.2 パハン川流域における年流出量、降雨量と流出率

	流出量 ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	降雨量 ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	流出率
1999	34,606	68,096	0.51
2000	29,245	65,284	0.45
2001	25,438	66,096	0.38
2002	18,386	49,032	0.37
2003	20,179	57,545	0.35
2004	18,912	56,714	0.33
2005	14,590	51,722	0.28
2006	23,987	59,148	0.41
2007	32,002	73,534	0.44
2008	27,364	67,686	0.40
平均	24,471	61,485	0.39

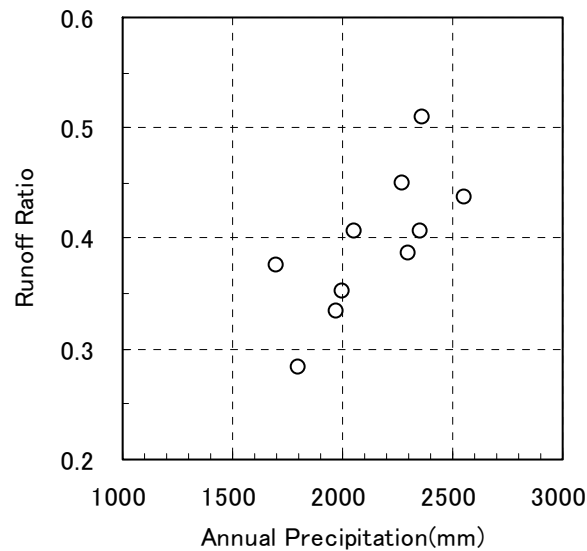
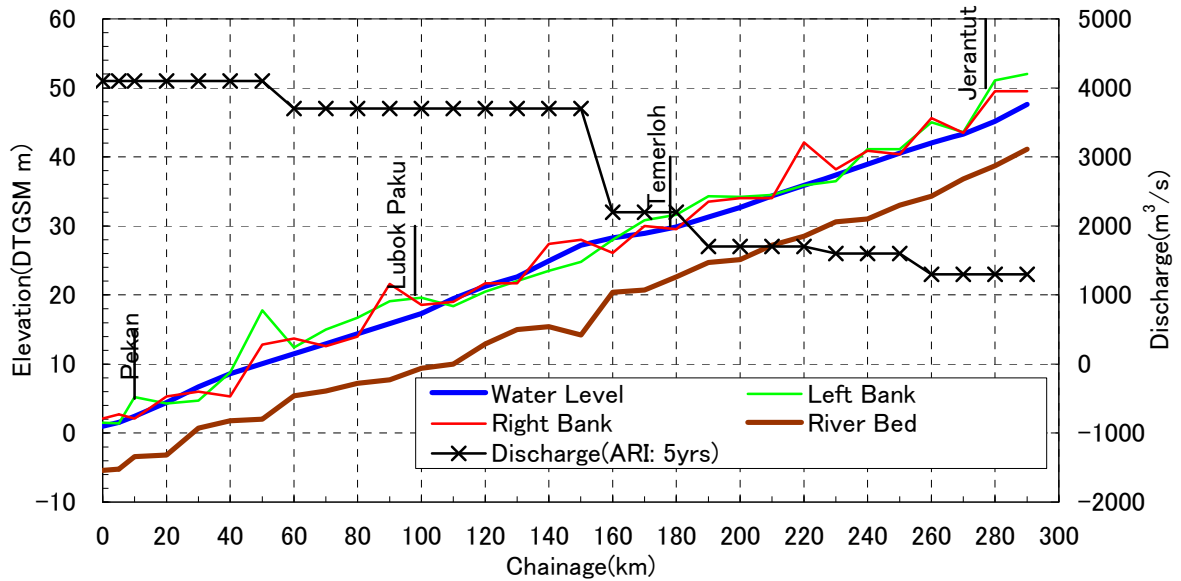


図 1.4.5 年降雨量と流出率の関係

### 1.4.3 流下能力

パハン川本川の流下能力は、河口近傍の Tanjung Gelang における平均朔望水位 (El+1.0m) を初期水位として、不等流計算により評価した。各河道の流下能力は、洪水位と現況の河岸地盤高とを比較し、図 1.4.6 に示すような結果を得た。

図から判定できるように、下流河道の大部分で 5 年確率洪水が流下できない状況にある。特に、Lubok Paku から Temerlh にかけての中流部ではほとんどの区間で河岸高を超過している。このような流下能力の不足は洪水氾濫の主な原因となっている。



Discharge derived from runoff analysis and 1dimensional river simulation in Chapter 4

図 1.4.6 パハン川 5 年確率洪水の水位縦断

#### 1.4.4 河川構造物

2009 年 11 月時点で得られた情報や既往報告書から、洪水緩和に係るパハン川の主要な河川構造物としては以下のようなものがある。

表 1.4.3 主要河川構造物

河川構造物	場所
Rock Groin	Pekan, Kuala Pahang
Bund	Pekan, etc
Tidal Gate	Pekan, etc
Dam	Bentong, Cameron Highland, etc.

パハン川、Semantan River 及び他の河川を横断する橋梁の多くは、新規の高速道路ネットワークと関連して、高規格の橋梁に掛け替えられており、それらの橋梁架設地点の洪水流下能力は十分である。



Pekan の水位観測所地点の  
河岸侵食防止工



Pekan Town 周辺の輪中堤 (西側)  
修復が必要である

図 1.4.7 洪水緩和に係る構造物の現況写真

また、流域には DID が所管するダムが 5 地点あり（これらは小規模ダムであるが）、その諸言は以下のとおりである。

表 1.4.4 DID 所管のダム貯水池

No	ダム名	完成年	ダム				貯水池		
			型式	高さ (m)	堤頂長 (m)	天端標高 (m)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	貯水量 (MCM)	面積 (km <sup>2</sup> )
6a	Old Repas	1925	Earth	13.4	210	143.29	10	0	NA
6b	New Repas	1963	Earth	20.0	40	128.96	11	0.4	0.05
8	Pontian	1985	Earth	15.5	350	7.5	170	40.0	20.00
9	Anak Endau	1985	Earth	18.0	700(L)	23.0	36	38.0	7.20
14	Perting	2003	Porous	21.5	138.6	118.0	125	NA	1.05

また、流域には、電力公社が運営するダム施設もある。

### 1.4.5 河岸侵食

パハン川本川及び主要支川である Tembeling River や Semantan River における蛇行区間での河岸では、侵食が常に発生している。通常、豪雨後の洪水時には激しい侵食があり、そのため、Pekan の DID 水位観測所の河岸には、河岸侵食に対しての石積み水制が設置されている。現地調査の結果、この地点の侵食は進行していない。一方 Semantan River 左岸部の Kg. Lompat 周辺の侵食は進んでいる。

DID Pahang 州事務所の情報では、Bentong River 流域でも河岸侵食があり、蛇籠、コンクリート張り工、杭打ち及び植生により対応している。しかしながら、激しい侵食や不適切な対策のため、部分的に損傷があるとの報告がある。

しかし、河岸侵食は、洪水浸水や地滑りと比較して、パハン川では深刻な問題とはなっていない。これは、河岸侵食が居住区域や橋梁構造物から離れている場所で発生しているためであると考えられる。



Pekan DID 水位観測所近くの  
石積み水制



Semantan River Kg. Lompat の  
河岸侵食

図 1.4.8 河岸侵食地点の現地写真

### 1.4.6 生産土砂量と流送土砂量

#### (1) 土砂堆積の状況

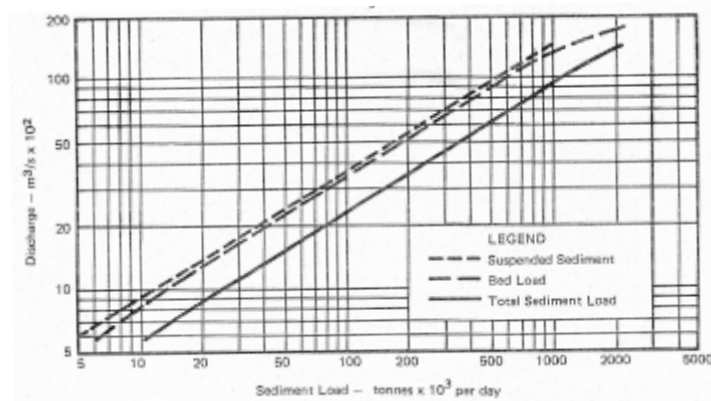
流域の過剰な土壌侵食と、その結果として生じる河川の流送土砂は、河道や河口部における堆積物による閉塞の原因になると同時に、河道の流下能力不足による洪水発生頻度を増加させ、船舶航行を阻害し、遊水地やダム等の河川構造物による治水効果の減少を招く恐れがある。

ここで述べるように、長い間パハン川河口ではシルテーションが課題となっていたため、第9次マレーシアプランにおいてDIDが”Protection and Rehabilitation Project for Pahang River Mouth”を実施している。

## (2) 流送土砂量

パハン川の年間の流送土砂については、“Concept Design Report of River Mouth 2006 by DID”およびオーストラリアによるマスタープラン調査(1974年)における分析結果から、流送土砂量については、年間約4.5百万トンと推定できる。両調査においては、浮遊砂量と掃流砂量のバランスが若干違うものの、年間の流送土砂量については同じ値を算出している。両調査の流送土砂量の算定方法は下記の通りである。

前者の調査においては、年間浮遊砂量は流量と浮遊砂の観測値から3.3百万トンと算定され、Mutreja(1986)、Design of Small Dams(1987)、Borland and Maddock (1951)、R.S. Varshney等の過去の研究成果や調査に基づき、年間浮遊砂量の35%が年間掃流砂量であると仮定して、年間掃流砂量を1.2百万トンと見積もっている。後者の調査では、年間掃流砂量はEinstein-Brown手法によって約2.0百万トン、浮遊砂量は下図の流量-浮遊砂量関係曲線から年間2.5百万トンと算定されている。

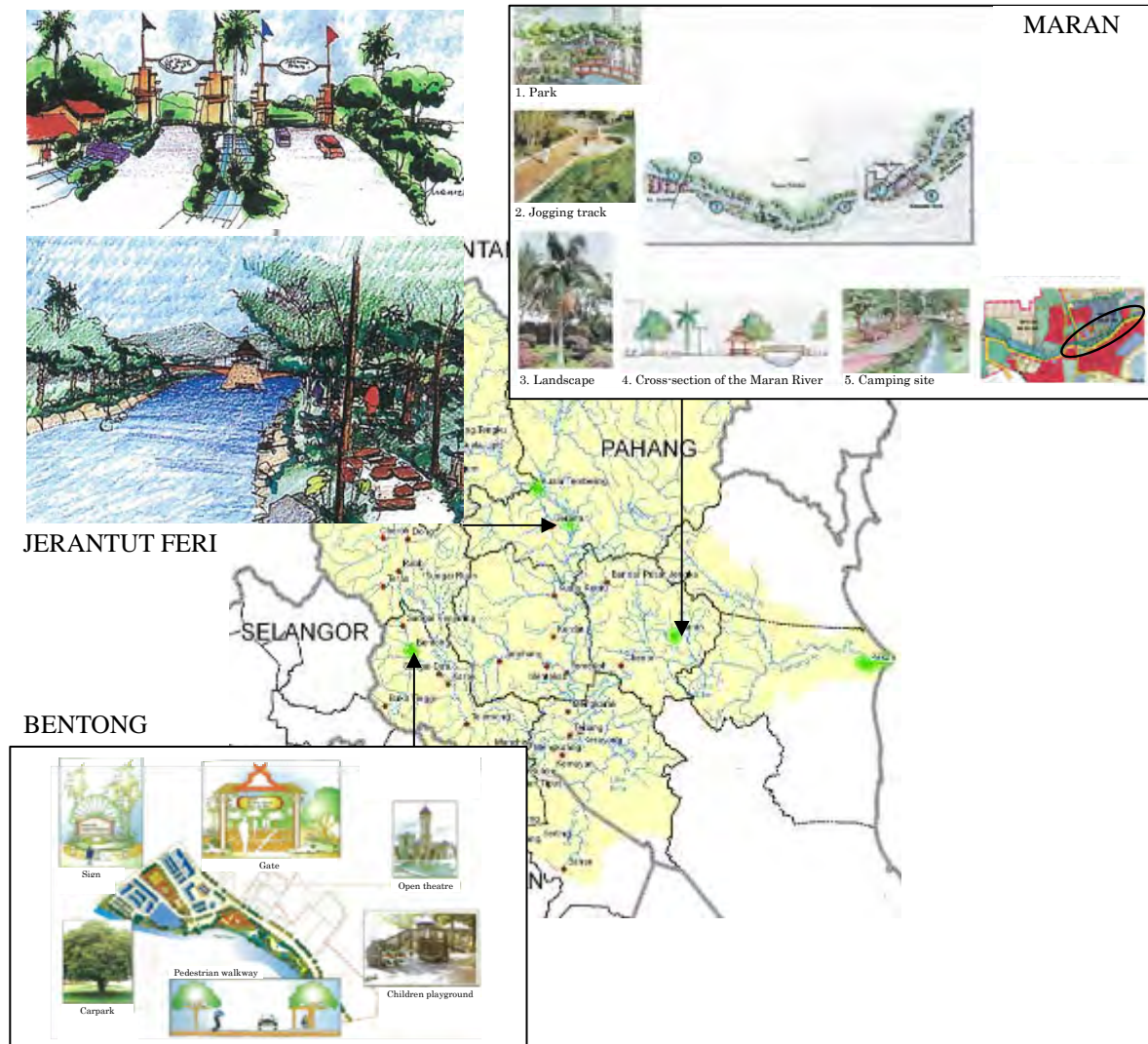


出典：パハン流域マスタープラン調査(1974年, オーストラリア)

図 1.4.9 流量－浮遊砂量関係曲線

### 1.4.7 河川景観

河川景観や河川水辺開発は河川回廊管理の一部である。現在においては、河川には排水や水利用だけでなく、多くの機能があることが認識されてきており、DID Manual (March 2009)においても河川回廊管理の目的として、河川景観や河川水辺開発と密接に関連している野外レクリエーション、景観の創出促進を謳っている。



出典: Local Plans in Pahang

図 1.4.10 パハン川流域の重点河川景観箇所

河川景観や水辺空間整備の計画、管理は Local Authority の所管事項である。全般的なガイドラインや河川景観・水辺整備のコンセプトは各 Local Authority の Local Plan に記載されている。既存の Local Plan にはパハン川流域の主な既設の水辺レクリエーション設備や河川景観整備エリアが記載されている。また、水辺公園や既存施設の改良についても提案されている。図 1.4.10 にパハン川流域内の重点河川景観箇所を示す。

## 1.5 洪水特性

### 1.5.1 パハン川流域の洪水の特徴

収集した水文情報によると、パハン川流域における洪水のピークは、通常、北東モンスーンの影響下にある 11 月から 1 月の間に現れる。比較的大きい洪水が氾濫する期間は、およそ 1 週間から 2 週間であり、氾濫原はパハン川本川と支川に沿った地形に応じて、その幅を 2km から 20km に変化

させながら河川沿いに広がっている。特に、Mentakab から Chenor 間のパハン川の中流部においては、広大な氾濫原が形成されている。

## 1.5.2 既往洪水

マレーシア国における過去の洪水に関する様々な文献や記録を見ると、19世紀における最大洪水と認識されている1926年の大洪水（1926年洪水の詳細なデータは無いが）に次いで大規模な洪水は1971年1月洪水であると記述されている。図1.5.1に、1969年以降の年最大連続8日間雨量（流域平均雨量）とLubok Paku地点のピーク流量を示す。8日降雨量は1971年について2007年1988年の順に大きい。

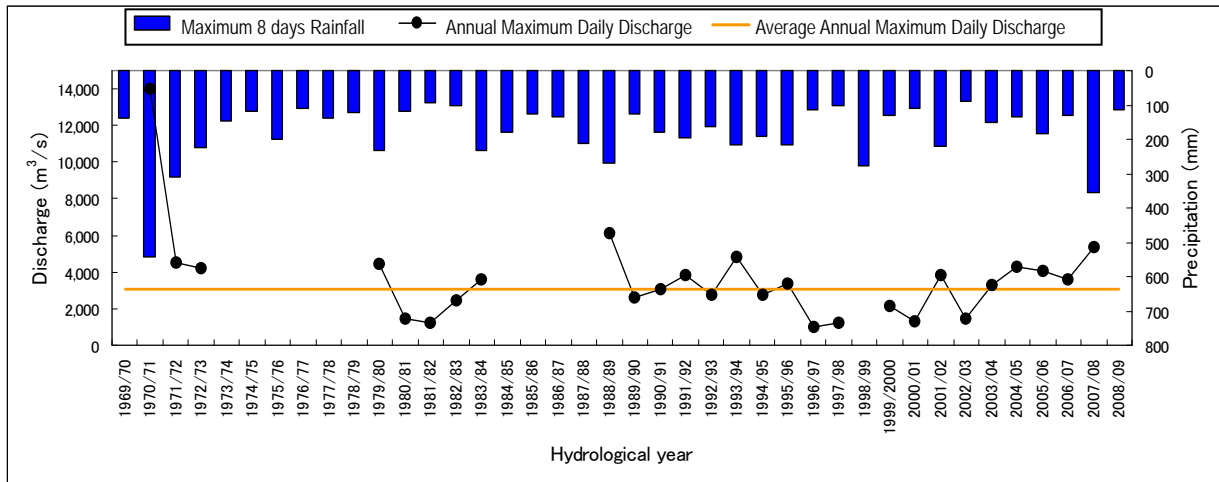


図 1.5.1 年最大流域平均雨量と Lubok Paku 地点ピーク流量

これらの洪水の中で、40年間で最も大きい1971年1月洪水と、1988年11月洪水、2007年12月洪水の状況について以下に述べる。Temerloh における各洪水の水位はそれぞれ、38.31m、34.53m、34.02mであり、過去40年で上位3つの洪水である。1926年洪水に関しては、十分な情報・記録が無いためここでは記述しない。

### (1) 1971年1月洪水

約380km<sup>2</sup>の河川沿いの低平地を氾濫させた1971年1月洪水は、15万人もの人々に影響し、24人が死亡し、総被害額は間接被害を含めて当時で38百万ドル(1974年時点)に上り、浸水期間はPekan、Mentakab、Temerloh等の主な都市で2週間前後であった。なお、4.4で実施されている連続8日間雨量の降雨解析によると、この洪水は、100年洪水確率を超える規模であることが判明している。

また、1974年のマスタープランレポートによると、この深刻な洪水は、主に1970年12月26日から28日の前期降雨と1970年12月30日から1971年1月5日の期間の二つの連続降雨が原因となって引き起こされたと記述されており、これらの主な二つの連続降雨の期間を含めた17日間の降水量は、東海岸地区で1830mm、Tembelingで517mm、Jelai川流域においては687mmと算定されている。なお、パハン本川のTemerloh水位観測所では1971年1月8日にピーク水位が記録され、他の支川においては1月4日から5日にピーク水が観測されたと記されている。

1971年1月洪水時の主な都市や町の浸水状況は、表1.5.1に示す通りである。なお、これらの主要都市・町の位置については、図1.5.2に1971年洪水時の氾濫区域とともに示す。





## (2) 1988年洪水

豪雨によって、1988年11月にパハン流域において洪水が起り、総額約RM7百万の被害額が発生した。最高水位は11月19日と26日に記録した。Ulu Tekai、Lubok Paku、TemerlohおよびPekanで、それぞれ457mm、288mm、226mm、795mmの最大8日雨量が観測された。避難者数を以下にまとめた。

表 1.5.2 District 別の避難者数 (1988年11月洪水)

District	避難者数
Kuala Lipis	4,127
Raub	1159
Kuantan	1125
Temerloh	4987
Jerantut	5317
Pekan	2144

出典: DID Flood Report

## (3) 2007年12月洪水

DIDのFlood Reportによると、2007年12月5日から21日かけての17日間で、Sungai Lembing, Sungai Chini, Lubok Paku および Temerloh地点のテレメータ観測所において、それぞれ、965mm, 919mm, 496mm および 383mm を記録する降雨強度の強い降水が観測されている。このようなパハン流域全体を覆った降雨強度の大きい降雨により、2007年12月10日から18日の期間、Rompin, Pekan, Lipis, Kuantan, Bera, Maran およびTemerlohディストリクト等のパハン流域の各地域において洪水が発生した。

Temerlohの水位をみると2007年12月洪水はここ40年で3番目に大きな規模の洪水であった。また、表 1.5.3に示すように、Lubok Paku、Temerloh、Pekan水位観測所における洪水水位は、DIDが指定するところの危険水位を超過している。地方のDIDスタッフによると、この洪水時には、パハン川の支川は本川の背水の影響により洪水を掃くことができない様子であったという。また、洪水時の湛水深については、現地調査によるとPekanで1.0mから2.0m、TemerlohやMaranなどの主な都市においては0.5mから2.0m程度であった。

表 1.5.3 2007年12月洪水時のピーク水位

観測所	最高水位	警報レベル
Chini River	17.04m (1.19m above danger level)	Normal 14.02 m, Alert : 14.93 m, Danger: 15.85 m
Yap River	54.28m (5 <sup>th</sup> highest, 2.28m above danger level)	Normal 44 m, Alert : 48 m, Danger: 52 m
Lubok Paku	22.47m (3 <sup>rd</sup> highest, 3.47m above danger level)	Normal 14. m, Alert : 17 m, Danger: 19 m
Temerloh	34.020m (3 <sup>rd</sup> highest, 1.02m above danger level)	Normal 26 m, Alert : 29 m, Danger: 33 m
Pekan	4.04m (0.38m above danger level)	Normal 2.44 m, Alert : 3.06 m, Danger: 3.66 m

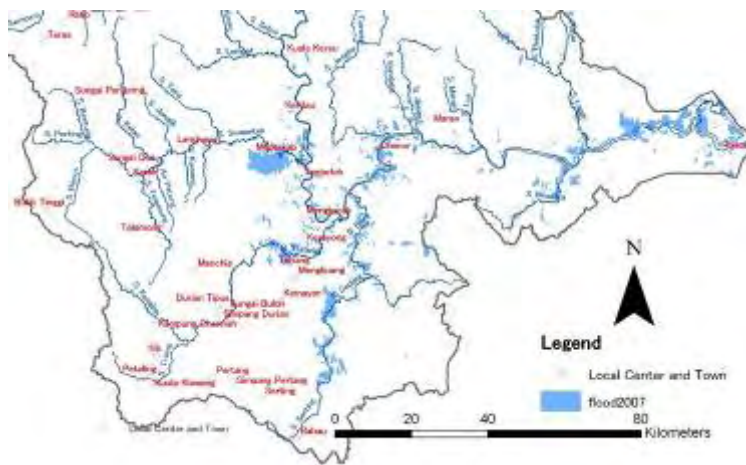
出典: DID Flood Report

この洪水による長期間わたる浸水は、流域内のRompin、Maran、Kuantan、Pekan、Raub、Bera、Jerantut、Bentong、Temerloh および Kuala Lipis Districtにおける洪水被災者に最長22日間の避難所生活を強いることとなった(表 1.5.4参照)。このような洪水避難者に加えて、Pahanag 州にて8名の死亡者が発生している。その内訳は、Rompin Districtで1名、Pekan Districtで2名、Temerloh Districtで3名、Maran districtで2名である。なお、洪水被害額はDIDにより合計263百万RMと見積もられている。また、DIDは、2007年12月洪水の氾濫区域を、衛星画像解析によって図 1.5.3のように作成しているが、流域北部に関する情報は得られなかった。

表 1.5.4 最大避難者数 (12月6日から29日)

District	最大避難者数	期間
Rompin	3,442 (14 <sup>th</sup> )	22 days
Maran	4,402 (13 <sup>th</sup> )	22 days
Kuantan	4,428 (15 <sup>th</sup> )	22 days
Pekan	10,811 (17 <sup>th</sup> )	21 days
Bera	2,652 (17 <sup>th</sup> )	20 days
Raub	630 (12 <sup>th</sup> )	4 days
Jerantut	433 (14 <sup>th</sup> )	6 days
Bentong	138 (12 <sup>th</sup> )	2 days
Temerloh	4,910 (16 <sup>th</sup> )	7 days
Lipis	100 (13 <sup>th</sup> )	2 days

出典: DID Flood Report



出典: DID

図 1.5.3 2007年12月洪水の氾濫区域

### 1.5.3 氾濫区域

#### (1) 浸水危険区域

パハン流域の浸水危険区域を、収集した氾濫区域図（①1974年のパハン流域マスタープラン調査による1971年1月洪水の氾濫区域図、②2003年のNational Registration of River Basinにおける危険区域図、③DIDによる2007年12月洪水氾濫区域図）を基に、洪水被害を受けやすい地域を確認し、さらに氾濫シミュレーション(4.4参照)の対象区域を設定するために作成し、図 1.5.4に示した。

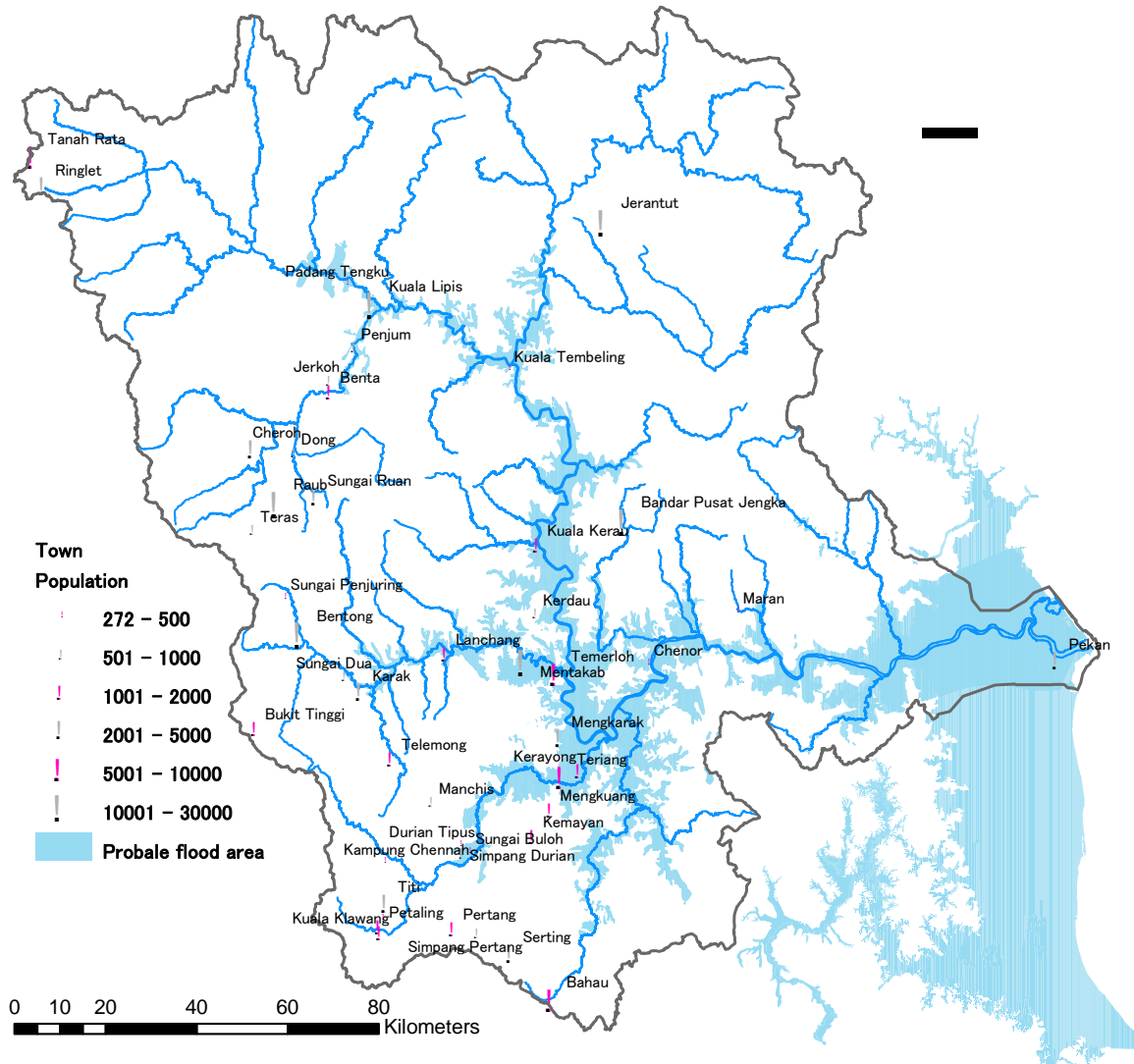


図 1.5.4 パハン川流域の氾濫危険区域図

#### 1.5.4 洪水危険地域

過去の洪水記録や氾濫危険区域図を考慮して、比較的大きな都市や町の洪水に対する脆弱さを確認するため、人口、洪水要因、氾濫区域内か、本支川のそばに位置するか等を指標として表 1.5.5 にそれら指標に対する各都市および町の状態を整理した。なお、この表の中の“人口”は町や都市の中でも特に人口が密集した地域の人口を統計資料から抽出している。また、“洪水要因（河川越流）”は、図 1.5.4 で示した洪水氾濫危険区域内に位置していれば、河川越流を要因として見なし、“洪水要因（不十分な排水システム）”については、現在の基幹排水路が25年以下の整備状況であれば要因として見なししている。

表 1.5.5 主な都市・町の洪水に対する脆弱さ

市・町	人口 (2000年)	洪水の主要因		氾濫域内	本川沿い	支川沿い
		河川の越水	内水			
Pekan	4017	✓	N/A	✓	✓	
Maran	389	✓	N/A			✓
Chenor	2789	✓	N/A	✓	✓	
Mengkarak	2001	✓	N/A	✓		✓
Kerayong	1570	✓	N/A	✓		✓
Teriang	6747	✓	N/A	✓		✓
Simpang Durian	566	✓	N/A	✓		✓
Sungai Buloh	417	✓	N/A	✓		✓
Temerloh	6224	✓	N/A	✓	✓	✓
Mentakab	14442	✓	N/A	✓		✓
Lanchang	1527	✓	N/A	✓		✓
Sungai Dua	578	✓	N/A	✓		✓
Kuala Kerau	1033	✓	N/A	✓	✓	
Kuala Tembeling	284	✓	N/A	✓	✓	
Kuala Lapis	12145	✓	N/A	✓	✓	
Penjum	748	✓	N/A	✓	✓	
Padang Tengku	332	✓	N/A	✓	✓	
Raub	22057		✓			✓
Jerantut	10425		✓			
Benton	22231		✓			✓
Karak	2534	✓	✓			✓
Benta	1998	✓	✓			✓

注)緑の欄は1971年に被害のあった都市や町

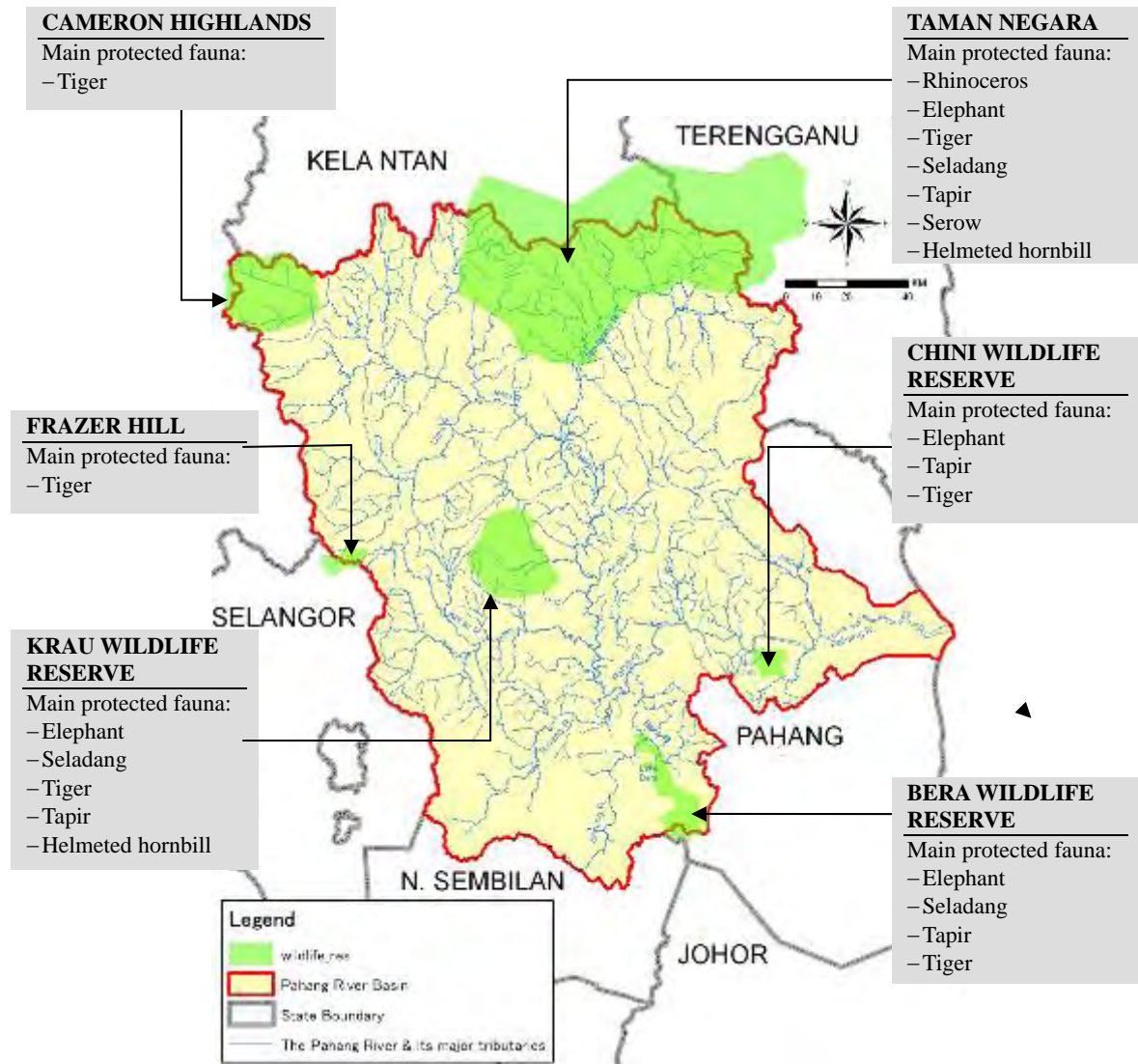
## 1.6 生態系

National Water Resources Study 2000-2050によると、パハン川流域には主に下表の5種類の森林が存在している。また図 1.6.1に示すように、流域内に6つの特別保護地区がある。

表 1.6.1 パハン川流域の森林種類

森林種類	特徴
Lowland tropical rainforests	
▪ Lowland Dipterocarp forest	一般的に、灌木、草やツタ類や数千種類の樹木を有する密林
▪ Hill Dipterocarp forest	Lowland Dipterocarp forest と同様
▪ Upper Dipterocarp forest	<i>Shorea platyclados</i>
Lower and upper montane forest	<i>Fagaceae</i> と <i>Lauraceae</i> , <i>Preris ovalifolia</i> , <i>Rhododendron spp.</i> および <i>Vaccinium spp.</i>
Peat swamp forests and mangrove forests	海岸に沿って存在
Forest plantation	<i>Pinus caribaea</i> , <i>Araucaria spp.</i> , <i>Acacia mangium</i> , <i>Gmelina arborea</i> および <i>Paraserianthes falcataria</i>

出典: National Water Resources Study 2000-2050 からまとめた。

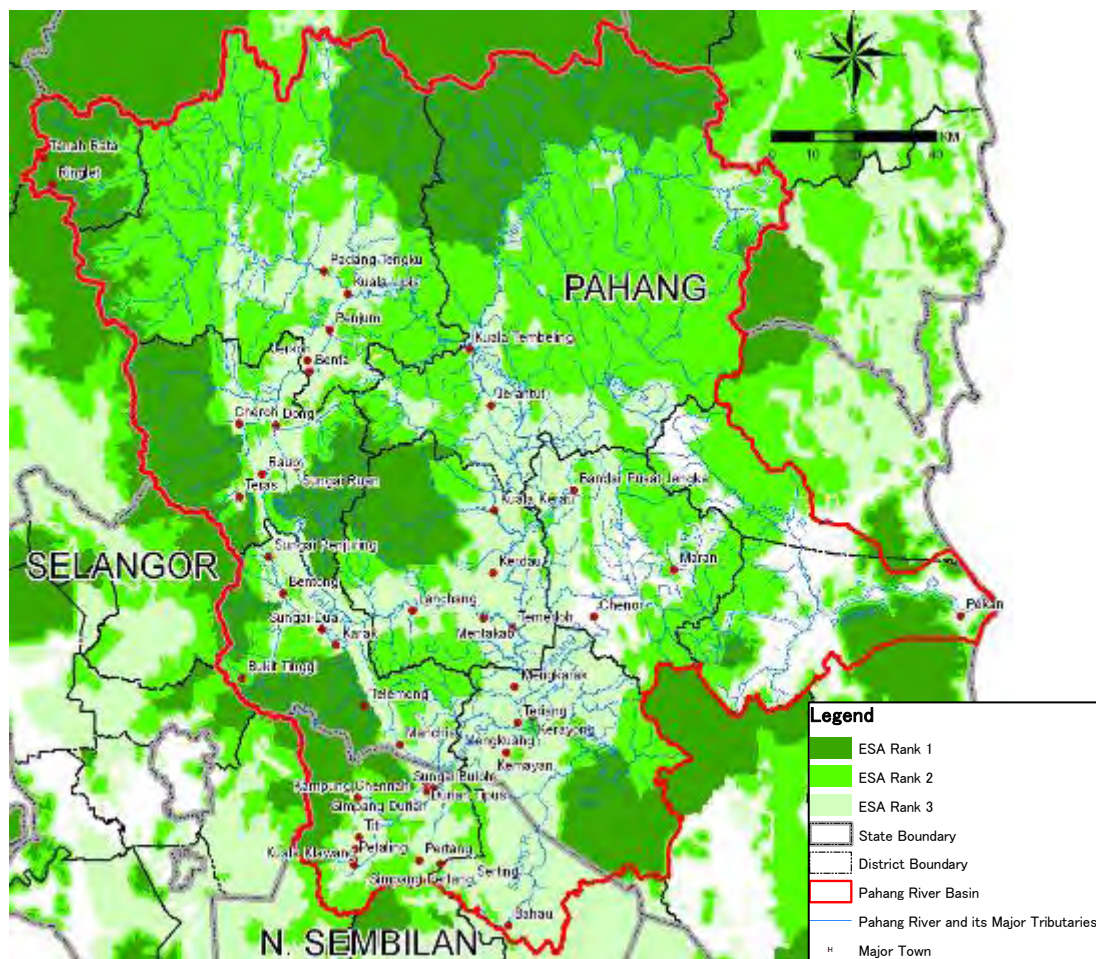


出典: National Water Resources Study 2000-2050

図 1.6.1 パハン川流域内の生物特別保護地区

### 1.6.1 環境脆弱地域

自然環境の保全は IRBM の中の最も重要な分野のひとつである。自然環境を保全するために、国立公園や特別保護地区などの環境影響を及ぼしやすい地域は環境脆弱地域(Environmental Sensitive Area, ESA)として National Physical Plan (NPP)と Structure Plan に指定されている (図 1.6.2 参照)。ESA は三つのランクがあり、それぞれの開発規制を表 1.6.2 に示す。



出典: National Physical Plan, 2005.

図 1.6.2 パハン川流域における ESA

表 1.6.2 ESA の開発規制

ESA ランク	説明*	開発規制
ESA Rank 1	保護地区、湿地、既存および計画中のダム流域、標高 1000m 以上の地域	エコツーリズムや研究のための活動以外の都市開発や農業や伐採に関する活動は禁止
ESA Rank 2	その他の森林、野生動物の集中地点、ESA Rank 1 のバッファゾーン	都市開発や農園開発に関する活動は禁止。場合によって、持続的な伐採とエコツーリズムは可能。
ESA Rank 3	ESA Rank 2 のバッファゾーン、取水口の流域、地下水の取水地域、土地浸食率が 150 ton/ha/年以上の地域	厳密な開発条件を守らなければならない。

\* IRBM に関するもののみ

## 1.7 水資源ポテンシャル

## 1.7.1 表流水

パハン川流域は半島マレーシアで最も流域面積が大きい流域である。その流域面積 28,770km<sup>2</sup>のうち、Pahang 州で 26,580 km<sup>2</sup> (92.4%)、残りの 2,190 km<sup>2</sup> (7.6%) を Negeri Sembilan 州で占めている。

図 1.7.1は長期流出計算(詳細は 4.5 参照)によって求めたパハン川における水収支である。この図には、気候変動影響の推定値も示してある。

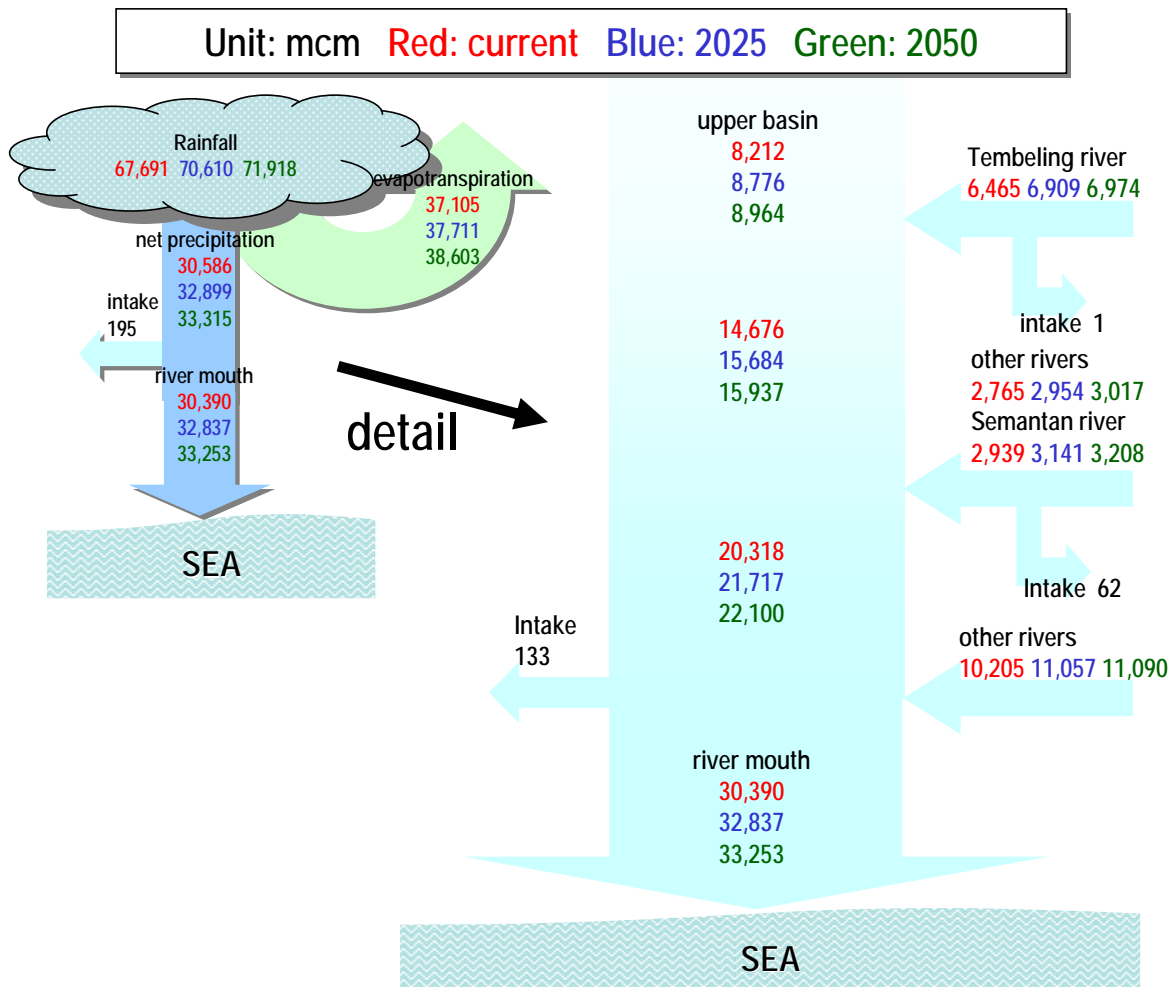


図 1.7.1 パハン川流域年間水収支

河口部における年間の流量は図に示すとおり、305.86億 m<sup>3</sup>であり、これは、表 1.7.1に示すように有効降雨量 1,063mm、あるいは一人当たり 25,702 m<sup>3</sup>の水資源量に相当する。表から、パハン川流域の単位流域面積あたりの流出量は半島マレーシアの平均と比較して大きくないが、一人当たりの水資源量は平均の 3.7 倍となっている。この豊富な水資源は、流域内だけでなく、水資源の不足がちな Selangor 州や Negeri Sembilan 州でも利用されることが期待される。

表 1.7.1 水資源量比較図

流域	パハン	ムアール	半島マレーシア
年流出量(million m <sup>3</sup> )	30,586	4,360	152,330***
流域面積 (km <sup>2</sup> )	28,770	6,140	131,344
流域人口 (thousand)	1,190*	660*	22,056**
流域面積あたりの流出量(million m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	1.063	0.710	1.159
一人当たりの流出量 (m <sup>3</sup> )	25,702	6,606	6,907

\* Estimated population at 2010 by JICA Study Team

\*\* Population at 2008 (Department of Statistics, Malaysia)

\*\*\* Data source: National Water Resources Study 2000-2050

## 1.7.2 地下水

### (1) 現行の地下水利用

“National Water Resources Study 2000-2050”によれば、パハン川流域の河成沖積層、沖積海岸層の地下水は豊富と判断されている。これは、豊富な表流水によるものと考えられるが、パハン川流域では地下水利用はほとんどなく、給水管を敷設するのが高くなるような町から離れかつ、人口が少ない地点において、地下水利用が行われている。また、Gambang、Bentng、Lanchang においては工業利用を目的とした民間の井戸が使用されている。

National Water Resources Studyでは、井戸を良い条件下に保つために月に数日稼働させること、表流水が事故によりオイル混入等で汚染された場合や深刻な渇水発生に際し、これらの井戸群を使用することを推奨している。

### 1.7.3 渇水頻度と既往の渇水被害

1982年-1983年及び1997年-1998年にエルニーニョ現象による大渇水が発生するまでマレーシアにおいては、連続した渇水を経験していなかった。この大渇水においては、マレーシア全土の半分の地域で渇水による影響を受け、全州で水不足の事態に陥ったと言われている。特に、サバ州やサラワク州において被害が甚大であった。しかし、関連機関によるとパハン川流域では深刻な渇水は報告されていない。



## 第2章 社会経済状況

## 2.1 地方自治

マレーシアは半島マレーシアにある 11 の州 (Johor, Kedah, Kelantan, Melaka, Negeri Sembilan, Pahang, Penang, Perak, Perlis, Selangor and Terengganu) と東マレーシアの 2 州 (Sabah and Sarawak) 、及び 3 つの連邦直轄領から成る連邦制国家である。地方行政単位は、原則的に州、District、Local Authority の 3 層から成る。Local Authority Act によると、地方自治体は特別市、一般市、町から構成される。本調査対象地域であるパハン川流域は Pahang 州に含まれおり、同州の行政区分は表 2.1.1 の通りである。

パハン川流域(28,770km<sup>2</sup>)には、Pahang 州(92.4%、26,580km<sup>2</sup>)、Negeri Sembilan 州(7.6%、2,190km<sup>2</sup>)が含まれる。両州の行政区分は表 2.1.1 の通りである。パハン州の 10 District および Negeri Sembilan 州の 2 District がパハン川流域に位置している。

表 2.1.1 Pahang 州における地方行政区分

State	Administrative District	Local Authorities		
		City Council	Municipality Council	District Council
Pahang	- Bera - Bentong - Cameron Highlands - Jerantut - Kuantan - Lipis - Maran - Pekan - Raub - Rompin - Temerloh	-	- Kuantan - Temerloh - Bentong	- Cameron Highlands - Jerantut - Lipis - Maran - Pekan - Raub - Rompin - Bera
Negeri Sembilan	- Jelebu - Jempol	-	-	- Jelebu - Jempol

1960 年の連邦法改定に伴い、National Council for Local Government (NCLG) が設立された。NCLG は、Ministry of Housing and Local Government が議長を務め、地方自治に関連する連邦省庁及び各州政府の代表者により構成される。こうした枠組みの下、地方自治の促進のための政策が議論されており、州の法律改正を行う場合も同協議会での承認が必要とされていることから、統一的な地方自治の発展と調整が行われている。

## 2.2 法制度・組織

## 2.2.1 法制度

## (1) 河川流域管理に係る法制度

Pahang 州においては、2007年に Waters Enactment が改定された。この Waters Enactment では、州政府の役割や権限が規定されており、河川沿いの土地利用における規制や罰則が含まれている。

Pahang 州の Waters Enactment の特徴は、水資源の管理・監督を担う Director of Water Resources の任命がある。Director of Water Resources は水資源管理に係る法の適切な執行を実現するために任命され、主な役割は下記のとおりである。

- Section 18 にもとづく許認可の発行
- 施設やサービスの基準の設定などを含む、水資源管理のための規制
- 水資源の管理、保全、利用に関連するガイドラインや基準、手続きの策定
- 水利用の効率化
- 適正な料金体系の構築
- 必要な水量の確保
- 施設運営企業の財務的健全性の確保
- 州経済の発展に資する水利用の促進
- 上水道事業の実施や施設運営における問題点の把握及び調査の実施
- 施設運営会社に対する法遵守の指導
- 水資源の開発・利用に係る州政府への助言
- 施設運営会社への業務指導

上述した Director of Water Resources の職務実施のために、State Secretary が Director として任命され、2010年5月までに工業用水に関して83種のライセンスを発行している。

河川流域管理に関連して、州政府は流域界を設定する権限を持ち、流域内での活動を規制することができる。原則的に、流域界が設定されると、流域は活動禁止区域として指定され、許可を得ない限りは、いかなる活動も禁止される。

Pahang 州の Waters Enactment では、適切な水の配分と水環境の保全への取り組みが強調されており、それらを管理・実施するために Director of Water Resources に許認可権を与えており、許認可の種類や申請方法、罰則規定なども定められている。また、水質や水量の著しい低下が危惧される場合、州政府は水環境の保全や水量の確保のための命令を発行することができる。

## (2) 洪水管理に係る法制度

マレーシアにおいては、洪水管理に係る法制度は整備されていないが、下記のガイドラインにより洪水管理が行われている。

- 国家安全保障局指令第20号（1997年）
- 洪水災害に係る標準手順書（2003年）

国家安全保障局指令第20号では、自然災害全般についての災害管理メカニズムが規定されている。これにより、連邦・州・郡レベルでの各関連機関の責務と機能が明確化されており、円滑な災害対策の実施を目指している。

洪水災害に係る標準手順書では、洪水災害の発生前・発生中・発生後における DID の役割が明記されており、州及び District の DID による洪水被害の軽減のための準備や活動が規定されている。

## 2.2.2 組織

## (1) 河川流域管理に係る組織

表 2.2.1 に示すとおり、州レベルでは様々な組織が流域管理のための役割を担っている。

表 2.2.1 河川流域管理に係る州組織と役割

州組織	役割
State Economic Planning Unit	- 経済開発計画の策定
Department of Lands and Mines	- 土地利用・開発の規制 - 土砂採掘活動の管理
Department of Irrigation and Drainage	- 灌漑、排水、洪水緩和、河川事業などの実施 - 水文データの収集 - 水資源、河川土砂採掘、洪水緩和、River Reserve、河川事業に関連する事項についての Department of Land and Mines への技術的助言 - 河川構造物の維持管理
Water Regulatory Body	- 上水道事業管理に係る州政府への助言 - 上水道事業者の管理
Department of Environment	- 水質状況の監視・管理
Land Office	- 土地利用・開発の管理・規制
Local Authorities	- 都市衛生、廃棄物の収集などのサービス提供

州DIDの役割は連邦DIDと類似しているが、州DIDは州内でより実践的な役割を果たしている。州DIDは、都市排水の整備や治水対策事業、河川事業などを、連邦政府及び州政府予算により実施しており、建設された河川施設の維持管理も行っている。また、水資源の適切な管理に必要な水文情報の収集も州DIDにより実施されており、必要に応じて州土地鉱物局や他の関連組織への技術的助言・提言を行っている。

## (2) 洪水管理に係る組織

National Security Council (NSC)では、自然災害(地すべり、洪水など)やその他災害(産業事故、火災等)管理に関する責任を有し、州、Districtレベルに事務所を設置している。

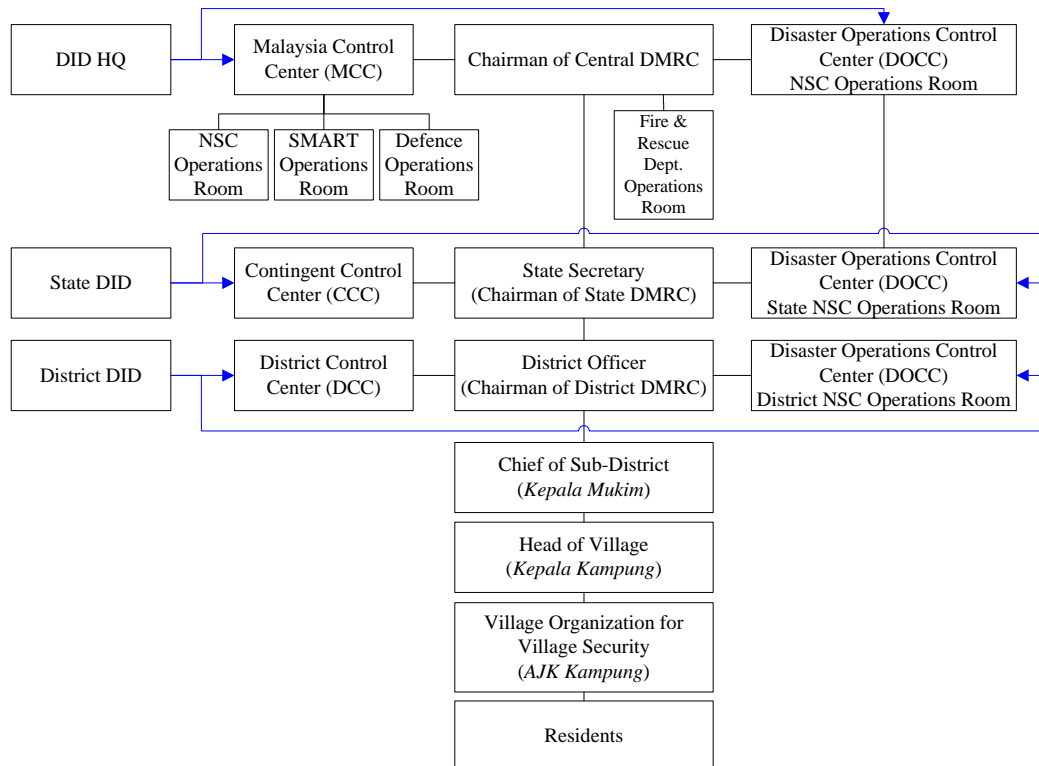
災害管理は、国家安全保障局指令第20号(Directive No.20)に定められる事故のレベルに基づいて行われる。

- Level I Disaster : Districtレベルで対処可能な地域の限定された事象
- Level II Disaster : 2つ以上のDistrictにまたがり、または拡大の危険性があり、Stateレベルで対処すべき事象
- Level III Disaster : Level II Disasterが拡大したより複雑な事象で2州以上にまたがり、連邦政府の関与が必要なもの

洪水災害は地元住民の生命と財産を脅かすことから、District DMRCが人命と財産の安全のために重要な役割を果たすDirective No.20によると、District Officerが議長を務めるDistrict DMRCは、districtレベルの警察や消防団、医療機関、保健福祉事務所などから構成されている。主な役割は、以下のとおりである。

- 災害対応に関与する諸機関相互の調整（支援機関の役割の特定、必要機材・物資の要請等）
- District Disaster Operation Center (DDOC) の設置
- DDOCにおける関連諸機関の役割の特定
- 避難所の設置
- 被災者の救援の円滑な実施のための支援

洪水災害のレベル評価・決定、避難の必要性、河川水位情報は主に州で管理され、District DIDは関連組織への情報発信・共有において重要な役割を果たしている。さらに、DMRCに関しては、救助活動、必要機材・物資の準備、支援機関の調整が重要である。洪水時の情報伝達フローは、図 2.2.1のとおりである。



Source: Directive No. 20 regarding the Policy and Mechanism on National Disaster and Relief Management, National Security Council, 1997, and interview results

図 2.2.1 河川水位情報の伝達フロー

## 2.3 人口および経済概要

### 2.3.1 人口

人口予測が国勢調査に基づいて実施された。その結果、パハン川流域における総人口は、2010年時点で1,190,000人、2025年時点で1,480,000人と算定された。

表 2.3.1 人口および人口密度

項目	2010年	2025年
人口	1,190,000	1,480,000
1km <sup>2</sup> 当たりの人口	41	51

## 2.3.2 域内総生産(GRDP)

パハン川は Pahang 州および Negeri Sembilan 州内を流下している。GRDP について統計上報告されている数値は下表に示す 2000 年時点のものだけである。両州の一人当たりの GRDP は全国平均値の半分程度しかなく、パハン川流域の開発の進捗が鈍いことを示している。

表 2.3.2 2000 年現在におけるマレーシア全土及び関連各州の域内総生産(GRDP)

(a) GRDP 総額

		1987 年固定価格 (million RM)		
	マレーシア	N. Sembilan <sup>(1)</sup>	Johor <sup>(2)</sup>	Pahang <sup>(3)</sup>
2000 年	209,365	5,356	23,425	<b>9,794</b>
1990 年以降の年平均成長率	6.77%	6.93%	7.76%	<b>8.60%</b>

(a) 一人当たり GRDP

		1987 年固定価格 (RM)		
	マレーシア	N. Sembilan <sup>(1)</sup>	Johor <sup>(2)</sup>	Pahang <sup>(3)</sup>
2000 年	14,584	6,228	13,954	<b>7,453</b>
1990 年以降の年平均成長率	8.29%	7.32%	9.03%	<b>6.57%</b>

出典: (1) Rancangan Struktur Negeri Sembilan 2002 - 2020, (2) Rancangan Struktur Negeri Johor 2002 - 2020, and (3) Rancangan Struktur Negeri Pahang 2002 - 2020.

表に見る通り、Pahang 州(ムアール川流域に関連する 2 州も含めると 3 州のうち)の GRDP は Negeri Sembilan 州よりも大きいものの、Johor 州と比べると約 42 % と格段に小さい。また一人当たり GRDP についても Negeri Sembilan 州よりも大きいものの、Johor 州と比べると 53 % と約 1/2 程度にすぎない。また、過去 10 年間の一人当たり GRDP の伸び率については関連 3 州のなかでもっとも小さい。

## 2.3.3 労働力と産業構造

表 2.3.3 は 2 州の 2004 年から 2008 年までの労働力の変化をしめしている。求職率にふらつきが見られるものの経済活動可能人口(15 歳～64 歳人口)は微増している。

表 2.3.3 関連各州の労働力

摘要	年	Negeri Sembilan	Johor	Pahang
15 歳以上 64 歳未満の人口 (1,000)	2004	593.0	1,931.1	<b>887.4</b>
	2005	606.6	1,975.6	<b>911.9</b>
	2006	619.3	2,017.8	<b>935.3</b>
	2007	631.8	2,060.6	<b>958.3</b>
	2008	644.2	2,103.9	<b>980.8</b>
上記人口のうち労働参加率	2004	65.6%	67.6%	<b>63.0%</b>
	2005	63.1%	66.3%	<b>62.1%</b>
	2006	63.8%	64.9%	<b>59.6%</b>
	2007	63.7%	63.9%	<b>61.1%</b>
	2008	62.7%	63.8%	<b>60.6%</b>
全労働可能人口(経済活動可能人口) (1,000)	2004	389.0	1,305.4	<b>559.1</b>
	2005	382.8	1,309.8	<b>566.3</b>
	2006	395.1	1,309.6	<b>557.4</b>
	2007	402.5	1,316.7	<b>585.5</b>
	2008	403.9	1,342.3	<b>594.4</b>
失業率	2004	4.28%	1.10%	<b>1.85%</b>
	2005	6.45%	2.77%	<b>5.43%</b>
	2006	6.52%	2.71%	<b>5.51%</b>
	2007	6.44%	2.65%	<b>5.08%</b>
	2008	n.a.	n.a.	<b>n.a.</b>

出典: "State/District Data Bank" 2004, 2005, 2006, 2007, and 2008, Department of Statistics, Malaysia.

表 2.3.4 は分野毎の労働力を示すものである。Pahang 州では、農業分野の労働力が大勢を占めており、州の労働力の 4 分の 1 が農業に従事していることが判る。農業分野に次いで、“卸売・小売業、

車両・オートバイ販売・修理業、個人嗜好品販売業、家具調度販売業”の労働力が高い。Negeri Sembilan 州では、製造業の労働力が、農業と“卸売・小売業、車両・オートバイ販売・修理業、個人嗜好品販売業、家具調度販売業”と比べて僅かに高い。

表 2.3.4 関連各州における職業分野別就業構造

州	年	農業・狩猟・林業	漁業	鉱業	製造業	電気・ガス・水道業	建設業	卸売・小売業、車両・オートバイ販売・修理業、個人嗜好品販売業、家具調度販売業	ホテル・レストラン業	交通・倉庫・通信業	金融仲介業	不動産業	行政・国防・治安維持等	教育	保健・衛生・福祉	その他の地域社会等に対するサービス業	家内労働	地方公共団体等広域行政サービス業	計
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Negeri Sembilan	2003	15.8	0.1	0.3	21.7	0.4	9.3	12.7	7.6	6.0	1.5	4.2	7.2	6.0	2.0	2.1	3.1	0.0	100.0
	2004	15.6	0.2	0.3	21.6	0.8	7.8	14.9	7.7	5.6	2.3	4.1	6.4	6.0	1.6	2.4	2.7	0.0	100.0
	2005	13.7	0.1	0.3	20.8	1.1	8.7	14.5	7.8	6.1	2.1	3.9	8.0	6.1	2.0	2.1	2.7	0.0	100.0
	2006	15.5	0.1	0.4	20.2	0.5	8.1	14.1	7.0	5.8	2.3	3.7	10.0	5.5	2.2	2.2	2.4	0.0	100.0
	2007	16.0	0.1	0.2	18.2	0.6	9.7	15.6	7.4	5.1	2.0	4.5	7.7	6.4	2.1	2.2	2.1	0.1	100.0
Johor	2003	11.1	1.0	0.2	33.0	0.7	8.9	14.2	6.3	4.3	1.4	3.1	4.4	5.5	1.9	1.8	2.2	0.0	100.0
	2004	10.7	0.8	0.2	31.3	0.5	7.9	15.6	7.3	5.0	1.5	3.3	4.8	4.9	1.8	2.0	2.3	0.1	100.0
	2005	9.4	0.8	0.3	30.5	0.5	8.1	15.2	7.2	5.7	1.8	3.6	5.3	5.5	1.8	2.0	2.2	0.1	100.0
	2006	9.3	0.8	0.5	30.8	1.0	9.0	15.0	7.1	5.6	1.8	3.6	4.1	5.2	1.7	2.2	2.1	0.2	100.0
	2007	9.5	0.7	0.6	28.5	0.5	9.0	15.7	7.2	5.8	1.7	4.4	4.3	5.4	1.7	2.4	2.6	0.0	100.0
Pahang	2003	24.7	0.9	0.5	12.4	0.4	10.0	14.3	8.4	2.8	1.1	2.9	7.6	7.8	2.3	2.3	1.5	0.1	100.0
	2004	25.6	0.7	0.3	10.3	0.3	8.8	15.8	9.0	3.5	0.9	2.5	8.8	6.7	1.9	2.5	2.2	0.2	100.0
	2005	27.8	0.9	0.4	11.1	0.5	7.8	15.6	8.1	3.6	1.2	1.9	7.9	6.7	2.6	2.8	1.1	0.0	100.0
	2006	28.3	0.8	0.4	11.8	0.6	7.4	14.3	9.0	2.7	1.3	2.4	6.8	7.2	2.4	3.1	1.4	0.1	100.0
	2007	28.0	1.5	0.3	10.0	0.7	7.0	14.2	9.4	2.9	1.5	2.9	7.7	7.0	2.2	2.7	2.0	0.0	100.0

出典: "State/District Data Bank" 2004, 2005, 2006, 2007, and 2008, Department of Statistics, Malaysia.

表に見る通り、他の 2 州に比べて Pahang 州は「農業」に従事している人口の割合がかなり高い。そして、その分「製造業」に従事している人口の割合が小さくなっている。Negeri Sembilan 州や Johor 州に比べて市街化がさほどに進んでいないことが見てとれる。

## 2.4 農業、牧畜および漁業

### 2.4.1 農業

前節で述べたように、農業はパハン川流域において最も重要な産業の一つである。表 2.4.1 および表 2.4.2 は、2 州の主要な作物の作付面積を示している。

両州ともに、オイルパームが他の作物を圧倒しており、両州の全農地の約 90% を占めている。パハン州においては、2 番目に果樹、3 番目に米の作付面積が大きく、Negeri Sembilan 州においては、2 番目にココナッツ、3 番目にラバーの順となっている。

表 2.4.1 関連各州における主要作物の作付面積

州	年	イネ(陸 稲・水稲 込み)	ゴム	アブラヤシ		ココナツ		計
				大規模農 園	小規模営 農	大規 模農 園	小規模 営農	
				(ha)				
Negeri Sembilan	2003	2,025	15,393	122,028	144,582	903	30,625	315,556
	2004	2,648	13,285	130,248	151,694	903	30,625	329,403
	2005	2,030	12,087	143,538	153,189	646	27,804	339,294
	2006	2,310	10,962	148,488	158,365	224	22,741	343,090
	2007	1,105	10,669	155,613	151,025	615	19,883	338,910
Johor	2003	2,479	8,771	515,057	12,519	0	1,309	540,135
	2004	2,451	7,642	514,674	10,897	0	1,296	536,960
	2005	1,421	6,913	514,683	11,606	0	1,302	535,925
	2006	1,892	6,888	513,060	12,584	0	1,302	535,726
	2007	2,639	6,806	519,616	15,229	0	1,302	545,592
Pahang	2003	<b>6,921</b>	<b>13,151</b>	<b>561,770</b>	<b>21,506</b>	<b>1,947</b>	<b>1,074</b>	<b>606,369</b>
	2004	<b>6,239</b>	<b>9,072</b>	<b>555,630</b>	<b>23,218</b>	<b>1,947</b>	<b>1,074</b>	<b>597,180</b>
	2005	<b>5,539</b>	<b>8,553</b>	<b>582,341</b>	<b>24,480</b>	<b>0</b>	<b>2,097</b>	<b>623,010</b>
	2006	<b>6,545</b>	<b>7,696</b>	<b>596,162</b>	<b>27,128</b>	<b>0</b>	<b>2,387</b>	<b>639,918</b>
	2007	<b>7,415</b>	<b>7,569</b>	<b>612,238</b>	<b>29,213</b>	<b>50</b>	<b>4,841</b>	<b>661,326</b>

出典: "State/District Data Bank" 2004, 2005, 2006, 2007, and 2008, Department of Statistics, Malaysia.

表 2.4.2 関連各州におけるその他の作物の作付面積

州	年	果樹	蔬菜類	豆類	トウガ ラシ類	ハーブ/ 香草類	花卉	計
Negeri Sembilan	2004	9,077	666	508	169	1	7	10,428
	2005	8,439	701	182	342	1	9	9,674
	2006	8,821	546	183	277	2	11	9,840
	2007	8,812	541	272	196	3	15	9,839
	2008	8,794	655	771	207	3	15	10,445
Johor	2004	67,785	13,621	2,794	285	201	1,063	85,749
	2005	69,149	12,385	3,171	n.a	108	1,021	85,834
	2006	64,031	11,415	3,855	n.a	110	1,033	80,444
	2007	61,094	11,058	3,631	n.a	72	1,039	76,894
	2008	57,144	11,826	3,262	631	73	1,040	73,976
Pahang	2004	24,962	6,302	508	330	64	229	32,395
	2005	22,255	5,980	476	324	117	296	29,448
	2006	23,723	10,498	520	336	137	301	35,515
	2007	23,373	6,007	543	n.a	227	282	30,432
	2008	22,044	6,534	627	717	229	285	30,436
2009	22,950	6,540	630	760	250	290	31,420	

出典: "Perangkaan Agro-Makanan 2009" Ministry of Agriculture, Malaysia.

## 2.4.2 家畜

表 2.4.3は 2002 年から 2008 年までのパハン川流域内の家畜を示す。特徴を以下に整理して示す。

- 5 年間における家畜数の変動は小さい。
- 半島マレーシア及びマレーシア全国で豚が第 1 位であるのに対し、パハン川流域内では、全流域家畜数の大半を占める牛が第 1 位である。
- パハン川流域ではマレーシア全国の牛の 20%以上を飼育している。
- パハン川流域内の牛の大半は、Pahang 州側で飼育されている。
- 半島マレーシア及び全国マレーシアとは逆に、パハン川流域内では豚は最小である。
- さらに、Negeri Sembilan 州側では豚は飼育されていない。

表 2.4.3 パハン川流域内の家畜

年	家畜類	Pahang 州側	Negeri Sembilan 州側	パハン川流域	半島マレーシア	サバ	サラワク	マレーシア国
2002	Cattle	155,814	2,290	158,104	663,468	41,154	9,532	714,154
	Buffaloes	25,437	228	25,665	79,387	40,934	10,924	131,245
	Goats	21,335	1,563	22,898	196,777	28,940	9,078	234,795
	Sheep	10,056	1,393	11,449	118,715	1,747	5,374	125,836
	Swine	6,968	0	6,968	1,486,708	99,179	461,289	2,047,176
2003	Cattle	170,404	2,042	172,446	698,705	42,380	11,415	752,500
	Buffaloes	26,211	193	26,404	80,023	42,160	11,185	133,368
	Goats	24,009	1,310	25,319	207,522	29,800	9,655	246,977
	Sheep	9,831	1,098	10,929	109,004	1,800	4,327	115,131
	Swine	6,383	0	6,383	1,421,657	114,780	534,249	2,070,686
2004	Cattle	195,184	2,080	197,264	731,484	43,860	12,040	787,384
	Buffaloes	26,458	163	26,621	83,454	43,210	11,434	138,098
	Goats	22,705	1,303	24,008	225,520	29,370	9,504	264,394
	Sheep	10,007	1,100	11,107	109,511	1,840	4,147	115,498
	Swine	7,808	0	7,808	1,483,515	83,299	544,033	2,110,847
2005	Cattle	172,209	1,894	174,103	723,771	45,170	12,375	781,316
	Buffaloes	22,481	138	22,619	79,495	44,500	9,237	133,232
	Goats	27,140	1,397	28,537	247,460	30,250	9,960	287,670
	Sheep	7,429	991	8,420	109,898	1,890	4,134	115,922
	Swine	7,535	0	7,535	1,528,942	120,000	386,705	2,035,647
2006	Cattle	151,037	1,725	152,762	731,732	45,802	12,210	789,744
	Buffaloes	18,460	119	18,579	77,581	44,144	9,150	130,875
	Goats	33,679	2,831	36,510	245,769	30,280	9,811	285,860
	Sheep	11,148	1,474	12,622	106,849	1,824	3,770	112,443
	Swine	6,560	0	6,560	1,528,443	115,440	391,345	2,035,228

出典：Veterinary N. Sembilan, Veterinary Pahang

### 2.4.3 漁業

パハン川流域内の漁師、養殖池及びカゴの詳細は表 2.4.4 と表 2.4.5 に示すとおりである。表 2.4.6 は 2008 年の養殖の生産高を示す。これらの表を基に、パハン川流域の漁業を整理すると以下のとおりである。

- 海洋及び河川で従事している漁師は、それぞれ、4,473 人と 898 人である。
- 海洋で従事している漁師は、下流の Kuantan District と Pekan District に限定される。
- それに対し、逆に河川で従事している漁師は全域に亘っている。
- 海水での養殖池とカゴは Pekan District と Kuantan District に限定される。
- 淡水でのカゴの大多数は Jerantut District と Raub District に集中している。
- 2008 年の養殖生産高は 134.524 億トンで、その大多数は淡水と海水の養殖池及び淡水のカゴで養殖されたものである。

表 2.4.4 パハン川流域内の漁師の数

District	海洋	河川	計
Bera	0	52	52
Jerantut	0	268	268
Kuantan	3,136	69	3,205
Lipis	0	76	76
Maran	0	189	189
Pekan	1,337	103	1,440
Temerloh	0	141	141
計	4,473	898	5,371

出典：Department of Fisheries Pahang



表 2.4.5 パハン川流域内の養殖池及びカゴの数

District	養殖池		カゴ	
	淡水	海水	淡水	海水
Bentong	192	0	117	0
Bera	57	0	176	0
Jerantut	570	0	529	0
Kuantan	131	16	104	46
Lipis	212	0	529	0
Maran	39	0	167	0
Pekan	34	560	2,057	508
Raub	286	0	693	0
Temerloh	36	0	1,070	0
計	1,557	576	5,442	554

出典： Department of Fisheries Pahang

表 2.4.6 パハン川流域内の養殖生産高 (2008 年)

(million ton)

海洋	養殖池 (淡水)	養殖池 (海水)	カゴ (淡水)	カゴ (海水)	セメント タンク	計
122,114.8	3,594.8	5,958.7	2,652.6	68.4	134.3	134,523.6

出典： Department of Fisheries Pahang

## 2.5 水利用と水資源

### 2.5.1 水資源開発概要

半島マレーシアにおいて、パハン川流域は最大流域面積を有する故に大量の表流水資源の恩恵に浴してきた。パハン川流域の表流水水資源量は、Pahang 州及び Negeri Sembilan 州のパハン川流域内の現況及び将来の水需要と比較して十分に豊富であることから、パハン川流域の大半を占める Pahang 州では余剰水資源を Selangor 州へ輸送することも計画している。

表流水は生活用水、工業用水、灌漑用水などの目的に利用されている。人口増加や生活の近代化によって、生活・工業用水需要は増加し、灌漑用水は減少するものと予測されている。このような豊富な水資源量を反映し、広大なパハン流域に、上水および農水目的の二つの小規模ダムが建設されているのみである。他にも取水堰やポンプなどによって本川・支川の河川水が直接取水されている。

地下水についても河川・海岸堆積層に豊富なポテンシャルがあると言われている。おそらく、豊富な表流水の利用で十分に水需要が満たされているため、パハン川流域においては、地下水の利用はそれほど盛んに行われて来なかった。人口の少ない偏狭な地域においては、送水パイプ等の上水施設の設置が費用対効果を考慮すると効率が悪いいため、地下水開発が行われている。

### 2.5.2 生活・工業用水

#### (1) 水供給サービス

第1巻共通編2.2で述べたように、マレーシアでは上水道・下水道サービスの向上、効率化を目的として、表 2.5.1のように当該部門の組織改正が行われている。連邦憲法の改正と二つの法令の

策定に伴い、連邦政府が水利用者の許認可権を持つという方向で、上下水道サービスを規制することとなった。一方、州政府は、水資源、集水域、流域の規制する権利を保持している。水道事業は民営化され、下水道と統合される予定である。

当改正は最終段階にあるが、いくつかの州ではすでにSPANの管理の下、移管が実施されている。改正は第10次マレーシアプラン期間中に完了予定であり、フルコストリカバリーを目的とした料金体系の確立や、上水・下水サービスの統合とその統合料金体系の導入が試行される。

Negri Sembilan州では2008年に州の水供給会社であるSAINSへと移行し、Pahang州では2010年に新しく設立されるState Water Supply Department（最終的に民営化される）に移行した。

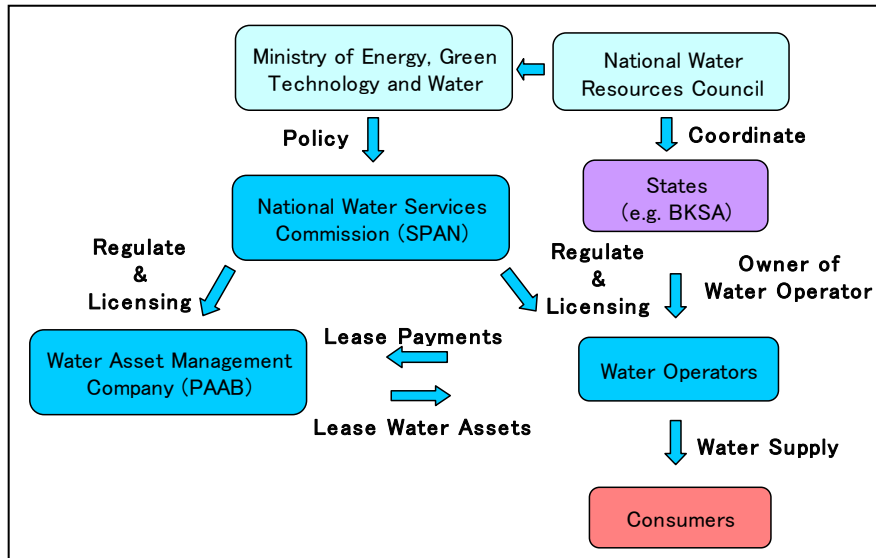


図 2.5.1 新しい給水事業体制

## (2) 水処理プラントと水消費

パハン川流域内には65の水処理施設がある。給水能力は日量712,003m<sup>3</sup>/dayである。2004-2008年のデータによると年間消費量は1.52-1.71億m<sup>3</sup>/yearのであり、これは当流域の表流水ポテンシャル310億m<sup>3</sup>の0.5%程度である。図 2.5.2に水処理施設位置、表 2.5.1および表 2.5.2に水処理施設一覧を示す。また、表 2.5.3に各Districtの水消費量を示す。



図 2.5.2 パハン川流域内の水処理施設位置図

表 2.5.1 パハン川流域内の水処理施設 (1)

No.	地区と処理施設名	給水能力 (m <sup>3</sup> /day)	主な消費地区	州
	Kuala Lipis			Pahang State Portion
1	Sg. Jelai	15,909	Bandar K. Lipis	
2	Benta	7,273	Benta, Budu	
3	Bukit Betong	4,546	Bkt Bentong	
4	Kechau	9,091	Felda Kechau	
5	Mela	3,636	Mela	
6	Batu 9 Halt	2,273	Rps Batu 9	
7	Sg. Temau	2,727	Felda Sg. Temau	
8	Merapoh	3,182	Merapoh	
9	Chegar Perah	1,136	Kg. Chegar Perah	
	Sub-total	49,773		
	Raub			
1	Bukit Fraser	4,032	Bkt Freaser	
2	Tras	1,872	Btras, Snag	
3	Sg. Bilut	11,470	Bandar Raub	
4	Sg. Klau	8,960	Felda Lembau	
5	Sg. Klooi	9,371	Dong, Jelu	
6	Sg. Semantan	13,399	Jl Cheroh-Tmn	
7	Kuala Medang	6,,340	Kuala Medang	
8	Ulu Sungai	2,400	Ulu Sungai	
	Sub-total	57,844		
	Jerantut			
1	Bt. Embun Fasa 1,2 & 3	33,318	Kawasan Bandar	
2	Bt Balai	7,200	Bt. Balai	
3	Jengka 8	22,909	Felda Jengka 8,9,11,12,13	
4	Padang Pioi	2,727	Felda Padang Piol	
5	Sg. Tekam	3,984	St. Ppptr	
6	Sg. Tekam Utara	4,909	Stu	
7	Kota Gelangi	4,145	K/G 5 & 6	
8	Lepar Utara	4,900	Lu 1 & 4	
9	Seberang Tembeling	4,800	Felda Sg. Retang	
10	Kg. Bantal	1,636	Kg. Bantal	
	Sub-total	90,528		
	Bentong			
1	Fasa 2	45,000	Bandar Bentong	
2	Batu 4	3,636	Ketari Dam Gementi	
3	Karak	7,920	Bandar Karak	
4	Penjuring	681	Kg. Sg. Penjuring	
5	Sg. Gapoi	1,818	Kg. Sg. Gapoi Dam Manchis	
6	Jawi-jawi	2,500	Simpang Pelangai	
7	Janda Baik	13,250	Bkt Tinggi	
8	Lurah Bilut	8,640	Felda Lurah Bilut	
9	Sertik	1,364	Felda Kg. Sertik	
10	Mempaga	45,000	Felda Mempaga 1,2,3	
	Sub-total	129,809		
	CAMERON HIGHLANDS			
1	Merapoh	11,364	Habu	
2	Kuala Terala	20,455	Tanah Rata	
	Sub-total	31,819		
	Temerloh			
1	Lubuk Kawah	81,819	Mukim Perak, Lipat	
2	Jenderak Kampung	8,182	Mukim Jenderak	
3	Jenderak Utara	9,091	Mukim Jenderak	
4	Mempateh	5,455	Mukim Semantan	
	Sub-total	104,547		

出典：JBA Pahang

表 2.5.2 パハン川流域内の水処理施設 (2)

No.	地区と処理施設名	給水能力 (m <sup>3</sup> /day)	主な消費地区	州
	Bera			Pahang State Portion
1	Teriang	54,546	Kemayan	
2	Bera Kompleks	10,000	Felda Sebertak	
3	Sg. Bera	17,955	Felda Tembangau	
	Sub-total	82,501		
	Maran			
1	Kg. New Zealand	3,545	Kg. Sg. Kertam	
2	Pekan Tajau	10,091	Kg. Berkat	
3	Simpang Jengka	12,136	Sg. Bintang	
4	Jengka 3-7	6,727	Felda Jengka 3,4,5,6,7	
5	Ulku Jempul	7,046	Kuala Sentul	
6	Chenor	7,682	Kg. Embun	
7	Bukit Kertau	5,182	Seberang Chenor	
8	Batu Sawar	12,000	Felda Jengka 17,18,19	
9	Jengka Utama	35,455	Rumpur Makmur	
	Sub-total	99,865		
	Pekan			
1	Lepar	4,318	Sg. Pahang	
2	Belimbing	364	Sg. Pahang	
3	Chini	16,773	Sg. Pahang	
4	Sekor	8,636	Sg. Pahang	
5	Peramu	19,091	Sg. Pahang	
	Sub-total	49,182		
	Kuantan			
1	Lepar Hilir	20,454	Sg. Lepar	
2	Paya Bungor	1,500	Sg. Berkelah	
	Sub-total	21,954		
	Total	686,003		N. Sembilan State Portion
	Jelebu			
1	Kuala Klawang	6,400	Kuala Kelawang	
2	Titi	11,400		
3	Lakai	8,200		
	Sub-total	26,000		
	Total	26,000		
	G. Total	712,003		

出典：JBA Pahang, SAINS N.Sembilan

表 2.5.3 パハン川流域内の現行表流水消費量

No	District	2004	2005	2006	2007	2008	m <sup>3</sup> /year
1	Kuala Lipis	-	-	-	-	-	Pahang State Portion
2	Raub	17,373,765	17,252,491	16,758,622	17,026,170	18,095,272	
3	Jerantut	13,152,404	17,961,998	17,414,720	17,149,717	20,116,565	
4	Bentong	16,391,073	16,931,988	17,818,360	18,463,821	18,827,461	
5	C. HIGHLANDS	4,233,224	4,258,679	4,275,043	4,529,136	4,526,409	
6	Bera	39,909	38,637	-	35,819	36,455	
7	Maran	-	-	-	-	-	
	Sub-Total	51,190,375	56,443,793	56,266,745	57,204,663	61,602,162	
1	Jelebu	35,555	36,281	37,021	37,777	38,409	N.S. State Portion
	合計	51,225,930	56,480,074	56,303,766	57,242,440	61,640,571	

出典：JBA Pahang, SAINS N.Sembilan

(3) ダム

水資源開発計画は、必要に応じてダムを建設し必要量を確保しながら進めてきた。「the National Water Resources Study 2000-2050」によると、パハン川流域には、表 2.5.4及び図 2.5.3に示す既設ダム及び計画中の8ダムがある。

表 2.5.4 パハン川流域内の既設ダム及び計画中のダム

No.	ダム	既設	計画中	流域面積 (km <sup>2</sup> )	貯水容量 (百万 m <sup>3</sup> )	州
1	Lipis/Sia		X			Pahang State
2	Liang		X			
3	Sempam		X			
4	Kenong		X			
5	Telemong	X				
6	Kelau	X				
7	Benus-Upper		X			
8	Chamang		X			
9	Lower Perting		X			
10	Teriang		X	60.0		N. S. State

出典： JBA Pahang , SAINS N. Sembilan



図 2.5.3 既存および計画ダム位置図

(4) 水需要

“National Water Resources Study 2000-2050”では、生活・工業用水需要を低位、中位、上位と3つのシナリオ下で推定している。この推定値から、各Districtの水需要量は表 2.5.5のようである。合

計水需要量は低位推定で17億 $m^3$ /year、中位値で23億 $m^3$ /year、上位推定で26億 $m^3$ /yearとなっている。

表 2.5.5 パハン川流域における生活・工業用水需要量

シナリオ	州	District	A年間水需要量(百万 $m^3$ /year)					
			2000	2010	2020	2030	2040	2050
Low Growth	Pahang State Portion	Bentong	51	72	92	113	135	156
		C. Highlands	15	23	31	40	50	59
		Jerantut	49	72	97	126	158	191
		Kuantan	9	14	19	25	33	40
		Lipis	43	62	82	104	127	149
		Maran	76	118	164	227	297	372
		Pekan	56	86	115	148	183	216
		Raub	46	63	80	98	118	136
		Temerloh	122	178	232	288	346	397
	N. Sembilan Portion	Jelebu	21	27	32	39	46	52
Total			489	714	943	1,210	1,492	1,770
Planning Growth	Pahang State Portion	Bentong	64	90	114	147	182	217
		C. Highlands	17	25	33	41	49	57
		Jerantut	63	103	143	194	248	303
		Kuantan	9	15	20	29	38	47
		Lipis	44	64	82	105	128	151
		Maran	85	137	189	262	339	417
		Pekan	44	72	100	137	175	215
		Raub	46	67	87	109	133	156
		Temerloh	136	230	325	447	577	708
	N. Sembilan Portion	Jelebu	22	29	37	46	55	64
Total			530	831	1,129	1,517	1,924	2,335
High Growth	Pahang State Portion	Bentong	70	99	125	162	201	239
		C. Highlands	19	28	36	45	54	63
		Jerantut	70	113	157	213	273	333
		Kuantan	10	16	22	32	42	52
		Lipis	48	70	90	115	141	166
		Maran	93	151	208	288	372	459
		Pekan	48	79	110	150	193	236
		Raub	51	74	95	120	146	171
		Temerloh	149	253	358	492	634	778
	N. Sembilan Portion	Jelebu	23	32	43	55	66	78
Total			581	914	1,244	1,672	2,122	2,576

Sources; National Water Resources Study 2000-2050

Note; The demand projection in Kuantan District and Pekan District are assumed 5 % and 92 % of the total demand projection to take into consideration the ratio of the design capacity of Water Treatment Plant inside and outside the Pahang River basin.

### (5) 水供給計画

上記のような水需要量の増加に対応するには、継続的な投資が必要である。表 2.5.6はSAINS Negeri Sembilan、JBA Pahang、“National Water Resources Study 2000-2050”からの情報を元に整理した、水供給計画の一覧である。

表 2.5.6 パハン川流域における水供給計画

District	現在の供給能力 (Mld)	計画	運用開始	事業後の能力 (Mld)	州
Bentong	129.8	Extend Jawi-Jawi or new work by 4.5 Mld out put for Pelangai/Telemong Area	2000	134.3	Pahang
		Commission Benus Dam for 95 Mld for Bentong and close Bt. Tinggi (34 Mld) and Batu 4 intakes (14.16 Mld)	2002	181.1	
		Extend Karak capacity by 8 Mld for Karak Area	2010	189.1	
		Commission Perting Dam for Bentong to increase Bentong Ph II by 139.6 Mld			
		-Stage I : by 69.8 Mld	2018	258.9	
		-Stage II: by 69.8 Mld	2025	335.7	
		Further increase of Jawi-Jawi or new works for Pelangai/Telemong Area by 7 Mld	2020	265.9	
		Further extend Karak capacity by 8 Mld for Karak Area	2030	343.7	
Commission Chamang Dam/Repas diversion for Bentong to yield 45 Mld	2043	388.7			
Cameron Highlands	31.8	Construct Upper Terla Scheme Stage I for Ulu Telom Area by 16 Mld	2000	47.8	
		Construct Upper Terla Scheme Stage II for Ulu Telom Area by 7 Mld	2005	54.8	
		Construct Sg. Habu Scheme Stage II for Ringlet/Bertam Area by 6 Mld	2015	60.8	
		Construct Upper Terla Scheme Stage III for Ulu Telom Area by 6 Mld	2020	66.8	
		Construct Upper Terla Scheme Stage IV for Ulu Telom Area by 11 Mld	2030	77.8	
		Construct Sg. Habu Scheme Stage III for Ringlet/Bertam Area by 7 Mld	2035	84.8	
Jerantut	90.5	Increase Upper Utara Intake (J4) capacity for Pulau Tawar Area by 8 Mld	2000	98.5	
		Increase Sg. Tekam Utara Intake (J3) capacity for Pulau Tawar Area by 6 Mld	2000	104.5	
		Increase Batu Balai Intake (J1) capacity for Ulu Cheka/Damak Area by 5 Mld	2000	109.5	
		Increase Sg. Tekam Intake (J2) capacity for Pulau Tawar Area by 5.5 Mld	2020	115.0	
		Increase Sg. Tekam Utara Intake (J3) capacity for Pulau Tawar Area by 9 Mld	2025	124.0	
		Increase Batu Balai Intake (J1) capacity for Ulu Cheka/Damak Area by 8 Mld	2030	132.0	
		Increase Lepar Utara Intake (J4) capacity for Pulau Tawar Area by 16 Mld			
		-Stage I : 8 Mld	2030	140.0	
		-Stage II : 8 Mld	2035	163.0	
		Increase Jerantut Intake (J6) capacity for Jerantut Area by 20 Mld			
-Stage I : 10 Mld	2030	150.0			
-Stage II : 10 Mld	2045	173.0			
Increase Mela Intake (J9) capacity for Tembeling Area by 5 Mld	2030	155.0			
Kuantan	22.0	Increase Lepar Hilir Intake (K10) capacity for Kg. New Zealand Area by 5.73 Mld	2000	27.73	
		Construct New Intake on Sg. Lepar for Ulu Lepar Area for 2.5 Mld	2000	30.23	
		Increase Lepar Hilir Intake (K10) capacity for Kg. New Zealand Area by 6 Mld	2020	36.23	
Lipis	49.8	Increase Merapoh Intake (L7) capacity for Telang Area by 4 Mld	2010	53.8	
		Increase Benta Intake (L5) capacity for Budu/Tj Besar Area by 4.46 Mld	2015	58.26	
		Increase Kuala Lipis Intake (L2) capacity for Penjom Area by 25 Mld			
		-Stage I : 10 Mld	2020	68.26	
		-Stage II : 15 Mld	2035	90.88	
		Increase Bukit Bentong Intake (L6) capacity for Batu Yon Area by 2.62 Mld	2020	70.88	
Increase Merapoh Intake (L7) capacity for Telang Area by 5 Mld	2030	75.88			
Maran	99.9	Increase Bkt. Kertau Intake (M6) capacity for Kertau Area by 10 Mld	2000	109.9	
		Construct New Intake on Sg. Pahang near Batu Sawar (M3) for Jengka Area by 30 Mld	2000	139.9	
		Increase capacity of New Intake on Sg. Pahang near Batu Sawar (M3) for Jengka Area by 35 Mld	2010	174.9	
		Increase capacity of New Intake on Sg. Pahang near Batu Sawar (M3) for Jengka Area by 24 Mld	2015	198.9	
		Increase capacity of New Intake on Sg. Pahang near Batu Sawar (M3) for Jengka Area by 24 Mld	2020	222.9	
		Increase capacity of New Intake on Sg. Pahang near Batu Sawar (M3) for Jengka Area by 33 Mld	2025	255.9	



District	現在の供給能力 (Mld)	計画	運用開始	事業後の能力 (Mld)	州
		Increase capacity of New Intake on Sg. Pahang near Batu Sawar (M3) for Jengka Area by 33 Mld	2030	288.9	Pahang
		Increase capacity of New Intake on Sg. Pahang near Batu Sawar (M3) for Jengka Area by 35 Mld	2040	323.9	
Pekan	49.2	Construct New Intake on Sg. Sekor for Pahang Tua Area by 27 Mld	2000	76.2	
		Increase K. Lepar Intake (P4) capacity for Lepar Area by 6 Mld	2008	82.2	
		Extend New Intake on Sg. Sekor for Pahang Tua Area by 35 Mld	2020	117.2	
		Extend New Intake on Sg. Sekor for Pahang Tua Area by 30 Mld	2040	147.2	
Raub	57.8	Increase Teras Intake (R8) capacity for Teras Area by 7 Mld	2000	64.8	
		Increase Sg. Ruan Intake (R2) capacity for Gali Area by 3.5 Mld	2000	68.3	
		Increase Raub Intake (R6) capacity for Raub Area by 16 Mld	2005	84.3	
		Increase Sg. Cheroh Intake (R5) capacity for Bkt. Talam Area by 2.37 Mld	2010	86.67	
		Increase Teras Intake (R8) capacity for Teras Area by 2 Mld	2010	88.67	
		Increase Sg. Ruan Intake (R2) capacity for Gali Area by 6 Mld	2020	94.67	
		Increase Raub Intake (R6) capacity for Raub Area by 20 Mld	2035	114.67	
		Increase Sg. Ruan Intake (R2) capacity for Gali Area by 6 Mld	2040	120.67	
Temerloh	104.5	Implement Temerloh/Mentakab Scheme –Stage I for K. Kerau/Jenderak Area to increase capacity by 10 Mld	2000	114.5	Pahang
		Implement Temerloh/Mentakab Stage II works for Mentakab Area to increase capacity by 55 Mld	2015	169.5	
		Implement Triang Baru Stage II Works for Triang Area to increase capacity by 37 Mld	2025	206.5	
		Increase capacity of Sg. Bera intake for Bera Area by 15 Mld	2025	221.5	
		Increase Temerloh/Mentakab Stage III works for Mentakab Area to increase capacity by 40 Mld	2030	261.5	
		Increase Temerloh/Mentakab Stage II for K. Kerau/Jenderak Area to increase capacity by 13 Mld	2030	274.5	
		Increase Temerloh/Mentakab Stage IV works for Mentakab Area to increase capacity by 40 Mld	2035	314.5	
		Increase Temerloh/Mentakab Stage V works for Mentakab Area to increase capacity by 40 Mld	2045	354.5	
Jelebu	26.0	Kuala Klawang WTP Phase II, 6 Mld	2001	32.0	Negeri Sembilan
		Kuala Klawang WTP Phase III, 16 Mld	2018	48.0	
		Kuala Klawang WTP Phase IV, 16 Mld	2035	64.0	

## (6) 州間導水

「National Water Resources Study 2000-2050」において、州間水輸送計画は推奨されている。この推奨に関連してPahang州-Selangor州南部間導水事業が実施中である。

### (a) Pahang-South Selangor 導水

2001年、Pahang州からSelangor州への州間導水計画の実施が連邦政府によって承認され、現在実施中である。

計画原案は、二つのダム（Kelau川とTelemong川）、37.5kmの導水トンネル、二つの河川取水口等の建設を含んでいる。しかし、Telemong川のダムについては、社会環境への影響を考慮してパハン州政府が棄却した。修正案は、Kelau川のダムと、44.6kmの導水トンネル、河川取水堰およびポンプ場等から構成される。このプロジェクトの目的は、1890Mldの水を導水することにある。

この計画のための借款協定は、マレーシア政府と日本政府の間で2005年3月31日に交わされた。元計画の工事実施工程によると、建設工事は2008年2月に着工し、2013年2月に完了する予定であった。しかし、多くの課題や問題のために、この事業は2009年1月1日に

始まり、2014年5月30日に完了する予定となった。この事業の概要は、表 2.5.7および図 2.5.4に示す通りである。

表 2.5.7 Pahang 州からの Selangor 州南部への原水輸送

施設	施設概要
Kelau ダム	ダム形式: アースフィルダム 集水面積: 335.2 km <sup>2</sup> 貯水容量; 135 百万 m <sup>3</sup>
導水トンネル	延長; 44.6 km, 直径; 5.2 m
取水施設、ポンプ場、送水管	堰形式; コンクリート堰, ポンプ; 12 x 3.48 m <sup>3</sup> /s 送水管; 11.8 km x 3 m (直径), 2 レーン



図 2.5.4 Pahang 州-Selangor 州南部導水ルート図

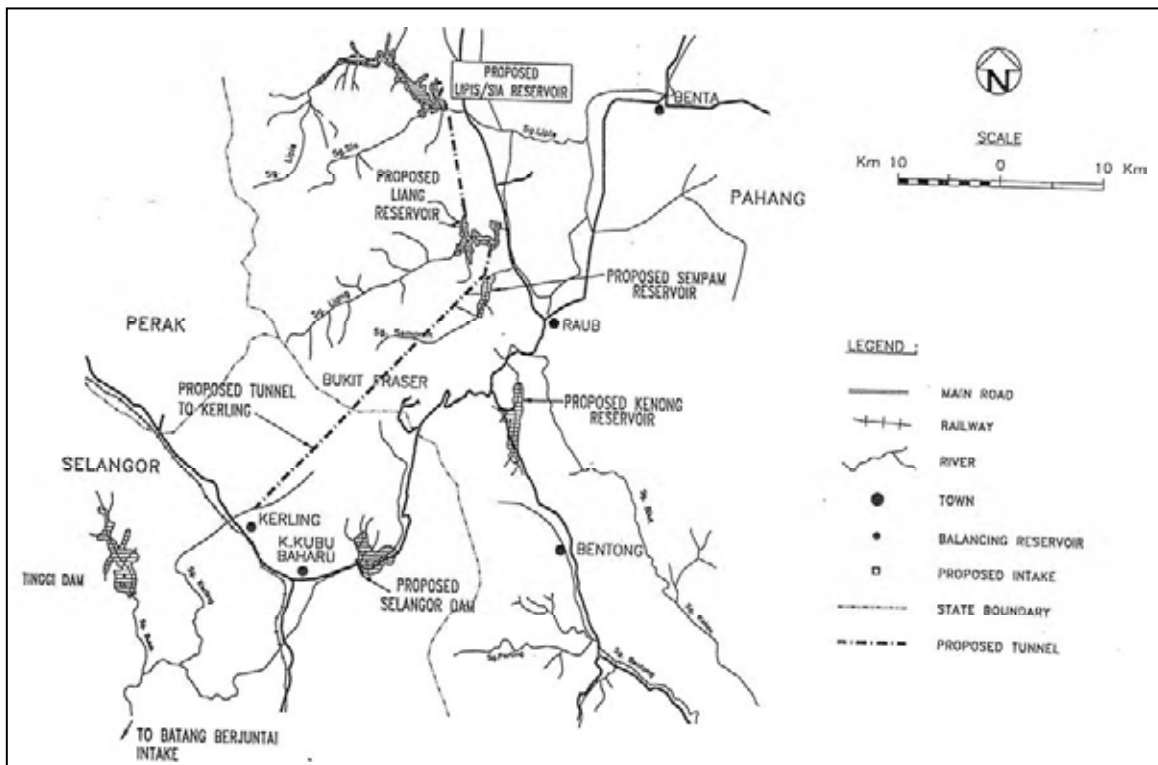
(7) Pahang 州から Selangor 州北部へ

「National Water Resources Study 2000-2050」によると、表 2.5.8に示すように、Selangor川の支川であるKerling川へ導水するために二つの連携ダムを提案している。このPahang州からSelangor州北部導水事業については、連邦政府は、2001年からの実施を承認した。詳細設計は既に終了しており、事業は2013年に完了する予定になっている。

表 2.5.8 Pahang 州の貯水施設から Selangor 州北部への原水輸送

Pahang 州の貯水施設	管理流量 (Mld)	備考
Liang ダム	610	
Lipis/Sia ダム	1,090	貯水池を結ぶトンネルを含む
Sempam ダム	230	
Kenong ダム	120	
North transfer tunnel	2,050	計画流量

出典: National Water Resources Study 2000-2050



出典: National Water Resources Study 2000-2050

図 2.5.5 導水ルート図 (Pahang 州から Selangor 州北部)

### 2.5.3 灌漑

#### (1) 現行の灌漑事業

パハン川流域内には穀倉地帯は存在しないが、表 2.5.9 に示すように 4 つの小規模農業地が運営されている (Negeri Sembilan 州側に 1 事業、Pahang 州側に 3 事業)。表 2.5.10 は、小規模農業のための一般的な灌漑スケジュールを表す。図 2.5.6 は、これらの小規模農業のための取水位置を示す。これらの取水施設には貯水機能がないため、取水量は河川水の流況に影響される。

表 2.5.9 パハン川流域の稲作耕作面積及び生産高 (2007 年)

州	District	耕作面積 (ha)	生産高 (t)
N. Sembilan 州	Jejebu	155.46	720.28
Pahang 州	Temerloh	9.81	17.81
	Maran	57.88	192.99
	Jerantut	14.00	61.70
	Total	81.69	272.50
パハン川流域		237.15	992.78

出典: Department of Agriculture N. Sembilan, Sistem Pemantauan Berkomputer Projek (SPBP)

表 2.5.10 小規模農業の灌漑スケジュール

ISA	灌漑開始	灌漑終了
メインシーズン	8 月	2 月
シーズンオフ	3 月	7 月

Cameron Highlandsにおいては、茶、野菜、果物および花の栽培が盛んである。茶農園は天水栽培であるが、野菜、果物および花の栽培は、溪流からの灌漑で実施している。



図 2.5.6 農業用水の取水地点

## (2) 灌漑用水と需要量

「the National Water Resources Study 2000-2050」によると、パハン川流域内には穀倉地帯がないが、Pahang州とNegeri Sembilan州にはたくさんの小規模農場が経営されている。しかし、多くの小規模農場が、社会的要因、地方の労働力の不足、労働者の移住等の理由により放棄されてきた。長期間でみると、これらの小規模農場は、住宅やより価値の高い作物の農地に転換されていく傾向にある。

そのため、2050年まで灌漑需要量は減少するであろう。その結果として、パハン川流域の農業水需要量は、「the National Water Resources Study 2000-2050」の調査結果を基に表 2.5.11のように算定される。

表 2.5.11 パハン川流域内の年間の灌漑用水需要量

灌漑事業	年間灌漑用水需要量(百万 m <sup>3</sup> )						備考
	2000	2010	2020	2030	2040	2050	
Mini Granary Schemes*	21	10	10	10	10	10	Pahang State
Minor Irrigation Scheme	54	27	27	27	27	27	N. Sembilan State
Mini Granary Schemes	21	10	10	10	10	10	Pahang River Basin
Minor Irrigation Schemes	54	27	27	27	27	27	
Total	75	37	37	37	37	37	

\* Includes commercial estates and high value crops.

Source; “the National Water Resources Study 2000-2050”

## 2.5.4 水力発電

パハン川流域内の水力発電について、以下に説明する。

### (1) 既設の水力発電所

パハン川上流には表 2.5.12に示す2箇所の水力発電所で構成されているCameron Highlandsプロジェクトがある。その2箇所の発電所は、Sultan Yusuf発電所とHabu発電所で、1963年に完成し、350 GWh/aの発電力を有する。

Cameron Highlandsプロジェクトはパハン川の支川であるTelom River及びBertam RiverからトンネルによりRingleet Falls貯水池へ導水し、その後、Perak州にあるBatang Pahang River上流に位置する主発電所へ放流される。その後、Perak州のBatang Pahang計画の発電に利用される。

Ringleet Falls 貯水池は大量のシルトが堆積しており、堆積土の貯水池からの除去が実施されているが有効性や経済性に疑問が出ている。また、Telomトンネルの一部が土砂で閉塞し、導水量を制限している。そこで、Tenaga National Berhad(TNB)は2003年から2008年にかけて延命工事を実施している。この延命工事においては、Ringleet貯水池の浚渫と、かなりの量の堆積土砂の最終処分場への運搬作業を実施している。

表 2.5.12 既設水力発電所

発電所名	発電電力量
Sultan Yusuf Power Station	350 GWh/a
Habu Power Station	

出典: “National Water Resources Study 2000-2050”

## (2) 計画中の水力発電所

パハン川流域内には表 2.5.13に示す3箇所の水力発電プロジェクトが計画されている。

表 2.5.13 計画中の水力発電プロジェクト

プロジェクト名	計画発電力 MW	発電電力量 GWh/a	備考
High Telom Dam	132	117.3	Storage
Tekai	4.8+86.2	34.54+152.64	Storage
Maran	112.5	138.74	Storage

出典: TNB

## (3) 工事実施中の水力発電所

パハン川流域内には表 2.5.14に示す1箇所の水力発電所が建設中である。

表 2.5.14 建設中の水力発電所

プロジェクト名	計画発電力 MW	発電電力量 GWh/a	備考
Ulu Jelai	372	406	Storage

出典: TNB

図 2.5.7に既設、建設中、計画中の水力発電プロジェクトの位置を示す。

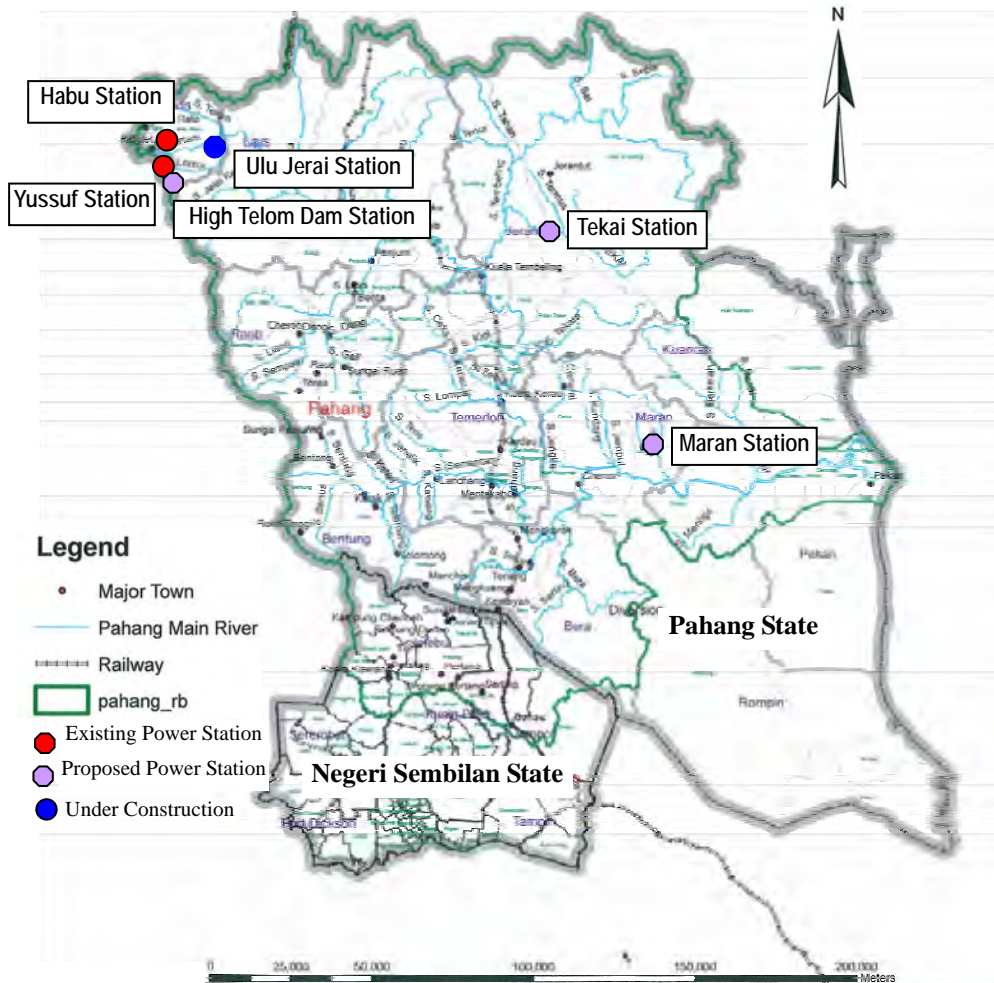


図 2.5.7 既設、建設中および計画中の水力発電プロジェクト位置図

## 2.6 河川水質

環境保全の一環として、河川水質は IRBM の中の重要な分野の一つである。マレーシアでは、Department of Environment (DOE)が河川水質管理に関して、主に以下の三つの役割を持つ（図 2.6.1 参照）。

- 河川水質保全
- 水質モニタリング
- 環境教育・啓発

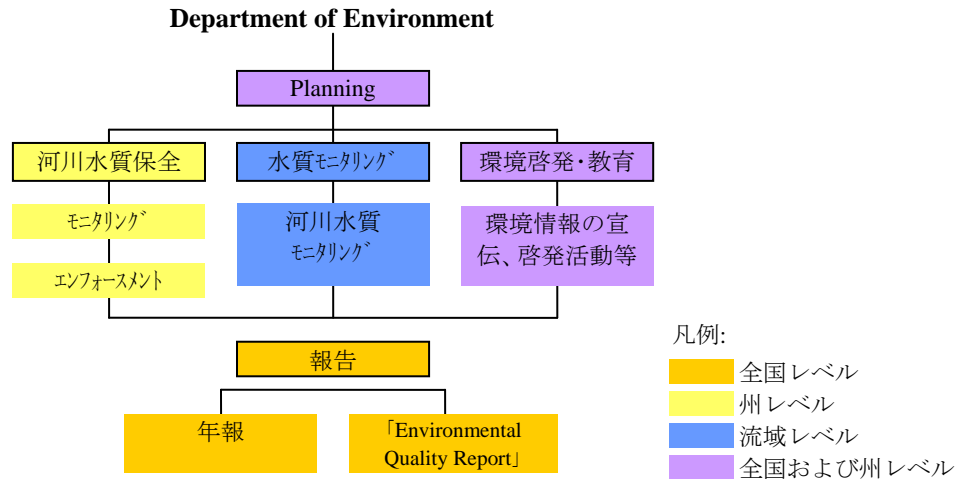


図 2.6.1 DOE の水質管理体制

## 2.6.1 河川水質保全

DOE の IRBM における役割は **Environmental Quality Act 1974 (EQA)** とその下の Regulations, Order, Rules に規定されている。DOE の IRBM についての環境・水質管理の権限を表 2.6.1 に整理した。

表 2.6.1 DOE の IRBM に関する環境・水質管理の権限および手段

No	対象活動	EQA の条項	対象	手段
1	‘規定される活動 Prescribed Activities’ (EQA 参照): 農業活動; 空港建設; 排水灌漑プロジェクト; 埋め立て工事; 漁業活動; 森林活動; 住宅開発; 産業活動; インフラ整備; 港湾建設; 鉱業活動; 鉱油産業活動および開発; 発電、送電プロジェクト; 採石活動; 鉄道建設; 運輸開発; リゾート、レクリエーション開発; 廃物処理および処分活動; 水供給工事	EQ (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987	環境保全	簡易 EIA 詳細 EIA EIA 後のモニタリングと監査
2	土壌や水域やマレーシア領海に汚水を排出する建屋のうち、150 人未満の住宅、商業開発、またはその両方を除くもの	EQ (Sewage) Regulations 2009	下水	新しい汚水排水の汚染源についての DOE への通知。 汚水排水の自己モニタリング有資格者による汚水処理プラントの運転。 Standards A または B の遵守 (EQA 参照)
3	産業排水や家庭排水との混合排水を土や水域やマレーシア領海に汚排出する建屋のうち、First Schedule of the EQ (Industrial Effluent) Regulations 2009 に特記される建屋を除くもの。	EQ (Industrial Effluent) Regulations 2009	工場排水	新しい、または変更した産業排水または混合排水の汚染源についての DOE への通知。 ‘Guidance Document on the Design and Operation of Industrial Effluent Treatment System’の遵守。

No	対象活動	EQA の条項	対象	手段
				排水の自己モニタリング、有資格者による汚水処理プラントの運転、Standards A または B の遵守 (EQA 参照)
4	廃棄物輸送に係る施設および、浸出水を伴う埋め立て処分場	EQ (Control of Pollution from Solid Waste Transfer Station and Landfill) Regulations 2009	廃棄物埋立処分場および焼却炉の浸出水	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 新たな浸出水に関する DOE への届出</li> <li>- 浸出水の自己モニタリング</li> <li>- 浸出水処理施設の設置義務付け</li> <li>- 有資格者による浸出水処理施設の運営</li> <li>- Standards A あるいは B の遵守 (EQA 参照)</li> </ul>
5	下記の生産・処理等に用いられる建屋 - 指定された形態の生天然ゴム、加硫ゴム・特殊ゴムを含むラテックス - 日量 5 トン以上あるいはそれに相当するシート状、膜状、その他のゴムの生産	EQ (Prescribed Premises) (Raw Natural Rubber) Regulations 1978	工場排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 書面による許認可 (Wirrtten Permission)</li> <li>- 排水基準 (EQA 参照)</li> </ul>
6	油やしの原油を中間生成物あるいは最終製品として生産するに供せられる建屋	EQ (Prescribed Premises) (Crude Palm-Oil) Regulations 1977	工場排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 書面による許認可 (Wirrtten Permission)</li> <li>- 排水基準 (EQA 参照)</li> </ul>
7	下記の指定廃棄物 (Scheduled Wastes) - SW1: 金属あるいは金属ベアリング - SW2: 金属および有機物を含む可能性のある無機廃棄物 - SW3: 金属および有機物を含む可能性のある有機廃棄物 - SW4: 有機物あるいは無機物を含む可能性のある廃棄物 - SW5: その他廃棄物 (上記指定廃棄物の処理残渣)	EQ (Scheduled Wastes) Regulations 2005	有害廃棄物の保存・運輸・処理・処分	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 書面による許認可 (Wirrtten Permission)</li> <li>- 指定廃棄物 (Schedule Wastes) のインベントリ</li> <li>- 指定廃棄物 (Schedule Wastes) の管理伝票</li> </ul>

## 2.6.2 河川水質モニタリング

### (1) DOE の行う河川水質モニタリング

DOEはAlam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd. (ASMA)を通じて全国の143の主要流域で水質モニタリングを行っている。全国1064モニタリングステーションのうち、91個のステーションがパハン川流域内にある (図 2.6.2参照)。

### (2) 水質分類

DOEはWater Quality Index (WQI)というインデックスを利用し、National Water Quality Standards for Malaysia (NWQS)の各水利用に応じて、次の6つの水質パラメーターを計算し、河川水質を評価する：溶存酸素(DO)、生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量(COD)、アンモニア性窒素(NH<sub>3</sub>-N)、浮遊性固形物(TSS)およびpH (表 2.6.2参照)。



表 2.6.2 WQI 分類

パラメーター	単位	クラス				
		I	II	III	IV	V
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	< 0.1	0.1-0.3	0.3-0.9	0.9-2.7	> 2.7
BOD	mg/l	< 1	1-3	3-6	6-12	> 12
COD	mg/l	< 10	10-25	25-50	50-100	> 100
DO	mg/l	> 7	5-7	3-5	1-3	< 1
pH	-	> 7.0	6.0-7.0	5.0-6.0	< 5.0	> 5.0
TSS	mg/l	< 25	25-50	50-150	150-300	> 300
<b>WQI</b>		<b>&gt; 92.7</b>	<b>76.5-92.7</b>	<b>51.9-76.5</b>	<b>31.0-51.9</b>	<b>&lt; 31.0</b>

出典: Malaysia Environmental Quality Report, 2007

## (3) 水質現況

表 2.6.3はパハン川の2004年から2007年までの水質モニタリング結果を示し、図 2.6.3に2007年の水質クラスをまとめる。Malaysia Environmental Quality Report (EQR) 2007によると、パハン川全体のWQIは86点で、クラスII水質になり、「Clean」と考えられる。そのうち、パハン川本川は87点で、クラスIIになる。支川のうち、Burung RiverがクラスIの一方、Anak Sg. Lepar RiverとBatu RiverがクラスIIIになり、その他は全てクラスIIになる。詳細水質データを見ると、Anak Sg. Lepar RiverとBatu RiverのクラスIIIになる原因が、川沿いの農地の化学肥料が川に流れていると考えられる。それから、パハン川全体の浮遊性固形物(TSS)が高いと判断された。



図 2.6.2 DOE の水質モニタリングポイント (2007年)

表 2.6.3 パハン川水質変化傾向 (2004年～2007年)

河川名	モニタリングポイント数(2007)	2007			2006年			2005年			2004年		
		WQI	汚濁度	クラス	WQI	汚濁度	クラス	WQI	汚濁度	クラス	WQI	汚濁度	クラス
Anak Sg. Lepar	1	76	SP	III	75	SP	III	74	SP	III	-	-	-
Batu	1	74	SP	III	78	SP	II	53	P	III	73	SP	III
Belayar	1	88	C	II	89	C	II	93	C	I	-	-	-
Bentong	4	87	C	II	89	C	II	84	C	II	87	C	II
Benus	2	89	C	II	90	C	II	88	C	II	90	C	II
Bera	3	85	C	II	84	C	II	83	C	II	-	-	-
Berkapor	1	89	C	II	88	C	II	83	C	II	-	-	-
Bertam	3	86	C	II	86	C	II	85	C	II	-	-	-
Bilut	1	82	C	II	85	C	II	85	C	II	88	C	II
Burung	1	93	C	I	94	C	I	93	C	II	-	-	-
Chini	1	87	C	II	86	C	II	77	SP	II	-	-	-
Habu	1	91	C	II	90	C	II	83	C	II	-	-	-
Jelai	2	85	C	II	89	C	II	88	C	II	87	C	II
Jempol	2	86	C	II	89	C	II	89	C	II	90	C	II
Jengka	2	83	C	II	85	C	II	78	SP	II	85	C	II
Kelau	2	86	C	II	89	C	II	90	C	II	89	C	II
Kertam	1	82	C	II	84	C	II	84	C	II	84	C	II
Koyan	1	88	C	II	89	C	II	88	C	II	91	C	II
Kundang	1	80	SP	II	81	C	II	84	C	II	81	C	II
Lenggok	1	92	C	II	92	C	II	93	C	I	-	-	-
Lepar	3	87	C	II	87	C	II	89	C	II	-	-	-
Lipis	3	88	C	II	90	C	II	91	C	II	90	C	II
Luit	1	87	C	II	87	C	II	89	C	II	89	C	II
Maran	1	84	C	II	88	C	II	88	C	II	87	C	II
Mentiga	2	86	C	II	85	C	II	83	C	II	-	-	-
Mokek	-	-	-	-	-	-	-	83	C	II	-	-	-
Pahang	8	87	C	II	87	C	II	88	C	II	88	C	II
Penjuring	1	92	C	II	94	C	I	92	C	II	93	C	I
Pertang	2	86	C	II	89	C	II	87	C	II	88	C	II
Perting	1	90	C	II	93	C	II	88	C	II	91	C	II
Ringlet	1	86	C	II	81	C	II	85	C	II	-	-	-
Semantan	3	86	C	II	86	C	II	88	C	II	88	C	II
Serting	5	84	C	II	78	SP	II	79	SP	II	81	C	II
Siam	-	-	-	-	-	-	-	1	C	II	90	C	II
T. Paya Bungor	1	85	C	II	84	C	II	85	C	II	-	-	-
Tahan	1	92	C	II	93	C	I	90	C	II	-	-	-
Tanglir	1	81	C	II	90	C	II	84	C	II	90	C	II
Tasik Bera	1	85	C	II	87	C	II	88	C	II	-	-	-
Tasik Chini	10	87	C	II	96	C	I	92	C	II	-	-	-
Tekal	1	88	C	II	79	SP	II	84	C	II	82	C	II
Tekam	2	84	C	II	88	C	II	87	C	II	90	C	II
Telang	1	88	C	II	91	C	II	89	C	II	90	C	II
Telemong	1	89	C	II	92	C	II	91	C	II	89	C	II
Telom	2	88	C	II	88	C	II	91	C	II	-	-	-
Tembeling	1	89	C	II	90	C	II	87	C	II	-	-	-
Teranum	1	86	C	II	94	C	I	92	C	II	94	C	I
Teras	1	81	C	II	93	C	I	91	C	II	93	C	I
Terla	1	90	C	II	92	C	II	93	C	I	-	-	-
Teriang	2	87	C	II	87	C	II	84	C	II	-	-	-
Tringkap	1	85	C	II	85	C	II	90	C	II	-	-	-

注意が必要

出典: Malaysia Environmental Quality Report 2004-2007.



出典: Malaysia Environmental Quality Report 2004-2007.

図 2.6.3 パハン川の水質状況 (2007 年)

### 2.6.3 汚濁発生源の管理

流域の汚濁問題に対する適切な対策を講じるためには、まず流域内での発生源の負荷量を抑える必要がある。マレーシア政府は各汚濁発生源に対して様々な行政上の対策を実施している。本節ではその対策について説明するが、本調査の後半部分では、これらの対策に基づいて IRBM 対策案を提案する。

#### (1) 下水

下水とは、一般家庭から生じ、排出される浮遊性また溶解固形生活雑排水である (Water Services Industry Act 2006 (Act 655) and Environmental Quality (Sewage and Industrial Effluents) Regulations 1979による定義)。下水道に関する法令は主にWater Services Industry Act 2006 (Act 655)およびEnvironmental Quality Act 1974 (Act 127)の下でのEnvironmental Quality (Sewage) Regulations 2009である。図 2.6.4に下水管理の仕組みをまとめる。

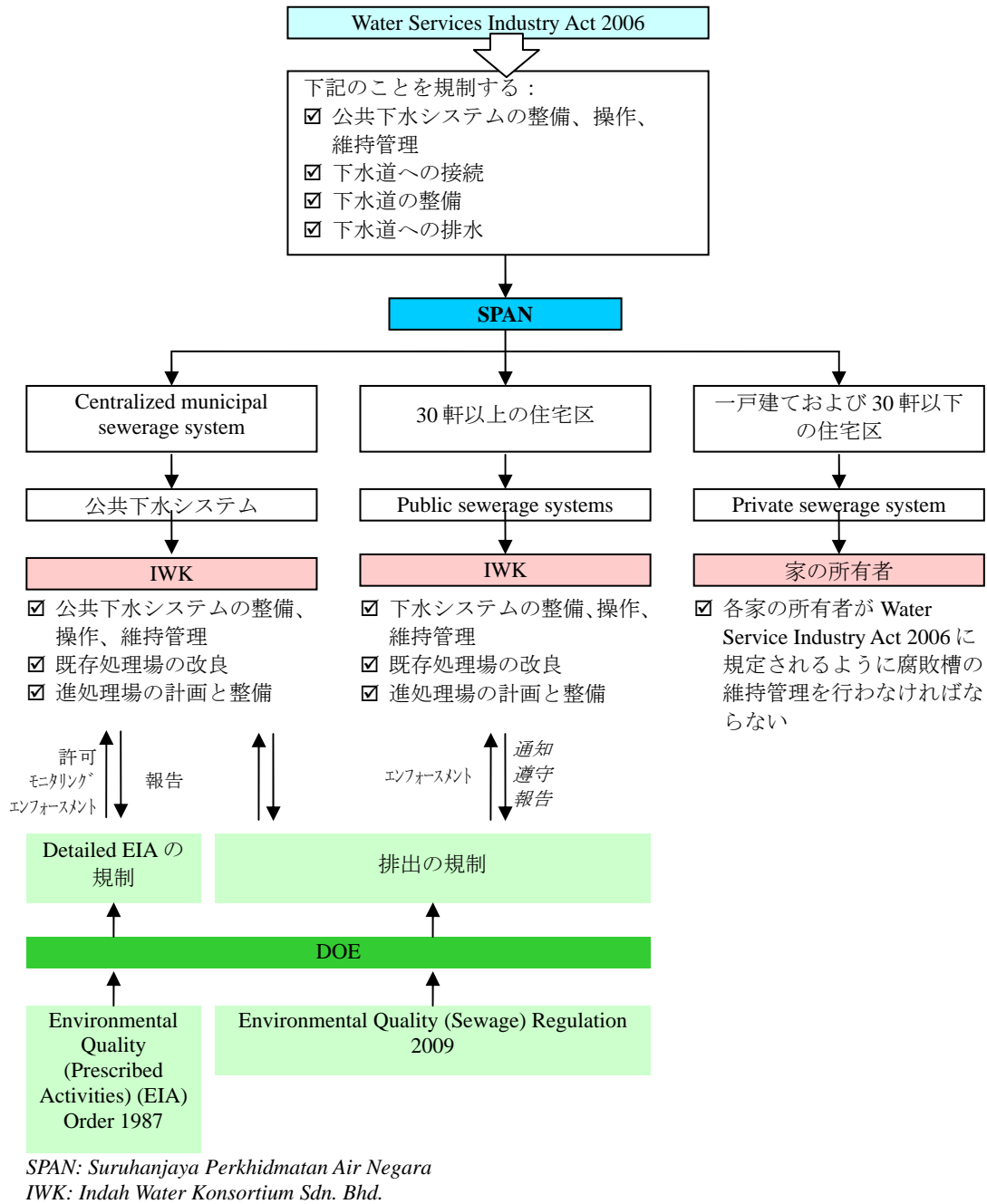


図 2.6.4 下水管理の体制

下水処理の方法には二種類があり、30軒以上の住宅区には下水道が整備されており、一戸建てや30軒未満の住宅区は腐敗槽（septic tank）を利用する（図 2.6.5参照）。下水道および下水処理場を含む下水道整備事業はIndah Water Konsortium Sdn. Bhd. (IWK)が行っている。



図 2.6.5 下水管理の概念図

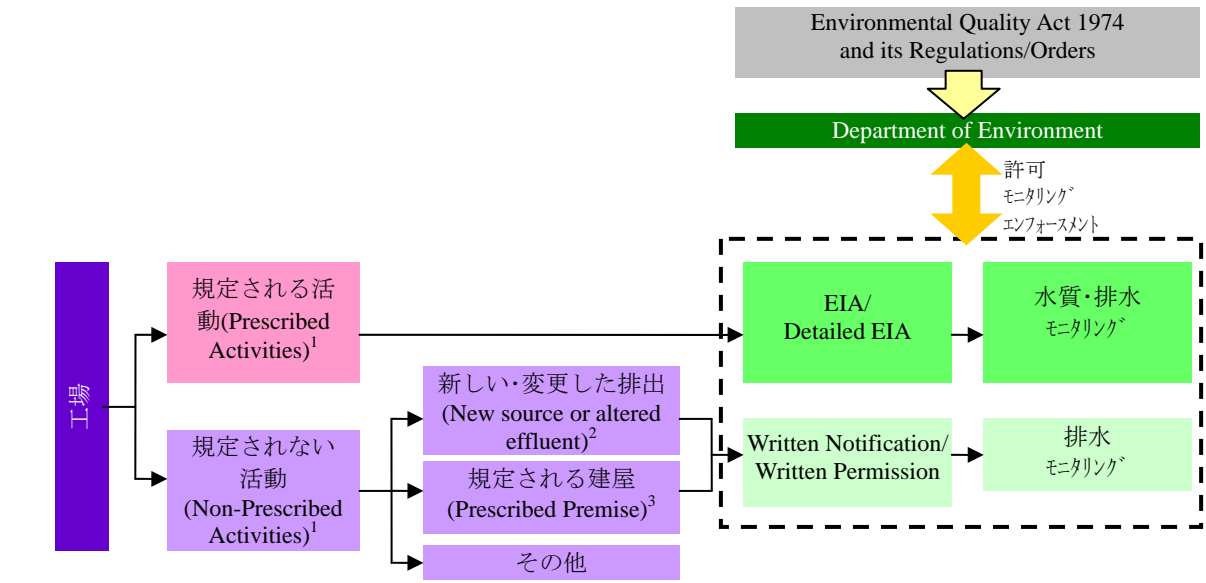
下水処理場の排水基準がEnvironmental Quality (Sewage) Regulations 2009のSecond Scheduleに規定されている。基本的に浄水場の取水口の上流側にある下水処理場はStandard Aという排水基準を遵守しなければならないが、その下流側にはStandard Bが適用される。

下水道と下水処理に関する課題は以下のとおりである。

- Malaysian Sewerage Industry Guidelinesに規定されているように、全ての腐敗槽は2年間に一度維持管理（desludging）を行わなければならないが、一部分の家庭は行っていないのが現実。
- 農村のほとんどの家屋がLocal Authorityの許可（Occupation Permit）なしで建てられているために腐敗槽についてのMalaysian Sewerage Industry Guidelines for Septic Tanksの実施が困難。
- IWKの下水道整備範囲がLocal Authorityエリアのoperation areaだけに限られている。

## (2) 工場排水

工場排水とは工業活動から排出される排水である（Environmental Quality (Sewage and Industrial Effluents) Regulations 1979による定義）。工場排水の規制に関する法律はEnvironmental Quality Act 1974とその下のEnvironmental Quality (Industrial Effluents) Regulations 2009であり、実施機関はDOEである。既存の工場排水規制について図 2.6.6に示す。



<sup>1</sup> Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987  
<sup>2</sup> As stipulated under Regulation 4, Environmental Quality (Industrial Effluents) Regulations 2009  
<sup>3</sup> (a) The Crude Palm Oil Mill; (b) The Raw Natural Rubber Processing Mill; and (c) The Treatment and Disposal Facilities of Scheduled Waste

図 2.6.6 工場排水管理の体制

Environmental Quality (Industrial Effluents) Regulations 2009が工場排水基準を規制し、前節に述べたように、Standard AとStandard Bという基準があり、全ての工場がこの排水基準を遵守しなければならない。

Johor州およびNegeri Sembilan州で行われたWorking Group会議で下記の工場排水規制についての課題を確認した。

- 水処理場からの汚泥 (sludge) は「Scheduled Waste」(Environmental Quality (Scheduled Wastes) Regulations 2005による特別処理が必要な有害物) と分類されるにもかかわらず、ほとんどの水処理場からの汚泥が処理なしで川に廃棄されているようである。

### (3) 廃棄物

廃棄物は、Solid Waste and Public Cleansing Management Act 2007 (Act 672)に、「全ての処理により不要になり、廃棄の対象となった物、破損し、廃棄された物および法により廃棄しなければならない物」と定義されている。Pahang州では、Alam Flora Sdn Bhd (Alam Flora) という会社が廃棄物の収集、運輸、処分のサービスを提供する。図 2.6.7は廃棄物処理に関する体制を示す。

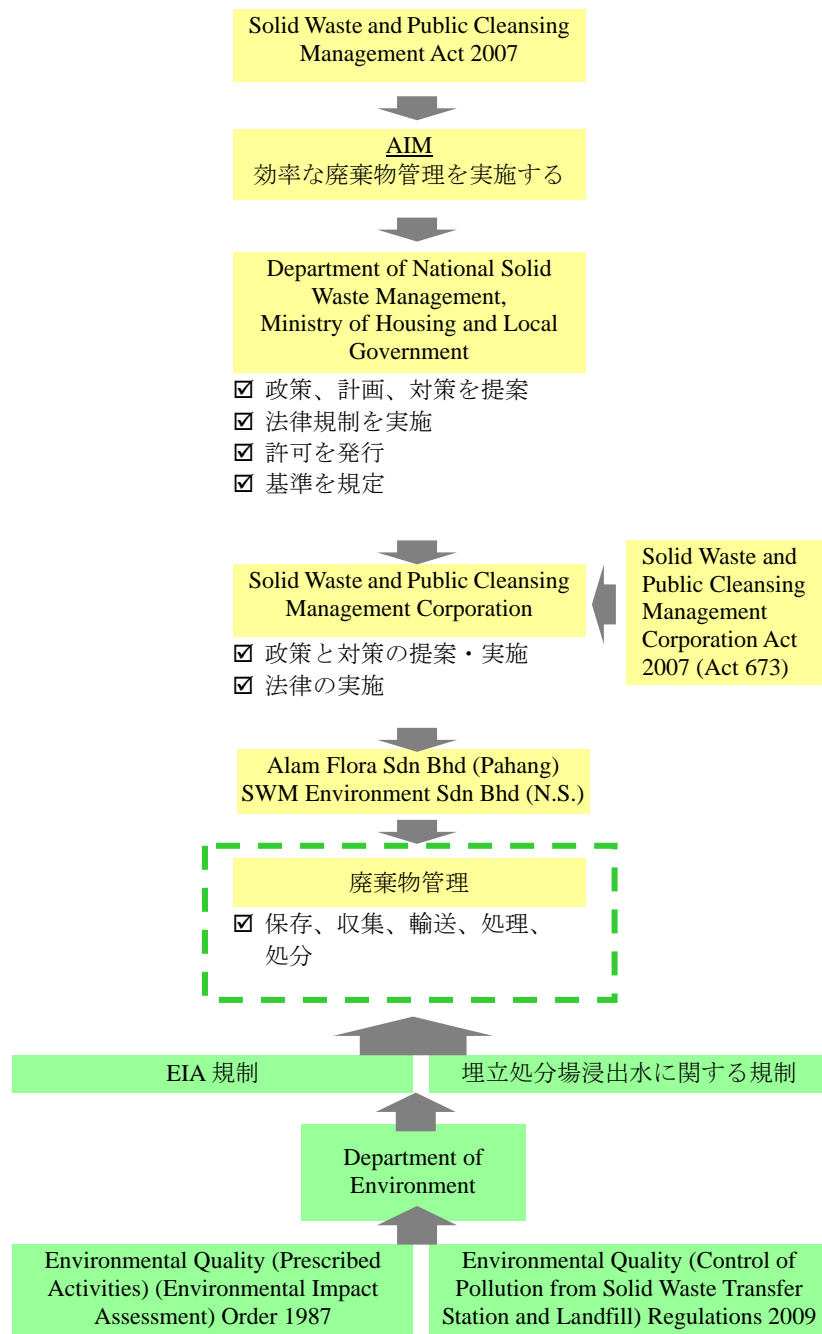


図 2.6.7 廃棄物管理の体制

廃棄物埋立処分場および焼却炉を整備するために Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987 による詳細環境影響評価 (Detailed EIA) が必要となる。そのうえ、埋立処分場からの浸出水の排出が Environmental Quality (Control of Pollution from Solid Waste Transfer Station and Landfill) Regulations 2009 に規制される。

Working Group の協議に基づいて廃棄物管理に係る課題・ニーズは以下のとおりである。

- 廃棄物中継施設 (transfer station) および廃棄物埋立処分場の浸出水は新たに実施した Environmental Quality (Control of Pollution from Solid Waste Transfer Station and Landfill) Regulations 2009 の排水基準を遵守する必要がある。

- Alam Flora のゴミ収集範囲が Local Authority エリアの operation area のみに限られている。そのため、Local Authority エリアの operation area 以外の地区のゴミ収集や処分が課題になる。

(4) 畜産

養豚場からの未処理排水が河川の汚染源の一つになる可能性がある。Pahang州では、養豚場を含む畜産のライセンスはLocal Authorityの管轄下にある。養豚場の管理体制を図 2.6.8に示す。マレーシア政府は約10年以前から、個々の養豚場をPig Farm Area (PFA) という污水处理施設が付いている集中養豚場を集める計画を開始しているが、Pahang州では未だ整備されていない現状にある。

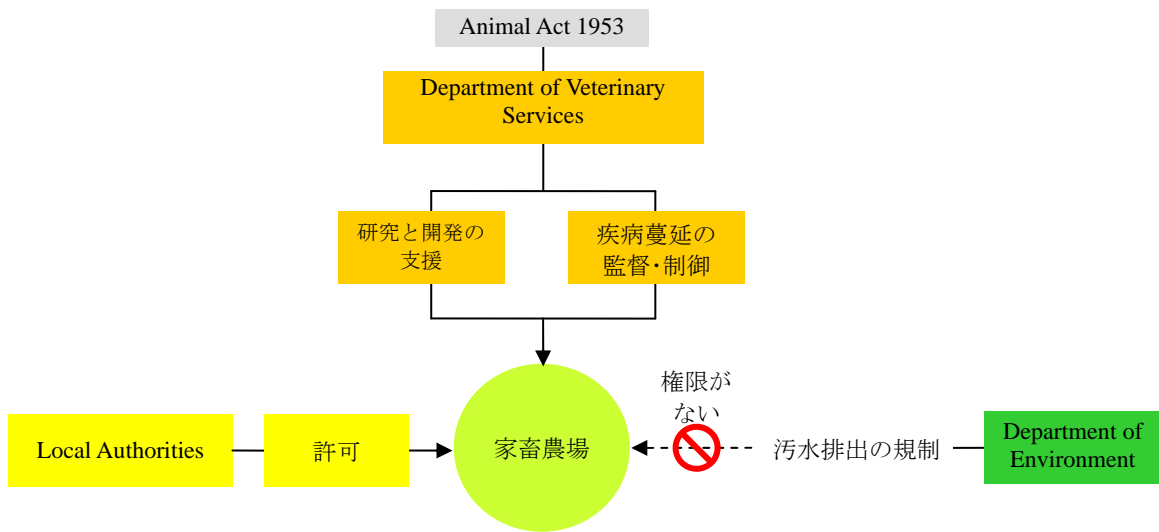


図 2.6.8 畜産の管理体制

(5) 農業および森林伐採

大規模農園開発と森林伐採が河川への土砂流入の主な原因のひとつである。農園開発のもうひとつの懸念は農薬や肥料の流出である。大規模農園を開発するためにはEIAが必要になるので、業者は厳密な環境規制を守らなければならないが、小規模農業での農薬使用は規制されていない。パハン流域での農薬流出についての大きな課題はCameran Highlandsでの菜園からの農薬流出である。この課題について、DOEとそのほかの関係部門は既に調査を行い、取締りなどの監督を実施している。図 2.6.9は農園開発と森林伐採についての環境管理体制を示す。



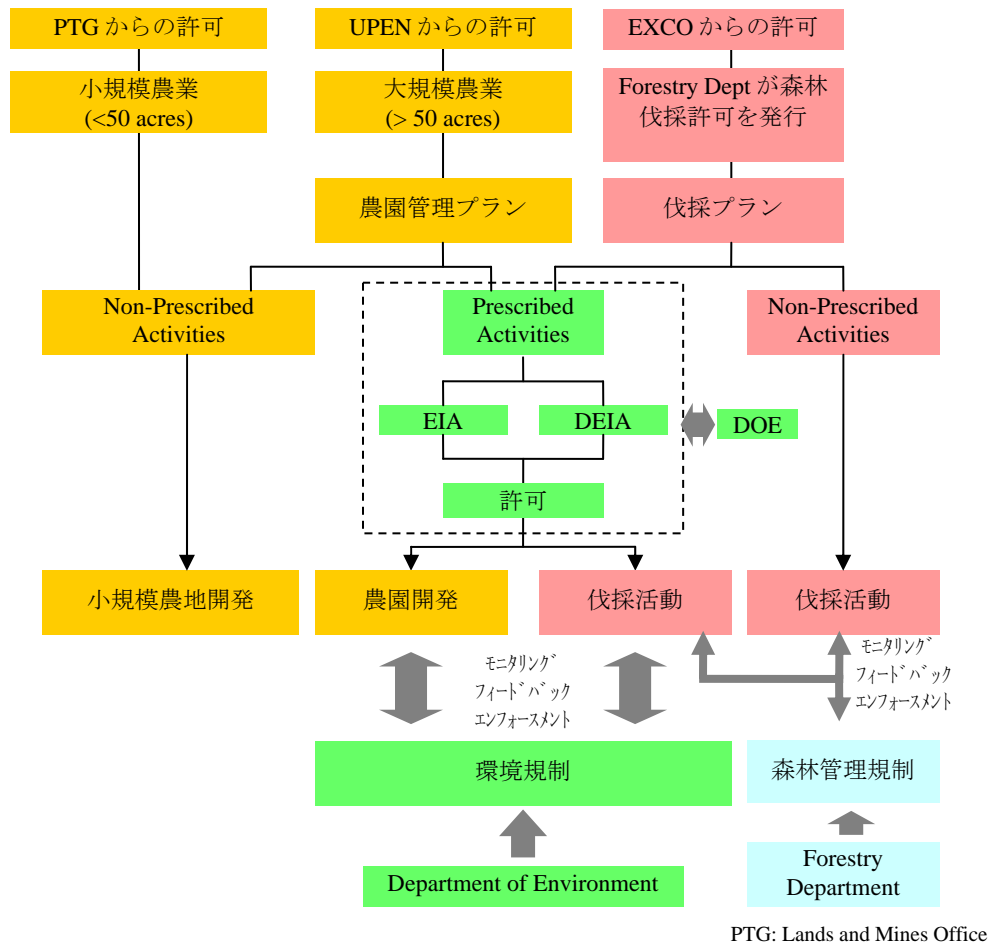


図 2.6.9 農園開発と森林伐採についての環境管理体制

## (6) 砂利採取

パハン川で砂利採取が行われている。砂利採取は河床上昇を防ぐ一助になるが、不適切な作業管理は河川環境への悪影響につながる可能性がある。50ヘクタール以上の砂利採取には、Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987によるEIAが必要になる。しかし、パハン川流域内の砂利採取事業のほとんどが50ヘクタール以下となっているため、ほとんどEIAが実施されていない状況である。砂利採取についての環境管理体制を図2.6.10に示す。

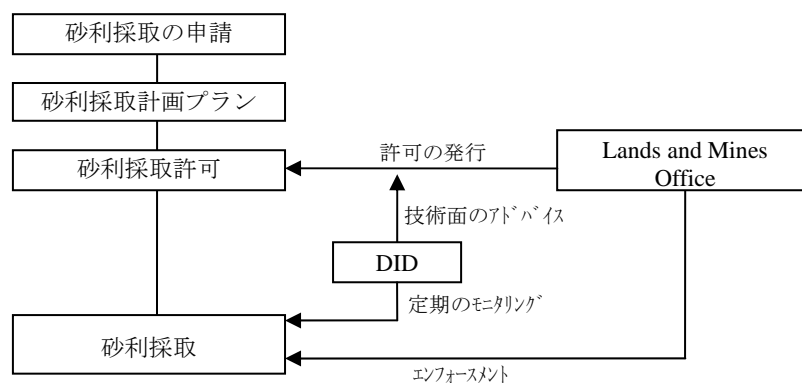


図 2.6.10 砂利採取の環境管理体制

## (7) その他の汚濁発生源

これまで(1)~(6)に6つの主要な河川汚濁発生源を詳述したが、さらに、例えばウェットマーケット（市場）やレストランや屋台からの汚水排出、自動車修理工場や建設工事現場からの廃油処分等ほかにも汚濁発生源は多い。本報告書に詳しく触れていないが、これらの課題は既に Environment Working Group 会議で議論している。IRBMプランを作成する時には、これらの課題を考慮に入れる必要がある。

## 2.7 土地利用

表 2.7.1 に示すように、マレーシアにおける土地利用計画は3つのレベルの行政で実施される。中央政府レベルでは National Physical Plan によって半島マレーシア全体の土地計画が実施され、州レベルと District レベルではそれぞれ Structure Plan および Local Plan に基づいて行われる。

表 2.7.1 マレーシアの土地計画体制

レベル	Plan	Responsible Agency
全国	National Physical Plan	JPBD
州	Structure Plans	JPBD
District/Local Authority Area	Local Plans	JPBD/LA

JPBD: Town and Country Planning Department; LA: Local Authority

### 2.7.1 地域開発

パハン川流域の地域開発は主に National Physical Plan、National Urbanization Policy、Pahang と Negeri Sembilan の各州の Structure Plan によって実施されている。これらのプランによると、今後10年から15年間では農業がパハン川流域の主要な開発セクターとして継続すると予想できる。2000年の土地利用図を見ると、農地は流域全体の約3割を占めるが、2020年には40%に増加すると見込まれている。農地のほか、流域の大部分は環境保全や観光のために保護されている。主な国立公園や特別保護地区は Taman Negara、Tasik Chini、Tasik Bera wetlands および Krau reserve である（1.7節参照）。都市開発については、Pekan、Maran、Bandar Jengka、Bera、Kuala Lipis、Bentong、Raub、Tanah Rata、Bahau の既存の開発重点地区以外に、Temerloh-Mentakab 地域および Pekan 地域が中規模開発地区になると見込まれている。

#### (1) 開発重点地区

図 2.7.1 は半島マレーシアの地域開発傾向を示す（National Physical Plan, 2005）。パハン川流域内では、前述のように、Temerloh-Mentakab 地域および Pekan 地域がこれから開発重点地区として発展すると見込まれている。



出典: National Physical Plan, 2005

図 2.7.1 マレー半島の地域開発傾向

## (2) 都市開発階層 (Urban Hierarchy)

National Physical PlanとNational Urbanization Policyはマレー半島の全ての都市・市を5レベルに分けている。パハン川流域内では、図 2.7.2に示すように、パハン川流域には、3つのレベルの都市・市があり (Sub-Regional Center、Major Settlement Center、Minor Settlement Center)、それぞれその都市機能 (urban function) に応じて様々な施設を開発・提供することになっている (詳細は National Urban Policyを参照)。



出典: Rancangan Struktur Negeri Sembilan 2001-2020, Rancangan Struktur Negeri Johor 2020

図 2.7.2 都市開発階層

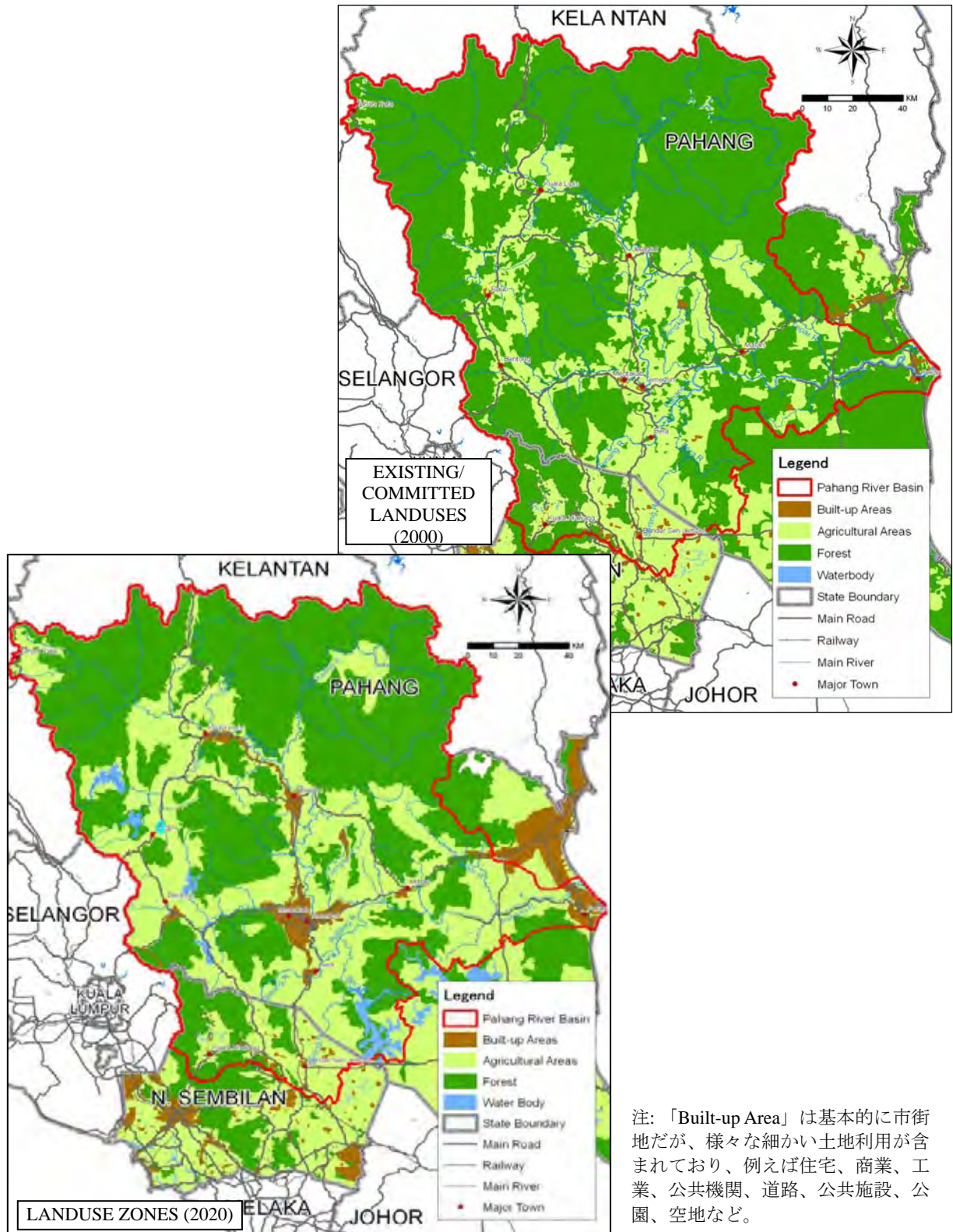
### 2.7.2 パハン川流域内の土地利用

図 2.7.2はパハン流域内の土地利用を示す。表 2.7.2に 2000年と 2020年の土地利用の変化をまとめる。

表 2.7.2 2000年と 2020年のパハン川流域土地利用内訳

土地利用分類	既存・既定 (2000年)		将来 (2020年)	
	面積 (km <sup>2</sup> )	%	面積 (km <sup>2</sup> )	%
市街地 (Built-up areas)	242	0.8	1456	5.1
農地	8108	28.2	11224	39.0
森林	20285	70.5	15648	54.4
水面 (water body)	135	0.5	442	1.5
合計	28770	100.0	28770	100.0

出典: Pahang and Negeri Sembilan Structure Plans (with some changes according to the respective local plans)



出典: Pahang and Negeri Sembilan Structure Plans (with some changes according to the respective local plans)

図 2.7.3 2000年と2020年のパハン川流域土地利用図

### 2.7.3 河川区域 (River Reserve)

「River Reserve」とは、National Land Code の Section 62 によって、河川区域として自然河川の両側に保留すべき土地であり、その目的は下記のとおりである：

- 洪水氾濫の緩衝地帯
- 河川改修などの公的な施設の整備
- 自然環境の保全

#### (1) 河川区域の幅

DID Manualは下記の河川区域の幅を提案する。

表 2.7.3 河川区域の横幅

川幅	各川岸の最小河川区域幅
> 40 m	50 m
30-40 m	40 m
20-30 m	30 m
10-20 m	20 m
5-10 m	10 m
< 5 m	5 m

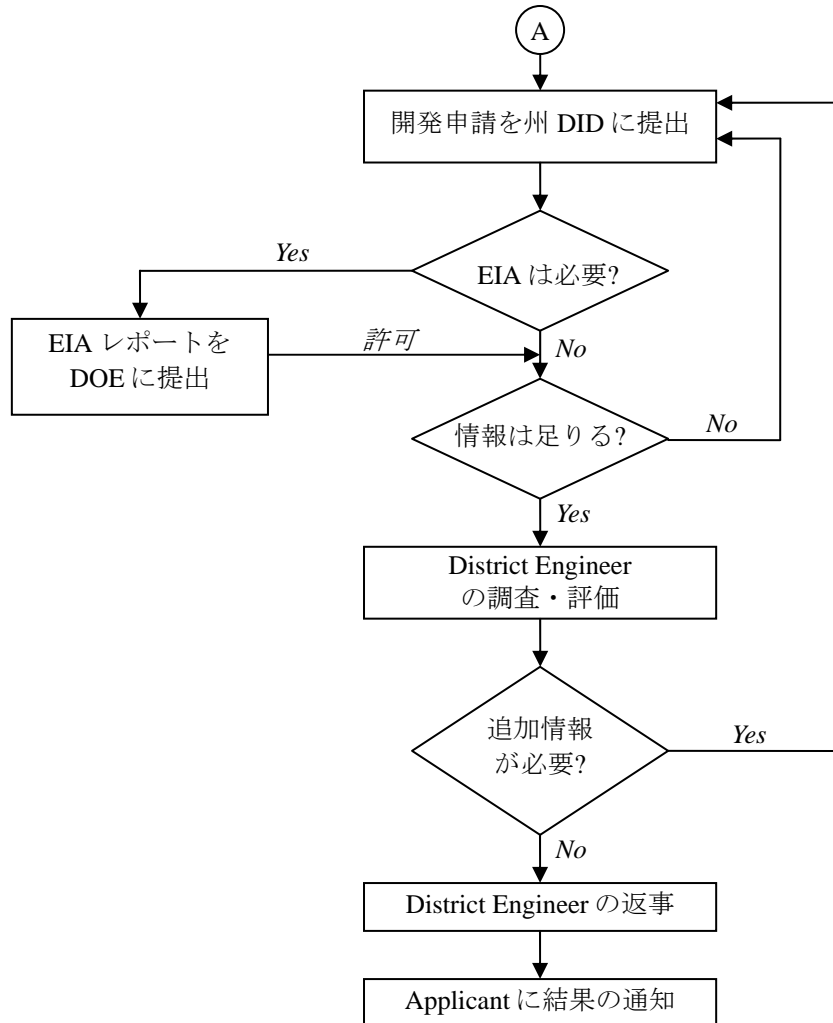
#### (2) 河川区域の公告 (Gazette)

河川区域が法的に認識されるために、National Land CodeのSubsection 62で公告する (gazette) 必要がある。DIDは公告した河川区域の利用上の完全な法的権限を有する。

DIDによると、いまのところSubsection 62による河川区域のgazetteは実施されていない。Subsection13によるgazetteがPahang, JohorおよびSelangor(Klamg Riverのみ)においてのみ実施されているが、Subsection62に比べると位置情報等が明確に示されていない。このため河道が私有地に流れる状況や、河道改修事業の実施の妨げ等の問題を引き起こしている。

#### (3) 河川区域内の開発

河川区域を開発するためには、通常の開発と違って厳密な手順が必要になる。図 2.7.4にその開発手順を示す (詳細は「Pembangunan Melibatkan Sungai dan Rizab Sungai, Garis Panduan DID Bil.1 Tahun 2000」を参照)。



出典：Pembangunan Melibatkan Sungai dan Rizab Sungai, Garis Panduan DID Bil.1 Tahun 2000

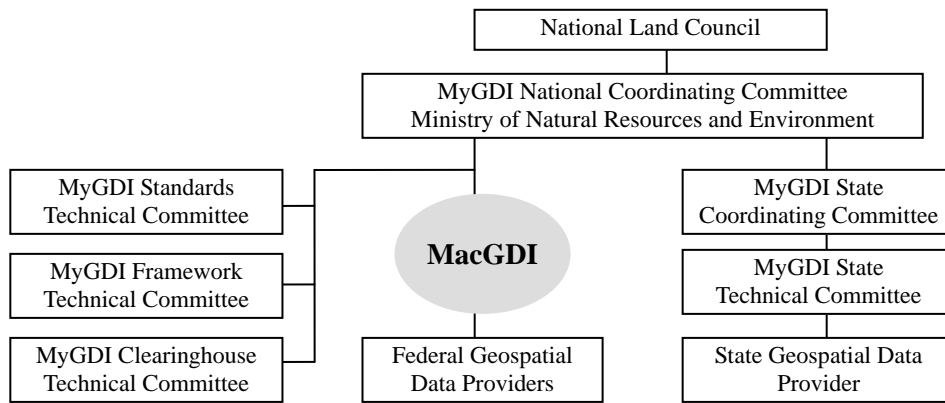
図 2.7.4 河川区域の開発申請手順

## 2.8 流域情報管理

IRBM を実施するためには、複数の関係機関による協働が必要である。効率的な IRBM を実施するために必要な前提条件のひとつは、流域内の全ての関連機関が共有できる包括的かつ効率的な河川流域の情報管理システムの構築である。

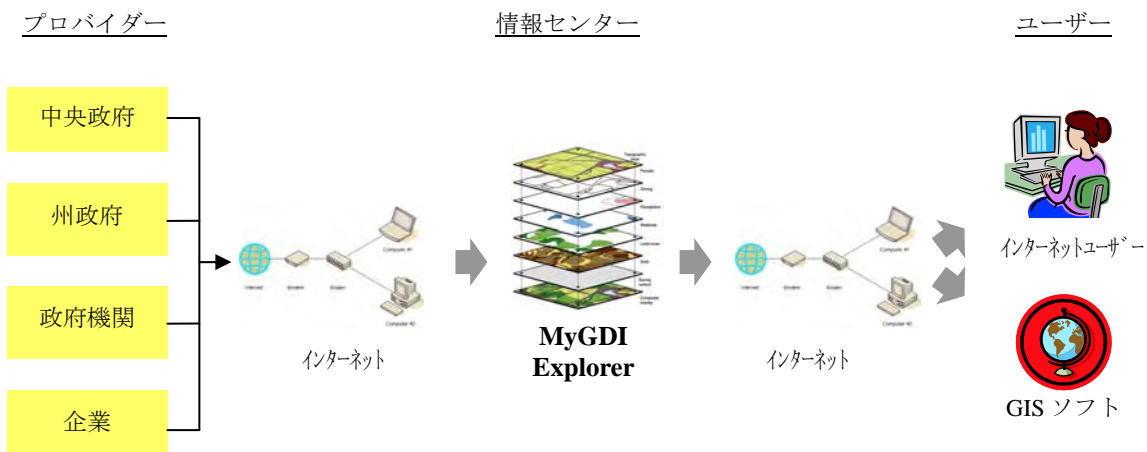
### 2.8.1 全国空間データ基盤 (National Spatial Data Infrastructure)

開発計画に資する空間データを提供するために、マレーシア政府は空間データ基盤 (MyGDI) の開発を開始している。Ministry of Natural Resources and Environment の傘下の Malaysian Center for Geospatial Data Infrastructure (MaCGDI) という組織が全国空間データ基盤 (MyGDI) の開発を担当している。図 2.8.1 は MaCGDI の位置付けを示す。図 2.8.2 に示すように、MaCGDI は様々な関連機関の GIS データベースの情報センターとして機能している。



出典: MaCGDI, 2009

図 2.8.1 MaCGDI の位置付け



出典: MaCGDI, 2009

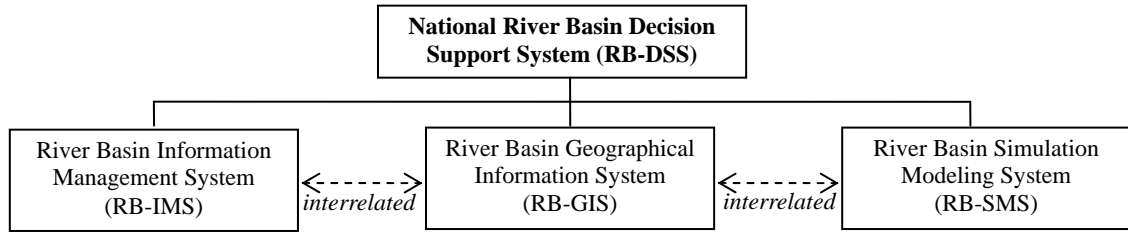
図 2.8.2 MaCGDI の GIS データベース管理概念

### 2.8.2 DID の流域情報システム (River Basin Information System, RBIS)

2001年に、DIDはNational Register of River Basins Study (RRB1)という調査を実施した。その調査は、IRBMを促進するために、National River Basin Decision Support System (RB-DSS)という情報システムを提案するものである。図 2.8.3に示すように、RB-DSSは下記の3つのコンポーネントで構成される(図 2.8.3参照)。

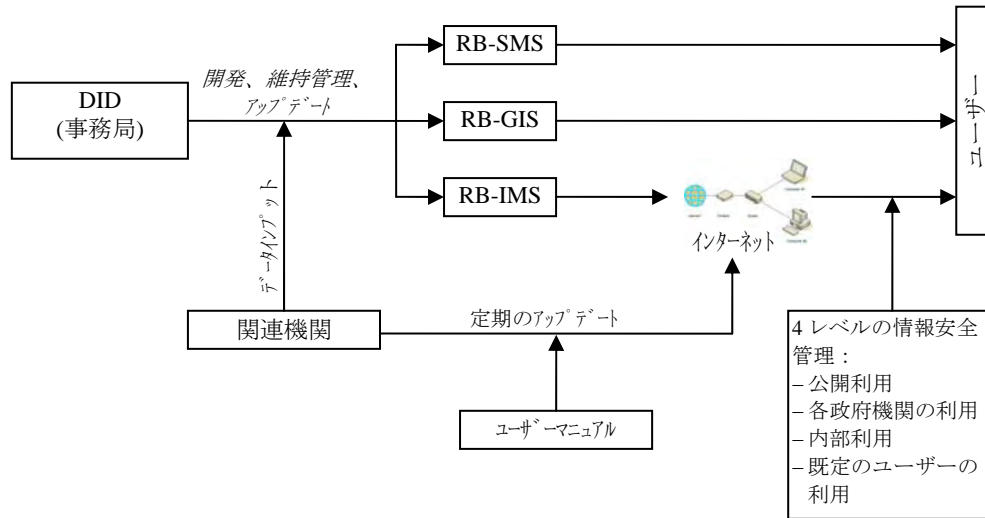
- River Basin Information Management System (RB-IMS)
- River Basin Geographical Information System (RB-GIS)
- River Basin Simulation Modeling System (RB-SMS)





Source: MaCGDI, 2009

図 2.8.3 RB-DSS の構成



出典: MaCGDI, 2009

図 2.8.4 RB-DSS の仕組み

今の時点で第2段階の National Register of River Basins Study 調査はまだ実施中であるが、ウェブベースの RB-IMS (RBIS という情報システム) は既に DID 内部のネットワーク上実験的に公開されている。RBIS の主な内容は下記のとおりである。

表 2.8.1 RBIS の内容

情報分類	説明
行政境界	行政境界、流域・小流域界
試練管理政策、ガイドライン	水資源と土地資源管理の関連政策とガイドライン
行政単位の政策、ガイドライン	各行政単位（例えば州、District、Local Authority など）の関連法律、規定、ガイドラインなど
行政体制	各行政単位や流域の関連機関
コミュニティステークホルダー	各行政単位や流域のコミュニティステークホルダー
環境	自然環境、経済環境および社会環境のデータベース
IRBM の課題	各行政単位や流域の IRBM 上の課題
IRBM の目的	各行政単位や流域の IRBM 目的
IRBM プログラム	上記の課題と目的に対するプログラム
モニタリング、エンフォースメント	上記のプログラムのモニタリングと実施機関
教育、啓発	各行政単位や流域の教育と啓発活動
研究と開発	各行政単位や流域の研究と開発プログラム
緊急対応	各行政単位や流域の緊急対応策
予算、資金	各行政単位や流域の予算と IRBM プログラムの実施資金
資料管理	関連調査の資料
レビュー	各 IRBM プログラムの実施・効果についてのレビュー結果



### 第3章 気候変動による影響解析

#### 3.1 背景

地球温暖化に伴う気候変動は、今日世界中の人々が共有すべき重大な課題となってきた。気候変動の政府間パネル（IPCC）によって2007年に発表された第4次評価報告書（AR4）は、表3.1.1に示すようにより現実的な変化を示している。

アジア地域では、とくに海岸や低地において、海面上昇や頻度や強度が増す豪雨の影響で洪水、高潮やその他の災害の頻度や強度が増加するものと予測されている。また降雨の変動の増加により、深刻な干ばつも増えるものと予測されている。気候変動は、人類が適切に対処しない限り、生態系、水資源、食糧、産業、健康だけでなく人間の生命をも危うくさせかねない。

表 3.1.1 AR4 によるアジア地域への気候変動インパクト予測

項目	予測
水賦存量	中央アジア、南アジア、東アジア及び東南アジアにおける淡水の利用可能性は、特に大河川の集水域において、気候変化によって減少する可能性が高い。このことは、人口増と生活水準の向上とあいまって、2050年代までに10億人以上の人々に悪影響を与え得る。
洪水	沿岸地域、とりわけ、南アジア、東アジア及び南東アジアの人口が密集しているメガデルタ地帯は、高潮（いくつかのメガデルタでは河川からの洪水）の増加に起因して、最も高いリスクに直面すると予測される。
天然資源及び環境	気候変化は、急速な都市化、工業化及び経済成長と相まって、自然資源と環境への圧力を構成するものであり、アジアのほとんどの途上国の持続可能な開発を侵害すると予測される。
風土病罹患率および死亡率	東アジア、東南アジアにおいて、水文サイクルの変化により洪水や干ばつに伴う下痢性の疾病による風土病罹患率や死亡率が増加する。

出典: “Climate Change 2007: Synthesis Report, IPCC”

AR4は、これらのインパクトに対処するためには緩和策と同様に適応策が重要であると述べている。それは、温室効果ガスの削減を中心とした緩和策には限度があり、緩和策が実施されてもここ数世紀はインパクトは続けて影響を及ぼすであろうからである。一方、マレーシア政府は、第10次マレーシアプランにおいて、経済成長と発展要因を守るための適応策と温室効果ガスの排出を減らす緩和策の2元的な戦略を採ることを明言している。

本調査では、IPCCの提言やマレーシアでの政策に沿って、特に洪水対策を中心に予測される気候変動影響への対策について提案を行う。そこで、まず、観測された気象・水文データを分析した上で、国内外の気候変動モデル結果を用いてパハン川流域での気候変動の影響について評価する。

#### 3.2 観測結果の分析

ここでは、気候変動に関する影響を明らかにすることを目的として、以下の観測データについて分析を行った。

- 気温
- 降雨
- 潮位

本検討に利用したMMDの気象観測所およびDIDの水文観測所を図3.2.1に示す。

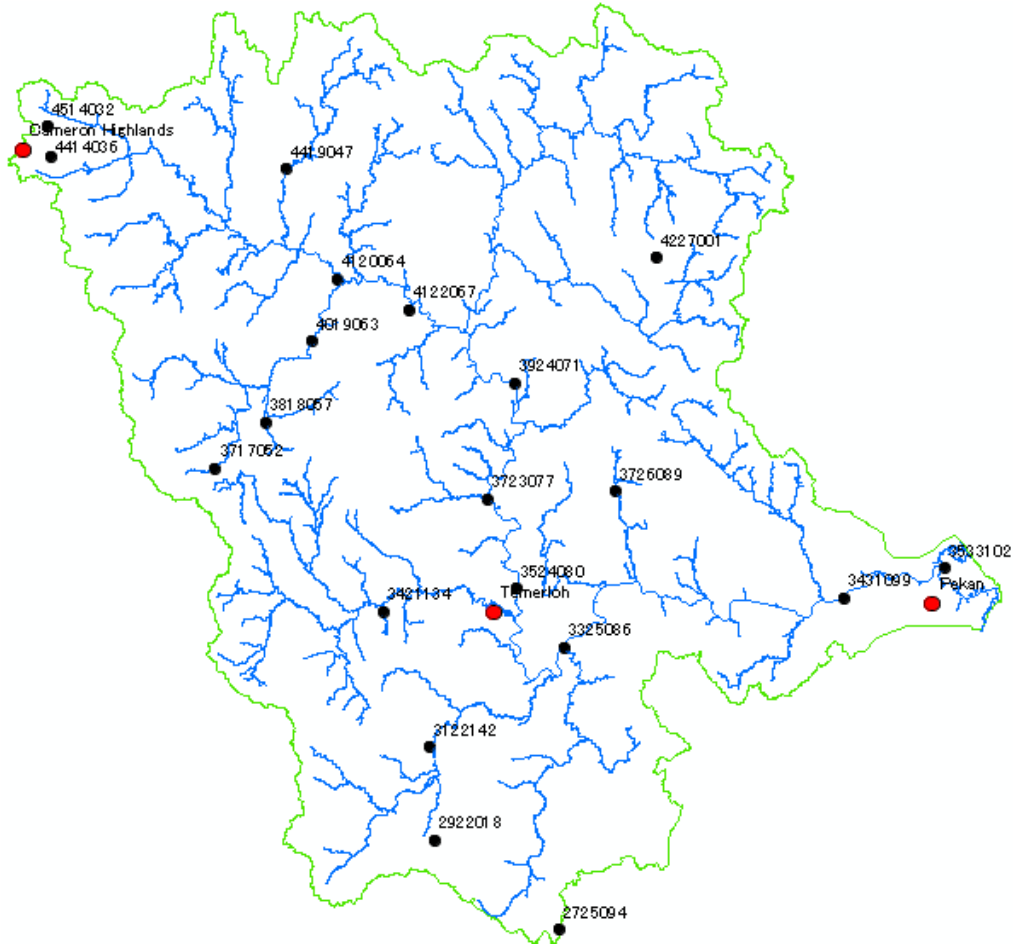


図 3.2.1 気象観測所、水文観測所位置図

### 3.2.1 気温データ

図 3.2.2 に Cameron Highlands、Temerloh、Pekan、Kuala Pilah の月平均気温データとその 5 年移動平均値、回帰直線を示す。図にみられるように、Temerloh、Pekan では気温に上昇する傾向がみられるが、その勾配はそれぞれ  $0.013^{\circ}\text{C}/\text{year}$ 、 $0.034^{\circ}\text{C}/\text{year}$  である。しかし、Cameron Highlands の気温に顕著な傾向はみられない。

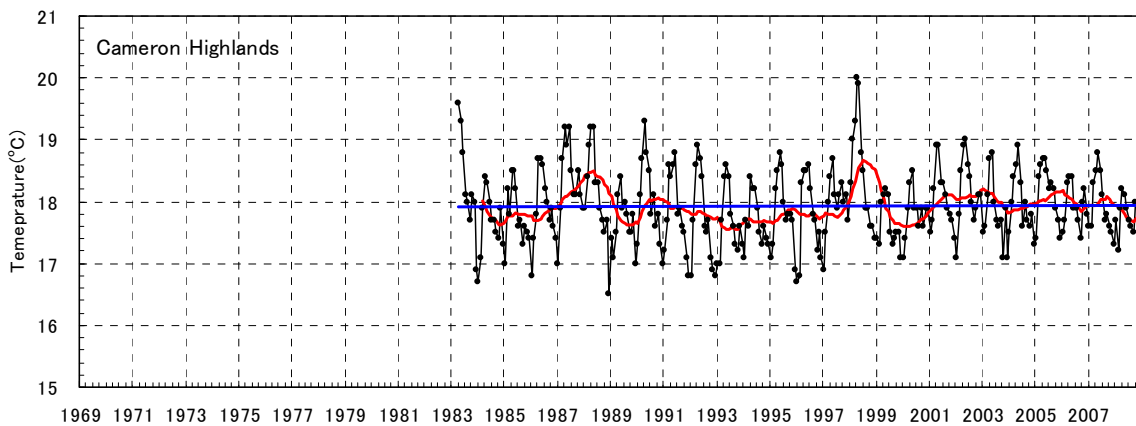


図 3.2.2(1) 気温観測値

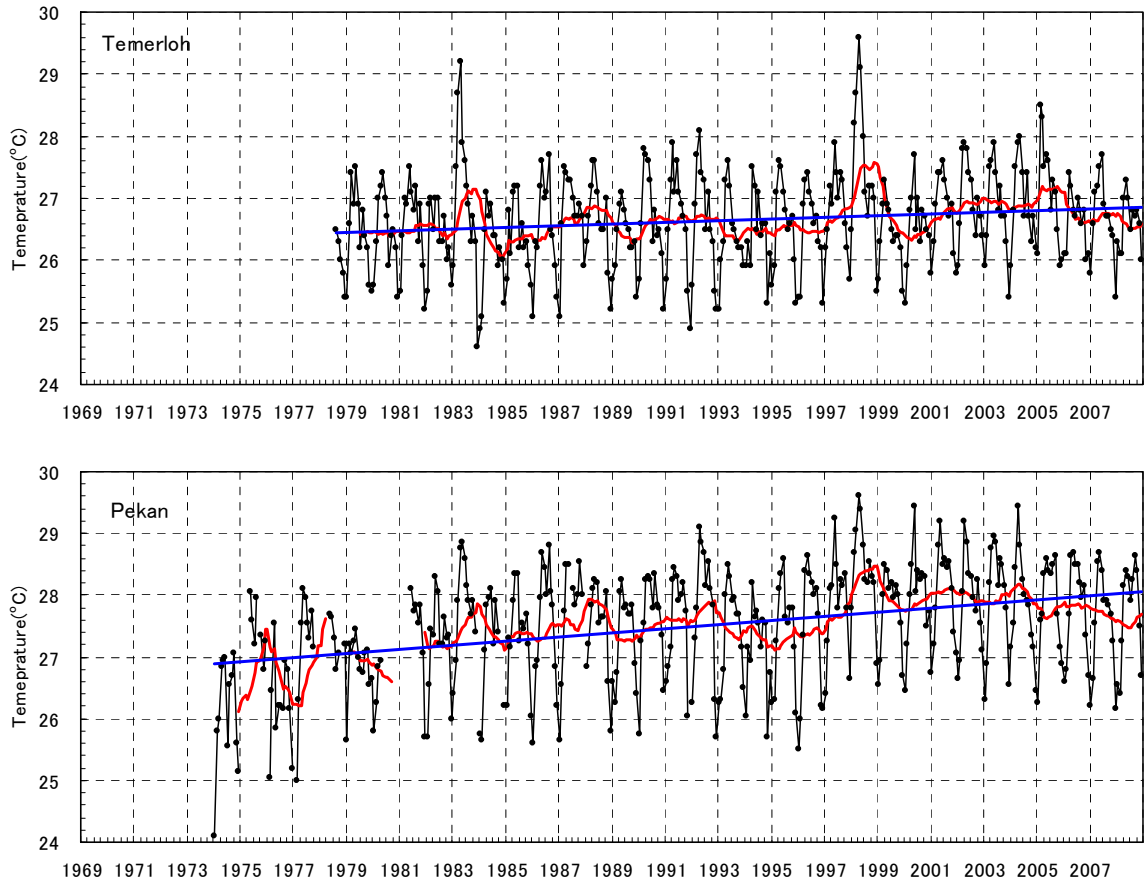


図 3.2.2 (2) 気温観測値

図 3.2.3は、1989-1998年と1999-2008年のデータから、両者の月平均気温を比較した結果である。この図から、Pekanの気温は全ての月において気温が上昇している傾向がみられる。Cameron Highlands、Temerlohでは11月、12月に顕著な上昇がみられる。

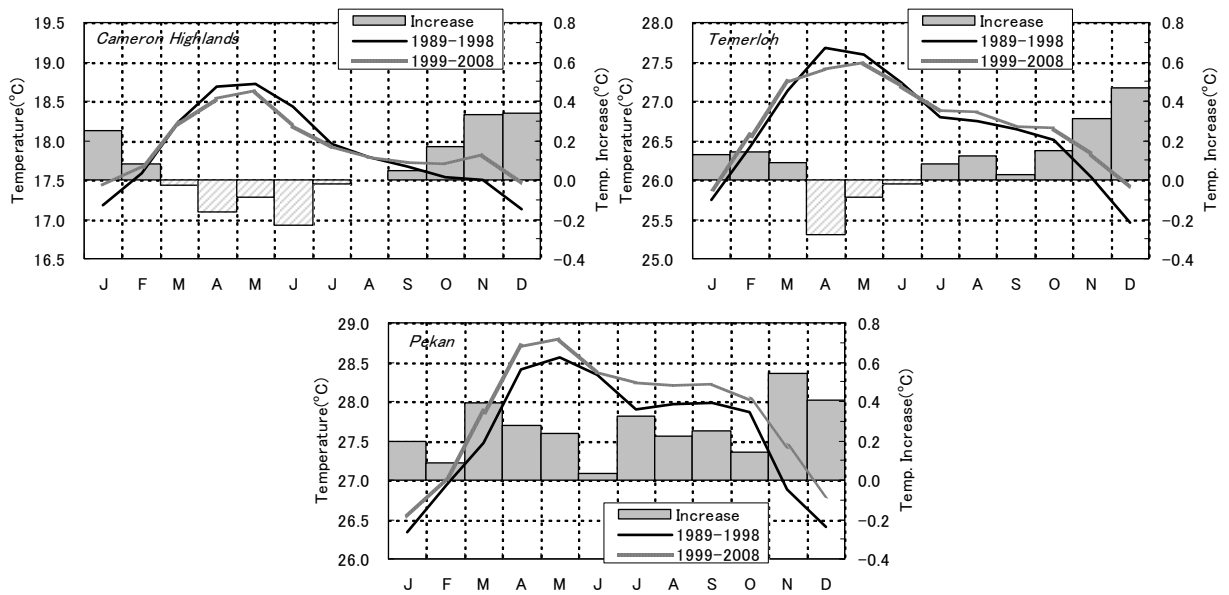
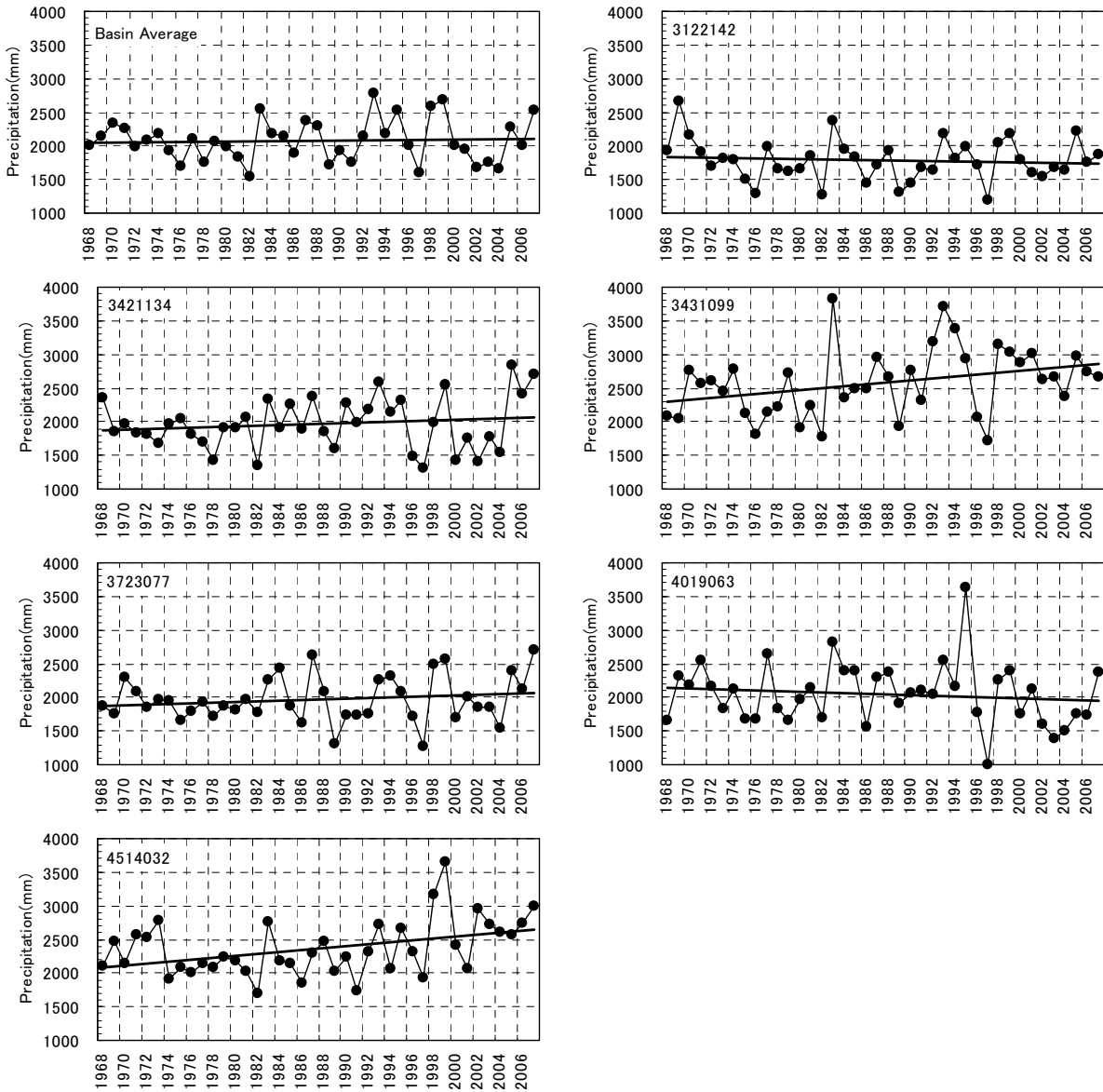


図 3.2.3 1989-1998 と 1999-2008 の月別平均気温

### 3.2.2 降雨データ

#### (1) 年降雨量

図 3.2.4に示すように、パハン川における流域平均の年降雨量には顕著な傾向がみられない。しかし、地点3431099、4514032では増加傾向がみられる。



\*Hydrological year: July until June next year

図 3.2.4 年降雨量観測値

図 3.2.5は1969-1988年、1989-2008年から求めた月降雨量と両者の差を求めたものである。図から、全ての地点において雨季である12月の降雨量に増加がみられる。

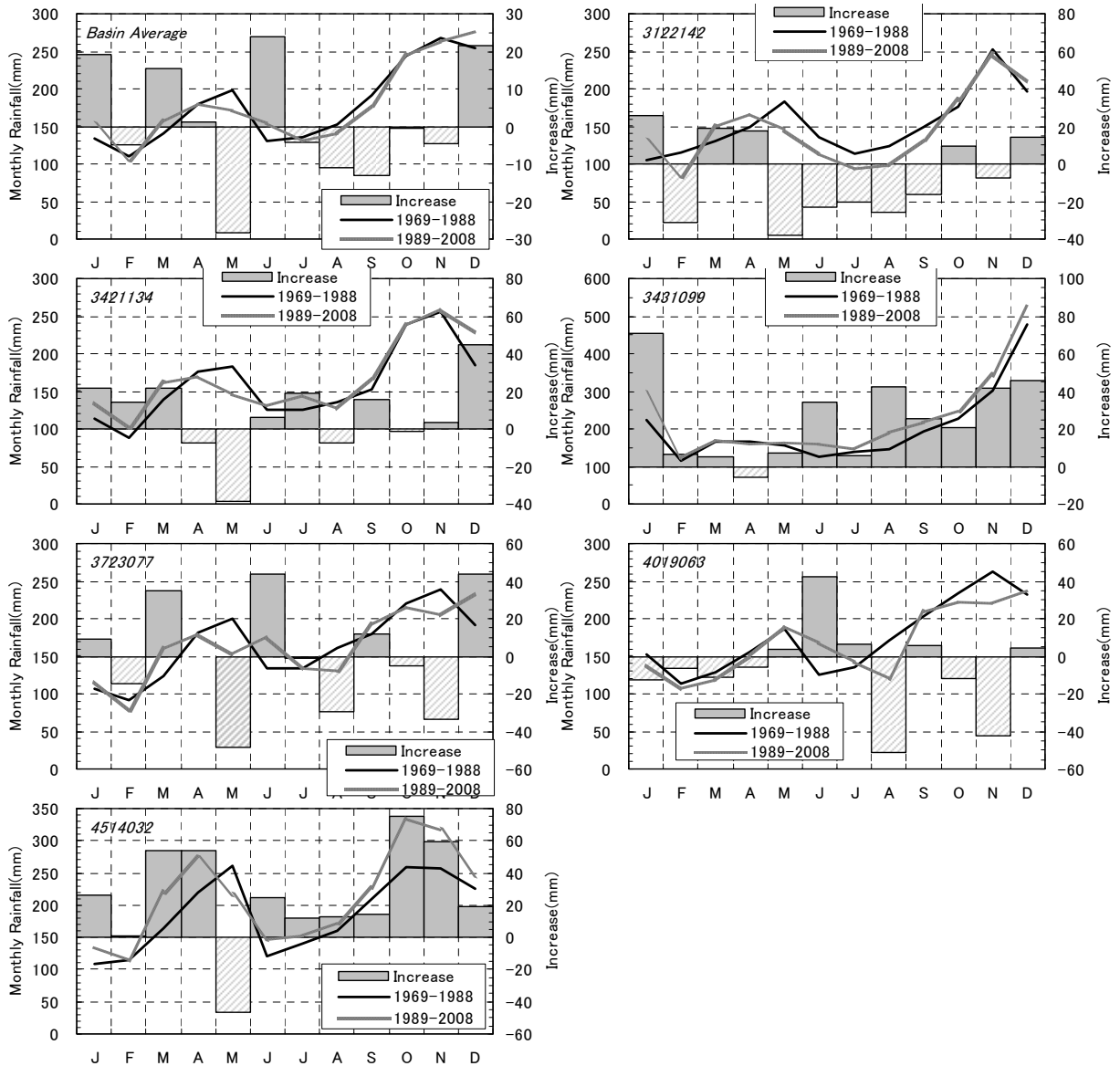


図 3.2.5 1989-1998 と 1999-2008 の月平均降雨量

(2) 降雨イベント

図 3.2.6は過去40年のデータから、日降雨量が50mmを超える日数を示したものである。地点 3431099、4514032では、1968-1977年と比較して1998-2007年にイベント数の増加がみられるが、その他の地点については顕著な傾向がみられない。

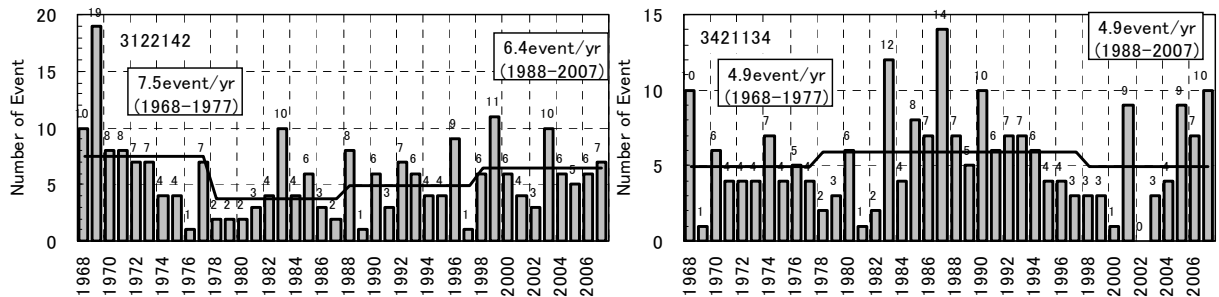
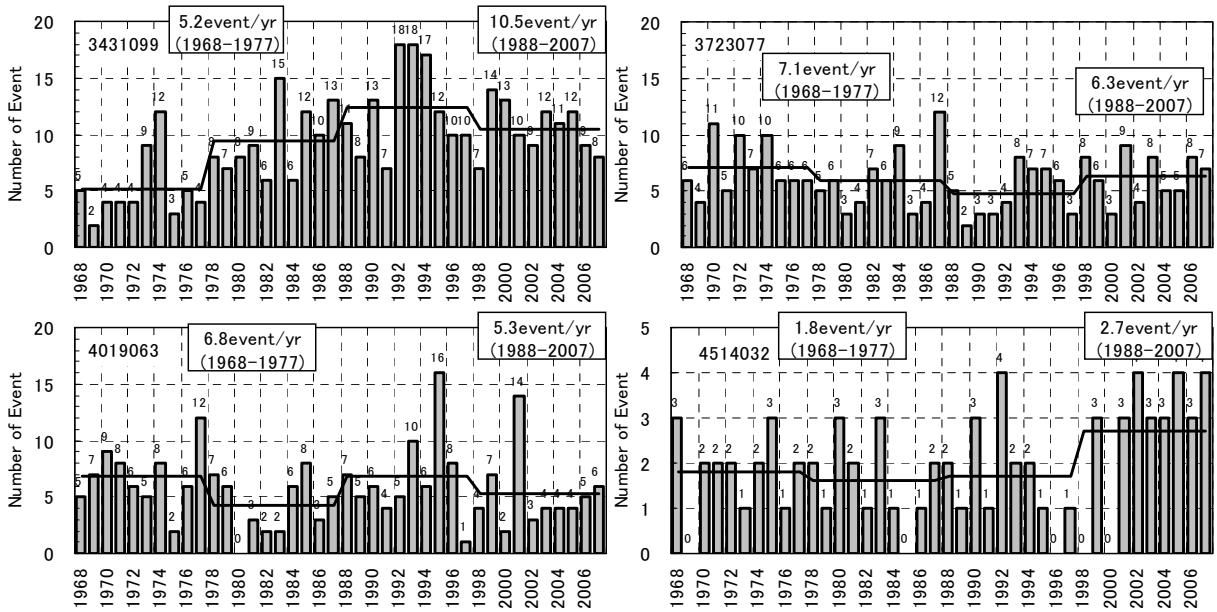


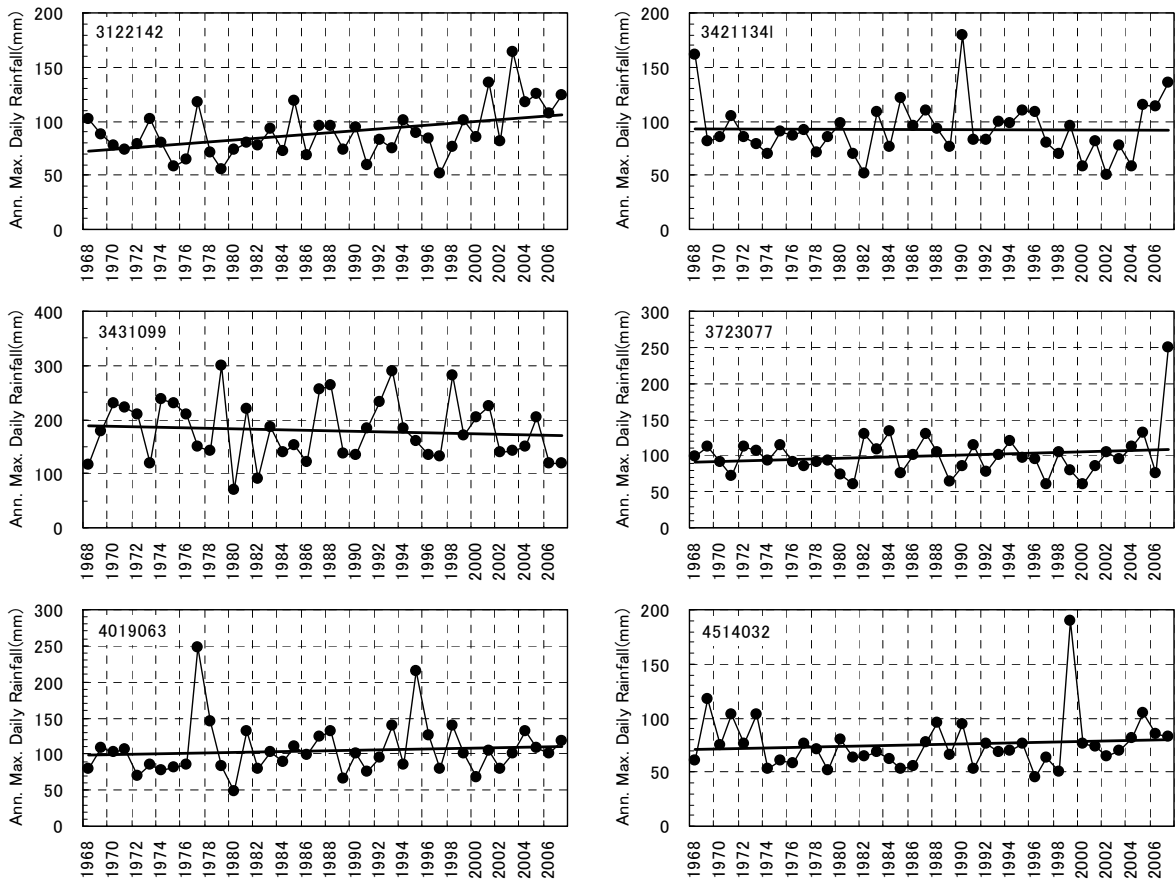
図 3.2.6(1) 日雨量 50mm を超える日数



\*Hydrological year: July until June next year

図 3.2.6(2) 日雨量 50mm を超える日数

図 3.2.7 から、地点 3122142 と 3723077 では、1968-2007 年にかけて、年最大日雨量に増加傾向がみられる。



\*Hydrological year: July until June next year

図 3.2.7 年最大日雨量



## (3) 連続無降雨日数

ここでは、日雨量1mm未満の日を無降雨日として、連続無降雨日数を求めた。図 3.2.8はその結果であるが、地点34211341に減少傾向が認められる以外は、いずれの地点でも増加傾向あるいは顕著な傾向がみられない状況である。

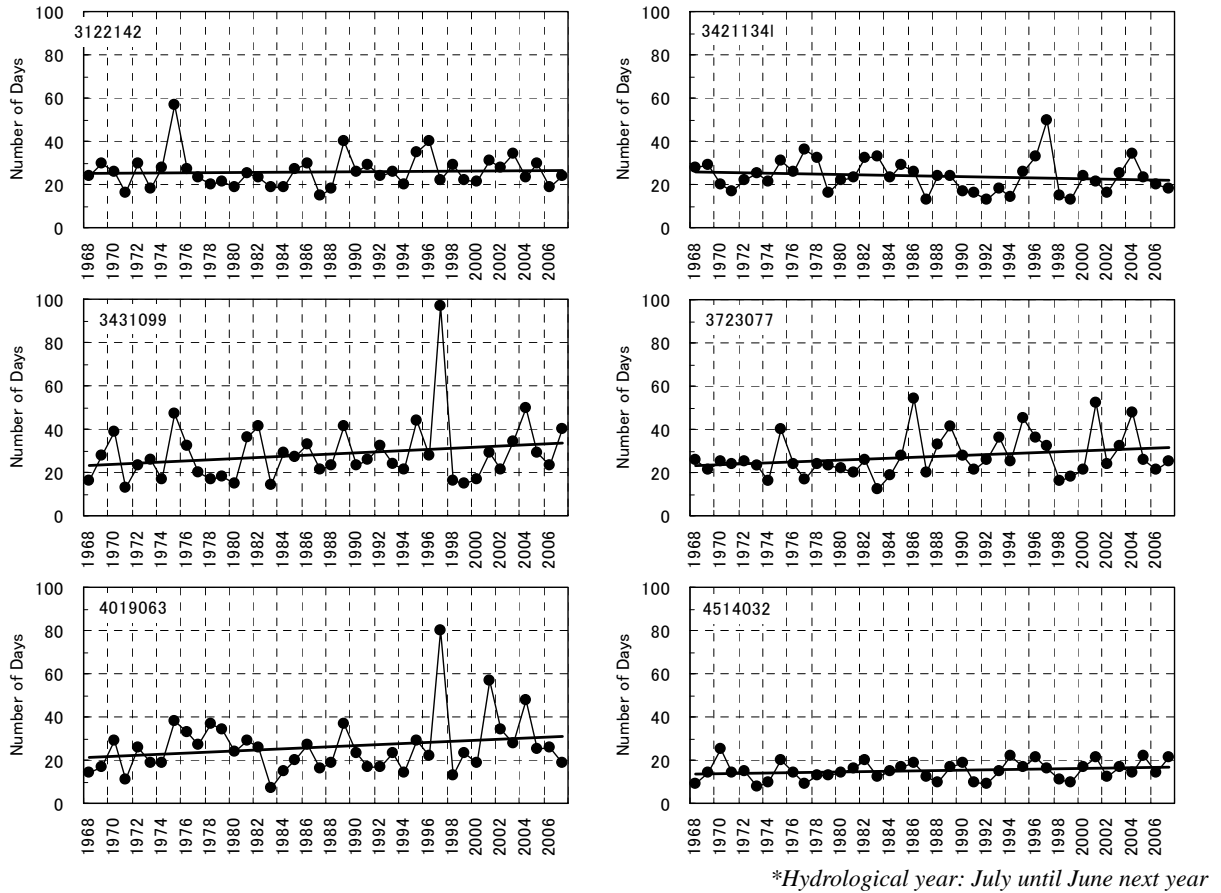


図 3.2.8 年最大連続無降雨日数

## 3.2.3 潮位データ

図 3.2.9はTanjung Gelangの月平均潮位と1年移動平均、回帰直線を図化したものである。図から、潮位には増加の傾向がみられる。その速度は年間3mm程度であり、1984年以降、現在まで7cmの上昇がみられる。

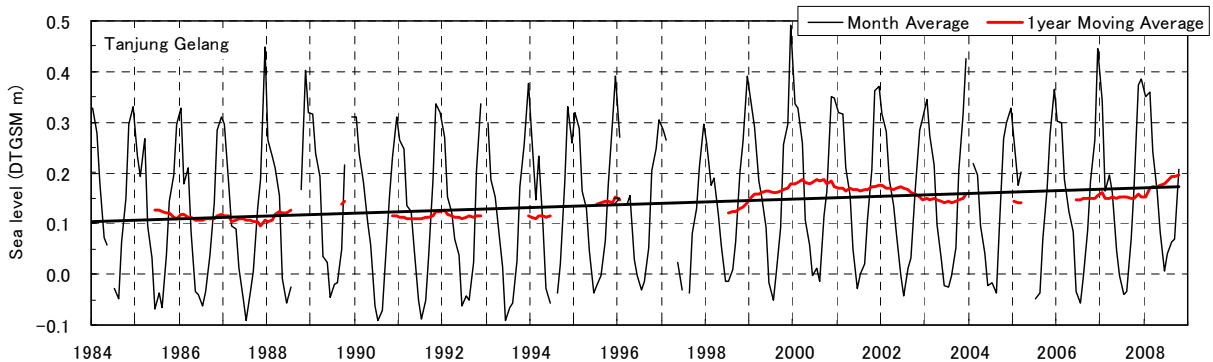


図 3.2.9 Tanjung Gelang における潮位観測値

### 3.2.4 観測データ分析結果の概要

以上の結果から、観測値分析結果の概要を以下に列記する。

- Temerloh、Pekan の気温上昇量はそれぞれ年間 0.013°C および 0.034°C であった。しかし、Cameron Highlands では顕著な傾向がみられなかった。
- パハン川流域の年降雨量には顕著な傾向がみられなかった。
- 年間の日雨量 50mm を超える日数に顕著な傾向はみられなかったものの、いくつかの地点では年最大日雨量には増加傾向がみられたことから、豪雨イベントが増加している可能性がある。
- 年間の連続無降雨日数に顕著な傾向はみられなかった。
- いくつかの地点で、連続無降雨日数に増加傾向がみられた。
- 潮位には増加の傾向がみられ、1984 年以降の上昇速度は年間 3mm 程度である推定された。

### 3.3 利用可能データ

#### 3.3.1 GCM データ

GCM(全球大気循環モデル)は地球全体を対象とした気候モデルであるが、対象地域が大きいことから、空間解像度が比較的粗い。25 個の GCM のうち 19 個のモデルにおいて、21 世紀末までの日出力結果が利用可能である。利用可能なモデル一覧は表 3.3.1 に示すとおりである。

表 3.3.1 GCM の利用可能データ

モデル ID	利用可能データ	
	20C3M*	A1B
BCC-CM1, China		
BCCR-BCM2.0, Norway	1981-1999	2056-2065, 2081-2099
CCSM3, USA	1950-1999	2046-2065, 2080-2099
CGCM3.1(T47), Canada	1961-2000	2046-2065, 2081-2100
CGCM3.1(T63), Canada	1961-2000	2046-2065, 2081-2100
CNRM-CM3, France	1961-2000	2046-2065, 2081-2100
CSIRO-Mk3.0, Australia	1981-2000	2046-2065, 2081-2100
CSIRO-Mk3.5, Australia	1981-2000	2046-2065, 2081-2100
ECHAM5/MPI-OM, Germany	1981-2000	2046-2065, 2081-2100
ECHO-G, Germany/Korea	1959-1998	2043-2062, 2078-2098
FGOALS-g1.0, China		
GFDL-CM2.0, USA	1981-2000	2046-2065, 2081-2100
GFDL-CM2.1, USA	1981-2000	2046-2065, 2081-2100
GISS-AOM, USA	1961-2000	2046-2065, 2081-2100
GISS-EH, USA		
GISS-ER, USA	1961-2000	2046-2065, 2081-2100
INGV-SXG, Italy	1981-2000	2046-2065, 2081-2100
INM-CM3.0, Russia		
IPSL-CM4, France	1961-2000	2045-2064, 2080-2099
MIROC3.2(hires), Japan	1981-2000	2046-2065, 2081-2100
MIROC3.2(medres), Japan	1961-2000	2046-2065, 2081-2100
MRI-CGCM2.3.2, Japan	1981-2000	2046-2065, 2081-2100
PCM, USA	1890-1999	2040-2059, 2080-2099
UKMO-HadCM3, UK		
UKMO-HadGEM1, UK		

\*20 世紀の歴史実験

GCM の結果については、図 3.3.1 に示すように、流域の中心を含むグリッドの日出力値を流域の代表値として抽出することとした。

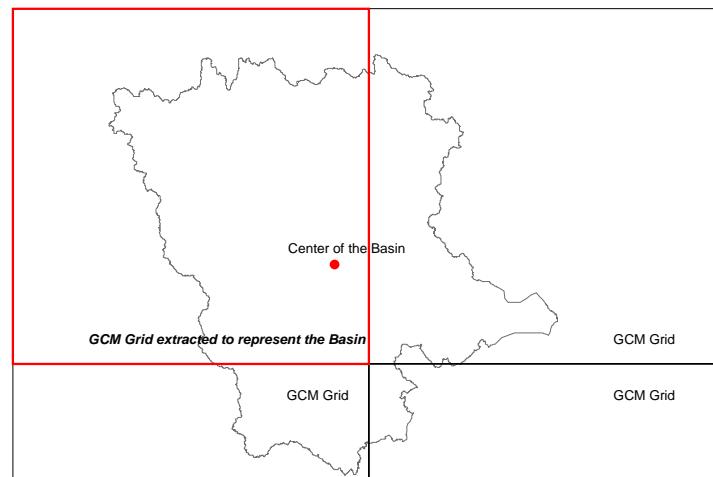


図 3.3.1 使用するグリッドのイメージ図

### 3.3.2 RCM データ

上記の GCM による結果に加え、マレーシアでは NAHRIM と University of California によって 9km グリッドの RCM である RegHCM-PM が開発されている。また、MMD では英国 Hadley Centre の PRECIS を活用し、東南アジア全域を対象に 50km グリッドの RCM を構築している。それぞれの利用可能なデータは表 3.3.2 の通りである。

表 3.3.2 RCM の利用可能データ

<p><b>RegHCM-PM (NAHRIM)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 歴史実験計算機期間：1984-1993</li> <li>- シナリオ：IS92a</li> <li>- 予測期間：2026-2035, 2041-2050</li> <li>- 対象地域：マレー半島</li> <li>- 空間解像度：9km x 9km</li> <li>- 利用可能出力：降雨量(日出力), 気温(日出力) 他</li> </ul>
<p><b>PRECIS (MMD)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 歴史実験計算機期間：1960-1990</li> <li>- シナリオ：A1B</li> <li>- 予測期間：2001-2099</li> <li>- 対象地域：東南アジア</li> <li>- 空間解像度：50km x 50km</li> <li>- 利用可能出力：降雨量(日出力), 気温(日出力) 他</li> </ul>

本検討では、図 3.3.2 に示すように流域にかかる全てのグリッド出力値を使用することとした。

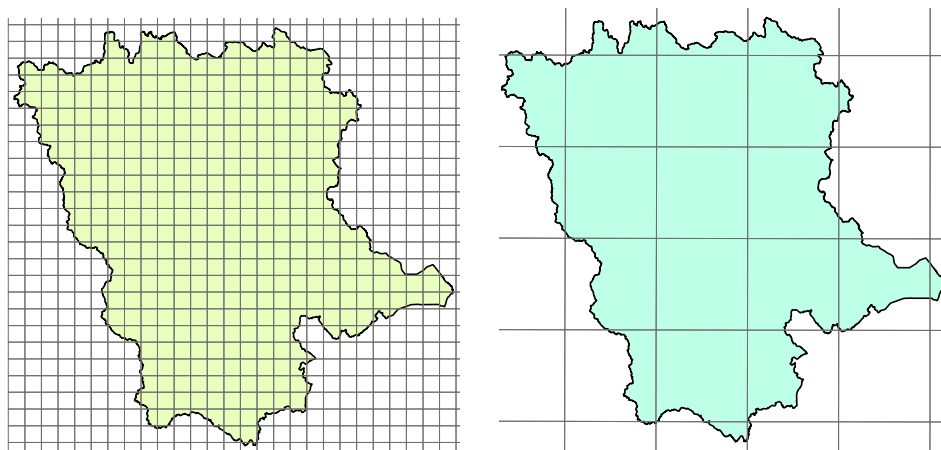


図 3.3.2 RCM のグリッド (左 : RegHCM-PM, 右 : PRECIS)

### 3.3.3 排出シナリオ

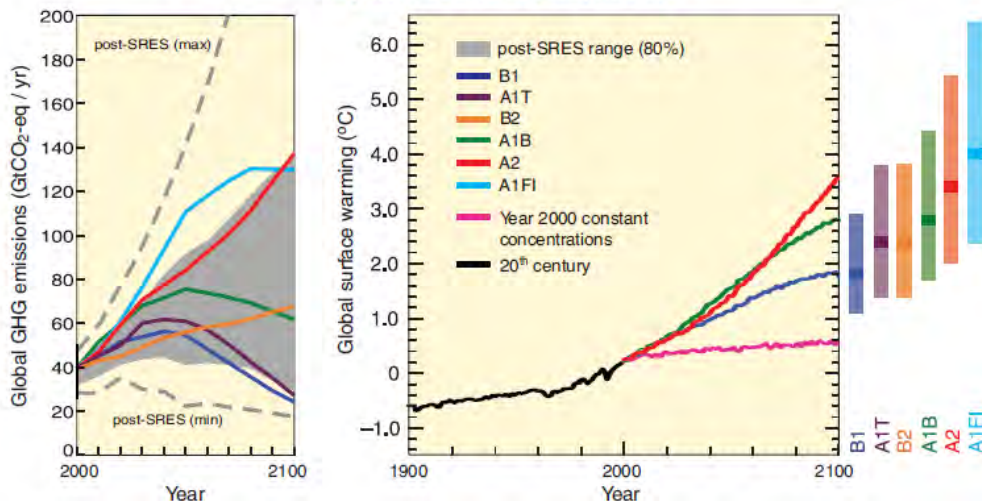
気候変動予測は将来の温室効果ガスの排出のシナリオに因っている。IPCCは第3次評価報告書（排出シナリオに関する特別報告書 – SRES）において、新しい排出シナリオのセットを発表している。このSRESシナリオは、温室効果ガスの生産やエアロゾルの排出を参考として、地球環境における将来の開発の在り様を模索するために開発された。

SRESシナリオ作成チームはまず、温室効果ガスおよびエアロゾルの排出をする外力と21世紀におけるそれらの増加状況の関係を記述して、A1、A2、B1およびB2の4つの筋書きを定義した。それぞれの筋書きは人口、社会、経済、技術および環境の面から不可逆的に分岐していく異なった発展状況を表現している。A1シナリオからは、エネルギー技術の代替案としてさらに3つのシナリオを派生させている：A1FI（化石燃料に集中）、A1T（非化石燃料が主体）およびA1B（バランスのとれたエネルギー源）。これら6つのシナリオを表3.3.3にまとめる。

表 3.3.3 SRES シナリオ

SRES シナリオ	シナリオが想定する世界	技術の方向
A1FI	高度経済成長が続き、世界人口が21世紀半ばにピークに達した後に減少し、新技術や高効率化技術が急速に導入される未来社会を描いている。	化石燃料に集中
A1T		非化石燃料が主体
A1B		バランスのとれたエネルギー源
A2	異種な世界を描いており、世界の人口は増加を続けるが、経済成長や技術変化は他のシナリオに比べ、緩やかである。	
B1	地域間格差が縮小した世界を描いている。人口のシナリオはA1と同様であるが、経済構造はサービス及び情報経済に向かって急速に変化し、物質志向は減少し、クリーンで省資源の技術が導入されるというものである。	
B2	経済、社会及び環境の持続可能性を確保するための地域的対策に重点が置かれる世界を描いている。世界の人口はA2よりも緩やかな速度で増加を続け、経済発展は中間的なレベルに止まる。	

本調査では、AR4で使用された大気循環モデル(GCM)および、マレーシアで構築された地域気候モデル(RCM)の中位シナリオであるA1Bシナリオ条件下の結果をもとに、当該流域への気候変動の影響分析を行う。また、NAHRIMのRegHCM-PMについては、IS92a<sup>1</sup>のみ使用可能であることから、これを使用することとする。なお、図3.3.3のように、いずれのシナリオにおいても2050年までは気温予測値にそれほど大きな違いはみられない。



Source: IPCC, 第4次評価報告書

図 3.3.3 2000-2100年の温室効果ガス排出量と地表面気温予測値

<sup>1</sup> IS92a: a 'business-as-usual' type scenario, had been in wide use by the climate modelling and vulnerability, impacts and adaptation communities, but the SRES scenarios are now commonly used.

### 3.4 気候変動モデル結果に基づいた影響評価

#### 3.4.1 気温への影響

1991-2000年の10ヵ年平均気温と比較した2001-2100年の気温変化量を図3.4.1、表3.4.1に示す。

パハン川流域の気温変化予測結果では、19のGCM、全ての予測値において気温上昇がみられ、その程度は1991-2000年の10ヵ年平均値と比較して2046-2055の平均値で0.9-3.0℃、2086-2095年の平均値で1.6-4.7℃である。RegHCM-PMとPRECISもGCMと同様の傾向を示している。

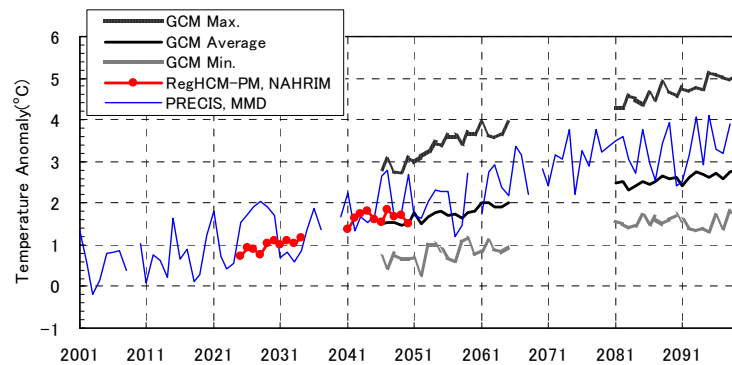


図 3.4.1 パハン川流域の気温変化予測結果時系列

表 3.4.1 パハン川流域の気温変化予測結果

モデル	1991-2000と比較した2046-2055*の気温変化量(°C)		2086-2095と比較した2046-2055の気温変化量(°C)	
	平均	範囲	平均	範囲
GCMs	+1.6°C	+0.9-3.0	+2.6°C	+1.6-4.7
RegHCM-PM	+1.6°C	-	-	-
PRECIS	+2.2°C	-	+3.2°C	-

\* RegHCM-PMは2041-2050

\*\* シナリオはA1B。ただし、RegHCM-PMはI92a。

#### 3.4.2 降雨量および蒸発散量への影響

気候変動による降雨量への影響分析に先立ち、GCM結果と実測降雨の比較を行った。比較結果は、図3.4.2のようであり、本検討では計算値と実測値の乖離が大きいモデルの結果を除いて行うこととした。

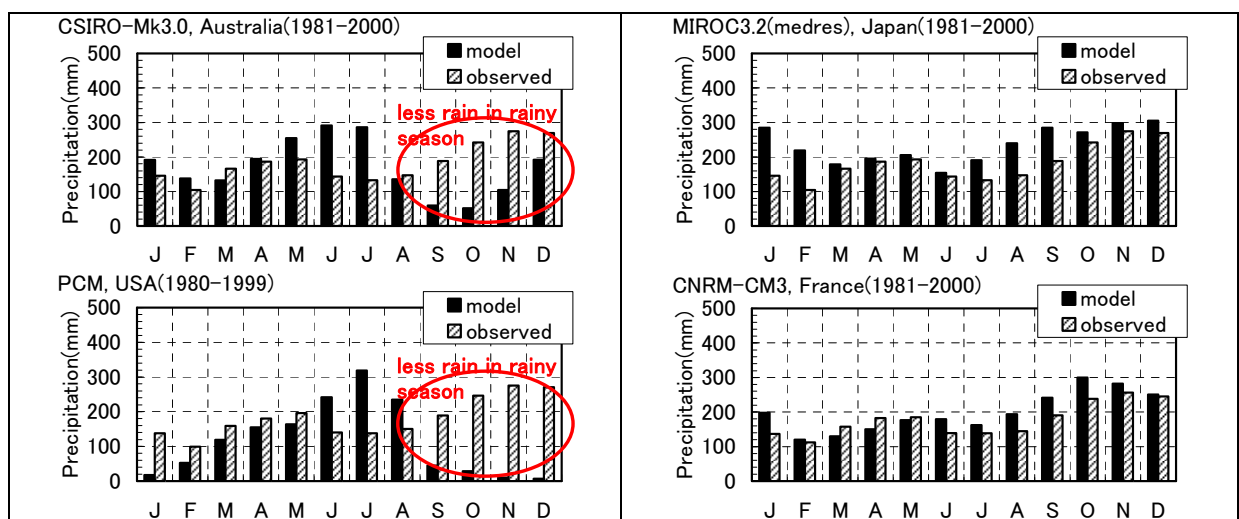


図 3.4.2 パハン川流域におけるGCM結果と実測値の月別降雨量比較結果(左：両者の乖離が大きいものの例、右：両者の乖離が小さいものの例)

本検討に用いた 13 の GCM を表 3.4.2 に示す。

表 3.4.2 降雨量への影響予測に使用した GCM

- BCCR-BCM2.0, Norway	- GFDL-CM2.1, USA
- CGCM3.1(T47), Canada	- GISS-AOM, USA
- CGCM3.1(T63), Canada	- INGV-SXG, Italy
- CNRM-CM3, France	- IPSL-CM4, France
- ECHAM5/MPI-OM, Germany	- MIROC3.2(hires), Japan
- ECHO-G, Germany/Korea	- MIROC3.2(medres), Japan
- GFDL-CM2.0, USA	

RegHCM-PM、PRECIS については、それぞれ NAHRIM および MMD によって十分な精度を有することが確認されている。詳細は下記の文献を参照されたい。

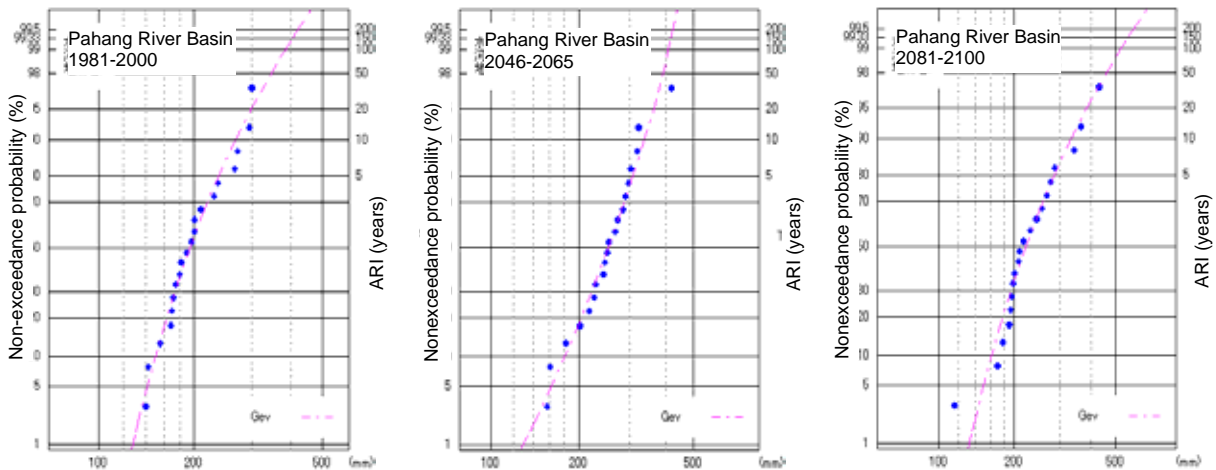
- Study of the Impact of Climate Change on the Hydrologic Regime and Water Resources of Peninsular Malaysia, NAHRIM, September 2006
- Climate Change Scenario for Malaysia2001-2099, MMD, January 2009

(1) 降雨強度への影響

ここでは、RCM および GCM の結果を用いて洪水の原因となる降雨への影響を検討する。

既往の降雨データ分析結果から、主要洪水における降雨継続時間は8日程度である(第4章項参照)。そこで、GCM、RCMの結果から、40年後、90年後を想定し、2046-2065年と2081-2100年の年最大8日雨量を算定した上で、それぞれの期間における100、50、30、20、10、5、2年確率降雨量を求め、現況の計算結果(1981-2000)と比較し、その増加量率を算出した。

図 3.4.3 は GCM のひとつである“CGCM3.1(T47), Canada”の結果から、8日雨量の非超過確率を図化したものであり、表 3.4.3 はその結果から現在と比較した年最大8日雨量の増加率を求めたものである。



General Extreme Value (GEV) distribution, Plotted on Log-Normal Probability Paper

図 3.4.3 CGCM3.1(T47), Canada によるパハン川流域の降雨確率分布

表 3.4.3 CGCM3.1(T47), Canada 結果から求めた確率規模別 8 日雨量とその増加率  
(上表：8 日雨量、下表：1990 年(1981-2000)と比較した増加率)

## 8 日雨量(mm)

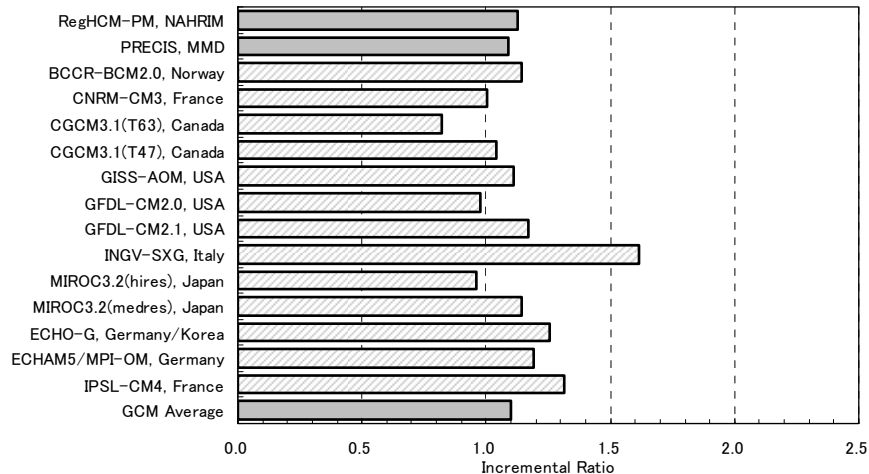
	確率年						
	100	50	30	20	10	5	2
1990	381.8	346	320.8	301.4	269.2	237.6	193.5
2050	409.3	391.9	377.4	364.6	339.7	309.6	254.7
2090	522.6	460.1	417.4	385.4	333.8	285.1	220.3

## 1990 年(1981-2000 年)と比較した増加率

	確率年						
	100	50	30	20	10	5	2
1990	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2050	1.07	1.13	1.18	1.21	1.26	1.30	1.32
2090	1.37	1.33	1.30	1.28	1.24	1.20	1.14

全てのGCM、RCMの結果に対し、上記のように8日雨量の増加率を算出した結果、現在と比較した2025年における100年確率規模の8日雨量の増加率は0.8から1.6の範囲にあり、全モデルの平均値は1.1となった。結果を図 3.4.4に示す。

AR: 100 years (2025)



Incremental ratio of RegHCM-PM was obtained by relative ratio of the 1984-1993 result and 2041-2050 results

図 3.4.4 2025 年における 100 年確率 8 日降雨量の増加率

また、表 3.4.4 に各確率規模 8 日降雨量の増加率予測結果を示す。これらの結果から、2050 年には 8 日降雨量に 10-40% の増加がみられ、その後も増加傾向にある。

表 3.4.4 確率規模別 8 日降雨量の増加率

確率規模 (years)	予測年	RegHCM-PM	PRECIS	GCM 平均	平均*	最大**	増加を示すモデルの割合
100	2025	1.13	1.09	1.13	1.1(1.1)	1.1(1.6)	80%(12/15)
	2050	1.42	1.15	1.23	1.3(1.2)	1.4(2.1)	80%(12/15)
	2090	-	1.54	1.37	1.5(1.4)	1.5(3.0)	86%(12/14)
50	2025	1.07	1.05	1.13	1.1(1.1)	1.1(1.5)	87%(13/15)
	2050	1.32	1.08	1.22	1.2(1.2)	1.3(1.9)	87%(13/15)
	2090	-	1.42	1.36	1.4(1.4)	1.4(2.5)	86%(12/14)
20	2025	1.01	1.01	1.12	1.0(1.1)	1.1(1.4)	93%(14/15)
	2050	1.19	1.02	1.20	1.1(1.2)	1.2(1.6)	93%(14/15)
	2090	-	1.30	1.34	1.3(1.3)	1.3(2.0)	93%(13/14)
10	2025	0.97	0.99	1.11	1.0(1.1)	1.1(1.3)	80%(12/15)
	2050	1.12	0.98	1.18	1.1(1.2)	1.2(1.5)	87%(13/15)
	2090	-	1.21	1.32	1.3(1.3)	1.3(1.8)	93%(13/14)

\*Numbers in the parenthesis are arithmetic average of all models

\*\*Numbers in the parenthesis are maximum of all models

このような降雨強度の増大の結果、洪水リスクの増加が懸念されている。図 3.4.5は現況および2025年の条件下で予測される100年確率規模降雨での氾濫域予測結果を示したものである(洪水シミュレーションについては第4章参照)。水深10cm以上の氾濫域は現況、2025年条件化でそれぞれ1,028km<sup>2</sup>、1,185km<sup>2</sup>であるが、将来においても顕著な土地利用変化は想定されていないことから、このような氾濫域増加の主な要因は気候変動の影響によるものと考えられる。

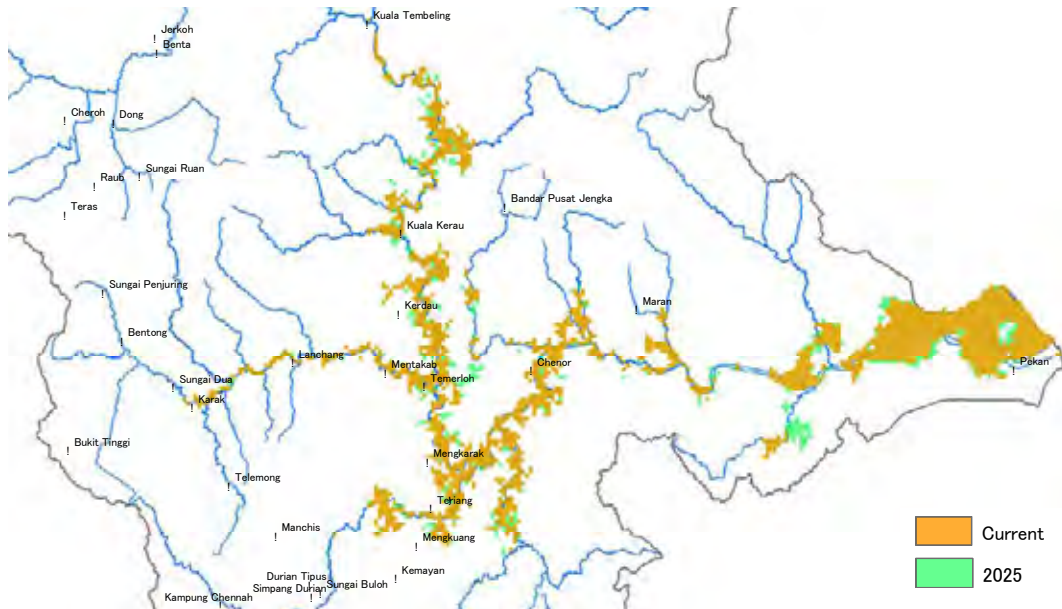


図 3.4.5 現況および将来条件下での氾濫域計算結果(100年確率洪水)

## (2) 年降雨量・蒸発散量への影響

ここでは、GCM、RCMの結果をもとに年あるいは月降雨量・蒸発散量への気候変動の影響について分析を行う。表 3.4.2から、降雨量と蒸発散量の結果が利用可能なものを選定した結果、表 3.4.5のモデルを用いることとした。

表 3.4.5 GCMs and RCMs used for Analysis

- RegHCM-PM, NAHRIM	- ECHO-G, Germany/Korea
- PRECIS, MMD	- GFDL-CM2.0, USA
- BCCR-BCM2.0, Norway	- GISS-AOM, USA
- CGCM3.1(T47), Canada	- INGV-SXG, Italy
- CGCM3.1(T63), Canada	- MIROC3.2(hires), Japan
- CNRM-CM3, France	- MIROC3.2(medres), Japan
- ECHAM5/MPI-OM, Germany	- IPSL-CM4, France

気候変動による降雨および蒸発散量の増加率は図 3.4.6、表 3.4.6に示すとおりである。



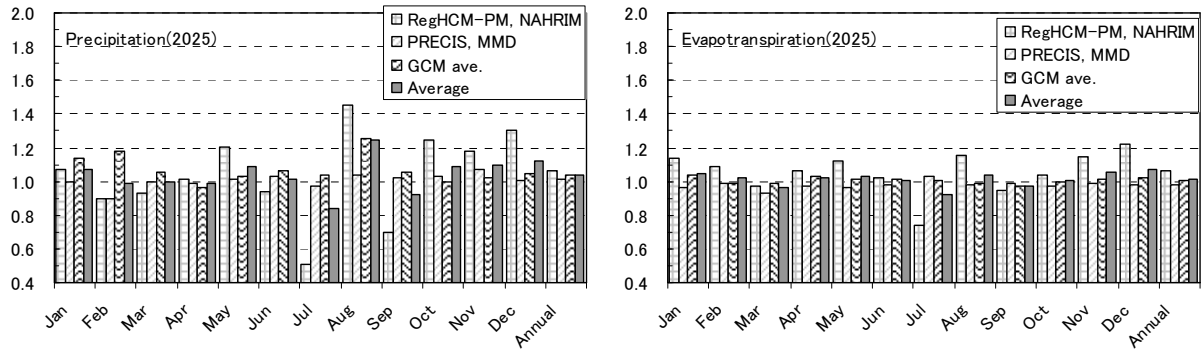


図 3.4.6 2025年における月・年降雨量および蒸発散量増加率(1990年比)

表 3.4.6 月・年降雨量および蒸発散量増加率(1990年比)

降雨量

		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ann.
2025	RegHCM-PM	1.07	0.90	0.93	1.01	1.21	0.94	0.50	1.45	0.70	1.24	1.18	1.30	1.06
	PRECIS	0.99	0.89	0.99	0.99	1.01	1.03	0.97	1.04	1.02	1.03	1.07	1.00	1.01
	GCMs	1.14	1.18	1.06	0.96	1.03	1.07	1.04	1.25	1.06	1.00	1.02	1.04	1.04
	Average	1.07	0.99	0.99	0.99	1.08	1.01	0.84	1.25	0.93	1.09	1.09	1.12	1.04
2050	RegHCM-PM	0.80	0.66	1.02	1.19	1.31	1.08	0.64	1.70	1.08	1.28	0.96	0.93	1.06
	PRECIS	0.99	0.82	0.99	0.98	1.02	1.05	0.95	1.07	1.03	1.05	1.12	1.01	1.02
	GCMs	1.24	1.31	1.10	0.93	1.06	1.11	1.07	1.43	1.10	1.00	1.04	1.08	1.07
	Average	1.01	0.93	1.03	1.03	1.13	1.08	0.89	1.40	1.07	1.11	1.04	1.01	1.05

蒸発散量

		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ann.
2025	RegHCM-PM	1.14	1.09	0.97	1.06	1.12	1.02	0.74	1.15	0.95	1.04	1.15	1.22	1.07
	PRECIS	0.97	0.99	0.93	0.97	0.96	0.98	1.03	0.98	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98
	GCMs	1.04	0.99	0.99	1.03	1.01	1.02	1.00	0.99	0.97	1.00	1.02	1.02	1.01
	Average	1.05	1.02	0.96	1.02	1.03	1.01	0.92	1.04	0.97	1.00	1.05	1.07	1.02
2050	RegHCM-PM	1.08	0.95	0.97	1.10	1.21	1.09	0.92	1.25	1.29	1.21	1.12	1.05	1.11
	PRECIS	0.94	0.98	0.89	0.95	0.93	0.96	1.05	0.96	0.97	0.96	0.98	0.97	0.96
	GCMs	1.06	0.99	0.98	1.04	1.02	1.03	1.00	0.99	0.96	0.99	1.03	1.04	1.01
	Average	1.03	0.97	0.94	1.03	1.05	1.03	0.99	1.07	1.07	1.05	1.04	1.02	1.03

これらの結果から、年降雨量、蒸発散量に大きな変化はみられない。しかし、月別の降雨量を見ると2025年では1990年比で8月に25%の増加が予測された。

### 3.4.3 水資源量への影響

地球温暖化の結果、海面の上昇が予測されており、IPCCのAR4では、2090-2099年における予測結果として表3.4.7のような海面上昇量を示している。本検討では、これらのうちA1Bシナリオの結果を内挿することによって2025年の海面上昇量を12cmと算出し、以後の検討に使用することとした。ただし、AR4でも述べられているように海面上昇に関する科学的知見が十分に得られていないことから、この予測値は今後、変化する可能性がある。

表 3.4.7 世界平均の海面水位上昇予測値

ケース	1980-1999と比較した2090-2099の海面上昇量(m)
B1 scenario	0.18-0.38
A1T scenario	0.20-0.45
B2 scenario	0.20-0.43
A1B scenario	0.21-0.48
A2 scenario	0.23-0.51
A1FI scenario	0.26-0.59

出典: IPCC, 第4次評価報告書



## 第4章 IRBM計画とIFM計画策定のための基礎調査と解析

### 4.1 デジタル地形モデリングとGISデータベース

デジタル地形データは地理空間解析に大変有用である。特に、DTM（Digital Terrain Model、デジタル地形モデル）と河川データは、洪水解析に非常に重要である。本 JICA 調査においては、JICA 調査団の管理下で現地企業を使って、パハン川流域の DTM と GIS データベースを作成した。その際、DID から提供された下記の資料を利用した。

- a) マレーシア全土の縮尺 1/50,000 既存地形図から作成された ESRI シェープファイル形式の GIS データ
- b) 調査範囲をカバーする縮尺 1/50,000 既存地形図の地理座標付きスキャン画像
- c) 地籍担当機関から入手した ESRI シェープファイル形式の土地利用データ
- d) パハン川流域を定める ESRI シェープファイル形式の流域界データ
- e) パハン川流域内のある範囲を覆う縮尺 1/10,000 洪水地図のハードコピー（86 面）

#### 4.1.1 DTM 作成

DTM 作成には、4.1 の等高線と標高単点、および縮尺 1/10,000 洪水地図を使用した。その DTM の仕様は以下のとおりである。

- 座標系：Kertau RSO Malaya Meters（4.1.2 GIS データベース作成を参照のこと。）
- 垂直データム：DTGSM
- グリッドサイズあるいはスペーシング：50m
- データフォーマット：ESRI Grid ASCII
- 有効桁数：小数点以下 1 桁（例 55.4）

縮尺 1/50,000 既存地形図の高さ精度は 10m 程度と考えられる。一方、縮尺 1/10,000 既存洪水地図の高さ精度は 2.5m 程度と考えられる。また、洪水地図には、標高 50m より高い等高線が入っていない部分がある。したがって、これらの異なるタイプのデータをマージするために特別な方法を考え出す必要があった。

もし、これら 2 種類の地図から DTM を別々に作成し、その後、これら 2 種類の DTM をマージするとしたら、接合部分で標高値の矛盾が発生するはずである。この問題を解決するために、3 種類の範囲に基づいて以下のように等高線を選別した。

- 洪水地図の外側範囲では、全ての等高線を縮尺 1/50,000 既存地形図から選んだ。
- 洪水地図の範囲では、標高 50m 以下の等高線を縮尺 1/10,000 洪水地図から選んだ。
- 洪水地図の範囲では、標高 50m より高い等高線を縮尺 1/50,000 地形図から選んだ。

上記のように選別した等高線と両方の地図の標高単点を使用し、全範囲の DTM を一回の処理で作成した。図 4.1.1 を参照のこと。LSD と DTGSM 間の変換式は、 $DTGSM = LSD - 0.093m$  とした。これは、この河川流域にある国家水準点を使って計算したものである。

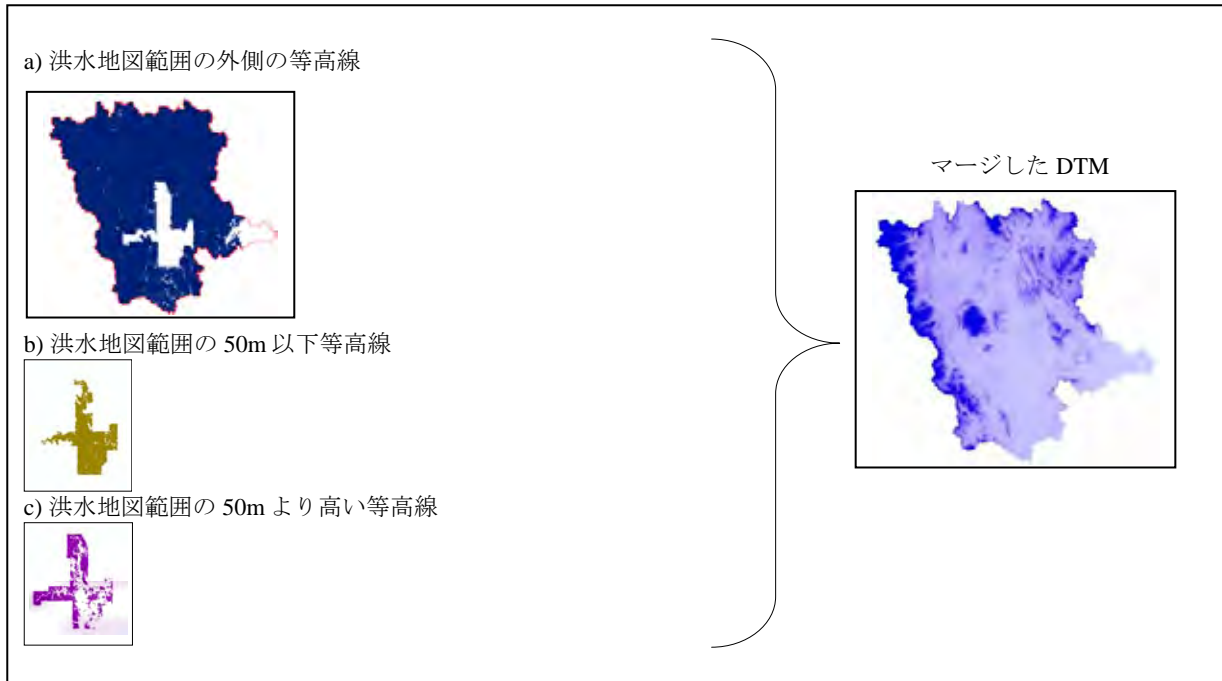


図 4.1.1 DTM 作成方法

#### 4.1.2 GIS データベース作成

DID から提供された ESRI シェープファイルを修正・編集することにより、GIS データベースを作成した。この提供シェープファイルは、縮尺 1/50,000 既存地形図をデジタル化して作成した CAD データ (AutoCAD ソフトウェアの DWG など) から作成されたものと予想できた。そのため、ほとんど全ての必要な地図要素を持っていたが、入力エラーが多くあった。例えば、等高線や標高単点の誤った標高値、河川の欠落、ドーナツポリゴンであるべきだがそうになっていない湖などである。この GIS データベース作成には、Pahang、Negeri Sembilan、Johor 州の土地利用データに関して、地籍担当機関からの ESRI シェープファイルによる別のデータセットも使った。この GIS データベースの座標系には、ArcGIS ソフトウェアの “Kertau RSO Malaya Meters” を選択した。詳細を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 地図投影法、座標系、垂直データ

地図投影法: Rectified_Skew_Orthomorphic_Natural_Origin	地理座標系: GCS_Kertau
False_Easting: 804671.299775	Angular Unit: Degree (0.017453292519943299)
False_Northing: 0.000000	Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)
Scale_Factor: 0.999840	Datum: D_Kertau
Azimuth: -36.974209	Spheroid: Everest_1830_Modified
Longitude_Of_Center: 102.250000	Semimajor Axis: 6377304.063000000100000000
Latitude_Of_Center: 4.000000	Semiminor Axis: 6356103.038993154700000000
XY_Plane_Rotation: -36.869898	Inverse Flattening: 300.801699999999980000
Linear Unit: Meter (1.000000)	
垂直データ: LSD (See 4.1.1 Generation of DTM)	

GIS データベースは、行政界に基づくものと河川流域界に基づくものの2種類を作成した。両者の違いはカバーする範囲だけであるから、ここでは、行政界に基づく GIS データベースのレイヤー構造のみを表 4.1.2 に示す。

表 4.1.2 GIS データベースのレイヤー構造

区分	データタイプ	説明
行政界	ポリゴン	州界、District 界、市町村界
道路	ライン	空港、車道(クラス 4)、土手道、中央分離帯付設幹線道路、中央分離帯付設高速道路、人道、車道(クラス 3)、建設中道路、主要道路-one way 1b、主要道路-two way 1a、高速道路、未舗装道路-one way 2b、未舗装道路-two way 2a
鉄道	ライン	複線、単線、軽便鉄道、その他の鉄道、駅
水部	ポイント	滝
	ライン	二条河川、一条河川、島、一条河川と二条河川の中心線、水路、早瀬
	ポリゴン	二条河川、湖、沼地、泥、貯水池
水関連地物	ポイント	ダム、橋
	ライン	島、海岸、送水管
	ポリゴン	島、砂地
都市	ポイント	都市
土地利用	ポリゴン	スズ鉱山、岩
数値地形モデル	ポイント	数値地形モデル (50m 間隔)
	グリッド	数値地形モデル (50m グリッド)

注: 各シェープファイル名の拡張子 \_XXX は、対象とする州あるいは流域を示すために使用するものとする。その定義は以下のとおりである。Pahang 州: \_phg、Negeri Sembilan 州: \_ns、Melaka 州: \_mlk、Johor 州: \_jhr、パハン川流域: \_phgrb、ムアール川流域: \_muar

なお、地籍担当機関からの土地利用データの幾つかは、座標系を“Kertau RSO Malaya Meters”へ変換する必要があった。表 4.1.3 に、この土地利用データの主な区分を示す。また、図 4.1.2 に作成された GIS データベースの例を示す。

表 4.1.3 土地利用データの主な区分

現状区分 (Current)	用途 (Activity)
農業	畜産業、アブラヤシ、空用地、その他作物、その他主要作物、稲、ゴム、空農地、農村、水利計画
ビジネスおよびサービス	ビジネスおよびサービス、市場、オフィス、貿易複合施設
森林	森林、陸森林、天然マングローブ、海洋湿地帯森林
工業	軽工業、中型産業、鉱山/採石場
インフラストラクチャーおよび公共施設	排水、電気供給、インフラストラクチャー、電気通信、ゴミ処理、給水
公共機関および地域社会施設	墓地、公共施設、教育、政府利用、健康、宗教、安全保障、福祉施設
空用地およびレクリレーション	展望/レクリレーション、空用地、独立区域、スポーツ施設、空き地
住居	組織化された住宅、村落、村の住宅
交通手段	幹線道路、道路、運送設備
空地	未使用地、空地
水部	天然、川、海、水部

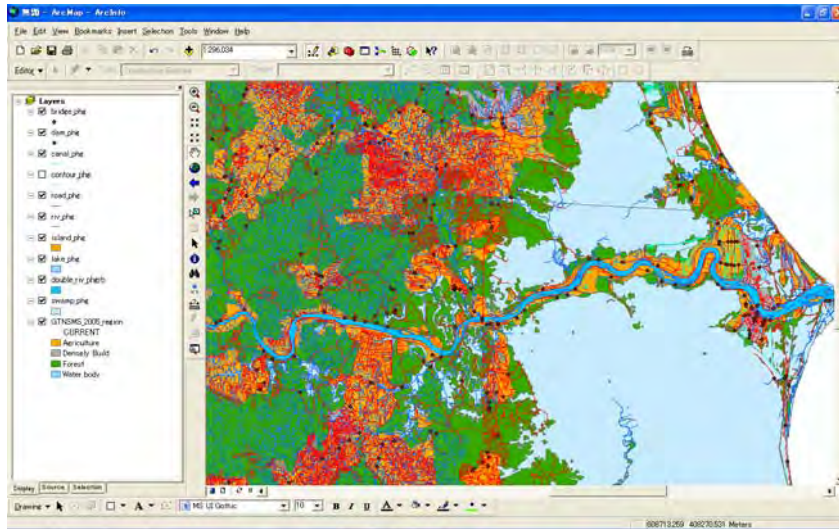


図 4.1.2 作成された GIS データベースの例

## 4.2 河川横断測量

パハン川流域の河川横断測量は、パハン川およびその支流をあわせて全長約 930km に及んだ。全部で 203 断面を計画し、モンスーン季節を考慮して、緊急計画 (79 断面) と基本計画 (124 断面) の 2 つに作業を分けた。緊急計画の測量作業は 2009 年 10 月 11 日に開始し 11 月に完了した。基本計画の測量作業は現在進行中であり 2010 年 3 月初めには完了する予定である。

### 4.2.1 対象河川と横断面位置

本川の横断面間の距離は約 2.5km-10km であり、既に総計 108 断面の全測量作業を完了した。支流に関して対象としたのは、Mentiga River (A)、Ayer Hitam River (A1)、Lepar River (B)、Luit River (C)、Kemak River (C1)、Jempul River (D)、Irok River (E)、Jengka River (F)、Bera River (G)、Serting River (H)、Teriang River (I)、Semantan River (J)、Tekal Kecil River (K)、Kerau River (L)、Sebui River (M)、Mai River (N)、Tekam River (O)、Tembeling River (P)、Jelai River (Q)、Lipis River (R) である。支流の横断面間隔は約 2km-10km である。支流の横断面位置を図 4.2.1 に示す。

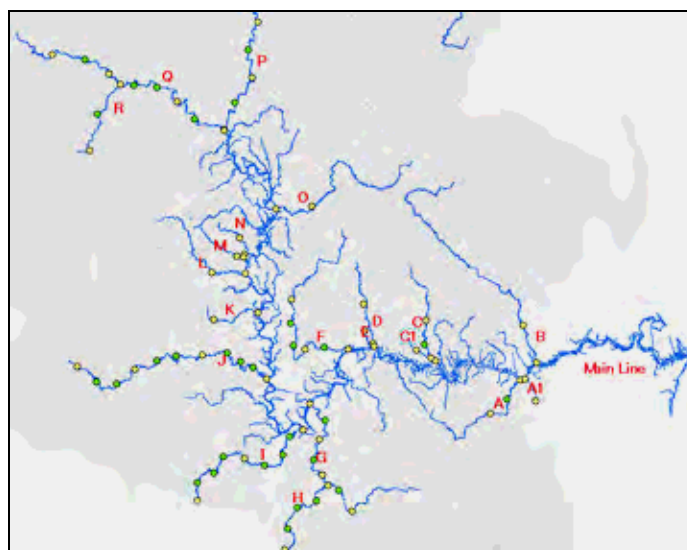


図 4.2.1 対象河川と横断面位置

## 4.2.2 主な作業の詳細

### (1) GPSによる平面および高さの制御

JUEMのMyRTKNetサービスを利用しRTK GPS位置決定システムにより、平面および高さ制御のための測量を実施した。また、D-GPS Navcom STARfireを使用してGPS基準点や水位観測点を設定した。本測量は、座標系としてMalaysian Rectified Skew Orthomophic (MRSO)、垂直データムとしてNational Geodetic Vertical Datum (NGVD、DTGSMと同一)を基準とした。

### (2) 横断測量

水深測量には連続音響測深法を採用し、水深を断面に沿って高々10m間隔でオンライン航法システムに記録した。音響測深機は、測量船の側面に変換器を付けて、単周波単ビーム(~200/210 kHz)を使った。測量船の位置決めと航法支援のため、測量作業中は継続的にリアルタイムディファレンシャルGPSによる観測を実施した。このシステムは、衛星基準局と測量船上の移動局から構成されるものであり、測量船に搭載したリアルタイムDGPSシステムは、ナビゲーション、位置決め、処理パッケージを管理するコンピュータと繋がっている。(図4.2.2参照のこと)

浅く小さい河川の横断測量には、地上測量と同様の断面測量を実施した。

### (3) 河岸および島での地上測量

測深横断面から引き続き陸側へも地上断面測量を実施した。トータルステーションあるいは測量ポールにより、土手から5m~15m、もしくはより一層高くなっている地点まで、設定した近くの制御点から陸側へ向かって測量した。測線内にある島でも同様に地上測量を実施した。(図4.2.2参照のこと)

### (4) 水位測定

音響測深機が使えない場合は、測線上の1点を選んで水位を検潮柱により測定した。

### (5) 橋梁計測

各橋梁については、それが横断測量地点に無くとも、位置座標、橋脚数、橋脚サイズ、橋梁下端標高(土手より低い場合)を計測した。



音響測深調査



河岸の地上測量

図 4.2.2 横断測量現場

## 4.2.3 横断測量成果

以下の成果を作成した。また、各横断測量現場ではデジタル写真を取っている。

- A3 サイズ、水平縮尺 1/500、垂直縮尺 1/100 の水深および地形横断面図（図 4.2.3 参照のこと）
- A3 サイズの橋梁図
- ASCII フォーマットによる水深および地形データセット

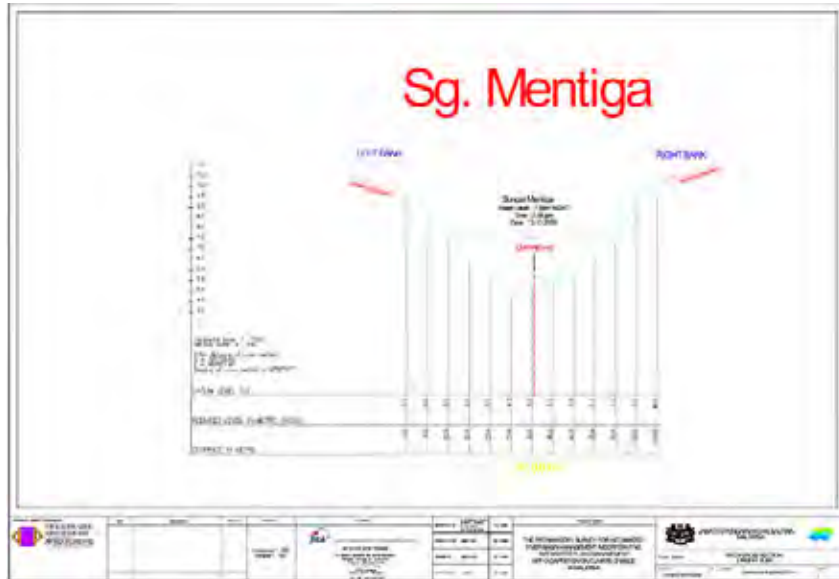


図 4.2.3 河川横断面図の例

### 4.3 人口予測

この種の調査でもっとも重要なのは目標年次における人口を明らかにすることである。したがって、社会経済フレームワーク予測のひとつとして、ここでは人口の予測を行うこととする。

マレーシアでは州の下部構造「District」の下に「Sub-District」と「Local Authority」という 2 種類の行政上の区分がある。Sub-District(マレーシア語で「MUKIM」と略称している)とは District 全域を地形的に区分したもので、Sub-District 人口の合計は District 全域の人口に一致する。ただし行政庁は置かれていない。「Local Authority(マレーシア語で「MD」(=Majlis Daerah)と略称している)」は、いわば政令指定行政地区とも言うべきもので、同じ District 内の都市部と人口集中地区を区分したものであり、換言すれば「Built Up Area」ということができる。そして、ここには行政庁が置かれている。ただし、Local Authority 人口を合計しても District 全域の人口には一致しない。都市部・人口集中地区と人口過疎地区とは人口の成長度合が異なる。したがって、人口予測は Sub-District と Local Authority の両方について行う必要がある。本調査の目標年次は 2025 年と設定している。このことから、既存の人口データに基づいて、2025 年までの人口予測を行った。

パハン川流域は、ひとつの州「Pahang 州」中の 11 の District のうち 10 の District にまたがる。下表にこれらの人口予測の結果を示す。

表 4.3.1 Pahang 州の Sub-District 別人口予測

a) Pahang State

District	Sub-District	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025
Bentong				96,689	123,408	139,963	157,763	176,088
	Bentong	39,381	44,157	59,120	87,415	106,169	127,994	152,890
	Pelangai	15,223	17,298	16,987	18,251	23,158	27,961	23,753
	Sabai	17,937	22,510	20,582	22,113	28,059	33,878	28,780
Cameron Highlands				28,077	39,704	48,899	60,373	74,126
	Ringlet	5,939	6,538	7,401	8,754	9,585	10,520	11,559
	Tanah Rata	5,550	7,247	8,198	8,793	8,908	8,902	8,774
	Ulu Telom	8,875	11,770	12,478	22,157	30,406	40,951	53,792
Jerantut				80,685	102,608	119,381	140,062	164,652



District	Sub-District	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025
	Burau	3,297	3,212	3,862	5,167	5,994	6,906	7,881
	Kelola	4,577	219	264	347	402	466	539
	Kuala Tembeling	2,959	2,578	2,699	3,354	3,908	4,623	5,508
	Pedah	15,045	21,272	25,633	32,390	37,372	43,894	52,309
	Pulau Tawar	19,492	21,382	21,552	24,529	28,457	34,755	43,981
	Tebing Tinggi	2,375	2,785	2,820	3,176	3,680	4,512	5,755
	Teh	6,496	7,475	7,551	8,520	9,875	12,099	15,409
	Tembeling	4,413	5,686	6,826	8,714	10,067	11,783	13,930
	Ulu Cheka	6,536	7,462	7,171	7,711	8,945	11,166	14,634
Ulu Tembeling	2,657	2,476	2,307	8,699	10,682	9,860	4,708	
Kuantan			344,319	452,473	510,108	570,204	632,763	
	Beserah	7,207	9,593	11,744	14,344	15,727	17,165	18,658
	Kuala Kuantan	136,917	200,712	269,721	355,989	401,094	447,693	495,698
	Penor	3,085	4,487	5,767	7,330	8,166	9,040	9,950
	Sungai Karang	9,622	20,051	31,625	47,695	56,997	67,144	78,136
	Ulu Kuantan	9,467	5,952	8,434	7,928	7,752	7,508	7,316
	Ulu Lepar	3,055	15,179	17,028	19,188	20,372	21,654	23,004
Lipis			73,557	97,310	116,051	139,415	167,401	
	Batu Yon	5,058	8,258	9,988	12,280	13,620	15,110	16,761
	Budu	5,383	5,152	4,889	9,433	15,166	24,068	36,787
	Cheka	4,167	4,210	5,022	6,744	7,929	9,330	10,946
	Gua	4,350	5,066	3,849	10,686	16,505	22,793	28,962
	Kechau	1,727	4,363	5,782	7,981	9,362	10,984	12,887
	Kuala Lipis	10,536	11,457	12,106	12,717	12,979	13,211	13,415
	Penjon	7,489	10,403	10,089	12,090	13,046	14,150	15,294
	Tanjong Besar	2,759	2,583	2,902	3,088	3,088	3,088	3,088
	Telang	4,311	4,953	5,698	6,758	7,379	8,062	8,805
	Ulu Jelai	10,981	11,831	13,232	15,533	16,978	18,619	20,455
Pekan			97,751	120,321	136,140	153,474	169,609	
	Bebar	8,191	15,529	14,939	18,284	22,543	26,974	28,954
	Ganchong	1,266	1,199	1,329	1,408	1,493	1,572	1,663
	Kuala Pahang	5,082	5,910	6,837	8,130	8,881	9,701	10,590
	Langgar	2,435	3,175	4,357	6,279	7,480	8,841	10,363
	Lepar	3,813	4,501	4,752	5,155	5,573	6,053	6,567
	Pahang Tua	2,736	5,975	11,076	19,331	24,479	30,309	36,819
	Pekan	18,904	22,303	23,652	26,548	28,042	29,654	31,344
	Penyol	4,763	24,890	27,802	31,330	33,184	35,180	37,274
	Pulau Manis	1,210	1,245	1,462	1,902	2,200	2,551	2,954
	Pulau Rusa	673	648	567	535	527	517	509
	Temai	879	804	978	1,419	1,738	2,122	2,572
Raub			79,488	92,136	100,291	109,726	120,365	
	Batu Taham	3,918	10,169	11,287	12,598	13,302	14,051	14,841
	Dong	3,705	4,129	3,681	4,071	4,274	4,514	4,745
	Gali	41,499	44,468	49,816	58,839	64,567	71,106	78,455
	Sega	4,409	4,055	4,108	4,556	4,909	5,357	5,901
	Semantan Ulu	4,737	4,527	4,708	5,282	5,715	6,247	6,877
	Teras	4,842	4,248	4,367	5,138	5,775	6,581	7,554
	Ulu Dong	1,304	1,489	1,521	1,652	1,749	1,871	1,992
Temerloh			136,214	165,579	184,561	205,929	229,510	
	Bangau	1,869	2,719	4,565	7,831	9,943	12,375	15,126
	Jenderak	16,294	19,668	20,299	21,880	23,906	26,278	28,826
	Kerdau	4,051	5,124	4,867	4,628	4,513	4,401	4,292
	Lebak	1,534	1,658	1,535	1,425	1,373	1,323	1,274
	Lipat Kajang	1,005	1,141	1,387	1,803	2,066	2,368	2,707
	Mentakab	23,735	31,885	42,267	57,723	66,998	77,305	88,643
	Perak	22,847	30,074	38,129	49,340	55,838	62,931	70,619
	Sanggang	3,449	4,699	4,123	3,645	3,427	3,222	3,029
	Semantan	13,996	18,202	16,517	15,050	14,366	13,714	13,090
Songsang	2,051	2,845	2,525	2,255	2,131	2,014	1,903	
Maran			112,606	134,605	148,022	161,226	177,662	
	Bukit Segumpal	8,499	11,269	11,812	13,178	14,352	15,632	17,025
	Chernor	56,874	79,922	78,318	93,383	102,137	110,103	120,717
	Kertau	4,794	4,869	5,189	5,818	6,240	6,733	7,299
	Luit	12,188	14,204	17,287	22,226	25,292	28,757	32,620
Bera			77,685	95,130	99,299	101,171	103,683	
	Bera	17,247	32,418	36,036	40,266	42,564	44,992	47,560
	Teriang	-	36,474	41,649	54,864	56,735	56,179	56,123

1980年、1991年、2000年時点の基礎データの出典：マレーシア国統計局。

b) Negeri Sembilan State

District	Sub-District	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025
Jelebu			40,012	37,194	38,270	40,265	42,692	45,556
	Galami Lemi	6,121	7,981	8,427	8,910	9,675	10,505	11,407
	Hulu Kelawang	2,203	1,826	1,295	1,033	955	883	817
	Hulu Teriang	4,510	3,653	4,024	5,568	6,787	8,303	10,118
	Kenaboi	1,075	1,287	1,322	1,358	1,430	1,505	1,585
	Kuala Kelawang	5,308	5,334	4,331	3,761	3,770	3,778	3,787
	Peradong	2,163	1,845	1,770	1,882	2,015	2,200	2,436
	Pertang	10,495	12,350	10,714	10,826	10,883	10,940	10,997
	Triang Hilir	4,855	5,736	5,311	4,930	4,750	4,577	4,410
Jempol				125,010	132,087	135,224	138,280	141,842
	Jelai	67,159	19,006	21,295	27,182	30,174	33,398	37,054
	Kuala Jempol	16,802	9,403	10,566	11,948	12,705	13,511	14,367
	Rompin	21,461	50,545	50,002	49,467	49,202	48,939	48,676
	Serting Hilir	7,674	25,454	26,902	28,472	28,704	28,550	28,397
	Serting Ulu	14,065	17,625	16,245	15,017	14,438	13,882	13,347

Source of basic data in 1980, 1991, 2000: Department of Statistics, Malaysia.

表 4.3.2 Pahang 州の Local Authority 別人口予測

a) Pahang State

District	Local Authority/Town	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025
Bentong			83,965	96,689	123,408	139,963	157,763	176,088
	LA Bentong			66,674	85,098	96,515	108,789	121,425
	Bentong	22,921	23,962	22,231	20,676	20,517	20,358	20,201
	Bukit Tinggi	1,111	1,370	1,275	1,276	1,324	1,373	1,425
	Karak	4,535	3,525	2,543	1,955	1,749	1,566	1,401
	Manchis	1,188	908	660	508	454	406	363
	Sungai Dua	992	962	578	423	381	343	309
	Sungai Punjuring	800	637	402	289	254	224	198
	Telemong	2,084	1,744	1,751	1,758	1,762	1,765	1,769
	Remainder of LA		17,614	37,234	111,984	122,956	134,824	147,090
Cameron Highlands			25,555	28,077	39,704	48,899	60,373	74,126
	LA Camron Highlands			23,573	33,335	41,055	50,688	62,235
	Ringlet	2,085	2,555	2,608	2,635	2,635	2,635	2,635
	Tanah Rata	5,545	7,110	8,088	8,855	9,113	9,287	9,376
	Remainder of LA			12,877	21,844	29,307	38,766	50,223
Jerantut			74,547	80,685	102,608	119,381	140,062	164,652
	LA Jerantut			36,287	46,147	53,690	62,991	74,050
	Jerantut	6,589	8,917	10,425	11,682	12,145	12,498	12,740
	Kuala Tembeling	271	301	284	276	276	276	276
	Remainder of LA			25,578	34,189	41,269	50,217	61,034
Kuantan			255,974	344,319	452,473	510,108	570,204	632,763
	LA Kuantan			282,345	371,033	418,293	467,573	518,872
	Beserah		5,129	5,294	5,380	5,423	5,467	5,511
	Gambang		2,385	1,892	1,705	1,619	1,537	1,459
	Kuantan	131,547	86,360	266,859	240,529	228,389	216,934	206,162
	Tanjung Lumpur			1,731	1,476	1,363	1,259	1,162
	Remainder of LA			6,569	121,943	181,499	242,377	304,577
Lipis			68,276	73,557	97,310	116,051	139,415	167,401
	LA Lipis			37,008	48,959	58,388	70,142	84,223
	Bentah	2,792	2,218	1,998	1,966	1,941	1,893	1,847
	Jerkoh	1,160	1,133	865	723	685	649	615
	Muara Lipis	10,183	10,735	12,145	14,796	16,485	18,440	20,661
	Padang Tengku	625	609	332	234	210	189	169
	Penjom	927	877	748	669	654	638	623
	Remainder of LA			20,920	30,569	38,413	48,334	60,308
Pekan			86,179	97,751	120,321	136,140	153,474	169,609
	LA Pekan			39,916	49,132	55,592	62,670	69,259
	Menasi	646	509	513	516	549	585	623
	Pekan	5,059	4,783	4,017	3,559	3,465	3,372	3,283
	Remainder of LA			35,386	45,057	51,578	58,713	65,353
Raub			73,085	79,488	92,136	100,291	109,726	120,365
	LA Raub			50,153	58,133	63,279	69,232	75,944
	Cheroh	2,920	2,577	2,789	3,545	4,128	4,847	5,704
	Dong	1,297	1,472	950	705	645	590	539
	Raub	22,907	21,298	22,057	23,045	23,251	23,458	23,668
	Sungai Ruan	5,020	4,409	4,882	5,457	5,605	5,757	5,913
	Teras	1,482	337	757	1,721	2,103	2,256	2,055
	Remainder of LA			18,718	23,661	27,547	32,324	38,064

District	Local Authority/Town	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025
Temerloh			118,015	136,214	165,579	184,561	205,929	229,510
	LA Temerloh			134,253	163,195	181,904	202,965	226,206
	Kerdau	1,048	924	633	498	475	452	431
	Kuala Kerau	1,701	1,379	1,033	854	846	838	830
	Lanchang	1,235	1,360	1,527	1,781	1,935	2,107	2,297
	Mentakab	13,305	14,680	14,442	13,966	13,909	13,853	13,797
	Temerloh	8,176	8,768	6,224	6,224	6,224	6,224	6,224
	Remainder of LA			110,394	141,180	160,170	181,467	204,903
Maran			110,264	112,606	134,605	148,022	161,226	177,662
	LA Maran			39,492	47,207	51,913	56,543	62,308
	Bandar Pusat Jengka			10,864	13,907	15,734	17,802	20,141
	Chenor	281	238	292	446	560	699	863
	Maran	633	477	389	338	348	358	368
	Remainder of LA			27,947	32,516	35,270	37,684	40,935
Bera			68,892	77,685	95,130	99,299	101,171	103,683
	LA Bera			77,671	95,113	99,281	101,153	103,664
	Kemayan	2,110		1,504	1,256	1,148	1,050	959
	Kerayong	2,017		1,570	1,290	1,169	1,060	961
	Mengkarak	1,793		2,001	2,635	3,024	3,469	3,981
	Mengkuang	1,560		1,731	2,276	2,609	2,992	3,431
	Teriang	7,952		6,747	5,445	4,892	4,394	3,948
	Remainder of LA			64,118	82,211	86,439	88,188	90,385

1980年、1991年、2000年時点の基礎データの出典: マレーシア国統計局。

#### b) Negeri Sembilan State

District	Local Authority/Town	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025
Jelebu			40,012	37,194	38,270	40,265	42,692	45,556
	LA Jelebu			9,434	9,707	10,213	10,829	11,555
	Durian Tipus	459	390	272	216	209	201	194
	Jelebu Estate	856	606	423	336	342	349	355
	Kampung Chennah		624	382	314	285	258	234
	Kuala Kelawang	2,395	2,055	1,378	1,073	1,025	980	937
	Pertang	1,676	1,420	1,046	857	836	815	795
	Simpang Durian	711	636	1,387	1,765	1,991	2,246	2,533
	Simpang Pertang	1,347	1,272	566	526	507	489	472
	Sungai Buloh	611	548	973	1,331	1,433	1,542	1,660
	Sungai Muntoh	679	632	417	378	369	361	352
	Titi	4,594	2,962	429	341	322	304	288
Remainder of LA			2,161	2,569	2,893	3,283	3,735	
Jempol			122,033	125,010	132,087	135,224	138,280	141,842
	LA Jempol			58,298	61,598	63,061	64,486	66,147
	Bahau	10,260	8,580	7,771	7,069	6,904	6,742	6,585
	Batu Kikir	325	331	143	124	120	116	112
	Kuala Jelai	515	219	157	132	126	121	116
	Mahsan	460	171	379	425	416	407	398
	Rompin	297	232	176	159	155	151	147
	Serting		1,381	3,151	4,319	5,057	5,921	6,932
Remainder of LA			46,521	49,370	50,284	51,029	51,858	

Source of basic data in 1980, 1991, 2000: Department of Statistics, Malaysia.

## 4.4 水文解析

### 4.4.1 目的と方針

本項では、まず、過去の降雨データをもとに降雨確率毎の降雨量を求める。そして、洪水対策検討や気候変動による洪水への影響を評価することを目的として、流出モデル、1次元河道モデル、2次元氾濫モデルからなる洪水モデルの構築を行う。

### 4.4.2 データの存在状況

ここでは、DID から入手した降雨データ、水位・流量データをもとに解析を行うが、まず、下記の条件に従って使用する降雨観測地点の選定を行った。

- 条件1: 現在も観測中の地点を選定する
- 条件2: 長期データの得られている地点を選定する(ここでは、現存する観測地点数の90%が

存在していた 1975 年以降のデータが得られている地点とした)

- 条件 3 : 1975 年以降の欠測日数が 365 日以下と、信頼性の高い観測地点を選定する
- 条件 4 : 信憑性の高いデータの得られている地点を選定する(図 4.4.1 のように近隣の観測地点と比較した上で、乖離のみられるものを除いた)

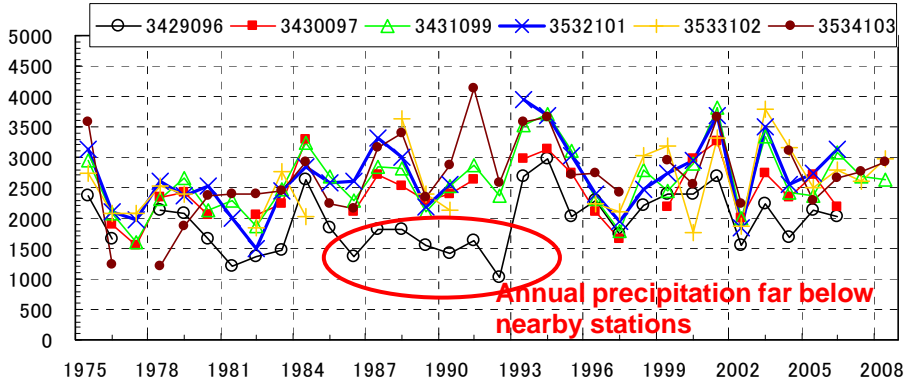


図 4.4.1 近隣データ比較結果の例(地点 3429096 のデータを解析から除外した)

- 条件 5 : 概ね半径 10km 以内に上記条件を満たす観測地点が複数存在する場合には、欠測データ数の最も少ない地点を選定する

全観測地点一覧を表 4.4.1、表 4.4.2、位置図を図 4.4.2 に示す。

表 4.4.1 水位観測所一覧

観測所 ID	水位		流量	
	時間データの観測期間	日データの観測期間	時間データの観測期間	日データの観測期間
3024443	1974/12/3-	1974/12/3-	1974/12/3-	1974/12/3-
3125441	1999/10/20-	1999/10/20-	-	1999/10/20-
3224433	1972/11/11-	1972/11/11-	1972/11/11-	1972/11/11-
3318401	-	1986/8/28-1992/5/14	-	-
3329401	1984/11/21-	1984/11/21-	1984/11/21-	1984/11/21-
3424411	-	1963/1/2-	-	1963/1/2-
3519426	1966/3/1-	1966/3/2-	1970/1/1-	1970/1/1-
3525405	-	1988/8/6-2007/12/7	-	-
3527410	-	1972/12/16-	-	1972/12/29-
3626401	1988/6/9-	1988/6/9-	1991/1/1-	1988/6/10-
3629403	1972/11/23-	1972/11/24-	1972/11/23-	1972/11/24-
4019462	1965/7/1-	1965/7/2-	1965/7/1-	1965/7/2-
4023412	-	1972/10/26-	-	1972/10/26-
4121413	1972/11/18-	1972/11/18-	1972/12/21-	1972/12/21-
4218416	1973/10/6-	1973/10/6-	1973/10/6-	1973/10/6-
4219415	1974/8/15-	1974/8/15-	-	-
4223450	1973/11/14-	1973/11/14-	1988/6/28-	1988/6/29-
4320401	1982/8/21-	1982/8/21-	1985/1/24-	1985/1/25-
324454	1973/11/154-	1973/11/15-	1973/11/14-2009/8/20	1973/11/15-

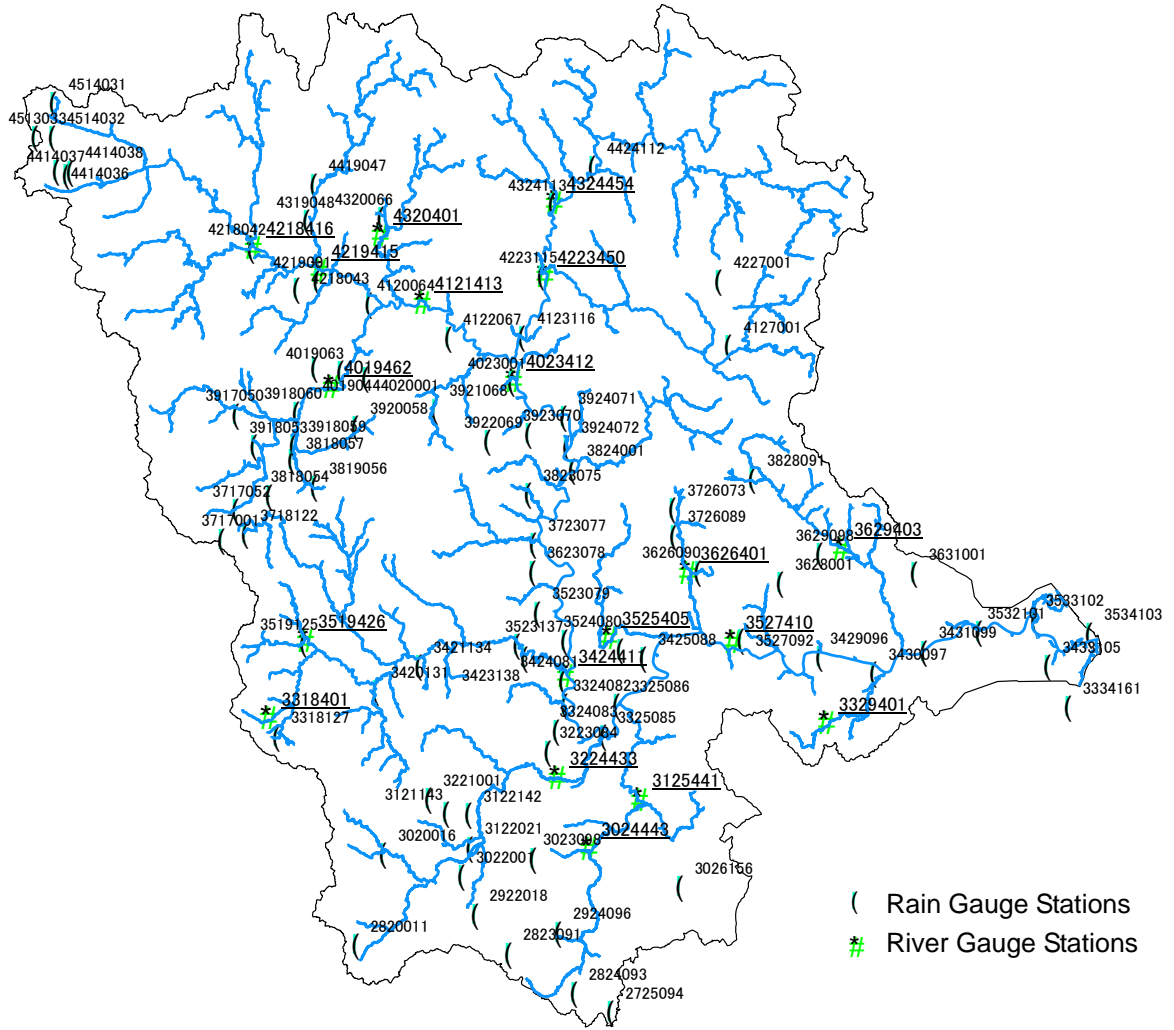


図 4.4.2 観測地点位置図

表 4.4.2 雨量観測所一覧

観測所ID	時間データの観測期間	日データの観測期間	観測所ID	時間データの観測期間	日データの観測期間
2725094	-	1935/6/2-	3717052	-	1959/1/12-
2820011	1995/6/14-	1959/1/1-	3718122	-	1947/4/1-
2823091	1995/6/21-	1959/3/9-	3723077	-	1962/9/14-
2824093	1995/6/22-	1930/7/3-	3726073	-	1948/2/1-
2922018	-	1947/7/1-	3726089	-	1931/1/2-
2924096	1975/10/5-	1947/7/1-	3818054	1970/7/1-	1948/1/1-
3020016	2008/3/21-	1959/1/1-	3818057	-	1935/1/3-
3022001	1998/1/4-	2000/2/2-	3819056	-	1949/1/1-
3023098	1995/6/22-	1959/9/1-	3823075	-	1961/1/1-
3026156	1970/6/29-	2000/8/16-	3824001	-	1971/2/1-
3121143	1975/9/3-	1975/12/1-	3828091	2008/8/28-	1972/5/1-
3122021	1995/6/21-	-	3917050	-	1949/1/1-
3122142	-	1948/2/1-	3918053	-	1961/1/2-
3221001	-	1965/7/1-	3918059	-	1947/4/3-
3223084	-	1959/1/11-	3918060	-	1947/4/26-
3318127	-	1954/1/1-	3920058	-	1949/1/3-1994/6/30
3324082	2005/11/17-2006/5/15	1961/12/1-	3921068	2005/9/6-2006/5/16	1950/10/1-
3324083	-	1959/1/11-	3922069	-	1947/8/5-
3325085	2006/3/8-2006/5/15	1961/1/1-	3923070	-	1950/10/1-1986/12/31
3325086	-	1948/5/7-	3924071	-	1947/3/1-
3334161	-	1961/1/1-	3924072	1970/6/29-	1959/9/1-
3420131	-	1947/8/1-	4019044	-	1969/1/31-
3421134	-	1947/6/17-	4019063	-	1938/7/11-
3423138	-	1966/1/1-	4020001	-	1970/7/2-
3424081	1970/6/27-	1946/1/1-	4023001	1973/11/8-	1973/11/9-
3425087	-	1955/5/1-	4120064	1970/7/2-	1947/6/2-
3425088	-	1961/1/1-	4122067	2008/11/6-	1961/1/1-
3429096	-	1960/7/1-	4123116	-	1962/9/1-
3430097	-	1960/7/1-	4127001	1973/11/2-	1974/3/29-
3431099	-	1960/11/1-	4218042	-	1969/2/12-2005/3/31
3433105	-	1968/9/1-	4218043	-	1969/2/6-
3519125	-	1947/9/2-	4219001	1974/7/9-	1974/7/9-
3523079	2005/9/20-2006/5/15	1950/4/2-	4223115	1970/6/27-	1948/12/31-
3523137	-	1930/7/7-	4227001	1973/10/20-	1973/12/27-
3524080	2005/5/10-2006/5/15	1961/1/3-	4319048	-	1966/8/3-
3527092	-	1931/1/1-	4320066	2005/12/1-	1965/7/1-
3532101	-	1949/10/1-	4324113	-	1948/6/18-1986/12/30
3533102	1970/7/4-	1948/2/1-	4414036	2005/1/11-2008/12/11	1947/11/19-
3534103	-	1948/3/7-	4414037	-	1948/4/9-
3623078	-	1947/5/6-	4414038	-	1948/4/13-
3626090	-	1931/1/1-	4419047	1971/5/16-	1962/5/31-
3628001	1975/7/24-	1975/5/31-	4424112	2008/7/30-	1974/3/31-
3629098	2006/6/28-	1932/5/1-2005/6/29	4513033	1975/7/1-2008/12/10	1929/2/3-2008/12/10
3631001	2005/11/8-	1974/12/31-	4514031	-	1948/3/31-
3717001	1975/10/14-2004/8/5	1975/10/14-2004/8/4	4514032	-	1964/3/31-

網掛けした地点は、以後の解析に使用したもの(19地点)

#### 4.4.3 降雨解析

ここでは、前項の手順で選定した 19 地点の降雨観測データを用いて生起確率別の降雨量を求めるが、これらの中には地点・データの不足から流域北東部の観測地点は含まれていない。既往検討報告書である“Pahang River Basin Study, 1974”によれば当該地域は、流域内でも年降雨量の比較的多い地域であり、この地域の観測データを含めないと洪水時の降雨量を危険側に見積もる可能性があることから、解析には北東部の地点 4227001 を加えることとした(当該地点の 1975 年以降のデータ欠測日数は 2,244 であり、近隣の地点 4127001(欠測日数: 3,664 日)、地点 4424112(欠測日数: 5315 日)と比較して少ない)。

## (1) 降雨継続時間

ここでは、過去20年の主要な14洪水を選定し、図4.4.3.に示すティーセン分割をもとに流域平均雨量を算出し、洪水時の降雨継続時間を推定することとした。

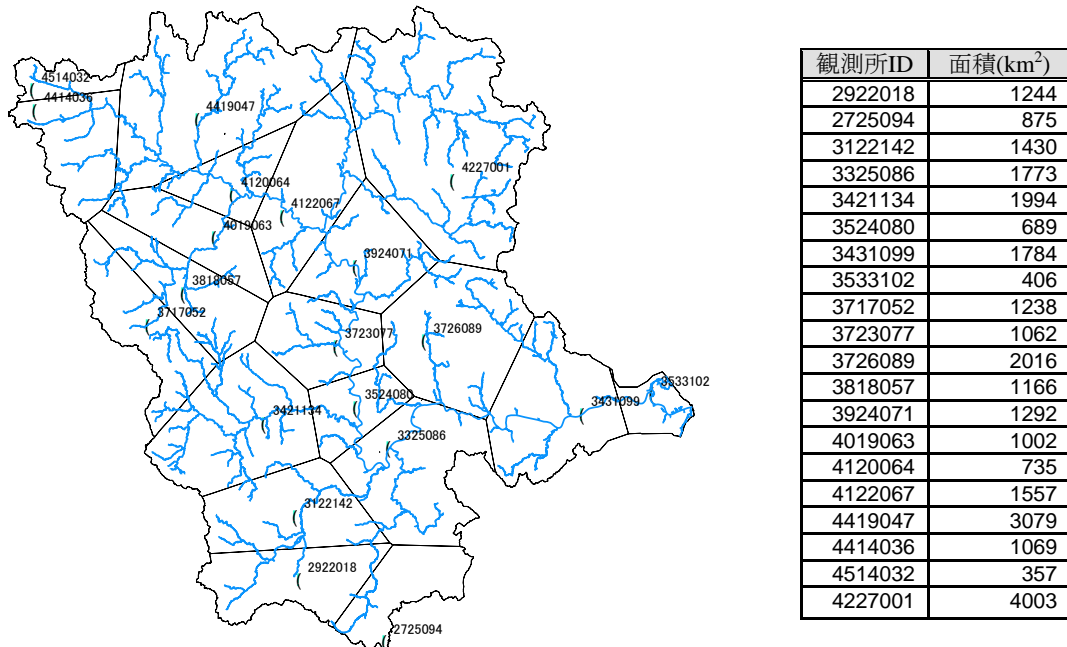


図 4.4.3 ティーセン分割図と各雨量観測地点の支配面積

図4.4.4は、パハン川流域における流域平均降雨量とLubok Paku(地点3527410)における流量時系列の例である。

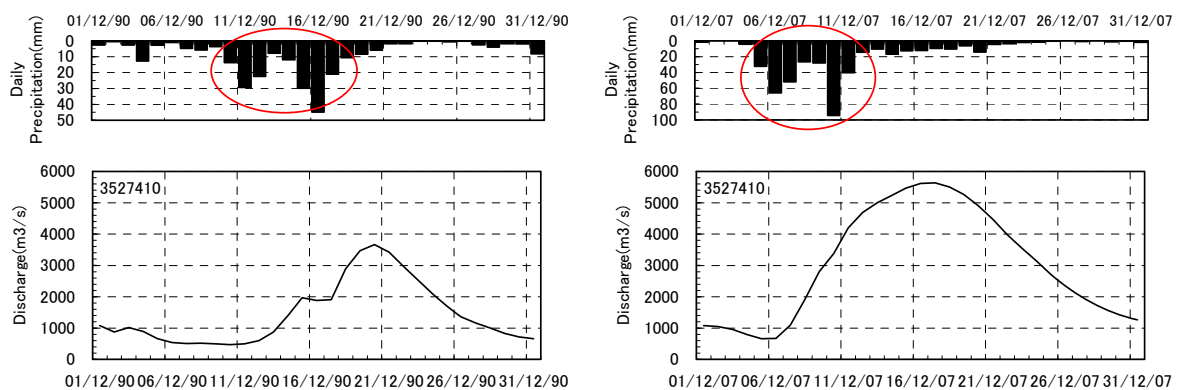


図 4.4.4 洪水時の降雨・流量時系列(左：1990年12月洪水、右：2007年12月洪水)

図4.4.5は14洪水における累積降雨量時系列であるが、ほとんどの洪水において8日目までに90%以上の降雨が観測されている。そこで、パハン川流域に大規模な洪水をもたらす降雨の継続時間を8日とした。

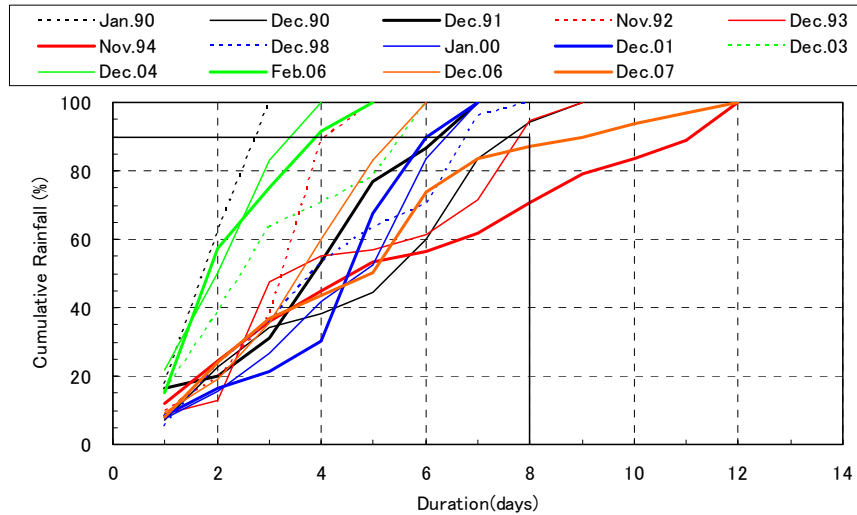


図 4.4.5 主要洪水における累積降雨量時系列

(2) 降雨確率

解析には過去40年の降雨データを使用することとした。

まず、20地点および、地点4227001を除いた19地点の観測データを用いて表 4.4.3のように流域平均年最大8日降雨量を求めた。20地点から求めた年最大8日降雨量と19地点から求めた値の関係は図 4.4.6のようである。

表 4.4.3 流域平均年最大 8 日雨量

年*	年最大 8 日雨量		年*	年最大 8 日雨量	
	4227001 を含まない	4227001 を含む		4227001 を含まない	4227001 を含む
1968	117.7	Not available	1988	239.7	269.5
1969	124.7	Not available	1989	113.2	Not available
1970	489.9	Not available	1990	167.5	181.1
1971	281.2	Not available	1991	185.2	197.2
1972	203.2	Not available	1992	158.1	164.6
1973	132.9	Not available	1993	176.2	217.6
1974	109.8	117.4	1994	170.4	193.8
1975	189.8	201.2	1995	157.7	216.2
1976	98.3	108.6	1996	105.7	115.1
1977	141.4	139.9	1997	95.3	102.4
1978	119.5	121.8	1998	216.5	276.3
1979	207.9	Not available	1999	126.8	132.3
1980	116.5	118.7	2000	113.2	109.3
1981	101.9	94.6	2001	186.4	220.0
1982	110.6	102.8	2002	83.6	90.2
1983	175.7	232.4	2003	116.2	151.3
1984	170.3	179.7	2004	133.9	133.0
1985	140.0	128.2	2005	137.6	185.6
1986	124.3	135.4	2006	141.7	129.2
1987	205.8	214.1	2007	317.3	353.4

\*水文年：7月から翌年6月を1年とする



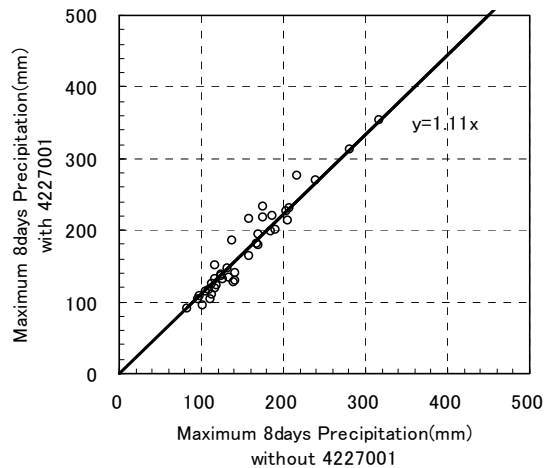
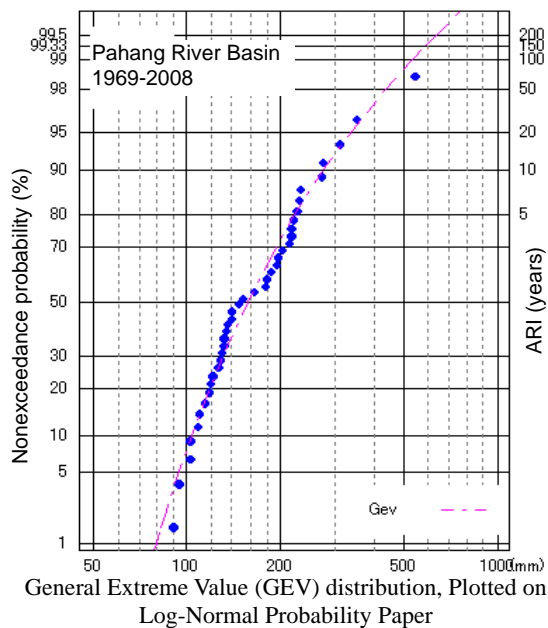


図 4.4.6 地点 4227001 を含めた場合と含めない場合の年最大 8 日雨量比較結果

この図にみられるように、20地点から求めた年最大8日雨量は地点4227001を含まない場合と比較して11%、降雨量が多い傾向にある。そこで、地点4227001のデータが得られていない年については、19地点から求めた値に1.11を乗じて年最大8日降雨量を求めた。

図 4.4.7は、一般極値分布を仮定した確率規模別の8日降雨量であり、1971年および、2007年の降雨確率は、それぞれ、112年、23年と求まる。



年*	年最大降雨量	確率年	年*	年最大降雨量	確率年
1968	130.6	1.4	1988	269.5	9
1969	138.5	1.6	1989	125.7	1.4
1970	543.8	112	1990	181.1	3
1971	312.2	15	1991	197.2	4
1972	225.6	5	1992	164.6	2
1973	147.5	1.8	1993	217.6	5
1974	117.4	1.2	1994	193.8	3
1975	201.2	4	1995	216.2	5
1976	108.6	1.2	1996	115.1	1.2
1977	139.9	1.6	1997	102.4	1.1
1978	121.8	1.3	1998	276.3	10
1979	230.8	6	1999	132.3	1.5
1980	118.7	1.3	2000	109.3	1.2
1981	94.6	1.06	2001	220.0	5
1982	102.8	1.1	2002	90.2	1.04
1983	232.4	6	2003	151.3	1.9
1984	179.7	3	2004	133.0	1.5
1985	128.2	1.4	2005	185.6	3
1986	135.4	1.5	2006	129.2	1.4
1987	214.1	4	2007	353.4	23

\*水文年：7月から翌年6月を1年とする

図 4.4.7 降雨確率分布(パハン川流域)

また、生起確率別の流域平均最大 8 日雨量は表 4.4.4 のようである。

表 4.4.4 確率規模別の 8 日雨量

ARI(yrs)	200	150	100	80	50	30	20	10	5	3	2	1.5
8日雨量(mm)	633.3	587.2	527.5	497	437.7	380.2	339.1	276.7	222.2	185.3	156.5	134.5

4.4.4 洪水シミュレーションモデルの構築

(1) モデルの概要

(a) 流出モデル

流出計算にはUSEPA非線形流出モデルを用いた。このモデルは流域を矩形と改定し、流向を流域の幅方向に直角と仮定するものである。また、表 4.4.5、図 4.4.8のように小流域を3つの地表区分に分類することにより、土地利用の違いによる流出特性の変化を表現することができる。

表 4.4.5 小流域の地表区分

区分	浸透度	窪地貯留
A <sub>1</sub>	不浸透域	あり
A <sub>2</sub>	浸透域	あり
A <sub>3</sub>	不浸透域	なし

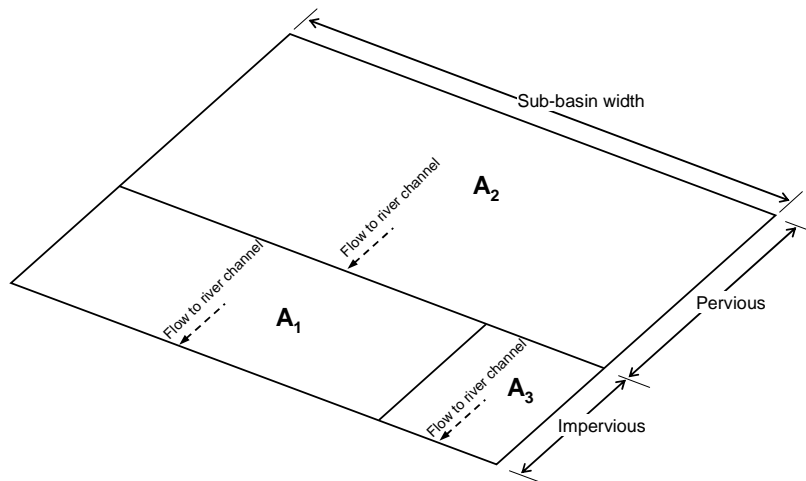


図 4.4.8 地表区分模式図(表面流は直接河道へ流入する)

流出は、下に示すマニング式および連続式で求められる。

$$q = \frac{1}{n} (d - d_p)^{5/3} i^{1/2}$$

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r,$$

ここに、 $q$ は単位幅流量、 $n$ は粗度係数、 $d$ は水深、 $d_p$ は窪地貯留深、 $r$ は降雨強度、 $i$ は勾配である。

浸透域からの降雨損失については、図 4.4.10に示すような初期損失とその後の継続的な損失を仮定した。すなわち、降雨量が所定の初期損失降雨量を超過すると、その後は定量の損失が継続し、流出が生じる。

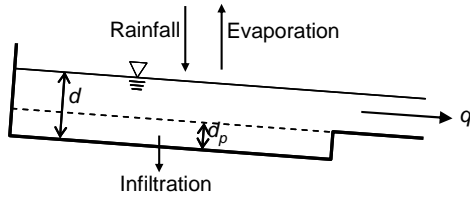


図 4.4.9 流出モデル模式図

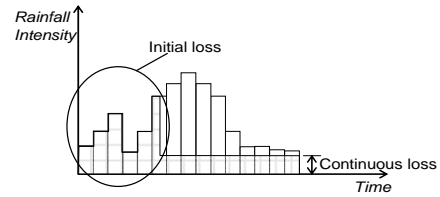


図 4.4.10 降雨損失の模式図

## (b) 水理モデル

河道流の基礎方程式は、以下に示す漸変流近似された1次元運動方程式および連続式からなる。

連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} = -gn^2 \frac{Q|Q|}{AR^{4/3}}$$

ここに、 $A$ は河道断面積、 $Q$ は流量、 $q$ は横流入量、 $H$ は水位、 $R$ は径深、 $n$ は粗度係数、 $g$ は重力加速度である。

氾濫域の水理挙動については、以下に示す非定常2次元浅水流方程式と連続式を用いる。

連続式

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} - gu \frac{n^2 \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} - gv \frac{n^2 \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}$$

ここに、 $u, v$ はそれぞれ $x, y$ 方向の流速、 $h$ は水深、 $H$ は水位、 $n$ は粗度係数、 $g$ は重力加速度である。

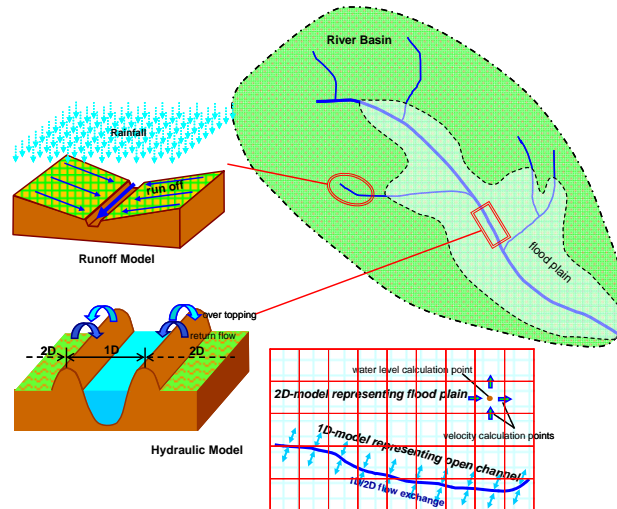
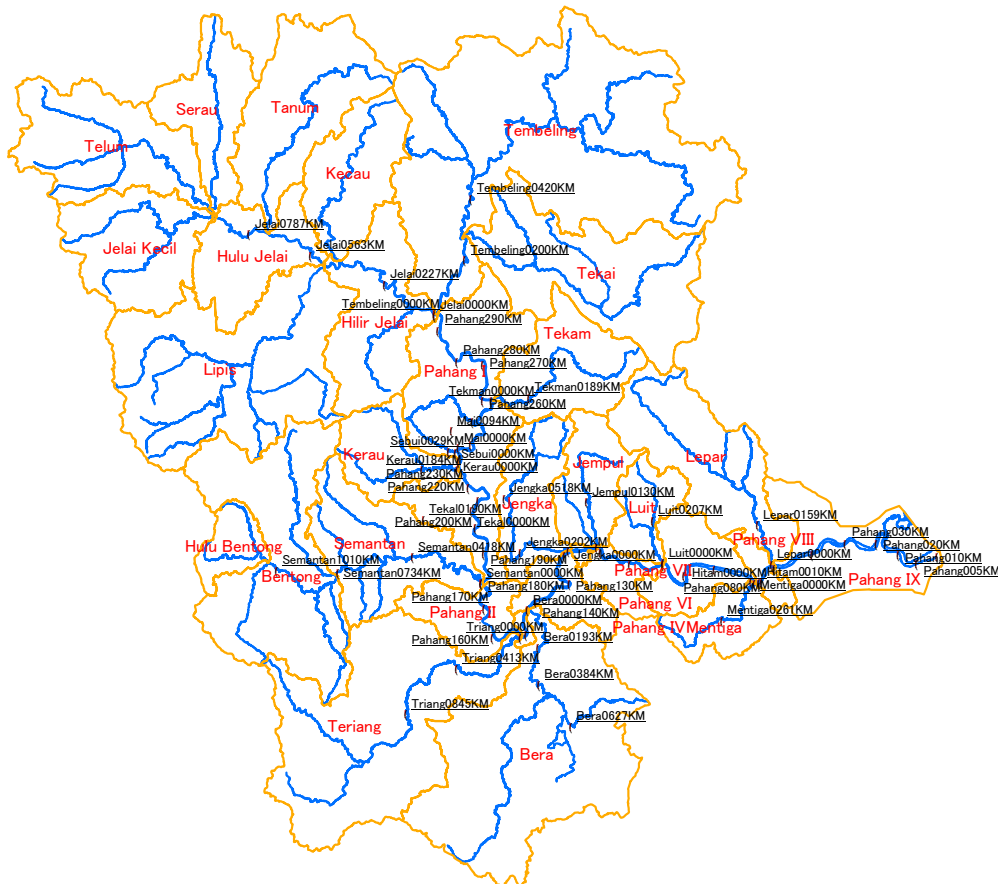


図 4.4.11 洪水シミュレーションモデル模式図

(c) パハン川流域モデル

パハン川を対象とした洪水モデル構築にあたっては、図 4.4.12 示すように流域を31の小流域に分割し、それぞれにおいて流出計算を行う。流出計算のパラメータは試行計算から表 4.4.6 のように求めた。なお、土地利用に関するパラメータについては、JPBDによって作成された土地利用図をもとに設定している。当該土地利用図では土地利用形態を農業、森林、水面、交通・インフラ、市街地に分類しているが、前者2つを浸透域、後者2つを不浸透域として扱うこととした。



Red circle indicate the location of cross-section and numbers are chainage from the river-mouth or confluence point

図 4.4.12 パハン川流域の流域分割および距離標

表 4.4.6 流出モデルパラメータ

小流域	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流出					浸透	
		幅 (km)	勾配	土地利用	割合 (%)	粗度係数	初期損失 (mm)	継続損失 (mm/hr)
Telum	1,077	20	0.001	Pervious	99.2	0.1	30.0	0.5
				Impervious	0.8	0.014	-	-
Jelai Kecil	890	40	0.001	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.5
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Serau	638	10	0.001	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.5
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Hulu Jelai	689	10	0.00041	Pervious	99.6	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.4	0.014	-	-
Tanum	1,117	10	0.00041	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Lipis	2,095	100	0.004	Pervious	99.3	0.1	30.0	0.3
				Impervious	0.7	0.014	-	-
Kecau	759	10	0.00041	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
HilirJelai	917	20	0.00031	Pervious	99.9	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.1	0.014	-	-
Tembeling	3,756	30	0.001	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Tekai	1,481	20	0.0003	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Tekam	751	10	0.00041	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Pahang I	1,521	100	0.001	Pervious	99.3	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.7	0.014	-	-
Kerau	445	10	0.0001	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Hulu Bentong	253	150	0.001	Pervious	96.4	0.1	60.0	0.2
				Impervious	3.6	0.014	-	-
Bentong	1,705	20	0.001	Pervious	99.5	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.5	0.014	-	-
Semantang	961	20	0.001	Pervious	97.8	0.1	30.0	0.4
				Impervious	2.2	0.014	-	-
Pahang II	398	10	0.00027	Pervious	99.7	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.3	0.014	-	-
Teriang	2,129	50	0.001	Pervious	98.5	0.1	30.0	0.4
				Impervious	1.5	0.014	-	-
Bera	2,317	30	0.0002	Pervious	96.9	0.1	30.0	0.4
				Impervious	3.1	0.014	-	-
Pahang III	32	10	0.0002	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Jengka	568	10	0.00037	Pervious	97.5	0.1	30.0	0.4
				Impervious	2.5	0.014	-	-
Pahang IV	325	10	0.00013	Pervious	99.7	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.3	0.014	-	-
Jempul	485	5	0.00085	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Pahang V	23	10	0.00016	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Luit	335	10	0.001	Pervious	98.7	0.1	30.0	0.4
				Impervious	1.3	0.014	-	-
Pahang VI	220	5	0.00016	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Mentiga	363	10	0.0002	Pervious	97.7	0.1	30.0	0.4
				Impervious	2.3	0.014	-	-
Pahang VII	477	10	0.0001	Pervious	99.9	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.1	0.014	-	-
Lepar	1,062	7	0.0003	Pervious	99.9	0.1	25.0	0.4
				Impervious	0.1	0.014	-	-
Pahang VIII	133	10	0.00013	Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.0	0.014	-	-
Pahang IX	839	10	0.00014	Pervious	95.8	0.1	30.0	0.4
				Impervious	4.2	0.014	-	-

水理モデルのパラメータは検証計算より、表 4.4.7 のように設定した。

表 4.4.7 水理モデルパラメータ

1 次元河道モデル	粗度係数	本川：距離標 0 – 100km	0.03
		本川：距離標 100 – 180km	0.035
		その他の河川区間	0.04
2 次元氾濫モデル	氾濫域粗度係数	0.5	
	空間解像度	500m x 500m	

(2) 検証計算

検証対象洪水には、2007年12月洪水を用いることとした。当該洪水は8日雨量の確率規模が231年と、最近40年では2番目に大きな洪水である。また、氾濫地図を含めて検証に必要な観測データが十分に得られている。

図 4.4.13 は、洪水氾濫域の観測結果と計算結果の比較図である。また、図 4.4.14 は水位時系列の比較結果である。これらの検証図から、観測結果と計算結果は、概ね一致していることから、以後の気候変動影響予測、各種洪水対策検討には当該シミュレーションモデルを用いることとする。

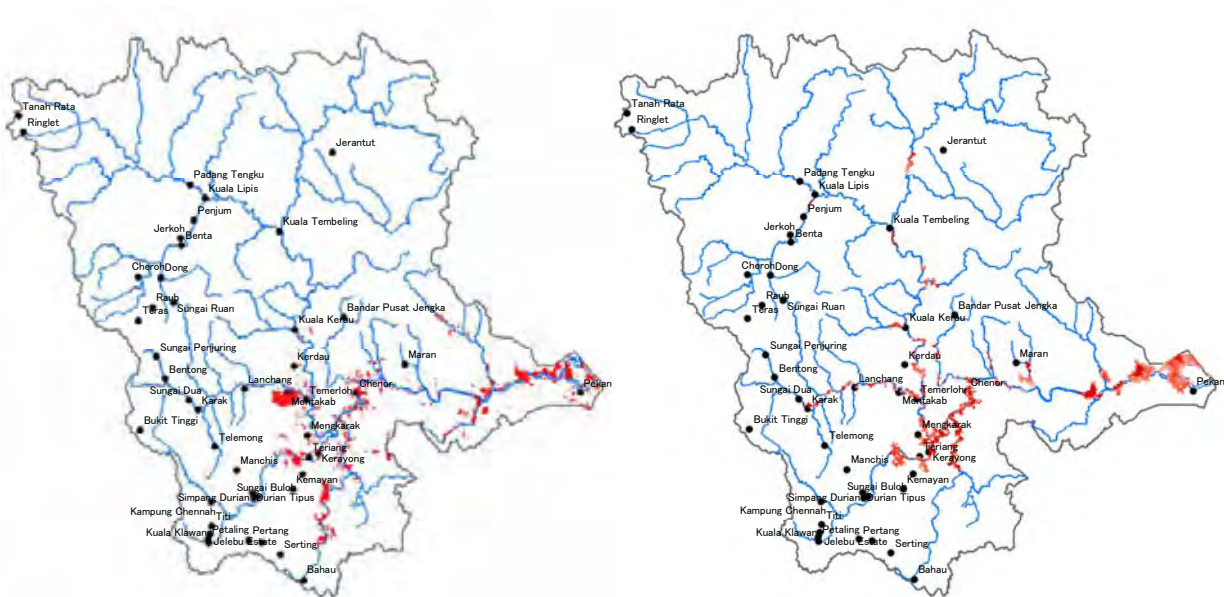


図 4.4.13 氾濫域検証結果(左：観測値、右：計算結果)

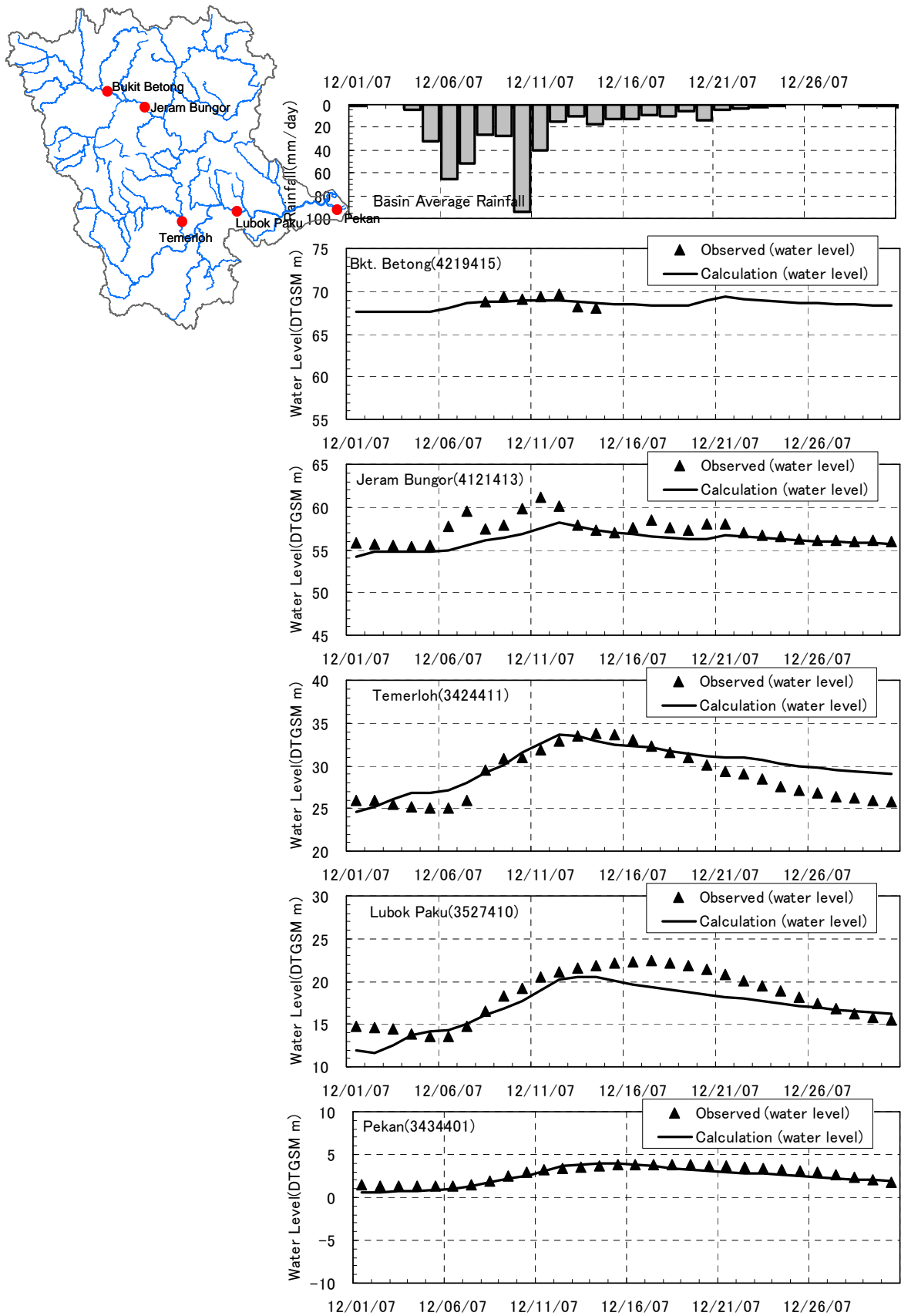


図 4.14 検証結果(水位時系列)

### 4.4.5 洪水予測検討

ここでは、前述のモデルを使用し、各種対策の効果を含む様々な条件下での洪水予測検討を行う。

#### (1) 計算条件

##### (a) 降雨波形

図 4.4.15はパハン川流域における主な洪水発生時の降雨量分布を示したものであるが、いずれも類似しており、流域の東側での降雨量が比較的大きく、西側で小さいという傾向がみられる。前述のとおり、2007年12月洪水が近年では最も大きく、降雨データも十分に得られていることから、当該洪水における降雨波形を用いて予測検討を行うこととする。

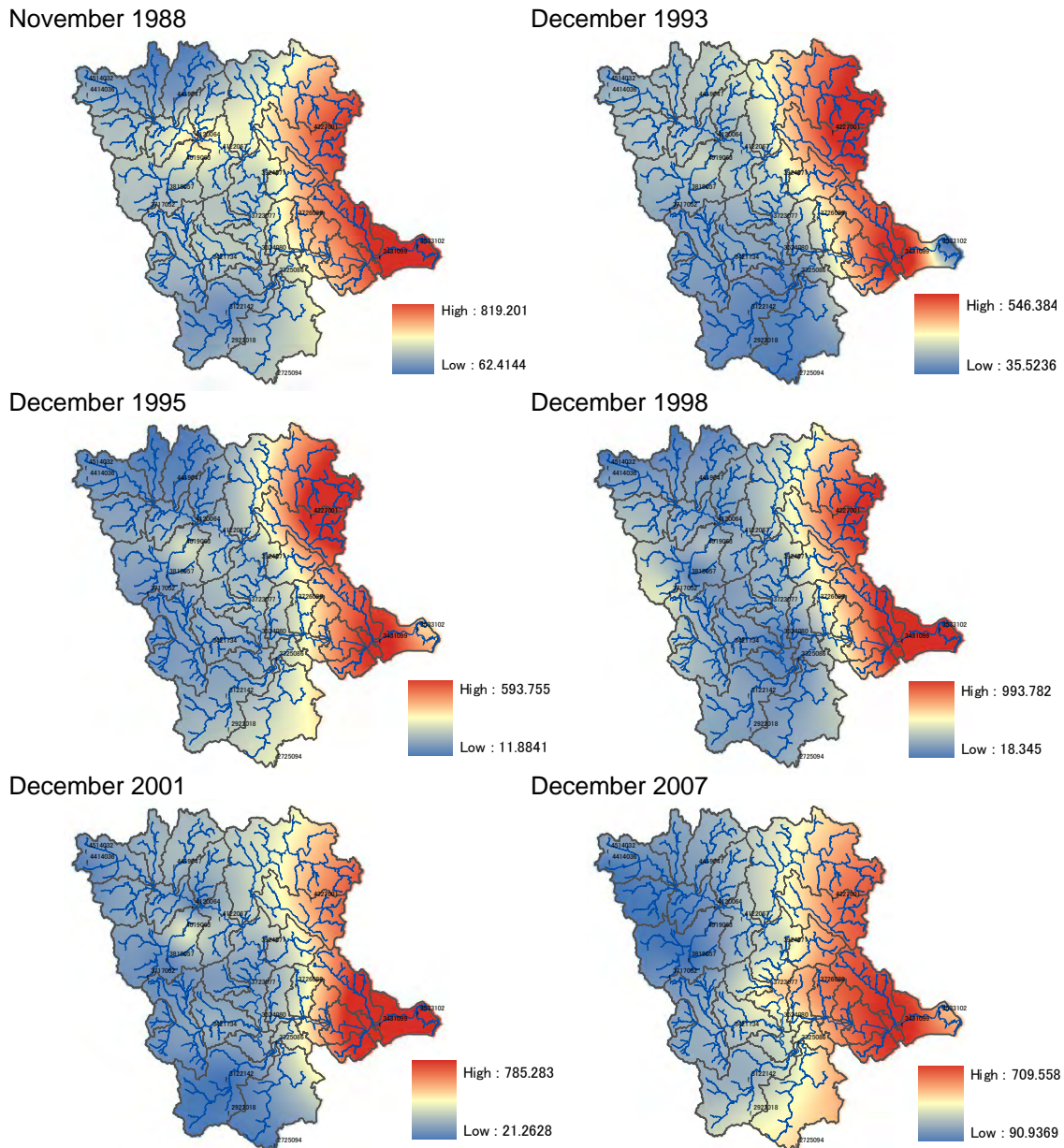


図 4.4.15 主要洪水時の降雨量分布



## (b) 下流端水位

下流端水位には、Tanjung Gelang地点における時間潮位観測結果をもとに設定することとした。すなわち、現況条件下の検討では観測値を用いることとし、気候変動の影響を見込んだ2025年条件下における予測では、観測潮位に海面上昇量として0.12mを加えることとした。

## (c) 引き伸ばし率と増加率

各種確率規模の降雨波形作成に用いる引き伸ばし率に加え、気候変動の影響による降雨強度増分を反映するため、2025年条件下の検討では気候変動による増加率を乗じることでこれを表現する。引き伸ばし率、増加率は表 4.4.8.のとおりである。

表 4.4.8 浸透域、不浸透域の割合

	確率年						2007年12月洪水
	2	5	10	20	50	100	
8日雨量(mm)	156.5	222.2	276.7	339.1	437.7	527.5	356.0
引き伸ばし率	0.44	0.63	0.78	0.96	1.24	1.49	-
増加率	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	-

## (d) 土地利用

土地利用は、JPBDで作成している現在および、将来のデータをもとに設定した。各パラメータは表 4.4.9.に示すとおりである。

表 4.4.9 浸透域、不浸透域の割合

小流域	土地利用	割合(%)		小流域	土地利用現況	割合(%)	
		現況	2025			2025	2025
Telum	浸透域	99.2	99.2	Pahang II	浸透域	99.7	73.7
	不浸透域	0.8	0.8		不浸透域	0.3	26.3
Jelai Kecil	浸透域	100.0	100.0	Teriang	浸透域	98.5	80.8
	不浸透域	0.0	0.0		不浸透域	1.5	19.2
Serau	浸透域	100.0	100.0	Bera	浸透域	96.9	92.6
	不浸透域	0.0	0.0		不浸透域	3.1	7.4
Hulu Jelai	浸透域	99.6	99.6	Pahang III	浸透域	100.0	100.0
	不浸透域	0.4	0.4		不浸透域	0.0	0.0
Tanum	浸透域	100.0	100.0	Jengka	浸透域	97.5	87.6
	不浸透域	0.0	0.0		不浸透域	2.5	12.4
Lipis	浸透域	99.3	99.3	Pahang IV	浸透域	99.7	99.3
	不浸透域	0.7	0.7		不浸透域	0.3	0.7
Kecau	浸透域	100.0	99.9	Jempul	浸透域	100.0	100.0
	不浸透域	0.0	0.1		不浸透域	0.0	0.0
HilirJelai	浸透域	99.9	91.8	Pahang V	浸透域	100.0	100.0
	不浸透域	0.1	8.2		不浸透域	0.0	0.0
Tembeling	浸透域	100.0	100.0	Luit	浸透域	98.7	94.0
	不浸透域	0.0	0.0		不浸透域	1.3	6.0
Tekai	浸透域	100.0	100.0	Pahang VI	浸透域	100.0	100.0
	不浸透域	0.0	0.0		不浸透域	0.0	0.0
Tekam	浸透域	100.0	100.0	Mentiga	浸透域	97.7	97.7
	不浸透域	0.0	0.0		不浸透域	2.3	2.3
Pahang I	浸透域	99.3	88.5	Pahang VII	浸透域	99.9	99.9
	不浸透域	0.7	11.5		不浸透域	0.1	0.1
Kerau	浸透域	100.0	100.0	Lepar	浸透域	99.9	97.7
	不浸透域	0.0	0.0		不浸透域	0.1	2.3
Hulu Bentong	浸透域	96.4	96.4	Pahang VIII	浸透域	100.0	99.8
	不浸透域	3.6	3.6		不浸透域	0.0	0.2
Bentong	浸透域	99.5	97.6	Pahang IX	浸透域	95.8	76.5
	不浸透域	0.5	2.4		不浸透域	4.2	23.5
Semantang	浸透域	97.8	84.6				
	不浸透域	2.2	15.4				

(e) 検討ケース

検討ケース一覧を表 4.4.10に示す。各種洪水対策の詳細については第6章に記述している。

表 4.4.10 検討ケース一覧

計算ケース		計算対象とした確率年	予測条件*	概要
1. 対策なし	1.現況	2, 5, 10, 20, 50, 100	現況	現況条件下、対策なし
	2.目標年		2025	2025年の条件下、対策なし
2. 対策あり	1.Jengka 分水路		2025	Jengka 分水路を想定
	2.Telum/ Jelai Kecil ダム		2025	Telum/ Jelai Kecil ダムを想定
	3.Tembeling Upper ダム		2025	Tembeling Upper ダムを想定
	4.Tekai Lower ダム		2025	Tekai Lower ダムを想定

\* 気候、土地利用条件を考慮

ダムについては定量放流方式での洪水調節を想定した。つまり、2年確率相当の流量を超える流入量については全量を貯水池に貯留することとし、貯水池が満水に達した後は調節を行わない。洪水調節の模式図を図 4.4.16に示す。

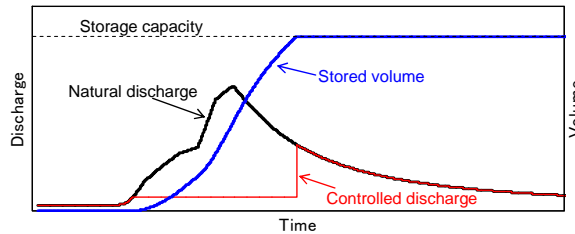


図 4.4.16 ダムによる洪水調節の模式図

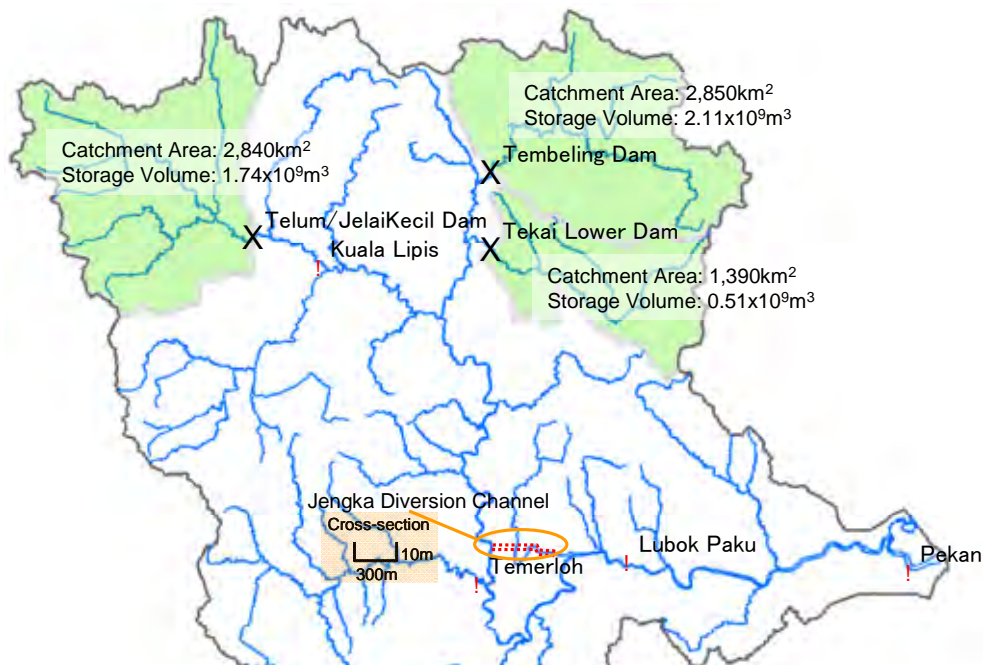


図 4.4.17 洪水対策施設位置図

## (2) 計算結果

表 4.4.11に示すように、気候変動の影響や土地利用の変化によって河川水位に上昇がみられる。これは、何も洪水対策が行われない場合、現在と比較して将来の洪水リスクが増大する可能性を示している。本検討で行った4つの洪水対策についての結果を表 4.4.11、図 4.4.18に示す。これらの結果より、Jengka分水路はTemerloh周辺の水位を低下させる効果が大きく、これは図 4.4.19の氾濫域計算結果にもみることができるが、この対策は下流部において水位の上昇をもたらす。各種対策の効果評価については第6章に記述している。

表 4.4.11 各地点における 100 年確率洪水での水位

位置 ケース ID	Kuala Lipis			Temerloh			Lubok Paku			Pekan		
	ARI 5	ARI 50	ARI 100	ARI 5	ARI 50	ARI 100	ARI 5	ARI 50	ARI 100	ARI 5	ARI 50	ARI 100
1-1	59.61	62.93	64.26	30.66	35.19	36.45	17.74	21.99	23.17	2.93	4.66	5.21
1-2	59.90	63.57	65.00	31.33	35.92	37.19	18.52	22.69	24.02	3.25	5.00	5.64
2-1	59.90	63.57	65.00	29.14	33.05	34.16	18.55	23.02	24.56	3.27	5.15	5.87
2-2	59.81	62.74	63.93	31.32	35.80	37.04	18.50	22.61	23.93	3.24	4.97	5.59
2-3	59.90	63.44	64.75	31.15	35.27	36.55	18.38	22.35	23.67	3.22	4.89	5.49
2-4	59.90	63.48	64.84	31.14	35.52	36.80	18.37	22.48	23.81	3.21	4.93	5.54

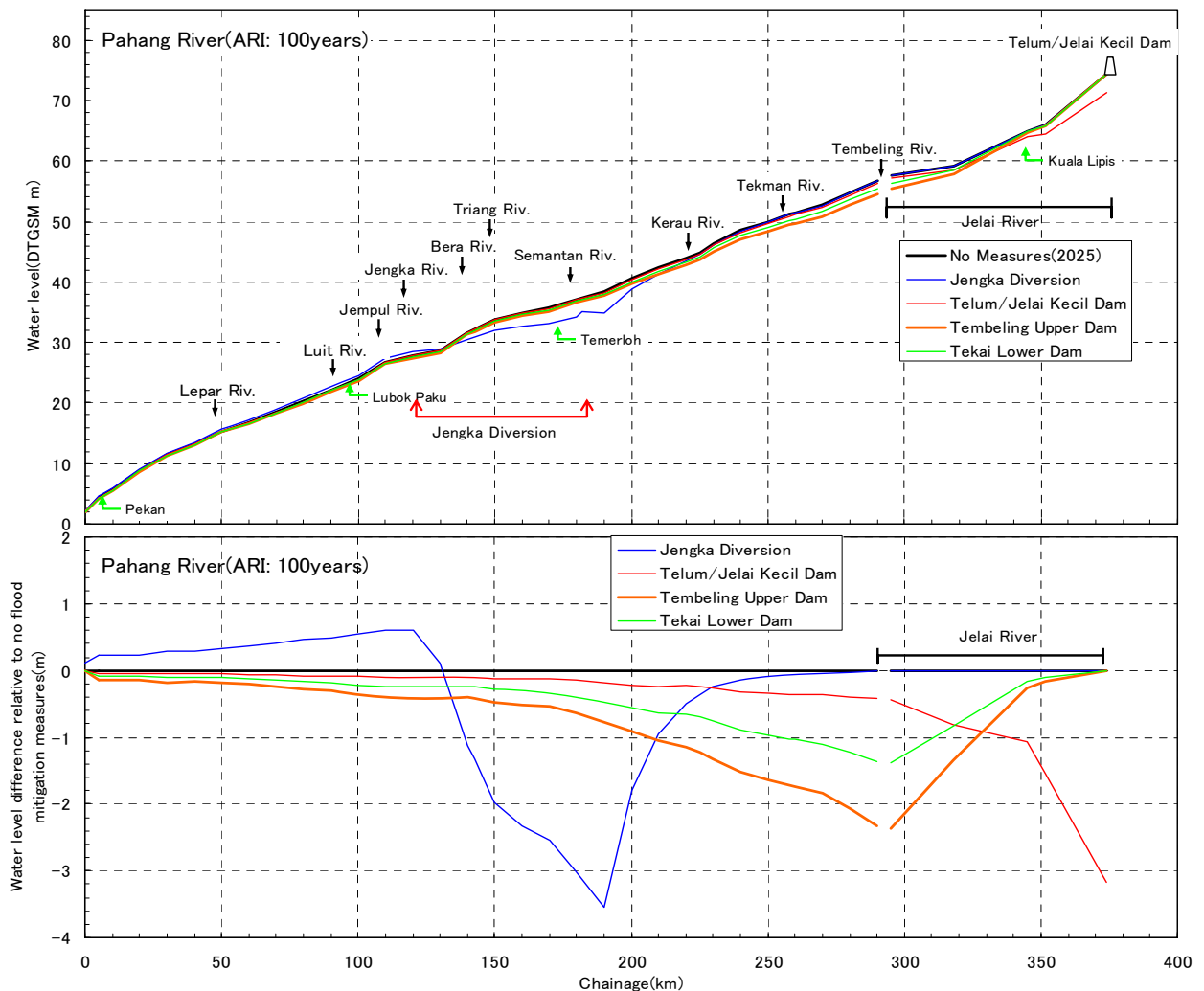


図 4.4.18 100 年確率規模の洪水におけるパハン川の水位および、対策を行わない場合との水位差  
(上：河川水位、下：水位差)

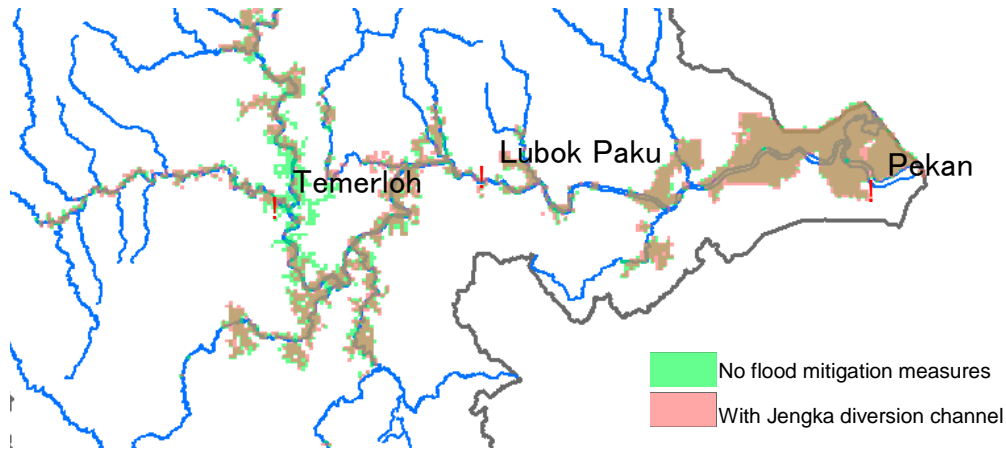


図 4.4.19 100年確率洪水による2025年条件下での氾濫域予測結果

### (3) Pekan Town における洪水対策プロジェクトに与える気候変動の影響

Pekanはパハン川河口から8kmにあるパハン下流部の主要な市街地である。DIDでは、Pekanの洪水防御を目的とした輪中堤を計画しており、既に詳細設計の段階にある。ここでは、当該輪中堤高と気候変動を見込んだ2025年条件下での洪水時水位を比較し、気候変動の与える影響については検討を行う。

Pekanで計画されている輪中堤高は、25年確率規模の水位から市街地を防御することを目的として4.88 DTGSM mに余裕高0.6-0.62mを加えた高さとしている(MegaConsult, The Detailed Design of Flood Mitigation Project for Pekan Town, Pahang Preliminary/ Conceptual Design Report, April 2007)。予測計算は、上流にいずれの洪水対策施設も設置されないとの条件下で行った。

Pekan地点における確率規模別の河川水位予測結果を表 4.4.12に示す。この結果から、現在計画されているPekanにおける洪水防御を目的とした輪中高は、気候変動を見込んだ2025年条件下においても所定の安全度を確保できるものと予測される。

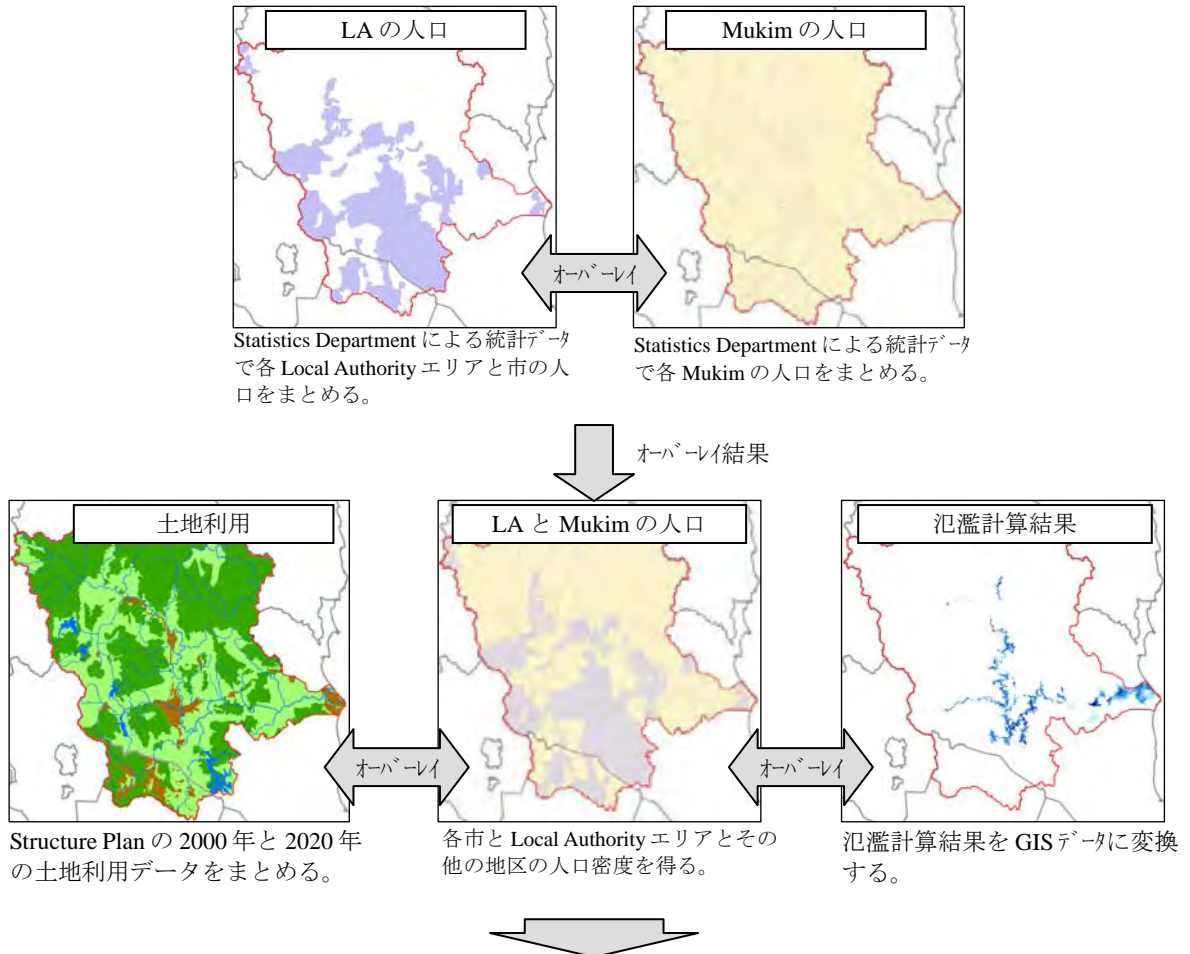
表 4.4.12 Pekan 地点における河川水位予測結果

		(DTGSM m)					
確率年	2	5	10	20	25	50	100
河川水位	2.54	3.25	3.76	4.30	4.49	5.00	5.64

## 4.5 経済分析の方法

### 4.5.1 洪水被害の推定

洪水被害を推定するために、氾濫地域の土地利用および人口を調べる必要がある。土地利用と人口を推定するのに、下記の分析を行った。



上記の GIS 分析データを Excel にエクスポートし、詳細浸水被害計算を行う。下記の表のように、各氾濫計算メッシュの人口密度および土地利用に基づいて、各計算ケースの氾濫水深毎の人口および土地利用を推定する。

Simulation grid no.	Land use	Area	Pop. density	Simulation Case 1					Simulation Case 2				
				Water depth	Agric	Forest	B.U.	Pop	Water depth	Agric	Forest	B.U.	Pop
1	Agriculture	xx km <sup>2</sup>	xx/km <sup>2</sup>	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy
1	Forest	xx km <sup>2</sup>	xx/km <sup>2</sup>	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy
2	Agriculture	xx km <sup>2</sup>	xx/km <sup>2</sup>	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy
2	Forest	xx km <sup>2</sup>	xx/km <sup>2</sup>	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy
2	Built up	xx km <sup>2</sup>	xx/km <sup>2</sup>	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy
3	Built up	xx km <sup>2</sup>	xx/km <sup>2</sup>	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy
4	Agriculture	xx km <sup>2</sup>	xx/km <sup>2</sup>	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy
4	Built up	xx km <sup>2</sup>	xx/km <sup>2</sup>	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy
5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
			TOTAL	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy	x m	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	xx km <sup>2</sup>	yy

図 4.5.1 浸水地域の人口および土地利用の推定方法

#### 4.5.2 洪水被害額の推定

この種のプロジェクトでは経済評価は以下のステップを踏んで行われる。

- (1) 被害項目を特定する。
- (2) それらの被害項目のそれぞれについて原単位(amount/unit, or amount/ha)を推定する。
- (3) 基礎とし得る既往洪水被害額を推定する。もしくは、既往洪水のデータに基づき、確率規模別の想定洪水被害額を推定する。
- (4) “With-” ならびに “Without-Project” の概念のもと、想定確率規模ごとの年平均洪水被

害額を推定する。

- (5) “With-”ならびに“Without-Project”条件下での被害額の差分を経済便益として特定する。
- (6) プロジェクトの経済便益と経済コストを比較し、経済的内部収益率(EIRR)、純現在価値(NPV、すなわちB- C)、便益費用率(B/C Ratio)等の指標により事業の実行可能性を検証する。

**(1) 被害項目の特定**

対象地域の特性を考慮して、被害項目を以下の通りとした。

**(a) 市街地**

- 市街地における家屋・家財に対する被害
- 一般世帯が保有する家畜類の被害
- 商店、レストラン等の営業停止損
- 道路、橋梁、公共施設、公園等の間接被害
- 小学校、中学校、公会堂、官公庁等公共構造物の浸水被害

**(b) 農地**

- イネに対する浸水被害
- ゴム樹林に対する浸水被害ならびに生産減
- アブラヤシに対する浸水被害
- ココナッツ樹林に対する浸水被害
- その他の換金樹林に対する浸水被害
- 各種園芸樹林に対する浸水被害

**(2) 被害額原単位の特定**

**(a) 市街地**

**(i) 一般世帯の家屋・家財**

一般世帯の家屋の単価を既存類似調査の結果に基づき、かつパハン川流域の特性を考慮して1戸当り18,050RM/戸(2009年価格)とした。家財の評価額は類似調査の例に基づき、家屋評価額の80%とした。浸水深別の被害率は類似調査の例に基づき、下表の通りとした。

**表 4.5.1 家屋・家財の被害率**

浸水深 (cm)	家屋被害率	家財被害率
床下		
20~49	0.030	—
床上		
50以下	0.053	0.086
50～99	0.072	0.191
100～199	0.109	0.331
200～299	0.152	0.499
300以上	0.220	0.690

出典:河川砂防技術基準(案)「治水経済編」

なお、家屋の数量は人口に基づくが、その場合現時点における関連3州の平均世帯規模を4.41人/世帯とした。ここで、浸水期間はすべての規模の洪水で7日間以上となっている。

## (ii) 家畜の被害

家畜の被害額の評価額はマレーシアにおける既往の被害実態調査の結果に基づき、家屋・家財評価額の13.8倍と想定した。

## (iii) 商店、レストラン等の営業停止損

マレーシアにおける既往の調査報告の結果に基づき、かつパハン川流域の特性を考慮して、一般世帯の家屋・家財の被害額の2.5倍と想定した。

## (iv) 道路、橋梁、公共施設、公園等の間接被害

マレーシアにおける既往の調査報告の結果に基づき、かつパハン川流域の特性を考慮して、一般世帯の家屋・家財の被害額、家畜の被害ならびに商店、レストラン等の営業停止損の合計の30%と想定した。

## (v) 小学校、中学校、公会堂、官公庁等公共建造物の浸水被害

建造物の単価を既存類似調査の結果に基づき、かつパハン川流域の特性を考慮して1構造物当たり4,813,370 RM/戸(2009年価格)とした。構造物内の備品調度類の評価額は類似調査の例に基づき、構造物評価額の120%とした。浸水深別の被害率は類似調査の例に基づき、下表の通りとした。

表 4.5.2 公共建造物と什器備品の被害率

浸水深 (cm)	構造物被害率	什器備品被害率
	床下	
20～49	—	—
	床上	
50以下	0.180	0.127
50～99	0.314	0.276
100～199	0.419	0.379
200～299	0.539	0.479
300以上	0.632	0.562

出典:河川砂防技術基準(案)「治水経済編」

## (b) 農地

### (i) 水稻への影響

イネには水稻(Main Season Paddy)と陸稲(Off Season Paddy)の2種があり、品種によってそれぞれ前者は620～1,270 RM/kg、後者は540～1,010 RM/kgの価格幅がある(いずれも1980年時点の農家軒先価格)。これを現時点価格に換算して単純平均し、2,070 RM/haとした。なお、この単位面積当りの価額には平均収量3.4トン/haがすでに考慮されている。また、イネの浸水被害率は既存類似調査の結果に基づき、下表に示す通りとした。既述の通り、浸水期間はいずれの確率規模の洪水でも7日以上なので、下表中ハイライト部分の被害率が採択した被害率ということになる。被害率は表に見る通り、抑え目に見て、すべて水稻の被害率を採択した。

表 4.5.3 イネの被害率

浸水深 (cm)	50cm 以下				50 cm～99 cm				100 cm 以上			
	1～2	3～4	5～6	7 以上	1～2	3～4	5～6	7 以上	1～2	3～4	5～6	7 以上
浸水期間(日)	1～2	3～4	5～6	7 以上	1～2	3～4	5～6	7 以上	1～2	3～4	5～6	7 以上
水稻被害率(%)	21.00%	30.00%	36.00%	50.00%	24.00%	44.00%	50.00%	71.00%	37.00%	54.00%	64.00%	74.00%
陸稻被害率 (%)	20.00%	34.00%	47.00%	60.00%	31.00%	40.00%	50.00%	60.00%	44.00%	60.00%	72.00%	81.00%
平均 (%)	20.50%	32.00%	41.50%	55.00%	27.50%	42.00%	50.00%	65.50%	40.50%	57.00%	68.00%	77.50%

(ii) ゴム樹林に対する浸水被害ならびに生産減

枯死した樹齢3年未満のゴム樹の若木の植替え費用はマレーシアにおける既存類似調査の結果に基づき2009年価格で6,931RM/haとした。乾性ゴム段階の枯死率は上述の既存類似調査の結果に基づき、年々の植替え率を全ゴム林の面積の3%、洪水によって生育3年未満の若木が枯死するとして、9%とした(=3%×3年)。浸水深または浸水期間別の被害率は同じく上述の既存類似調査の結果に基づき下表に示す通りとした。

表 4.5.4 ゴム樹の被害率

浸水期間(日)	浸水深(cm)	被害率(%)
7	25	5
14	25	15
21	25	60
28	25	100

日当り乾性ゴム採取量は既存類似調査により日当り9.47 kg/haと想定した。すなわち、年平均収量は年平均採取稼働日数を150日として1,420kg/haとなる。出水したら浸水期間の半分の期間は採取不能となるので、その50%は生産減になると想定した。このときの生産価額(ゴム農家軒先価格)を2009年価格で3,417 RM/haとした。

(iii) アブラヤシに対する浸水被害

枯死した樹齢3年未満のアブラヤシの若木の植替え費用はマレーシアにおける既存類似調査の結果に基づき2009年価格で4,693 RM/haとした。この場合も、枯死率は上述の既存類似調査の結果に基づき、年々の植替え率を全アブラヤシ林の面積の3%、洪水によって生育3年未満の若木が枯死するとして、9%とした。浸水深または浸水期間別の被害率は同じく上述の既存類似調査の結果に基づき下表に示す通りとした。

表 4.5.5 ヤシ類の被害率

浸水期間(日)	浸水深(cm)	被害率(%)
7	25	10
14	25	20
21	25	70
28	25	100

なお、この被害率はココナッツ等のヤシ類すべてに適用される。

(iv) ココナッツ樹林に対する浸水被害

枯死した樹齢3年未満のココナッツ樹の若木の植替え費用はマレーシアにおける既存類似調査の結果に基づき2009年価格で8,279 RM/haとした。この場合も、枯死率は上述の既存類似調査の結果に基づき、年々の植替え率を全アブラヤシ林の面積の2%、洪水によって生育3年未満の若木が枯死するとして、6%とした(=2%×3年)。既述の通り、被害率については上表を採用する。



## (v) その他の換金樹林に対する浸水被害

枯死した樹齢3年未満の果樹等の若木の植替え費用はマレーシアにおける既存類似調査の結果に基づき2009年価格で8,520 RM/haとした。生育3年未満の若木の枯死率は既存類似調査の結果に基づき全果樹面積の10%と想定した。浸水深または浸水期間別の被害率は同じく上述の既存類似調査の結果に基づき下表に示す通りとした。

表 4.5.6 その他の換金作物樹の被害率

浸水期間(日)	浸水深(cm)	被害率(%)
4	25	10
8	25	25
12	25	60
16	25	100

## (vi) 各種園芸樹林に対する浸水被害

枯死した樹齢3年未満の果樹等の若木の植替え費用はマレーシアにおける既存類似調査の結果に基づき、ココナッツの植替えコストの75%、生産減耗率を25%として、2009年価格で6,979 RM/haとした。浸水期間別の被害率は同じく上述の既存類似調査の結果に基づき下表に示す通りとした。

表 4.5.7 園芸作物の被害率

浸水期間(日)	被害率(%)
4	10
8	25
12	50
16	75
20	100

以上の想定条件より、被害額の原単位として下記2表に示すような値を得た。なおこの場合、被害額ではないが、計算の便宜上、住環境の改善に伴う地価向上の便益を併せて推定して原単位の被害額原単位の表に併記した。その地価向上に伴う便益は、家屋・家財被害額、家畜類に対する被害額、商店、レストラン等の営業停止損、道路、橋梁、公共施設、公園等の間接被害額の合計の60%と想定した。

表 4.5.8 パハン川流域の市街地における被害額の原単位

(RM/House or building As of 2009)

浸水深(cm)	直接被害額の原単位					間接被害額の原単位または間接便益の原単位					官公庁、学校等を含む公共構造物などその他の間接被害額の原単位				
	浸水深別家屋被害額			浸水深別家財被害額		商店、レストラン等の浸水深別営業停止損		公共施設・設備等に対する間接被害額		住環境改善に伴う地価向上等の間接便益					
	家屋	家財	累計1	被害額	累計2	被害額	累計3	被害額	累計4	便益額	累計5(原単位総額)	構造物	什器備品	公共構造物被害額の原単位計	
床下	542	—	542	—	542	—	542	162	704	317	1,021	—	—	—	
床上	Less than 50	957	765	1,722	23,756	25,478	4,305	29,783	8,935	38,717	17,423	56,140	866,407	132,040	998,447
	50 ~ 99	1,300	1,040	2,339	32,272	34,611	5,848	40,459	12,138	52,597	23,669	76,266	1,511,398	500,575	2,011,973
	100 ~ 199	1,967	1,574	3,541	48,856	52,397	8,854	61,251	18,375	79,626	35,832	115,458	2,016,802	917,242	2,934,044
	200 ~ 299	2,744	2,195	4,939	68,129	73,068	12,346	85,414	25,624	111,039	49,967	161,006	2,594,407	1,491,265	4,085,672
	Over 300	3,971	3,177	7,148	98,608	105,756	17,870	123,626	37,088	160,714	72,321	233,035	3,042,050	2,051,559	5,093,609

## (3) 年平均洪水被害軽減期待額の推定

上述の原単位を用いて確率処理を行い、各事業の100年洪水確率の場合の年平均洪水被害軽減期待額を推定した。結果を下表に示す。

表 4.5.9 年平均洪水被害軽減期待額

(1,000RM)

事業別	年平均洪水被害軽減期待額
Temerloh	6,466
Mentakab	3,642
Kuala Lipis	364
Teriang	1,484
Jengka	洪水被害軽減なし
Telum Jelai Kecil Dam	7,059
Tembeling Upper Dam	36,574
Tekai Lower Dam	27,511

## 4.6 気候変動による水資源への影響評価

### 4.6.1 概説

気候変動による降雨パターンの変化によって、河川生物生息環境の悪化や使用可能水資源量が減少することが懸念されている。ここでは、気候変動によって懸念されるパハン川流域の水資源量への影響について、前章で行った影響解析結果に基づいた概略検討を行う。

具体的には、まず、パハン川流域の長期流出解析を目的としたタンクモデルを構築した上で、現況および将来条件を想定した流出計算を行った。つぎに、シミュレーション結果について気候変動の影響について分析を行った。

### 4.6.2 長期流出モデルの構築

#### (1) 流域分割

タンクモデルによる解析には、試行計算によるモデル定数の同定が必要であることから、流量観測地点の位置をもとに、流域を図 4.6.1に示すようにPahang(1), Tembeling, Pahang(2) and Pahang(3)の4つの小流域に分割した。

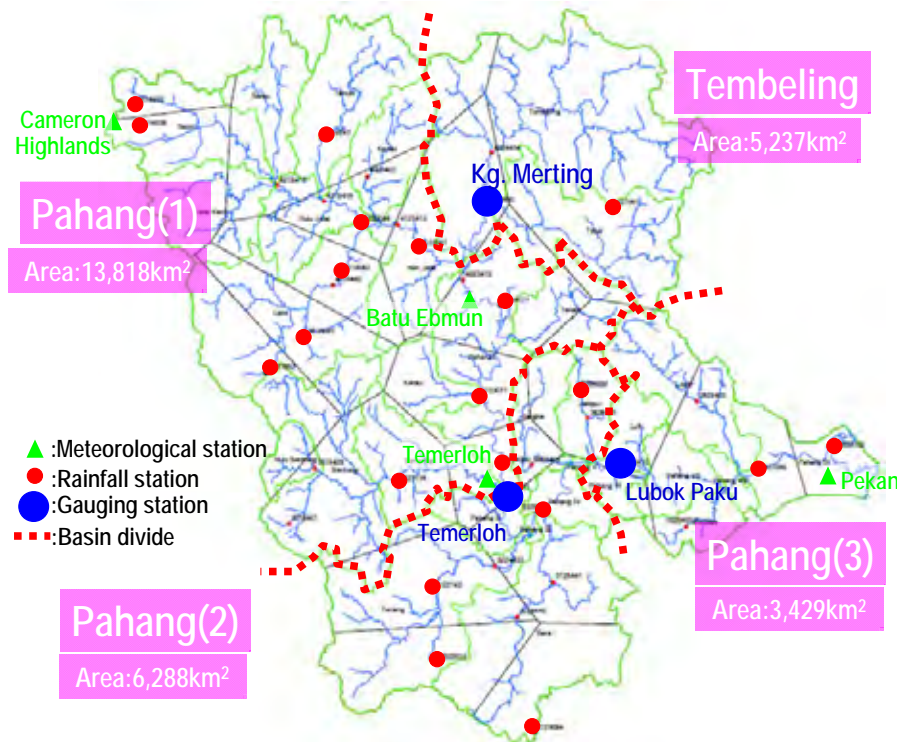


図 4.6.1 パハン川小流域分割図

## (2) 降雨量と蒸発散量

当該流出モデルの入力条件は降雨量と可能蒸発散量である。小流域毎の平均日雨量については、**図 4.6.1**に示すティーセン分割図を用いても求めることとした。

可能蒸発散量の推定には、下式のFAO Penman Monteith Method を用いた。

$$ET_0 = \frac{0.048\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273r_a} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

ここに、 $ET_0$ は基準蒸発散量 (mm/day)、 $R_n$ は日射量(MJ/m<sup>2</sup>/day)、 $G$ は地中熱伝達率(MJ/m<sup>2</sup>/day)、 $T$ は高度2mにおける気温(°C)、 $u_2$ は高度2mにおける風速(m/s)、 $e_s$ は飽和水蒸気圧 (kPa)、 $e_a$ は大気の水蒸気圧(kPa)、 $\Delta$ は気温 $T$ での飽和水蒸気曲線の勾配、 $\gamma$ は乾湿計定数(kPa/°C)である。

$ET_0$  の推定に用いた気象データは下表の通りである。観測地点位置は**図 4.6.1**に示した通りである。

表 4.6.1 蒸発散量の推定に用いた気象データ

小流域	気温(月平均、月最大・最小)	相対湿度(月平均)	風速(月平均)	日射量(月平均)	代表される面積(km <sup>2</sup> )
Pahang(1)	Cameron Highlands		Cameron Highlands	Cameron Highlands	1,968
	Batu Embun		Temerloh	Temerloh	6,187
	Temerloh		Temerloh	Temerloh	5,664
Tembeling	Batu Embun		Temerloh	Temerloh	5,237
Pahang(2)	Temerloh				6,288
Pahang(3)	Pekan		Temerloh	Temerloh	3,429

\* Evapotranspiration of Pahang(1) was obtained by weighted average of area represented by respective meteorological stations

## (3) 取水量

2004 to 2008における各小流域からの合計取水量は**図 4.6.2**の通りである。灌漑取水地点および水処理プラント位置は**図 4.6.3**の通りであり、取水量は計算した各小流域からの流出量から除くこととする。

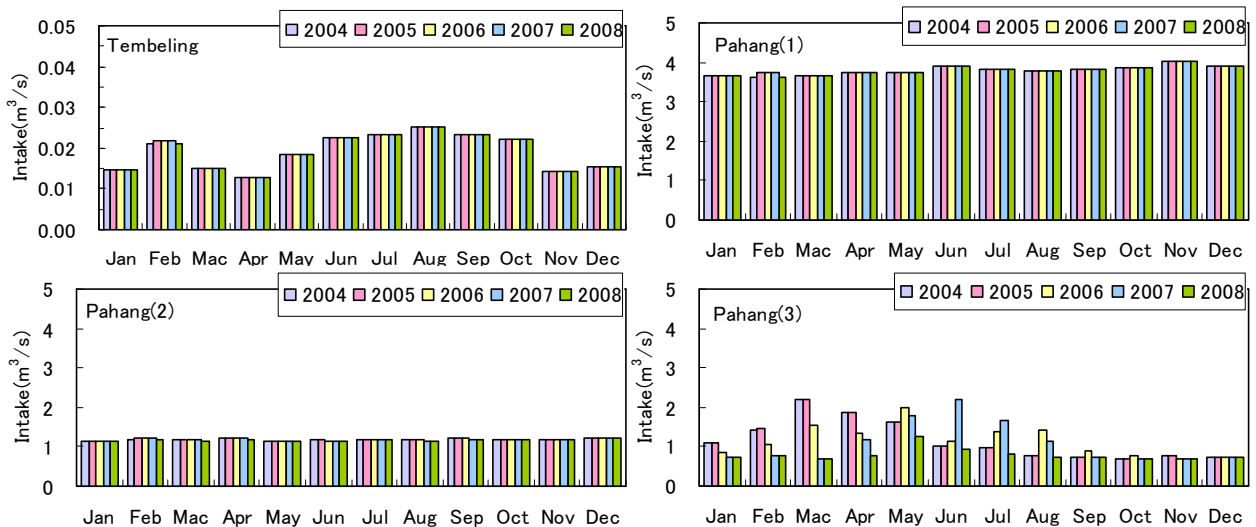


図 4.6.2 小流域別の合計取水量

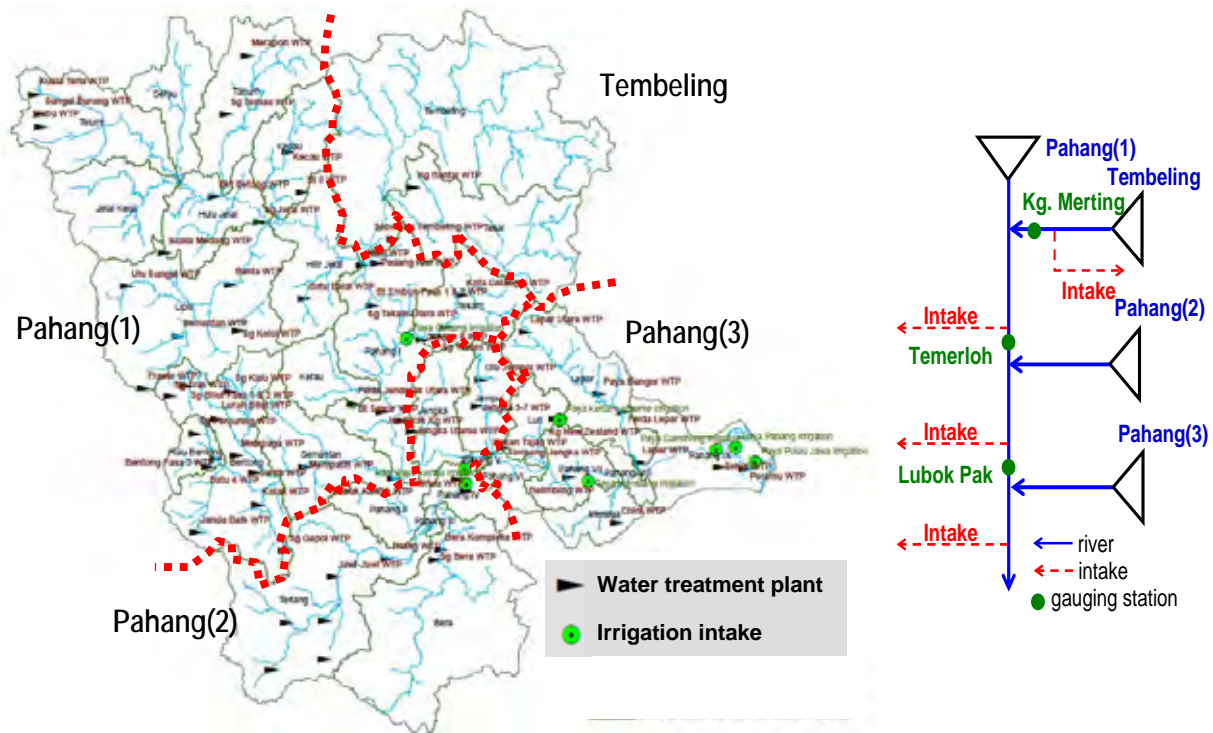


図 4.6.3 灌漑取水及び水処理プラントの位置

(4) モデル定数

パハン川流域における流出の遅れを表現するために長期流出解析モデルには、4層タンクモデルを用いた。なお、パハン川流域のモデル定数は試行計算を行い、図 4.6.4 のように設定した。

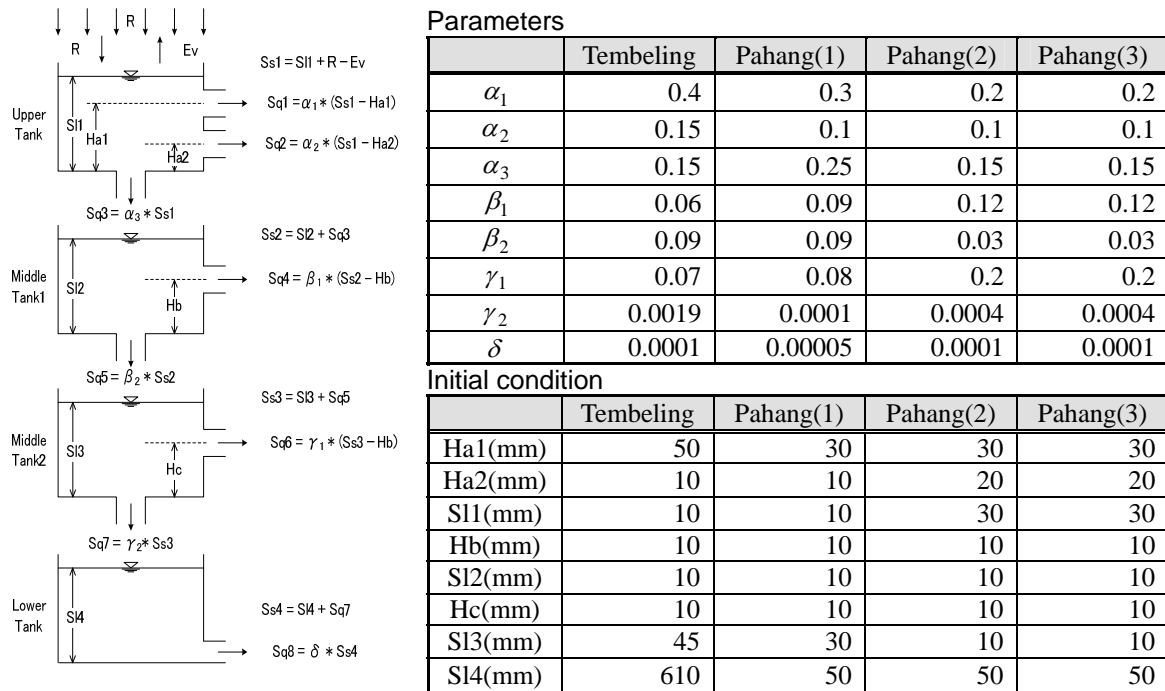


図 4.6.4 タンクモデル概念図とモデル定数

図 4.6.5は2006～2008年のKg.Melting、Temerloh、Lubok Pakuにおける実測流量と計算値の比較である。これらを見ると、計算値は実測値を概ね再現できており、設定したモデル定数は適切であると考えられる。

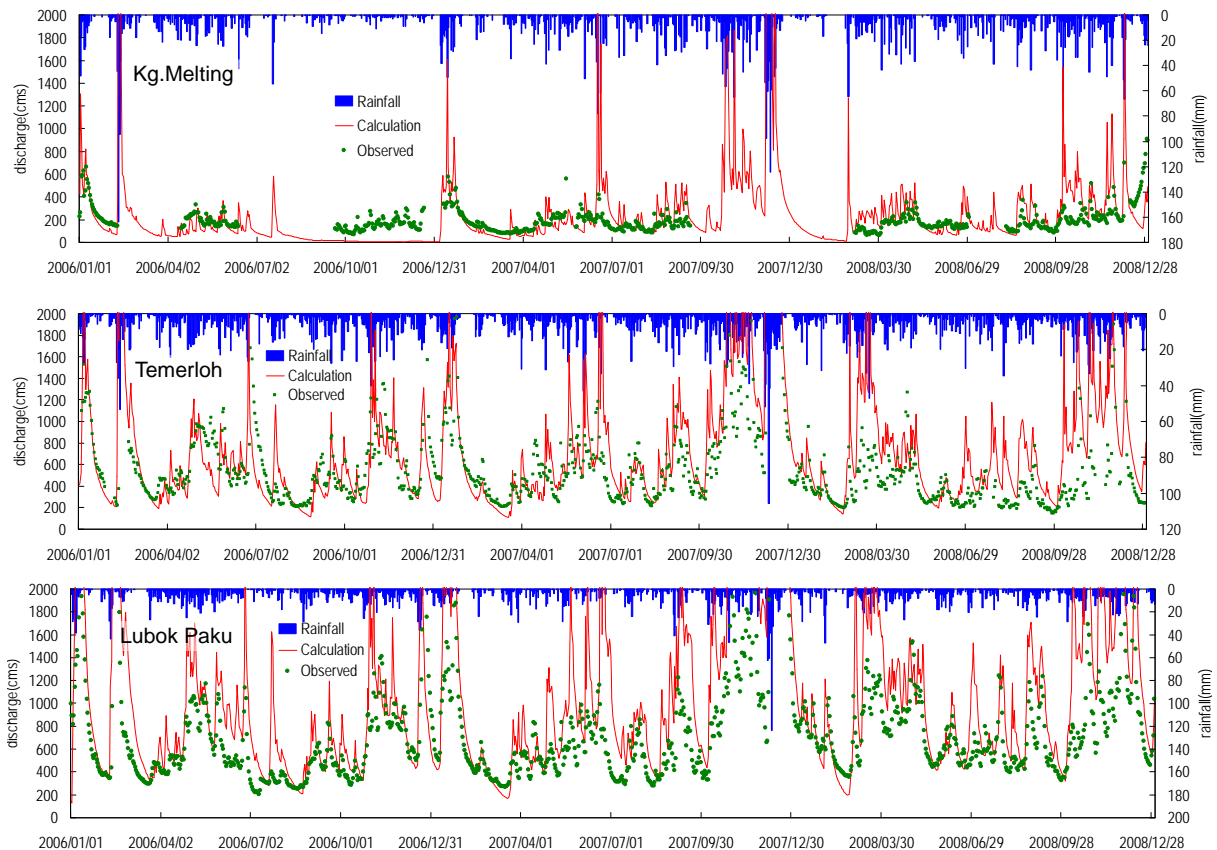


図 4.6.5 検証計算結果(上段: Kg. Melting, 中段: Temerloh, 下段: Lubok Paku)

### 4.6.3 気候変動による水資源への影響

前節にて設定したモデル定数を用いて長期流出解析を実施するとともに、2025年、2050年の降雨量、蒸発散量の増減を考慮した将来の流況を解析し、両者を比較する。さらに、解析結果を基に年間の水収支を分析し、環境流量や現況の取水量との比較により現在の流況を評価する。

#### (1) 計算条件

本検討では、最新の10年間(1999～2008)の雨量及び気象データを基に、長期流出解析の入力条件である雨量および可能蒸発散量を求めた。すなわち、現況条件下については、この雨量、可能蒸発散量を使用し、将来条件での予測については、それぞれに前章で求めた将来(2025、2050年)の変化率を乗じることとした。取水量については、現在、マレーシア政府において将来の水利利用計画が見直されていることから、現況の値を用いることとした。したがって、本検討における将来予測結果は、気候変動による影響のみを反映するものである。

現況と比較した雨量および蒸発散量の月別変化率は表 4.6.2の通りであり、月別の降雨量、可能蒸発散量は図 4.6.6の通りである。

表 4.6.2 1990年と比較した変化率

		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Precipitation	2025	1.07	0.99	0.99	0.99	1.08	1.01	0.84	1.25	0.93	1.09	1.09	1.12
	2050	1.01	0.93	1.03	1.03	1.13	1.08	0.89	1.40	1.07	1.11	1.04	1.01
Evapo- transpiration	2025	1.05	1.02	0.96	1.02	1.03	1.01	0.92	1.04	0.97	1.00	1.05	1.07
	2050	1.03	0.97	0.94	1.03	1.05	1.03	0.99	1.07	1.07	1.05	1.04	1.02

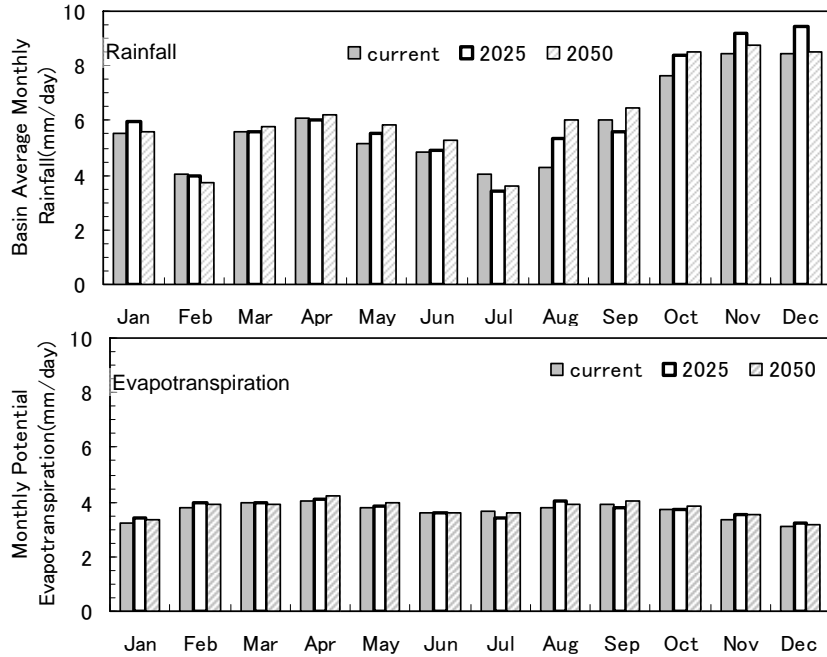


図 4.6.6 1999-2008年のデータで求めた月別平均降雨量、可能蒸発散量  
(上:流域平均降雨量、下:可能蒸発散量)

(2) シミュレーション結果

図 4.6.7、図 4.6.8に現況および将来条件下における10ヶ年の流量計算結果を示す。図 4.6.8から、将来の年平均流量は現況と比較して増加することがわかる。しかし、2025年から2050年にかけては顕著な変化はみられない。2月、3月、7月の平均流量は現況と比較して減少するものと予測された。

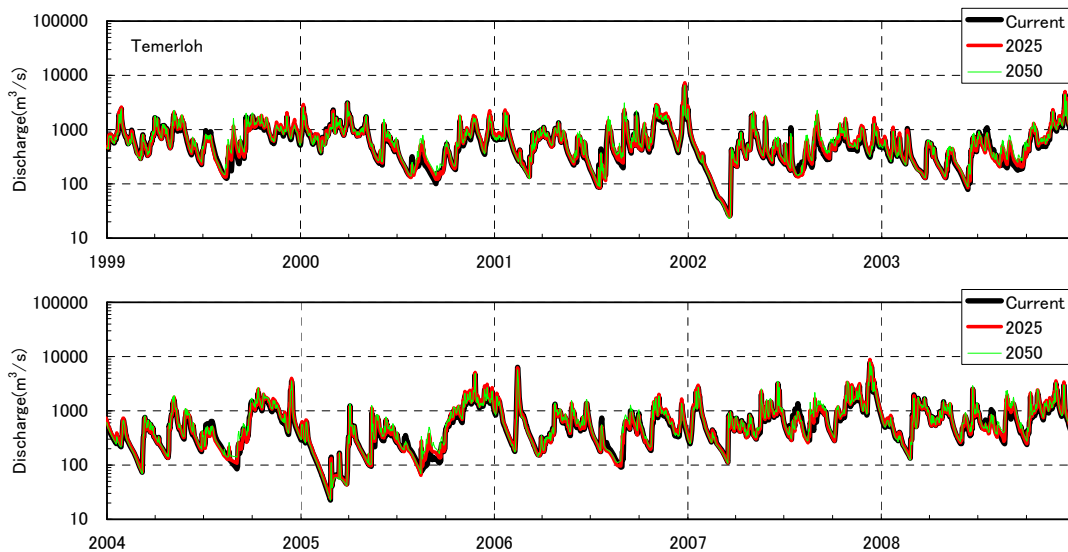


図 4.6.7(1) 流量時系列(Temerloh)

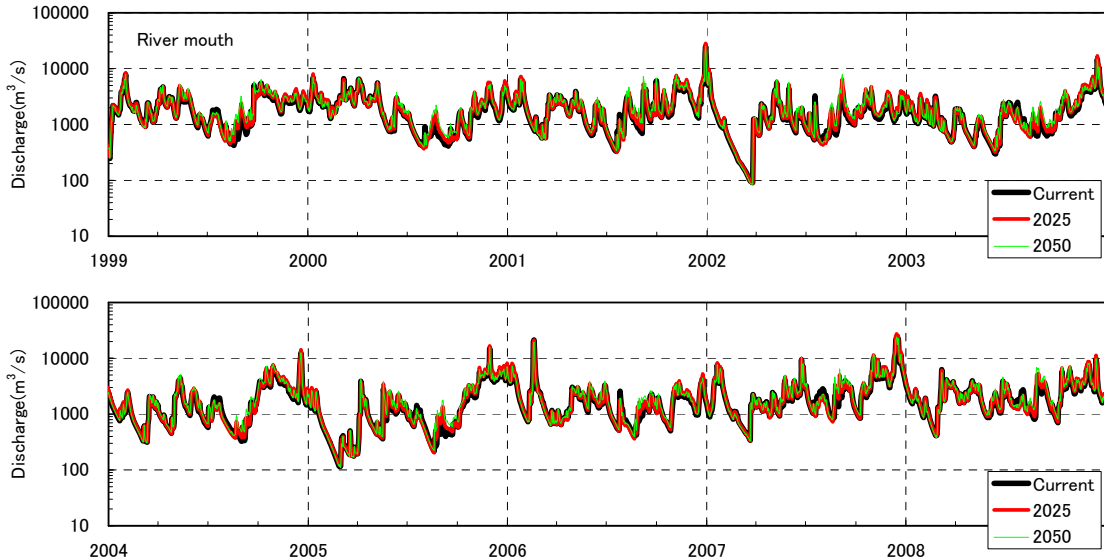


図 4.6.7(2) 流量時系列(River mouth)

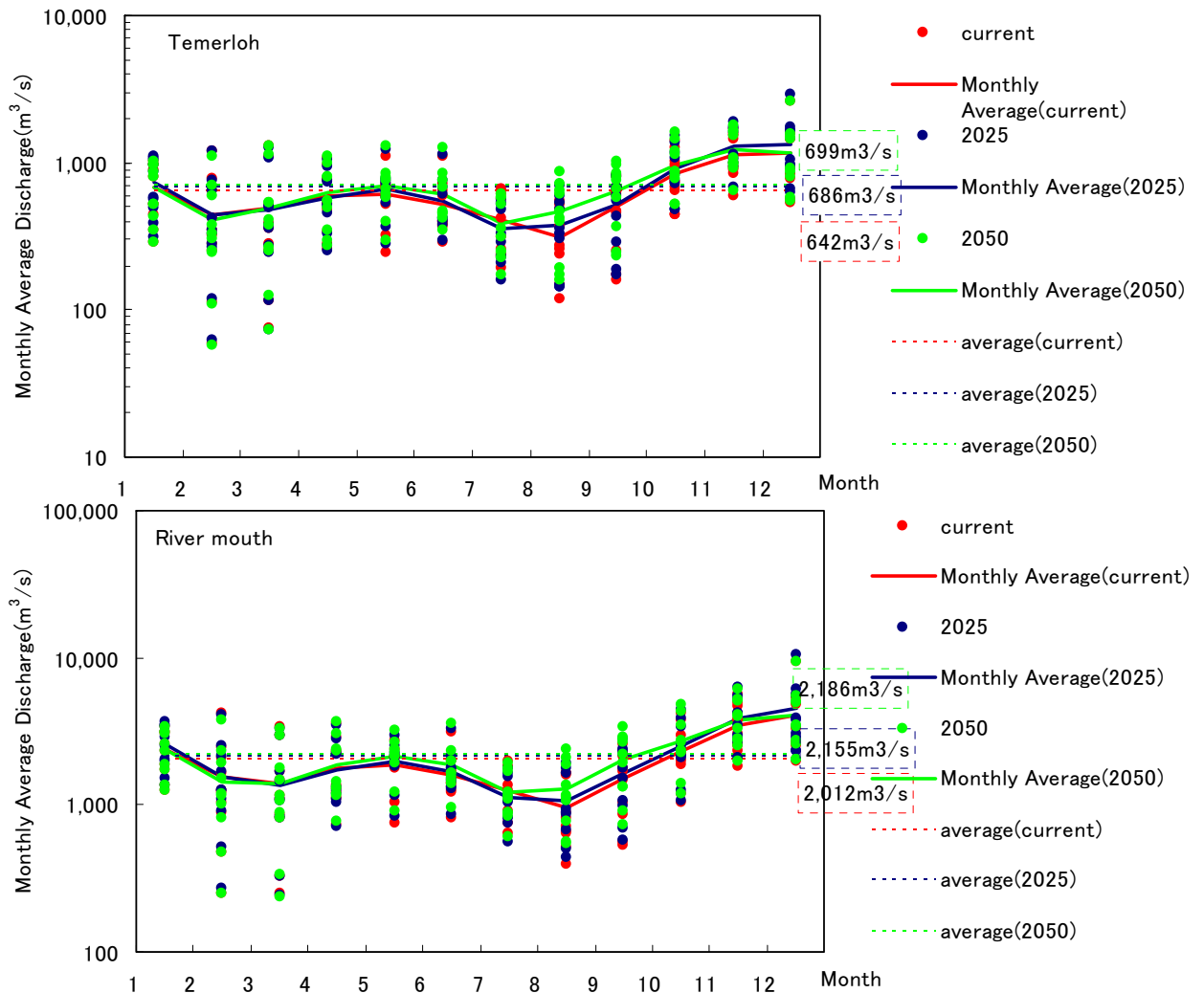


図 4.6.8 月別平均流量(上: Temerloh, 下: River mouth)

表 4.6.3は年平均流量、年最大・最小月平均流量を示したものである。将来予測値では、現況と比較して、年平均流量に増加がみられる。また、年最大月平均流量の増加、年最小月平均流量

の減少がみられ、将来においては極端な現象が増加する可能性がある。これらの結果は、NAHRIMによる予測結果と整合している。

しかし、表 3.4.6、図 3.4.6に示したように、将来予測される降雨量や蒸発散量の変化率はモデル毎に大きく異なっており、不確実性が大きいものと考えられることから、注意深くモニタリングを継続することが必要である。

表 4.6.3 年平均流量、年最大・最小月平均流量

	(m <sup>3</sup> /s)								
	年平均流量		年最大月平均流量			年最小月平均流量			
	現況	将来		現況	将来		現況	将来	
Temerloh	642	686 (2025)	699 (2050)	2,591	2,932 (2025)	2,625 (2050)	60	63 (2025)	57 (2050)
River mouth	2,012	2,155 (2025)	2,186 (2050)	9,342	10,555 (2025)	9,473 (2050)	249	243 (2025)	235 (2050)
NAHRIMによる Temerloh 地点予測値	670	718 (2025-2034、 2041-2050)		1,697	2,177 (2025-2034、 2041-2050)		156	123 (2025-2034、 2041-2050)	

\* Study of the Impact of Climate Change on the Hydrologic Regime and Water Resources of Peninsular Malaysia, Sep. 2006

\*\* 括弧内の数字は予測対象年

### (3) 影響評価

#### (a) 流況

ここでは、環境流量を下回る日数を指標として、気候変動による影響を評価する。環境流量は、Tennant Methodにしたがって、現況条件下の年平均流量(AAF)の20%と40%(それぞれ、“good”と“outstanding”に相当する)を用いることとした。

表 4.6.4 Tennant Method による環境流量の定義

Narrative description of general condition of flow for maintaining aquatic habitat	Recommended flow regime (% of AAF)
Flushing or maximum	200
Optimum range	60-100
Outstanding	40
Excellent	30
Good	20
Fair or degrading	10
Poor or minimum	10
Severe degradation	<10

図 4.6.9は10ヶ年のシミュレーション結果をもとに作成した現況および将来の流況曲線であり、図中の矢印はそれぞれ、現況条件下における年平均流量の20%および40%を下回る期間を表している。図 4.6.10、図 4.6.11にそれぞれの流量を下回る日数を示す。

これらの図から、現況と比較して将来では基底流量が増加することが予測され、“good”あるいは“outstanding”の環境流量を下回る日数は減少している。



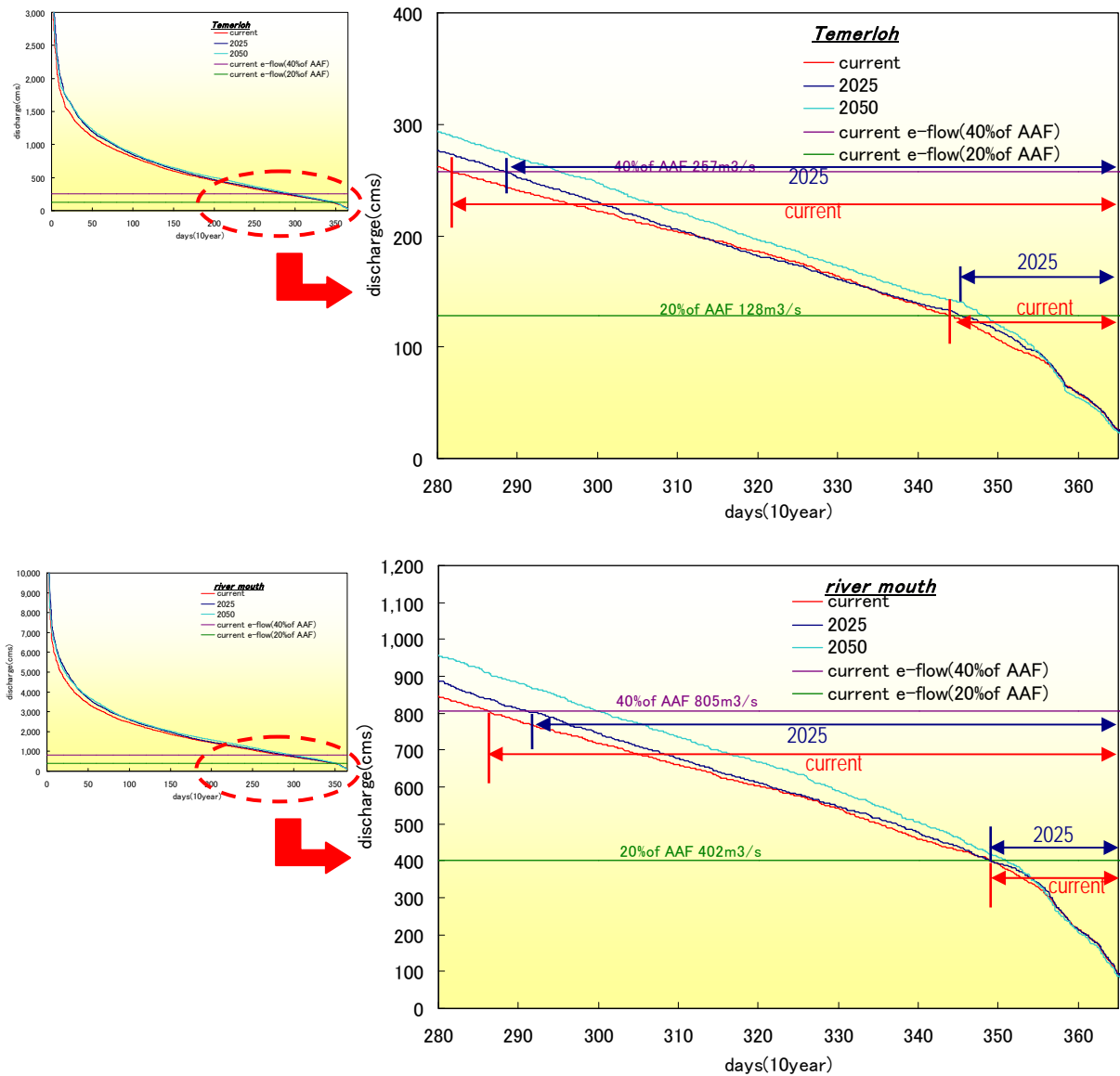


図 4.6.9 流況曲線(上: Temerloh, 下: 河口地点)

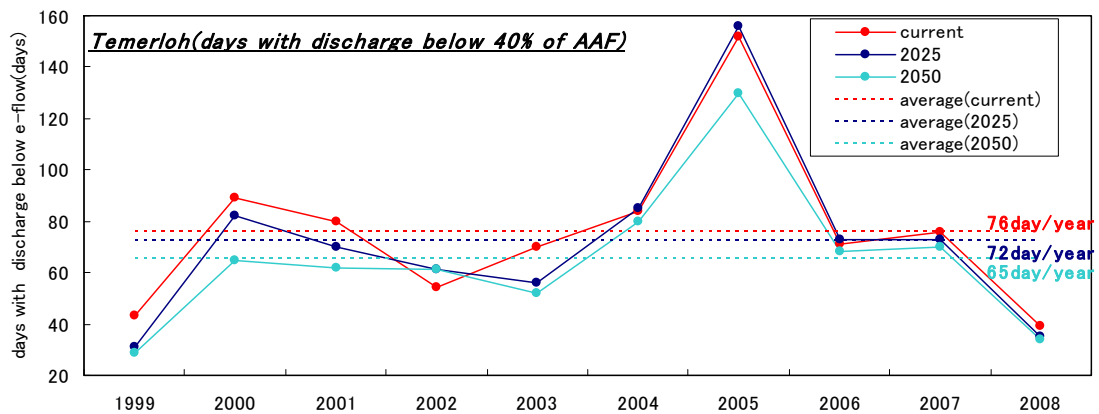


図 4.6.10(1) “Good”の環境流量を下回る日数(Temerloh)

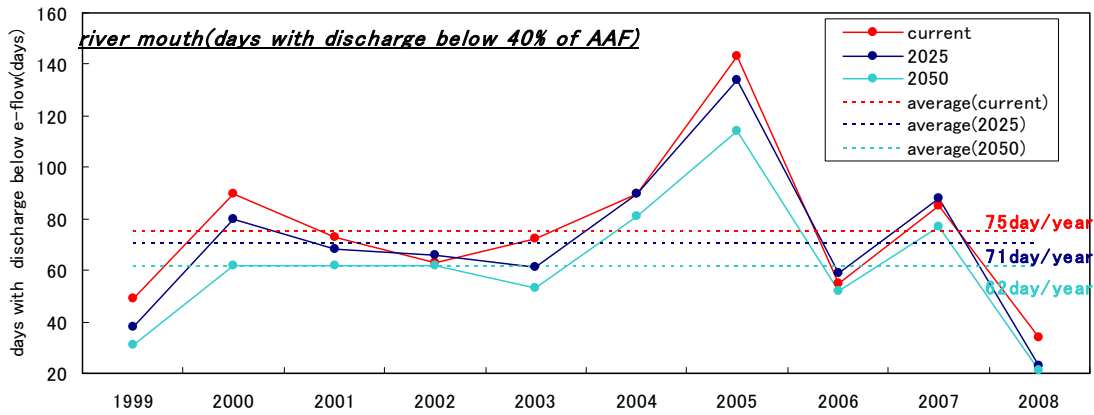


図 4.6.10(2) “Outstanding”の環境流量を下回る日数(Temerloh)

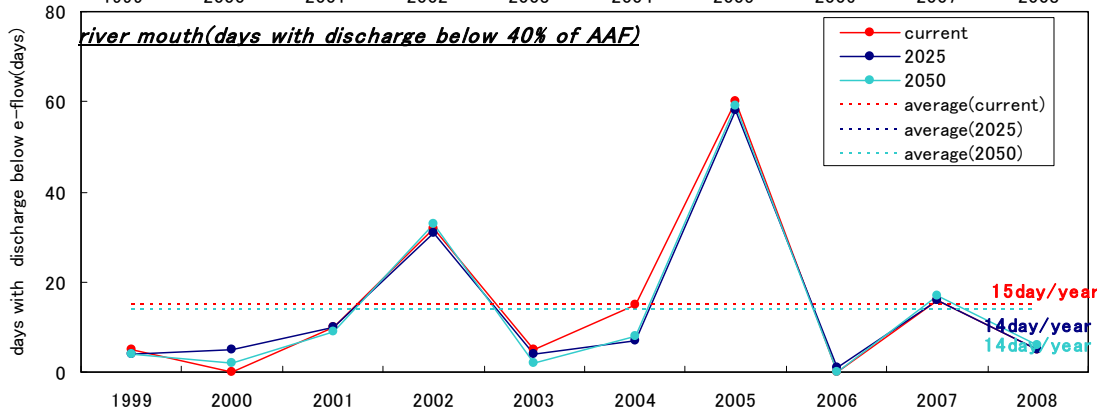
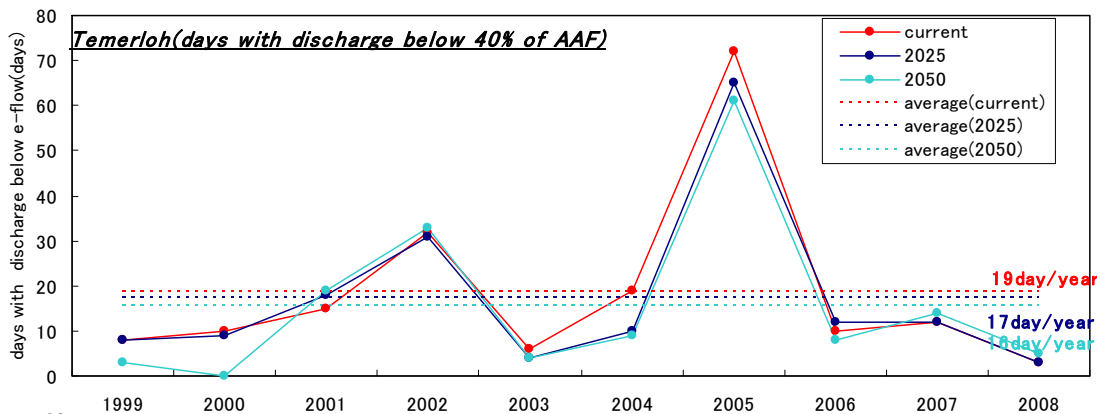


図 4.6.11 “Good” Flow (上)と“Outstanding”(下)の環境流量を下回る日数(河口地点)

(b) 水収支

図 4.6.12はシミュレーション結果をもとにパハン川流域の年間水収支を図化したものである。

図にみられるように、将来の利用可能な水資源量は2025年、2050年に現況と比較してそれぞれ、8%、9%増加するものと予測された。また、パハン川流域では自然流量のうち0.6%程度が取水などによって利用されていることがわかる。

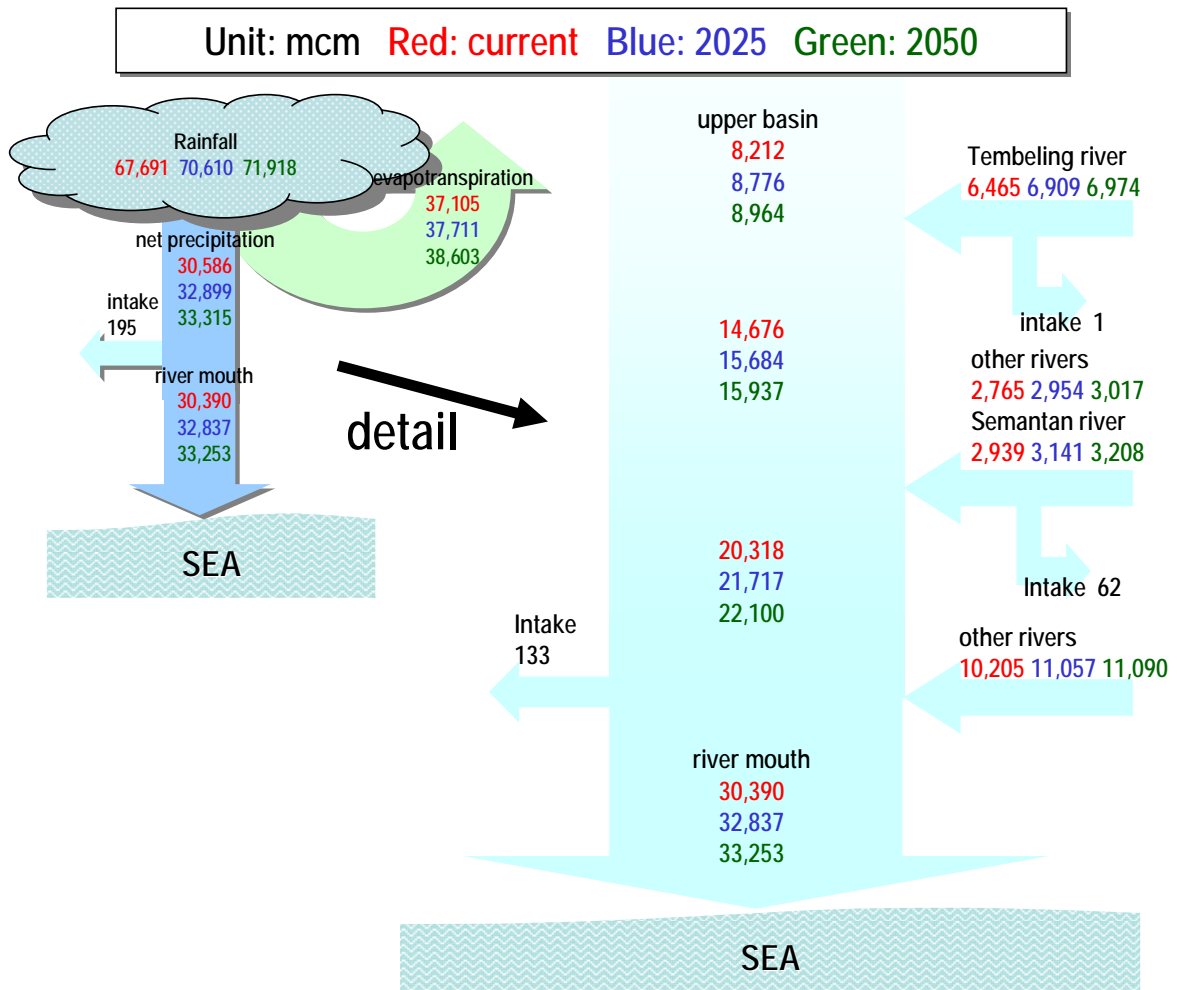


図 4.6.12 パハン川流域の年間水収支



## 第5章 IRBM計画の作成

### 5.1 IRBM計画作成の基本条件

#### 5.1.1 IRBM 計画の目的

IRBM 計画の目的は下記のとおりである。

**目的:** 水利用、河川環境および洪水管理についてパハン川流域における水と土地の持続的な管理の実現ためのロードマップを提供すること。

#### 5.1.2 IRBM 計画の計画期間

重要な基本計画条件の一つである計画期間を準備調査の早い段階で決定すべきである。計画期間とは、提案する行動計画やプロジェクトの実施期間であり、目標完成年はその最終年である。

表 5.1.1は過去の主な洪水対策、水資源管理および流域管理のマスタープラン調査の計画期間を示している。「National Water Resources Study 2000-2050」以外は、15年から18年となっている。これらの過去の事例に倣って、IRBM 計画および IFM 計画の計画期間を2011年から2025年までの15年間とすることを提案する。このようにすることによって、IRBM 計画および IFM 計画は、第10次、11次および12次マレーシア計画の計画期間をカバーできることになる。

表 5.1.1 過去の類似調査での計画期間

調査名	計画期間	目標完成年
National Water Resources Study, October 1982	18年	2000
Comprehensive Management of Muda River Basin, December 1995	15年	2010
National Water Resources Study 2000-2050, March 2000	50年	2050
Sungai Langat Integrated River Basin Management Study, August 2005	15年	2020
Master Plan Study on Flood Mitigation and River Management for Bernam River Basin, January 2005	16年	2020

### 5.2 IRBMの課題の抽出

#### 5.2.1 水利用

パハン川は半島マレーシアで最大の流域面積を持つ流域であるゆえに豊かな水資源に恵まれており、セクション 2.5で説明したようにパハン川の水資源は生活用水、工業用水及び灌漑用水の補給や漁業、発電取水等、古来より多種多様に利用されてきた。

パハン川流域の IRBM に関連する水利用上の問題点を整理すると表 5.2.1に示すとおりである。

表 5.2.1 IRBM に関連する主要水利用問題

区分	問題点	関係機関	主な関連法
制度	● 関係機関や州相互間の調整機能不足のため、流域管理が統合的管理とはかけ離れている。		
	● Land Officeの技術不足とDIDに法的活動根拠がないことが絡まって流域管理が十分でない。	Land Office, DID	Land Code
水量管理	● 気候変動に伴う海面上昇により海水浸入が将来増大する可能性がある。	BKSA, JPS	Waters Enactment
	● パハン川流域内で、将来の水需要に対応出来ない取水施設能力を持つ地区がある。	KeTTHA, JBA, SAINS, BKSA, SPAN, PAAB	Waters Enactment, NWRC Act, SPAN Act
	● 環境流量が水資源開発計画において考慮されていない。	BKSA, JPS, DOE	
	● 表流水の代替水源がない。	JMG, BKSA Pahang and N. Sembilan	Geological Survey Act
水供給事業	● 水供給産業における改革が遅れている。	KeTTHA, JBA, SAINS, BKSA, SPAN	NWRC Act, SPAN Act
	● Pahang州52.8%、Negeri Sembilan州53.1%と無収水率が非常に大きい。	JBA, SAINS, PAAB	
灌漑用水供給	● 灌漑用水供給が用水路の維持管理不備によりかつて停止したことがあった。	DID	

(1) 組織法制度

水利用においては、連邦政府及び州政府双方の機関が携わっている。表 5.2.2に関係機関及び役割を示す。

表 5.2.2 水利用における権限配分

役割	Responsible Agency	Relevant Legislative
水事業者の管理		
- 灌漑／農業用水	DID	Irrigation Areas Act 1953
- 上水／工業用水	SPAN, WAMCO, Operators	National Water Services Commission Act 2006, Water Services Industry Act 2006
- 水力発電	KeTTHA, TNB	Electricity Supply Act 1990
- 地下水	JMG	Geological Survey Act 1974, National Land Code 1965
取水管理	BKSA	State Water Enactment
河川利用管理		
- 漁業／養殖	DOFi	Fisheries Act 1985
- 舟運	DOFi	The Merchant Shipping Ordinance 1952, The Port Authorities Act 1963
河川施設の建設許可	LO, DID	Waters Act 1920, Local Government Act 1976

SPAN: National Water Services Commission (*Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara*)

BKSA: State Water Regulatory Body (*Badan Kawalselia Air*) in Pahang State

WSD: Water Supply Department

WAMCO: Water Asset Management Company

KeTTHA: Ministry of Energy, Green Technology and Water

TNB: Tenaga Nasional Berhad

JMG: Minerals and Geoscience Department

DOFi: Department of Fishery

LO: Land Office

水事業は、目的別に各関係機関により管理・規制されている。つまり、灌漑用水はDID、上水/工業用水はSPAN、水力発電はKeTTHA、地下水はJMGの管理下にある。また、取水に関しては、州の権限であることから、BKSAが管理している。しかし、組織間調整がなされておらず、各機関が独自の政策や戦略のもとに事業を実施している。また、州際調整も機能的に実施されていないことから、上下流で一貫した水利権管理が実施される体制とはなっていない。

河川を含む土地の占用許認可は、州政府下のLand Officeの管轄である。Land Officeは各郡に事務所を配置していることから、実務的には郡のLand Officeが土地及び河川の利用を管理・監視している。一方、DIDは河川利用に係る法的権限がないことから、Land Officeに対して技術的見解を述べるにとどまっている。さらに、Land Officeは技術的知見を十分に有していないため、土地利用規制において環境への負荷を十分に考慮しているとは言い難い。

## (2) 水資源量

1.7及び2.5で説明したように、パハン川流域は広大な流域面積を持つ一方少ない人口のため水資源に恵まれている。流域全体での年間流出量は310億 $m^3$ に対し、生活用水、工業用水及び灌漑用水供給目的の取水施設現行能力は1億95百万 $m^3$ である。これはつまり、水資源量全体のわずか0.6%が生活用水、工業用水及び灌漑用水に使用されていることを意味し、残りの99.4%は利用されることなく海に流れ出て行っているということである。

従って、パハン川は未だ開発が進んでいない流域で、流域内の将来水需要を賄うのに十分なだけでなく、他州、即ちSelangor州及びNegeri Sembilan州の水需要にも貢献できる程の大きな水資源量を持つと言える。しかしながら、パハン川流域の水資源量を細かく検討すると、将来においてパハン川流域の持続的水利用へ影響を及ぼす可能性があるいくつかの問題点が見受けられる。それら問題点とは、以下に記述している気候変動影響、水源開発計画、環境流量及び代替水源である。

### (a) 気候変動

気候変動は将来、重大な渇水を引き起こす可能性があるとして予測されている。また、本調査における長期流出解析結果（詳細は4.6参照。）では、気候変動による影響の結果、最小月間流量がわずかながら減少するという結果が得られている。ところで、NAHRIMにおいても2006年に同様の調査を実施しており、その結果は、気候変動の進展如何では、水量豊かなパハン川流域でも将来、水不足に陥る可能性を示唆している。

さらに、海水の浸入にも留意する必要がある。IPCCによれば、A1Bシナリオでの海面上昇は1980-1999年に比して2090年及び2099年で、それぞれ0.21m及び0.48mである。この結果を基に補間により目標年の2025年における海面上昇量を求めると0.12mという結果が得られる。潮位の影響を受ける河口部に給水目的の取水施設が多くあることから、海面上昇により助長された海水の浸入を監視するべきである。

### (b) 開発計画（水需要供給）

既述したように、パハン川流域の河川水は非常に豊富で、将来開発計画に対しても十分な余裕を有する。しかしながら、水供給を確実なものとするためには、増大する水需要を満足するように水源と取水施設は継続的に開発されなければならない。この観点から現行プロジェクトや計画は将来の水需要に正しく対処できているか、**図 5.2.1**及び**図 5.2.2**に示すように水需要と供給施設能力の比較確認が必要である。**図 5.2.1**はパハン川全流域での供給施設能力と水需要比較を、また、**図 5.2.2**は地区単位での水収支を確認するための比較を示す。

これらの図では“the National Water Resources Study 2000-2050”で提示されている4種類の水需要予測(3通りの成長シナリオと地区による1需要予測)、現行計画の供給能力及び2004年から2008年の過去5年間の実績水消費量を同時に示している。水需要と供給施設能力比較を簡便にする目的で、10年単位の比較図がJICA調査団により作成された。（詳細な簡便化の説明及び作成された図についてはSupporting Report Sector IV: Water Utilization参照。）

図 5.2.1から水供給施設能力は低成長シナリオ及び地区による需要予測と一致して増大していることがわかる。この2通りの水需要予測と実績消費量との間の差異は200Mldまたはそれ以上で、水需要予測には大きな余裕があることがわかる。このように現行の水供給プロジェクト・計画が計画通りに実施される限り、流域全体における水需要と供給施設能力の間に支障を来す事態は生じない。

しかしながら、地区レベルに目を転じるといくつかの問題が見える。図 5.2.2からTemerloh地区及びRaub地区では実績消費量が既に水供給施設能力までに達し、水施設供給能力に余裕がない状態がわかることから、この2地区の現行水供給プロジェクト・計画は見直し及び修正が必要である。さらに、水需要予測と実績消費量との間に大きな乖離が見られる（特にBentong地区、Jelebu地区、C.Highlands地区、Temerloh地区において大きい）ことからこれら現行水供給プロジェクト・計画の見直し・修正の際には、水需要予測も実績消費量を十分に考慮して行うことが必要である。幸いなことに、“National Water Resources Study 2000-2050”見直し調査が現在実施されており、この見直し調査において上記等の不一致が調整されることが期待される。

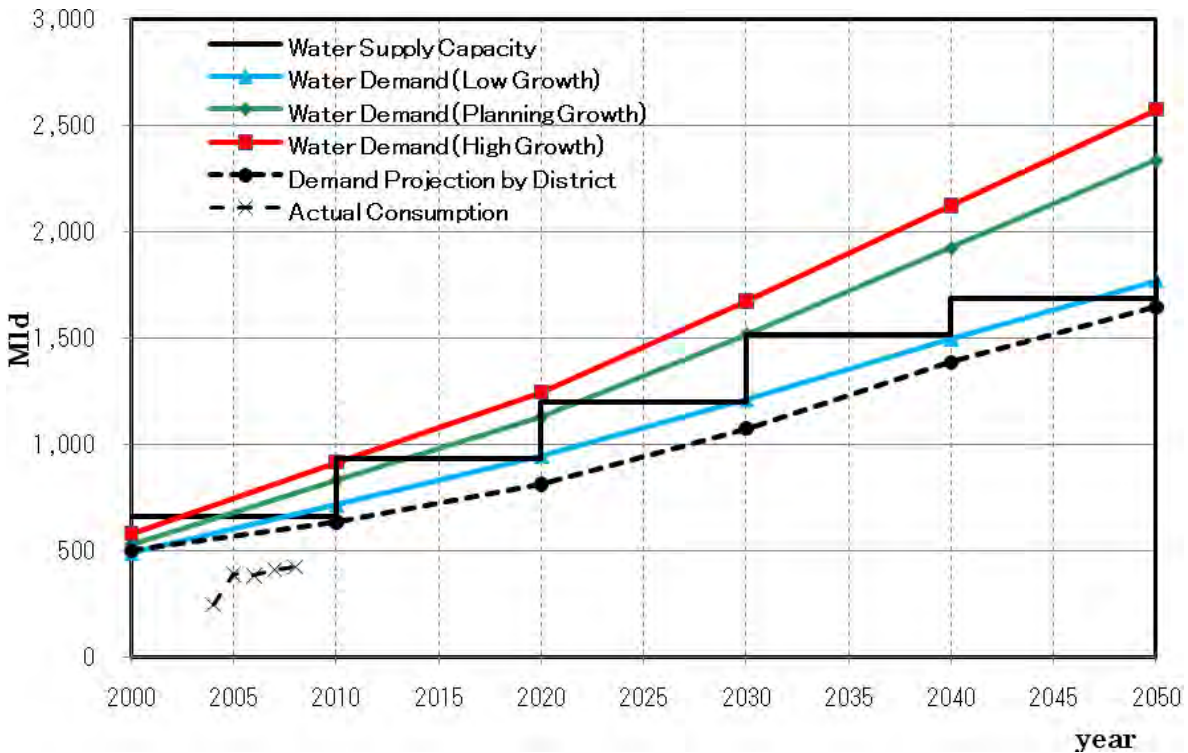


図 5.2.1 パハン川流域の水需要と供給比較



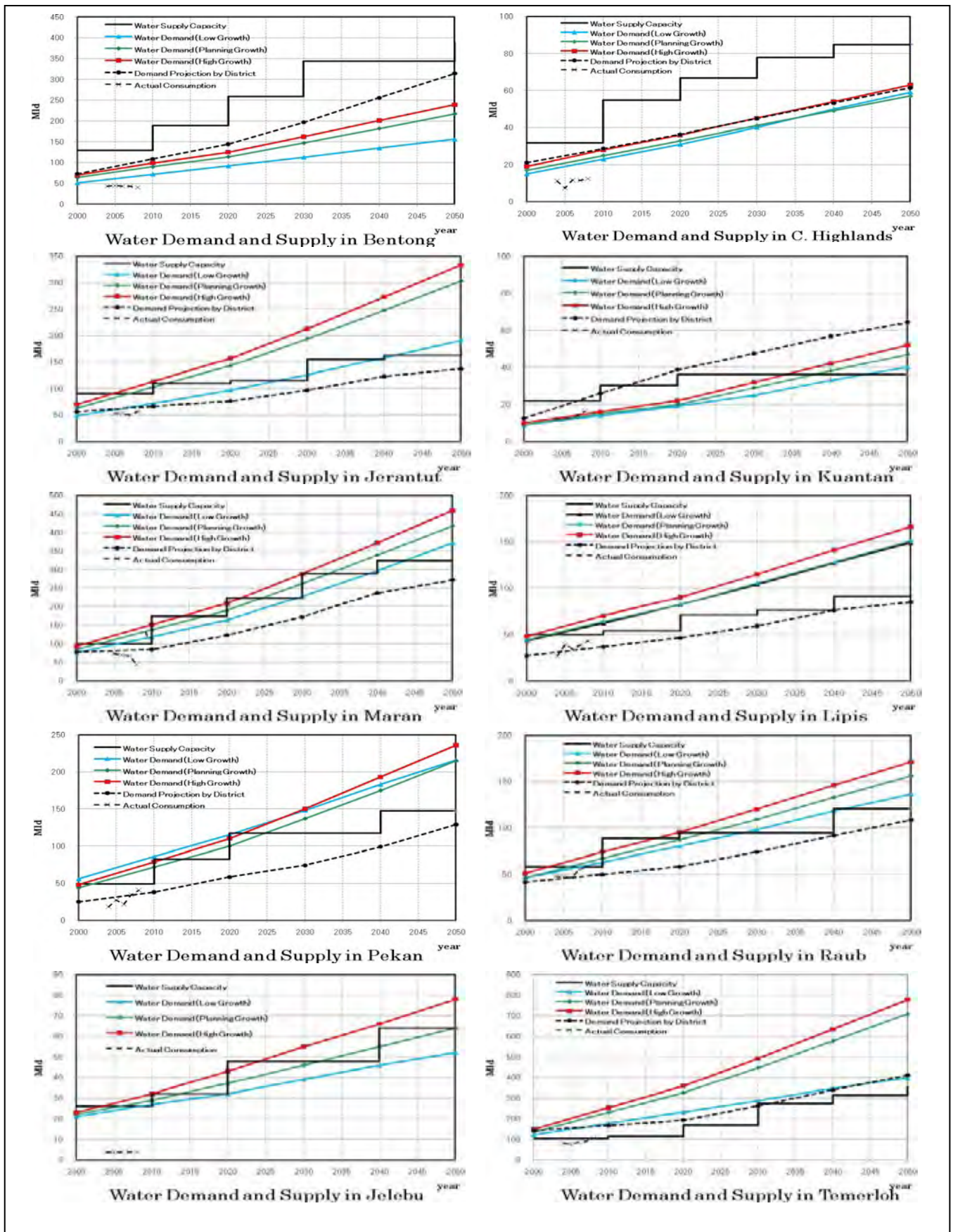


図 5.2.2 地区単位の水需要と供給比較

### (c) 環境流量

環境流量の概念は下流河川の環境上、社会経済上の利益が確保される程の十分な水が河川内に残されていることである。河道におけるダムや堰等の流水を規制する構造物を築造する際には、下流の環境、社会経済条件に影響を与えないように一定の流量（環境流量）が構造物から下流に放流されるように設定されなければならない。**DID Manual Volume 2. River Management**のサブセクション**3.5.4.3**に、各流域毎に最小環境流量が特定され、貴重な生態系が衰退しないように対策を促進することが望ましいと記載されている。

しかしながら、マレーシアの河川では環境流量は実際に特定されていない。ムアール川流域のTalangダム、クラン川流域のBatuダム、ムダ川流域のMudaダム等、下流に全く流量を放流していないダムがマレーシアには見られ、かつては流水で豊かであったダム下流の一定区間が現在では常に干上がっている。この激的な環境変化は重大な影響を生物多様性に与える。Pahang州の関係職員によると、河川流量を阻害するダムはPahang州にはないとのことであるが、水利用目的や発電目的のダムがパハン川流域で多く計画されていることから、これらダム計画において十分な環境流量を確保することが必要である。

### (d) 代替水源

表流水が豊富なパハン川流域ではこれまで代替水源の開発を行ってこなかったが、将来、水危機、大渇水、河川流水の汚染等のゆゆしき事態に陥る危険性はある。（最近、高濃度のアンモニアが河川内に流入したため、その河川より取水していた水処理施設が稼働を休止せざるを得なくなった影響を受け、Klang Valley及びPutrajaya内の数地区における百万以上の住民が突然の給水ストップに見舞われる事件があった。詳細については下記ボックス内参照。）パハン川流域は表流水と同様に地下水にも恵まれているが、表流水の豊富さ故によるものか、これまでパハン川流域では地下水の利用は多くなく、給水管による給水サービスを実施するには割高となるような小規模で遠隔地においてのみ地下水利用が行われていた。

“The National Water Resources Study 2000-2050”では、既存の井戸群を月のうち数日稼働させて良い状態に維持することにより、表流水がオイル漏れによる事故等で汚染されたり深刻な渇水に見舞われた際にこの地下水を活用できるようにすることを推奨している。

#### <4地区で水道給水ストップ>

Kembong川からの取水が高濃度のアンモニアにより汚染されていたため、Sungai Semenyih水処理施設が稼働停止した。その結果、Petaling地区、Hulu Langat地区、Sepang地区及びKuala Langat地区の120万人以上の消費者が給水ストップに見舞われた。汚染源を辿っていった結果、ゴミ埋立て地を遮断していた壁に欠陥があり、このゴミ埋立て地からの汚染によるものと判明した。アンモニア濃度が安全レベルまで低下した後、水処理施設は稼働を再開した。  
出典；“The Star, Wednesday 8 September 2010”



Dirty water: Syabas chief executive officer Datuk Ruelan Hassan showing a bottle of water taken from Sungai Kembong which contains high levels of ammonia.

### (3) 給水事業

#### (a) 給水事業における改革

効率的かつ持続的な上下水道事業を目指してマレーシアでは上水・下水部門における改革が目下実施中である。州政府は依然、水資源及び流域に関連する権限を保持しているものの、連邦政府は憲法を改正し、2法令を新たに策定して水管理者を許可する権限を通して、上・下水事業を規制下におくように改めた。水関連事業は将来、民営化され下水部門についても統合していく予定である。

SPANの管理の下に既に改革後の運営状況にある州もあるが、改革は現在最終段階となっている。第10次マレーシアプランによれば改革はこのプラン内に完了することになっており、費用を完全に回収できるような水料金設定仕組みが導入されることになっている。そして、上水事業と下水事業が統合され、上水と下水の料金が統一された料金体系が導入される予定である。

Negeri Sembilan州は2008年において既に新体制に移行しており、SAINSという半官の給水事業会社を設立している。一方、Pahang州は2010年に給水新組織を設立し新体制に移行する予定である。両組織ともに将来は完全民営化の予定である。

#### (b) 無収水

無収水（以下、NRWと称す。）は計量された給水量と計量・課金された消費量との差分と定義されており、マレーシアの給水事業組織における事業運営上の課題とされている。州別のNRW率を図5.2.3に、また、参考に外国のNRW率を図5.2.4に示す。

Pahang州及びNegeri Sembilan州のNRW率はそれぞれ52.8%、53.1%とマレーシア全国平均の37%よりも15%も高い値となっている。両州ともにSabah州に次いで全国ワースト2位、3位の位置にある。この高いNRW率は給水事業者の財政圧迫の要因の一つである。

ところで日本の東京都水道局は2008年度実績として世界最低のNRW率4.5%を達成した。

州	NRW (%)			
	2005	2006	2007	2008
Johor	35.50	32.46	31.20	31.30
Kedah	43.80	45.00	41.70	44.90
Kelantan	40.00	44.40	48.40	49.30
Melaka	28.80	27.00	29.80	30.00
<b>N. Se bilan</b>	<b>53.00</b>	<b>60.10</b>	<b>53.80</b>	<b>53.10</b>
Pulau Pinang	19.40	18.60	16.80	16.90
<b>Pahang</b>	<b>49.70</b>	<b>46.40</b>	<b>53.60</b>	<b>52.80</b>
Perak	30.60	30.70	30.10	31.10
Perlis	36.30	35.54	34.10	31.20
Sabah	57.20	57.00	56.30	55.70
Sarawak	24.70	32.00	30.50	29.40
Selangor	38.40	36.60	34.70	33.90
Terrengganu	34.70	31.50	38.50	38.00
WP. Labuan	24.00	36.00	35.90	33.10
National Average	37.70	37.70	37.10	37.00

出典： Malaysia Water Industry Guide 2007, 2009

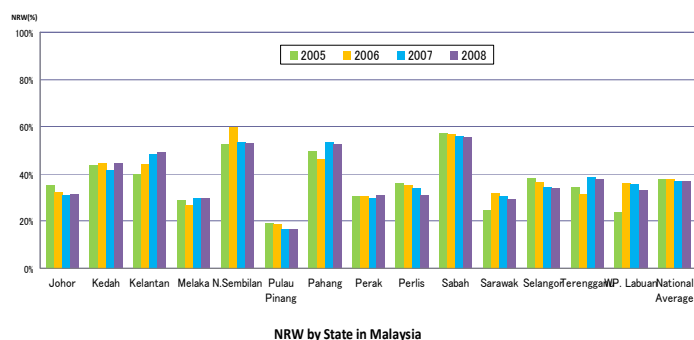
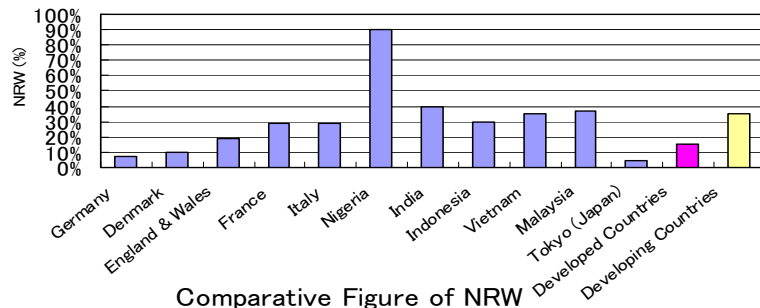


図 5.2.3 マレーシア国内州別 NRW 率

国	NRW (%)
Germany* <sup>1</sup>	7
Denmark* <sup>1</sup>	10
England & Wales* <sup>1</sup>	19
France* <sup>1</sup>	29
Italy* <sup>1</sup>	29
Nigeria* <sup>1</sup>	90
India* <sup>2</sup>	40
Indonesia* <sup>2</sup>	30
Vietnam* <sup>2</sup>	35
Malaysia* <sup>3</sup>	37
Tokyo (Japan)* <sup>4</sup>	4.5
Developed Countries* <sup>5</sup>	15
Developing Countries* <sup>5</sup>	35



Comparative Figure of NRW

出典； \*1: Wikipedia, \*2: Gloval Water Market (2008)  
\*3: Malaysia Water Industry Guide (2009)  
\*4: Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government  
\*5: Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper Series Paper No.10

図 5.2.4 外国の NRW 率

NRWの要因は、物質的損失と非物質的損失の2大要素に区分できる。物質的損失とは管及び配水システムからの水漏れ、ダムからのオーバーフローや消防活動による消費である。また、非物質的損失は、不法給水や盗水等の許可されていない水使用、不正確な計器使用、不当課金システムや計器誤読等により発生する。NRW率の改善は、水源確保のための構造物を妥当な規模に下げる等、給水事業計画に大きく貢献するものである。したがって、どの給水事業者もNRW率を経済的レベルまで減少させかつ、維持することに専心してきた。Negeri Sembilan州の給水事業者であるSAINSは以下に示すNRW率を減少させる対策を実施している。

- 消費者宅の計器交換
- 盗水に対する警戒
- NRW 対策プロジェクト実施対象地検討
- 使用用具の効果的使用を目的とした職員の訓練
- 職員及び公衆に対する意識改革キャンペーンの計画
- 漏水探知
- テレメーターシステムの設置
- 漏水や管路破裂に対する早急な対処

#### (4) 灌漑用水

“the National Water Resources Study 2000-2050”によると、種々結びついた社会要因や労働力不足等により、多くの灌漑地が放棄されて、長い間に住宅地や高価格に結びつく作物耕作地に転換されてきているようである。

灌漑用水供給はその全てを河川表流水に依存していることから不安定である。さらに、インテイクで取水された水量は用水路を通過して水田へと導水されている。それゆえ、灌漑にとっては、用水路機能の確保は重要である。Kuala Lipisにおいてかつて、用水路システムが適切に維持管理されていなかったために用水補給が停止したことがあったことから、灌漑施設を良い条件に維持していくことが必要である。

#### 5.2.2 環境

パハン川流域の IRBM に係る環境課題を明らかにするために、現況の環境状況について調査を 2009 年 9 月から 2009 年 12 月にかけて行ってきた。現状の環境の状況に関する評価や関係機関職員との

協議に基づき、数多くの課題があげられた。これらの課題が妥当かどうか確認するため、さらにステークホルダー会議、ワーキンググループ会議、または直接に関係機関に問い合わせたりして確認をおこなった。表 5.2.3 に環境に係るこれらの課題をまとめる。

表 5.2.3 環境に係る課題の概観

課題	原因	対策	関連法令
河川汚濁	下水	IWK が下水道整備事業を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>Water Services Industry Act 2006</li> </ul>
	工場廃水	DOE による排水規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>Environmental Quality Act 1974 [EQ (Industrial Effluent) Regulations 2009]</li> </ul>
	養豚場汚水	DVS による許可・規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>
	ウェットマーケット汚水	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>Local Government Act 1976</li> <li>By-Laws</li> </ul>
	レストラン汚水	油水分離槽の装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>Local Government Act 1976</li> <li>By-Laws</li> </ul>
	屋台の汚水	油水分離槽の装置 違法屋台の禁止	<ul style="list-style-type: none"> <li>Local Government Act 1976</li> <li>By-Laws</li> </ul>
	車修理場の廃油	廃油の回収	<ul style="list-style-type: none"> <li>Local Government Act 1976</li> <li>By-Laws</li> <li>Environmental Quality Act 1974 [EQ (Scheduled Wastes) Regulations 2005]</li> </ul>
	ゴミ埋立て場の浸出水	Alam Flora が統合的廃棄物管理を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solid Waste and Public Cleansing Management Act 2007</li> </ul>
	ゴミの廃棄	Alam Flora が統合的廃棄物管理を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solid Waste and Public Cleansing Management Act 2007</li> </ul>
	浄水場の汚泥の無処理放流	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>Environmental Quality Act 1974 [EQ (Scheduled Wastes) Regulations 2005]</li> </ul>
	土木工事による土壌侵食	Local Authority が全ての工事を監視するほか、大規模プロジェクトは EIA 対象になる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>Local Government Act 1976</li> <li>By-Laws</li> <li>Environmental Quality Act 1974</li> </ul>
	伐採による土壌侵食	Forestry Department が伐採活動を監視	<ul style="list-style-type: none"> <li>National Forestry Act 1984</li> </ul>
	農地開発による土壌侵食	大規模農地開発 (>500 ha.) は EIA 対象になる	<ul style="list-style-type: none"> <li>Environmental Quality Act 1974</li> </ul>
	砂利採取	PTG が砂利採取活動を監督するが、川岸侵食と水質汚濁についての監督は不十分	<ul style="list-style-type: none"> <li>National Land Code</li> </ul>
自然環境の破壊	大規模農地開発	土地利用は Pahang と Negeri Sembilan Structure Plans によって計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>National Land Code</li> <li>Town and Country Planning Act 1976</li> <li>Local Government Act 1976</li> </ul>
	伐採	Forestry Department が伐採活動を監視	<ul style="list-style-type: none"> <li>National Forestry Act 1984</li> </ul>
環境脆弱地域および水資源の破壊	環境脆弱地域および集水区域内の開発	土地利用は Pahang と Negeri Sembilan Structure Plans によって導かれるが、Pahang Structure Plan に提案される環境脆弱地域管理計画はまだ作られていない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>Town and Country Planning Act 1976</li> <li>Local Government Act 1976</li> <li>National Land Code</li> <li>Water Resources Enactment 2007</li> <li>National Forestry Act 1984</li> </ul>

### (1) ウェットマーケットの排水

ウェットマーケット (wet market) はパハン川流域を含む、マレーシアの主要な地方商業施設の一つであり、パハン川流域内のほとんどの地方市町に整備されている。Local Authority らが各自の管轄区域内にウェットマーケットを整備し、日常の維持管理を実施する。地方住民がウェットマーケット内の販売スペースを借り、野菜、魚、チキン、牛肉、豚肉等の地方農産物を販売する。右の写真は Mentakab 市における「Pasar Mentakab (Mentakab Market)」というウェットマーケットの外観を示す。



Mentakab マーケット

ウェットマーケットでは様々な農産物販売に関する活動が行われている。チキン販売業者がウェットマーケットでチキンを殺したり、食肉を処理したりする。課題になるのは、チキンや魚の血と内臓と羽毛が混ざった汚水を処理せずに川や排水路に排出していることである。Sungai Kedah Basin Management Planによると、ウェットマーケットから排出した汚水のBOD値は400~450 mg/lもあり、毎日の排出量はおよそ100 m<sup>3</sup>である。Pahang Structure PlanとNegeri Sembilan Structure Planからの情報によると、パハン川流域内においては、55の市町がある。もし全ての市町におけるウェットマーケットが毎日50 m<sup>3</sup>のBOD 400 mg/lの汚水を処理せずに排出すれば、パハン川全流域のウェットマーケットからの汚濁負荷量は約1,100 kg BOD/日と概算できる。



Mentakabウェットマーケットで行われるチキン処理の様子



チキンの血、内臓、羽毛が混ざった汚水が近くの排水路に排出

図 5.2.5 Mentakab のウェットマーケット

とはいえ、一部分のウェットマーケットは汚水処理施設が整備されている。以下の写真はTemerloh Marketとその汚水処理場を示す。



Temerlohウェットマーケット（左）とその汚水処理場（右）

図 5.2.6 Temerloh のウェットマーケット

## (2) 砂利採取、土木工事、大規模農地開発による濁水

Department of Environment (DOE) は定期的に河川水質モニタリングを行っている。2008年にパハン川流域の80箇所から採取した311の水質サンプルの内、約19%のサンプルのTSS値がDOEの目標水質（National Water Quality StandardsクラスII）を超えている。その内、約4%のサンプルがクラスIV/Vの水質である（表 5.2.4参照）。

表 5.2.4 TSS 値の分布

TSS レベル	クラスI (≤ 25 mg/l)	クラスII (≤ 50 mg/l)	クラスIII (≤ 150 mg/l)	クラスIV/V (> 150 mg/l)
サンプル数	203	51	46	11
パーセンテージ	65%	16%	15%	4%

濁水の原因は様々であるが、現場踏査、文献調査およびWorking Group会議の議論から、パハン川流域の汚濁負荷源は主に大規模農地開発、砂利採取活動、大規模道路建設等の土木工事による土壌浸食および自然河岸浸食と考えられる。

Pahang Structure PlanとNegeri Sembilan Structure Planによると、パハン川流域における農地は流域全体の28%（約8,200 km<sup>2</sup>）を占める。これらの農地による土壌浸食が濁水の大きな原因になる。文献（Sg. Langat IRBM Plan）によると、農地の土壌浸食率は森林の約20倍である。

砂利採取は河床上昇を防ぐためには有効な対策であるが、不適切な作業管理は河川環境に悪影響を与える可能性がある。砂利採取許可はPTGの管轄下にあるが、DIDが技術面から助言を実施する。Working Group会議からの情報によると、砂利採取の業者は定期的に進捗報告書をPTGに提出するが、その報告書は環境課題に触れず、採取量だけを報告する。DIDは技術面でアドバイスできるが、強制はできないのが現状である。



出典: Pahang & N. Sembilan Structure Plans

図 5.2.7 パハン川流域の農業地域



図 5.2.8 パハン川河道内の砂利採取（左）と建設活動（右）

道路建設等の大規模土木工事も濁水の主要原因の一つである。シルトトラップ（silt trap）等の措置は、ある程度の量の土壌粒子の流出を削減できるが、濁水の発生は避けられない。

### (3) 化学物質の流出

農地開発のもう一つの環境課題は農地からの農薬や肥料流出である。大規模農園(500 ha以上)を開発するためには環境影響調査(EIA)が必要になるので、業者は厳密な環境規制を守らなければならないが、小規模農家の農薬使用は規制されていないのが現状である。小規模農家の農薬使用は、農家の環境意識に依存する(しかし、農薬の販売はPesticides Act 1974によって規制されている)。

Department of Environmentの水質モニタリングデータによると、2008年にパハン川流域内から採取した390の水質サンプルの内、28のサンプルのアンモニア性窒素値がNWQSクラスIII~Vに属する(DOEの目標水質はクラスII)。数多くの河川の内、Sg. BatuおよびAnak Sg. Leparのアンモニア性窒素レベルが特に高かった。

Cameron Highlandsの菜園からの農薬流出もパハン川流域での大きな水質課題の一つである。2005年に、Department of EnvironmentがCameron Highlandsの水質問題に対して調査を行った。その調査(A Study on Pollution Prevention and Water Quality Improvement Program of Rivers in Cameron Highlands)によると、Cameron Highlandsを流れるTerla River、Kial River、Teringkap River(Telum Riverの支川)の大部分の河川区域(River Reserve)が現地の農家に使われている。無制限の農薬使用と不適切な農薬貯蔵によって、大量の農薬が河川に流入する。Aldrin、alpha-BHC、beta-BHC、delta-BHC、lindane、4,4-DDD、4,4DDE、4,4DDT、dieldrin、endosulfan I、endosulfan II、endosulfan sulphate、endrin aldehyde、heptachlor、heptachlor epoxide等の農薬がその付近の土壌で検出された(<0.003 mg/kg~<0.005 mg/kg)。この課題に対して、最近Cameron Highlandsの当局が河川区域における菜園を強制的に撤去した。



図 5.2.9 農業化学物質の汚染可能地区



Total disarray: A woman crying as Rela members restrain her husband after they were overcome by emotion when their farm in Kuala Terla was demolished by Cameron Highlands district office enforcement officers yesterday. - SAIFUL BAHRI / The Star

### Chaos as vegetable farms near river are demolished

By IVAN LOH  
ivanloh@thestar.com.my

**CAMERON HIGHLANDS:** Enforcement officers demolished sheds covering four vegetable plots in the buffer zone of a reserve land near Sungai Terla.

It was not a smooth operation, however. The farmers were screaming and crying aloud as Rela personnel held them down. Reporters who had gathered there were also yelled at.

The farmers even tried to tear down a bridge across the river to prevent the enforcement personnel from getting to the farms.

District Officer Datuk Mohamad Noor Abdul Rani said action was taken as the plots were too near the riverside, with pesticides and fertiliser seeping into the river.

He said plastic bags and pesticide containers were also dumped near the river.

Mohamad Noor said the ruling was that farms should be at least 10m away from rivers. "The river is the intake point to a reservoir in

Cameron Highlands. Tests conducted on the water quality by the Health Department recently showed that it was unsatisfactory," he told a press conference after the demolition work.

He gave an assurance that the water could still be treated and would be safe for consumption.

Mohamad Noor said all 11 farmers have had their Temporary Occupancy Licences revoked due to the encroachment into the reserve land.

He said the issue only came to their attention after a TV programme that highlighted the pollution caused by the farmers.

"The farmers already know that they will not get any compensation because they have encroached onto reserve land. But they can still appeal to the Pahang government for land to continue farming," he added.

Tanah Rata assemblyman Ho Yip Kap pledged to raise the matter with state officials to help the affected farmers.

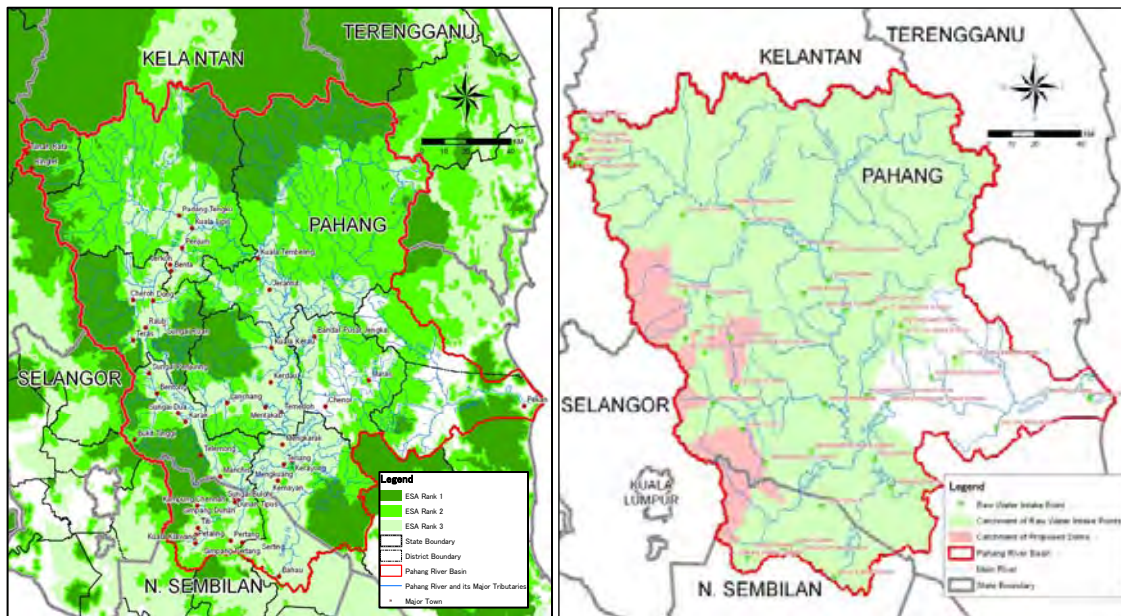
Source: The Star, 24 Dec 2009

図 5.2.10 Cameron Highlands での農薬流出についての新聞記事



## (4) 環境脆弱地域および集水区域内の開発

パハン川流域は生態、文化、環境面で非常に重要な流域である。パハン川流域におけるTaman Negara国立公園、Bera湖（RAMSAR指定湿地）、Chini湖（Biosphere Reserve）、Krau野生動物公園、Cameron Highlands高原、Fraser Hill高原およびOrang Asli（原住民）集落等がマレーシアの重要な自然環境、文化財である(図 5.2.11参照)。同図に示すように、パハン川流域のほとんどが水道水源の集水区域（water catchment area）に覆われる。NPP計画はこのような集水区域をランク3の環境脆弱地域（Environmental Sensitive Area, ESA）として指定し、自然条件応じて開発のタイプと強度を設定するなど開発に対して厳しいコントロールを実施している。



Source: Pahang &amp; N. Sembilan Structure Plans

Source: National Physical Plan

図 5.2.11 パハン川流域における環境脆弱地域（左）および集水区域（右）

パハン州Structure Plan 2020では、統合ESA管理計画（Integrated ESA Management Plan）を策定する提案しているが、現時点では作成されていない状況である。その結果、環境脆弱地域（ESA）や水源集水区域内で公的機関や民間業者による乱開発を招いている。

(5) Chini 湖の環境問題

Chini湖の環境問題は上述の濁水、農薬・肥料流出、環境脆弱地区開発の問題と関連する。Chini湖周辺の農園開発および都市化はChini湖の自然環境に悪影響を与える。

2009年に、Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)はTasik Chini水質調査を行った (Hydrology and Water Quality and Land-use Assessment of Tasik Chini's Feeder Rivers, Pahang Malaysia)。調査結果によると、Tasik Chini 上流の川は一般的に ammoniacal nitrogenとリンが高く、それぞれ0.57 mg/lと0.50 mg/lにも達する。

この問題は、パハン州政府、メディア、公衆および国際社会から注目を集めている。下記の新聞記事に示すように、パハン政府は、Chini湖の自然環境を改善するように、連邦政府に特別予算を要求している。

**Pahang wants to revive Tasik Chini**  
By SIMON KHOO

KUANTAN: The Pahang Government is seeking help from the Federal Government to revive Tasik Chini which is dying a slow death.

The state government also wants additional allocation to repair and maintain the lake, in addition to having permanent staff to monitor the development of the lake.

State Health, Local Government and Environment Committee chairman Datuk Hoh Khai Mun said that besides getting the funds, there must be closer co-operation and co-ordination with other agencies such as the Land and Mines Office, Forestry, Drainage and Irrigation and Orang Asli Affairs Departments and Felda to check activities detrimental to the area.

Tasik Chini, the country's second largest freshwater lake, used to attract scores of visitors during its lotus blooming season every year but it is dying due to a number of factors including illegal mining, logging and pollution which had adversely affected the entire eco-system.

Hoh said many key proposals outlined in a recent study conducted by a team of experts from Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) would be given careful consideration.

He said the state government was serious and would like to make the lake a major tourist attraction in Pahang again.

"The UKM report suggested that we seek an initial allocation of RM4mil from the Federal Government to carry out rehabilitation efforts.

"We had given our consent to the proposal during a recent state executive councillors meeting and hope to receive a favourable response," he said in an interview.

The state government, he said, would also seek additional allocations in the form of an annual grant of some RM1mil for repairs and other maintenance work in addition to the placement of permanent staff.

"I was informed that there was some illegal mining going on near the lake which may affect the eco-system.

"The relevant authorities must monitor the situation and take stern action against the culprits," he said, adding that strict enforcement had overcome the problem of illegal logging.

図 5.2.12 Chini 湖の環境問題に関する新聞記事



出典: UNESCO homepage

図 5.2.13 Chini 湖の生物圏保存地域指定に関する公示

**生物圏保存地域 (Biosphere Reserve) とは**  
生物圏保存地域はユネスコ人間と生物圏計画 (MAB) が設定する自然保護地域であり、自然環境保全および持続可能な開発を促進する地域である。生物圏保存地域は各国政府によって推薦され、国際的に認識される統合自然環境管理を実験するための「実験室」である。

**生物圏保存地域の利得**  
生物圏保存地域というコンセプトは、自然環境保全プロジェクトを促進する枠組である。ユネスコ生物圏保存地域の指名で、住民、市民、および政府当局の環境意識を高める事ができる。生物圏保存地域は、環境保護と持続可能な開発アプローチを示すパイロットサイトとして機能できる。

(出典: UNESCO)

## (6) 浄水場のスラッジ処理

水処理から発生する汚泥は「water treatment sludge」と呼ばれる。水処理の過程にミョウバン(alum)とポリ塩化アルミニウム(polyaluminium chloride)が使われているので、汚泥のミョウバンと塩化アルミニウム成分が高い。Malaysian Water Association (MWA)が行ったStudy on Characteristic, Treatment and Disposal of Drinking Water Treatment Plant Residueという調査が、半島マレーシアにおける16の水処理場から汚泥サンプルを採取した。分析結果によると、汚泥のアルミニウム成分は79,200 mg/lもあり、Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009に規定される15 mg/lを遥かに超えている。

水処理場からの汚泥(sludge)は「Scheduled Waste」という有害廃棄物であり、Environmental Quality (Scheduled Wastes) Regulations 2005による特別処理方法が必要になる有害物と分類される。その上、もし水処理場の汚泥を含む廃水の排出量が60 m<sup>3</sup>/日を超える場合、Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009に規制される排出基準を守らなければならない。

Working Group会議で、パハン川流域内のほとんどの水処理場(特に古い処理場)の汚水と汚泥が処理しないままに川に排出することを確認した。Department of Environmentは今まで水処理汚泥についての規制を実行していないが、この課題は解決しなければならないとWorking Group会議で表明した。

上記のMWA調査によると、既存の古い処理場のデザインは、汚泥処理施設が付いていないので、その施設を取り付けるのが難しいのである。その上、既存の処理場の敷地は余分の土地が無いので、例え汚泥処理施設が有っても、乾燥した汚泥の埋立地が無いのが現実である。

## (7) 組織法制度

水質の問題は上下水、工業排水、畜産業などのセクターが関連しており、これらのセクターを管理する様々な組織が各々の権限に基づき水質管理を行っている。しかし、規制する法律の執行や業者への指導が徹底されていない状況にある。特に、生鮮市場からの排水においては、地方自治体が管理しているが、自治体の能力不足により、水質基準の遵守や排水処理施設の設置など、適切な対策が取られていない。

河砂利採取に係る事業許可はLand Officeが発行しており、DIDは許認可に係る採掘方法などの技術的助言を行い、事業実施中は採掘事業の監視を行うにすぎない。さらに、ワーキンググループ会議において、DIDの実施する監視業務は効率的に実施されておらず、これは法的な権限を付与されていないことに起因するとの指摘があった。

### 5.2.3 洪水

#### (1) 概説

ワーキンググループやステークホルダー会議のでの議論、現場踏査、基礎解析に基づき、パハン川流域の洪水に係る課題を表 5.2.5に示すように整理した。これらの課題は、洪水被害、組織法制度、データ/情報管理そして洪水緩和計画/プロジェクトに分類される。

表 5.2.5 洪水に関係した IRBM の課題

分類	課題	責任機関	関係法令	計画/マニュアル/ガイドライン/基準
洪水被害	河川の流下能力が低い。	DID		
	最近の洪水で死者がでた。	NTC, DID		
	本川や支川の河岸が浸食される。	DID		

分類	課題	責任機関	関係法令	計画/マニュアル/ ガイドライン/基準
	河口での堆砂が顕著である。	DID		
	いくつかの古い施設 (橋、ダム等)は架け替え、もしくは維持管理を実施すべきである。.	JKR, KTM, TNB	Water Act, 1920	
	Mentakabは雨水排水施設の不備のため、長い洪水氾濫に苦しむ。	DID		
	TemerlohとMentakab townsはパハン川からの背水により、洪水被害を受ける。	DID		
	Pekanは高潮位時に洪水工事 is vulnerable to floods due to the effect of high tides.	DID		
組織法制度	多種のセクターが洪水管理に関して一同に会する機会がない	NRE, DID		
	河川内に住み着いている人がいる	DID	National Land Code	DID Manual
データ/情報管理	洪水レポートのフォーマットが毎年変わる	DID		
	DID district 事務所から本部へ送った書類がどこへ行ったか分からなくなる	DID		
	水文観測所の数が足りない	DID		DID Manual
	観測された水文データの信頼性が低い	DID		DID Manual
洪水緩和計画/プロジェクト	1970年代のマスタープランが改訂されていない。	DID		
	防御の優先順位が不明確	DID		
	住民は洪水ハザード地域に対する理解が不足している	DID, Local Authorities		
	気候変動に対する適応策がない	DID		
	自動サイレンが鳴ったあとにどのように避難すべきかガイドラインがない	DID, Local Authorities		
	避難命令が遅れた。.	Local Authorities		

## (2) 課題の説明

### (a) 洪水被害

主として河川の流下能力不足により、パハン川とその支川はしばしば洪水氾濫を発生させる。洪水記録によれば、1926年洪水は歴史的な大洪水であった。1971年、1988年および2007年の洪水がこれに続く。表 5.2.6は最近の3洪水の記録であり、1971年の氾濫地域を図 5.2.14に示す。

表 5.2.6 パハン川流域の洪水記録

項目	1971年1月	1988年11月	2007年12月
氾濫地域 (km <sup>2</sup> )	3,500	データ無し	484
避難者数	150,000人 (被災者数)	17,700人	31,900人
死亡者	24人	無し	8人
洪水被害	38 million USD	7 million RM	263 million RM
8日間降雨量 (mm)	544	270	353
8日間降雨量の生起確率	112年	9年	23年
氾濫期間	1~3週間	8日間	1~3週間

出典: “Pahang River Basin Study, 1974”  
“National Register of River Basins, 2003”  
Flood Reports, DID



図 5.2.14 2007 年洪水の氾濫地域

パハン川やTembeling川やSemantan川のような主な支川には河岸浸食と河床上昇のサイクルがあるようである。河岸とくに蛇行区間の湾曲部で浸食と堆積が定常的に生じている。洪水時には大きな浸食が発生する。



河岸浸食対策の水制 (JPS Pekan 局)



河岸浸食 (Semantan 川、Kg. Lompat)

図 5.2.15 河岸浸食と保護工

パハン川の河口は長年堆砂に悩まされてきた。北側派川の左岸には漁港があり、漁船が河口流量によって形成された河口を通過して海に出たり、海から帰ってきたりしている。しかしながら、干潮時には一般的に河口部で水深が足りず、航行が難しくなる。さらに、狭くて浅い河口は洪水位を上げ、それがPekan Townで溢れたことが過去にしばしばあった。

このような問題に対処するために、DIDは“Protection and Rehabilitation Project for Pahang River Mouth”を第9次マレーシアプラン (2006-2010) の中で開始した。この事業は、防波堤、航路、水制工、バイパス航路の建設などからなる。防波堤の建設の進捗は2009年11月時点で40%である。



図 5.2.16 パハン川河口処理プロジェクト

いくつかの施設は維持管理不足のため老朽化し、本来あるべき機能を果たせなくなっている。ワーキンググループ会議で古い橋梁が2007年の洪水時に落ちた、また発電用のダム貯水池に土砂の堆積により埋まってきているとの報告があった。第3次～8次マレーシアプラン期間に建設されたPekanの堤防は、既に荒廃しており、新しいプロジェクト“Flood Mitigation Project for Pekan Town”の中で復旧工事が提案されている。

### (b) 組織法制度

マレーシア国の河川管理に係わる政策や事業は、多くの関係機関によって実施されているが、これら諸機関がそれぞれの洪水対策政策や事業について協議する機会がほとんどない状況である。近年整備された河川流域委員会（RBC）（マネージメントコミッティ、テクニカルコミッティ、タスクフォースから成る）は、関係機関の協議の場として機能することが期待されている。

Local Government Act 1976 (Act 171)及びStreet, Drainage and Building Act 1974 (Act 133)にて規定されている通り、都市排水施設の建設・維持管理は地方自治体の管轄下にある。一方、Ministerial Functions Act 1969 (Act 2)では、洪水対策はDIDの管轄であることが規定されている。したがって、地方自治体の技術的・人的能力の不足により適切に管理することが困難な場合は、DIDが都市排水の建設・維持管理を実施する場合もある。つまり、地方自治体とDIDの管轄区分が不明確な状況である。

National Land CodeのSection 62によると、河川区域（River Reserve）が法的に認識されるためには同区域を公告する必要がある。しかし、ほとんどの必要な河川区域はまだ公告されていない状況である。これにより、洪水氾濫区域での土地利用規制が進まず、河川事業の実施も阻害されている。

### (c) データ/情報管理

効果的にIRBMを行うためには、流域内で関係機関間で共有される総合的かつ効果的な情報管理システムが不可欠であり、マレーシア政府は空間データ基盤（MyGDI）の開発を開始している。天然資源環境省傘下のMalaysian Center for Geospatial Data Infrastructure (MaCGDI)という組織が全国空間データ基盤（MyGDI）の開発を担当している。さらに2001年にDIDはNational Register of River Basins Study (RRB1)という調査を実施した。その調査において、統合流域管理を促進するために、National River Basin Decision Support System（RB-DSS）という情報システムを提案した。このシステムは将来的には一般にも公開されることになっている。

ここ数年のうちに上記のICT（情報、コミュニケーション技術）を駆使したデータ/情報システムが実用化されることになる。しかしながら一方で生のデータの質を高める努力も必要であ

る。水文観測所の数が足りないとか信頼性が低いということがしばしば指摘される。またDID District Officesから連邦DIDに送ったはずのデータの所在が分からなくなるという事態がしばしば発生するという不満がワーキンググループ会議やステークホルダー会議で聞かれた。

#### (d) 洪水緩和計画/プロジェクト

1971年洪水の直後、本格的マスタープラン調査“Pahang River Basin Study, 1974”がオーストラリアのコンサルタントによって実施され、市街地の防御、多目的ダム等が提案された。このJICA調査はそれ以後、約40年振りの本格的調査である。“National Water Resources Study”が1982年にJICAによって実施されたが、概念的な洪水対策計画を提案したに過ぎない。したがって、オーストラリアコンサルタントによるマスタープランが現存する唯一のマスタープランである。気候変動のインパクトを考慮した本JICA調査が提案するIFM計画がそのオーストラリアのマスタープランに取って変わるものである。

ワーキンググループ会議で、住民は洪水氾濫地域に関する理解が不足している、また自動サイレンがなくてもどのように避難すればよいか示したガイドラインがないという指摘があった。これらの課題はIFM計画を立てる上で考慮されなければならない。また8人の死者を出した2007年洪水時、警察官による避難命令が遅れたという報告もあった。この遅れが8人の死者に関係しているかどうかは分からないが、洪水予警報システムの何らかの改善が必要である。

### 5.3 中心的課題と問題分析

#### 5.3.1 中心的課題

5.2で議論したように、パハン川流域のIRBMに係る課題として多種多様なものがあげられた。しかし細かく見ていくと、ほとんどの課題は次の4つの課題に集約されるようである：

- IRBM/IFM のための制度的枠組みが弱い
- 水利用が不十分である
- 水質が悪化している
- 洪水被害が発生している

#### 5.3.2 問題分析

課題間の「原因 - 結果」関係構造を明らかにするため、4つの中心的課題のそれぞれについて問題分析を実施した。問題分析においては、まず中心的課題を問題系図の頂点に置く。つぎに中心的課題の直接原因である課題を第2レベルに配置する。同様に、第2レベルの課題の直接原因になる課題を第3レベルに配置する。このようにして、課題間の「原因 - 結果」関係を明らかにしながら、問題系図が順次、下方に作成される。中心的課題の直接原因は戦略レベルの課題、さらにその下のレベルのものは対策レベルの課題であるとみなすことができる。

##### (1) 組織強化

前述の通り、制度上の問題点も、水利用、環境、洪水の各セクターの問題点の議論において指摘されてきた。しかし、IRBMの実施のためには、セクター毎の制度的問題点として分析するのではなく、これらを統合した視点から分析するべきである。このような分析の視点から、IRBMの実施に係る制度上の問題を図 5.3.1に示す。

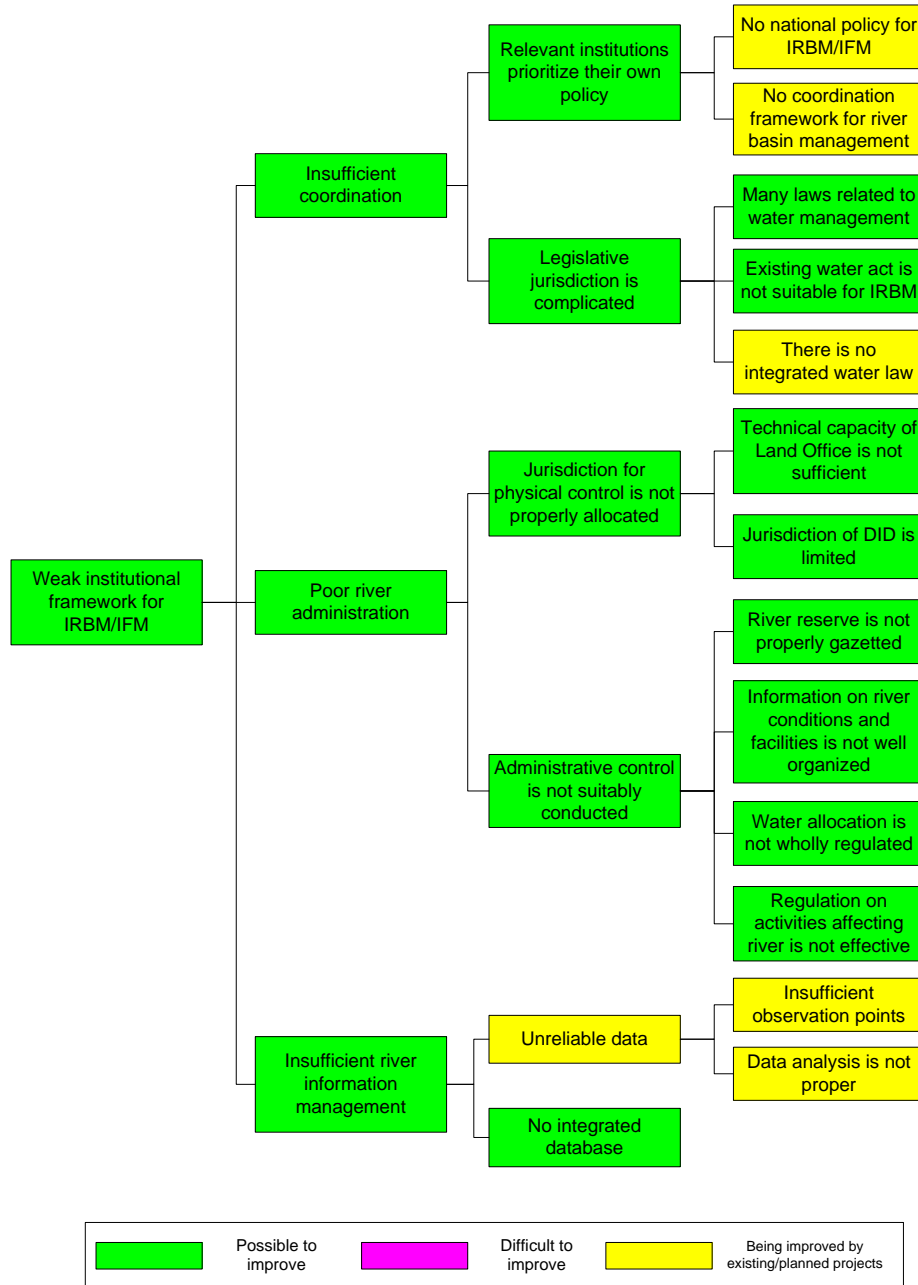


図 5.3.1 組織制度に係る問題分析系図

(a) 不十分な組織間の調整及び州際調整

最初の問題として指摘されているのは、組織間及び州際調整が不十分な点である。現状では、各関係機関がそれぞれの政策や事業を独自に実施しているため、流域管理のための統合的な視点での政策や事業の実施には至っていない。その一つの理由として、国家レベルでの水資源管理政策の欠如が指摘されている。なお、本調査の実施を機に、河川流域委員会が設置され、連邦政府及び州政府の関係機関が協議・調整する場が整備されつつある。

関係機関の権限は関連法律により規定されているが、関連法が多岐にわたり権限配分が複雑になっていることも、一因として指摘されている。さらに、流域管理に係る主要な法律である Waters Act 1920 には、河川管理の権限と役割が明確に規定されていない。



なお、連邦DIDにより、国家水資源政策及び国家水資源法案の策定に係る調査を実施中である。

### (b) 不適切な河川管理

前述の通り、IRBM計画には、洪水被害の軽減、流水の適切な維持、河川環境の整備と保全などが含まれている。パハン川流域においてIRBMを実施するためには、河川管理や環境管理、水資源管理などに関連する各組織が、法律に基づきそれぞれの役割を果たす必要がある。環境管理及び水資源管理については、DOEやBKSAが中心的な役割を果たしている。しかしながら、既に指摘した通り、河川管理を担う機関が法的には明確に規定されていない。Land Officeが土地及び河川の管理を担っているが、河川管理を実施するための技術的な能力が十分ではない。一方、DIDが伝統的に河川管理のための施設整備やO&Mを行っているが、法的な権限が規定されていない状況である。したがって、河川管理を実行できる機関を法的に規定する必要がある。また、河川管理を実施する上で、下図の通り上下流の一貫した河川管理の実施が必要となる。

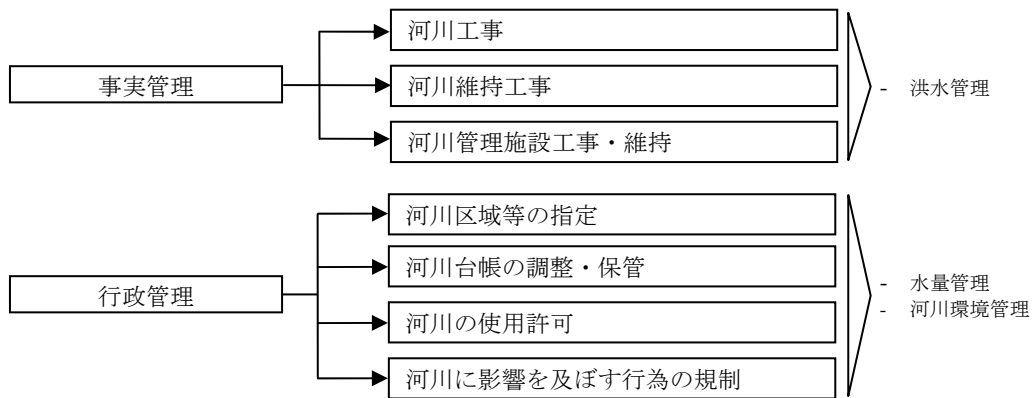


図 5.3.2 河川管理の分類

前述の通り、河川の管理はLand Officeの管轄下であるが、適切な河川管理行政を行うための技術的・人的能力の不足が指摘されている。一方、河川工事や維持管理などの実務管理はDIDが行っているが、法律上規定された権限がないことが問題である。

さらに、河川区域の指定・管理についても、その公告が進んでおらず、適切な管理がなされているとは言い難い。また、水利権管理が関係諸機関により個別に実施されており、流量の把握や水質管理が統合的に実施されていない。さらに、砂利採掘などの河川に影響する行為の規制はLand Officeが権限を有するが、既に指摘した通り、技術的・人的能力の不足により適切に実施されていない状況である。

### (c) 脆弱な河川情報管理

DIDは近年、統合流域管理を促進するためのNational River Basin Decision Support System (RB-DSS) という情報システムの構築を目指しており、これはRiver Basin Information Management System (RB-IMS)、River Basin Geographical Information System (RB-GIS)、River Basin Simulation Modeling System (RB-SMS)の3つのコンポーネントで構成されている。現時点ではウェブベースのRB-IMS (RBISという情報システム) が、DID内部のネットワーク上で試験的に公開されている。RBISの内容は、流域管理の関係機関や関連法、社会・経済・環境に係る情報、事業実施に係る予算などの情報である。しかし、水文データが不十分など、情報の質的・量的拡充の必要性が指摘されている。

また、開発計画のための空間データを提供するため、Ministry of Natural Resources and Environmentの傘下のMalaysian Center for Geospatial Data Infrastructure (MaCGDI)により、全国空間データ基盤 (MyGDI) の整備が進められているが、MyDGIとRB-DSSとの重複も指摘されている。

## (2) 水利用

パハン川流域のIRBM関連の水利用に関わる問題は5.2.1に要約されている。図5.3.3は上記セクションで整理した問題点に基づいたパハン川流域の水利用に関する問題分析系統図を示す。

### (a) 不適当な水資源

パハン川流域の不適当な水資源とは、気候変動に伴う渇水の可能性、水源開発における不適切な計画、環境流量の不適当さ及び代替水源の不在を意味する。パハン川流域は、気候変動のなりゆきによっては将来渇水に見舞われる可能性がある。また、実績消費水量が水供給施設能力に既に達しているいくつかの地区があることから、これらの地区においては“Review of National Water Resources Study 2000-2050”の結果を基に、水供給計画案の見直しが必要である。また平常時に、ダムから下流に放流されていないことがあることから、環境流量が考慮されていないようである。パハン川流域には多くのダムが計画されていることから、水生生物や河道としての機能を維持するために環境流量の設定がパハン川流域では求められる。次に、表流水の豊富さ故かパハン川流域では地下水はほとんど利用されてこなかった。しかし、水危機、重大な渇水、河川水汚染等の非常事態にも対応できるように代替水源として地下水開発調査が必要である。

### (b) 不適当な水供給事業

不適当な水供給事業とは、水事業機構改革の遅れ、水供給と水需要間の不一致及び突出した無収水 (NRW) 率を意味する。水事業界における機構改革は第10次マレーシアプラン内に完了することになっている。Negeri Sembilan州は既に2008年に新体制へ移行済みであるが、Pahang州は2010年に新体制へ移行することになっていることから、早急に新体制へ移行し、費用を完全に回収する料金設定仕組みの確立が求められている。パハン川流域の無収水 (NRW) 率は、Pahang州及びNegeri Sembilan州それぞれの2008年のNRW率から50%以上と考えられる。この突出したNRW率は水供給計画に大きな影響を与えることから、このNRW率を損益分岐点まで早急に下げることが求められる。

### (c) 不適切な灌漑用水供給

不適切な灌漑用水供給とは、灌漑用水の取水困難や供給困難を意味する。かつて、Kuala Lipisで用水システムの管理不足により灌漑用水の供給が停止する事態が生じた。灌漑用水供給施設を良い状態に管理することが必要とされる。

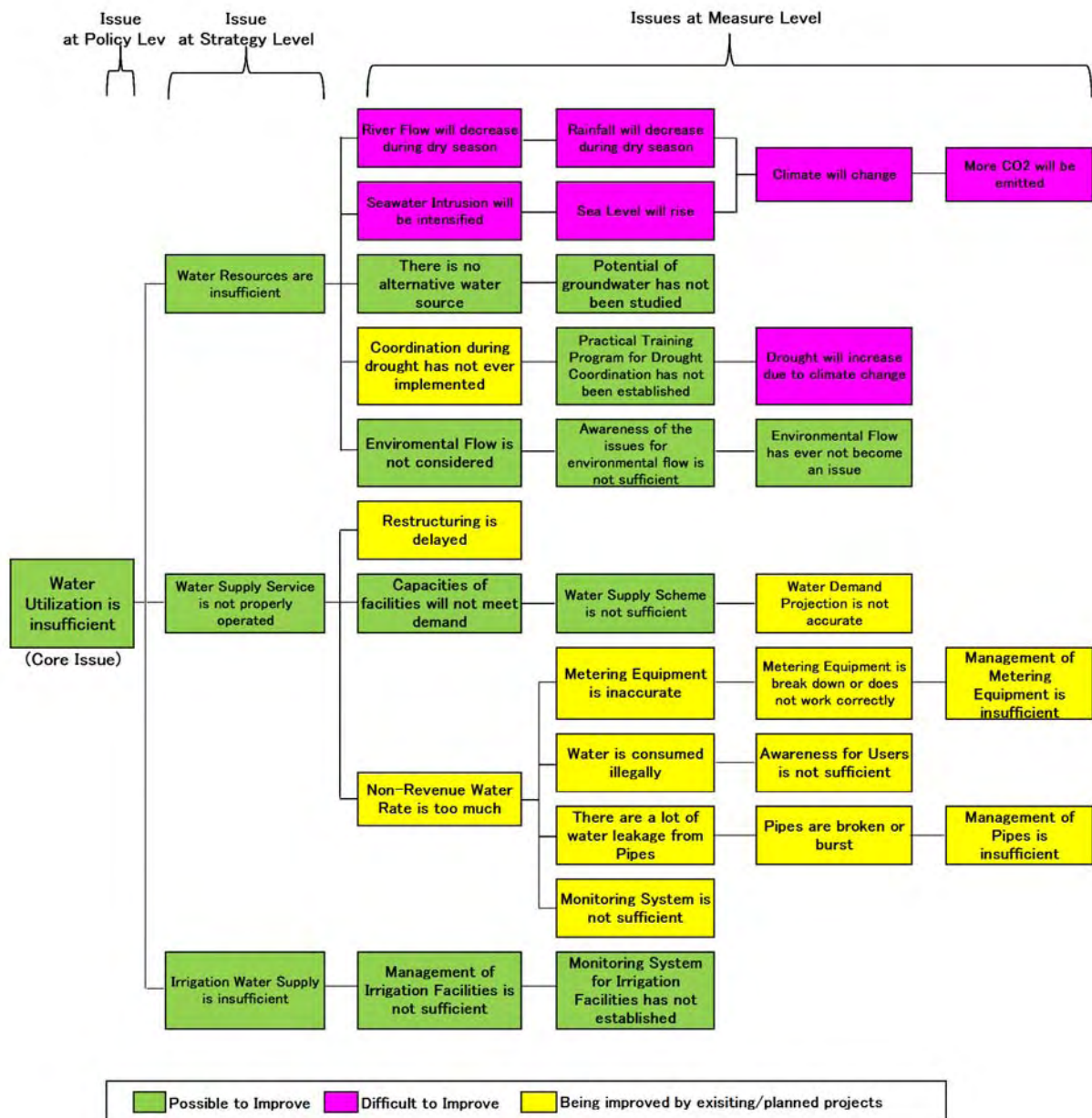


図 5.3.3 水利用の問題分析系統図

### (3) 河川環境 (水質)

5.2.2においてパハン川流域の河川環境に係る課題を議論した。ほとんどの問題は水質の悪化に関連している。そこで水質の悪化を中心的課題として問題分析を行い、図 5.3.4のような問題系図を得た。この問題系図から分かるように、河川の汚染源としては、汚水排水、廃棄物、土壌浸食、農業化学物質の流出が考えられた。

#### (a) 汚水排水

汚水は主に生活下水、工場廃水、ウェットマーケットやレストランや屋台等からの汚水、車修理場廃油、ゴミ埋立て場の浸出水を含むが、関係当局は既にほとんどの汚水源に対して対策を実施している。例えば、SPANとIWKは下水処理を行い、DOEは工場廃水の制限を実施し、

Local Authorityはウェットマーケットとレストランと屋台等からの汚水排出と車修理場廃油の処理について対策を行い、SWMとAlam Floraが統合廃棄物管理を実施している。しかし、ウェットマーケットからの汚水排出および浄水場の汚泥処理についての対策はまだ不十分である。

#### (b) 廃棄物

ゴミについての課題は主に家庭ゴミと建設工事からのゴミに関する課題を含む。この課題については、Local AuthorityとSWM/Alam Floraは既に対策を実施している。

#### (c) 侵食・シルテーション

濁水の主要原因は流域内の大規模農地開発、伐採活動、大規模道路建設等の土木工事による土壌浸食および砂利採取活動による濁水と考えられる。農地開発、伐採活動、土木工事による土壌浸食についての対策はそれぞれLocal Authorities、Forestry Department、DOEが実施している。流域内には大規模な砂利採取活動は行われていないが、小規模な砂利採取の不適切な管理は堆砂、浸食の一因になっていると思われる。

#### (d) 農業化学物質の流出

農地からの農薬と肥料流出はパハン川流域の大きい水質課題の一つである。Cameron HighlandsとTasik Chiniでの農薬汚染は人々の注目を集めている。

#### (e) 汚濁負荷量のインベントリー

適切な水質管理を実施するためには、負荷源別の整合の取れた管理が前提となる。しかしながらパハン川流域には負荷量に関するインベントリーはなく、種々の機関による部分的な情報が保持されている。これらの情報は中央的なデータベースがないこと、また、データ情報を管理する中心的機関がないことから、情報へのアクセスも難しい。例えば、DOEは産業廃水のデータベースを、IWKが下水処理場からの排水のデータベースを保持するが、個人向け腐敗槽（septic tank）の情報は部分的にIWKおよびLocal Authorityに保持されている。また農業活動による負荷流出量に関する完全なデータベースはない。

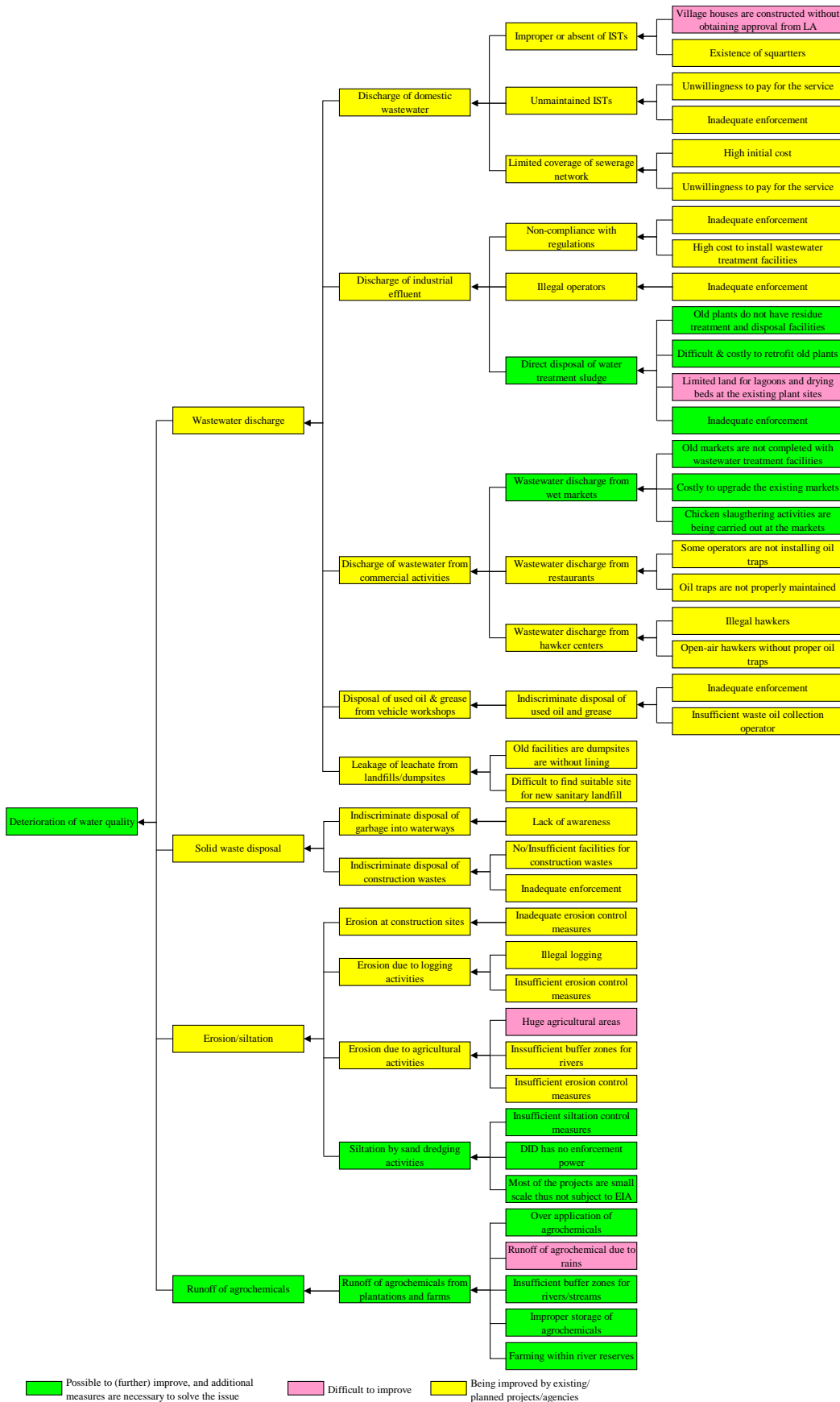


図 5.3.4 水質の問題分析系統図

(4) 洪水

「洪水が被害をもたらす」を中心問題として課題の構造を明らかにし、最終的には中心問題を改善するための戦略と対策を導き出すために問題分析を行った。問題系図を図 5.3.5 に示す。

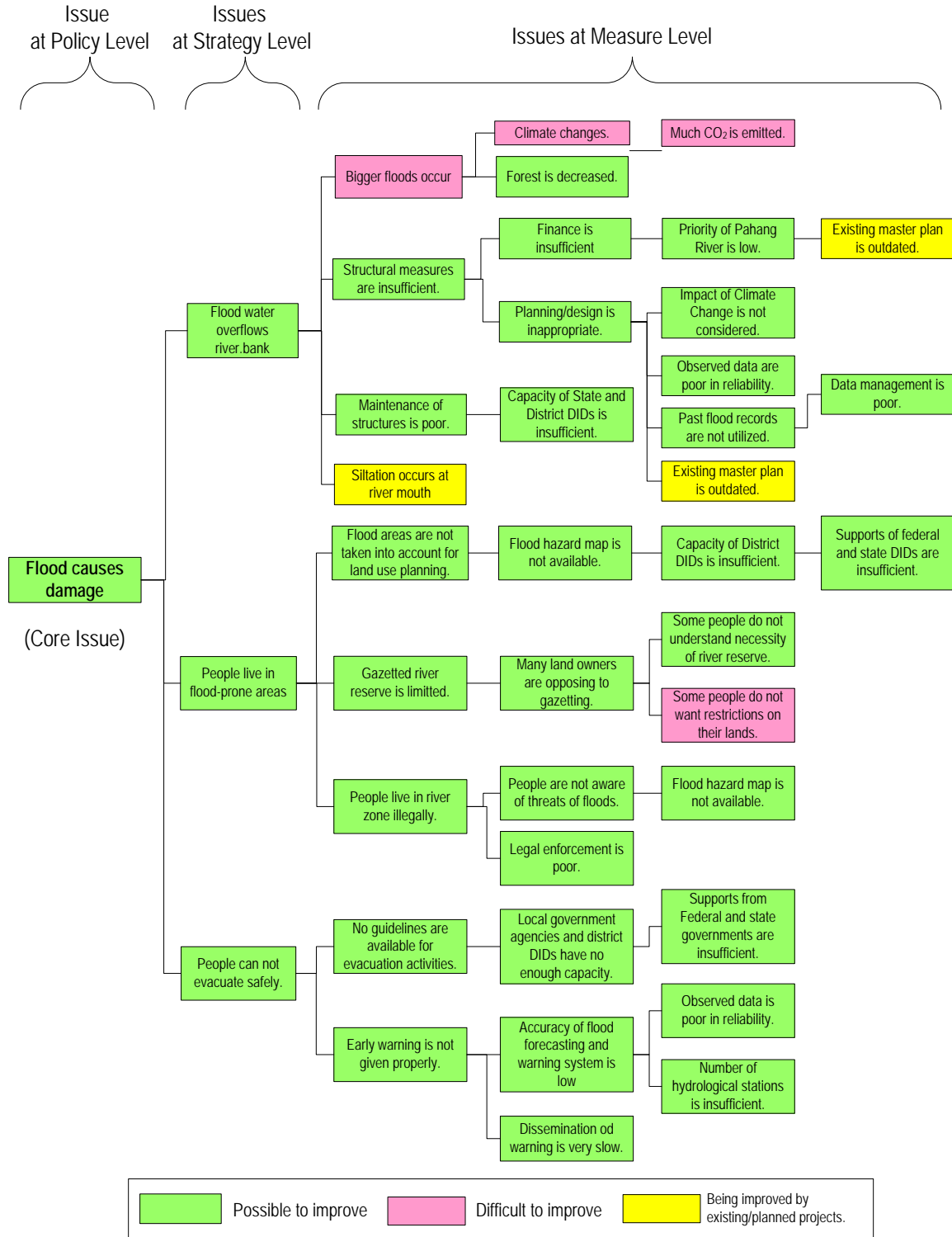


図 5.3.5 洪水の問題分析系統図

中心課題の直接原因として、「洪水が川から溢れる」、「洪水氾濫地域に人が住んでいる」、「安全に人が避難できない」の3つを上げた。

#### (a) 「洪水が川から溢れる」の原因

この直接原因「洪水が川から溢れる」は物理的なものである。4つの二次的な原因、「より大きな洪水が起こる」、「構造物対策が不十分」、「構造物のメンテナンスが不十分」および「河道で堆砂する」が考えられた。

第3章で議論したように、気候変動の影響によりより強い雨が降り、より大きい洪水が発生する可能性がある。温室効果ガスの発生を減らす努力は続ける必要があるが、本計画の完成目標年である2025年までに完全に気候変動の影響を抑えることは不可能である。本協力準備調査が提案するように適応策を考慮する必要がある。さらに森林伐採による森林の減少も洪水流量増加の一因である。これはさらに河道内での堆砂の原因となっている。

構造物対策の不足は、実施のための財源不足、計画設計の不備などに因るものである。水文観測データの質が低いこと、データ/情報が少ないことも適切な計画やプロジェクトの作成を難しくしている。更新されたマスタープランがないことも構造物対策不足の一因である。しかしこの問題は本協力調査で提案するIFM計画がマレーシア政府によって承認されるようになれば、解決する。

洪水対策施設の維持管理は一般的に州やDistrictの責任であるが、連邦DIDからの技術、資金的な支援を必要としている。

5.2.3で説明したように、長い間パハン川河口は堆砂に苦しんできた。しかしDIDは、“Protection and Rehabilitation Project for Pahang River Mouth”の実施を第9次マレーシアプラン下で開始しており、完成すれば堆砂の問題は解消されることになる

#### (b) 「洪水氾濫区域に人々が住んでいる」の原因

中心課題の2番目の直接原因、「洪水氾濫区域に人々が住んでいる」は社会的な課題であり、3つの原因が考えられた。それらは「土地利用計画に洪水氾濫地域が考慮されていない」、「河川区域（River Reserve）の公告が限られている」および「河川内に住んでいる人々がいる」である。

洪水ハザードマップがないことが不適切な土地利用計画の主原因のようである。これは多分、District DIDの能力不足に因るところ大であろう。河川区域（River Reserve）の公告が進んでおらず、結果として河川内に人々が住み着くことを許している。これらの人々は一般的に洪水の脅威に気づいていないようである。

#### (c) 「安全に避難できない人々がいる」の原因

3つ目の直接原因、「安全に避難できない人々がいる」は洪水時の人々の活動に関するものである。2007年の洪水記録によれば8名が亡くなっている。関係機関はこの悲劇を真剣に取り組む必要がある。

この直接原因については、二つの第2次原因が考えられる。それらは「避難活動のガイドラインがない」、「早期警報が適切に与えられない」である。District DIDや地方政府機関は避難活動のガイドラインを含むコミュニティ防災計画を立てる能力が不足している。また現在の洪水予警報システムは質・量とも不足している水文観測データに基づいており、それが低い精度の原因となっている。

## 5.4 連邦政府および州政府の政策

### 5.4.1 連邦政府の政策

IRBM に関する連邦政府の政策は 5 カ年計画であるマレーシアプランや National Physical Plan (NPP)に見られる。

#### (1) 5 カ年マレーシアプラン(FYMP)

2001年～2005年をカバーする第8次マレーシアプランにおいて、統合的流域アプローチが初めて強調されている。この計画はさらに州政府にLUASのような流域ベースで水資源に係る計画立案、モニタリング、執行、管理を行う水管理機関の設立を後押しした。

第9次マレーシアプラン(2006年～2010年)は、「マレーシアは2020年までに完全に先進国になる」という2020ビジョン達成を目指して、優先分野に国の努力を集中させようとするものである。その優先分野とは、国家の国際競争力、人的資本開発、国家統合、民族関係、収入と富の分配、生活の質などを含む。第9次マレーシアプランにおいて、IRBMに関係した政策を表 5.4.1にまとめる。

表 5.4.1 第9次マレーシアプランの IRBM に関係した政策と目標

分野	政策と目標
水供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現況の水資源の水質を保全か改良するとともに、将来の水資源ポテンシャルを確認する。</li> <li>・ 水需要と水の生産量は 2010 年に、Pahang 州で 1,184 mld および 1,340 mld、Negeri Sembilan 州で 665 mld および 722 mld、Johor 州で 1,489 mld および 1,747 mld になる。</li> <li>・ 水供給の効率を、盗水に対する厳重な取り締まりやパイプやメータの交換、配水管網の GIS マッピング、配水管網のリハビリ、処理場の改善、およびオペレーションセンターの設立などの無収水対策プログラムを通じて改善する。2010年の無収水率の目標値は、Johor 州で 35%、475 mld、Negeri Sembilan 州で 45%、299mld、Pahang 州で 40%、475mld である。</li> <li>・ へき地での飲料水へのアクセスを増加させる。水道普及率の低い重点州はサバ、サラワク、パハン、クランタン、トレンガヌおよびケダ州である。</li> <li>・ 水の足りない地域や灌漑水のために、地下水探索・開発プログラムを実施する。</li> <li>・ IWRM (統合的水資源管理)アプローチを持続的な水資源開発のために振興する。</li> <li>・ 水供給サービスを改善するため、賢い水利用プロモーションなどの非構造物対策を実施する。</li> <li>・ この計画期間内で、マレーシア半島地域の水供給と下水道サービスを調整するために SPAN を機能させる。さらに将来の水供給施設を開発するために WAMCO(Water Asset Management Company) を設立する。</li> </ul>
下水道	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境基準に適合するように、さらに公衆衛生の安全のため下水道サービスを拡充する。</li> <li>・ 水供給システムの流域内の現況の下水処理場の改善、リハビリ、改装を継続して優先項目とする。</li> <li>・ 清潔さを保ち、水資源や環境を保全するために、排水管理や下水システムの重要性に関する意識改善キャンペーンを強化する。</li> </ul>
洪水緩和	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調節池の建設や河川改修、放水路などの構造物対策の他に土地利用規制、統合洪水予測、警報・対応システムなどの非構造物対策によって、クランバレーやその他の地域の洪水被害を軽減する。</li> <li>・ 都市排水管理マニュアル (MSMA) を国中の新開発地域に適用する。</li> </ul>

第10次マレーシアプラン(2010年～2015年)は2010年6月に国会に首相により上程された。首相はそのスピーチの中で、Vision 2020の実現という国家指針の継続が重要であることを強調した。この第10次マレーシアプランは一人当たりのGNIを2015年には38,850RMに増やすことを目標にしており、そのためには年率6%のGDPの成長が求められる。

IRBMに関係した政策については、IWRMアプローチが水資源の計画、管理、保護、修復において継続して奨励される。第10次マレーシアプランは、マレーシアが気候変動に対して、経済成長と開発要因を守るための適応策と温室効果ガスの排出を減らす緩和策の2元的な戦略を採ることを明言したことは注目に値する。表 5.4.2にIRBMに関係した政策を示す。



表 5.4.2 第10次マレーシアプランの IRBM に関係した政策

セクター政策	戦略	対策	内容
効率的な公共施設とサービスの提供 (公共施設)	水の価値と供給を管理する。	水の確保のための水資源管理の長期戦略を開発する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国家水資源政策(NWRP)を確立する。</li> <li>● 水資源の計画、管理、保全、回復に IWRM アプローチを導入する。</li> <li>● 500 億 RM を洪水緩和に投入する。</li> </ul>
		水サービス産業の再構築の努力を継続する	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 州の水道業者の民営化を促進する。</li> <li>● コストリカバリーに向けて動き出す。</li> <li>● 事業運転や経営を効率化する。</li> <li>● 水道インフラを改良する。</li> <li>● 水道と下水道事業を統合する。</li> </ul>
		河川を汚染から守る	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Environmental Quality Act 1974 の改正に沿って、産業排水や下水排水管理の執行を強化する。</li> <li>● 点源や面源の汚水について、日最大負荷量や河川の流下能力を評価する。</li> <li>● 現在の水質インデックスを改訂する</li> <li>● 国家海洋水質インデックスを改訂する。</li> <li>● 奉仕活動や啓発活動を広げる。</li> </ul>
	廃棄物管理を再構築する	local authorities を支援する	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 民営化によって、local authority から廃棄物管理や清掃作業を解放する。</li> </ul>
		包括的かつ衛生的なサービスを提供する	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3 つの concessionaire を厳しく管理する。</li> </ul>
		廃棄物が持続的に管理されることを確保する	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3R (the reduce, reuse, recycle) を促進する。</li> </ul>
国家の環境価値の尊重 (環境)	しなやかな成長戦略を開発する	気候変動のリスクから国家を守る (適応策)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 気候リスクを評価、数値化するしっかりした枠組みを開発し、リスクに対する対策の優先順位付けする。</li> <li>● 将来のインフラ投資が気候的に弾力性を有するように、政策決定の枠組みを実施する。</li> <li>● 気候予測やモデリングの能力を高める。</li> </ul>
		マレーシアの炭素排出量を減らす (緩和策)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 再生エネルギーへの投資のためのより強いインセンティブを作る。</li> <li>● エネルギーの効率化を進める。</li> <li>● 廃棄物管理を改善する。</li> <li>● 森林を保全する</li> <li>● 大気を改善するため、排出量を減じる。</li> </ul>
	国家の生態資産保全を高める	森林保全や野生生物保全の努力を継続する	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 432 万 ha の中央森林背柱(Central Forest Spine)を半島マレーシアで実施する。</li> <li>● 動植物の取引規制を高める。</li> <li>● 既存の生物多様性のインベントリやデータベースを統合する。</li> </ul>
		持続性のある安全な資源の利用を確保する	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ローカルコミュニティを保全努力に巻きこむ。</li> <li>● 利用権や利益の共有化の枠組みを導入する。</li> </ul>

## (2) National Physical Plan (NPP)

National Physical Plan (NPP) は、2020年までのマレーシア半島における物理的開発や保全の戦略的政策の声明書である。このプランは2006年4月26日のNational Physical Plan Councilによって承認され、連邦や州の機関による5ヵ年マレーシアプランのプロジェクトやプログラム作成においてガイドラインとなるべきものであり、半島の連邦や州レベルにおいて実施されるべきものである。

NPPは「国の全体的発展において、2020年までに先進国としてのステータスの達成を実現するために、効率的な、公平な、かつ持続的な国家の空間的枠組みを構築する」という目標を有し、以下の4つの目的を併せ持つ。

- 経済的効率と世界的競争力のために国家の空間計画を合理的なものとする。
- 土地と天然資源の利用を持続的開発のために最適化する。
- 国家の統一性のためにバランスのとれた地域開発を促進する。
- より質の高い生活のために空間的、環境的に高い質を確保する。

このNPPには36の政策が含まれており、その中で下表に示す9つの政策がIRBMと関係する:

表 5.4.3 IRBM に関係した NPP の政策

分野	政策と目標
水供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現況の水資源の水質を保全か改良するとともに、将来の水資源ポテンシャルを確認する。</li> <li>・ 水需要と水の生産量は 2010 年にそれぞれ 1,184 mld および 1,340 mld になる。</li> <li>・ 水供給の効率を、盗水に対する厳重な取り締まりやパイプやメータの交換、配水管網の GIS マッピング、配水管網のリハビリ、処理場の改善、およびオペレーションセンターの設立などの無収水対策プログラムを通じて改善する。2010 年の無収水率の目標値は、ジョホール州で 35%、475 mld、ネグリ・スンビラン州で 45%、299mld である。</li> <li>・ へき地での飲料水へのアクセスを増加させる。水道普及率の低い重点州はサバ、サラワク、パハン、クランタン、トレンガヌおよびケダ州である。</li> <li>・ 水の足りない地域や灌漑水のために、地下水探索・開発プログラムを実施する。</li> <li>・ IWRM (統合的水資源管理)アプローチを持続的な水資源開発のために振興する。</li> <li>・ 水供給サービスを改善するため、賢い水利用プロモーションなどの非構造物対策を実施する。</li> <li>・ この計画期間内で、マレーシア半島地域の水供給と下水道サービスを調整するために SPAN を機能させる。さらに将来の水供給施設を開発するために WAMCO(Water Asset Management Company) を設立する。</li> </ul>
下水道	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境基準に適合するように、さらに公衆衛生の安全のため下水道サービスを拡充する。</li> <li>・ 水供給システムの流域内の現況の下水処理場の改善、リハビリ、改装を継続して優先項目とする。</li> <li>・ 清潔さを保ち、水資源や環境を保全するために、排水管理や下水システムの重要性に関する意識改善キャンペーンを強化する。</li> </ul>
洪水緩和	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調節池の建設や河川改修、放水路などの構造物対策の他に土地利用規制、統合洪水予測、警報・対応システムなどの非構造物対策によって、クランバレーやその他の地域の洪水被害を軽減する。</li> <li>・ 都市排水管理マニュアル (MASMA) を国中の新開発地域に適用する</li> </ul>

#### 5.4.2 State Structural Plan 2020

State Structural Plan 2020 は 2020 年までの州政府の政策および開発や土地利用に関する一般的提案の声明書である。これらの政策は、社会・経済の計画作りや開発に関する現況の州や国家の政策の枠組み内に設定されている。

パハン州の State Structural Plan 2020 は 13 の開発場所政策 (Policies LP) と、6 つの環境政策 (Policies AS) および 10 のインフラ・公共施設政策を含む。これらのうち次の政策を IRBM に関係するものとして取り上げる。

表 5.4.4 Pahang 州の IRBM に関係した政策

政策の分野	コード	政策
開発場所政策	LP 1	とくに大都市の新規開発では、隙間地域やかつての造成地に重点を置く。一方未開地はその都度判断する。
	LP 2	市街地の開発と成長は、階層と機能に合わせて実施される。
	LP 4	パハン州における都市開発の 2 番目の重点地域は Temerloh-Mentakab である。
	LP 7	州の農業ゾーン計画に従って農業地域を開発する。
	LP 8	産業開発は Kuantan 都市圏と Temerloh-Mentakab 都市圏に集中する。
環境政策	AS 1	持続的発展を創造するために環境の質をさらに改善する。
	AS 2	NPP (National Physical Plan) の統合的管理のコンセプトとクライテリアに基づき、環境脆弱地域 (Environmentally Sensitive Areas) の管理計画作成を通して持続的開発を創造する。
	AS 3	持続的発展と地域社会経済の発展のために生物的多様性を保護し、活用する。
	AS 4	永久森林地域 (Permanent Forest Reserve Area) と水源流域を持続的に管理する。
	AS 5	市街地住民にふさわしい環境を創造するために住居地域の環境の質を維持する。
	AS 6	主稜山脈の森林地域を隣接する州と連携して保護する。
公共施設政策	IKS 2	市街地や農村地域において水道、電気、ガス、電話の普及と質の向上を図る。
	IKS 3	中央集中下水道システムを、高密度住居地区、商業地区、産業地区および観光地区に設置する。
	IKS 4	現代的な処分方法や再利用システムを有する中央集中廃棄物処分サイト (集中的/地域処分場) を準備する。
	IKS 5	洪水リスクを減じるために、洪水対策の構造物対策を実施するとともに都市雨水排水管理マニュアル (MSMA) を適用する。
	IKS 9	住民の需要に応えるため、レクリエーションしせつを十分に提供する。

公共施設政策に注目して、その実施方法、実施度の指標を表 5.4.5 にまとめた。:

表 5.4.5 公共施設政策の実施方法および実施度の指標

番号	政策	実施方法	実施度の指標 (2020年までの目標)
Policy IKS 2	市街地や農村地域において水道、電気、ガス、電話の普及と質の向上を図る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>古い管路を取り換え、浄水場の能力を改善する</li> <li>公告された森林地域および復旧された水源流域を確保する。</li> <li>水源流域への侵入やメータの盗難という問題に対して法的執行を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,050 mld の水供給</li> <li>無取水率 20%</li> </ul>
Policy IKS 3	中央集中下水道システムを、高密度住居地区、商業地区、産業地区および観光地区に設置する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚水処理場や污泥処理場のサイトを確定するために、汚水排水区戦略を地方当局に提供する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全ての地方当局に污泥処理場を設置する。</li> </ul>
Policy IKS 4	現代的な処分方法や再利用システムを有する中央集中廃棄物処分サイト（集中的/地域処分場）を準備する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>地方当局および関係機関は中央集中型処分場を開発する。</li> <li>地方当局により固形廃棄物の処分場サイトを選定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハイテク固形廃棄物処分場を提供する。</li> <li>リサイクル率は一連のガイドラインに基づく。</li> <li>Transfer Station と焼却場を利用する。</li> <li>Transfer Station を、処分場を持たないすべてのディストリクトに設ける。</li> <li>上記のサイト選定にあたり環境汚染を発生させない。</li> </ul>
Policy IKS 5	洪水リスクを減じるために、洪水対策の構造物対策を実施するとともに都市雨水排水管理マニュアル (MSMA) を適用する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>デベロッパーは雨水排水都市雨水排水管理マニュアル (MSMA) を使用しなければならない。</li> <li>森林伐採し他の土地利用への変換を最小限とし、河川内での堆砂を減らすために森林を管理する。</li> <li>バッファゾーンとして河川区域 (River Reserve) を公告する。</li> <li>自動警報サイレンシステムを設置する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全ての土地開発申請に MSMA を使用する。</li> <li>排水/洪水対策プロジェクトを実施する。</li> <li>全ての河川区域 (River Reserve) が公告される。</li> </ul>
Policy IKS 9	住民の需要に応えるため、レクリエーション施設を十分に提供する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>Councils は空地のインベントリを提供する。</li> <li>すべての家屋建設において、開発区域の 10% の空地を与える。</li> <li>地方当局が空地を公告する。</li> <li>City Park や Regional Park などのレクリエーション地域を開発する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>オープンスペース、City Parks および Regional Parks が充分提供される。</li> </ul>

## 5.5 政策案、戦略案、対策案およびプロジェクト案/行動案

### 5.5.1 政策案

IRBM 計画の政策案は、4 つの中心的課題のそれぞれを肯定的な表現に変換することによって得られる。このとき重要な課題のほとんどをカバーするように政策案の文言に注意が必要である。表 5.5.1 に中心的課題と対応する政策案を示す。これらの政策案は、国家や州の関連政策に合致している。

表 5.5.1 中心的課題と政策案

No.	中心的課題	政策案
1	弱い組織制度の枠組み	組織制度を強化する。
2	不十分な水利用	持続的な水利用を確保する。
3	水質の悪化	持続可能かつ快適な河川環境を創出する。
4	洪水被害	洪水に対してしなやかな社会をつくる

### 5.5.2 組織強化

上記の問題分析により、表 5.5.2 の通り制度強化に係る方針と対策、活動を提案する。

表 5.5.2 制度強化に係る方針と対策

政策	戦略	対策	提案活動	関連機関	摘要
制度を強化する。	I-1 調整枠組みを構築する。	I-1.1 RBCを設置する。	- RBCを強化する。 - RBCの役割、構成等を決定する。	RBC	河川流域委員会は設置済み
		I-1.2 国家水資源政策・アクションプラン・国家水資源法を策定する。	-	EPU, DID, State Authority	国家水資源政策策定調査が実施中
	I-2 適切な河川管理行政を実施する。	I-2.1 河川管理者を任命する。	I-2.1.1: 水資源管理局 (WRD)を設置する。 I-2.1.2: 流域管理事務所 (RBMO)を設置する。	DID, BKSA, Land Office	
		I-2.2 河川管理区域を指定する。	- River Reserve 公告を推進する。	Land Office, DID	
	I-3 河川流域情報を統合する。	I-3.1 河川流域管理のための河川情報を整備する。	- データ共有に係る合意形成を図る - 河川情報基盤を整備する。	All Relevant Agencies	
				DID, MaCGDI	DID: RBIS MaCGDI: MyGDI

上記政策を実施するために、下記の戦略を提案する。

**戦略 I-1:** 調整枠組みの構築

**戦略 I-2:** 適切な河川管理の実現

**戦略 I-3:** 河川流域情報の統合

戦略 I-1 及び I-2 に関連して、3種類の組織枠組みを表 5.5.3の通り提案する。

表 5.5.3 組織枠組みの提案概要

	River Basin Committee	Water Resources Department (consolidation with State DID and BKSA in state boundary)	River Basin Management Office (consolidation with State DID and BKSA in river basin)
Structure	<p>Structure of River Basin Committee:                      NWRC (National Water Resources Commission) is the top body. Below it are the Management Committee and Technical Committee. The Technical Committee oversees the Task Force, which in turn oversees Working Groups (Water Utilization G, Environment G, Flood Mitigation G). The Palang Siamak (P) is also involved in coordination.</p>	<p>Structure of Water Resources Department:                      Federal level: NWRC, NRE, Federal WRD, Federal DID.                      State level: State DID, State LO, BKSA, State WRD, District WRD.                      District level: District DID, District LO.                      Other entities: RBC (River Basin Committee), Management Committee, Technical Committee, Task Force, Palang SRMC.</p>	<p>Structure of River Basin Management Office:                      Federal level: NRE, Federal WRD, Federal DID.                      State level: State DID, State LO, BKSA, RIBMO, SBMO.                      District level: District DID, District LO.                      Other entities: Palang SRMC, District Agencies, LA.</p>
Type	Committee	Department in Federal and State Levels	River Basin Organization in Federal Level
Purpose	Coordination among Relevant Agencies	Establishment of Primary Agency for River Management	Establishment of River Basin Management Agency
Time Frame	Short-Term	Middle-Term	Long-Term
Main Function	<ul style="list-style-type: none"> <li>- to act as discussion platform among relevant agencies</li> <li>- to approve and implement IRBM plans</li> <li>- to formulate and approve on IRBM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- to act as river management agency</li> <li>- to take initiatives for planning and implementation of IRBM</li> <li>- to encourage RBC members to be involved in IRBM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- to be established in river basin unit</li> <li>- to act as river basin management agency in federal level</li> <li>- to formulate and implement IRBM plans</li> <li>- to coordinate among related agencies for IRBM implementation</li> <li>- to regulate river basin based on hydrological boundary</li> <li>- to authorize the apex agency initiating the IRBM</li> <li>- to optimize the effectiveness, efficiency, fairness and neutrality on river basin management</li> <li>- to accelerate the implementation of IRBM</li> <li>- to modify budget allocation procedures</li> <li>- to be concerned that Land Office has hesitation to transfer its authorities and EPU and/or BKSA objects to be consolidated with State DID</li> <li>- need to amend the Ninth Schedule of the Federal Constitution</li> </ul>
Advantage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- to make consensus building among members</li> <li>- to accelerate integration of policies projects for IRBM</li> <li>- to promote enforcement of legislatives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- to integrate the authorities for river management into solo apex agency for the smooth implementation of IRBM</li> <li>- no need to amend the Federal Constitution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- to regulate river basin based on hydrological boundary</li> <li>- to authorize the apex agency initiating the IRBM</li> <li>- to optimize the effectiveness, efficiency, fairness and neutrality on river basin management</li> <li>- to accelerate the implementation of IRBM</li> <li>- to modify budget allocation procedures</li> <li>- to be concerned that Land Office has hesitation to transfer its authorities and EPU and/or BKSA objects to be consolidated with State DID</li> <li>- need to amend the Ninth Schedule of the Federal Constitution</li> </ul>
Disadvantage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- to decline activity gradually, and to be dormant</li> <li>- to be stymied by the lack of ownership</li> <li>- to cause the slow decision making</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- to regulate river basin based on state administrative boundary</li> <li>- to be concerned that Land Office has hesitation to transfer its authorities and EPU and/or BKSA objects to be consolidated with State DID</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- to regulate river basin based on hydrological boundary</li> <li>- to authorize the apex agency initiating the IRBM</li> <li>- to optimize the effectiveness, efficiency, fairness and neutrality on river basin management</li> <li>- to accelerate the implementation of IRBM</li> <li>- to modify budget allocation procedures</li> <li>- to be concerned that Land Office has hesitation to transfer its authorities and EPU and/or BKSA objects to be consolidated with State DID</li> <li>- need to amend the Ninth Schedule of the Federal Constitution</li> </ul>

(1) 戦略 I-1: 調整枠組みの構築

IRBMを実施・推進するためには、組織間調整及び州際調整の枠組みの構築が必要不可欠である。

(a) 対策 I-1.1 : パハン川流域委員会の機能強化

実施中の対策 :

- 1998年にNational Water Resources Council (NWRC) が設置され、連邦及び州政府による水資源管理に関する議論が行われている。
- 2003年7月にNWRCにおいて全国189水系の流域管理計画の策定の必要性が承認された。
- Pahang州では、組織間及び州際調整を行う機関としてState River Management Committee が設置された。
- 本調査対象地域において、連邦政府レベルの委員会（テクニカルコミティ）と、下層部の州レベル組織であるワーキンググループから成る流域委員会が設置されている。しかし、マネージメントコミティとタスクフォースが未設置の状況である。

主な実施機関 :

- 流域委員会(RBC)

提案活動 :

マレーシア国において河川管理に関連する機関は数多く存在し、それぞれの権限を独自で行っている。したがって、権限の重複を最小化し既存組織の役割を効率的に実施するために、関連する諸機関の政策や事業を調整するための枠組みが必要となる。本調査を実施するにあたり、流域単位での組織間・州際調整機関として、流域委員会が対象流域において設置された。調査対象となる流域は複数の州に跨っていることから、マレーシア国憲法に基づき連邦政府の介入が可能である。今後、IRBM計画を効率的に実施するため、既存の流域委員会の機能を発展させるための体制を、下図の通り提案する(図 5.5.1参照)。

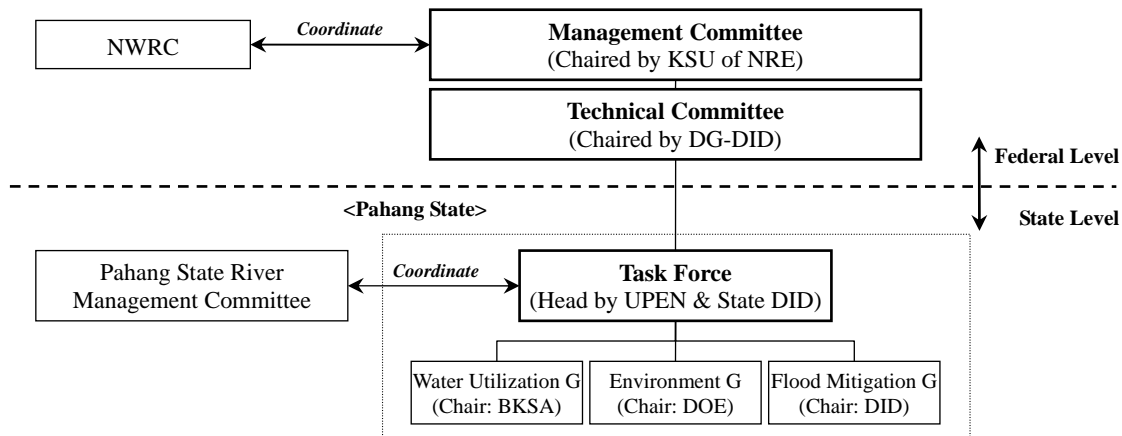


図 5.5.1 パハン川流域委員会の構成

マネージメントコミティがNWRCとの調整を担当し、タスクフォースが州機関及びPahang State River Management Committeeとの調整を行う。テクニカルコミティのメンバー構成は既存のものを踏襲し、マネージメントコミティ及びタスクフォースはムアール流域委員会と類似の構成とする。なお、次表の下線の組織は新たにメンバーとして加わることを提案する。

表 5.5.4 流域委員会の構成

	構成
マネージメントコミティ	<b>Federal Level:</b> NRE (Chairman), DID (Secretariat), MOF, EPU, <u>NSC</u> , KeTTHA, MAAI, MHLG, <u>MOW</u> , MOH, DOE, HAHRIM, <u>MMD</u> , FD <b>State:</b> State Secretaries in Pahang and Negeri Sembilan
テクニカルコミティ	<b>Federal Level:</b> DID (Chairman), River Division, DID (Secretariat), NRE, MAAI, NAHRIM, MaCGDI, DSP, EPU <b>State Level:</b> UPEN (Pahang, Negeri Sembilan, Melaka), <u>NSC (Pahang, Negeri Sembilan)</u> , DID (Pahang, Negeri Sembilan), DOE (Pahang, Negeri Sembilan), FD (Pahang, Negeri Sembilan), <u>PERHILITAN (Pahang, Negeri Sembilan)</u> , DLM (Pahang, Negeri Sembilan), DMG (Pahang, Negeri Sembilan), TCPD (Pahang, Negeri Sembilan), DOA (Pahang, Negeri Sembilan), DOFi (Pahang, Negeri Sembilan), DOH (Pahang, Negeri Sembilan), MD (Pahang), SSD (south & central branch), BKSA (Pahang, Negeri Sembilan, <u>Melaka</u> ), <u>SPAN (south &amp; central branch)</u>
タスクフォース	<b>State Level:</b> UEPN (Pahang, Negeri Sembilan), DID (Pahang, Negeri Sembilan), DOE (Pahang, Negeri Sembilan), FD (Pahang, Negeri Sembilan), DLM (Pahang, Negeri Sembilan), DMG (Pahang, Negeri Sembilan), TCPD (Pahang, Negeri Sembilan), DOE (Pahang, Negeri Sembilan), DOFi (Pahang, Negeri Sembilan), DOH (Pahang, Negeri Sembilan), MD (Pahang), SSD (south & central branch), BKSA (Pahang, Negeri Sembilan, <u>Melaka</u> ), <u>SPAN (south &amp; central branch)</u> <b>District Level:</b> District Officer (Pahang, Negeri Sembilan), District Council (Pahang, Negeri Sembilan), <u>District NSC (Pahang, Negeri Sembilan)</u> , District Land Office (Pahang, Negeri Sembilan)

注: MOW: Ministry of Works, DSP: Department of Survey and Mapping, PERHILITAN: Department of Wildlife and National Parks, MD: Marine Department

洪水対策を考慮して、連邦・州及び郡レベルのNSCの参加を提案する。さらに、他の組織もパハン川流域でのIRBM実施に係わる組織である。

マレーシアにある既存の水資源管理組織を概観することにより、流域委員会の役割を分析した (Box 1参照)。その結果、流域委員会に必要な役割は、下記の通りである。

- ・ 助言：水利用や水管理に関連する州政府機関への助言
- ・ 調整：水資源開発・利用に係る組織間・州際調整
- ・ 計画：水資源管理・利用・保全に関する政策やガイドライン、基準などの策定
- ・ 規制：統合的水資源管理や河川環境保全に資する水資源利用の規制・管理
- ・ 調査・実施：効率的な水資源管理・利用のための調査研究活動及びIRBM事業の実施

上記分析及びステークホルダーとの協議結果に基づき、流域委員会の役割を下表の通り提案する。原則として、マネージメントコミティは助言及び調整機能を有し、テクニカルコミティは調整及び計画、タスクフォースは規制及び調査・実施機能を有する。

表 5.5.5 流域委員会の役割

RBC	Proposed Main Function
マネージメントコミティ	- IRBM 実施に係る評議会 - IRBM 計画及び提案事業の承認 - 水利用及び取水優先度、治水対策、河川環境整備に係る政策の承認 - 河川流域情報管理計画・基準及びガイドラインの承認
テクニカルコミティ	- 水資源管理・利用や河川環境整備に係る IRBM 計画の実施促進及び進捗管理 - 水利用及び取水優先度、治水対策、河川環境整備に係る政策の策定及びマネージメントコミティへの提出 - 河川流域情報管理計画・基準及びガイドラインの策定及びマネージメントコミティへの提出
タスクフォース	- 流域委員会で協議された事案に関する Pahang State River Management への報告 - 河川流域情報整備に資する情報の整備 - 流域管理に負の影響を与える活動監視及びテクニカルコミティへの報告 - 水利用及び取水優先度、治水対策、河川環境整備に係る政策の実行 - 必要に応じて IRBM 実施に係る事業の提案 - 河川流域情報管理計画（案）・基準（案）及びガイドライン（案）の策定及びテクニカルコミティへの提出 - 水資源管理・利用及び河川環境整備に係る法の適切な執行

**Box 1: 既存の水資源管理組織の概観**

**(1) Selangor Water Management Authority (LUAS)**

Selangor Water Management Authority (LUAS) は、Selangor Water Management Authority Enactment No. 2 in 1999に基づき、Selangor州内の水資源や流域、海岸、環境を管理するための組織として1999年に設立した。LUASの主な役割は、下記の通りである。

- 水資源・流域管理に係る政策や対策に関する州政府への助言
- 水資源管理・開発の計画立案及び実施
- 許認可の発行
- 水資源の多目的利用のための州政府機関間の調整

LUASには、懸念される問題に対応してRiver Basin Management CommitteeやWater Resources Emergency Committeeなどの委員会を設置している。さらに、その委員会の下部組織として河川ごと（Selangor川、Langat川、Klang川）に、州やDistrict、地方自治体などの関連機関から成るタスクフォースを設置している。タスクフォースは、水質モニタリングや法律の執行、情報管理などを担当している。

**(2) Kedah Water Resources Board (LUAN)**

Kedah州のWater Resources Enactmentが2008年に施行され、それに伴いKedah Water Resources Board (LUAN)の設置準備が開始された。LUAN設置の目的は、Kedah州内の水資源の利用、開発、管理を統合的に行うことにある。LUANは、州知事が議長を務め、任命予定のWater Resources Directorが事務局を担当し、州政府の関係機関がメンバーとなる予定である。LUANの主な役割は下記の通りである。

- Kedah州の水資源及び水環境を統合的・持続的に管理・調整する
- 水資源の多目的利用を促進するため、州政府機関の調整を行う
- Kedah州をriver basin districtsに分割し、各river basin districtに設置されるRiver Basin



Committeeに管理させる

さらに、LUANはWater Resources Directorを任命する権限を持ち、下記の権限を付与する。

- 流域管理計画を策定する
- IWRM実施のために官民の関係組織を調整し、情報共有を促進する

LUANはKedah州をriver basin districtsに分割し各river basin districtにRiver Basin Committeeを設置する。River Basin Committeeの主な役割は、下記の通りである。

- 流域管理に影響を与える事象の調査
- 流域管理計画策定のためのWater Resources Directorの支援

各river basin districtは行政区単位ではなく流域単位で設置される予定であることから、行政単位による水資源管理からの脱却を図ろうとしている。

### (3) Sabah State Water Resources Council and State DID

Sabah州のWater Resources Enactment No. 6 in 1998により、Sabah州のWater Resources Councilが2006年2月に設置された。主な役割は、下記の通りである。

- 水資源の利用に関する州知事への助言
- 水資源管理の改善を目的として作成されたCatchment Management Planのレビュー

Sabah州における適切な水資源管理を実施するために、州知事により任命されたDirector of Water Resourcesが下記の役割を担っている。

- Sabah州の水資源の管理
- 水利用などに関する許認可の発行
- 河川及び海岸の保全
- 水資源管理のための調整
- 水資源情報データベースの構築

Sabah州では、Director of Water Resourcesに州DIDのDirectorが任命されており、州の水資源管理のための上記役割を担っている。

現在、テクニカルコミティは設置済みであるが、マネージメントコミティ及びタスクフォースは未設置の状況である。したがって、これらの設置・運営の開始が急務である。

一方、Pahang State River Management Committeeは、組織間及び州際調整を行う機関として機能し、統合的な流域管理の実施のために法執行や環境、河川管理・開発のためのSub-Committeeが設置されている。提案されたRBCのタスクフォースと同Committeeの機能が類似していることから、タスクフォースは同Committeeにより置き換えられることも検討されるべきである。

RBC設置に係る長所及び短所を表 5.5.6に示す。

表 5.5.6 流域委員会設置に係る長所・短所

	Description
長所	- 既存の法体系を改定することなく設置できる - 構成組織間での合意形成の促進 - IRBM実施に向けた各関係機関の政策統合 - 適切な法執行の促進
短所	- オーナーシップの欠如による活動の停滞 - 協議に終始し意思決定が遅れる

RBC設置による長所は様々である。関係機関の合意さえ得られれば既存の法体系を改定することなく設置することができるため、即時性の面から非常に大きなメリットと考えられる。また、RBCで協議することにより、IRBM計画の実施に向けた調整や協働が促進される。一方、設置当初は活発に議論されたとしても、各機関が自らの政策や事業を優先するようになり、結果として会議の開催が儀礼化してしまう危険性がある。また、参加機関の主体性が失われ、権限が制限されることにより、意思決定が行われぬ可能性もある。

一般的にIRBMとは、経済的・社会的福祉の向上に資するために、水や土地などの資源開発・管理の調整を促進する継続的なプロセスであると定義される。パハン川流域においてRBCの機能を発展させIRBM計画を持続的に実施するためには、下記の対策をRBC主導により実践すべきである。

- 定期的な会議の開催：会合を定期的実施することで、関連する各組織の役割や政策、事業の重複を回避し、事業効果を最大化し、情報の共有を促進することができる。また、負の影響が懸念される問題を早期に特定することができ、さらに、法律の執行を強化することも可能となる。
- 利害関係者の参加促進：水利用者や政府組織、流域内の住民などの利害関係者について、IRBMプロセスへの参加を促進すべきである。しかし、マレーシア国においてはいずれの法律も利害関係者の参加の必要性について言及していない。したがって、参加を促すための法律の整備が必要である。

マレーシア国では、組織間調整の機能として度々委員会が設置されている。そのため、マレーシア国の既存の法律体系を基礎としたパハン川流域委員会の設置は、現状では最も現実的であり実施可能性の高いものである。

#### (b) 対策 I-1.2：国家水資源政策及び国家水資源法の策定

##### 実施中の対策：

- 連邦DIDは、2009年10月から“Review Study of the National Water Resources Study (2000-2050) and Formulation of National Water Resources Policy” 調査を実施中である。同調査の目的は、National Water Resources Study (2000-2050)を再検討したうえで、国家水資源政策の立案及び国家水資源法（案）の策定を行うものである。同調査は主に連邦政府と州政府との水資源管理に係る権限の調整を行い、効率的な水資源管理を実現することを目指している。
- 水サービスセクターに関しては、NWSCの設置や民営化の促進など、上下水事業の管理体制が大きく変わりつつある。その一方で、河川、地下水、沿岸水などの水資源管理の統合は、いまだ達成されていない。これは、国家レベルの水資源管理政策の欠如が主な原因として考えられる。

##### 主な実施機関：

- DID
- EPU
- State Authority

##### 提案活動：

- 国家水資源政策は、既存のセクター計画を考慮した統合的水資源管理及び統合的流域管理のための政策や戦略、対策などから構成される必要がある。

- 既存の組織体制を見直し、それぞれの役割などを再検討すべきである。
- セクター別の法体系を見直し、IRBM計画の実施促進に必要な改善案が提案されるべきである。
- マレーシア国現法によると、水資源は州に属していることから、策定された国家水資源政策に対して州政府機関の合意を得ることが必要である。

なお、同調査は2010年10月まで実施されることから、国家水資源政策及び国家水資源法（案）に関する詳細な提案は、本調査では行わないものとする。

## (2) 戦略 I-2：適切な河川管理の実現

水質保全や水量の確保、洪水管理などの点から、適切な河川管理実現のためには、流域単位での管理枠組みの構築が重要である。

### (a) 対策 I-2.1：河川管理組織の設置

#### 実施中の対策：

- 現状では、河川管理は関連諸機関が独自の政策や役割に基づき実施している。
- 行政界に基づき、土地と水は州政府により管理されていることから、Land Officeがそれらの利用や開発に関する権限を有する。さらに、BKSAは取水許可を管理する機関としての役割を果たしている。しかし、両組織ともに河川管理を行うための十分な技術的能力を有していない。一方、DIDは法的には河川管理者としての権限を規定されていないが、河川管理のための技術的なサービスを提供している。
- パハン川流域は複数の州に跨っているが、河川管理は行政界に基づき行われているため、上下流問題などが懸念されている。

#### 主な実施機関：

- Land Office
- DID
- BKSA
- State Authority

#### 提案活動：

パハン川流域は複数の州に跨り州間の合意もないことから、マレーシア国憲法に基づいて連邦政府が介入することが可能である。さらに、DIDによれば、IRBMとは行政境界ではなく、自然地形の境界に基づいた土地と水の持続的管理と定義されている。したがって、土地と水は統合的な方法により流域単位で管理されるべきである。さらに、統合的に管理するためには、河川管理や洪水管理、水資源管理に係る権限は、単独の頂点機関に統合されることが望ましい。したがって、パハン川流域における単独の頂点機関の設置のために、下記代替案を提案する。

### (i) I-2.1.1：連邦・州レベルの水資源管理局の設置

技術的能力などを考慮すると、水資源管理局の母体となるのは、DIDが適切であると考えられる。水資源管理局を設置するためには、下記の行動が必要である。

- 関連法において、DIDを河川管理者として定義する
- 水資源管理局の権限・役割を規定する
- 河川管理に必要な権限を水資源管理局に委譲する

Ministerial Functions Act 1969 (Act 2)に基づき発行されたMinisters of the Federal Government Order 2009によると、IRBMに関連してDIDには下記の役割が規定されている。

- 流域管理のための計画策定
- 洪水対策事業の計画及び実施

上記Ministers of the Federal Government Order 2009によると、河川管理に係るDIDの権限が明記されている。さらに、連邦DIDには、河川管理及び水資源管理を実施するための部署が設置されていることから、既存の組織体系のままで水資源管理局としての機能を十分に果たすことができると考えられる。

一方、州DIDにおいては、その組織形態を大きく変更する必要がある。既に指摘した通り、河川管理は実務管理と行政管理に区分され、実務管理は伝統的に州DIDが実施してきたが、行政管理、特に河川区域の設定や水利用の許認可については、Land OfficeやBKSAの管轄下にある。河川管理者として一貫した河川管理を実施するためには、これらの権限を州DIDに移管し、水資源管理局としての役割とすることが望ましい。図 5.5.2に水資源管理局設置に係る枠組みを提案する。

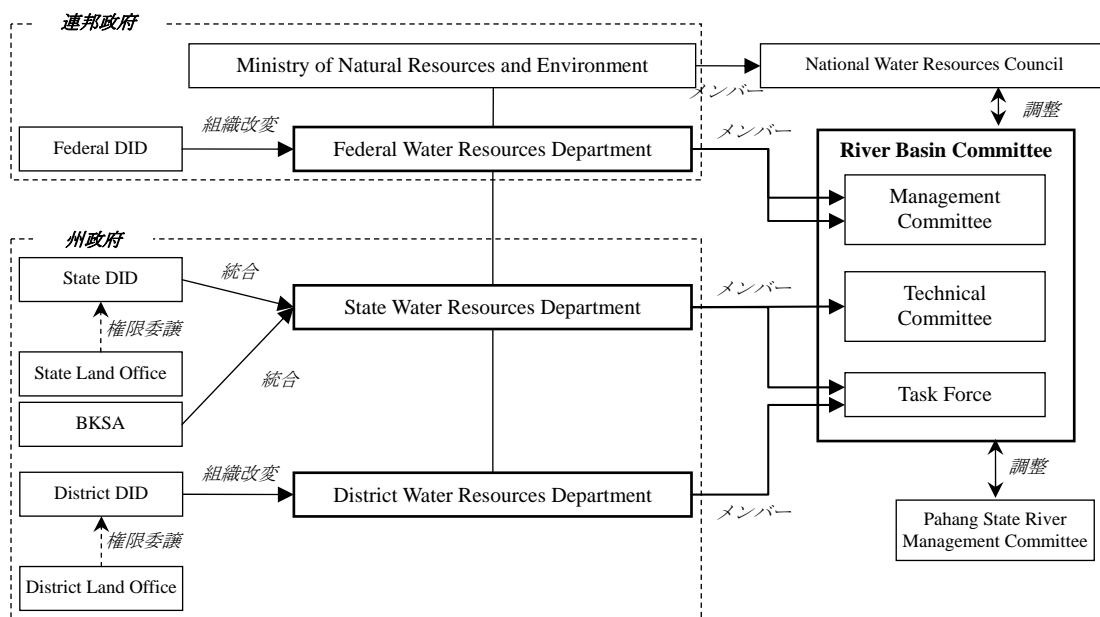


図 5.5.2 水資源管理局の枠組み

連邦水資源管理局は、主にIRBMに係る政策策定を行い、州及びDistrictレベルの水資源管理局は、州単位でのIRBM実施を促進するための役割を担う。また、州の水資源管理局のDirectorを、Pahang州・Negeri Sembilan州ともにWater Resources Directorに任命し、水資源管理に係る権限を付与する。

Box 1に示した通り、LUASやLUANは州内の組織間調整を行っているが、河川事業の実施権限を有していないことから、これらとは異なる性質の組織となる。一方、Sabah州DIDのDirectorは、同州の水法に基づき水利用の許認可や河川事業の実施、水資源情報管理などの権限を有していることから、同州のスキームに近いものである。

## (ii) I-2.1.2 : 流域管理局の設置

さらに単独の頂点機関の設置について提案を行うが、上記の水資源管理局とは異なり、州DIDの再編により流域単位で設置される流域管理事務所（River Basin Management Office: RBMO）の設立について提案する。州レベルの水資源管理局と同様に、RBMOは州DIDが母体となりBKSAと統合し、Land Officeから河川区域の設定に係る権限を委譲され設立される。既存の州DIDは流域単位に再編成され、1流域に1つのRBMOが設置される。さらに、DistrictレベルのDIDについても同様に再編され、小流域管理事務所（Sub-Basin Management Office: SBMO）として統合される。RBMO及びSBMOは連邦水資源管理局の出先事務所として位置づけられ、連邦レベルの組織の一部として統括される。図5.5.3にRBMOとSBMOに係る枠組みを示す。

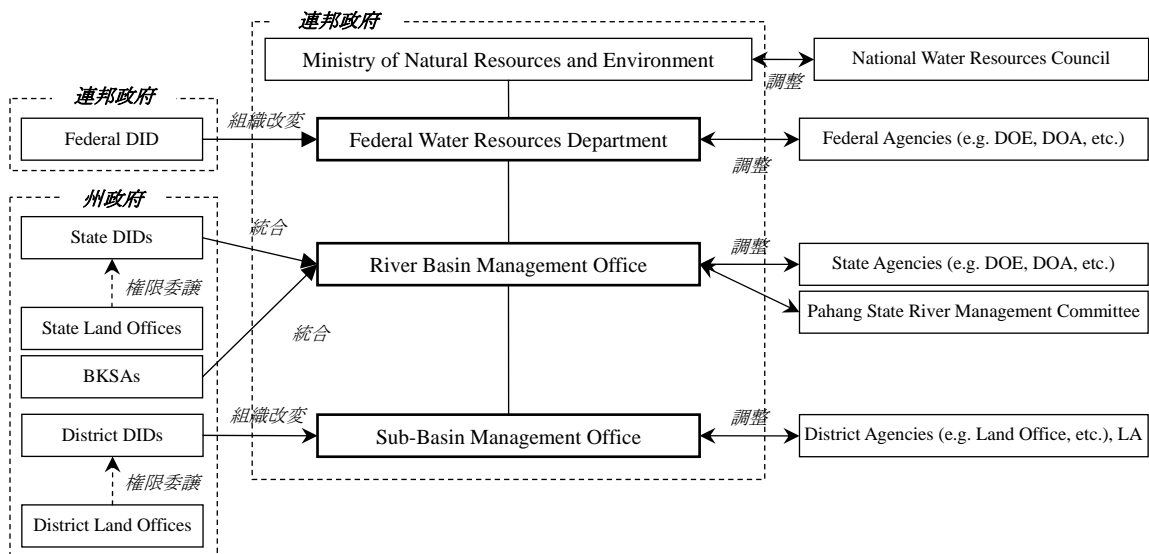


図 5.5.3 流域管理事務所の枠組み

連邦水資源管理局は、主にIRBMに係る政策策定を行い、RBMO及びSBMOは流域単位でのIRBM実施を促進するための役割を担う。同枠組みでは、RBMOやSBMOは州の機関ではなく、連邦政府の機関として位置づけられる。

この枠組みの実現は、マレーシア国にとっては非常に挑戦的な試みであり、水は州が所有・管理すべきものとのパラダイムの変革を意味する。LUASやLUAN、Sabah州DIDなどにより実践されている水資源管理は、あくまで州という行政界を前提としたものであるが、本提案による枠組みは、連邦水資源管理局、RBMO、SBMOの設置を通じた連邦政府による流域管理の実施であり、IRBMの実施を促すものであると言える。

表5.5.7に単独の頂点機関の設立に伴う長所及び短所を示す。

表 5.5.7 単独の頂点機関設置に係る長所・短所

	内容
長所	
1) WRD	- IRBMの円滑な実施に向けて河川管理権限を単独の頂点機関に統合する - マレーシア国憲法の改定が不要
2) RBMO	- 流域を単位とする管理体制の構築 - IRBMの実施を促進する頂点機関の設置 - 効率的で公平な流域管理の達成 - IRBMの実施促進

	内容
短所	
1) WRD	- 州の行政区域単位での流域管理 - Land Officeからの権限委譲もしくはEPU/BKSAの統合についての反対への懸念
2) RBMO	- 予算配分の再構築 - Land Officeからの権限委譲もしくはEPU/BKSAの統合についての反対への懸念 - マレーシア国憲法付則第9条の改定

水資源管理局の設置に関しては、関連法律において水資源管理局の役割を規定する必要はあるものの、マレーシア国憲法を改定する必要はない。また、RBMOの設置に係る最も顕著な特徴としては、行政界を基礎とせず流域単位での管理機関を設置することにある。これらの組織を設置することにより、IRBMの実施が促進され、既存の組織の役割を最適化し、既存組織との調整を行い、パハン川流域において公平で効率的な流域管理を実現することができる。

州レベルでの水資源管理局では、行政界に基づく流域管理の実施のみが可能である一方、RBMO・SBMOのスキームの場合は、流域単位での管理が実現されることから、理想的なスキームであると考えられる。しかし、水の管理権限が州政府にあるマレーシア国においては、これらの機関設置に関して連邦政府と州政府による慎重かつ活発な議論が必要である。また、連邦政府の組織としてRBMOを設置するためには、州政府から連邦政府への権限委譲が必要であり、そのためのマレーシア国憲法付則第9条の改定が不可避となる。

こうしたことから、水資源管理局及びRBMO・SBMOの設立に関しては、さらなる議論が必要であり、時間を要するであろう。

## (b) 対策 I-1.2. : 河川管理区域の設定

### 実施中の対策 :

- Waters Act 1920及び関連法律によると、河川管理区域の必要性と機能が規定されていない。
- 河川管理区域として、River Reserveが考えられる。河川沿いの土地がRiver Reserveとして公告された場合、DIDが管理することができるとされており、公共利用目的（洪水制御、河川改修、など）に使用することができる。しかし、River Reserveの公告はほとんど実施されていない状況である。
- DIDによると、River Reserveの公告は、Pahang州、Johor州、Selangor州のみで実施されており、National Land Code (Act 56)の第13項に基づくものである。しかし、同項に基づき公告されたRiver Reserveの管理権限はDIDにその権限があるとは言われているが、法律上では明確に規定されておらず、同地の利用規制も効率的には実施されていない。
- River Reserveの効率的な管理のために、DIDは第10次マレーシアプラン期間中にNational Land Code (Act 56)の第62項に基づくRiver Reserveの公告を行いたいとしている。同項に基づく公告のためには、公告される土地の現況や保全目的、管理者の決定、公共目的で使用されることを証明する書類などが必要となる。DIDをRiver Reserveの管理者として登録することが可能であるため、2011年から測量等の必要な調査を開始することを予定している。

### 主な実施機関 :

- Land Office
- DID

提案活動：

適切な河川管理を実施するためには、まずは法的に管理区域を規定することが必要である。したがって、河川の適切な管理を実践するための行動として、下記を提案する。

**(i) 河川区域の法的設定**

National Land Code (Act 56)の第62項によると、公告された土地は公共利用のために保全される。このRiver Reserveとして保全された区画を河川区域とし、洪水氾濫の緩衝地帯や河川環境保全のための土地など、IRBM計画の実施のために活用する。

DIDマニュアルによりRiver Reserveとして必要な兩岸の幅が推奨されており、公告をする場合には州政府に対して同幅を確保するよう勧められている。しかし、River Reserveの公告の権限はDIDではなくLand Officeの管轄下にあるため、強制力はない。したがって、河川管理上の技術的な妥当性に基づき河川区域を設定するためには、River Reserveを河川区域とすることを関連法律に規定し、その公告を促進すべきである。

**(ii) 共同モニタリングの実施**

上記の通り、River Reserveは洪水制御や河川改修のみならず、環境保全や水質保全、レクリエーションなどの公共的な利用も可能な土地である。これら公共利用については、様々な行政機関が関連していることから、流域委員会による調整を経て、関連諸機関が協力してRiver Reserveの保全・利用を監視することが必要である。さらに、水資源管理局やRBMO・SBMOが設置されれば、これらの組織が関連機関と共同でモニタリングを実施することが望ましい。

**(iii) 河川管理に係る意識向上**

River Reserveは公共目的に保全・使用されることから、その利益を受ける利害関係者の参加と意識向上が不可欠である。意識向上は、利害関係者の性質や河川との関わり方などを考慮して注意深く計画・実施されるべきである。例えば、農業従事者のためのプログラムを考える際、農業に関連する事項のみではなく、農業による水質悪化や河岸侵食、水利権調整、洪水への影響など、関連する情報の提供・共有も図られるべきである。したがって、流域委員会を通じた組織間調整を行い、効率的かつ効果的に実施されるよう計画すべきである。

**(3) 戦略 I-1.3：河川流域情報の統合**

IRBM計画の実施のためには、関連諸機関の間での情報共有を促進するための仕組みが必要である。

**(a) 対策 I-3.1：河川流域管理のための情報システムの整備**実施中の対策：

- DIDが実施したNational Register of River Basins Study (RRB1)において、統合流域管理を促進するためのNational River Basin Decision Support System (RB-DSS)の構築が提案された。RB-DSSはRiver Basin Information Management System (RB-IMS)、River Basin Geographical Information System (RB-GIS)、River Basin Simulation Modeling System (RB-SMS)の3つのコンポーネントから成る。

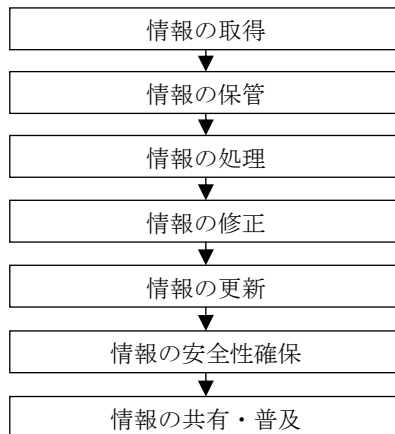
- DIDは同システムの開発、運営及び更新を行うための事務局としての役割を果たしており、流域管理に係る様々な情報を関連機関に提供することを目的としている。
- 現時点では、ウェブベースのRiver Basin Information System (RBIS)という情報システムを構築しているが、DID内部のネットワーク上で実験的に公開されているのみである。
- 一方で、Ministry of Natural Resources and Environment傘下のMalaysian Center for Geospatial Data Infrastructure (MaCGDI) 主導で、空間データ基盤 (Geospatial Data Infrastructure: MyGDI) の開発が開始されている。

主な実施機関：

- DID
- MaCGDI
- All Relevant Agencies

提案活動：

流域情報管理の主な目的としては、流域管理を実施するための情報の適切な管理を行い、IRBM実施のための意思決定を支援するためのツールとして機能することである。流域管理情報を整備するためのフローは、下図のように示すことができる。



出典：UNDP, *Integrated Water Resources Management for River Basin Organizations: Training Manual*, June 2008

図 5.5.4 情報管理フロー

管理される情報の内容や管理方法は、IRBM計画の実施を考慮して決定されるべきである。表 5.5.8に必要な情報の例を示す。

表 5.5.8 流域管理情報のコンポーネント

種類	コンポーネント	関連機関
行政情報	- 行政区分 (州、district、sub-district、村)	- TCPD, Local Authority
	- 組織制度 (関連組織情報、法律、ガイドライン、など)	- DID, Department of Local Authority, Local Authority
社会・経済情報	- 土地利用 (現況、将来計画)	- TCPD, Land Office, Local Authority
	- 水資源 (表流水、地下水、など)	- BSKA, KeTTHA, DID, JBM
	- 農業	- JBA, SAINS, DID
	- 漁業・養殖	- DOA
	- 畜産	- DOFi
	- 河川砂利採取	- DVS



種類	コンポーネント	関連機関
	- 洪水・早魃記録	- Land Office, DID
	- 土地利用（現況、将来計画）	- DID, NSC
環境情報	- 河道	- DID
	- 水文データ	- DID
	- 気象データ	- MMD
	- 測量データ	- Dept. of Survey and Mapping, DID
	- 生物種	- DOE
	- 森林	- FD
	- 水質データ	- DOE, MOH

情報管理のためのツールとしては、MaCGDIとDIDにより開発されたMyGDIとRBISが考えられる。しかし、既存のデータベースに含まれる情報は、非常に関連性の高いものであるため、双方のデータベースは相互に補完するものであり、将来的には統合も視野に入れて検討されるべきである。

保管された情報は必要に応じて加工され、関係機関に普及されるべきである。MyGDIとRBISはそれぞれMaCGDIとDIDにより情報の修正や更新がなされるべきであり、流域委員会がこれをモニタリングすることとする。そうすることで、データの信頼性も高まり、データベースの安全性も確保される。

情報の全てが開示されるかどうか、またどのように開示されるべきかについては、流域委員会で十分に協議されることが望ましい。

体系的な情報の管理及び共有を促進することにより、流域委員会にて流域内での水の利用や洪水管理、河川環境の保全などが促進される。しかし、人材の不足や予算的な制約などがあるため、段階的に整備されることが現実的であろう。さらに、効率的に情報を管理・利活用するためには、管理する情報の質やデータ形式などを標準化する必要があることから、流域委員会のテクニカルコミティやタスクフォースにより流域情報管理計画やガイドラインなどが整備され、マネージメントコミティにより承認を受けることが必要であろう。

### 5.5.3 持続的水利用の確保

水利用政策は持続的な水利用を確保することである。既述したように、パハン川流域は豊富な水資源に恵まれていることから、表流水において問題はありそうにない。しかしながら、詳細に検討していくと気候変動、水需要供給間における不均衡、環境流量無視、NRW等の将来顕在化しそうな問題や既に明らかになっている問題がある。提案の政策のねらいは、豊富な水資源を次世代が継続的かつ効率的に利用できるようにすることである。

この政策を達成するために、以下の3戦略を提案する。

**戦略 W-1:** 十分な水資源の確保

**戦略 W-2:** 持続的な水事業界の確保

**戦略 W-3:** 十分な灌漑用水の確保

3戦略の下に、表 5.5. に示すような8対策とそれに関連するプロジェクト・行動を提案する。これらの対策及びプロジェクト・行動の詳細を以下に示す。

表 5.5.9 水利用における政策、戦略及び対策案

政策	戦略	対策	プロジェクト・行動	関連機関	備考
持続的水利用の確保	W-1: 十分な水資源の確保	W-1.1: 気候変動の監視	W-1-1: 気候変動の監視	BKSA	
		W-1.2: 水源開発計画の見直し		BKSA, JBA, SAINS, SPAN, PAAB, DID	調査は実施中
		W-1.3: 環境流量を取り込んだ水源開発計画	W-1.3.1: 環境流量の調査	BKSA, DID, DOE,	
		W-1.4: 渇水への対応及び調整機構の確立		BKSA, DID etc.	調整機構は既に存在する。
		W-1.5: 代替水源の開発	W-1.3.2: 地下水ポテンシャルの調査	BKSA, JMG	
	W-2: 持続的水事業界の確保	W-2.1: 水事業界の改革完遂		JBA, SAINS, SPAN, PAAB	改革は実施中
		W-2.2 NRW 率の低下	W-2.2.1: NRW 率の低下	JBA, SAINS, SPAN, PAAB	
	W-3: 十分な灌漑用水確保	W-3.1 灌漑用水施設の適切な管理		DID	これまでの努力が継続して実施されるべき

(1) 戦略 W-1: 十分な水資源の確保

(a) 対策 W-1.1: 気候変動の監視

現在実施中の対策:

- NAHRIMは“Study of the Impact of Climate Change on the Hydrologic Regime and Water Resources of Peninsular Malaysia”の最終報告書（2006年9月）において、パハン川の河川表流水の調査を実施済みである。
- 上記調査後、パハン川流域において気候変動の監視は行われていない。

実施機関:

- BKSA

提案するプロジェクト・行動 W-1.1.1: 気候変動の監視

NAHRIMの調査及び本調査における長期流出解析結果によれば、水資源に富んだパハン川流域でも気候変動のなりゆき次第では、将来水不足の事態に陥る可能性がある。さらに海面上昇による海水の浸入もまた心配される。それゆえ、以下のような気候変動の監視を提案する。

**(i) IPCC 報告書の再検討**

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は気候変動リスクの評価を職務とする科学的政府間機構であり、1988年に世界気象機構（WMO）及び国連環境計画（UNEP）により設立された。IPCCは4年ないし5年毎に評価報告書を発行しており、次の第5次報告書は2013年9月に発行予定である。安全に水資源を確保するためには、これらの評価報告書内容を検討すべきである。

**気候変動の監視**

実施機関	: BKSA
期間	: 5年毎
概算費用	: 特別な追加費用不要
範囲	: パハン川流域
主な内容	: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ IPCC 報告書再検討</li> <li>■ 観測降雨データの傾向確認</li> <li>■ 影響の評価</li> </ul>

**(ii) 観測降雨データの傾向確認**

パハン川流域内の観測降雨データ及び河川流量の傾向の確認が必要である。

**(iii) 影響の評価**

4.6で挙げた世界的研究機関による予測データを基に、パハン川流域の長期流出量の評価も重要である。

**(iv) 海水侵入の監視**

パハン川の潮の影響を受ける地域に多くの取水施設があることから、潮位が高い間、塩分観測による海水侵入を定期的に監視することが必要である。

**(b) 対策 W-1.2: 水源開発計画の再検討**現在実施中の対策:

- マレーシア政府は、“the National Water Resources Study 2000 – 2050”調査の見直しを決定し、“Review of the National Water Resources Study (2000 – 2050) and Formulation of National Water Resources Policy”というタイトルの調査実施をDIDに委託した。

実施機関:

- BKSA, JBA, SAINS, SPAN, PAAB, DID

勧告:

- 2000年に出された“the National Water Resources Study 2000 – 2050”と一致した水供給開発がPahang州及びNegeri Sembilan州により実施された。5.2で記述したように、Temerloh地区及びRaub地区の実績水消費量は水供給施設能力に達しているようである。さらに、需要予測値と実績水消費量の間には大きな差違が見られる。
- 幸いなことに、現在、“the National Water Resources Study (2000 – 2050)”の見直しが実施中であることから、JICA調査団は上記地区の問題を熟慮の上、水源開発計画が厳密に再検討されること望む。

(c) 対策 W-1.3: 環境流量を取り込んだ水源開発計画

現在実施中の対策:

- DIDマニュアル2巻 “River Management “によると、環境流量の目的は河川の健全性及び生態系を維持するために十分な量、質の流量及びその時期を考慮することである。環境流量管理戦略は以下に示す変更された流況2タイプの管理対応に向け作成されている。
  - ほとんど規制を受けていない未開発河川の流量を維持する。または、河川の自然流況及び生態系を保護するのに最低必要なレベルの流況を提供する予防的対応
  - 改修河川が有する変更・調節された流況について、改修前の流況と生態系を回復することを目的とした復旧的対応
- パハン川では現時点では環境流量は公式に決定されていない。しかしながら、関係者によると昔の古いダムでは環境流量の放流は全く考慮されていないが、最近建設されたダムでは環境流量が放流されている。この環境流量は各ダムの判断と状況にまかされているようである。また、その量の決定手法も不透明なようである。

関係機関:

- BKSA, DID, DOE

提案するプロジェクト・行動W-1.3.1: 環境流量の調査

環境流量は生態系を維持するのに必要な河川の流量である。パハン川の数ヶ所において環境流量を設定することを提案する。また、環境流量は以下のように水源開発計画と一体でなければならない。

(i) 現地調査

パハン川の状況把握のため、水利用、動植物相、水質、河川流量及び河川構造物等に着目した現地調査が必要である。この現地調査を基に、数ヶ所の環境流量設定候補地点を選定する。

(ii) データ収集

河川流量データ、河道横断データ、水面幅等のデータ収集が必要となる。

(iii) 方法論の文献調査

パハン川流域に適した方法を選定するために環境流量の決定方法についての文献調査を実施する。DIDマニュアルによると、表 5.5 に示すように多くの決定方法が紹介されている。また、“Review of the National Water Resources Study (2000 – 2050) and Formulation of National Water Resources Policy” でも、環境流量について検討していることから、この調査結果は方法選定において有益な情報をもたらしてくれるであろう。

環境流量調査	
実施機関	: BKSA, DID, DOE
期間	: 2年
概算費用	: RM 1-2 million
範囲	: パハン川流域
主な内容	: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 現地調査</li> <li>■ データ収集</li> <li>■ 方法論の文献調査</li> <li>■ 候補地点数ヶ所において環境流量設定</li> </ul>

表 5.5.10 環境流量の決定方法

機関	区分	小区分	例
IUCN(Dyson et al. 2003)	Methods		Hydrological (e.g. Q95 Index) Ecological (e.g. Tennant Method)
		Desk-top Analysis	Hydrological (e.g. Richter Method) Hydraulic (e.g. Wetted Perimeter Method) Ecological
		Functional Analysis	BBM, Expert Panel Assessment Method, Benchmarking Methodology
		Habitat Modelling	PHABSIM
	Approaches		Expert Team Approach, Stakeholder Approach (expert and non expert)
Frameworks		IFIM, DRIFT	
World Bank (Brown & King, 2003)	Prescriptive approaches	Hydrological Index Methods	Tennant Method
		Hydraulic Rating Methods	Wetted Perimeter Method
		Expert Panels	
	Holistic Approach	BBM	
Interactive approaches		IFIM DRIFT	
IWMI (Tarme, 2003)	Hydrological Index Methods		Tennant Method
	Hydraulic Rating Methods		Wetted Perimeter Method
	Habitat Simulation Methodologies		IFIM
	Holistic Methodologies		BBM DRIFT Expert Panel Benchmarking Methodology

出典: DID Manual

## (iv) 候補地点数ヶ所における環境流量設定

上記の選定されたパハン川流域内候補地点数ヶ所において最適な方法により環境流量を設定する。環境流量設定に際しては、十分な検討の上で行われることが必要でかつ、パハン川流域の魚類と河道機能を確保するように努めることが重要である。さらに、古いダム下流に見られるような瀬切れ区間をなくすことが強く求められる。

## (d) 対策 W-1.4: 渇水への対応と調整機構の確立

現在実施中の対策:

- 主に気候変動により、渇水のリスク増大が懸念される。しかしながら、これまでパハン川流域は渇水対応の経験がない。
- 1982-1983と1997-1998において、マレーシア国半分の国土が渇水被害に見舞われ、いくつかの対策とともに“Drought Disaster Administration Operation Regulations”がこの渇水の後に作成された。
- この“Drought Disaster Administration Operation Regulations”によると、Department of Meteorology、DID 及び JMGが渇水に関する警告を出す主な機関である。表 5.5.11に渇水に対する警報段階を示す。また、上記機関は以下に示す情報発信システムに従って、水使用者に渇水情報の準備と発信の責任を負う。全機関は“Disaster Operation Control Center”に参集し渇水影響への対応を決定する。

表 5.5.11 マレーシア国の渇水に対する警報段階

段階	備考
Alert	A condition where weather activity change from normal to no rainfall and can cause difference in river water level. At this stage, final preparations are made.
Warning	A condition where continuous decrement of rainfall rate that caused decrement in main rivers water level. At this stage, preparations are done and ready to take action immediately.
Emergency	Start action

- JMGとDIDは、“National Safety Council”とその他関係機関に対し、状況がAlert段階に達するとただちに警報を発信する。なお、この発信は渇水が終了するまで続く。
- 警報発信後直ちに、“National Safety Council”は“Management and Disaster Assistance Committee”を渇水段階（Stage 1 (地区レベル), Stage 2 (州レベル)、Stage 3 (国レベル)）に応じて活動させる。
- 表 5.5.12に渇水段階の詳細を示す。

表 5.5.12 渇水段階

レベル	内容
1 (地区)	地区内の1地域ないしそれ以上の地域において渇水発生。救援活動は地区により実施。
2 (州)	州内の2ないしそれ以上の地区において渇水発生。救援活動は州により実施。最小限の人員で構成された国のチームは状況を見守り、援助が必要な時は何時でも活動に入る。
3 (国)	1州ないしそれ以上の州で渇水発生。国が救援活動に入る。

実施機関:

- BKSA, JBA, SAINS, DID, Department of Meteorology, JMG

勧告:

- パハン川流域では重大な渇水はこれまで報告されていない。それ故、パハン川流域は幸いにも上記の渇水対応及び調整機構を利用したことはない。ここでは特別なプロジェクトや行動について提案しないが、緊急対応や渇水時の調整手続きに備えるために、毎年乾季の前にシミュレーションの実施が求められる。

**(e) 対策 W-1.5: 代替水源の開発**

現在実施中の対策:

- パハン川流域は豊富な河川水のため、現時点で河川表流水の代替水源は特にない。

実施機関:

- BKSA, JMG

**提案するプロジェクトや行動W-1.5.1: 地下水ポテンシャル調査**

パハン川流域の地下水ポテンシャルは十分大きいと認識されているものの、ほとんど未開発状態である。非常事態に備えるために代替水源として地下水開発を提案する。必要な調査を以下のとおり提案する。

**(i) 文献調査**

パハン川流域の地形図、地質図、空中写真、既存調査報告書、及び水利用資料、水文地質資料等、有用な情報、各種の地図の収集及び解析が必要である。この文献調査を基に対象とする調査地域が決定される。

**(ii) 現地踏査**

対象地域において、文献調査を補足するために現地踏査が実施される。また、水利用状況を把握する目的で住民からの聞き取り調査を行う。

**(iii) 観測**

水文地質の質的情報及び量的情報を照合するために観測を実施する。観測項目は雨量、蒸発量、河川流量、井戸水位及び水質である。

既存資料を基に地下水と表流水の状況及び相互作用を理解する。このことが水文地質特性把握とさらなる今後の調査方針決定の助けになる。

**(iv) 掘削と揚水試験**

掘削と揚水試験の調査は地下水状況の詳細な情報を得るために行われる。揚水試験のデータを基に得られた地下水と表流水の状況の理解とその相互作用は水文地質特性把握の助けとなる。

**(v) 解析**

地下水の有無は水文地質モデルを用いて解析できる。

**(vi) 地下水開発地域の選定**

地下水開発地域は上記解析を基に選定される。

**(vii) 地下水開発計画策定**

地下水開発の目標は非常事態に最小費用で水質の良い地下水を供給することである。それ故、取水地点、井戸数、配水管等を含んだ地下水開発計画が求められる。

**地下水ポテンシャルの調査**

実施機関	: BKSA, JMG
期間	: 2年
概算費用	: RM 3-4 million
範囲	: パハン川流域
主な内容	: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 文献調査</li> <li>■ 現地踏査</li> <li>■ 観測</li> <li>■ 掘削と揚水試験</li> <li>■ 解析</li> <li>■ 地下水開発地域の選定</li> <li>■ 地下水開発計画策定</li> </ul>

## (2) 戦略 W-2: 持続的な水事業の確保

### (a) 対策 W-2.1: 水事業体の改革完遂

#### 現在実施中の対策:

- 水事業界の改革は長期的かつ持続的な水事業モデルへの転換となる新しい事業モデルである。連邦政府は憲法を改正し、2法令を新たに策定して水事業者を管理する権限を通して、上・下水事業を規制下におくように改めた。一方、州政府は依然、水資源及び流域に関連する権限を保持している。水事業体は将来民営化され下水事業と統合される。
- 上水事業及び下水事業を含む水事業体の改革は、創造的、効率的かつ持続的な水業界を目指し第8次マレーシアプラン時代にスタートした。
- Pahang州の水供給部局であるJBAは、現在、未だ上水供給事業者のように上水を供給しているが、Pahang州は2010年に新体制へ移行する予定である。また、Negeri Sembilan州は2008年に既に新体制へ移行しておりSAINSという半官の会社組織が上水供給事業者として稼働している。
- 実施機関:
- JBA, SAINS

#### 勧告:

第10次マレーシアプラン内における改革に向けた努力は表 5.5.に示すように最終段階に入っている。特別なプロジェクトや行動は提案しないが、Pahang州及びNegeri Sembilan州の両州はパハン川流域の適切な水利用を確保するため以下に示す改革を第10次マレーシアプラン内に完遂することが求められている。

#### (i) 上水供給者への完全移行

新体制への完全移行は第10次マレーシアプラン内で完了する予定である。そして完全移行の上、上水供給事業者は“Water Services Industry Act, 2006”の規定に従うとともに“National Water Services Commission or Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara” (SPAN)の規制下に入る。

#### (ii) 費用完全回収への動き

マレーシア国の2009年での料金収入は全費用の78%にすぎない。この問題に対し、マレーシア政府は水処理施設や配水システムの更新費用や復興費用を持続的に賄える完全費用回収料金体系を確立する段階にきている。Pahang州及びNegeri Sembilan州はこの動きに応じて早急に行動を起こすことが重要であるが、貧しい人たちに十分配慮することとしている。

#### (iii) 運営費と資本増強の効率的推進

上水供給事業者は詳細な30年事業計画と3年運営計画の作成を求められている。これらの計画は費用完全回収への手引きの基準となり、PAABが資本支出金の長期計画を策定する際の手助けとなる。SPANはこれらの計画を基に、上水供給事業者が運営費と資本支出金を効率的に獲得できる料金増額等の行為を規制・監視できる。



## (iv) 上水事業と下水事業の統合

下水事業の改革は区分されていた下水事業者を各州の上水供給事業会社へ統合させるように実施中である。

改革が完了したとき、水事業は上水料金と下水料金が合わさった統合料金策定に向かうであろう。Pahang州及びNegeri Sembilan州の両州もこの流れに従うことが求められている。

表 5.5.13 水事業界の改革スケジュール

マレーシアプラン	内容
第8次 2001-05	<b>安定化</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>州の上水供給事業部局の民営化及び会社化</li> <li>上水事業界の改革計画</li> </ul>
第9次 2006-10	<b>合併</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>SPANの運用</li> <li>Water Services Industry Act (WSIA), 2006の実施</li> <li>PAABによる既存の州所有施設の管理引き継ぎと水関連施設開発計画への担当機関としての参加</li> <li>州上水事業者の負担軽減と供給事業への集中</li> </ul>
第10次 2011-15	<b>効率的運営と管理への動き</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2013年までに完全費用回収可能な料金設定体系への移行</li> <li>上水事業と下水事業の統合</li> <li>上水料金と下水料金が合わさった統合料金導入への努力</li> </ul>

出典: 10<sup>th</sup> Malaysian Plan

## (b) 対策 W-2.2: NRW 率の低下

現在実施中の対策:

- NRWはPahang州とNegeri Sembilan州の上水供給事業において重大な問題である。Pahang州とNegeri Sembilan州のNRW率はそれぞれ、52.8%と53.1%とマレーシア国の平均値37%より15%も高い。JBA及びSAINSでもNRW率を低下させるように努力しているが効果的な結果は得られていない。

実施機関:

- JBA, SAINS, SPAN, PAAB

提案するプロジェクトや行動W-2.2.1: NRW率の低下

パハン川流域の現在のNRW率は約50%以上と考えられる。この突出した数値は不当に過大な取水量や水処理施設能力をもたらし、その結果、費用増大を招く。

“THE WATER TABLET; MALAYSIAN WATER REFORMS”によると、マレーシア国の損益分岐点は図 5.5.5に示すように20%程度とある。それ故、NRW率を低下させるプロジェクトは以下のとおりである。

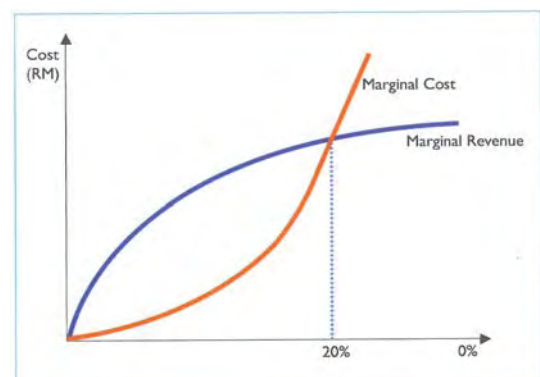
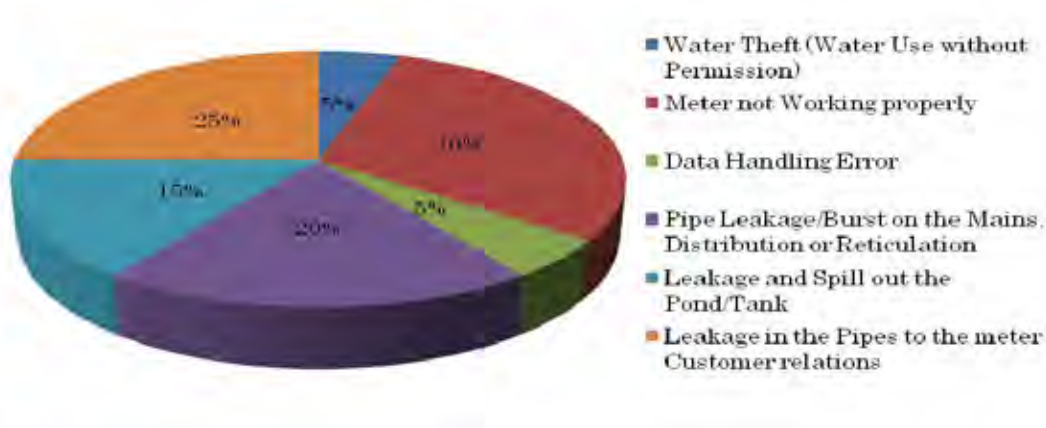


図 5.5.5 NRW の損益分岐点

(i) NRW 要因分析

図 5.5.6にNegeri Sembilan州におけるNRWの要因を示す。この図より、管による漏水と計器トラブルがNRWの大きな要因であることがわかる。この状況は、世界の上水供給事業者でも同様にとらえられているようである。パハン川流域のNRWの要因分析と発生箇所・地域の把握がまず必要である。



出典; SAINS

図 5.5.6 NRW の要因

(ii) 管の修理・取替え

上述のように、管からの漏水はNRWの主要因の1つである。漏水時間は漏水量と大きな関連があることから、管の修理または取替えはできるだけ早く行わなければならない。管からの漏水はその形態により大きく2つに区分される。1つは、“地表漏水”という地下から地表への流出で、もう1つは“地下漏水”という地表に現れることのない地下のみでの漏水を言う。

“地表漏水”は、発見が容易である一方、“地下漏水”はその形態故に漏水箇所の確認が難しい。日本の東京都水道局は2008年度に漏水率3.1%を達成している。東京都水道局で用いられている4つの漏水調査方法と2つの調査機器を良い実施例として、以下のボックスに紹介する。

NRW 率の低下	
実施機関	: JBA, SAINS, SPAN, PAAB
期間	: 毎年
概算費用	: 特別な追加費用なし
範囲	: パハン川流域
主な内容	: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ NRW の主要因分析</li> <li>■ 管の修理・取替え</li> <li>■ 計器類の修理・取替え</li> </ul>

## ボックス1;漏水調査方法及び調査装置

## I. 夜間最小流量測定法

夜間最小流量測定法は、深夜に区画内で水使用を行っていない時間（空き時間）が発生することに着目した漏水量の測定方法である。図-1に夜間最小流量測定法の原理を示す。

まず、調査を行う区間周囲の制水弁を閉め、他の区間からの水の流出入がない状態にして、区間量水器に設置した最小流量測定装置\*（写真-1参照。）を通して区間内に水を送付し、その流量を測定する。このときの空き時間に記録された最小流量値を漏水量とみなす。

\*; 東京都水道局と民間企業により共同開発された高精度の可搬式最小流量測定装置である。

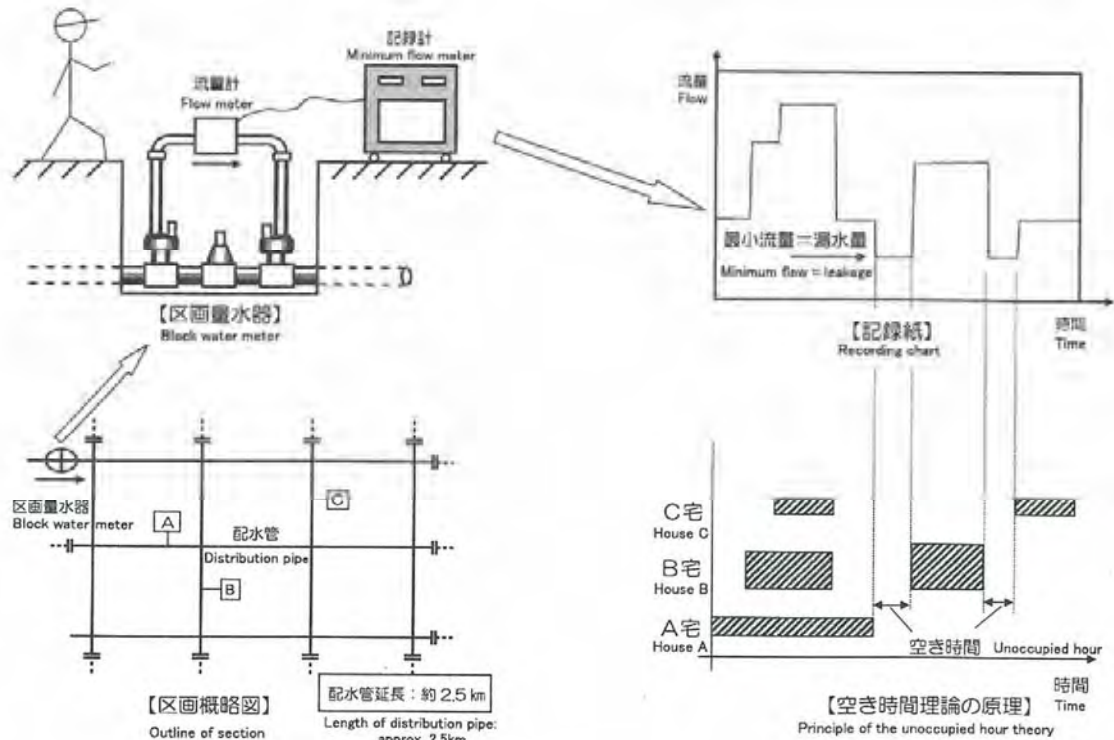


写真-1 可搬式最小流量測定装置

## II. 音聴法

音聴法は、音聴棒または電子式漏水発見器を使用し、漏水音をとらえる方法である。音聴法は、水道メーター、制水弁、消火栓などに金属棒の先端を接触させ、この金属棒に取り付けた振動板に耳を押し当てて、管を伝ってくる漏水音を聞き取るものである。音聴棒は、図-2に示すように、主にその付近に漏水が有るか無いかを知るために用いるもので、漏水位置まで探知することは困難である。

電子式漏水発見器は、漏水音を電気信号に変換する検出器を地表面に置き、地中を伝わってくる漏水音を増幅してヘッドホンで聴き取る装置である。検出器を順次移動させていくと、漏水位置の真上付近で漏水音が一番大きく聴き取れることから漏水位置を探知することができる。写真-2に音聴棒と電気式漏水発見器を示す。



写真-2 音聴棒（左）と電気式漏水発見器（右）

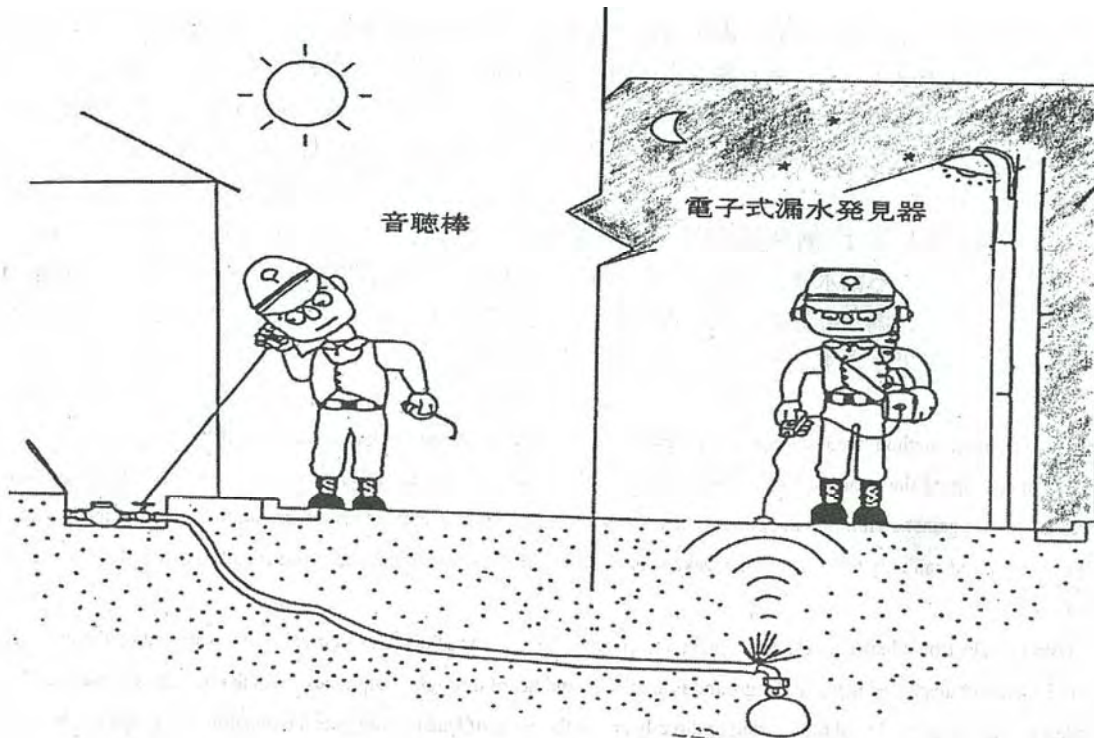


図-2 音聴法のイメージ

## III. 相関法

相関法は、相関式漏水発見装置\*（相関器、センサー、増幅器、無線機等）を利用して漏水位置を探知する方法である。写真-3に相関式漏水発見装置を示す。

まず、漏水が予想される箇所を挟んだ管路上の2箇所（制水弁、消火栓等の地上に露出した施設）にセンサーを置き、相関器で両センサーまでの漏水音の到達時間差を求め、図-3に示すように、この時間差と両センサー間の距離及び水道管内を伝わる漏水音の速度から、漏水位置を算出するものである。

\*；東京都水道局と民間企業により共同開発された測定装置である。

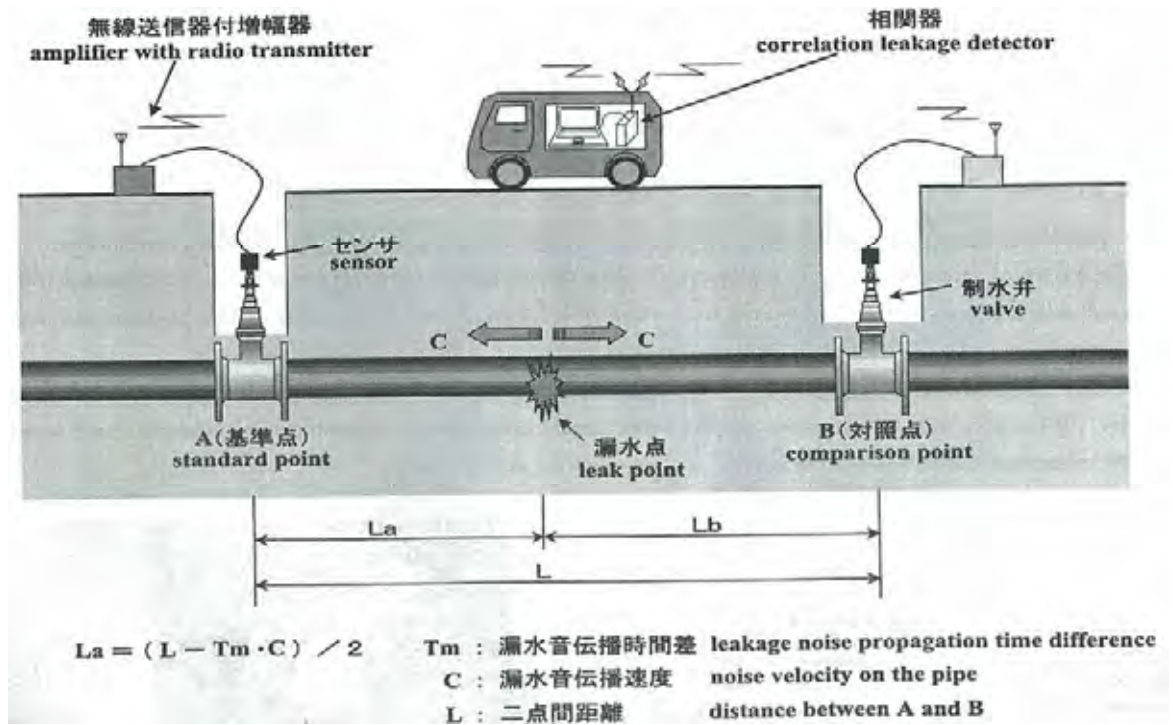


図-3 相関法の原理

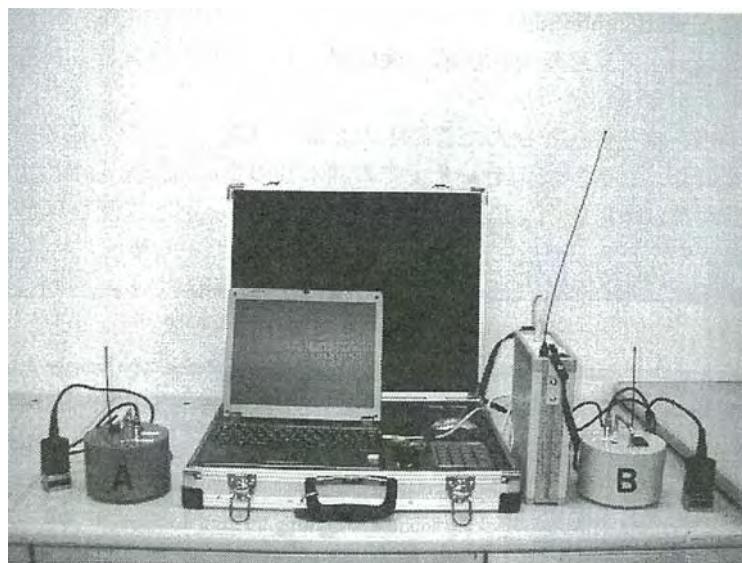


写真-3 相関式漏水発見装置

#### IV. 時間積分式漏水発見装置

時間積分式漏水発見装置\*は、漏水音が継続性を持つという性質を利用して漏水の有無を確認する装置である。（図-4参照。）この装置は、各戸の水道メーターます内の給水管露出部にセンサーを接触させ、管路の伝播音を一定時間（10秒から3分程度）測定し、漏水自動検出器で漏水の有無を判別します。

本装置は、断続的な水道使用音や地中を介して伝わる車の通過音などの影響を受けにくく、作業に熟練を要しない等の優れた特長を持つものである。

\*；東京都水道局と民間企業により共同開発された測定装置である。

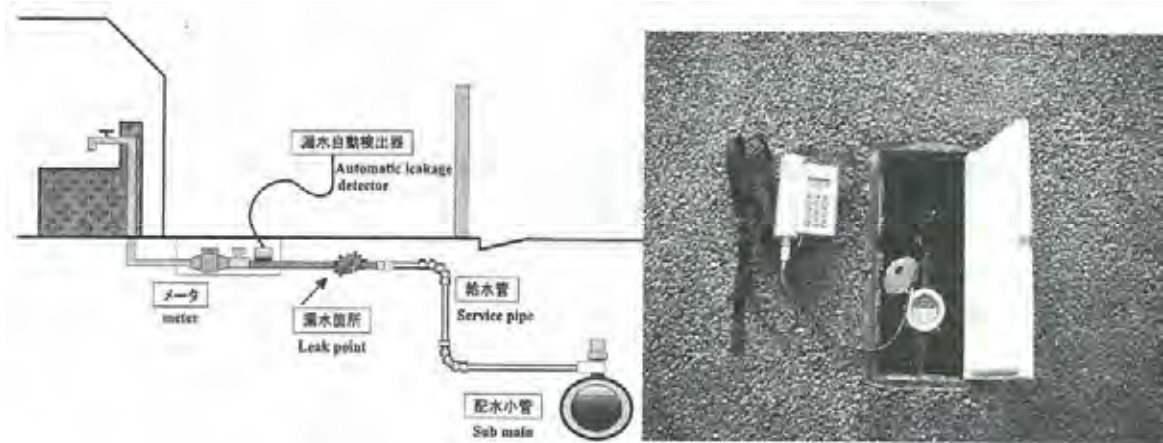


図-4 時間積分式漏水発見装置

#### V. 透過式漏水発見装置

透過式漏水発見装置\*は、不活性ガスであるヘリウムガスを水道水または空気などと混合して水道管路内に注入し、管体の漏水箇所から漏洩し地中を透過してくるヘリウムガスを検知機でとらえることにより、漏水位置を特定する装置である。（図-5参照。）

調査方法が音聴法や相関法と異なり漏水音に頼らないため、漏水音が検知されにくい微量漏水や、大口径管（配水本管）など埋設深度が深い管路の漏水発見を行うことが可能である。

\*；東京都水道局と民間企業により共同開発された発見装置である。



図-5 透過式漏水発見装置

## VI. Other Methods その他の漏水調査

漏水調査には単に漏水を発見する技術だけでなく、水道管の埋設位置の探知技術や、流れ出ている水が水道水かどうかを確認する水質検査技術などが必要になる。

埋設位置の探知には、金属管探知器や非金属管探知器、打撃音注入器を使用している。(写真-4に金属探知器及び打撃音注入器を示す。)また、水道水かどうかの判別には、水温計、残留塩素計、pH計、伝導度測定器などを用いた簡易な方法と、トリハロメタンを検出するときなどに行う精密な方法により実施している。

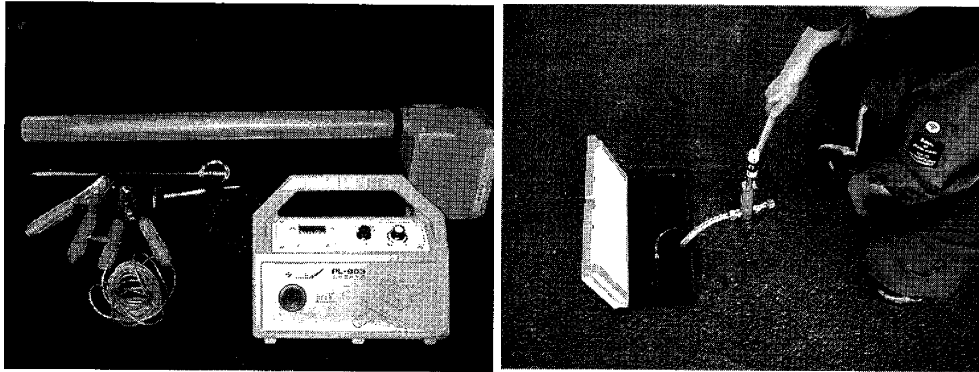


写真-4 金属管探知器 (左) 及び打撃音注入器 (右)

出典；東京都水道局

### (iii) 計器類の修理・取替え

計器トラブルもまたNRWの主要因の1つである。計器トラブルは計器類の精度の問題と計器類の読み取り誤差に区分される。欠陥計器類の修理または取り替えが必要である。

Pahang州及びNegeri Sembilan州内の2008年時点の計器類総数は、それぞれ、400,000個及び217,000個で、そのうちの264,000個(66%)及び74,000個(34%)が8年以上使用した計器類である。Pahang州の8年以上の計器類の割合はマレーシア国平均の26%より非常に大きい値となっている。

古い計器類がトラブルを起こしがちであることを考慮すると計器類の適正な維持管理と定期的な取り替え更新は重要である。さらに、取り替え更新に際しては、表 5.5.14に示す計器類の精度を考慮の上、実施する必要がある。

表 5.5.14 計器類精度の参考例

計器類/計測方法	精度
Electromagnetic Flow Measures	<0.15- 0.5 %
Ultrasonic Flow Meters	0.5 - 1 %
Insertion Meters	<2 %
Mechanical Meters	1.0 - 2 %
Venturi Meter	0.5 - 3 %
Meas. Weirs in open channels	10 - 50 %
Volume calculated with pump curves	10 - 50 %

注)：実際の計器類精度はいろいろな要因(流出特性、検定、計器設置状況、維持管理)により決定され、それぞれ個別に確認が必要である。

出典: World Bank Institute, 2007

### (iv) 計器類読取り誤差

計器の数値読取りを行う者は、正しい数値読取りを求められる。特に、小数点位置の読違い等の単純ミスは避けなければならない。それ故、この読取りを行う検針係の教育訓練及

び彼らのやる気を起こさせることが重要である。検針係の能力を維持・発展させるために、教育訓練プログラムが必要である。

### (3) 戦略 W-3: 十分な灌漑用水の確保

#### (a) 対策 W-3.1: 灌漑用水施設の適切な管理

##### 現在実施中の対策:

- ・ パハン川流域における灌漑用水供給は、DIDにより行われている。灌漑用水はインテイクで取水され、用水路を通して水田まで導水される。

##### 実施機関:

- ・ DID

##### 勧告:

- ・ 既述したように、灌漑用水確保を目的に、DIDが灌漑用水補給施設を維持管理している。それ故、ここでは特別のプロジェクトや行動は提案しないが、灌漑に支障をきたさないよう、DIDは継続して灌漑用水供給施設の適正な管理を行うことが求められている。さらに、将来における気候変動の影響を考慮した上で、灌漑用水を確保するように更なる努力が求められる。

#### 5.5.4 持続可能かつ快適な河川環境の創出

河川環境分野の政策目標案は「持続可能かつ快適な河川環境の創出」である。ここでの「河川環境」とは、河川そのもののみならず流域を含む自然環境全体を指す。また、「持続可能」とは、林業、エコツーリズム、鉱山、プランテーション等、資源の適切な経済的利用を行いつつ、流域の自然の多様性、保水機能、文化遺産を保全することである。「快適な河川環境」とは、都市開発、都市景観、地域固有の文化・歴史と河川や水辺の景観を調和させることである。つまり、政策目標案は、流域自然環境の保全、天然資源の持続的利用、適切な都市域の水辺景観の創出を目的としている。

上記目標の達成に対し、以下の戦略を提案する。

**戦略 E-1:** NWQS Class II 以上の河川水質を達成すべく、汚濁負荷を削減する

**戦略 E-2:** 流域内の生物多様性を保全する

**戦略 E-3:** 水資源汚濁・枯渇を避けるため、水利用のための水源地を保護する

**戦略 E-4:** 河川を都市景観・レクリエーション活動に活用する

ここでは、上の戦略と、それぞれに対する対策とコンポーネントについて述べる。概要は表 5.5.15 の通りである。重要な課題については戦略、対策、全般的な提案だけでなく、個別の対策や行動についても提案することとした。ムアール川流域とは、共通の課題も多いことから、ここで提案したプロジェクトに関するパイロット事業の実施においては、パハン川流域あるいはムアール川流域のうち1流域あるいは、関連する3州より、実施機関を選定することが考えられる。したがって、プロジェクト/行動の実施においては連邦政府機関あるいは Pahang、Negeri Sembilan、Johor 各州政府機関の間での調整を行い、重複を避けることが重要である。



表 5.5.15 「持続可能かつ快適な河川環境の創出」に向けた IRBM 戦略と対策の提案

政策	戦略	対策	対策コンポーネント	プロジェクト/行動案	関係機関	備考
持続可能かつ快適な河川環境の創出	E-1: NWQS Class II 以上の河川水質 を達成すべく、 汚濁負荷を削減 する	E-1.1 廃水からの汚濁負 荷流入を抑制する	生活廃水処理のための下水道整備	-	SPAN, IWK	実施中
			Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009を満足するための事業場廃水の管理強化	E-1.1.1: 汚濁負荷インベントリーに関する能力強化 E-1.1.2: 浄水場発生汚泥に関する詳細調査	DOE	汚泥に関する課題を解決する必要がある
			畜産廃水の管理	-	DVS	実施中
			生鮮市場、飲食店、屋台等、商業活動に伴う廃水の管理	E-1.1.3: 生鮮市場の廃水処理に関するフィージビリティスタディとパイロットプロジェクト	LA	生鮮市場廃水への対応が不十分である
			自動車修理工場からのグリース類の回収と処理	-	DOE, LA	実施中
			埋め立て処分場/ごみ処分場からの浸出水管理	-	SWM (N.S.), Alam Flora (Pahang)	実施中
		E-1.2: 発生源での廃棄物を削減、リサイクル率の向上、適切な処分を目的として、統合廃棄物管理を導入する	Prohibit indiscriminate disposal of solid waste (including construction wastes).	-	LA, SWM (N.S.), Alam Flora (Pahang)	実施中
		E-1.3: 侵食防止や土砂流出防止によるシルテーションを抑制する	建設工事に伴うシルテーション抑制	-	LA, DOE	実施中
			森林伐採に伴うシルテーションの抑制	-	Forestry Dept, DOE	実施中
			農業活動に伴うシルテーションの抑制	-	DOE	実施中
			浚渫に伴うシルテーションの抑制	E-1.3.1 砂利採取活動のモニタリング	PTG, DID, DOE	改善の必要あり
		E-1.4: 農業関連化学物質(肥料・農薬・除草剤)の流出を抑制する	E-1.4-1 農業化学物質に関する 'hotspots' のモニタリング	-	DOA, LA, DOE	改善の必要あり
		E-2: 流域内の生物多 様性を保全する	E-2.1: 大規模農業開発を管理する	-	JPBD, DOE	実施中
			E-2.2: 森林伐採活動を管理する	-	Forestry Dept., DOE	実施中
	E-2.3: Environmental Sensitive Areaの適切な計画と管理		E-2.3.1 統合ESA管理計画に関する調査	JPBD, LA, DOE, PERHILITAN, Forestry Dept., BKSA	改善の必要あり	
	E-3: 水資源汚濁・枯 渇を避けるた め、水利用のた めの水源を保護 する	E-3.1: 水利用のための水源を適切に管理する	-	-	-	
	E-4: 河川を都市景 観・レクリエー ション活動に活 用する	E-4.1 河川と都市景観を統合する	-	JPBD, LA	実施中	

## (1) 戦略 E-1: NWQS Class II 以上の河川水質を達成すべく、汚濁負荷を削減する

持続可能かつ快適な河川環境の創出には、まず、良い水質の確保が必要である。この戦略は、汚濁負荷を各種汚染源で制御し、削減することを目的とする。

## (a) 対策 E-1.1: 廃水からの汚濁負荷流入を抑制する

## (i) 生活廃水処理のための下水道整備

汚水は人間、動物、生活由来あるいは腐敗しやすい浮遊物質を含む廃水(Environmental Quality (Sewage) Regulations 2009)であり、都市活動に伴う主要な汚濁負荷のひとつである。一般に、生下水の一人当たりの日有機物負荷はBODで250mg/l程度で計画するのが良いとされている(Malaysian Sewerage Industry Guidelines, 2009)。廃水からの汚濁負荷を削減するに

は、主に住宅地からの生活廃水について下水処理を行い、河川への直接流入を避けることが必要である。

#### 現在実施中の対策

- 下水道網および下水処理場の維持管理に関しては、Minister of Financeの完全所有会社であるIndah Water Konsortium Sdn Bhd (IWK)が責任を持って行っている(1994年以降)。IWKの活動範囲は以下の通りである。
  - 政府(SPAN)によって整備され、引き渡された下水処理施設の維持管理
  - 既存下水処理施設の更新や機能拡張
  - 新たな下水関連インフラの整備
- 適切な下水サービスの提供を目的として、IWKは全てのDistrictを対象にSewerage Catchment Strategies(下水サービスのためのマスタープランである)を策定あるいは、策定中である。
- 一方、Water Services Industry Act 2006に定められている通り、個別腐敗槽(IST: individual septic tanks)の維持管理は所有者の責任となっている。したがって、それぞれの所有者による個別腐敗槽の維持管理(2年に一度の汚泥の排出)については、(SPAN)が担保しなければならない。

#### 関係機関

SPAN, IWK

#### 全般的な提案

- IWKが現在実施中の下水処理サービスに関する維持管理、更新を継続する
- 個別の住宅(村落の住居を含む)や30軒以下の宅地は、現在でも腐敗槽を使用していることから、これらがSPANの求める2年に一度の汚泥排出など、適切に維持管理されることが重要である。また、SPANの定めに従い、全ての住宅、村落の住居にMalaysian Sewerage Industry Guidelines: Septic Tanksの基準を満たす腐敗槽を設置することが必要である。

#### **(ii) Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009 を満足するための事業場廃水の管理強化**

事業場廃水は生産過程に起因して事業場で発生する排水である(Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009)。事業場廃水の管理についてはEnvironmental Quality Act 1974の中のEnvironmental Quality (Industrial Effluents) Regulations 2009で規定されている。また、所管官庁はDOEである。

The Environmental Quality (Industrial Effluents) Regulations 2009では、新たな事業場廃水の発生を伴う建築物の建設に際しては、DOEに届け出ることを規定している。また、廃水は上記RegulationのFifth ScheduleにあるStandard AあるいはStandard Bを満たすこととされている。

#### 現在実施中の対策

- DOEは、Environmental Quality (Industrial Effluents) Regulations 2009の厳格な適応を実施してきている。新たな廃水に関するDOEへの届出、自己モニタリングの実施、有資格

者の配置などの新たなRegulationの変更に対し、DOEでは、事業者による規定の遵守を担保するため、ワークショップやトレーニングコース等を実施している。

- 上記のRegulationの他にも内水面の汚染を防止することを目的として、DOEにより施行されている規定、法規等がある。

### 関係機関

DOE

### 全般的な提案

- Environmental Quality (Scheduled Wastes) Regulations 2005において指定廃棄物となっている浄水過程に発生する汚泥は、現状では処理されることなく河川へ直接投棄されている(汚泥処理施設を備えた新型の浄水場を除く)。DOE職員への聞き取りによれば、現在、DOEとして当該課題に対して厳格な規定を適応してはいないが、速やかな解決をすべきとの認識である。したがって、浄水過程に発生する汚泥については、その影響、処理、処分に関する詳細な調査が必要である。
- DOEは、前述のような事業場廃水に関する厳格な規定を継続する必要がある。

### プロジェクト/行動案E-1.1.1: 汚濁負荷インベントリーに関する能力強化

適切な水質管理においては、負荷現別の整合の取れた管理が前提となる。一般に、汚濁負荷源は、事業場廃水のような点源負荷と農地からの農薬・肥料の流出に見られるような面源負荷に分けることができる。汚濁負荷源管理においては、それぞれからの負荷を明らかにする必要がある。

前述の通り、水資源管理に関してはDOEが主要な役割を果たしている(Sabah State、Sarawak Stateを除く)。DOEは、河川水質の保護、水質のモニタリング、環境教育の3つの主な役割を有している。このように、DOEには水質保護の機能を果たしているが、その権限は限られたものである。例えば、事業場廃水のような点源負荷源管理はDOEの所管であるが、農地、水産養殖、小規模開発、鉱山、採石といった面源負荷源や、生鮮市場、屋台、個別腐敗槽からの点源負荷源の管理にはその権限が及ばない。さらに、河川水質モニタリングを実施してはいるが、利用目的に合わせた水質基準の設定や河川への流入負荷に対する規制については権限を有していない。

以上を踏まえ、統合的な水質管理にあたっては、DOEが汚濁負荷インベントリーを作成する必要があるものと考えられる。また、当該インベントリーについては、水質モニタリング、水質規制、開発計画に関する意思決定を含む水質管理のツールとして活用するため、陳腐化することがないよう、恒常的に情報を更新することが重要である。そこで、ここでは、本調査と平行して実施されていたKuantan River Basinを含むDOEによる国内河川の統合水質管理に関する調査ではなく、能力強化プロジェクトを提案することとした。このような、汚濁負荷に関する統合データベースの不在は、パハン川流域だけでなく、国内全ての河川の課題であることから、インベントリー作成のための調査を実施するだけでは長期的な問題の解決には不十分である。したがって、DOEを各河川流域の汚濁負荷に関する統合

#### 汚濁負荷インベントリーの構築・維持管理メカニズム確立のための能力開発

実施機関 : Department of Environment, Pahang

期間 : 2年

概算費用 : RM 2-4 million

対象地域 : パハン川流域

実施内容 :

- 汚濁源情報の管理システムに関する現状分析
- 汚濁負荷インベントリーデータベースの枠組み構築
- データ収集・維持管理メカニズム構築

データベースを管理するワンストップ・エージェンシーとすべく、その能力を強化することが必要である。

上記の能力強化プロジェクトに関する概要は前頁の囲みにある通りである。この提案の重要な点は、データベースそのものではなく、インベントリーデータベースの構築、維持管理、開発計画における意思決定ツールとしての活用に関するメカニズムを確立することである。したがって、当該プロジェクトの主要なコンポーネントは既存のDOE組織において新たな機能や職責を確立することとなる。本プロジェクトは、パハン川流域をパイロット流域として、DOE Pahangを対象として実施するものである。なお、ムアール川流域に関しても同様の提案を行っていることから(第2巻参照)、当該行動案の実施においてはDOE Negeri Sembilan、DOE Johor、DOE Pahangの十分な調整が必要である。

DOEが水質管理で中心的役割を果たすようになる、という当該プロジェクトの目的を達するに2ヵ年程度を要するものと考えられる。プロジェクトの実施内容は以下の通りである。

- まず実施すべき事項は、汚濁負荷に関する現状を理解することである。つまり、「誰がどのような」情報を持っているかを明らかにする。これによって、汚濁負荷源を特定し、それぞれの所管組織を明らかにする。
- つぎに、実施すべきことは統合汚濁源インベントリーデータベースの枠組みを構築することである。この枠組みは、DOEの実施するデータ収集、データベースの維持管理に関するメカニズム構築の基礎となるものである。
- 3つめには、DOE Pahangと協力し、統合汚濁負荷データベース構築に向けたDOEの組織の強み、弱みを理解することである。DOEとの密な協力は、既存リソースが汚濁負荷に関するインベントリーデータベースを維持管理する、新たな機能を果たすために必要である。

(当該提案は、ムアール川、パハン川両流域に共通である。したがって、両流域の実施機関間の調整が重要である。)

### プロジェクト/行動案 E-1.1.2: 浄水場発生汚泥に関する詳細調査

浄水過程における副産物である汚泥は、沈殿槽、フィルターの逆洗の際の洗浄水などで発生する。一般に、水道水の浄水過程では凝集剤として、ポリ塩化アルミニウム(PAC1)が使われるため、汚泥はアルミ濃度が高い。現在、旧式の処理場では汚泥を河川に直接投棄している一方、新しい浄水場では脱水処理を行った上で処理場内あるいは埋め立て上にて処分を行っている。

浄水過程における汚泥は、Environment Quality (Scheduled Waste) Regulations 2005において、「指定廃棄物(Scheduled Wast)」とされている。また、同様に汚泥を含む浄水処理過程で発生する排水については、Environment Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009を遵守する必要が生じるとも考えられる。しかし、現状でDOEは上水処理過程における汚泥に対し、指定廃棄物の処理に関する規定を完全には適用してはいない。

#### Environment Quality (Scheduled Waste) Regulations 2005:

指定廃棄物 SW204 は、クロム、銅、ニッケル、亜鉛、鉛、カドミウム、アルミニウム、錫、バナジウム、ベリリウム等の金属類を含む汚泥を指す。

#### Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009:

事業場廃水は浄水処理を含む製造過程あるいは産業活動で発生する液体あるいは排水を指す。

しかし、現状でDOEは上水処理過程における汚泥に対し、指定廃棄物の処理に関する規定を完全には適用してはいない。もし、規定が適用された場合には、水道事業者は汚泥を河川に投棄することはできず、脱水処理した汚泥は、Negeri Sembilan StateのBukit Nenasにある指定廃棄物処理施設にて処理しなければならない。つまり、旧式の浄水場においては汚泥処理のための施設改良が必要となる。これは、上水処理コストの急激な上昇をもたらすだけでなく、Bukit Nenasの指定処理場の寿命を短縮してしまう可能性がある。そして、処理コストの上昇は利用者に転嫁されることとなる。このようなことを背景として、Malaysian Water Association (MWA) では、“Study on Characteristic, Treatment and Disposal of Drinking Water Treatment Plant Residue”という概略調査を実施している。当該調査では、浄水過程で発生する汚泥を指定廃棄物から除外し、埋め立て処理などを可能とすることを提案している。一方、河川への直接投棄はすべきでないとしている。

#### 浄水場発生汚泥に関する調査

実施機関	: Water Supply Division, KeTTHA
期間	: 1-2年
概算費用	: RM 2-4 million
調査対象	: 国内の浄水場
調査内容	: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 浄水場に関する現状</li> <li>■ 汚泥の性状およびその環境影響</li> <li>■ 処理・処分技術</li> <li>■ 海外事例</li> <li>■ 指定廃棄物規定に係る費用、社会的影響</li> <li>■ 指定廃棄物規定改定の必要性</li> <li>■ 解決策案</li> </ul>

以上から、浄水過程における汚泥の性状、処理、廃棄に関する詳細調査を実施することを提案する。また、この問題はマレーシア国全体の課題であることから、当該調査はWater Supply Division, KeTTHAが実施することが望ましい。このような課題は、パハン川流域固有のものではなく、マレーシア国内の主要河川流域全ての課題であることから、調査にはパハン川だけでなく、国内の主な河川流域も対象とすべきであり、調査には1-2年程度の期間を要するものと考えられる。当該調査では、以下の事項を調査する。

- マレーシア国内における浄水処理場の正確な位置(取水河川)、処理能力、汚泥発生量、汚泥処理方法などを含むインベントリー調査
- 汚泥の性状や潜在的環境影響を調査するための汚泥サンプリング調査
- 汚泥処理技術、処分技術、それらの費用に関する机上調査
- 浄水過程における発生汚泥の処理、処分に関する海外事例の机上調査
- 以上をもとに、汚泥に関する指定廃棄物の必要性について評価する。指定廃棄物として規定を完全に適用した場合の浄水事業者、社会への影響についても評価すべきである。
- 当該調査は、上記課題の解決策を提示すべきである。

なお、浄水処理過程における発生汚泥の問題は、国内共通の課題であることから、当該調査は全国調査として実施すべきである。この報告書ではパハン川、ムアール川両流域を対象に提案を行っているが、両流域を含めるよう調査は連邦政府機関で実施することが望ましい。

(当該提案は、ムアール川、パハン川両流域に共通である。したがって、両流域の実施機関間の調整が重要である。)

### (iii) 畜産廃水の管理

畜産廃水、特に養豚場からの廃水は潜在的な河川水質汚濁の要因であることから、畜産廃水の管理は水質汚濁防止上、重要である。ここでは、特に養豚場を中心に、畜産廃水管理に関する戦略を提案する。

#### 現在実施中の対策

- Pahang Department of Veterinary Services (DVS)によると、Pahang Stateでは養豚場を禁止する方向にあり、現状では、新たな養豚場を許可しておらず、既存のものについても全廃の方向である。
- Negeri Sembilan Stateでは、個別の養豚場をPort DicksonのBukit Pelandukにある集約農場(PFA: pig farm area)に移転する対策を州政府が推し進めている。DVS Negeri Sembilanによると現在、移転が必要な養豚場はTampinにある1軒のみとのことである。なお、当該集約農場は、適切な排水処理施設を備えている。

#### 関係機関

Department of Veterinary Services

#### 全般的な提案

- 継続的に違法な養豚場の取り締まりを実施する。

### (iv) 生鮮市場、飲食店、屋台等、商業活動に伴う廃水の管理

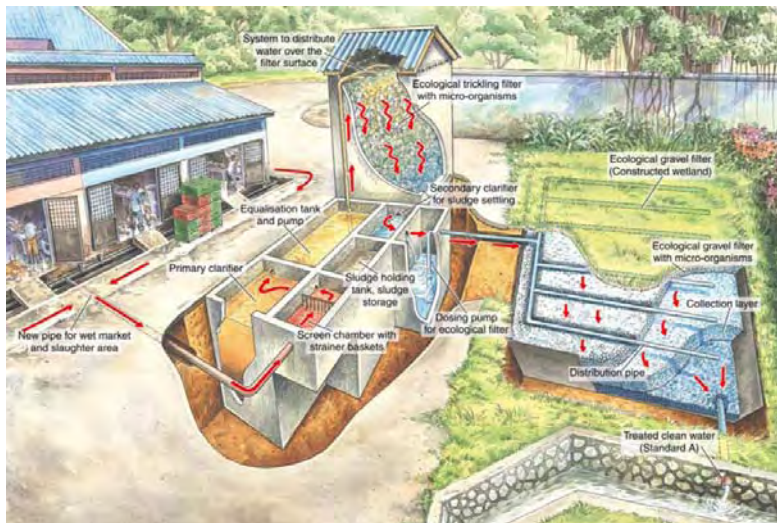
生鮮市場、飲食店、屋台等の商業活動に伴う廃水は、ムアール川、パハン川流域の主要な汚濁負荷源である。生鮮市場では、鶏の屠畜や魚介類の調理が実施されるため、廃水には血液、内臓の一部、羽等が含まれ、それらが排水路や河川へと直接流入する。飲食店や屋台からの廃水には、食料残渣や油分など、高濃度に有機物が含まれている。適切な処理が行われなければ、これらの廃水は河川や水路の汚染する可能性があることから、ここでは、生鮮市場、飲食店、屋台を中心に商業活動に伴う廃水処理を促進するための戦略を提案する。

#### 現在実施中の対策

- 飲食店や屋台からの廃水については、Local Authorityが個別の油分除去設備(FOG trap: fat, oil and grease trap)の設置を義務付けている。油分除去設備については、維持管理が不十分なものや義務付けにしたがっていない飲食店などが一定程度あると言われていたが(Working Group会議での情報)、Local Authorityによって、相当程度対策が進んでいるものと考えられる。
- 生鮮市場については、Working Group会議において、ほとんどの廃水が処理されることなく、近隣の水路に排水されていることが明らかとなったが、いくつかのHowever, certain Local Authorityでは対策を実施している。例えば、Temerloh MarketはIWKの運営する汚水処理施設を備えている。しかし、予算的な制約から全体としては、対策は進んでいない。
- DIDでは、汚水処理パイロットプロジェクトの調査・設置を主導してきている。DIDではDANIDAと連携して2007年のSungai KedahおよびSungai Selangorの流域管理計画に関する調査に関連し、生鮮市場、屠畜場、飲食店を対象として表 5.5.16、表 5.5.17のようなデモ処理施設を設置している。

表 5.5.16 DID によるパイロットプロジェクト実施事例

## 生鮮市場廃水の生物処理(Pasar Besar Alor Setar, Kedah)



Design concept



External view



Ecological trickling filter



Screen chamber

計画処理能力：  
39 kgBOD/day (処理鶏数  
1600羽/日)

計画処理効率：  
BOD除去率>95%

実績処理効率：  
BOD除去率≈98%  
流入BOD濃度 = 16 mg/l  
(2009. 12. 7調査より)

フィルター材：  
Plastic pieces with open  
media

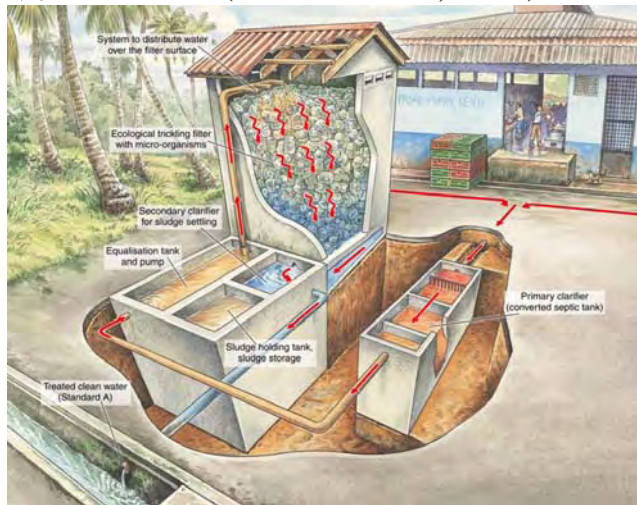
管理者数：1名

建設期間：  
≈ 1年

設置費用：  
≈ RM400,000

維持管理費：  
≈ RM40,000/year

## 生鮮市場廃水の生物処理(Pasar Pokok Sena, Kedah)



Design concept



External view



Screen chamber



Chicken slaughtering activity

計画処理能力：  
39 kgBOD/day (処理鶏数  
1600羽/日)

計画処理効率：  
BOD除去率>95%

実績処理効率：  
BOD除去率≈98%  
流入BOD濃度 = 45 mg/l  
(2009. 12. 8調査より)

フィルター材：  
Plastic pieces with open  
media

管理者数：1名

建設期間：  
≈ 1年

設置費用：  
≈ RM330,000

維持管理費：  
≈ RM30,000/year

生鮮市場・飲食店廃水の生物処理(Bukit Sentosa, Hulu Selangor, Selangor)



Design concept



Gravel filter



Dosing chamber



Distribution pipe

計画処理能力：  
12.7 kgBOD/day (処理鶏数  
6500羽/日+飲食店 3軒)

計画処理効率：  
OD除去率>83%

実績処理効率：  
未測定

フィルター材：  
礫

管理者数：1名

建設期間：  
≈ 1年

設置費用：  
≈ RM800,000

維持管理費：  
調査中

Source: Saving Water, Cleaning Water: Eight Demonstration Projects (2007) and discussions with DID officials in May 2010.

表 5.5.17 DID による油分除去設備パイロットプロジェクト (Medan Selara Teratai Food-Court in Alor Setar, Kedah)

油分除去設備 (Medan Selara Teratai food-court in Alor Setar, Kedah)



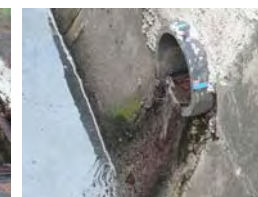
Design concept



External view



Internal view



Discharge outlet

内径：1.8 m

水深：0.6 m

深さ計：2.0-2.6 m

貯水量：1450 liters

処理能力：  
6.9 m<sup>3</sup>/日 (≈ 435席)

設置費用：  
≈ RM40,000

維持管理費：  
≈ RM2,400/year

Source: Saving Water, Cleaning Water: Eight Demonstration Projects (2007) and discussions with DID officials in May 2010.



関係機関

## Local Authorities

全般的な提案

- 飲食店、屋台からの廃水については2点の課題がある。当初の設計では、飲食店や店舗からの廃水は直接下水道に接続されているが、改装によって増築した台所の流しからの廃水や店舗内の屋台からの排水は、直接、道路脇の排水路へと排水される。いまひとつの課題は、下水道に流れた油分が下水道を詰まらせてしまうという問題である。
- このような課題に対し、第一に排水路への廃水の直接流入について、Local Authorityが規制を行い、下水に接続するよう指導することが必要である。第二に、飲食店や屋台からの廃水は油分を含んでいることから、Local Authority油分除去設備(FOG trap: fat, oil and grease trap)の設置を指導すべきである。油分除去設備に関する設計ガイドラインは、SPAN出版のMalaysian Sewerage Industry Guidelinesに記載されている。第三に、油分除去設備の維持管理につとめ、油分分離機能を維持することが重要である。
- 生鮮市場からの廃水処理については、IWKの責任範囲ではないことから、Local Authorityにおいて汚水処理施設を設置し、生鮮市場からの廃水がStandard AあるいはStandard Bを満たすよう対策を実施する必要がある。

プロジェクト/行動案 E-1.1.3: 生鮮市場の廃水処理に関するフィージビリティスタディとパイロットプロジェクト

上記の課題解決を目的として、小規模生鮮市場を対象とした廃水処理に関するフィージビリティ調査を提案する。さらに、パハン川流域においてパイロットプロジェクトを行うことを検討すべきである。そして、このような廃水処理システムが十分機能することが明らかとなった場合には、流域全体へ適用することが考えられる。

(当該提案は、ムアール川、パハン川両流域に共通である。したがって、両流域の実施機関間の調整が重要である。)

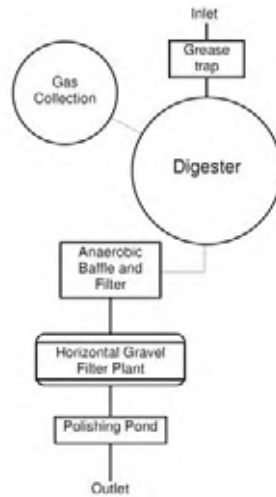
小規模生鮮市場の廃水処理に関するフィージビリティスタディとパイロットプロジェクト

実施機関	: Department of Local Government
期間	: 1-1.5年
概算費用	: RM 1-2 million
対象地域	: 小規模生鮮市場
適用技術	: DEWATS あるいは同等もの
実施内容	: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 対象生鮮市場の選定</li> <li>■ 簡易水処理技術に関する調査</li> <li>■ フィージビリティスタディ</li> <li>■ パイロットプロジェクト</li> </ul>

DEWATSに関する詳細情報は  
<http://www.borda-net.org> 参照

‘Decentralized Wastewater Treatment System (DEWATS)’

DIDやLocal Authorityは代替案として、他の技術をパイロット的に実施することも考えられるが、そのひとつとして、ドイツのBremen Overseas Research and Development Association (BORDA)が開発した Decentralized Wastewater Treatment System(DEWATS)がある。DEWATSは、廃水中のグリース、固形物、有機物などの除去を安価な設置・維持管理費用で行えるよう設計されており、鶏の屠畜からの希釈血液、油分、浮遊物質が含まれる生鮮市場からの廃水処理に適しているものと考えられる。当システムは、日量1-1000m<sup>3</sup>の有機物を含む廃水の処理を行うことができ、初期投資、維持管理費が低いことから途上国に導入されている。現在、フィリピン、ラオスを含む途上国において250以上のDEWATS処理施設が設置あるいは設置中である。2006年にはフィリピンValenzuela Cityにおいて日処理量10m<sup>3</sup>のDEWATS処理施設が設置され、建設費は約PhP500,000 (±RM36,000)程度、月の維持管理費は約PhP2,000 (±RM140)とされている。また、BOD/COD除去率は90%とされている。(BORDA)



Digester, anaerobic baffled reactor (ABR) and anaerobic



Planted gravel filter (PGF)

Source: BORDA

(v) 自動車修理工場からのグリース類の回収と処理

自動車修理工場は都市の規模の大小に関わらず、都市部における主要な商業活動のひとつである。このような修理工場は、一般的な店舗、軽工業地帯など、幅広く存在しているが、騒音、廃棄物、使用済みグリース類などの環境問題を内在している。IRBMの側面からは、油分やグリースの投棄が問題として考えられる。油分やグリースなどの投棄は表流水のみならず、地下水にも深刻な汚染をもたらす。そこで、ここでは、自動車工場からの油分、グリースの適切な貯蔵、処理・処分あるいは再利用に関する戦略を提案する。

現在実施中の対策

- 自動車修理工場からの油分やグリースに関しては、Local AuthorityとDOEが不適切な投棄がないよう規制を行っている。一方では、油分やグリースの対価を伴ったリサイクルもあり、リサイクル業者による回収が行われている。

関係機関

Local Authorities

全般的な提案

- Local AuthorityやDOEは規制によって、使用済みの油分やグリースの適切な貯蔵を担保することが必要である。貯蔵方法は、Environmental Quality (Scheduled Wastes) Regulations 2005のSection 9に従う。なかでも重要な点は、油分やグリースの漏洩がないよう、耐久性の高い容器で貯蔵すること、適切な場所で管理することである。Local Authorityにおいては、営業許可の発行に当たり、油分やグリースの貯蔵や処分に関するガイドラインを提供することが望ましい。Local Authorityは油分やグリースの取り扱いに関する技術的要求事項についてDOEと協議する必要がある。

- DOEは、使用済み油分やグリースの回収業者がEnvironmental Quality Act 1974の Subsection 18(1A)に規定による営業許可を受けていること、リサイクルが Environmental Quality (Prescribed Premises) (Scheduled Wastes Treatment and Disposal Facilities) Order 1989の規定に沿っていることを確認することが必要である。

#### (vi) 埋め立て処分場/ごみ処分場からの浸出水管理

浸出水は、廃棄物に由来する物質を含み、固形廃棄物処理場や埋立処分場から浸出する液体である(Environmental Quality (Control of Pollution from Solid Waste Transfer Station and Landfill) Regulations 2009)。浸出水は表流水および地下水を汚染する。パハン川流域、ムアール川流域、全ての処分場が適切に建設された衛生理立処分場というわけではないため、浸出水による水質汚濁防止に向けた対策が必要である。

#### 現在実施中の対策

- マレーシア政府では、廃棄物管理に関する課題について既に認識しており、2007年には、Solid Waste and Public Cleansing Management Act 2007が承認され、半島マレーシアでの廃棄物管理を目的としてMinistry of Housing and Local Government にDepartment of National Solid Waste Managementが設立された。
- 廃棄物の管理を効率化することを目的として、Local Authorityの廃棄物管理機能は民営化された。Pahang StatedではAlam Flora Sdn Bhd ('Alam Flora')が、Negeri Sembilan State と Johor Stateでは、SWM Environment Sdn Bhd ('SWM')が廃棄物管理を請け負っている。Alam Flora、SWMともにごみの収集だけでなく、その輸送、処分にも必要な対策をとっている。つまり、両社ともそれぞれの流域において浸出水処理を含めた処分場の改善を実施中である。

#### 関係機関

Alam Flora (Pahang), SWM (Negeri Sembilan)

#### 全般的な提案

- 全ての埋立地をできるだけ早く閉鎖し、衛生理立処分場や焼却炉のような環境負荷の少ない方法を取るべきである(要フィージビリティスタディ)。
- 全ての衛生理立処分場で過剰な埋め立てを避け、適切な管理を行う必要がある。

#### (b) 対策 E-1.2:発生源での廃棄物を削減、リサイクル率の向上、適切な処分を目的として、統合廃棄物管理を導入する

固形廃棄物は、河川の水質汚濁を引き起こす潜在的要因であり、対策E-1.1(vi)とも関連している。不適切な固形廃棄物管理は、不適切な廃棄物投棄につながり、ひいては表流水や地下水の汚染につながる恐れがある。この対策は、発生源での廃棄物の発生、リサイクルによる廃棄物の削減、衛生理立処分場や焼却炉のような適切な処分を目指し、統合廃棄物管理を導入することを目的としている(要フィージビリティスタディ)。

#### 現在実施中の対策

- 対策E-1.1の(vi)で述べたように、マレーシアでは、Solid Waste and Public Cleansing Management Act 2007が承認され、半島マレーシアでの廃棄物管理を目的としてMinistry of Housing and Local Government にDepartment of National Solid Waste Managementが設立され

た。また、パハン川流域、ムアール川流域では、廃棄物管理の効率化を目的とした民営化が実施されている。

### 関係機関

Alam Flora (Pahang)、SWM (Negeri Sembilan)とLocal Authority(移行期間および、監督や意識向上プログラムの実施)

### 全体的な提案

- 廃棄物管理における最も重要な対策は、発生抑制である。これには、一般の意識向上意による排出抑制、再使用、リサイクルの促進が必要である。
- 固形廃棄物量の削減には、リサイクル率を向上させる対策の導入が必要である。これには、リサイクル設備だけでなく、適切なおみの分別が必要となる。したがって、一般の人々、廃棄物管理会社(Alam Flora and SWM)、リサイクル業者など、各種主体の責任ある参加が必要となる。
- 不法投棄、特に建設廃棄物の不法投棄は取り組まなければならない問題である。現地調査の結果、いくつかの地点において建設廃棄物、家庭ごみの不法投棄が確認された。この問題の解決には、Local Authorityによる強い規制とともに、不法投棄の通報に関する住民の協力も必要である。後者には住民への意識向上を促す必要がある。
- 市場(特に生鮮市場)廃棄物の不適切な投棄は、河川水質への脅威となり得る。市場では、廃棄物回収が行われているにもかかわらず、排水路やごみ集積場周辺への不適切な廃棄は一般的な光景である。また、ごみ集積場からの浸出水も表流水や地下水の汚染を引き起こす要因となり得る。したがって、市場から排水路への出口全てにごみ止めを設置し、定期的な維持管理をすることが必要である。また、全ての市場に密閉された固形廃棄物集積場を設置し、浸出水の地下への漏洩を防止する必要がある。
- 以上より、固形廃棄物管理の改善には、廃棄物管理業者やLocal Authorityだけでなく、一般の人々の協力が不可欠であることがわかる。つまり、一般の人々の環境意識を向上される必要がある。これには、Local Authority、Alam Flora、SWM、DOEやその他機関の密な協力による学校、メディア等に向けた環境意識向上のための活動が重要である。

### (c) 対策 E-1.3: 侵食防止や土砂流出防止によるシルテーションを抑制する

河川の高TSS濃度にはいくつかの原因が考えられる。Working Groupメンバーとの議論や現地調査から、その主な原因は大規模建設工事、大規模農地開発、浚渫、森林伐採であると考えられる。以下に、それぞれの対策を述べる。

#### (i) 建設工事に伴うシルテーション抑制

大規模建設工事では土壌侵食が不可避であり、侵食された土砂は近隣の水路を通じて河川へと流入し、TSSによって河川の濁度を上昇させる。DOEのモニタリングによれば、高濃度のTSSはパハン川流域、ムアール川流域の主な水質に関する課題のひとつとなっている。ここでは、建設現場における侵食抑制対策(発生抑制)および、侵食土壌の流出抑制に関する対策を提案する。

### 現在実施中の対策

- DIDでは、建設工事に従事する建設会社への土壌侵食抑制を含むガイドラインとして、Urban Stormwater Management Manual (MASMA)を整備している。
- 建設工事には、Local Authorityによる許可が必要であるが、その要件としてMASMAを含む各種土壌侵食対策の実施が規定されている。
- 50ha以上の宅地開発、高速道路・国道建設、新都市開発等、全ての大規模建設工事では(Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987参照)環境影響評価が義務付けられ、DOEの許可が必要である。したがって、事業者は土壌侵食対策を含むEIAに記載された全ての事項に従う必要がある。また、事業者はDOEへの定期的なモニタリング結果の報告を行う必要がある。

### 関係機関

- Local Authorities (建設工事の許可とその後の監督)
- Department of Environment (大規模プロジェクトにおける環境影響評価書記載事項)
- DID (土壌侵食対策に関する技術的側面)

### 全体的な提案

- 現在実施されている各種対策を継続する。
- Local AuthorityやDOEによるモニタリング、監督を強化する。

#### **(ii) 森林伐採に伴うシルテーションの抑制**

パハン川流域の一部地域では林業が行われており、建設工事と同様、土壌侵食が発生し、河川のシルテーションを引き起こしている。ここでは、森林伐採に伴うシルテーション抑制対策について提案を行う。

### 現在実施中の対策

- 森林伐採活動はForestry Departmentによって厳しく管理されている。一般に、管理には2つの側面がある。ひとつは、許認可による伐採活動の制限であり、いまひとつは、土壌侵食対策実施を含む規制による運用管理である。
- 500ha以上の大規模伐採活動や国立公園に隣接する伐採活動には環境影響評価の実施とDOEによる許可が必要である(詳細は、Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987参照)。したがって、事業者は土壌侵食対策を含むEIAに記載された全ての事項に従う必要がある。また、事業者はDOEへの定期的なモニタリング結果の報告を行う必要がある。

### 関係機関

- Forestry Department (許認可と監督)
- Department of Environment(大規模プロジェクトにおける環境影響評価書記載事項)

### 全体的な提案

- Forestry DepartmentやDOEによるモニタリング、規制を強化し、許可された伐採活動の監督を行うとともに、違法な伐採活動を防止する必要がある。ステークホルダー会議において、違法な伐採活動の存在が報告されたが、Forestry Departmentによれば対策は取られているとのことである。

### **(iii) 農業活動に伴うシルテーションの抑制**

パハン川流域の約28% (8,000 km<sup>2</sup>以上)、ムアール川流域の約64% (約4,000 km<sup>2</sup>)は、農地として利用されている。こうした土地では、森林が伐採されるため、特に伐採時に土壌浸食が促進される。プランテーションによる植生の安定後は、侵食速度は低下するものの、天然林と比較するとその速度はかなり大きい。既往調査(Sg. Langat IRBM Plan)によれば、農地の土壌浸食速度は森林の20倍とされている。ここでは、農業活動に伴うシルテーション抑制対策について提案を行う。

### 現在実施中の対策

- The National Physical Plan, Pahang, Negeri Sembilan and Johor Structure Plans、その関連するLocal Planでは、農地利用を含む土地利用の誘導を目的として、土地利用計画が定められている。
- 500haを超える全ての大規模農業開発には、環境影響評価の実施とDOEによる許可が必要である(詳細はEnvironmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987参照)。したがって、事業者は土壌浸食対策を含むEIAに記載された全ての事項に従う必要がある。また、事業者はDOEへの定期的なモニタリング結果の報告を行う必要がある。

### 関係機関

- JPBD and Local Authorities (土地利用計画およびその管理)
- UPEN and PTG (農地開発に関する許認可)
- Department of Environment (規模プロジェクトにおける環境影響評価記書載事項)
- DOA (農業活動)

### 全体的な提案

- 環境影響評価が義務付けられているプランテーションについては、環境影響評価書の記載事項の遵守をDOEが監視すべきである。
- 小規模農業に関しては、DOAにおいてトレーニングや意識向上プログラムを実施し、土壌浸食抑制を含む農業技術向上を図るべきである。
- River reserve内の農業活動については、Land Officeが監視を強化すべきである。

**(iv) 浚渫に伴うシルテーションの抑制**

浚渫は河道の流下能力維持に重要であるが、砂利採取中の環境管理が不適切な場合には、シルテーションを引き起こすことがあることから、適切な浚渫活動の管理とシルテーションの抑制が必要である。

現在実施中の対策

- 砂利採取活動は免許制度によって管理されており、全ての砂利採取にはDistrict Land Office (EXCOによる許可)の認可が必要である。
- 潜在的な河川のシルテーションや河岸侵食関連し、DIDは砂利採取に関する免許交付に関する評価においてLand Officeへの技術的助言を行う立場にある。
- 50haを超える全ての砂利採取/浚渫プロジェクトには、環境影響評価の実施が必要である(詳細はsee Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987参照)。したがって、事業者は土壌浸食対策を含むEIAに記載された全ての事項に従う必要がある。また、事業者はDOEへの定期的なモニタリング結果の報告を行う必要がある。

関係機関

- State EXCO (砂利採取に関する申請の許可)
- District Land Office (免許交付と監督)
- DID (技術的助言)
- Department of Environment (大規模プロジェクトにおける環境影響評価書記載事項)

全体的な提案

- 砂利採取活動に関する免許交付に付帯する各種条件の遵守についてLand Officeが監督を強化する。
- 環境影響評価が義務付けられているプロジェクトについては、環境影響評価書の記載事項の遵守をDOEが監視すべきである。

プロジェクト/行動案E-1.3.1: 砂利採取活動のモニタリング

実行のある砂利採取活動の管理には、許可された砂利採取活動のモニタリングと違法操業の防止・停止が必要である。許可された砂利採取活動のモニタリングは、sand dredging application guidelineにあるようにDIDが実施すべきである。したがって、DistrictレベルのDIDにおいて現場監視を強化し、許可条件の遵守を確認することが必要である。監視活動は、月に2回以上の頻度で実施することが望ましく、違反者には許可の取り消しなど、厳しい姿勢で臨む必要がある。

**砂利採取活動のモニタリング**

実施機関	: DID Pahang
期間	: 継続実施
対象	: 全ての許可業者
実施内容	: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2ヶ月に1回以上のモニタリング</li> <li>■ 5年に1回程度の河川横断測量</li> <li>■ 違反業者への厳しい対応</li> </ul>

**(d) 対策 E-1.4: 農業関連化学物質(肥料・農薬・除草剤)の流出を抑制する**

農業活動による環境影響には、農地からの化学物質流出がある。DOEの水質モニタリングから、パハン川流域におけるSg. Batu、Anak Sg. Leparの各河川、ムアール川流域のSg. Serom、Sg. Kelamah、Sg. Senarut、Sg. Spg. Loi、Sg. P. Menkuangの各河川において、プランテーションからの農業関連化学物質が高濃度に流入していることが明らかとなった。また、Cameron Highlandsでの農業関連化学物質による水質汚濁は様々な主体から懸念事項として挙げられている。これらを踏まえ、農業関連化学物質の河川への流出を抑制するために、様々な対策を実施することが必要である。

現在実施中の対策

- 500haを超える全ての大規模農業開発には、環境影響評価の実施とDOEによる許可が必要である(詳細は Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987参照)。したがって、農業従事者は農業関連化学物質の管理対策を含めた全てのEIAに記載された事項に従う必要がある。
- 農業活動では、農業関連化学物質の利用が不可欠であることから、Department of Agriculture (DOA)では、農業管理、農業関連化学物質管理に関連するトレーニングコースや意識向上プログラムを実施している。
- DOAでは直接あるいは間接的に化学物質の利用を管理するための農業管理に関する調査・研究を実施している。
- Cameron Highlandsのように農業関連化学物質による汚濁が顕在化している地域では、Land Officeや関連する機関においてRiver reserveでの農業や化学物質の不適切な貯蔵等に対して、必要な規制を行っている。
- 化学物質の河川への流出抑制対策として、DID Manualで推奨されているとおり、全てのプランテーションにはRiver reserveの保全が義務付けられている。この規定は、環境影響評価においても特に厳しく規定されている。

関係機関

- DOA (トレーニングや意識向上プログラム、調査・研究)
- Department of Environment (大規模プランテーションの環境影響評価書記載事項)
- DID (River reserveに関する規定)

全体的な提案

- 水質モニタリングと監督を強化すべきである。

プロジェクト/行動案E-1.4.1: 農業化学物質に関する‘hotspots’のモニタリング

農業化学物質の使用管理やそのモニタリングは法的根拠がないことから、非常に困難である。

**農業関連化学物質に関する‘hotspots’のモニタリング**

実施機関	: DOE
期間	: 継続実施
対象地域	: パハン川流域全体
実施内容	: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 農業関連化学物質による汚染可能性のある地点のモニタリング項目に、一般的な農薬・除草剤を追加する。</li> <li>■ ASMAによる定期的なモニタリング結果をもとに、‘hotspots’を特定する。</li> <li>■ 栄養塩、農薬、除草剤関連の調査項目に高い値が検出された際には、Land Office、Local Authority、その他関連機関と連携した対応をとる。</li> </ul> 一般的な農薬・除草剤の例) <i>Aldrin, alpha-BHC, beta-BHC, delta-BHC, lindane, 4,4-DDD, 4,4DDE, 4,4DDT, dieldrin, endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulphate, endrin aldehyde, heptachlor and heptachlor epoxide.</i>



Pesticides Actによる規制は行われてはいるが、これは使用ではなく農薬の販売や食物の残留量を規制している。また、水質基準(NWQS)は設定されているが、農業関連化学物質の使用を制限するものではない。

農業活動においては、農業関連化学物質の使用が不可欠であり、その使用禁止は不可能である。したがって、化学物質の使用量を最小化し、十分なRiver reserveを確保することでその河川への流出を防止することが唯一の解決策である。得に、大規模なプランテーションにおいては、統合農薬管理のコンセプトを導入し、農薬の使用量を削減することが望ましい。このような、環境影響評価が義務付けられている大規模プランテーション(500ha超)についてはDOEのモニタリング対象とすることが考えられる。しかし、小規模な農業については、農家の意識に依存せざるを得ない。これに関しては、DOAが農家を対象にした意識向上、教育プログラムを実施している。

DOEはASMAのもとパハン川流域の91地点を含む全国143河川で定期水質モニタリングを実施している。調査項目は、肥料の河川流入の影響をモニタリングできるNH<sub>3</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub>-Pを含む33項目である。しかし、農薬や除草剤に関するモニタリング項目はない。



図 5.5.7 潜在的‘Hotspots’

より確実な規制を実施するには、農業関連化学物質の汚染源特定を可能とするDOEによる定期的なモニタリングが望ましい。したがって、‘hotspot’を含む河川においては一般に使用される農薬や除草剤をモニタリング項目に含めることが必要である。栄養塩、農薬、除草剤関連の調査項目に著しく高い値が検出された際には、DOEはLand Office、Local Authority、その他関連機関と連携し、原因の究明を進める必要がある。例えば、既存の水質モニタリング結果や様々な関係者との議論の結果、Sg. Batu、Anak Sg. Lepar、Sg. Terlaにおいて深刻な農業関連化学物質汚染の懸念があると考えられる。

(当該提案は、ムアール川、パハン川両流域に共通である。したがって、両流域の実施機関間の調整が重要である。)

## (2) 戦略 E-2: 流域内の生物多様性を保全する

望ましい水質を確保する一方、流域の生物多様性を保全することも重要である。パハン川流域に関しては、流域内にTaman Negara、Tasik Bera (ラムサール登録地)、Tasik Chini (Biosphere Reserve)、Krau Wildlife Reserveなど、多くの生態学的に重要な地域を有している。以下では、パハン川流域、ムアール川流域の生物多様性を保全するための対策については述べる。

### (a) 対策 E-2.1: 大規模農業開発を管理する

大規模農業開発は、ムール・パハン両河川流域の生物多様性の保全にとって脅威となり得る。前述の通り、パハン川流域の28% (8,000 km<sup>2</sup>超)、ムアール川流域の64% (約4,000 km<sup>2</sup>)は農地として利用されており、大規模プランテーションの適切な管理を実施しなければ、自然の生物多様性に看過できない損失を与える可能性がある。特に、パハン川流域は生態学的に重要な地域であることから、当該地域における生物多様性の保全は重要である。したがって、大規模農業開発の管理は見落とすことのできない重要な対策である。

### 現在実施中の対策

- The National Physical Plan, Pahang、Negeri Sembilan and Johor Structure Plans、その関連するLocal Planでは、農地利用を含む土地利用の誘導を目的として、土地利用計画が定められている。
- 自然環境の保全に関しては、様々なガイドラインやマスタープランが存在する。例えば、Environmental Sensitive Areas (ESAs)内や高原での開発行為に関するガイドライン、Taman Negara Master Plan等がそれである。また、政府においてもTaman Negara、Tasik Bera (ラムサール登録地)、Tasik Chini (Biosphere Reserve)、Krau Wildlife Reserveなど、様々な生態学的、環境的、文化的に重要な保全地域を指定している。
- 500haを超える全ての大規模農業開発には、環境影響評価の実施とDOEによる許可が必要である(詳細は Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987参照)。環境影響評価書の中では、プランテーションによる潜在的環境影響とその軽減対策に関する評価が行われる。

### 関係機関

- JPBD and Local Authorities (土地利用計画とその管理)
- UPEN and PTG (農地利用に関する許可)
- Department of Environment (大規模プランテーションの環境影響評価書記載事項)
- Forestry Department (森林保全とその管理)
- Department of Wildlife and National Parks (PERHILITAN) (野生生物保護、国立公園の管理等)

### 全体的な提案

- 環境保全と社会経済発展のバランスを取るため、農業開発を管理することが必要である。したがって、プランテーションプロジェクトの認可に際しては、National Physical Plan、Structure Plans、Local Plansの提案を遵守すべきである。
- 新たなStructure Plans、Local Plansの策定においては、大規模プランテーションの与える生物多様性への影響について、より一層の配慮をすることが望ましい。

### **(b) 対策 E-2.2: 森林伐採活動を管理する**

パハン川流域の一部地域では林業が行われており、農業活動と同様、管理されていない森林伐採はパハン川流域の生物多様性に悪影響を与える恐れがある。ここでは、自然の生物多様性の破壊を防止するための持続可能な森林伐採に関する対策を提案する。

### 現在実施中の対策

- 対策E-1.3の(ii)を参照

### 関係機関

- 対策E-1.3の(ii)を参照

### 全体的な提案

- 対策E-1.3の(ii)を参照

**(c) 対策 E-2.3: Environmental Sensitive Area の適切な計画と管理**

National Physical Planでは、全ての環境的、生態学的に重要な地域はEnvironmental Sensitive Area(ESA)として指定されている。これらの地域には、保護地域、湿地、水源地域、野生生物回廊などが含まれている。パハン川流域、ムアール川流域の自然の生物多様性を保全・維持するには、ESAの適切な管理を担保することが必要である。

現在実施されている対策

- National Physical Planでは、ESAを3つに欄区分けしている。それぞれのクライテリアおよび、これら地域に適用される開発規制は表 1.6.2の通りである。より詳細な土地開発規制についてはTown and Country Planning Department発行のESA development guidelineに記載されている。

関係機関

- JPBD (ESAの指定)
- Forestry Department、PERHILITAN、Local Authorities、DOE、District and Land Office、DID等を含む、環境保全、管理、開発規制に係る機関

全体的な提案

- 関連するStructure Plans、Local PlansにはESAの保護対策を明確に記述すべきである。
- Pahang Structure Planで提案されている統合ESA計画を策定すべきである。

プロジェクト/行動案 E-2.3.1: 統合ESA 管理計画に関する調査

Pahang Structure Planの提案に沿って、流域およびEASの管理を行うには、Pahang State Economic Planning UnitにおいてESA管理計画を策定することが望ましい。Pahang Stateは環境、文化、生物的に重要な地域を抱えているだけでなく、パハン川流域にはNational Park、Tasik Bera (ラムサール登録地)、Tasik Cini (Biosphere Reserve)、Krau Wildlife Reserve、Orang Asli居住地があることから、このような計画の策定は非常に重要である。なお、パハン川流域は一部Negeri Sembilan Stateにも含まれており、この地域についても計画の対象とすべきである。また、ESAのランクに応じた開発ガイドラインも記載する必要がある。ガイドラインについては、ESA内において実際の開発行為を行うLocal Authorityやその他の関連機関の指南書となるよう、具体的なものとすることが重要である。

**Pahang State・パハン川流域の統合 ESA 管理計画に関する調査**

実施機関	: UPEN Pahang
期間	: 1-2 years
概算費用	: RM 2-4 million
対象地域	: Pahang State およびパハン川流域全域
調査内容	: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 各 ESA の環境、生物、文化保全計画</li> <li>■ ESA、水源地内での開発行為ガイドライン</li> </ul>

**(3) 戦略 E-3: 水資源汚濁・枯渇を避けるため、水利用のための水源地を保護する****(a) 対策 E-3.1: 水利用のための水源地を適切に管理する**

パハン川流域、ムアール川流域のほとんどは原水取水の水源地となっている。このような水源地を自然林の減少に伴う汚染や枯渇から守るため、水源地を保護することが必要である。

### 現在実施中の対策

- National Physical Planにおいて、全ての水源地域はESAに指定されている。したがって、前述の対策 E1.2.3で述べた対策が実施されている。
- DOEでは、事業場廃水や下水流入など各種汚染源を規制することで汚濁負荷を管理している。一般に、水源地域に流入する廃水はStandard Aの水質を満足する必要がある(詳細はEnvironmental Quality (Sewage) Regulations 2009 and Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009参照)。
- 保全林の保護

### 関係機関

- JPBD (ESAの指定)
- DOE (廃水に関する規制)
- Forestry Department (森林の保全・管理)
- PERHILITAN、Local Authorities、District and Land Office、DID等を含む、環境保全・管理、開発規制に係る機関

### 全体的な提案

- 全ての水源地域はgazetteされるべきである。
- 水源地域における開発行為に関する詳細なガイドラインが必要である。

## **(4) 戦略 E-4: 河川を都市景観・レクリエーション活動に活用する**

河川景観や河川水辺空間の開発は河川回廊管理の一部と考えられる。現在では、河川は洪水排除、水供給としての機能だけでなく、幅広い価値があることが認識されてきている。DID Manual(March 2009)では、河川回廊管理を野外レクリエーション、教育、景観利用の機会を促進するものとしてとらえているが、これらは、河川景観や河川水辺空間の開発と密接に関連している。ここでは、河川を都市景観やレクリエーション空間として活用するための戦略を提案する。

### **(a) 対策 E-4.1: 河川と都市景観を統合する**

上記戦略に沿って、ここでは主要都市の景観計画に河川を統合する対策について述べる。河川を都市景観の要素として活用することで、審美性の面だけでなく、一般の河川の重要性の認識や愛着を向上されることができる。

### 現在実施中の対策

- 河川景観や河川水辺空間の開発に関する全体的なガイドラインやコンセプトは、各Local AuthorityのLocal Planに盛り込まれている。パハン川およびムアール川流域のLocal Planには、既存の本川および支川沿いの主な水辺空間・景観が記載されているとともに、新たな水辺公園、既存水辺レクリエーション空間の改良が提案されている。

### 関係機関

Local Authorities

全体的な提案

- Local Planに提案されている景観計画を遵守すべきである。
- 景観デザインは、地域の自然環境、分化と歴史に配慮するとともに、環境や人に優しいものとするべきである。すなわち、自然環境生物多様性の保全のみならず、レジャーやレクリエーション施設を提供することで、人々の河川の重要性に対する認識を向上させることが必要である。
- 開発を行う際には、可能な限り水面の開発を避け、景観の要素として利用すべきである。河川を排水路として利用する場合(monsoon drain等)においても、可能な限り自然の流れに近い形で計画を行うべきである(Supporting Reportの事例参照)。
- また、河川を清浄に保つことの重要性を一般に認識してもらうためには、河川清掃キャンペーン、釣り・カヤック大会等の活動を実施すべきである。例えば、DIDによる'Love Our Rivers' campaignについては、これを継続すべきである。

**5.5.5 洪水に対ししなやかな社会をつくる**

洪水セクターの政策は「洪水に対ししなやかな社会をつくる」である。この政策は、洪水を制御するという従来の洪水管理から、洪水を適切に管理して氾濫原の便益を最大化し、流域の持続的な発展を達成するという方向へシフトしようとする IFM のコンセプトに合致している。

この政策を達成するため、以下の3つの戦略案を立てる：

**戦略 F-1:** 洪水を管理する。

**戦略 F-2:** 洪水に柔軟な土地利用を構築する。

**戦略 F-3:** 安全な避難を確保する。

この3つの戦略案の下、さらに8つの対策案を表 5.5.18 に示すように提案する。これらの対策案の具体のプロジェクト案/行動案についてさらに第 6 章で説明している

**表 5.5.18 政策案、戦略案および対策案（洪水セクター）**

政策	戦略	対策	担当機関	備考
洪水に対ししなやかな社会をつくる	F-1: 洪水を管理する。	F-1.1: 適切な構造物対策を実施する。	DID	
		F-1.2: データ管理を改善する。	DID	
		F-1.3: 気候変動インパクトを監視し、見直しを行う。	DID	
		F-1.4: 森林を保全する。	JPBD, LA, DOE, PERHILITAN, Forestry Dept., BKSA	環境セクターと共通
	F-2: 洪水に柔軟な土地利用を構築する。	F-2.1: 洪水ハザードマップを作成する。	DID, Local government agencies	
		F-2.2: River reserve の公告を促進する。	DID, Land Office	組織法制度セクターと共通
	F-3: 安全な避難を確保する。	F-3.1: 予警報システムを改善する。	DID	
		F-3.2: コミュニティ防災計画を用意する。	DID, Local government agencies	

## 5.6 IRBM計画の実施のためのロードマップ

表 5.6.1 は前節で特別に提案されたプロジェクト案/行動案の実施のロードマップである。この表には、担当機関、概算費用、実施スケジュールが含まれている。

表 5.6.1 パハン川流域の IRBM 計画実施ロードマップ

セクター	プロジェクト/行動	機関	費用 (RM million)	スケジュール		
				10 <sup>th</sup> MP	11 <sup>th</sup> MP	12 <sup>th</sup> MP
				2015	2020	2025
組織制度	I-1.1: 河川流域委員会 (RBC)の強化	RBC		●		
	I-2.1.1: 連邦および州の Water Resources Department (WRD)の設立	NRE			●	
	I-2.1.2: River Basin Management Office (RBMO)の設立	NRE				●
	I-3.2: 統合的情報システムの確立	DID, MaCGDI		●●●		
	I-2.2: 河川管理区間の指定(River Reserve)	DID, Land Office		●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●
	IRBM 計画の見直しおよび更新	RBC			●	●
水利用	W-1.1.1: 気候変動インパクトの監視	BKSA			●	●
	W-1.3.1: 環境流量の調査	BKSA	1-2	●●		
	W-1.4.1: 地下水ポテンシャルの調査	BKSA, JMG	3-4	●●		
	W-2.2.1: 無収水の削減	JBA, SAINS, SPAN, PAAB		●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●
環境管理	E-1.1.1: 汚染源インベントリの作成と維持管理メカニズム構築のための能力強化	DOE	2-4	●●		
	E-1.1.2: 浄水場のスラッジの処理方法についての調査	Water Services Dept.	2-4		●●	
	E-1.1.3: Wet-markets の汚水処理の調査、パイロットプロジェクト	Dept. of local government	1-2		●●	
	E-1.3.1: 砂利採取のモニタリング	DID		●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●
	E-1.4.1: 農業関連化学物質(肥料・農薬・除草剤)の流出のモニタリング。	DOE		●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●
	E-2.3.1: 統合的 ESA 管理計画作成調査	UPEN	2-4	●●		
洪水管理	IFM 計画の構造物対策の実施 (表 6.5.1 参照)	DID	701	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●
	IFM 計画の非構造物対策の実施 (表 6.5.1 参照)	DID and others	39	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●

ロードマップの作成にあたり、以下の事項に特別な配慮をしている:

- I-1.1.1: IRBM 計画の実施の調整機関である河川流域委員会の強化はまず最初に行うべき事項である。
- I-1.2.1: 連邦および州の水資源局(WRD)の設立は、関係する法律の改正や新しい法律の制定を必要とする。また I-1.2.2: 河川流域事務所 (RBO)の設立はさらに、連邦憲法の第 9 条の改訂を要する。したがってこれらの実現には、審議に多く時間を要することになる。
- ほとんどのプロジェクトや行動は 2015 年までの最初の 5 年間に集中している。これらのプロジェクトや行動を実施した結果に基づき、IRBM 計画は 5 年毎に見直し、さらに更新すべきである。プロジェクトや行動の結果により、必要ならば、さらに新しいプロジェクトや行動を創出すべきである。このように、上向きのスパイラルに例えられるように、パハン川流域 IRBM 計画は継続的に改善されるべきものである。
- 気候変動インパクトのモニタリングは IPCC 評価報告書の発表に合わせ、4~5 年毎に実施すべきであろう。次の第 5 次評価報告書は 2013 年 9 月に発表予定である。

## 第6章 IFM計画の策定

### 6.1 序論

#### 6.1.1 政策、戦略および対策

5章において、パハン川流域の問題点を明らかにし、詳細な問題分析を実施した結果、洪水分野の政策テーマ“洪水に対してしなやかな社会づくり”を提案した。この政策は、IFM の概念を含み、従来の“洪水を制御”するという考え方から、“洪水を管理”するという治水方式にシフトし、氾濫原を効率的に利用しながら、持続的な流域の発展を実現するものである。この政策は次の3つの戦略から構成されている。

##### (1) 戦略-1: 洪水の管理

この戦略の目的は、構造物対策と非構造物対策の適切な組み合わせにより、主に都市部の洪水氾濫被害を最小限にすることである。しかし、パハン川流域においては、繰り返し洪水被害が発生しているにもかかわらず、構造物による洪水対策は長い間ほとんど実施されていない状況である。また、パハン川流域の都市部でさえも明らかに構造物対策の実施が不十分な状況である。このような中、パハン川流域では、信憑性の高いデータに基づいて計画・設計された最適な構造物対策を実施する必要がある。

さらに、理想的な構造物対策を努力して実施したとしても、気候変動或いは流域の乱開発の影響で構造物対策による所定の治水効果が得られなくなる可能性がある。そのため、気候変動適応策と土地利用管理は、構造物対策の実施とともに同時に検討・導入する必要がある。

##### (2) 戦略-2: 洪水に柔軟な土地利用の構築

「氾濫原の居住者」もまた流域の抱える課題の一つである。氾濫原の無秩序な土地開発は、洪水流量の増加と共に、氾濫原の洪水被害の可能性も高めてしまう。そのため、洪水に柔軟な土地利用を構築が必要である。

洪水に柔軟な土地利用の構築を実現するためには、洪水ハザードマップが非常に重要な役割を果たすと考えられる。洪水ハザードマップは、洪水に関する住民意識の向上に役立ち、さらに土地利用ゾーニングを策定する際の参考・指標となる。また、河川区域の管理を強化するために、Land Codeの第62条に基づいて、河川区域の対象となる地域の土地利用の公示(gazette)を推進していく必要がある。

##### (3) 戦略-3: 安全な避難の確保

IFMの第一目的は人命を守ることにある。洪水に対する適切な対応は洪水被害を緩和するためには重要である。その適切な対応の一つである地域社会による洪水予警報システムは、洪水期間中に住民を安全な場所へ導くための重要なツールである。

#### 6.1.2 IFM の目的

本章では、上述した政策、戦略および対策が、いくつかの明確な事業或いは活動を含む IFM 計画として統合される。この IFM の目的については、下記の通りである。

**目的:** パハン川流域において、洪水に対してしなやかな社会を構築するためのロードマップを作成する。

## 6.2 洪水緩和に関する過去および進行中の活動

### 6.2.1 構造物対策

1971年洪水の直後、オーストラリアのコンサルタントによって大規模な調査「*Pahang River Basin Study, 1974*」（以降パハン流域調査と称す）が実施され、都市部洪水防御、洪水調節ダム等を含むいくつかの洪水緩和対策が提案されている。1982年にJICAによって実施された調査「*National Water Resources Study*」においても、都市部の洪水防御とパハン川の洪水緩和のための3基の洪水調節ダムが提案されている。しかし、これまで、河口部のPekan townの洪水対策（ただし既に再建設が必要なまでに洪水被害を受けている）を除いては、ほとんど洪水緩和対策は実施されていない。パハン川は未だに自然河川の特徴にほとんど支配されている河川である。

このような状況で2007年洪水が発生したため、政府関係者の間でパハン川流域の洪水緩和対策に再び注目が集まってきた様子がうかがえる。なお、第9次国家開発計画において、パハン川流域の洪水緩和事業に配分された予算は下表に示す通り約230百万RMである。

表 6.2.1 第9次国家開発計画における予算配分（パハン川流域）

事業名	割当予算 ('1000 RM)	ID 番号
Flood mitigation Temerloh district	1,200	16700-009-0007
Flood mitigation plan, Bentong district	4,000	16700-009-0010
Flood mitigation plan, Raub district	7,961	16700-009-0011
Flood mitigation plan Pekan district	8,400	16700-009-0013
Control Program and Flood Warning Signal	5,000	13900-001-0017
Upgrading of bund and structure for coastal erosion	3,365	15100-004-0009
Rehabilitation of rivers	13,500	15200-001-0031
River dredging, Sg. Pahang (Protection and Rehabilitation of Pahang River Mouth)	177,746	15300-001-0018
River dredging, Sg. Bebar	4,237	15300-001-0019
Town drainage, Sg. Pahang	2,494	16700-009-0001
合計	227,903	

出典: DID HQ

パハン川流域においては、既に着工している洪水緩和事業と予算次第で直ちに着工されうる事業が、合わせて4つ進行中である。これらの事業の位置と概要は図 6.2.1と表 6.2.2に示す通りである。ただし、それぞれの事業は、対象地域特有のローカルな問題への取り組みであり、本川対策の広大な洪水氾濫を緩和するものではない。



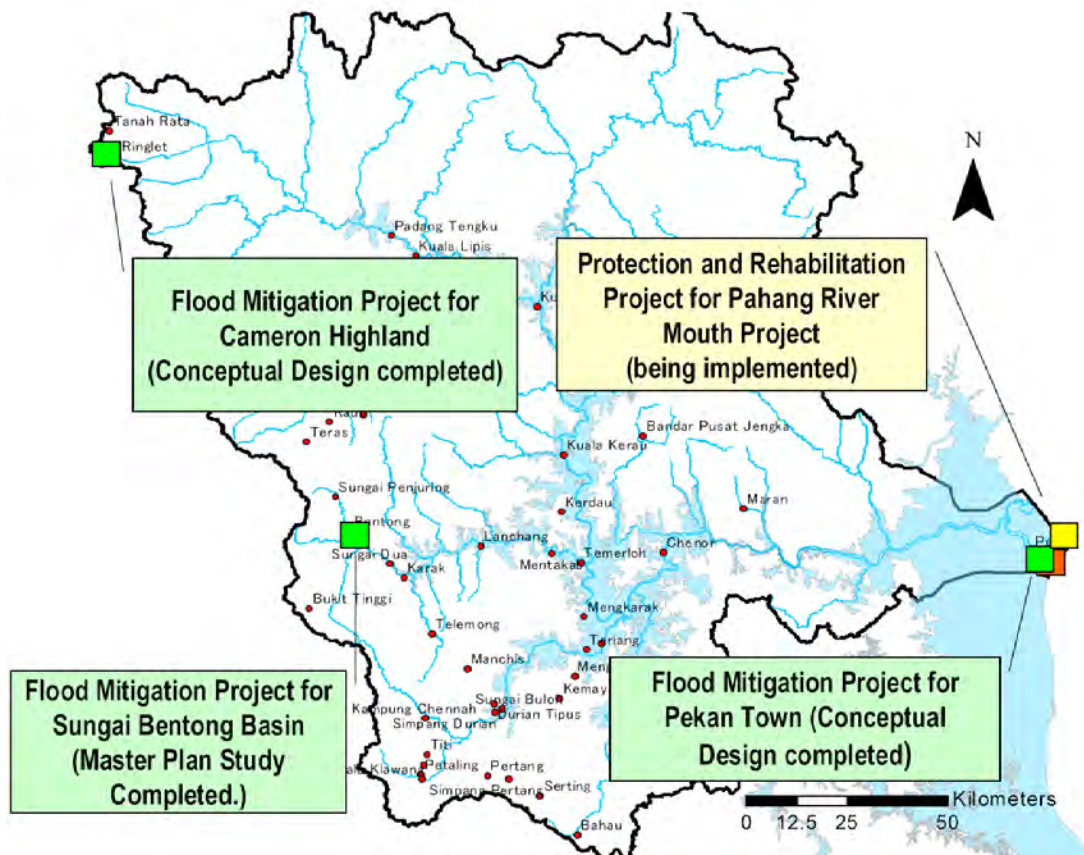


図 6.2.1 進行中の洪水緩和事業の位置

表 6.2.2 進行中の洪水緩和事業の概要(2009年11月現在)

事業名	目的	対策	総事業費 (百万 RM)	実施期間	事業進捗
パハン河口保全 修復事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>河口閉塞の改善</li> <li>適切な航行水路の確保</li> <li>漁港防御</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波堤</li> <li>航路整備</li> <li>海岸・河川保全工事</li> <li>迂回水路</li> </ul>	約 1,000	2007 -2012	実施中
Pekan 洪水緩和事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pekan Town を 25 年確率洪水から防護する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本川堤防</li> <li>堤防強化</li> <li>排水路改善等</li> </ul>	280	N/a	概念設計完了
Bentong 川流域洪水緩和事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentong 川流域における安全度 100 年の治水対策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 遊水地</li> <li>2つの既存遊水地の改善</li> <li>排水路改善</li> </ul>	250	N/a	マスタープラン調査官僚
Cameron Highland 洪水緩和事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ringlet Town の洪水を防ぐ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川改修</li> <li>保護</li> <li>4 橋梁の改築</li> </ul>	3	N/a	概念設計完了

### (1) パハン川の河口保全修復事業

本事業は第9次国家開発計画のもと進行中であり、主要工事として防波堤建設、舟運水路整備、海岸及び河川保全工及びシエドハッサン島（河口部の中洲）の捷水路建設が実施中である。防波堤の建設は2009年11月時点で40%の出来高である。本事業の目的は、次の通りである。

- Pekanの高潮災害リスクの低減
- 河口部閉塞防止
- LKIMコンプレックスに出入する漁船の安全な舟運の確保
- 舟運水路、繫船・停泊施設の整備
- 高波からの避難域の整備



パハン河口部と防波堤の設置箇所



Kuala Pahang の河岸防止工（石積み水制）

図 6.2.2 河口保全修復事業現場

### (2) Pekan Town 洪水緩和対策

パハン川河口部に位置するPekanの洪水対策は、第8次国家開発計画で実施してきた洪水対策事業に引き続き、パハン川の25年確率洪水流量に対して防護するものである。事業の内容としては、以下の建設工事が対象である。

- 本川沿いの堤防建設 (2,400 m)
- Sg. Pekanの排水ゲート整備
- 南側輪中堤の強化 (7,900m)
- Sg. Mat Dulangの排水ゲート整備(2基)
- 西排水路整備 (4,500m)
- 東側道路新設 (9,000 m)
- 排水路改善 (8,200 m)
- 西側輪中堤の強化 (3,600 m)
- 小規模排水河川の改修 (19,350 m)

### (3) Bentong 川流域洪水緩和対策

Bentong River流域では、中流及び下流部の都市Bentongの低平地における氾濫が問題となっている。特にBenton Riverからの洪水の溢水による低平地の浸水が顕著である。対策として、2基の調整池建設と既存調整池の機能改修（表 6.2.3）及び市内排水路の改善が実施される。

表 6.2.3 洪水緩和のために必要な調整池

調整池名称	調整容量 (MCM)	基礎地盤 標高 (m)	天端 (m, LSD)
U. Bentong	1.5	165.0	175.0
Sempeli	5	120.0	150.0
Repas	3.8	121.0	145.0
Perting	16	100.0	118.0



Kg. Bharu 地区の完成した堤防



Kawasan Rumah Murah 付近の河川改修

図 6.2.3 Bentong River 改修事業の現地写真

#### (4) Cameron Highland 洪水緩和対策

Cameron Highlandsの洪水対策は、Ringlet Townを流下する河川に対して100年確率洪水の防護レベルを保つもので以下の対策が予定されている。

- Ringlet River の河道をコンクリート水路化（幅 6m、深さ 2.8m）
- Ringlet River 上流の 4 橋梁架け替え

### 6.2.2 非構造物対策

パハン川流域においては、非構造物対策の導入が構造物対策よりも進んでいると考えられる。おそらく、この状況は不十分な構造物対策をコストの低い非構造物対策によって補完しようと努力した結果生じたのであろう。この節では、パハン川流域に導入されている次の主な非構造物対策について説明する。

- 洪水氾濫区域図/洪水ハザードマップ
- 土地利用管理
- 洪水予警報システム
- 洪水対応
- 気候変動適応策

#### (1) 洪水氾濫区域図/洪水ハザードマップ

洪水氾濫区域図と洪水ハザードマップは、洪水氾濫状況を記録するだけでなく、洪水に関する住民意識の向上、土地利用計画、避難活動に有効である。DIDは、2003年に全国河川流域調査を実施した。この調査の目的は、1981年から2001年までの洪水状況を調査して、既存の洪水情報をアップデートするものであり、この情報に基づいて洪水氾濫実績図が作成され、第8次国家計画における洪水軽減プロジェクトがリストアップされた。

パハン州においては、1:600,000縮尺と1:100,000縮尺の「Pahang州洪水氾濫区域図」が作成された。さらに、この後、図 6.2.4に示すように、2007年12月洪水の洪水氾濫実績図がDIDによって作成された。しかし、これらの氾濫区域図は、解像度が低いことから、土地利用計画や避難活動に適用することは難しい。そのため、洪水氾濫区域図や洪水ハザードマップを作成する際の縮尺としては1/10000程度を推奨する。

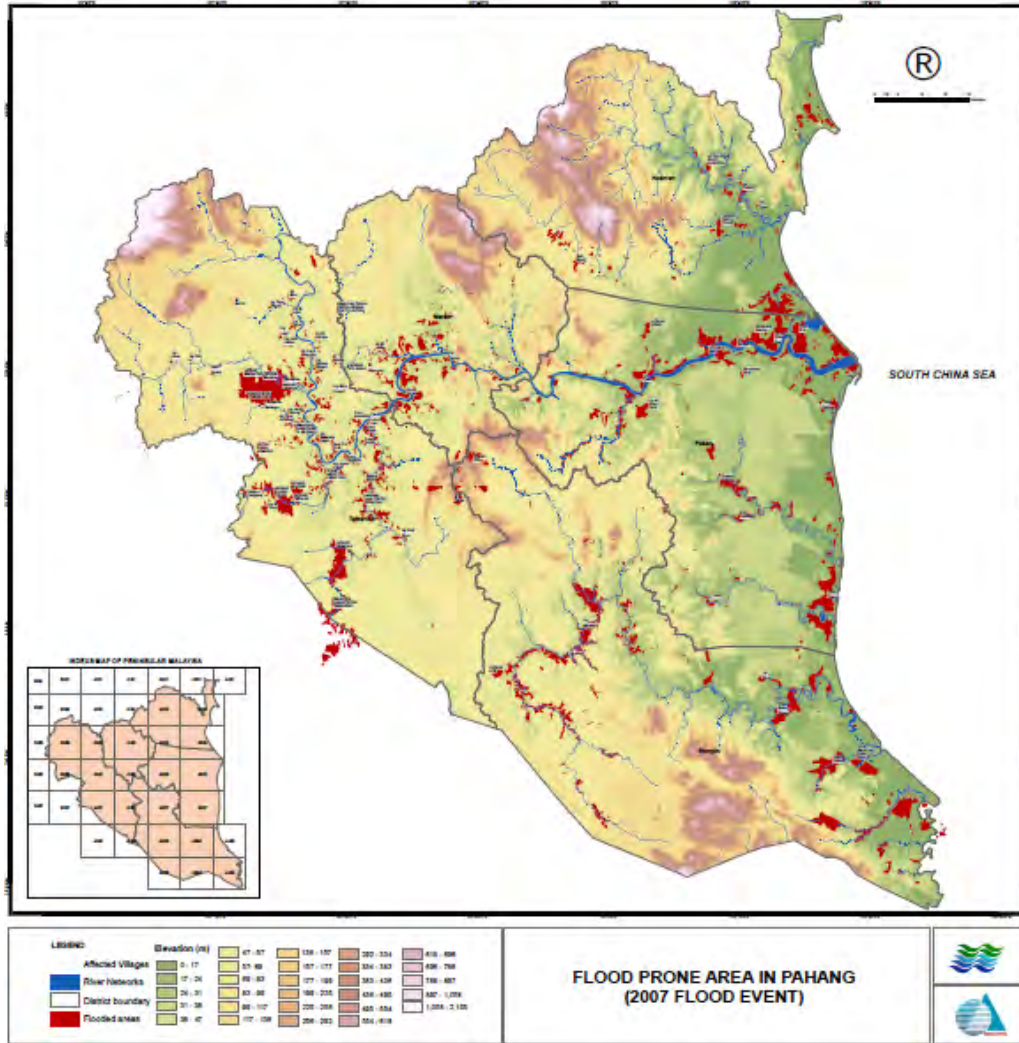


図 6.2.4 Pahang 州南部における 2007 年洪水時の洪水氾濫実績図(DID 作成)

洪水ハザードマップは、氾濫形態および避難情報をわかりやすく地図上に表示したものである。このマップは、人命・資産の損失を守ることに役立つほか、洪水時の避難所等への移動に際する避難情報としても役立つものである。

ハザードマップに関しては、DIDが全ての河川について作成計画を策定するとともに、マップを作成して、住民への公開を行う役割を持っている。DIDからの情報によると、洪水ハザードマップ作成に関するアクションプランは策定済みであり、現在クアラルンプールの西側に位置する、Damansara川において作成中とのことであるが、ムアール川流域については作成されていない。しかしながら、パハン川流域においては、洪水ハザードマップは作成されていない。

## (2) 土地利用管理

### (a) 土地利用ゾーニング

「National Physical Plan」、 「State Structural Plans of States of Negeri Sembilan and Johor」 および関係する全てのLocal Planにおいては、土地開発を指導するために土地利用のゾーニング計画が示されている。2.7.2で説明したように、「State Structural Plans」においては、2000年時点で

流域全体の70.5% (20,000 km<sup>2</sup>) を占める森林が、主に農地利用への転換によって、2020年時点で16.1% (4,600km<sup>2</sup>) 減少する計画になっている。

それぞれのLocal Authorityによって作成・公示されるLocal Planは、詳細な土地ゾーニング情報を提供している。一般的に、土地利用ゾーニングは工業地区、社会生活基盤、公共機関・施設、有閑地・公共広場、ビジネス・商業地区、農業地区、森林等を含んでおり、それぞれの地区において可能な開発行為についての指針がLand Planに説明されている。全ての開発行為は、土地ゾーニング計画に従うため、如何にしてゾーニング計画を作成するかが重要である。しかし、Local Authorityの職員にインタビューしたところ、現時点では、Local AuthorityがLocal Planを策定する際に、洪水氾濫区域図や洪水ハザードマップを参照することはほとんど無い。

### (b) 開発行為の規制

無秩序な開発行為を防ぐためにマレーシアには多くの規制が用意されている。表 6.2.4は、建設事業、伐採行為、農地開発を含む主な開発行為がどのように規制されているかを示している。なお、50ha以上の宅地開発等の大規模開発や500ha以上の農地開発はEIAの対象となる。

加えて、1.6.1で説明したように、自然環境的および生物生態的に重要かつ敏感な地域は、「Environmental Sensitive Areas (ESAs)」として「National Physical Plan」に示されている。ESAsには、保護区域、集水域、野生生物回廊地帯等が含まれており、JPBDが作成したESAガイドラインに従って保護されている。

DIDは、「Urban Stormwater Management Manual for Malaysia (MASMA)」を2000年に作成している。このMASMAは都市洪水対策を設計するための包括的マニュアルであり、設計プロセス、洪水制御の原理、作業設計、計画準備および保守事項などを網羅している。また、MASMAは、土地開発行為による貯留能力を補填するために調整池の開発者による設置を規定していることで知られている。

表 6.2.4 開発行為の規制

開発行為	規制内容
建設工事(宅地造成を含む)	Local Authority の承認が必要 DID と Land Office 等がテクニカルアドバイザーとして評価に参加する。 MASMA による規制
森林伐採	Forestry Department がライセンスや伐採規則により伐採行為を規制している。
農地開発	JPBD と Local Authority が土地利用規制を推進している 農地開発には UPEN と PTG の承認が必要 DOA が農作業行為について規制している

### (c) 河川区域の指定

Pahang Stateにおいては、Land Codeの第13条に従い、川幅に応じて幅10mから50mの河川区域が公示されている。一方で、Negeri Sembilan Stateにおいては、今まで河川区域の公示は行われていない状況である。

DIDのRiver Management DivisionやCoastal Zone Divisionの職員によると、13条による河川区域の公示は、河川区域とその区域内での開発行為の規制内容が法律的に明らかになっていないため効果的な規制手法ではない。DIDは効率的に所定の堤防幅を確保するために、第10次国家計画において、Land Codeの第62条に従って河川区域を公示することを開始する。また同時に、河川区域の公示がなされていない州については、第13条による迅速な公示を推進している。

62条による公示が行われた場合、①河川区域の位置やその目的、②土地管理者の指名、③公的  
目的で土地確保が行われたという確証を周知しなくてはならない。なお、DIDが、河川区  
域の管理者となることも有り得る。来年(2011年)には、DIDは公示に向けた最初のステップと  
して、土地調査を開始する。

(3) 洪水予警報システム

(a) Infobanjir (テレメトリーシステムによる洪水予警報システム)

DIDのHydrology and Water Resources Division (以下“水文部”と称する)は、2005年から国内  
全流域を対象とした、Infobanjirと呼ばれる300箇所のリアルタイムの時間雨量、毎時水位観測  
情報のウェブ上の提供を開始した。

一旦、指定観測所水位が「警戒レベル」に達した場合は、DIDは、雨量、水位データを注意  
深く監視する体制になる。「警告レベル」に達した場合は、DIDは、必要な防災機関（警察、  
消防等）に対して水位情報を提供する。さらに、河川水位が「危険レベル」に達すると予想  
される場合は、洪水管理センターや警察、消防等の関係機関に連絡し予測情報を伝える。

Pahang State全体では、25基の水位観測所、31基の雨量観測所がテレメトリーネットワークに  
取り込まれているが、このうちパハン川流域に位置するものは、23基の水位観測所(Negeri  
Sembilan 州の1観測所を含む)と、25基の雨量観測所(Negeri Sembilan 州の1観測所を含む)であ  
る。

表 6.2.5 水位と降水量観測所のテレメトリーネットワーク(パハン川流域の Infobanjir)

観測項目	パハン川流域の観測所数	Pahan State の観測所数	Negeri Sembilan State の観測所数
Water level	23	22	1
Rainfall	25	24	1

Source: Infobanjir on-line river level data and rainfall data

(b) 洪水予測

洪水予警報システムは、DIDの水文部が開発したシステムであり、パハン川の洪水予警報に  
採用されている。水文部から入手したシステム説明資料から、概要を説明すると以下の通り  
となる。

時間流量 (Q) については、3個の回帰係数(たとえば、当該時間(a),1時間前(b), 2時間前(c)、  
時間雨量 (R) については、それぞれの時間毎に求められる4個のパラメータ(たとえば、当該  
時間(d)、1時間前(e)、2時間前(f)、3時間前(g))から線形変換関数モデル(Linear Transfer Function  
Model: LTFM)により、予測流量Q1が求められる。(図 6.2.5参照)

$$Q_1 = aQ_0 + bQ_{-1} + cQ_{-2} + dR_0 + eR_1 + fR_{-2} + gR_{-3}$$

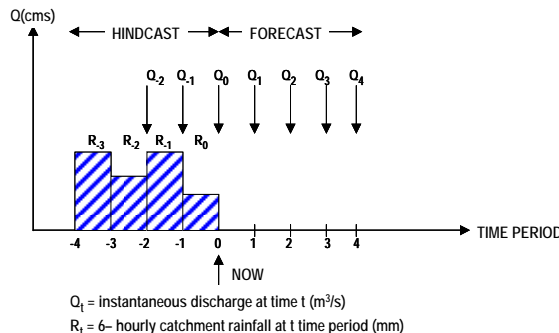
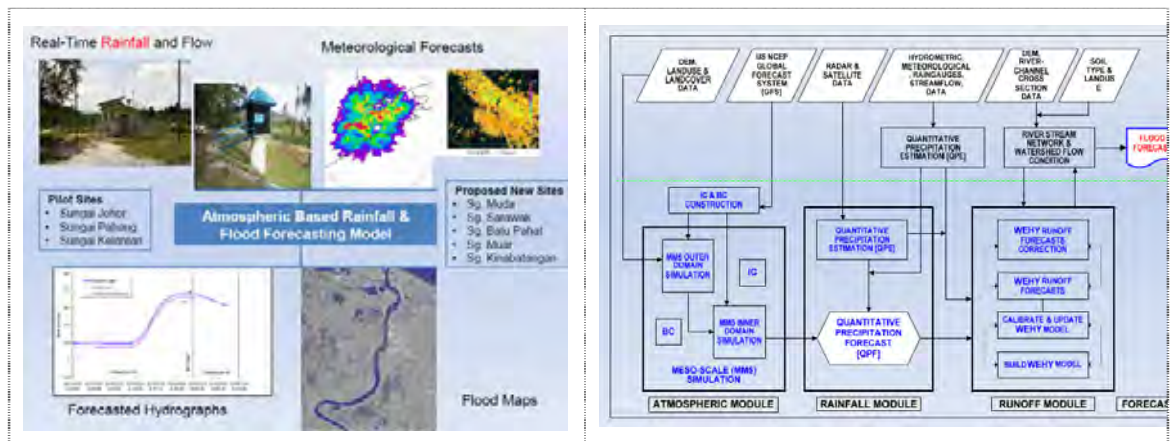


図 6.2.5 LTFM による流量予測

パハン川の予警報システムのために自記雨量観測所が6カ所、自記水位観測所が3観測所（上流、中流、下流）に設置された。既往の雨量-流量関係、警報活動等に必要な準備時間等を考慮して予測時間は6時間先とした。6観測所の毎時雨量、3観測所の毎時水位、流量を入力することにより、24時間以内の6時間毎の予測流量、水位が算出される。

### (c) AMRFF モデル (Atmospheric Model-Based Rainfall & Flood Forecasting Model)

DIDは、既存洪水予警報システムの改善のためにパイロット流域として、パハン川へ、USAのAMRFF(atmospheric model-based rainfall and flood forecasting system)モデルの導入を予定している（図 6.4.2左側、参照）。AMRFFシステムは、図 6.4.2に示すように、大気モジュール、降雨モジュール、流出モジュールからなり、降雨分布・強度を算定する機能や、緊急対応時の適切なリードタイムを確保するためのリアルタイム洪水警報機能を有する。このシステムは2011年に運用開始される予定である。



Source: Hydrology Division, DID

図 6.2.6 レーダー雨量観測洪水予警報システム(AMRFF)

### (d) サイレンやサインボードによる警報システム

DIDは、パハン川流域のフラッシュフラッドが発生する地域において、53箇所の警報サイレンを設置している。サイレンは、河川水位の上昇を感知して、自動的に吹鳴するようになっている。また、パハン川流域においては、サイレンに加え、洪水情報板もいくつか設置されている。洪水情報板は、上流の水位と付近の水位の関係を知らせるものである。サイレンや洪水情報掲示板の設置数については、まだ不十分な状況である。



洪水警報サイレン (Kg. Chedong, Maran)



サインボード (Kg. Sekara, Maran)

図 6.2.7 警報サイレンとサインボード (パハン川流域)

#### (4) 洪水対応

コミュニティ防災活動については、内閣府の国家安全委員会(National Security Council)事務局の下に、防災管理救難委員会(Disaster Management and Relief Committee)が連邦レベル、州レベル、Districtレベルで設立されている。洪水管理に関しては、国家安全委員会は、2001年に洪水管理基準(Standard Operating Procedures for Flood Disaster Operation, Vol.1 (SOP))を策定している。この基準(SOP)に基づく、各機関の役割、活動は表 6.2.6以下の通りとなる。

表 6.2.6 洪水管理に係わる関係機関の役割

項目	役割、活動内容	関連機関
(1) 洪水への準備		
1) 避難センター	避難センターの確認	DSW(社会福祉局)
2) 食料、水等の準備	必要食糧、水の備蓄	DSW
3) ヘリポートの整備	ヘリポートの確保	MRAF(空軍), RMP(警察)
4) 救難用ボート	救難用ボート、救難具	RMP, MRAF, MCDD(防衛), FRD(消防), DO(ディストリクト), LA(地方自治体)
5) 河川、排水路の整備	河川、排水路の整備	DID(かんがい排水局), PWD(公共事業局), LA
6) 洪水警報	降雨情報	MMD(気象庁)
	洪水に関する情報、予警報	DID, WA(水公社), TNB(電力)
	洪水情報板の設置	DID, PWD
7) 洪水危険度の解析	洪水危険度の検証、解析	DID, PWD, MGD(鉱物資源局), MACRES(リモートセンシング)
(2) 洪水対応		
1) 指示、調整	現地対策本部における指示、調整	警察(連邦), 警察(state & district)
2) 通報、伝達	通信手段の確保(電話、ファックス、無線、walkie-talkie, 等)	同上
3) 洪水被害レポート	洪水報告	NSC(国家安全委員会)
	洪水報告	DID
4) 住民避難	避難センターへの誘導、支援	警察(state & district)
5) 避難センターの立上げ	避難センターの運営(被災者の確認、食糧供給、生活雑貨、薬、被災者の安全確保、等)	DSW, MCDD, RMP
6) 救難活動	被災者の捜査、救難	警察(state & district), FRD
7) メディア管理	情報開示、メディア管理	DOI(情報局)

Note:

DSW: Department of Social Welfare, MRAF: Malaysian Royal Armed Forces, RMP: Royal Malaysian Police, MCDD: Malaysian Civil Defense Department, FRD: Fire and Rescue Department, LA: Local Authority, DO: District Officer, DID: Department of Irrigation and Drainage, PWD: Public Works Department, MMD: Malaysian Meteorological Department, WA: Water Authority, TNB: National Electric Company (Tenaga Nasional Berhad), MGD: Mineral and Geoscience Department, MACRES: Malaysian Center for Remote Sensing, OSCP: On-Scene Control Post, DOI: Department of Inform

洪水管理に関するコミュニティ防災管理活動としては、DIDと地域社会において、水防セミナー、トレーニング活動が実施されている。DIDからの情報によると、これらの実施は、原則として年に1回ないし2回の実施である。これらのセミナーでは、出席者に対して、既往の洪水氾濫範囲、避難実績、洪水氾濫実績図を示し、さらには、洪水警報システムの説明を行っている。

一方で、地域社会参加型の水防訓練や図上での避難演習等は、パハン川流域においては、実施されていない。しかし、洪水管理では、住民への周知や水防訓練の実施が重要と考えられており、DIDとNSCの間では、それらの実施について話し合われている。

#### (5) 気候変動適応策

マレーシア国では、洪水に係わる気候変動適応策は現在実施されていない。第10次国家計画において、初めて気候変動への取り組みに係わる二つの戦略が採択されたところである。

しかし、気候変動予測は、マレーシア国において5年前から続けられている。NAHRIMと気象局(MMD)は、それぞれ地域気候モデル(RCM)を構築しており、前者はマレー半島を対象とし、後者は南東アジアを対象としている。具体的には、NAHRIMは、カリフォルニア大学と合同で、マレ



一半島を対象とした地域水文気候モデル(RegHCM-PM)を9km四方の水平分解能にて構築している。気象局は、イギリスのHadley Centreが開発したPRECIS(Providing Regional Climate Impact Studies)モデルを活用して、マレーシア全土を含む南西アジアを対象とする50km四方の水平分解能を有する地域気候モデル(RCM)を開発している。

NAHRIMは、マレー半島の主な8河川（Muda川、Perak川、Selangor川、Klang川、Johor川、Pahang川、Terengganu川、およびKelantan川）における月別流量の変化を予測している。その結果、パハン川のTemerloh観測所における最大月流量が増加し、一方で最小月流量は減少することが判明している。これにより、洪水や早魃のような極端な水文現象は、将来さらに高い頻度で発生し、かつその程度は増幅されていくことが読み取れる。

### 6.2.3 河川・排水構造物の維持管理

DID及び地方行政機関が、Pahang Stateにおいて、河川及び排水施設の維持管理及び修復を実施している。DIDは、第9次国家開発計画期間中に、都市・町の排水施設維持管理、河川の浚渫及び河川修復の費用として、連邦政府へ225百万RMの予算要求を行った。DID Pahang Stateは、表6.2.7に示すように、2008年の洪水による構造物の被害を修復するために、合計で12百万RMを費やした。



パハン本川沿いの河岸侵食、対策として根固め部分に蛇籠設置、法面保護とリップラップ工を実施



Semantan RiverのMentakab Districtの河岸侵食対策としてソフトロック工法を実施している

図 6.2.8 パハン川流域における維持管理の様子

表 6.2.7 復旧事業と費用(2008年)

No.	事業名	位置	費用 (Million RM)
1	Rehabilitation at Kuala Sg. Kuantan	Kuantan	2.2
2	Rehabilitation Sg. Semantan	Temerloh	1.6
3	Drainage system rehabilitation	Kuantan	2.5
4	Rehabilitation at Sg. Karan	Kuantan	3.3
5	Rehabilitation Sg. Pahang at Kg. Temai	Pekan	2.4
合計		Pahang	12.0

出典: DID Pahang

## 6.3 計画フレームワーク

### 6.3.1 IFM計画の目標完成年

IFMの計画期間はIRBMで設定した計画期間と同様とする。つまり、目標完成年を2025年とし、IFM計画は、5年毎に策定される第10次、第11次、第12次マレーシア国家計画の期間をカバーする。

### 6.3.2 将来の自然・社会条件の設定

IFM計画は2025年に完成するため、2025年の自然・社会条件を想定して計画を立てることになる。2025年の人口、土地利用、気候変動インパクトについては表 6.3.1のように設定した。

表 6.3.1 目標完成年 2025 年における条件設定

項目	設定方法	備考
人口	2025 の人口を予測。	流域人口は 2010 年の 1,190,000 人から 2025 年の 1,480,000 人に増加。
土地利用	2020 年の土地利用図を 2025 年用に代用。	市街地は 2000 年の 0.8%から 2025 年の 5.1%に 4.3%増加。
気候変動インパクト	第 3 章に示したとおり。	100 年確率 8 日間雨量は 10%増加し、527.5 mm から 2025 年には 580.3 mm に増加。海面上昇は 12cm。

### 6.3.3 構造物対策の設計規模

洪水管理に関する DID マニュアル(第 1 巻: Flood Management, 6 章: Flood Mitigation Guideline)によると、洪水対策の防御レベルは基本的に都市部、地方（都市部と地方の明確な定義はないが）について、それぞれ 100 年、25 年～100 年と設定している。しかし、同マニュアルの“10 章：設計基準や設計検討”においては、予算や社会経済的状況、スケジュール等の様々な制約から上述した理想の設計レベルを下回る場合もあるとされている。そのため、この調査においては、防御レベルは暫定的に DID マニュアルの第 6 章に準じるが、対象地域の状況や制約条件によっては防御レベルが下がることも考えられる。

### 6.3.4 IFM アプローチ

DID マニュアルの第 1 巻 洪水管理によれば、IFM は 7 つのコンポーネント(1) 参加アプローチの確保、(2) 土地と水管理の統合、(3) 水循環の管理、(4) ベストミックスの戦略の採用、(5) 統合的ハザード管理アプローチの採用、(6) 環境改善の採用、(7) 国家洪水管理政策の導入を含む。IFM 計画においては、これら 7 つのコンポーネントを考慮するが、特に次の 3 項目、(1) 参加アプローチの確保、(2)土地と水管理の統合、(4)ベストミックス戦略の採用に重点をおいて IFM 計画を策定する。

参加アプローチの一環として、この準備調査の期間中に、ステークホルダー会議とステアリングコミッティを、それぞれ 3 回開催した。調査団は、これらの会議や委員会を通じて、洪水に関する課題、意見、情報を参加者から収集し、計画策定に活用した。

土地と水の統合管理はパハン川流域にとって非常に重要な課題である。IFM 計画は、洪水氾濫地域の洪水被害を緩和することが主目的であるが、パハン川流域の広大な地域に広がる洪水氾濫を完全に制御することは非常に困難である。また、パハン川流域の社会経済規模を考慮すると、大規模構造物による治水対策の実施は非常に効率が悪い。したがって現状では、洪水氾濫の発生はある程度はしかたないものと認識し、適当な構造物対策と非構造物対策の組み合わせにより、洪水に強い地域づくりを心掛けるべきである。

## 6.4 IFM計画における各種洪水対策

### 6.4.1 構造物対策

現地踏査、既存調査報告書及び関係者へのインタビューから、パハン川流域において受容可能な構造物対策を広範囲の洪水氾濫対策と都市部の洪水防御対策に分類し表 6.4.1に要約した。

表 6.4.1 パハン川流域における構造物対策

目的	対策
膨大な洪水氾濫域の削減	河川改修(堤防、河道掘削)
	治水ダム
	分水路
都市域の防御	輪中堤および排水施設

広範囲の洪水氾濫を減少させるための対策は、どれもが大規模な対策になる。それらは、洪水氾濫をかなり減少させるが、同時に高い財務コストと環境コストを必要とする。パハン川沿いの氾濫原の人口の少なさを考慮すると、それらの経済的妥当性は疑わしい。それらの対策に比べて、DIDが実施を進めているPekan、BentongおよびCameron Highlands等の都市部の洪水対策が現実的であるように考えられる。以上より、パハン川流域においては、大規模な対策の導入を実施せず、現在の非常に広大な氾濫原を、土地利用規制の強化により自然の遊水池として維持していくことが妥当だと考えられる。これらの対策案について下記に詳細に検討する。

## 6.4.2 構造物対策の検討

### (1) 河道計画

河川改修は最も一般的な対策であり、河道の流下能力を堤防や河道の拡幅や掘り下げによって増やそうとするものである。しかしながら河道改修は河川延長の長いパハン川にとって不利である。都市域や部落が、本川や支川沿いに散在しており、これらを守ろうとすると河口から全川にわたって連続的に河川改修を実施しなければならない。本川だけで河川延長は300kmにもおよび、その費用や環境へのインパクトは膨大なものとなる。したがってパハン川本川の河川改修案は棄却される。

### (2) Dam Reservoir

「全国水資源計画調査、JICA、1982年」で表 6.4.2 and 図 6.4.1に示す3つの治水ダムが提案されている。

表 6.4.2 ダムおよびダムサイトの概要

ダム名	概要
Telom/Jelai Kecil	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダムサイトは Jelai River の上流部に位置</li> <li>貯水池周辺は深く風化しているため、脇ダムが必要</li> <li>Koyan River の大規模なヤシ油のプランテーションが貯水池</li> <li>ロックフィルダム</li> </ul> 洪水調節容量: 1,740 MCM ダム高 35 m、堤体積 1.5 MCM、脇ダム 1.0 MCM、転流工長さ 250 m 径 9 m
Tembeling Upper Dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダムサイト、Tembeling River 上流で Abai River との合流地点上流 0.5 km</li> <li>谷が狭く、重力式コンクリートダムが建設可能</li> </ul> 洪水調節容量: 2,110 MCM ダム高 40 m、堤体積 162,000 m <sup>3</sup> 、転流工トンネル 220 m 径 7m、右岸側のアバットに位置、ゲート形式洪水吐き
Tekai Lower Scheme	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダムサイト、Tembeling River 合流地点から Tekai River の 7km 上流</li> <li>ダムサイトの谷は直線河道で谷幅 50m。アバットは険しい。</li> <li>貯水池周辺はジャングルで、人家はなし、移転費用はなし</li> <li>ロックフィルダム</li> </ul> 洪水調節容量: 510 MCM ダム高 75 m、堤体積 1.2 MCM 転流工トンネル: 270 m 径 9 m 右岸部のアバットに位置

これらの治水ダムの効果を検討するために、確率規模別に洪水シミュレーションを行い、ダム無しのケースとの比較を行った。さらに、ダムによる洪水被害額の削減額として表わされる便益を算定し、B/C、現在価値(NPV = B-C) および経済的内部収益率(EIRR)を、耐用年数50年および割引率10%と設定して、表 6.4.3に示すように計算した。

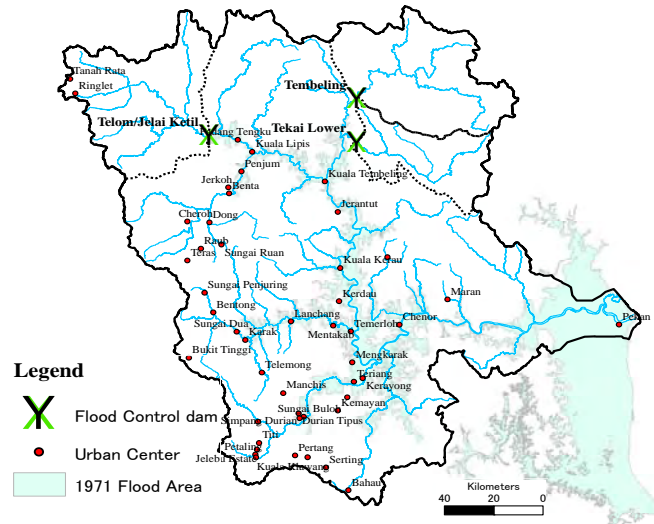


図 6.4.1 治水ダムの位置

1.0をかなり下回るB/C値から分かるように、3ダムは経済的に効果的ではない。さらに貯水池予定地域にはかなりの家屋も見られ、環境問題だけでなく、社会的なインパクトも予想される。したがって、3治水ダム案は棄却される。

現在 Ulu Jelai 水力ダムProject (Jelai River川支川) と Pahang-Selangor導水事業 (Semantan川支川) で実施中である。さらに2、3の発電用および上水用ダム貯水池もパハン川流域で提案されている。もしこれらの発電ダムが実現すれば、洪水緩和の効果も若干ながら期待できるかもしれない。

表 6.4.3 治水ダムの効果

ダム名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	治水容量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	費用 (10 <sup>6</sup> RM)	対策無しのケースと比較しての 100 年確率洪水水位低下量 (cm)				NPV (10 <sup>6</sup> RM)	EIRR	B/C
				Kuala Lipis	Temerloh	Lubok Paku	Pekan			
Telom/Jelai Kecil	2,840	1,740 <sup>*1</sup>	1,311	107	15	9	5	-522	-4.33%	0.08
Tembeling Upper	2,850	2,110 <sup>*1</sup>	2,153	25	64	35	15	-599	1.47%	0.27
Tekai Lower	1,390	510 <sup>*1</sup>	490	16	39	21	10	-221	4.12%	0.60

データソース: <sup>\*1</sup>: National Water Resources Study, Malaysia, 1982, JICA  
B/C と NPV: の計算に用いた割引率は 10 % である。

### (3) 分水路

Temerlohの北、パハン川とJengka川の間には低い起伏があり、大洪水時にはこの起伏を越えて、パハン川からJengka川への自然のバイパス流れが観察されている。Jengka分水路はこの現存するバイパス流を図 6.4.2人工の水路によって、増強しようとするものである。

治水ダムと同様に、Jengka分水路の効果を洪水シミュレーション結果に基づいた経済分析によって検討した。洪水シミュレーション結果によれば、分水路によってTemerlohの100年確率洪水水位は303cmも下がるが、下流の水位を返って上げることになる。例えば、表 6.4.4に示すように、Lubok では54 cm、Pekanでは23 cm水位が上昇する。結局、下流側の被害が便益よりも大きくなり、経済的に成り立たず、Jengka Diversion分水路案は棄却される。

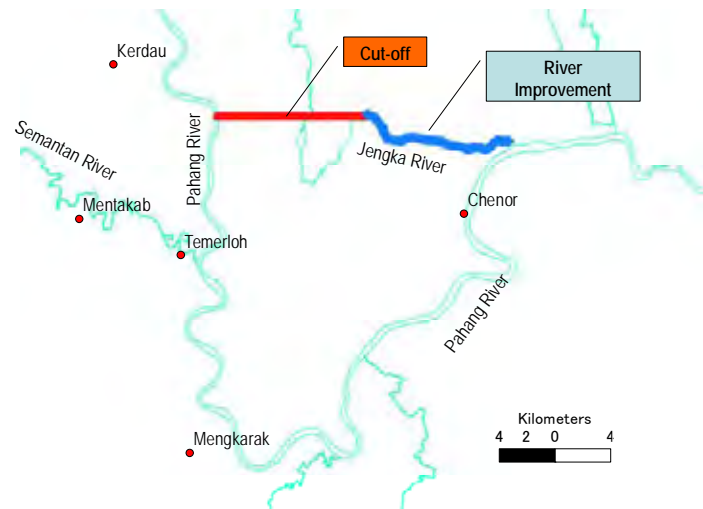


図 6.4.2 Jengka 分水路の位置

表 6.4.4 Jengka 分水路の効果

分水路名	流路長	費用 (10 <sup>6</sup> RM)	対策無しの場合と比較しての 100 年確率洪水 水位低下量 (cm)				NPV (10 <sup>6</sup> RM)	EIRR	B/C
			Kuala Lipis	Temerloh	Lubok Paku	Pekan			
Jengka Diversion	掘削水路：9.5km, 河川改修：10km	260	0	303	-54	-23	-193	impossible	impossible

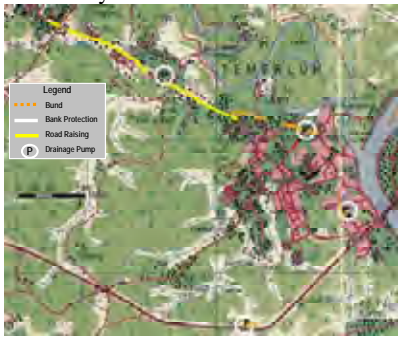

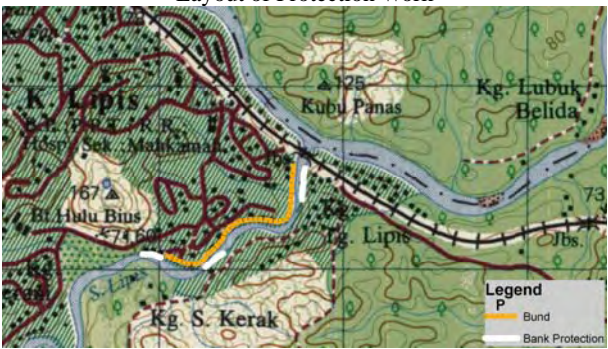

Discount rate for estimation of B/C and NPV is 10 %

#### (4) 都市域の防御

この対策は比較的人口の多い都市域だけを、輪中堤や排水施設を設置して洪水から守ろうとするものである。防御される地域は小さいため、下流に対する影響（流量、氾濫面積の増加）は無視できるほど微々たるものである。

過去の洪水被害に関する調査や関係者との協議、洪水シミュレーション結果などに基づき、Temerloh、Mentakab、Kuala LipisおよびTeriangの4つの都市が防御対象候補都市域として選定された。そして4都市域の防御計画について、100年確率洪水を対象に簡易設計を行い表 6.4.5に整理した。

表 6.4.5 各都市の洪水対策の概要

Temerloh	Mentakab
<p>Feature: Administrative centre for the Temerloh district, located at the confluence of S. Semantan and S. Pahang, ground levels vary from El. +34 m to EL. +50 m and</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bund</li> </ul> <p>Segmented north bund: 1,100 m Kg. Sri Temerloh and Kg. Satu Batu. South bund: 210 m long at the bridge of the No. 2 National Road passing Kg. Bkt. Kelutu.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drainage Structures and Pumps</li> </ul> <p>4 sites: Kg. Sri Temerloh, No.87 Road, South bund of No. 2 Road, Recreational park behind bypass road</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Road Rising</li> </ul> <p>No. 87 road, section between the intersection with No. 98 Road and the north bund: length of 1,800 m with 2 m rising.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bank Protection Structures</li> </ul> <p>Right bank of the Semantan River just north of Kg. Seri Temerloh. . Total length 100 m with the height of 7 – 10 m</p> <p style="text-align: center;">Layout of Protection Work</p> 	<p>Feature: Important commercial town bounded by S. Semantan, the railway line and S. Ketapa. The 2000 population is 14,500 The economic activities of farming, rubber tapping, Government employment, construction, timber industries and commercial enterprises. The terrain within the township undulates between El. +35 m and 50 m,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bund</li> </ul> <p>Western bund: 1400 m Eastern bund: 1350 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drainage Structures and Pumps</li> </ul> <p>2 sites: outlets of the Ara River and the Ketapa River to flow to Semantan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bank Protection Structures</li> </ul> <p>4 sites: North bank of the school, 3 stretches of north side in the town ( Malay New Village). Total length 660 m with the height of 5 – 7 m.</p> <p style="text-align: center;">Structure Layout Plan</p> 
<p style="text-align: center;">Kuala Lipis</p> <p>Feature: Administrative centre of Pahang until 1955, located at the confluence of the Jelai River and the Lipis River. The 2000 population 12,200, agricultural workers in rubber estates, town residents engaged in commerce and Government employees. Ground levels within the town vary appreciably, with the lower levels of sports grounds, parks, open space and some needy houses, and the surrounding hilly areas to urban development.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protect area</li> </ul> <p>Housing area, commercial area and public space in the low-lying near the confluence with the Jelai River.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bund</li> </ul> <p>Bund construction with 6 m high</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bank protection</li> </ul> <p style="text-align: center;">Layout of Protection Work</p> 	<p style="text-align: center;">Teriang</p> <p>Feature: 32 km south of Temerloh bounded on the west by the East Coast railway line, on the south by the Teriang River. The 2000 population 6,750. The main part of the town locates above 1971 flood level but road access and railway link near the Teriang River is subjected to cut.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protect area</li> </ul> <p>The housing area on lower ground at Paya Tatih</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bund</li> </ul> <p>Bund construction at the left bank of 1540m and the right bank of 580m, with 5- 6m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drainage Structures and Pumps</li> </ul> <p>1 site: upstream of Railway bridge</p> <p style="text-align: center;">Layout of Protection Work</p> 

経済分析も行い、NPV、EIRRおよびB/Cを算定した。表 6.4.6にその結果を示す。Temerloh と MentakabのB/Cは1.0より大きく、それぞれ1.41および1.72である。Kuala LipisやTeriangについては経済性が悪く、棄却される。

表 6.4.6 都市域防御の効果

都市域	人口 (2025)	都市域のカテゴリー	主な工事s	費用 (10 <sup>6</sup> RM)	NPV (10 <sup>6</sup> RM)	EIRR	B/C
Temerloh	6,200	Sub Regional Center	堤防、排水ポンプ、道路の嵩上げ、護岸	48.8	15	14.08%	1.41
Mentakab	13,800	Sub Regional Center	堤防、排水ポンプ、護岸	23.4	14	17.65%	1.72
Kuala Lipis	20,700	Major Local Center	堤防、排水ポンプ、護岸	7.3	-3	4.93%	0.56
Teriang	3,900	Small Local Center	堤防、排水ポンプ	18.9	-2	8.62%	0.87

B/C と NPV: の計算に用いた割引率は 10 % である。

### (5) 他の都市域に関する予備調査

2010年2月9日に開催されたインテリムレポートに関する第2回ステアリングコミッティにおいては、上記4都市に加え、MaranおよびJerantutが都市域防御の優先地域として設定された。このステアリングコミッティにおいて、全6都市の優先順位が、1) Temerloh & Mentakab, 2) Maran, 3) Teriang, 4) Jerantut, and 5) Kuala Lipisと設定された。この設定に従って、JICA調査団は、2010年6月に予備的現地調査を実施し、また関係するDID Districtと協議を行った。

Maran洪水の原因は、Maran Riverの溢水である。Maran Townを洪水から守るために、DID Maranは、洪水緩和事業を起草し、50百万RMを事業実施のために要求している。Jerantut Townは、高い位置にあるためパハン川の洪水が達しないが、その排水システムの能力の低さが起因して被害を受けている。そのため、DID Jerantutは20百万RMの排水改善事業を提案している。これらの事業の詳細は表 6.4.7に示す通りである。

表 6.4.7 Maran および Jerantut Town の洪水緩和事業

事業実施場所	目的	事業内容
Maran Town	主要な目的は、Mukim Luitを流れるMaran川を含む河川の改修、河岸保護工等により洪水被害を減少させることである。また、キャンペーン「We love our river」による魅力的でクリーンな川作りを推進している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 詳細計画・設計の実施</li> <li>● 土地買収</li> <li>● 測量調査</li> <li>● 建設工事(遊水地、Maran川とその支川の河川改修)</li> <li>● 機械とツールの購入</li> <li>● IT機器の導入</li> </ul>
Jerantut Town	主な目的は、フラッシュフラッドの発生を抑制することである。さらに、蛇籠、サンドチューブ、矢板等によって河岸崩壊を防ぐ。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 測量調査</li> <li>● 建設工事 (Betong川の改修、L型擁壁の設置)</li> <li>● IT機器の導入</li> </ul>

### 6.4.3 非構造物対策

6.2.2 で述べたように、パハン川流域においては既存の非構造物対策がある程度導入されており、対策を実施する制度的な枠組みについても概して制定されている。そのため調査団は、第1に既存の非構造物対策の強化と効率的な運用の継続実施を提案する。その上で、特に表 6.4.8に示す3つの非構造物対策の実施を、既存の非構造物対策の強化案として提案する。

表 6.4.8 非構造物対策案一覧

事業	内容
洪水管理のための District DID と地方政府機関に対する能力開発	District DID と地方政府機関 (Disaster Management and Relief Committee for flood のメンバー機関) に対する洪水管理に係る能力強化、とくにハザードマップの作成や普及を行う。
洪水予警報システム	テレメータ観測所数を増やし、洪水予警報システムを強化する。
気候変動インパクト予測の更新	IPCC の評価報告書に基づいて、気候変動インパクト予測を更新する。

(1) DID District と地方政府機関の能力開発

地方政府機関 (Disaster Management and Relief Committee for flood のメンバー機関を指す) は地域での住民の安全確保に責任がある。実際、それらの機関が洪水時の警報の発令・伝達や住民の避難、水防、救援活動にあっている。さらに地域での土地利用計画にも関わっている。したがって、地方政府機関の能力強化は洪水に強い地域づくりの鍵となっている。またそれら機関の district レベルでのパートナーである District DID についても、とくにハザードマップ作成およびその周知という役割において、能力強化が求められている。この能力強化プロジェクトの概要を表 6.4.9 に整理する。

表 6.4.9 能力強化プロジェクトの概要

項目	内容
目的	District DID と地方行政機関(DMRC のメンバー)の洪水管理に関するキャパシティ開発
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>- District DID および地方行政機関がハザードマップを作成できるようになる</li> <li>- District DID および地方行政機関が洪水管理計画を立案できるようになる</li> <li>- ハザードマップと洪水管理計画が策定できる</li> <li>- 訓練、図上演習等が実施される</li> </ul>
概算コスト	1 百万RM x 12 districts = 12 百万RM
実施対象機関	DID および地方行政機関

洪水管理に係わる能力開発においては、上述した役割を強化し、所定の成果を得るために、表 6.4.10 に示す活動が必要である。



表 6.4.10 能力開発プロジェクトの活動内容

プログラム	活動内容	関連機関
洪水ハザードマップの作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>主要洪水に関するデータ収集(浸水範囲、水位痕跡調査、他)</li> <li>基本データ(対象地区人口、世帯、過去の警報活動の実態)の収集</li> <li>基本となる地形図</li> <li>避難路と避難センターの確認</li> <li>洪水ハザードマップ(案)の作成</li> <li>洪水ハザードマップ作成要領マニュアルの作成</li> <li>ワークショップの開催による洪水ハザードマップ(案)の公開とこれに対する意見、コメントの聴取</li> <li>洪水ハザードマップの完成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DID</li> <li>NSC</li> <li>DO</li> <li>LA</li> </ul>
洪水管理計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設、機器情報のデータ収集(モニタリング、予警報システム、警報システム、交通機関、避難路、伝達システム他)</li> <li>関係機関の予警報、伝達、連絡システムの確認</li> <li>洪水管理計画の策定(モニタリング、予警報、警報サイレン、警報板、避難時の交通手段、教育プログラム等)</li> <li>ワークショップの開催による洪水管理計画(案)の討議とこれに対する意見、コメントの聴取</li> <li>洪水管理計画の策定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DID</li> <li>NSC</li> <li>DO</li> <li>LA</li> </ul>
訓練並びに演習	<p>&lt;訓練&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>洪水ハザードマップと洪水管理計画に基づく OJT の実施</li> <li>モニタリング、予警報システムに関する関係スタッフの訓練</li> <li>モニタリング、予警報システムに関する関連組織の強化</li> </ul> <p>&lt;演習&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドリルによる関連機関間の通報伝達、連絡等の調整</li> <li>避難活動に関する資料の準備(避難ポスター等)</li> <li>シミュレーションドリル、計確書の作成、準備</li> <li>ハザードマップを利用した避難演習</li> <li>演習結果のレビュー</li> <li>演習に基づく、避難、警報等に関する組織間の改善策、強化策の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DID</li> <li>NSC</li> <li>DSW</li> <li>MMD</li> <li>PWD</li> <li>MRAF</li> <li>RMP</li> <li>MCDD</li> <li>FRD</li> <li>DO</li> <li>LA</li> </ul>

Note:

DID: Department of Irrigation and Drainage, NSC: National Security Council, DSW: Department of Social Welfare, MMD: Malaysian Meteorological Department, PWD: Public Works Department, MRAF: Malaysian Royal Armed Forces, RMP: Royal Malaysian Police, MCDD: Malaysian Civil Defense Department, FRD: Fire and Rescue Department, DO: District Officer, LA: Local Authority

## (2) 洪水予警報システムの強化

パハン川流域は「Infobanjir」と呼ばれる全国洪水予警報システムに組み込まれている。しかし現在テレメータ局(25雨量局、23水位局)は28,770 km<sup>2</sup>という流域面積からみて非常に少ない。世界気象機関(WMO)による調査結果から得られた山地での1降雨観測所が担当する許容面積250km<sup>2</sup>を考慮すると、表 6.4.11および図 6.4.3に示すような観測所の増設が必要である。なお、この増設により、山地の降雨観測所の密度は1観測所あたり230 km<sup>2</sup>となる。

表 6.4.11 テレメトリー観測局数の増設案

観測所	観測所数	備考
雨量観測所	96 (25)	
水位観測所	30 (23)	Each of the water level stations are proposed to upgrade to rainfall and water level station.
合計	126 (48)	

( )内の数字は既存の観測所数を示す。

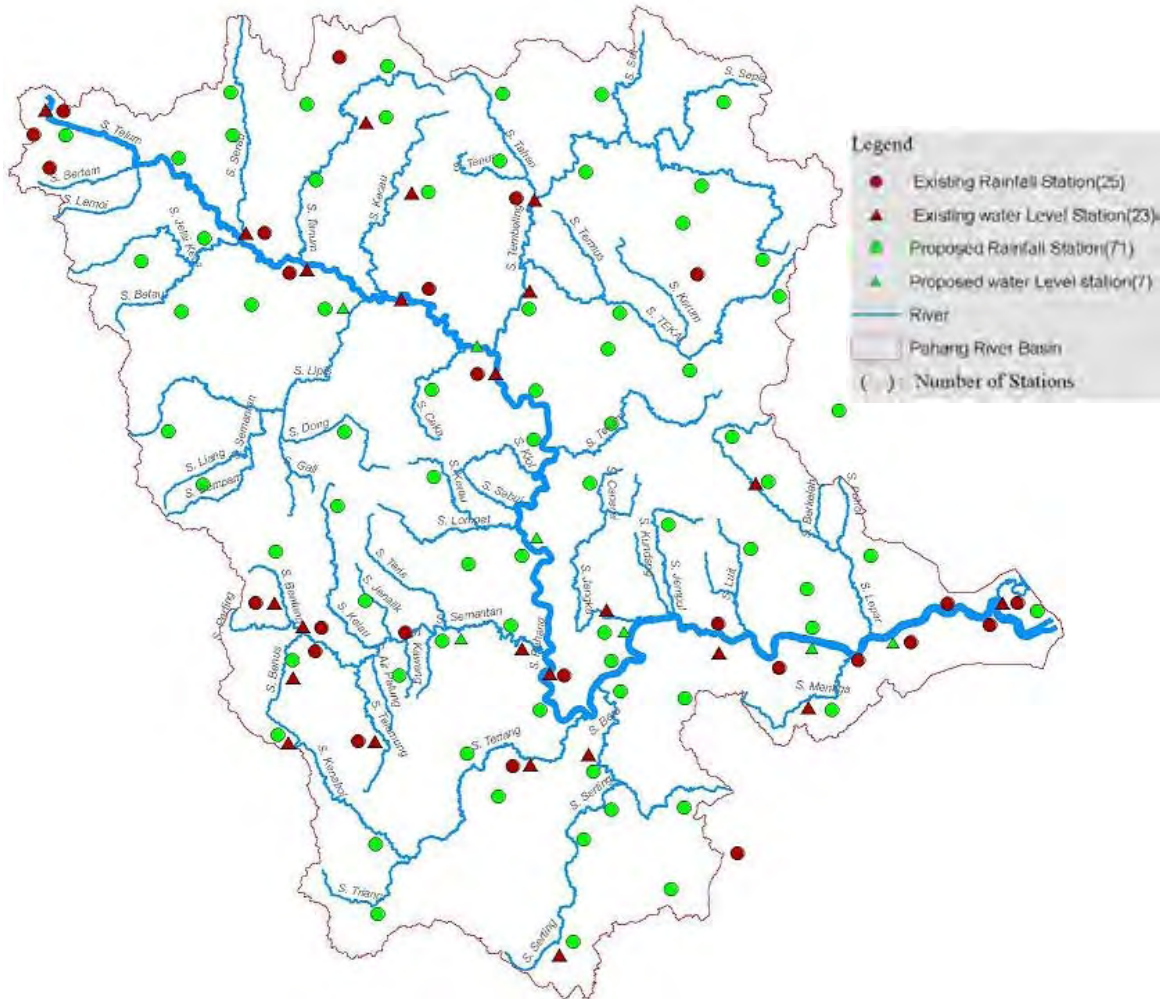


図 6.4.3 テレメータ観測局の増設案(降雨および水位観測所)

また、このプロジェクトの事業費は、表 6.4.12に示すように23.5百万RMと見積もられる。

表 6.4.12 洪水予警報システム強化案の事業費

工種、項目	数量	コスト(1,000 RM)	摘要
1.RTU (雨量)	79 ユニット	11,060	
2.RTU (水位+雨量)	17	3,230	
3.コントロールセンター	1	2,000	
4.ハードウェア	一式	320	
5.ソフトウェア	一式	1,650	
6.その他開発費	一式	7,250	
合計		23,510	

Note: Unit price is estimated based on Klang Valley Project

### (3) 気候変動インパクト予測のモニタリング

3.2で説明したように、気候変動による影響を評価するために、少なくとも5年毎に気温、降雨、潮位等の観測データの傾向について検討する必要がある。

IPCCは気候変動評価報告書を4、5年毎に発表している。パハン川流域についての気候変動インパクト予測を、そのIPCC報告書のベースとなっている最新のGCMやRCMの予測結果を用いて更

新すべきである。本調査で示した予測結果と重要な違いが確認された場合には、対策案の設計についても修正が必要となる。

## 6.5 IFM計画の実施計画

### 6.5.1 事業実施スケジュール

IFM 計画は提案した構造物対策と非構造物対策の組み合わせとなり、その実施スケジュール案を表 6.5.1 に示す。この表には、近々の実施が予定されているか、事前調査が既に行われている 3 つの都市域防御プロジェクトも加えている。

表 6.5.1 IFM 計画の実施スケジュール案

構造物対策/ 非構造物	Project	費用 (10 <sup>6</sup> RM)	第10次MP		第11次MP		第12次MP	
			2011	2015	2020	2025		
構造物	Pekan Town洪水緩和プロジェクト	280	■■■■■					
	Sungai Bentong流域洪水緩和プロジェクト	250			■■■■■			
	Cameron Highland洪水緩和プロジェクト	3					■■	
	Temerloh - Mentakab Towns洪水緩和プロジェクト	72	■■■■■					
	Maran Town洪水緩和プロジェクト	50			■■■■■			
	Teriang Town洪水緩和プロジェクト	19				■■■■■		
	Jerantut Town洪水緩和プロジェクト	20					■■■■■	
	Kuala Lipis Town洪水緩和プロジェクト	7						■■■■■
非構造物	洪水管理のキャパシティデベロップメント	12	■■■■■					
	洪水予警報システムプロジェクト	26			■■■■■			
	気候変動のモニタリングと予測の更新	1		■		■		■
Total		740	282		302		156	

IFM 計画実施に係わる総事業費は 740 百万 RM となり、それらは 3 度のマレーシア国家開発計画期間（5 カ年毎に策定されるので 15 年になる）にわたって投資される。平均事業費は、各国家開発計画期間（5 年）において約 230 百万 RM であり、これは、表 6.2.1 に示す第 9 次国家開発計画においてパハン川流域の洪水緩和対策のために分配された予算とほぼ等しい。よって、財務的には IFM 計画の実施は可能であると同える。

### 6.5.2 実施体制

図 6.5.1 は IFM 計画の実施体制案である。連邦 DID が実施機関で、2 州の DID がサポートする。

多くの関係機関、とくに地方政府機関が IFM 計画の実施に関わる。これらの機関との連携を促進するために、流域管理委員会の関与が重要である。Pahang State においては、Task Force が州内の調整機関となるべきであるが、Negeri Sembilan においては、Pahang 川流域のための Task Force がない。そのため UPEN が Task Force の役割を果たすべきである。

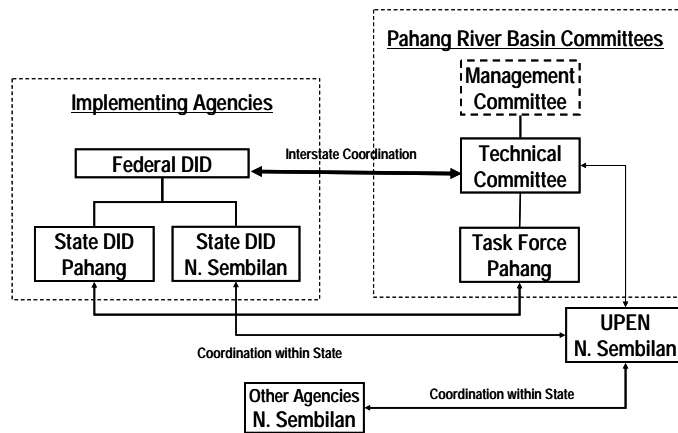


図 6.5.1 実施体制

## 6.6 環境社会配慮

プロジェクトの環境カテゴリ分類のためのスクリーニングおよび環境に対する影響を予想し評価するために、初期的環境調査を実施した。初期的環境調査は、DID、DOE およびその他関係機関から得られた既存資料と簡単な現地調査に基づいて実施し、カテゴリ分類は「JBIC ガイドライン（平成 21 年 7 月）に基づいて実施した。なお、初期的環境調査を実施した本準備調査で提案されたムアール川流域の洪水緩和策は表 6.6.1 に示す通りである。

表 6.6.1 パハン川流域想定洪水緩和策

No.	プロジェクト名	プロジェクト内容
I	Temerloh・Mentakab 洪水緩和プロジェクト	輪中堤の建設
II	Pekan 洪水緩和プロジェクト	輪中堤の建設
III	Bentong River 流域洪水緩和プロジェクト	堰堤の建設
IV	Cameron Highlands 洪水緩和プロジェクト	河川改修（河道改修）

### 6.6.1 IEE の必要性

初期環境影響調査(IEE)はプロジェクト計画の初期段階で実施する必要があり、主な目的は以下の通りである。

- JBIC ガイドラインによるカテゴリ分類を行う。
- カテゴリ分類に基づいて、プロジェクトについての今後の EIA 手順について確認する。
- 環境に与える影響を回避、最小化、緩和および適切な補償をするために、プロジェクトの初期段階にそれらのために必要な方策を練る。

次に、マレーシアの EIA 手順の概要と JBIC ガイドラインによるカテゴリ分類について記述する。

#### (1) マレーシア国の環境アセスメントに関する手順

##### (a) マレーシア国の環境関連法律と法規

マレーシアの環境関連の法律は、1974年に施行された“Environmental Quality ACT（以下、環境法）”である。EIAの必要条件に係わる規定は環境法の第34A節に記述されており、さらに“Environmental Quality(Prescribed Activities)(Environmental Impact Assessment) order 1987”明記されている。DOEは、環境法に基づいて天然資源環境省の傘下に1975年に設立され、マレー

シア国の環境行政を統括している。また、DOEは1987年に環境影響評価のガイドライン(1987年)を発行している。

### (b) 環境影響評価 (EIA)

マレーシア国では、対象のプロジェクトがマレーシア国のEIA調査の対象となるかどうかを判断するために、プロジェクト計画段階の早い時期にスクリーニングが実施される。この手順は、JICA調査におけるカテゴリ分類のプロセスと類似している。

マレーシア国では、開発プロジェクトは環境法に従って表 6.6.2 に示すような3つのカテゴリに区分される。

表 6.6.2 Project Classification in Malaysia

区分	記述
スクリーニング以降の環境影響調査は必要ない	この区分のプロジェクトはスクリーニング以降の環境影響調査は必要ないが、環境法（1974）に基づいた環境評価が必要である。
Preliminary EIA	Preliminary EIA の実施が必要である。
Detailed EIA	Detailed EIA の実施が必要である。

上記のEIAが必要となるプロジェクトについては、プロジェクト提案者はEIA調査を実施する必要がある。工事実施前には、DOEによるEIA報告書の承認が必要となる

### (c) 住民移転・用地取得・補償

マレーシア国内での住民移転、用地取得および補償に関する規則には以下のものがある。

- The Federal Constitution
- The National Land Code 1965 (Act 56) & its Regulations
- Land Ordinance (Saba State)

基本的に、住民移転、用地取得および補償に関する手続きは、各地方のDistrict Land Office が行い、プロジェクト発案者であるDIDはそれらの手続きに関与しない。しかし、District Land Office は住民移転、用地取得および補償に関する計画案をDID本局に提出する。そして、DID本局はその住民移転、用地取得および補償に関する計画案を評価し、承認を与える。さらに、これらの資産評価は、Valuation and Property Services Department (JPPH)がその所有する標準補償単価に基づいて行う。JPPHは各地方に事務所がある。

なお、DID Segamatでのインタビューの結果では、プロジェクトに関するステークホルダー・ミーティングについてもDistrict Land Officeが実施するとのことである。

### (d) JICA 調査における EIA（環境影響評価）手順

EIAに関するJICAガイドラインの目的は、受け入れ側政府が適切な環境社会配慮を行うことを促進することである。JICAはJICAが示す環境社会配慮および受け入れ国側の国内法に則って、透明かつ適切な手順で環境社会配慮が行われているかどうかについての支援と確認を行う。一方、JBICガイドラインでは、プロジェクトのカテゴリ分類は、環境への影響を考慮して実施される。そして、環境レビューのために相手国側から提出が必要な資料は、環境カテゴリ分類により異なる。表 6.6.3にはJBICガイドラインによるカテゴリ分類とそれらの環境レビュー・プロセスを示している。

表 6.6.3 カテゴリ分類と環境レビュー

カテゴリ分類	記述	環境レビュー
カテゴリ A	環境面および社会面で重大な負の影響があると考えられるプロジェクトは、カテゴリ A に分類される。	借入人等から、プロジェクトに関する環境アセスメント報告書および相手国政府等の環境許認可証明書が提出されなければならない。JICA は借入人を通じ、プロジェクト実施主体者により準備された環境アセスメント報告書等の提出を受けて、環境レビューを行う。
カテゴリ B	望ましくない影響が、カテゴリ A プロジェクトに比較して小さいと考えられるプロジェクトはカテゴリ B に分類される。一般的には、影響はサイトそのものにかかわらず、非可逆的な影響は少なく、通常の方策で対応できると考えられる。	プロジェクトに関する環境アセスメント報告書および環境許認可の提出は必須ではない。JICA は借入人等から提供される情報に基づいて環境レビューを行う。
カテゴリ C	環境への望ましくない影響が最小限あるいは全くないと考えられるプロジェクト。	スクリーニング以降の環境レビューは省略される。
カテゴリ FI	融資承諾前にサブプロジェクトが特定出来ない場合があり、かつ、そのようなサブプロジェクトが環境への影響を持つことが想定される場合には、FIに分類される。	プロジェクトにおいてガイドラインに示す適切な環境社会配慮が確保されるように確認する。

## 6.6.2 スコーピング (予備的スコーピング)

### (1) 予備的スコーピングを実施した提案プロジェクトとスコーピング結果

本準備調査において予備的スコーピングを実施した提案プロジェクトおよびスコーピング結果について、表 6.6.1 および表 6.6.5 に示す。

### (2) Project Classification and its Rationales

カテゴリ分類は、「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン (平成21年7月) 株式会社日本政策金融公庫・国際協力銀行」に基づいて実施した。表 6.6.4 には、各プロジェクトのカテゴリ分類を示している。

No.3のプロジェクトは、DOEの“Drainage and Irrigation of the Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987”によると、ダム建設や人造湖および200ha以上の湖の表面積拡大は、“Prescribed Activities”に分類される。このため、Basin River遊水池を含む洪水緩和対策は、自然環境への影響を考慮するとAランクになる可能性がある。そのため、事業に関するEIA報告書と環境承認はJBICガイドライン(2009年7月)によると必要不可欠である。その他のプロジェクトにおいては、Bランクであるため、EIAレポートおよび環境認証は必要としない。

表 6.6.4 カテゴリ分類とその理由

	プロジェクト名	環境カテゴリ (JBIC)	プロジェクト内容	理由
I	Temerloh・Mentakab 洪水緩和プロジェクト	B	輪中堤の建設	小規模だが住民移転が必要である。自然環境および汚染にいくらかの影響が考えられる。
II	Pekan 洪水緩和プロジェクト	B	輪中堤の建設	自然環境と汚染にいくらかの影響が考えられる。
III	Bentong River 流域洪水緩和プロジェクト	A	堰堤の建設	一部の堰堤 (貯水池) の建設に伴って、住民移転が必要であり、また、生物、植物および生物多様性に影響が考えられる。
IV	Cameron Highlands 洪水緩和プロジェクト	B	河川改修 (河道改修)	小規模であるが、河道沿いの住民の移転が必要である。また、自然環境や汚染の影響が考えられる。

表 6.6.5 パハン川流域提案プロジェクトスコoping結果

考えられる影響	プロジェクト					概要
	全体評価	パハン川				
		I	II	III	IV	
<b>社会環境</b>						
1	EIAおよび環境許可	-	-	-	-	これまでEIAは実施されていない。EIAが必要かどうかの判断が必要。
2	地域住民への説明	-	-	-	-	これまで住民その他、ステークホルダーへの説明は行われていない。
3	非自発的住民移転	B	B	C	B	プロジェクトI、IIIとIVは数は少ないものの住民移転が必要である。プロジェクトIIに関しては、住民移転が必要かどうか現時点では不明である。
4	雇用や生計手段等の地域経済	C	D	D	C	いくつかの畑の用地取得に関連して、何らかの地域経済への影響が考えられる。
5	土地利用や地域資源利用	B	B	C	B	住民移転と用地取得に関連して、既存の土地利用への何らかの影響が考えられる。
6	社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織	B	C	D	B	堰堤の建設に伴い住民移転を伴う場合には、既存の社会組織に影響が発生することが考えられる。プロジェクトIIは、既存の輪中堤の改修が主体となるものと考えられ、そのため改修に伴う既存社会組織等への影響は考え難い。
7	既存の社会インフラや社会サービス	B	D	B	B	輪中堤や堰堤の建設により集落が分断される場合には、既存の社会インフラやサービスに影響が起ることが予想される。
8	貧困層・先住民・少数民族	C	D	C	C	ベントンおよびキャメロンハイランド周辺には多くの先住民が居住している。これらの先住民の中には輪中堤や堰堤の建設により移転が必要となることが考えられる。
9	被害と便益の偏在	B	B	C	B	住民移転による影響が考えられる。
10	文化遺産	D	D	D	D	文化遺産は対象地域にはないものと考えられる。
11	地域内の利害対立	C	D	C	C	先住民の移転は地域内の利害対立の引き金になる可能性がある。
12	水利用、水への権利・共通の権利	C	D	D	C	堰堤の建設や河川の改修は、既存の水利用および水利権に影響を及ぼすことが考えられる。
13	公衆衛生	D	D	D	D	-
14	HIV/AIDS等の感染症	B	B	B	B	工事関係者の大量流入によるリスクが考えられる。
15	ジェンダー	D	D	D	D	-
16	子供の権利Rights of children	D	D	D	D	-
<b>自然環境</b>						
17	地形・地質的特徴	B	B	B	B	地形の人口変化が発生する。
18	土壌浸食	B	B	B	B	建設中の掘削作業に伴う土砂流出が考えられる。建設後のショートカットからの土砂流出は、適切な表面浸食保護を施すことにより避ける必要がある。さらに建設中の工事車両等からのオイルの流出による水質汚染が考えられる。
19	地下水	C	D	D	C	堰堤と貯水池の建設は、地山の地下水変動の引き金になる。
20	水文	B	B	B	B	正の影響：水文変化は洪水緩和の引き金となる。
21	沿岸(マングローブ、さんご礁、干潟)	D	D	D	D	-
22	動物・生態系	A	B	B	A	堰堤と貯水池の建設は生物、植物および生物多様性に影響を与えるものと考えられる。輪中堤および河川改修も生物、植物および生物多様性に影響を与えることが考えられる。
23	気象学	D	D	D	D	-
24	景観	B	B	B	B	町中での輪中堤の建設は景観に影響を与える。
25	地球温暖化	D	D	D	D	-
<b>汚染</b>						
26	大気汚染	B	B	B	B	建設中の重機の使用により、一時的にホコリや排気ガスの増加が考えられる。建設後は、大気汚染の発生は考えられない。
27	水質汚濁	B	B	B	B	建設中の掘削作業に伴う土砂流出が考えられる。建設後のショートカットからの土砂流出は、適切な表面浸食保護を施すことにより避ける必要がある。さらに建設中の工事車両等からのオイルの流出による水質汚染が考えられる。
28	土壌汚染	B	B	B	B	建設中の油脂類の流出による土壌汚染が考えられる。
29	廃棄物	C	C	C	C	建設中のゴミと汚物の廃棄についての問題が発生することが考えられる。さらに適切な掘削土砂の廃棄が求められる。
30	騒音・震動	B	B	B	B	建設中の重機の使用による多少の騒音と震動の発生が考えられる。
31	地盤沈下	D	D	D	D	-
32	悪臭	D	D	D	D	-
33	低質	B	D	D	B	貯水池の建設や河川の改修は、低質の変化の引き金となるものと考えられる。しかし、低質の品質を低下させるような要因はない。
34	事故	B	B	B	B	建設中の建設車両の運行に伴う事故のリスクが考えられる。さらに、建設中には適切な安全管理、安全措置が必要である。

I: テメロー・メンタカブ 輪中堤, II: プカン 輪中堤, III: ベントン 堰堤  
IV: キャメロン・ハイランド 河川改修

評価

- A: 重大な影響が考えられる  
B: 何らかの影響が考えられる  
C: 影響は不明瞭(追加調査が必要。調査の過程で影響が明らかになることが考えられる)  
D: 影響は考えられない。

## 6.7 フィージビリティ調査プロジェクト

2010年2月9日に開催された第2回ステアリングコミッティにおいて、Temerloh 洪水緩和事業が、本準備調査の第2ステージで実施するフィージビリティ調査の対象となる優先プロジェクトとして選択された。Temerloh 洪水緩和事業の内容は、表 6.7.1に示す通りであり、主な選定理由は下記の通りである。

- Temerloh-Mentakab 都市圏は Kuala Lumpur と Kuantan の真ん中にあり、“National Physical Plan”において第4レベルの都市への発展が予定されている。
- 対象地域は昔から洪水被害を受けており、2007年12月においては、Temerloh と Mentakab 両都市が、Semantan River の溢水によって2週間にわたって浸水し、約5,000人が避難せざるをえなかった。
- 選定した事業の EIRR は14%から18%であり、経済的に妥当性である。

表 6.7.1 フィージビリティ調査プロジェクト

プロジェクト名	対策内容	構造物/非構造物
Temerloh地区洪水緩和プロジェクト	TemerlohおよびMentakabの都市域を輪中堤防や排水ポンプ、道路嵩上げ、護岸で防御する。	構造物対策
	District DIDと地方政府機関（Disaster Management and Relief Committee for floodのメンバー機関）に対する洪水管理に係る能力強化、とくにハザードマップの作成や普及を行う。	非構造物対策



## 第7章 TEMERLOH洪水緩和事業フィージビリティ調査に関する基礎調査

## 7.1 序論

本章の基礎調査は、①Temerloh 洪水緩和事業の計画および設計を実施するための基本条件を明らかにし、②技術的、経済的、環境的に事業を評価するための基準や情報を得るために実施する。Temerloh 洪水緩和事業の内容を下記に要約する。

## 7.1.1 対象地域の概要

2010年2月に開催されたステアリングコミッティにおいて、IFM計画の内容について説明・協議を行った結果、パハン川流域のフィージビリティ調査の対象地域としてパハン川支川の Semantan 川沿いに位置する Temerloh-Mentakab 都市圏（図 7.1.1 参照）が選択された。Temerloh Town、Mentakab Town およびその周辺には、Temerloh District の人口、資産、都市機能が集中しており、さらに Temerloh-Mentakab 都市圏として将来の発展が計画されている。

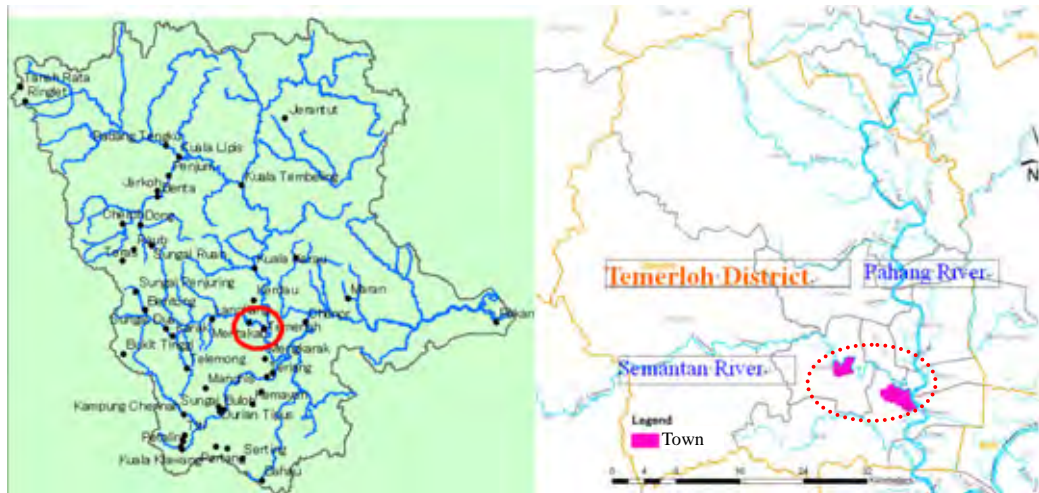


図 7.1.1 Temerloh-Mentakab 洪水緩和プロジェクトの位置

## 7.1.2 洪水緩和事業の目的と対策

Temerloh 洪水緩和事業には、構造物対策と非構造物対策が含まれる。JICA 調査団は、①Semantan 川の溢水と内水氾濫から都市部を守るための最適な構造物対策、②超過洪水による被害を緩和し、構造物対策の地域的な偏在をカバーする非構造物対策を提案する。表 7.1.1 に対象地域におけるフィージビリティ調査の概要を整理する。

表 7.1.1 対象地域のフィージビリティ調査の概要

対策	内容
構造物対策	輪中堤防、ショートカット、ポンプ場、逆流防止ゲート、調節池等の設置により対象Townとその近郊地域を、内水および外水による洪水から防御する。
非構造物対策	地方DIDおよび関連組織を対象とした洪水管理に関する能力開発、洪水予警報洪水システムの強化、ハザードマップ作成、土地利用管理等

## 7.2 対象地域の概要

### 7.2.1 自然状況

#### (1) 気象・気候

Temerloh 気象観測所の観測記録によると、対象地域においては、11月から12月にかけて降水量が増加し、6月から7月にかけて降水量が減少する傾向にあり、年間降水量は合計 1,966 mmとなっている。次に、最大日平均気温及び最小気温をみると、気温は年間を通じて変化が少なく、その値はそれぞれ摂氏32度および摂氏23度となっている。相対湿度は年間を通じて80%から90%の間でゆるやかに変化し、蒸発散量は3mm/日である。図 7.2.1と表 7.2.1は、対象地域のTemerloh 気象観測所で観測された気候の特徴を整理している。

表 7.2.1 Temerloh Station の機構特性

Item	Value
平均日最大気温	32.9 °C
平均日最小気温	23.2 °C
平均相対湿度	83.6 %
平均年降水量(mm)	1966 mm
平均降水日数	175 days
平均年蒸発量	1204 mm (about 3 mm/day)
観測所の標高	39.1 m.a.s.l.

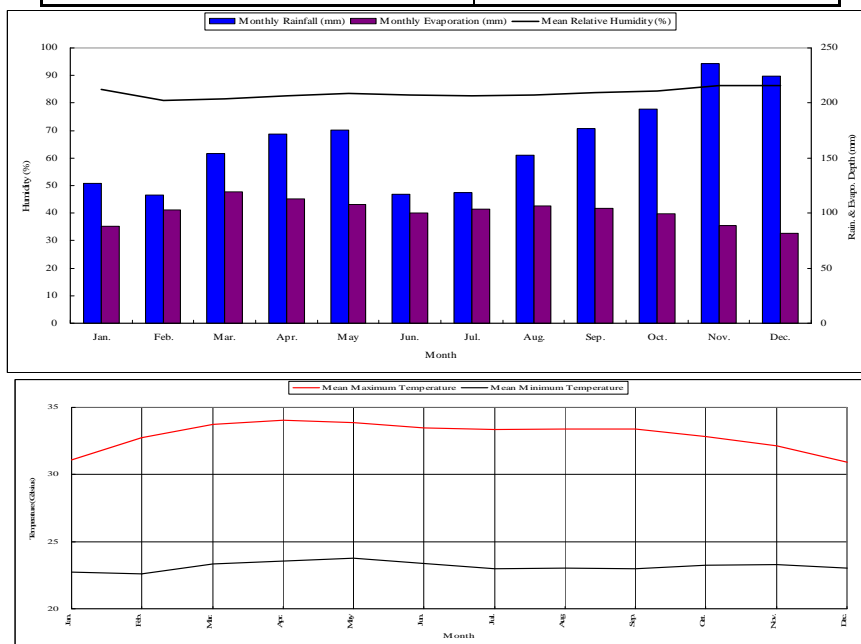


図 7.2.1 気候特性 (Temerloh 気候観測所)

#### (2) 地形

Temerloh TownとMentakab Townは、Temerloh MunicipalityおよびMentakab Municipalityの中で最も人口と資産が集中している地域であるが、その地形は、丘陵地と低平地が入り組んだ起伏に富んだ地形構造となっており、丘陵地はSemanatan川から離れるにつれて徐々に発達していく。調査団が購入した衛星画像(2008年)と、地形図を比較すると、Temerloh Townは、低平地から丘陵

地まで広がって発展していることが判る。具体的には、Temerloh Townは、標高32mの低平地から標高50m以上の丘陵地に広がっている。なお、Mentakab Townの地形は、北方から南方にかけて、標高33m程度の低平地から、標高60m程度の丘陵地へと変化している。市街地については、Mentakab Townを通る線路の左側にある北方へ突き出た森林地帯のみ未発達の状態であるが、基本的に低平地から丘陵地において市街地がまんべんなく発展している。

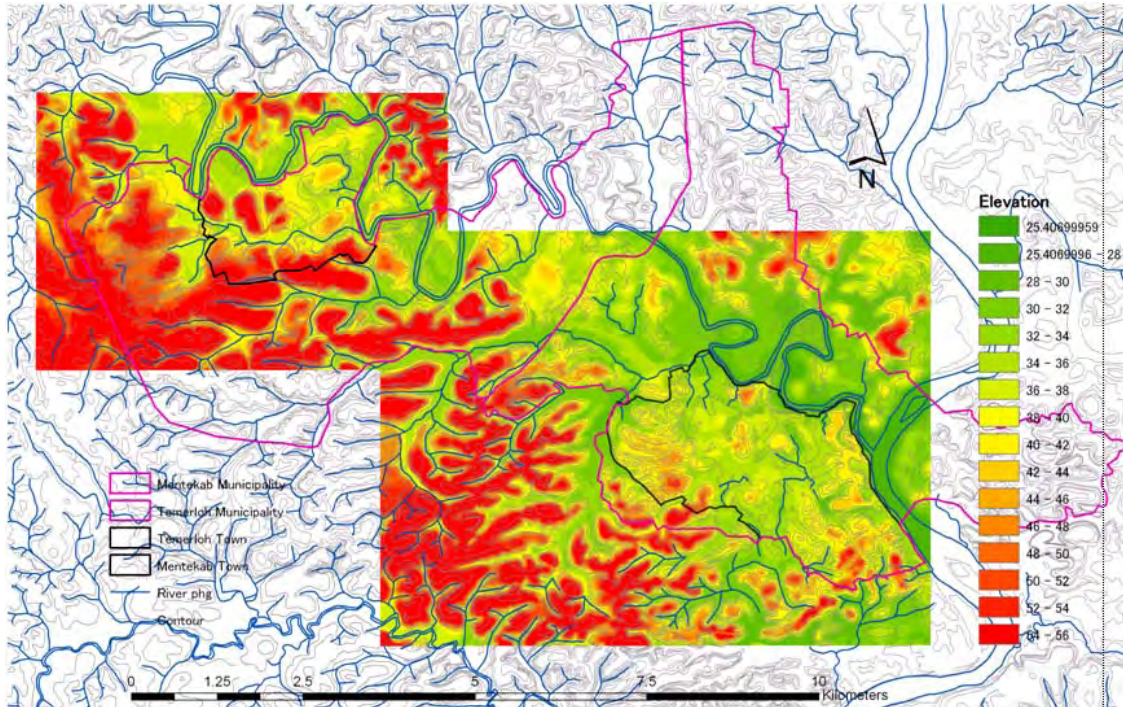


図 7.2.2 対象地域の地形

### (3) 河川形態

Semantan川は、激しく蛇行しながら、Temerloh Townおよび Mentakab Townの傍を北西から南東に向けて流下しており、このSemantan川の氾濫と局所的な豪雨(flash flood)によりTemerloh Townおよび Mentakab Townは、これまで度々浸水してきた。Temerloh TownとMentakab Town間においては、Semantan川の河川勾配が1/4,000と非常に緩やかなため、Semantan川の水位はパハン川の水位に大きく影響される。Semantan川の河道特性は表 7.2.2の通りである。

表 7.2.2 Semantan 川の河道特性

項目	河道特性
流域面積	2,919 km <sup>2</sup>
河川延長	135 km
河川幅	50m ~ 100m
河川勾配	1/4,000 - 1/1,100, 1/4,000 (Temerloh Townの近傍)
流量	1,600 m <sup>3</sup> /s(1/100), 1,000m <sup>3</sup> /s(1/20)
流速 <sup>1)</sup>	1.2m/s (1/100 洪水), 1.1m/s (1/20 洪水)

1) シミュレーション結果

## 7.2.2 社会経済状況

### (1) 行政区域と状況

パハン川流域の中央部に位置している Temerloh Town と Mentakab Town の位置およびその行政区域を図 7.2.3 に示す。「National Physical Plan」によると、Temerloh Town 及び Mentakab Town は、2020年には大都市圏へと発展を遂げるであろう東部海岸の Kuantan 都市圏を、半島の中央部からサポートする中規模都市圏として発展する事が期待されている。



図 7.2.3 Municipality と Town の境界

#### (a) Temerloh

パハン川と Semantan 川の合流点付近に位置する Temerloh Municipality は、昔から Temerloh District の行政の中心としての役割を果たしている。また、面積 27.7 km<sup>2</sup> および人口 44,138 人を有する Temerloh Municipality は、Temerloh District の 4 つの Mukim (Perak, Sanggang, Bangau および Songsang Mukimu) で構成されており、Temerloh Municipality の人口のほぼ半分が Temerloh Town に集中している状況である。さらに、Temerloh Town は Mukim Perak に包含され、Semantan 川とパハン川の右岸に位置し、表 7.2.3 および図 7.2.3 示す通りその人口および面積は、それぞれ 19,423 人および 7.9 km<sup>2</sup> となっている。なお、District Temerloh、Municipality Temerloh、Mukim Perak、Temerloh Town の人口及び面積については表 7.2.3 に整理する通りである。

表 7.2.3 Temerloh の人口と面積

地域	人口(2000年)	面積(km <sup>2</sup> )
District Temerloh	136,214 <sup>*1)</sup>	2290.7
Mukim Perak	38,129 <sup>*1)</sup>	209.1
Temerloh Municipality	44,138 <sup>*2)</sup>	27.7
Temerloh Town	19,423 <sup>*2)</sup>	7.9

Source: \*1) 統計局のデータ,

\*2) Temerloh ローカルプラン(1999-2010, JPBD): 1991年から1999年の情報に基づいた予測人口

#### (b) Mentakab

Semantan 川の右岸に位置する Mentakab Town は、1970年代以来、Temerloh District の中で商業の中心地としての役割を果たし、現在も商業的な面では Temerloh District にある他の Town よりも規模が大きい。また、Temerloh と同様に Mentakab Municipality の人口および資産のおよそ半分は Mentakab Town に集中している。この Mentakab Town は、表 7.2.4 に示すように Mukim Mentakab に包含され、人口 20,647 人、面積 4.1 km<sup>2</sup> を有する。

表 7.2.4 Mentakab の人口および面積

項目	人口	面積 (km <sup>2</sup> )
District Temerloh	136,214 <sup>*1)</sup>	2290.7
Mukim Mentakab	42,267 <sup>*1)</sup>	101.7
Mentakab Municipality	32,399 <sup>*2)</sup>	25.2
Mentakab Town	20,647 <sup>*2)</sup>	4.1

出典: \*1)統計局のデータ,

\*2)Temerloh ローカルプラン(1999-2010, JPBD): 1991年から1999年の情報に基づいた予測人口

## (2) 公共施設 (道路と線路)

対象地域の主要道路であるルート87は、Temerloh TownおよびMentakab Townの中央部を通過し、首都クアラルンプールと主要都市Kuantanの都市を東西方向に繋いでいる道路である。また、Route 87は、Temerloh Townの東端において、南方のNegeri Sembilan Stateへと向かうRoute 10と交わる。さらに、Temerloh MunicipalityおよびMentakab Municipalityの南方と北方には、Karak 高速道路(Kuala Lumpur – Kuantan間)と主要道路Route 2が、東西に伸びている。これらの道路は、MentakabおよびTemerlohの人々の社会経済活動にとって、Mentakab Townの中心を通る線路と同様に重要な公共施設である。

Mentakab Townの中心を南北に抜ける鉄道は、State KelantanのKota bahruの TumpatとSinger poleを結ぶ鉄道である。鉄道は、1992年に設立された鉄道公社KTMB(Keretapi Tanah Melayu Berhad)によって管理されている。KTMBによるECER (East Coast Economic Region)を改善するために、二つの主要な事業 ((1)MentakabからParis Mas の区間、(2)MentakabからKuala Lumpurの区間) が実施されている。それらの事業は現在フィージビリティ調査の段階まで進んでいる。

## (3) 人口動態

### (a) ジェンダーおよび人種構成

ジェンダー構成は男性に対する女性の割合で表し、経済活動のスタイルや人口の伸び率に関係する指標の一つである。Temerloh Municipality Councilによると、Temerloh TownおよびMentakab Townのジェンダー構成は、それぞれ98.4%および99.5% となり、男性と女性の人数がほぼ等しい状態にある (表 7.2.5参照)。

またこれらのTownの人種構成については、表 7.2.6に整理する通りである。この表から、特にMentakab Townの中国人の構成人数は、Temerlohのそれと比べて大きいことが判る。Temerloh Municipality Councilによると、その理由については、Mentakab Townのビジネスやサービスが中国人を惹き付けるためである。

表 7.2.5 男女比

地域		男性	女性	割合(%)
Temerloh	Municipality	16,172	16,311	99.1
	Town	7,079	7,197	98.4
Mentakab	Municipality	12,909	12,614	104.3
	Town	8,085	8,124	99.5

出典: Temerloh Local Plan 1999-2010 (JPBD)

表 7.2.6 人種構成 (%)

地域		Malay	Chinese	Indian	Others	合計
Temerloh	Municipality	73.93	4.29	4.44	17.34	100
	Town	57.26	4.90	5.48	32.36	100
Mentakab	Municipality	33.38	8.33	5.14	53.14	100
	Town	31.67	10.95	4.17	53.21	100

出典: Temerloh Local Plan 1999-2010 (JPBD)

(b) 移動率と増加率

「Temerloh Local Plan 1999 – 2010 (JPBD)」によると、1980年から1991年にかけての移動率は、Temerloh TownおよびMentakab Townにおいて-1.7%となっている。また、Temerloh Districtにおいては、全てのMunicipalityについての1980年から1991年にかけての平均移動率も-1.7%と見積もられている。このことから、Temerloh Municipality Council は、現在Temerloh Districtが高い外部移動率に直面していると考えている。

また、人口増加率については、「Temerloh Local Plan 1999 – 2010 (JPBD)」によると、1991年から1999年の間における全てのMunicipalityにおける平均増加率は3.14%であり、Temerloh Town及びMentakab Townにおいては、それぞれ3.55%及び2.80%となっている。移動率がマイナスであるが全体的には増加傾向となっている。

7.2.3 対象地域の既往洪水

(1) 洪水記録

対象地域の近年26年間の洪水記録を表7.2.7に整理する。Temerloh TownおよびMentakab Townは、モンスーン期（主に11月から1月）に小流域で発生した洪水(flash flood)から主要河川の氾濫を含めて様々な規模の洪水の影響を受けるが、この洪水記録から2年に1回（26年のうち13年洪水が発生）の頻度で洪水が発生していることがわかる。ちなみに、洪水時の水位については、過去40年間のうちTemerloh水位観測所において最も高いものから、38.31 m、34.53 m、34.02 mとなっている（1971年1月洪水、1988年11月洪水、2007年12月洪水）。

表 7.2.7 洪水記録一覧

年	洪水発生頻度			洪水発生時期	湛水深 (m)	洪水期間 (日)	Temerloh 水位観測所の水位 (m)	避難者数	被害額 (RM)
	District	Sub-District							
		Temerloh	Mentakab						
1982	Yes	n.a.	n.a.	Dec.(Mid)	1.52	n.a.	31.60	n.a.	n.a.
1983	Yes	n.a.	n.a.	Dec.(Early)	1.2	4-5	31.90	n.a. (107 Family)	n.a.
1984	Yes	n.a.	n.a.	Jan.(end) to Mar.(early) Dec.(mid-end)	n.a.	n.a.	n.a. 31.02	n.a.	n.a.
1987	Yes	n.a.	n.a.	Dec.(early-mid)	0.5-1	3	32.25	n.a.	n.a.
1988	Yes	yes	yes	Nov.(end)	1-1.5(Tem.), 0.7(Men)	6 (Tem.)	34.53	4,987 (Tem.)	5.14 mil (Tem.)
1993	Yes	yes	yes	Dec.(mid)	n.a.	n.a.	33.37	332(Men), 212(Tem.)	n.a.
1994	Yes	n.a.	n.a.	Nov.(mid)	n.a.	n.a.	30.90	n.a.	n.a.
1995	Yes	n.a.	n.a.	Dec.(end)	n.a.	4	31.74	n.a.	n.a.
1998	Yes	n.a.	n.a.	Dec.(end) to Jan.(early)	1.6-1.8	n.a.	32.39	n.a.	n.a.
1999	Yes	n.a.	yes	Jan.(early)	n.a.	n.a.	32.39	528 (Dis.)	n.a.
2001	Yes	n.a.	n.a.	Jan.(end)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2003	Yes	no	yes	Jan.(ealy-mid.)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2007	Yes	yes	yes	Dec.(mid.)	n.a.	n.a.	34.02	4,916	n.a.

出典: RRB (1982-2001), Flood Report (DID, 2002-2009)

(2) 警戒水位と安全水位

比較的大きな洪水が発生した場合、パハン川の水位は、上流のTemerloh TownやMentakab Townの浸水深に影響することが知られている。このような洪水特性を考慮して、DID Temerlohは、

対象地域の浸水リスクの状態を判断する警戒水位について、Semantan川とパハン川との合流点から2km下流に設置されているTemerloh水位観測所の水位に基づいて表 7.2.8のように設定している。ちなみに、Temerloh水位観測所の水位が34m以上になると対象地域における洪水発生頻度が上昇することが経験的に知られている。

表 7.2.8 警戒水位

警戒レベル	Normal	Alert	Danger
水位	26 m	29 m	33 m

さらに、Flood Report (DID Temerloh/Bera District, 2007)によると、DID TemerlohはTemerloh Municipalityとその周辺の居住区の安全水位として、20年洪水確率規模相当にあたる35.5mを設定している。

### (3) 対象地域の主な洪水

Temerloh TownおよびMentakab Townにおける過去の洪水については、十分な記録が残されていないが、収集した資料やインタビュー調査等で得られた情報を活用し下記に整理する。

#### (a) 1970年代洪水

パハン流域調査(1974)およびDID Temerlohによると、1971年1月洪水によって、Temerloh Townは、深さ2~3m(標高にして38.0m)の水深で浸水した。この洪水による直接被害額は800,000USDと見積もられ、さらにMentakabへと続く道路が数週間にわたって氾濫水によって遮断される被害もあった。なお、この洪水の主な原因の一つとしては、パハン川の高い水位による影響が推定されている。さらに、1971年12月にも深刻な洪水が発生し、洪水被害額は1974年時点で200,000USDと算定されている。そして、1972年12月と1973年12月の洪水では、市街地のいくつかの場所が浸水し、Mentakabへ続く道路が3日間氾濫水により遮断された。

一方、Mentakab Townでは、1971年1月洪水においてビジネスエリアが深さ5mの氾濫水により浸水し、1,200,000USDの直接被害が発生した。このような大きな洪水が発生すると、当時は浸水が数週間続き、町では道路遮断が発生するため、ボートかヘリコプターによってMentakabにアクセスするしか手段が無かったが、住民避難の面からみると幸いにしてMentakab Townには、安全な避難場所となりえる十分に高い土地があった。

#### (b) 1988年11月洪水

Temerloh TownやMentakab Townにおける1988年1月洪水の状況に関する記録は十分に残されていないが、ステークホルダーの記憶によると、深刻な被害が発生した洪水ということである。Flood Report (1988, DID Temerloh)によると、Temerloh District全体の避難者数は4,987人である。ちなみに、洪水時の最大8日連続雨量は269.5mm、Temerloh水位観測所の最高水位は34.53mとなった。

#### (c) 2007年12月洪水

Flood Report (2007, DID Temerloh)によると、この洪水は、District Temerlohにおいて12月10日から12月23日まで続いた。DID Temerloh Districtは、洪水対応の初動段階として、Temerlohより上流のTembeling川のKuala Tahan観測所の水位が、12月7日に警戒水位に達する前後において、事務所を24時間体制で運営した。さらに、過去40年間で3番目に高い水位(34.02m)がパハン川沿いのTemerloh水位観測所にて2007年12月14日午後2時に記録された。洪水時においては、Temerloh TownおよびMentakab Townのパハン川やSemantan川に近いエリアの居住地は、それらの主な河川からの氾濫水により頻繁に浸水する。本洪水時のTemerloh Districtにおける

避難人口は4916人であり、8日間降水量の最大値はTemerloh雨量観測所においては315mmを記録した。DID Temerloh Districtによると、TemerlohとMentakabの洪水被害は、上記の二つの洪水と比べてもTemerloh TownおよびMentakab Townの洪水被害は深刻ではなかった。

### 7.3 オルソマップ作成と河川および横断測量

フィージビリティ対象地域において、オルソマップ作成および Semantan 川、その支流および排水溝の横断測量を実施した。作業は JICA 調査団管理下で現地測量業者への再委託によって実施された。なお、オルソマップ作成の際の地図投影法は「Rectified Skew Orthomorphic Natural Origin in Malaysia」、垂直データは DTGSM (1984-1993 年に渡る Kelang 港での潮汐観測から決定されたマレー半島測地垂直データ) を使用した。

#### 7.3.1 目的

水理解析や効率の良い現地調査を行うために、1m 間隔等高線入りのオルソフォト作成と Semantan 川と支川、排水路の横断測量を実施した。オルソマップは、河川構造物の法線や規模の設計に資する地盤高や面積の把握に活用できるほか、水理計算モデルの DEM 情報 (コンターラインから作成できる) としても活用できる。Semantan 川の横断測量や支川の成果は、水理水文解析に活用する。具体的には、それらの断面情報をもとに、特に流下能力、流速、水位、流量、氾濫域について水理・水文シミュレーションモデルによって算定する。

#### 7.3.2 オルソマップの作成

オルソ画像作成のための元画像には、2009年5月1日に撮影された IKONOS の 1m 解像度カラー衛星画像を使用し、数値標高モデルには、2008年12月に取得された 5m 間隔の IFSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar, 干渉合成開口レーダ) データを主に使用した。(図 7.3.1を参照)

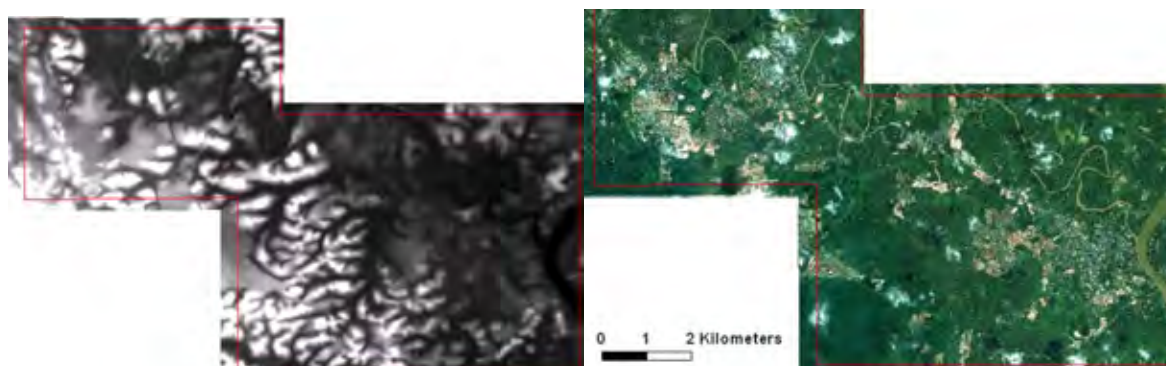


図 7.3.1 IFSAR データ (左) およびオルソ画像 (右)

オルソマップはオルソ画像と1m間隔等高線を元に作成した。この1m間隔等高線は、IFSARデータとVRS (Virtual Reference Station method) 法によるGPS (Global Positioning System、全地球測位システム) 水準測量成果により作成した。一般的にIFSARデータの高さの最良精度は約0.5mと考えられる。しかし、検証点をそれぞれ167点 (Mentakab) および132点 (Temerloh) 設定した2箇所での我々の検証テストによると、このIFSARデータは、VRS法GPSによる標高値 (水平精度: 4cm、垂直精度: 6cm、MyRTK) と比べて、それぞれの箇所で、+0.65mおよび-0.17mの誤差を示した。そのため、この誤差量でIFSARデータを補正した。また、1m間隔等高線の精度を更に良くするため、洪水解析に重要な地域でVRS法GPSによる水準測量を実施した。これら2箇所の検証サイトと水準測量観測点を図 7.3.2に示す。

IFSARデータおよび河川横断測量成果を含む水準測量成果を使って作成したDTM (Digital Terrain Model、数値地形モデル) により、1m間隔等高線を自動作成し、手動エラー編集後、最



終成果とした。最後に、この等高線をオルソ画像に重ね、オルソマップを作成した。オルソマップの一部の例を図7.3.3に示す。また、測量局から土地区画データを入力し、GISデータベース上でオルソマップの上に重ねられるようにしている。

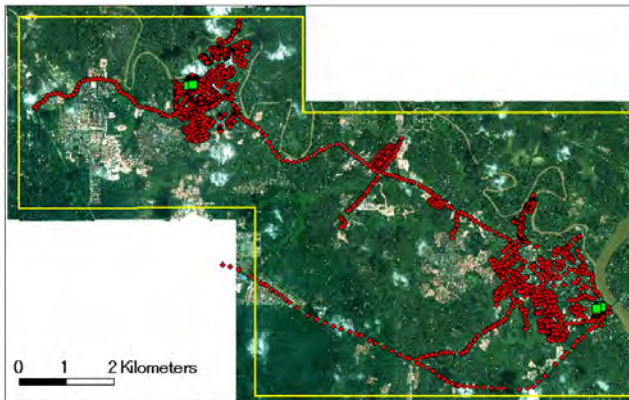


図 7.3.2 2箇所のテストサイト (緑)、水準観測点 (赤)



図 7.3.3 オルソマップの一部

### 7.3.3 河川および排水溝横断測量

Semantan 川 (12 断面)、その支流および排水溝 (8 断面) の横断測量を実施した。横断測量位置および測量成果の例を図 7.3.4 に示す。なお、横断測量についての条件や手法については表 7.3.1 に整理する。



図 7.3.4 横断図の位置(左図, Semantan 川:黄色,支流と排水溝:赤)と測量成果の例(右図)

表 7.3.1 横断測量の条件および手法

項目	内容
測量地点の設定	各測量地点の座標 (xyz) は、1m 未満 (RMSE) の精度を持つ Starfire 補正信号を利用した DGPS (Differential GPS) を使い決定した。
各横断面での計測間隔	各横断面では、河岸の測量基点から傾斜変換点までの距離とその点での水深を巻尺や水準計測器などを使って計測することとしたが、基本的には 1m 間隔で計測するものとした。
水位計測	各横断面では、測線上の 1 点を選んで水位も計測した。
陸部の測量	河川両岸から約 5m 外側までの陸部の地形測量を実施した。また、土手の両側の地形状況が分かるように現場でデジタル写真を取った。橋梁、パイプライン、その他の横断施設がある場合は、その位置と大きさを計測しデジタル写真を撮った。
使用機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>上空が開けた場所で 1m 未満の位置精度 (xyz) を達成できる DGPS システム</li> <li>巻尺、測量ポール、EDM (Electronic Distance Meter)、オートレベル</li> <li>トータルステーション測量システム</li> </ul>

各横断面について、①水平縮尺1/500、垂直縮尺1/100の水深および地形横断面図およびDWGフォーマットデータ、②橋梁図およびDWGフォーマットデータ、③ASCIIフォーマットによる水深および地形データセットなどが成果品として作成された。

## 7.4 地質調査

### (1) 調査の目的

地質調査は、パハン川のTemerloh地区及びMentakab地区においてF/S調査を実施するにあたり基礎地盤の地質状況を把握するためにボーリング調査及び室内土質試験を実施した。

### (2) 地質調査結果 (Temerloh 地区)

#### (a) 地質層序

Temerloh地区のボーリング柱状図を 図 7.4.1 に示す。Semantan川沿いの地層はGL.-13.0m程度まではシルト質粘性土、GL.-13.0m～GL.-15.0mは礫混り砂質シルトとなっている。N値はシルト質粘性土で2～20、砂質シルトで50以上を示している。

#### (b) シルト質粘性土の特徴

地表面下GL.-13.0m程度までに堆積しているシルト質粘性土の特性を把握するために室内土質試験を実施した。シルト質粘性土の特徴を 表 7.4.1 に示す。

表 7.4.1 シルト質粘性土の特徴(Temerloh)

項目	unit	TBH1	TBH2	TBH3	TBH4	TBH5
含水比	%	28-138	25-51	34 - 50	12-24	30-42
単位体積重量	kg/m <sup>3</sup>	1.809 - 1.821	1.557-1.707	1.798 - 1.933	1.731-2.000	1.759-1.971
比重	-	2.61	2.61-2.65	2.61-2.62	2.62-2.64	2.61-2.65
透水係数(K)	cm	7.73x10 <sup>-5</sup>	1.03x10 <sup>-4</sup>	1.42x10 <sup>-4</sup>	8.60x10 <sup>-5</sup>	1.27x10 <sup>-5</sup>

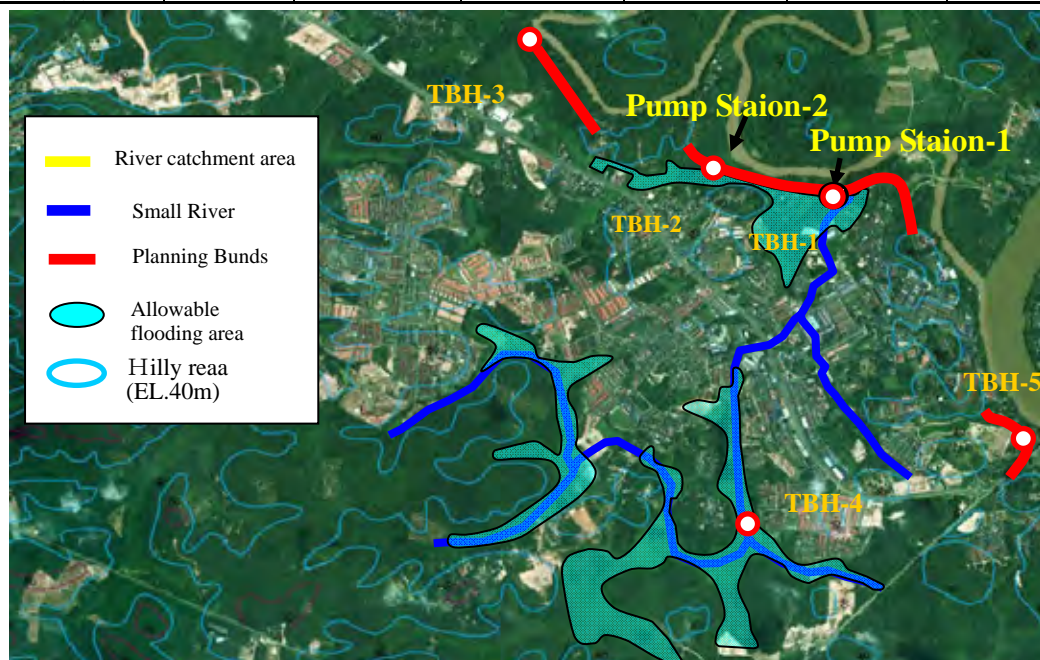


図 7.4.1 ボーリング実施位置(Temerloh)

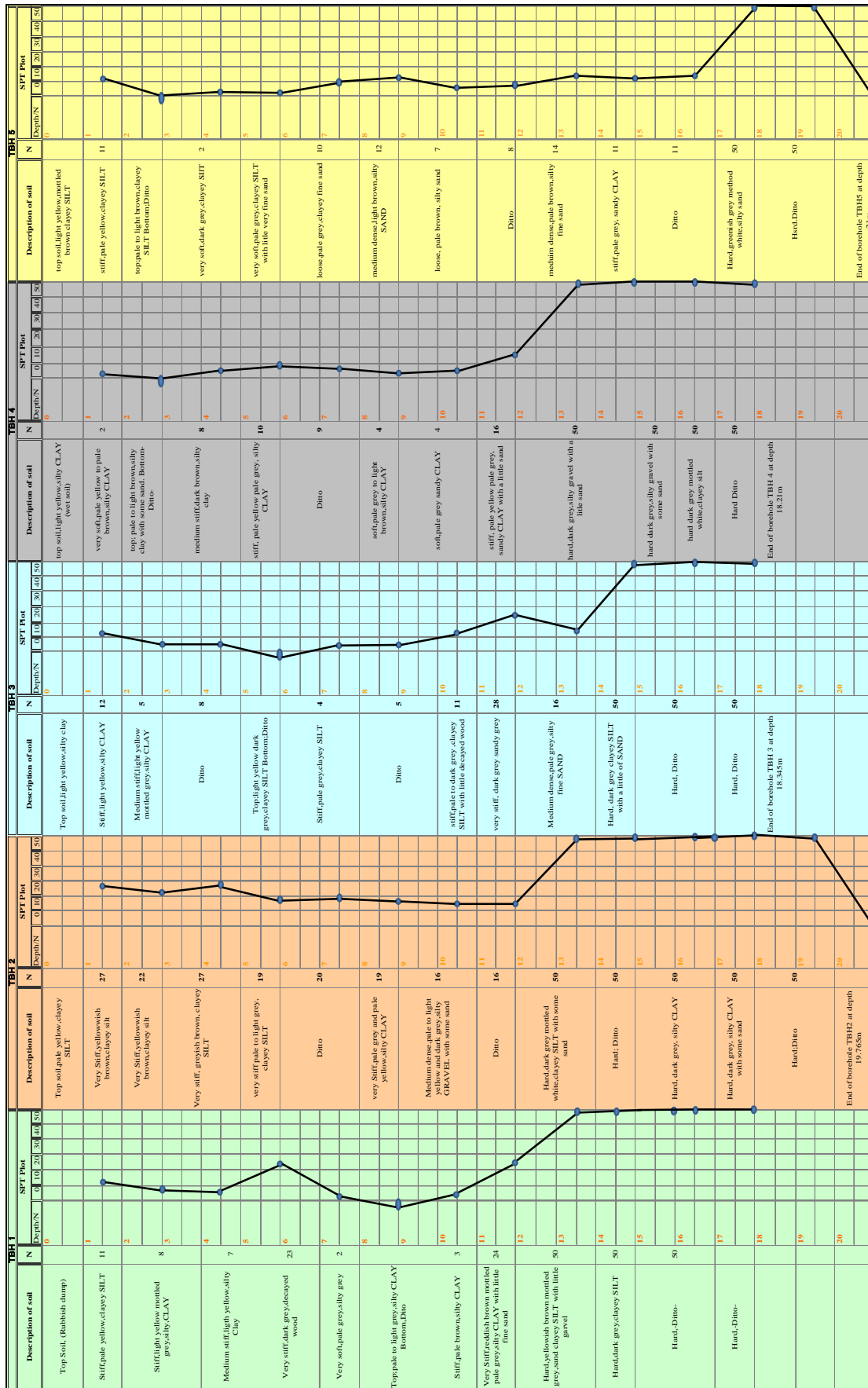


図 7.4.2 ボーリング柱状図(Temerloh)

(3) 地質調査結果 (Mentakab 地区)

(a) 地質層序

Mentakab地区においては、5箇所のボーリング調査及び室内土質試験を実施した。ボーリング柱状図を図 7.4.3 に示す。

(b) シルト質粘性土の特徴

地表面下GL.-12.0m程度までに堆積しているシルト質粘性土の特性を把握するために室内土質試験を実施した。シルト質粘性土の特徴を表 7.4.2 に示す。

表 7.4.2 シルト質粘性土の特徴 (Mentakab)

項目	単位	MBH1	MBH2	MBH3	MBH4	MBH5
含水比	%	20-35	16-29	24-31	7-33	30-42
単位体積重量	kg/m <sup>3</sup>	1.852-2.169	2.014	1.869-2.716	1.490-1.670	1.512-1.861
比重	-	2.61-2.65	2.61-2.64	2.61-2.63	2.64-2.65	2.61-2.65
透水係数(K)	cm	7.19x10 <sup>-4</sup>	7.80x10 <sup>-5</sup> ~ 5.03x10 <sup>-6</sup>	1.02x10 <sup>-6</sup>	6.02x10 <sup>-5</sup> ~ 6.64x10 <sup>-4</sup>	3.60x10 <sup>-3</sup>

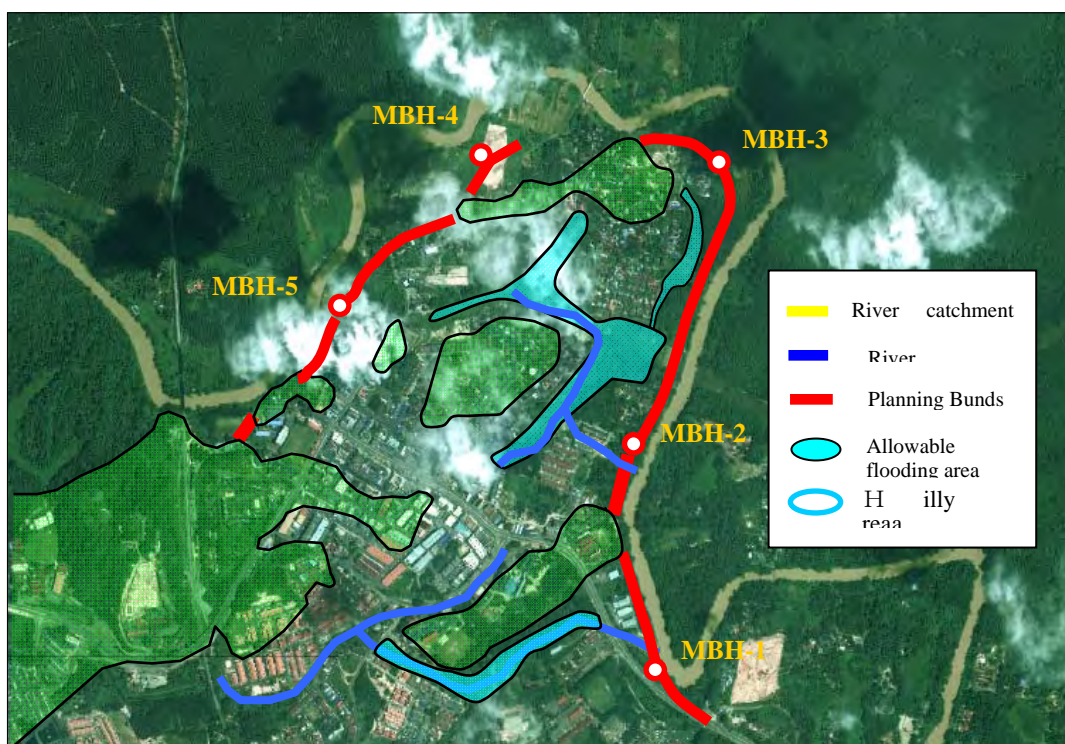


図 7.4.3 ボーリング実施位置(Mentakab)

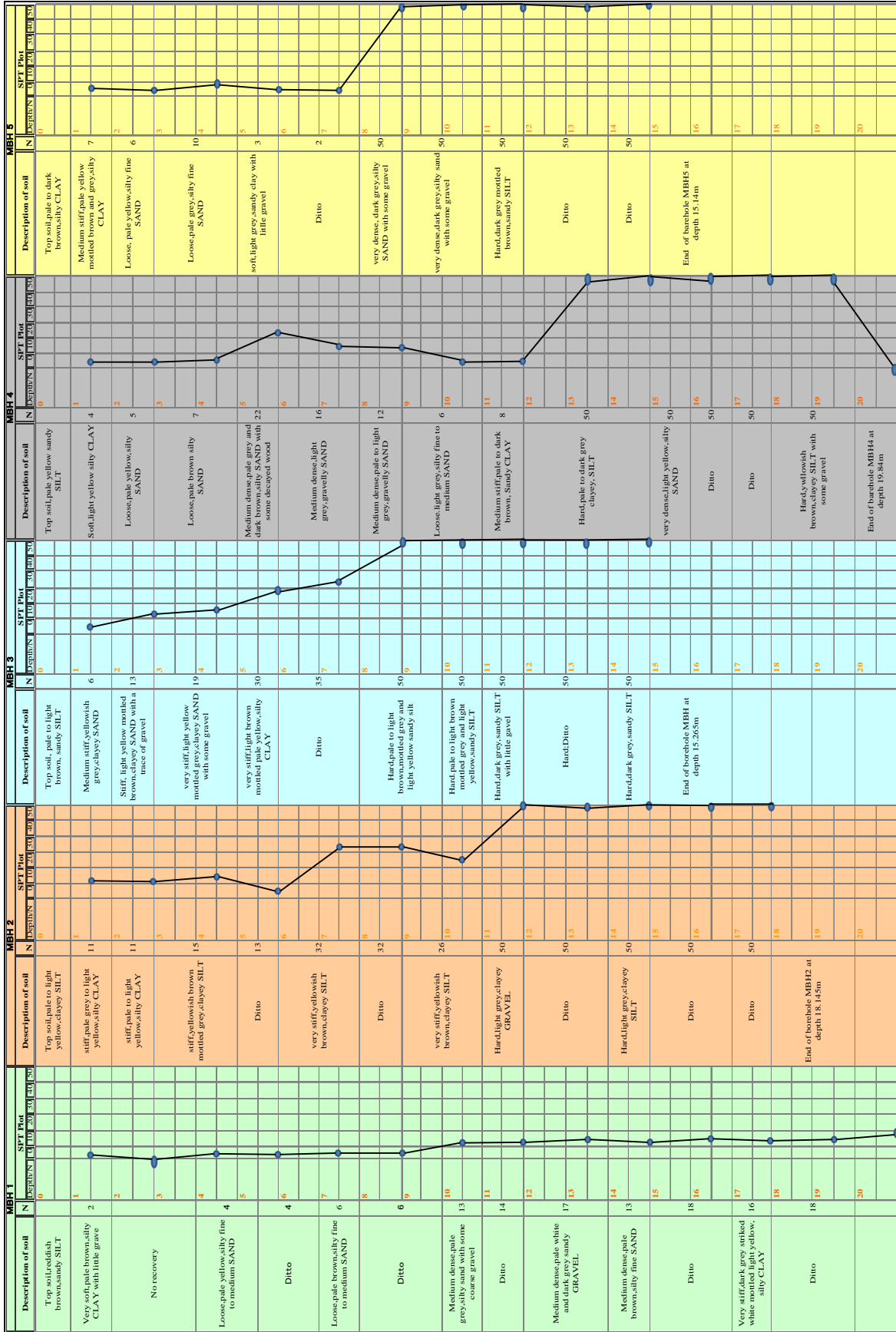


図 7.4.4 ボーリング柱状図(Mentakab)

## 7.5 資産評価調査

本準備調査では、対象地域の洪水被害に関する各種代替案について経済評価を実施する。そこで、経済評価の基礎資料となる資産価格を把握することを目的に、資産調査を実施した。調査対象地域は、Temerloh Townと Mentakab Town 周辺で 1970 年 1 月洪水により浸水した地域である。調査範囲を図 7.5.1 に、調査対象地域の概要を表 7.5.1 に示す。



図 7.5.1 調査範囲（左図：Temerloh、右図：Mentakab）

表 7.5.1 調査対象地域の概要

流域	District	FS 地域	対象地域	備考
パハン川	Temerloh	Temerloh Mentakab	海拔 40m 以下	1971 年 1 月洪水における浸水地域

### 7.5.1 対象項目およびサンプリング数

本資産・洪水被害調査については、2010年4月26日から30日の期間に実施した。1971年1月洪水浸水地域の中でTemerloh Townでは11つ、Mentakab Townでは7つの住宅集中区域が航空写真より判読できたため、調査にあたり、Temerloh Townでは11つの調査区に、Mentakab Townでは7つの調査区に分割した。全調査区で取得したサンプル数はTemerloh Townで117サンプル、Mentakab Townで113サンプルであり、各調査区ではランダムに調査対象者を選定した。各調査区で得られたサンプル数は、図 7.5.2 のとおりである。また、調査対象者と調査項目を表 7.5.2 に示す。



図 7.5.2 サンプル数（左図：Temerloh、右図：Mentakab）

表 7.5.2 調査対象者と調査項目

調査対象者	家屋や店舗を所有している 18 歳以上の居住者
調査項目	家屋や店舗の状況（面積、築年数等）
	資産価値
	2007 年洪水（浸水深、避難場所等）
	2007 年洪水被害額

## 7.5.2 調査結果

住宅の資産にはインテリア、家具、台所用品、家電製品、自転車、自動車、衣料品、そして家屋が含まれる。商店の資産には上記の住宅資産に加えて、商品の在庫が含まれる。主な調査結果を下表に示す。

表 7.5.3 アセット評価調査の結果

	Household Building	Home Asset	Shop Building	Shop Asset	Shop Stock
サンプル数	70	222	50	105	105
最大	RM 500,000.00	RM 1,134,500.00	RM 1,200,000.00	RM 900,000.00	RM 800,000.00
最小	RM 2,000.00	RM 18.00	RM 600.00	RM 0.00	RM 0.00
平均	RM 53,314.29	RM 85,160.17	RM 148,852.00	RM 101,859.05	RM 52,192.38

## 7.6 水理・水文解析

### 7.6.1 氾濫シミュレーション

フィジビリティ調査では、対象地域である Temerloh と Mentakab の洪水予測を目的とした洪水モデルの構築を行う。以下に、計算条件について述べる。

#### (1) 降雨解析

降雨解析にあたり、まず、パハン川のSemantan River合流地点水位がTemerlohとMentakab沿いの河川水位を規定する主な要因であることから、当該地点を基準点として設定した。そして、**図 7.6.1**に示す基準地点上流の40年間(1968-2007)の8日雨量データを用い、降雨の生起確率の算出を行った。

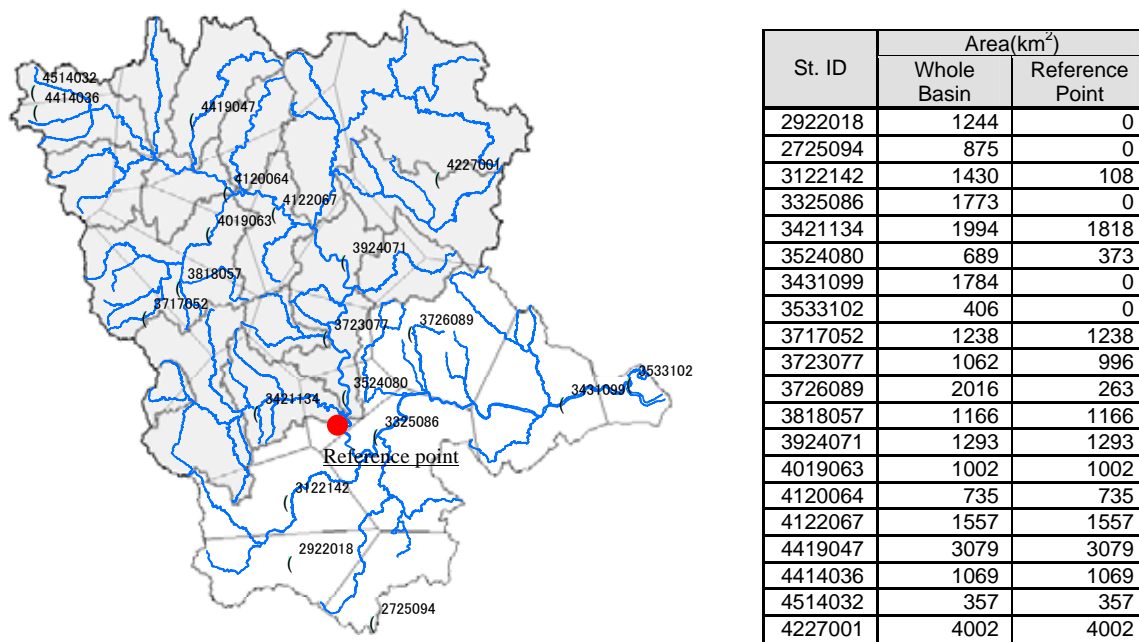


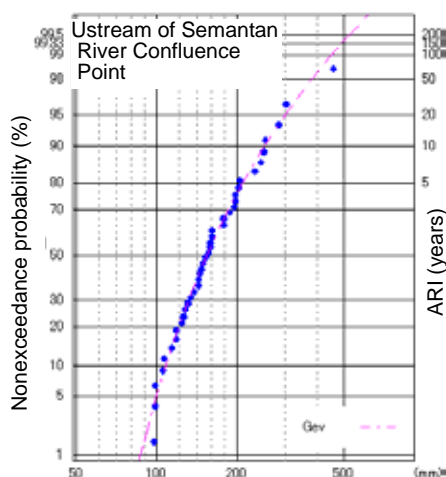
図 7.6.1 ティーセン分割と各観測地点の支配面積

表 7.6.1 8日雨量の生起確率

年*	全流域		基準点上流		年*	全流域		基準点上流	
	最大降雨量	生起確率	最大降雨量	生起確率		最大降雨量	生起確率	最大降雨量	生起確率
1968	130.6	1.4	147.1	1.8	1988	269.5	9	254.2	10
1969	138.5	1.6	151.6	1.9	1989	125.7	1.4	136.8	1.6
1970	543.8	112	458.6	109	1990	181.1	3	159.0	2
1971	312.2	15	286.8	16	1991	197.2	4	177.5	3
1972	225.6	5	193.2	4	1992	164.6	2	158.9	2
1973	147.5	1.8	145.4	1.8	1993	217.6	5	231.4	7
1974	117.4	1.2	123.6	1.3	1994	193.8	3	177.0	3
1975	201.2	4	160.6	2	1995	216.2	5	204.4	5
1976	108.6	1.2	117.9	1.2	1996	115.1	1.2	117.2	1.2
1977	139.9	1.6	156.1	2.1	1997	102.4	1.1	98.3	1.05
1978	121.8	1.3	130.9	1.4	1998	276.3	10	252.5	10
1979	230.8	6	187.3	4	1999	132.3	1.5	134.3	1.5
1980	118.7	1.3	127.1	1.4	2000	109.3	1.2	105.6	1.09
1981	94.6	1.06	97.9	1.05	2001	220.0	5	196.5	4
1982	102.8	1.1	104.5	1.09	2002	90.2	1.04	97.1	1.04
1983	232.4	6	243.1	9	2003	151.3	1.9	142.8	1.7
1984	179.7	3	160.1	2	2004	133.0	1.5	125.6	1.3
1985	128.2	1.4	141.8	1.7	2005	185.6	3	196.4	4
1986	135.4	1.5	149.2	1.9	2006	129.2	1.4	112.9	1.2
1987	214.1	4	202.7	5	2007	353.4	23	302.7	20

\* Hydrological year: July until June next year

確率規模別の8日雨量は図 7.6.2に示すとおりである。



ARI(yrs)	8 days Rainfall (mm)
200	528.5
150	494.0
100	448.8
80	425.6
50	380.0
30	335.2
20	302.8
10	252.9
5	208.4
2	153.4

General Extreme Value (GEV) distribution, Plotted on Log-Normal Probability Paper

図 7.6.2 基準点上流の確率規模別 8日雨量

## (2) シミュレーションモデルの概要

フィージビリティ調査の対象域であるTemerlohとMentakabの洪水状況をより詳細に予測することを目的として、Semantan River モデルを構築することとする。本モデルは、第4章で構築したパハン川流域モデルの結果を境界条件として、流域モデルより高い空間解像度で対象地域の予測を行うものである。両モデルの関係を図 7.6.3に示す。



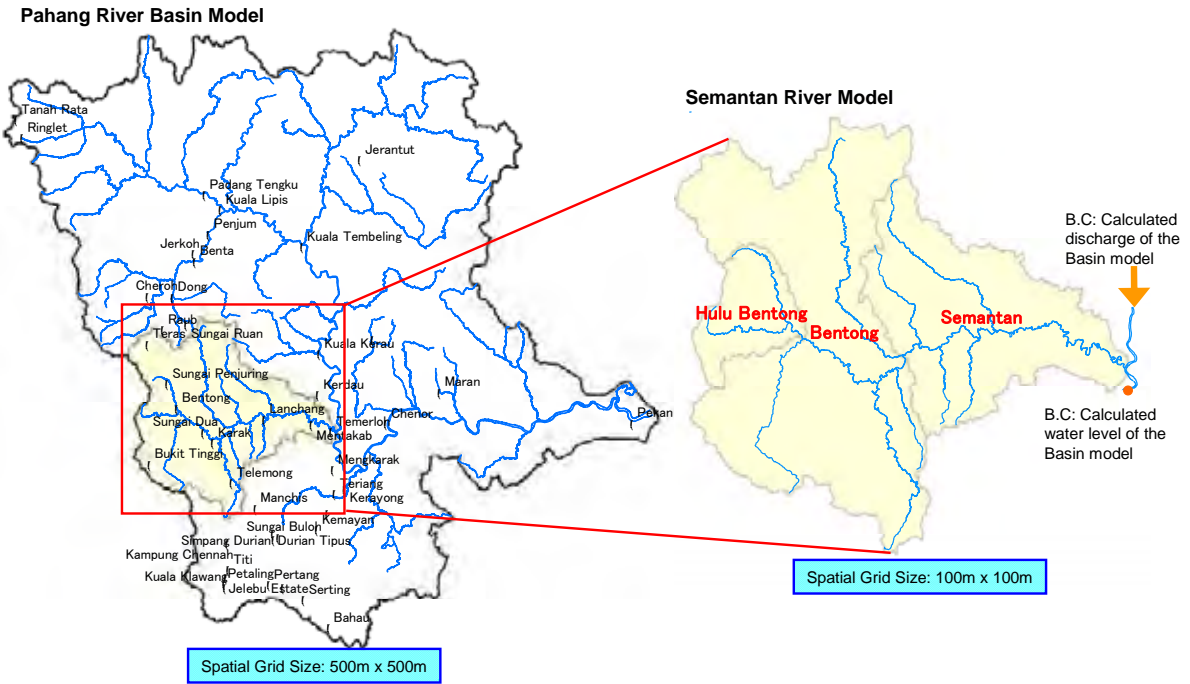


図 7.6.3 パハン川流域モデルと Semantan River モデルの関係

洪水予測には、過去30年間で最大の洪水であり、十分なデータが得られている2007年洪水の降雨パターンを用いることとする。

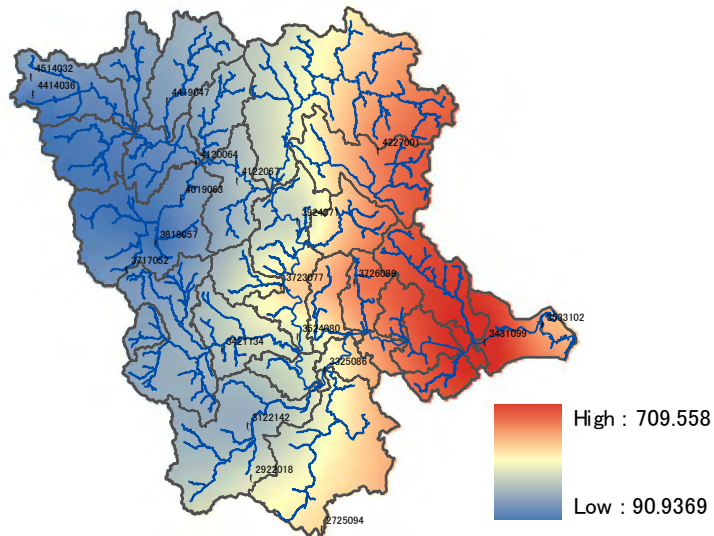


図 7.6.4 2007年12月洪水における降雨分布

確率規模別の降雨引き伸ばし率を表 7.6.2に示す。

表 7.6.2 降雨引き伸ばし率

	確率規模						実測降雨量
	2	5	10	20	50	100	
8 days rainfall(mm)	153.4	208.4	252.9	302.8	380.0	448.8	-
Enlargement Ratio	0.51	0.69	0.84	1.00	1.26	1.48	302.7(Dec. 2007)

表 7.6.3 モデルパラメータ

流出モデル	流域	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流出				浸透		
			幅 (km)	勾配	土地利用	粗度	初期損失 (mm)	継続損失 (mm/hr)	
流出モデル	Hulu Bentong	253	150	0.001	浸透域(%)	96.4 (96.4)	0.1	60.0	0.2
					不浸透域(%)	3.6 (3.6)	0.014	-	-
	Bentong	1705	100	0.001	浸透域(%)	97.6 (99.5)	0.1	30.0	0.3
					不浸透域(%)	2.4 (0.5)	0.014	-	-
	Semantan	961	100	0.001	浸透域(%)	84.6 (97.8)	0.1	30.0	0.3
					不浸透域(%)	15.4 (2.2)	0.014	-	-
氾濫モデル	空間解像度 100m x 100m								

括弧内は現況条件での値である

(3) 検証計算

氾濫モデルは、実績および計算の2007年12月洪水の氾濫域と河川水位時系列を比較することによって行った。

図 7.6.5は計算および実績水位時系列である。また、図 7.6.6は聞き取り調査から作成したTemerloh TownとMentakab Town浸水家屋位置と、氾濫計算結果の比較である。図では、聞き取りによる浸水家屋位置を含むように計算氾濫域が広がっている。これらの図から、計算結果と実測値は概ね一致しており、モデルは妥当であるものと考えられる。

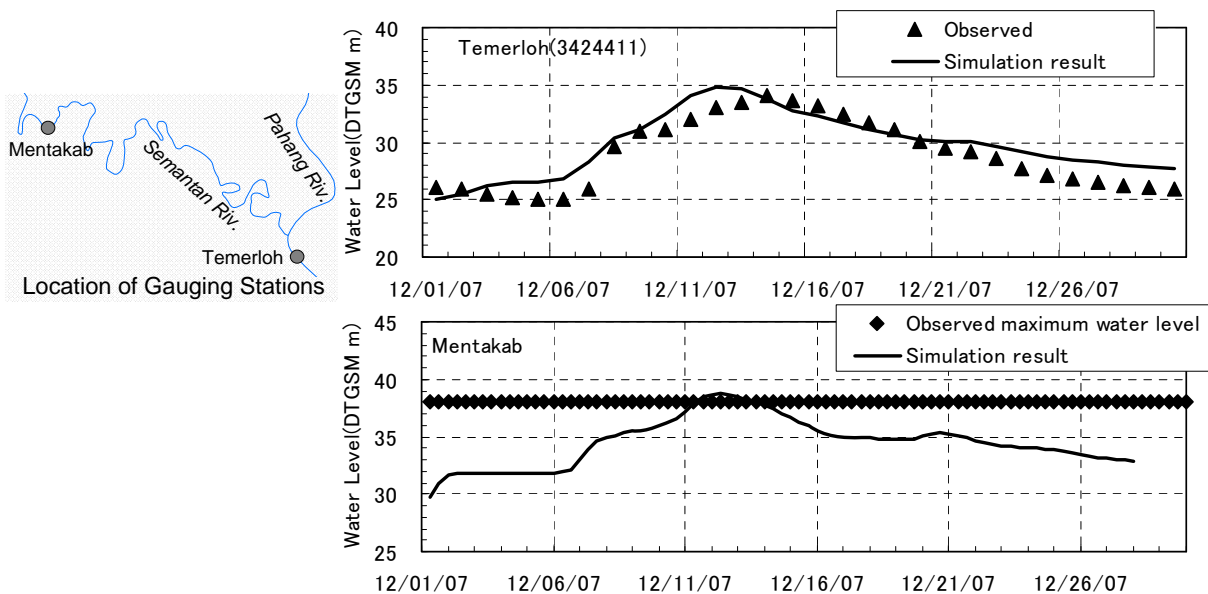


図 7.6.5 実測水位と計算水位の時系列

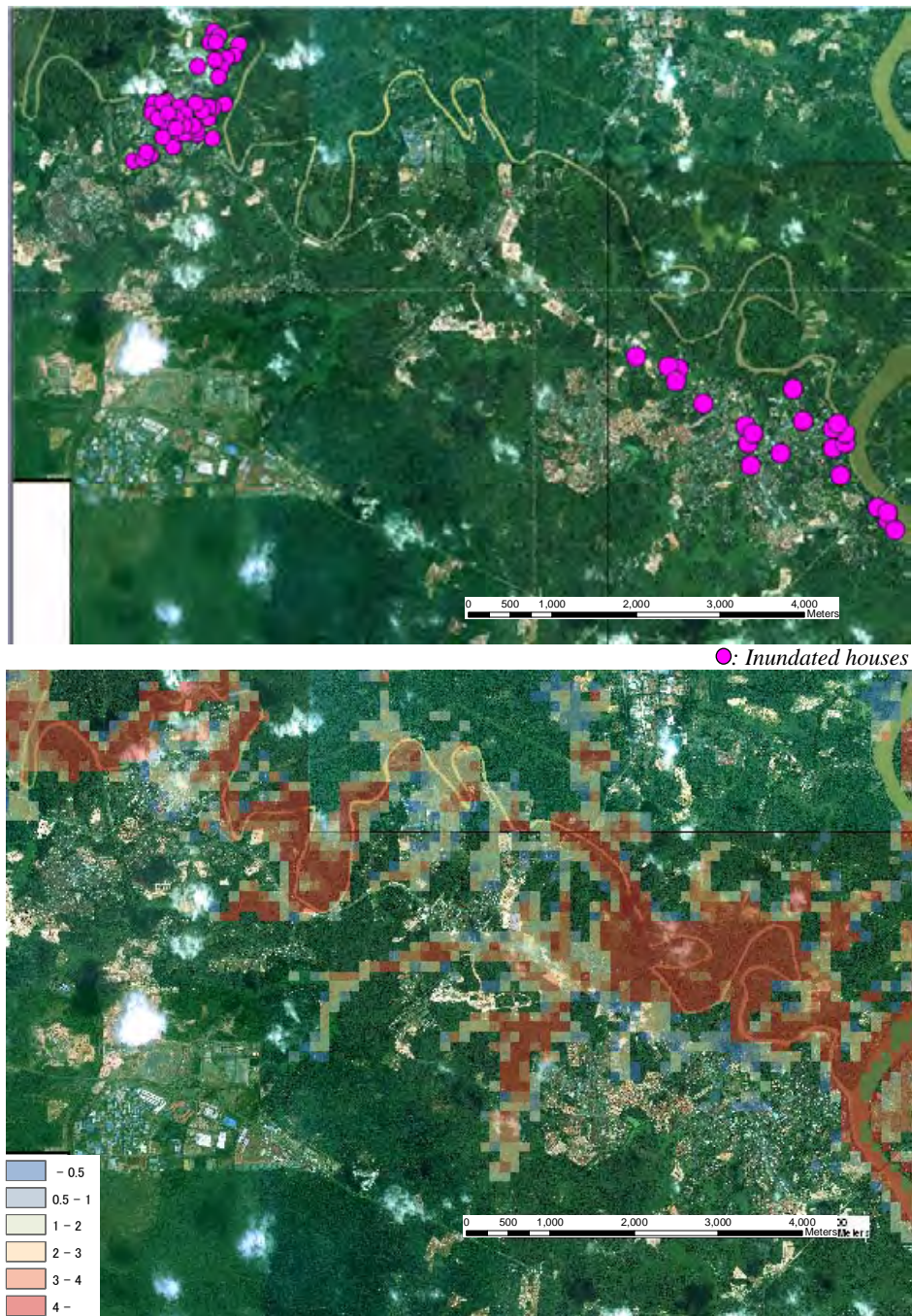


図 7.6.6 氾濫域の比較によるモデル検証結果 (上: 聞き取り調査に基づいた氾濫域、下: 計算結果)

#### (4) 計算結果

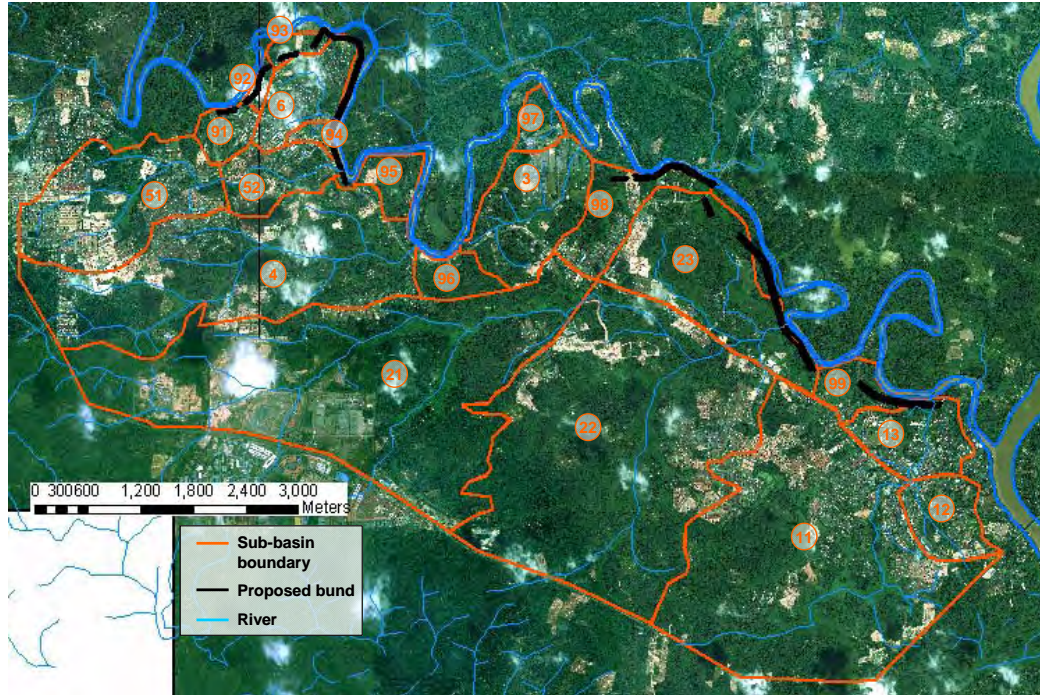
##### (a) 計算ケース

ここでは、対策を行わない場合および、堤防建設、堤防とショートカット水路の組み合わせの2つの洪水対策案を対象としてシミュレーションを行う。計算ケースは表 7.6.4の通りである(対策の詳細は次章参照)。

表 7.6.4 計算ケース

代替案		土地利用条件	概要
0. 対策なし		2025	構造物対策なし
構造物対策	1. 堤防	2025	洪水防御用の堤防あり
	2. 堤防とショートカット水路	2025	ショートカット水路の建設と堤防の組み合わせ

代替案1



代替案2

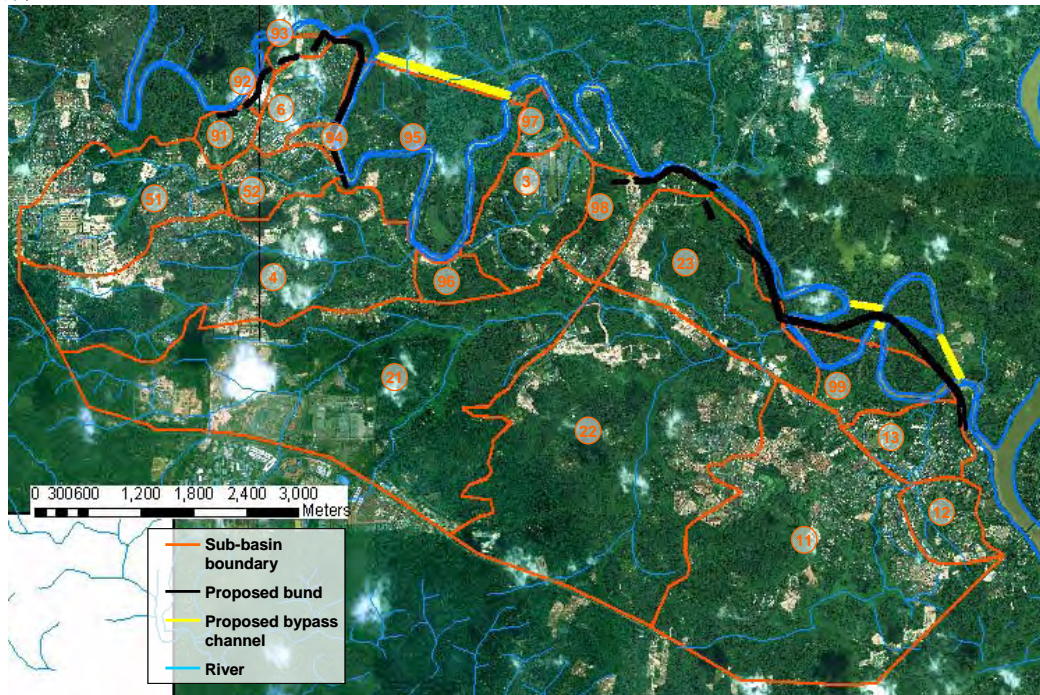


図 7.6.7 構造物対策位置図

## (b) 結果

表 7.6.5、図 7.6.8、図 7.6.9 にシミュレーションの結果を示す。これらの結果より、堤防を建設し、氾濫域を減少させた結果、わずかではあるが防御対象域およびその上流水位が対策を行わなかった場合と比較して増加していることがわかる。一方、ショートカット水路を建設した場合には、Mentakab Town 上流の水位を低下させることができる。防御対象域下流の水位には水位上昇等、対策による大きな影響は及ばないものと予測された。

表 7.6.5 Semantan River における水位計算結果

断面ID	100年確率洪水			50年確率洪水			20年確率洪水		
	Alt.0*	Alt.1*	Alt.2*	Alt.0*	Alt.1*	Alt.2*	Alt.0*	Alt.1*	Alt.2*
0.0km	37.70	37.69	37.76	36.57	36.57	36.56	35.07	35.08	35.08
2.0km	37.97	37.88	-	36.74	36.74	-	35.20	35.25	-
4.0km	38.19	37.93	38.21	36.87	36.80	36.95	35.29	35.35	35.50
6.0km	38.24	37.99	-	36.99	36.88	-	35.38	35.45	-
8.0km	38.20	38.04	38.23	37.02	36.94	37.08	35.44	35.51	35.65
10.4km	38.34	38.36	38.52	37.27	37.31	37.45	35.88	35.95	36.07
12.4km	38.82	38.94	39.05	37.85	37.92	38.07	36.57	36.61	36.74
14.4km	39.04	39.13	39.24	38.10	38.14	38.27	36.84	36.87	36.95
16.4km	39.52	39.62	-	38.57	38.61	-	37.40	37.42	-
18.4km	39.90	40.04	-	38.93	39.00	-	37.82	37.85	-
20.7km	40.31	40.45	39.68	39.39	39.45	38.75	38.34	38.37	37.53
22.7km	40.65	40.82	40.16	39.76	39.81	39.21	38.74	38.72	38.01
24.7km	40.94	41.11	40.53	40.05	40.11	39.60	39.05	39.03	38.45
26.7km	41.24	41.39	40.89	40.38	40.42	40.01	39.39	39.38	38.92
28.7km	41.62	41.74	41.33	40.78	40.81	40.49	39.81	39.80	39.46
31.3km	42.39	42.47	42.18	41.56	41.58	41.35	40.56	40.56	40.34
33.8km	43.16	43.22	43.01	42.34	42.36	42.20	41.31	41.31	41.18
36.3km	43.78	43.83	43.70	43.03	43.04	42.93	41.98	41.98	41.89
38.8km	44.51	44.52	44.46	43.75	43.76	43.70	42.69	42.69	42.64
41.8km	45.53	45.54	45.50	44.76	44.77	44.73	43.70	43.69	43.67

\* Numbers correspond to those in 表 7.6.4

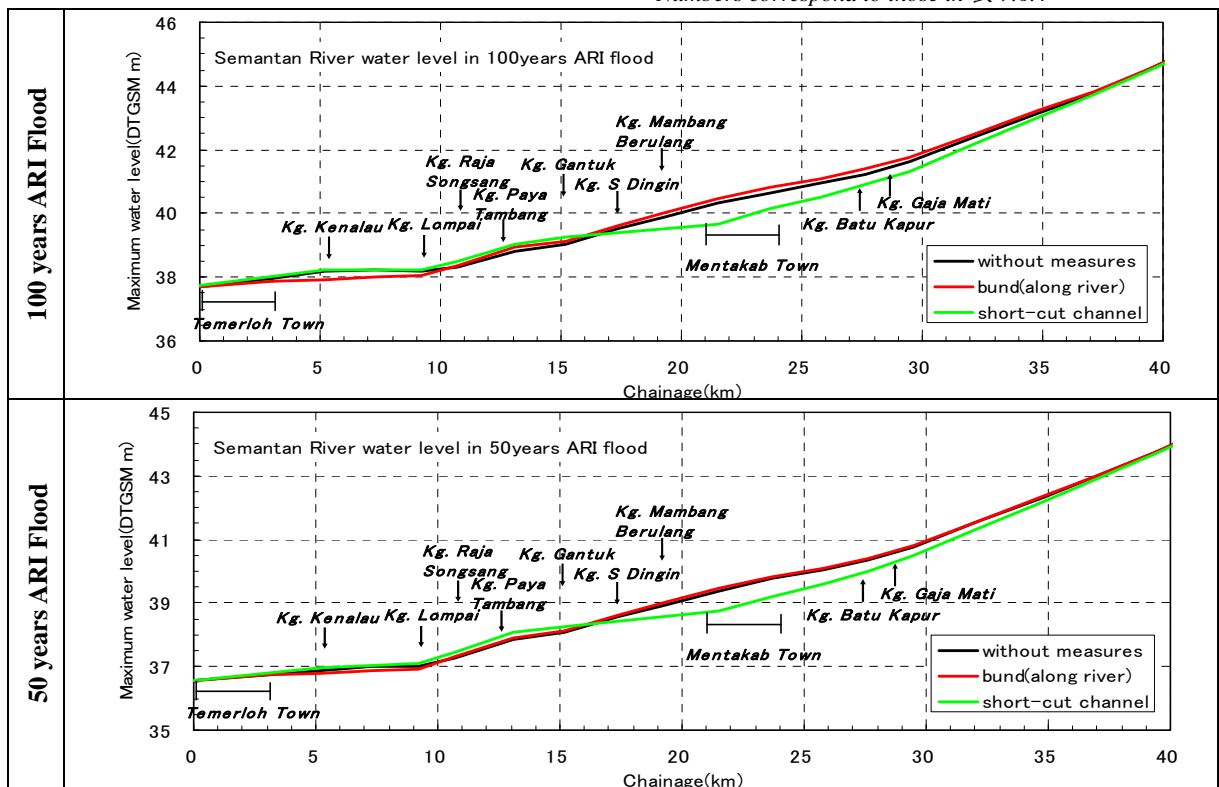


図 7.6.8 各種計算ケース下における河川水位計算結果

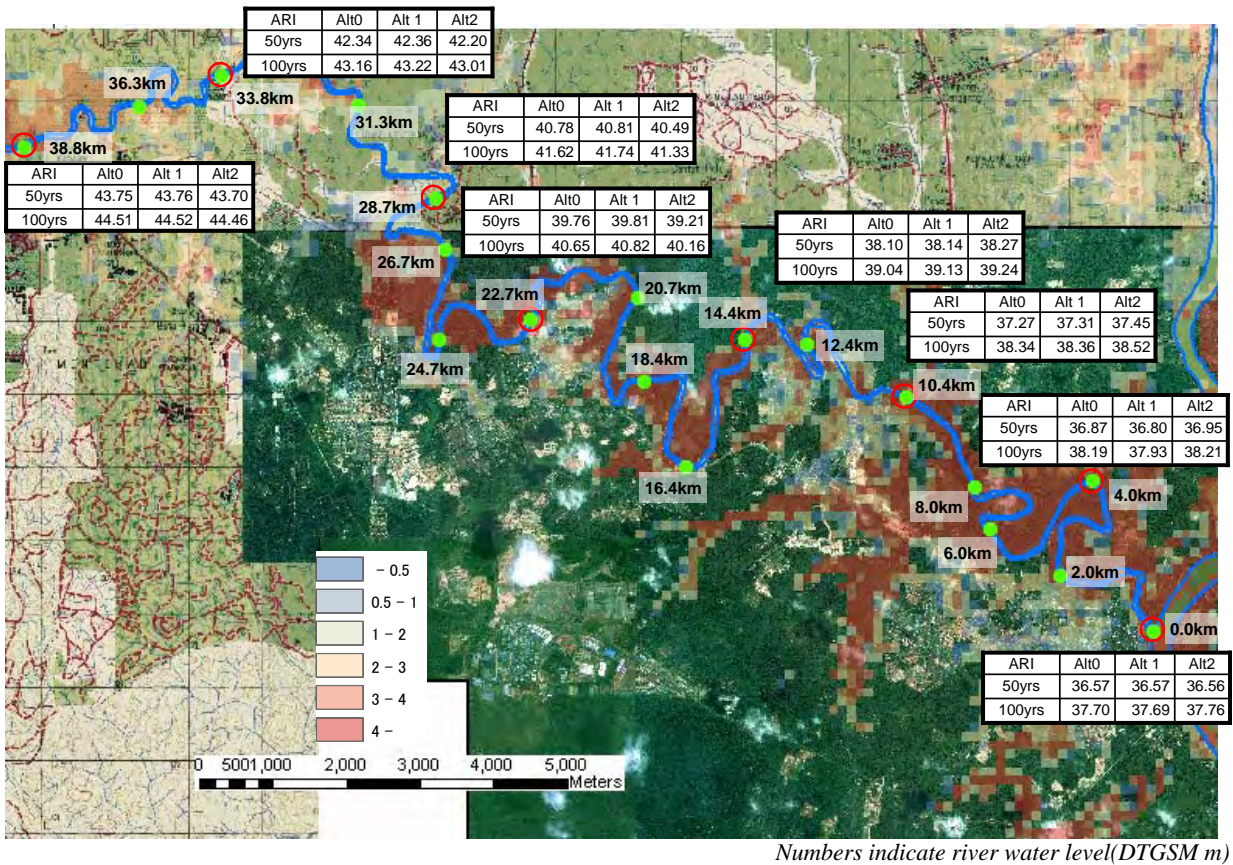


図 7.6.9 50年確率洪水による氾濫域計算結果(対策なし)

## 7.6.2 内水流出解析

ここでは、防御対象域からの内水流出の最大流量および流出総量の算出を目的として内水流出解析を行う。当該解析結果は、内水対策検討の与条件となる。

### (1) 計画規模

内水計算の目的は、外水位が高い状態にある期間の内水最大流量および総流出量を求めることである。したがって、外水位の高い期間の継続時間を設定する必要があるが、本検討では、*Pahang River Basin Study, 1974*に記載されている1971年洪水におけるMentakab Townの氾濫期間相当として10日を用いることとする。また、計画規模は10年確率規模とした。

継続時間1000分までの代表都市における降雨継続時間と降雨強度の関係は、MASMAに示されている。そこで、MASMAにあるTemriohの降雨継続時間-降雨強度関係を用いることとし、継続時間が1000分を超えるデータについては、雨量観測地点3524080の実測値(1968-2007)を用いて曲線を延伸することとした。降雨パターンには中央集中型波形を用いることとする。図 7.6.10に降雨継続時間-降雨強度関係、図 7.6.11に計画降雨の波形を示す。

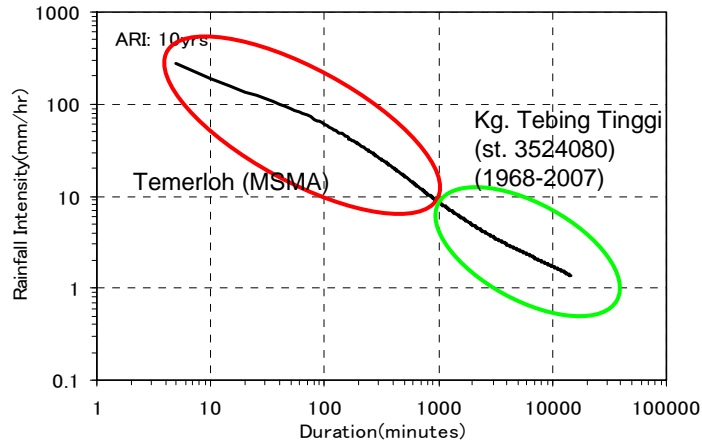


図 7.6.10 降雨継続時間-降雨強度曲線

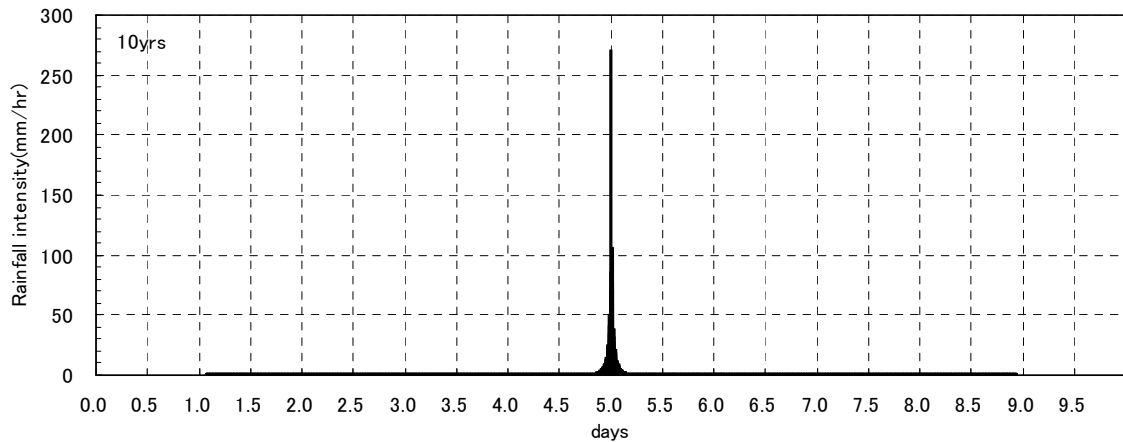


図 7.6.11 計画降雨波形

## (2) 小流域とその特性

代替案1、代替案2では図 7.6.7、図 7.6.12に示すように、それぞれ、対象域を20の小流域に分割した。それぞれの小流域の特性は、表 7.6.6のとおりである。流域に占める市街地・住宅の割合が40%を越える流域の洪水流達時間は、以下に示す表面流下時間と水路内流下時間の合計で求める。

表面流下時間(Friend's formula):

$$t_0 = \frac{107nL_o^{1/3}}{S^{1/2}}$$

ここに、 $t_0$ は表面流下時間(分)、 $L_o$ は表面流流下距離(m)、 $n$ は粗度係数、 $S$ は勾配(%)である。

水路内流下時間

$$t_{ch} = \frac{L}{60V}$$

ここに $t_{ch}$ 水路内流下時間(分)、 $L$ は水路距離(m)、 $V$ は流速(m/s)。水路内の流速には既往検討を参考に1.5m/sを用いた。

森林や農地が支配的な流域の洪水流達時間については、次式のBransby-Williams' Equationによって推定を行った。

$$t_c = \frac{F_c L}{A^{1/10} S^{1/5}}$$

ここに、 $t_c$ は洪水流達時間 (minutes) $F_c$ は変換係数(58.5)、 $L$ は流下距離(km)、 $A$ は流域面積(km<sup>2</sup>)、 $S$ は勾配 (m/km)である。

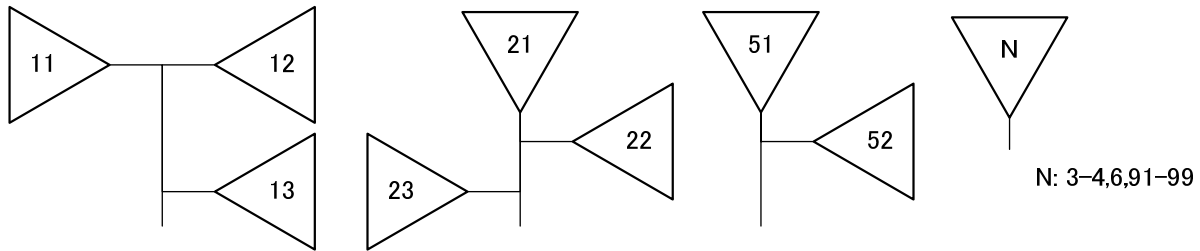


図 7.6.12 流出モデル概念図

表 7.6.6 流域特性

流域番号	面積 (km <sup>2</sup> )	市街化率 (%)	水路距離 (m)	表面流下距離 (m)	勾配	粗度	表面流下時間 (min)	水路流下時間 (min)	流達時間 (min)
	A	-	L	L <sub>o</sub>	S	n	t <sub>o</sub>	t <sub>ch</sub>	t <sub>c</sub>
11	7.38	22	4000	-	0.0075	-	-	-	128
12	0.75	36	1000	-	0.0050	-	-	-	44
13	0.94	55	1000	470	0.0050	0.02	24	11	35
21	8.31	14	5500	-	0.0073	-	-	-	175
22	8.32	9	3000	-	0.0083	-	-	-	93
23	2.57	17	2000	-	0.0050	-	-	-	77
3	1.58	6	1500	-	0.0233	-	-	-	45
4	5.01	18	3000	-	0.0150	-	-	-	87
51	2.44	55	2200	555	0.0091	0.02	18	24	43
52	0.78	65	1300	300	0.0038	0.02	23	14	38
6	0.86	58	1000	430	0.0150	0.02	13	11	24
91	0.35	26	400	-	0.0375	-	-	-	13
92	0.10	10	300	-	0.0167	-	-	-	13
93	0.18	11	300	-	0.0167	-	-	-	12
94	0.13	46	400	163	0.0250	0.02	7	4	12
95*	0.38 (3.17)	0 (0)	600 (3000)	-	0.0167 (0.0150)	-	-	-	22 (91)
96	0.42	0	400	-	0.0375	-	-	-	12
97	0.29	10	500	-	0.0300	-	-	-	17
97	0.89	34	1000	-	0.0100	-	-	-	37
99**	0.46 (1.14)	11 (4)	600 (700)	-	0.0167 (0.0142)	-	-	-	22 (24)

\* Numbers in parenthesis are figure of alternative 3

\*\* Numbers in parenthesis are figure of alternative 2&3

### (3) 流出波形

各小流域からの流出波形推定には次式の合成合理式を用いることとした。

$$Q = \frac{CI_t A}{360}$$



ここに、 $Q$ は流量( $m^3/s$ )、 $C$ は流出係数、 $I_t$ は流達時間( $t_c$ )内の降雨強度( $mm/hr$ )、 $A$ は流域面積である。流出係数はMASMAにある通り、**図 7.6.13**に示すような降雨強度の関数とした。

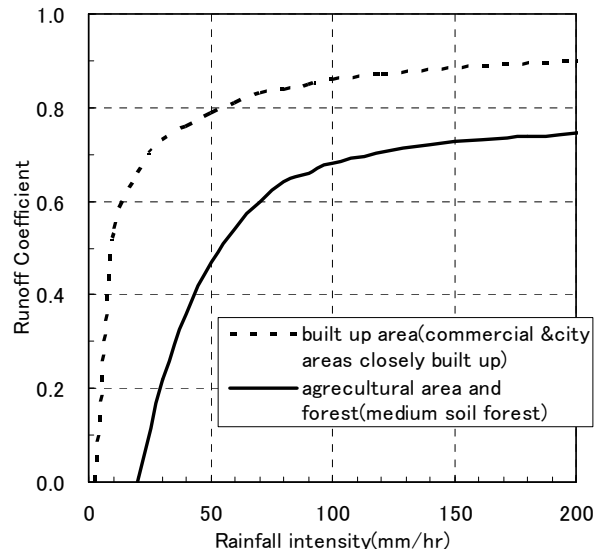


図 7.6.13 流出係数

#### (4) 流出計算結果

**図 7.6.14**に内水流出波形の例を示す。また、各小流域の最大流量および、総流出量は**表 7.6.7**に整理した通りである。

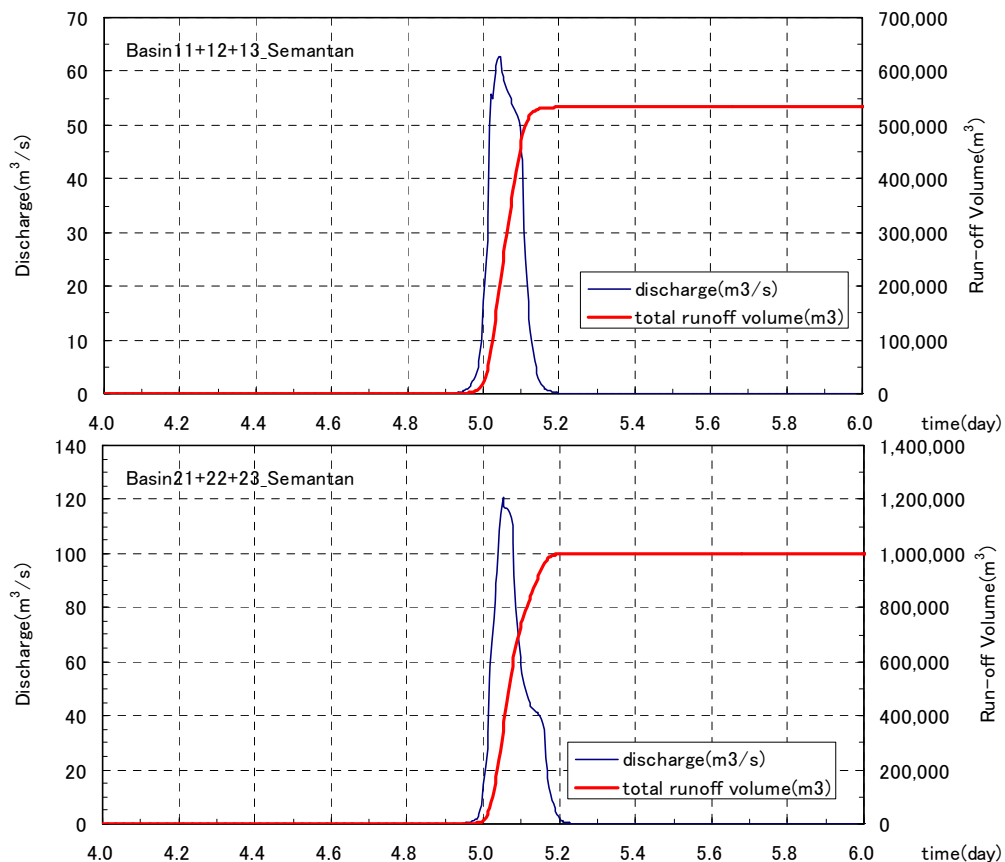


図 7.6.14 内水流出波形の例

表 7.6.7 最大流量と総流出量

小流域	最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	総流出量 (1000m <sup>3</sup> )	小流域	最大流量 (m <sup>3</sup> /s)	総流出量 (1000m <sup>3</sup> )
11	51.7	418.3	6	20.5	63.0
12	12.2	47.3	91	9.4	20.5
13	18.8	67.6	92	2.5	5.1
Total (11+12+13)	62.9	533.2	93	4.5	9.3
21	41.5	440.4	94	3.8	8.8
22	71.1	421.7	95	8.0 (27.0)*	17.7 (147.5)*
23	26.5	139.7	96	10.1	19.5
Total (21+22+23)	120.6	1001.8	97	6.4	14.8
3	22.3	77.9	98	15.3	55.4
4	47.2	274.7	99	9.1 (21.9)*	23.7 (55.2)*
51	43.0	175.4			
52	15.2	59.7			
Total (51+52)	56.1	235.1			

\* Numbers in parenthesis are figure of alternative 2

## 7.7 構造物対策の概略設計

洪水氾濫シミュレーション結果や過去の洪水状況調査等の結果から、F/S調査においては Semantan川沿いに点在する市街地及び住居区域を洪水対策施設により洪水氾濫から保護することが決定された。施設計画を以下に述べる。

### 7.7.1 設計条件

洪水対策施設の設計条件は以下のとおりである。

#### (1) 対象洪水

外水及び内水対策の設計洪水は以下のとおりである。

- 外水対策：50年確率洪水
- 内水対策：10年確率洪水

#### (2) 設計洪水位

Semantan川における50年確率洪水の計画高水位の解析結果を表 7.7.1に示す。氾濫シミュレーションにおいてはパハン川との合流点水位EL. 36.57mを Semantan川の最下流の境界条件として設定した。Temerloh地区の対象河川区間における高水位は概ねEL. 36.57m～37.40m、Mentakab地区でEL. 39.23m～40.07mである。堤防高としてはDIDマニュアルに基づき、0.6m以上の余裕高を加えた高さとする。

表 7.7.1 設計水位 (50年確率規模)

場所	水位 (1/50)	堤防高
Temerloh	36.57 - 37.40	37.27 - 37.99
Mentakab	39.23 - 40.07	39.83 - 40.67

7.7.2 施設計画

F/S 調査において検討した洪水対策施設を表 7.7.2に示す。洪水対策は Semantan 川の外水及び内水対策の両方について検討した。外水対策としては Semantan 川の洪水氾濫から対象区域を保全することを目的とし、内水対策は堤防により囲まれた Semantan 川支川の内水氾濫を軽減する目的で実施するものである。

表 7.7.2 洪水制御施設案

洪水	施設	目的
外水対応	堤防	Semantan 川の氾濫による被害を防ぐ
	道路嵩上げ	同上および築堤に伴う嵩上げ
	ショートカット水路	蛇行水路の直線化
内水対応	許容湛水域	内水を貯留する
	調節池	内水を貯留し、ポンプ運転の効率を高める
	ポンプ場	河川水位が内水位より高い場合に、内水を排水する
	樋門	河川水位が堤内地よりも低い場合に内水を自然流下させる
	逆流防止ゲート	Semantan 川からの逆流を防ぐ

ID	Distance (km)	Water Level (1/50)	Water Level (1/100)	Section gradient (1/X)	Average gradient of WL (EL.m)	Design Height of Bunds (EL.m)
Smnt0000km	0.00	36.572	37.572			37.17
Smnt0020km	3.00	36.737	37.737	18.127		37.34
Smnt0040km	5.20	36.799	37.799	35.484	Temerloh	37.40
Smnt0060km	7.30	36.880	37.880	25.926		37.48
Smnt0080km	9.20	36.933	37.933	35.849		37.53
Smnt0104km	10.70	37.394	38.394	3.254	13.009	37.99
Smnt0124km	13.10	37.996	38.996	3.987		38.60
Smnt0144km	15.20	38.242	39.242	8.537		38.84
Smnt0164km	17.40	38.720	39.720	4.603		39.32
Smnt0184km	19.30	39.231	40.231	3.718		39.83
Smnt0207km	21.50	39.633	40.633	5.473	Mentakab	40.23
Smnt0227km	23.70	40.070	41.070	5.034		40.67
Smnt0247km	25.80	40.337	41.337	7.865	5.877	40.94
Smnt0267km	27.60	40.618	41.618	6.406		41.22

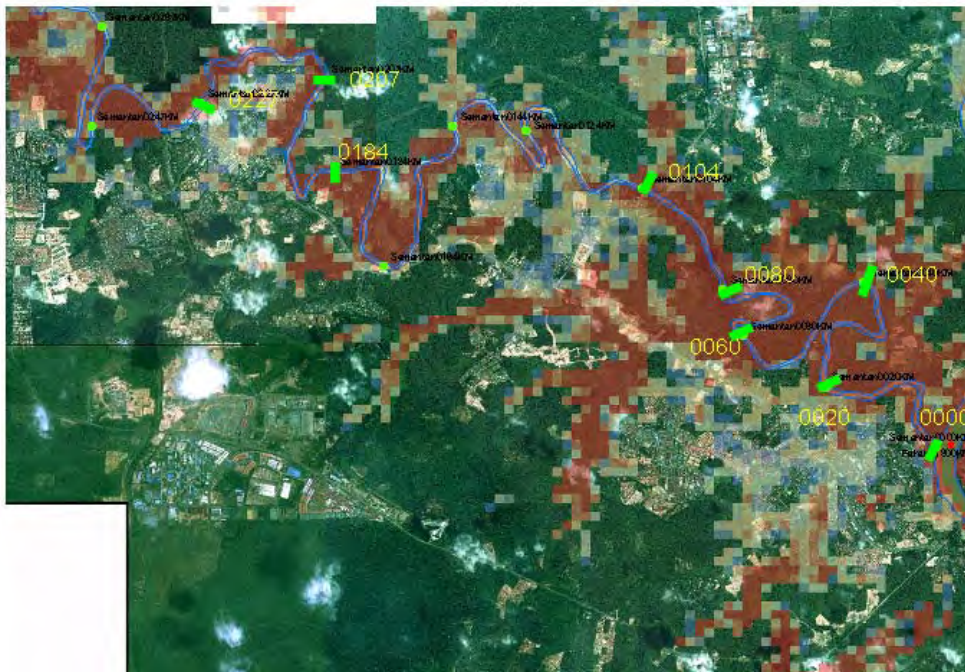
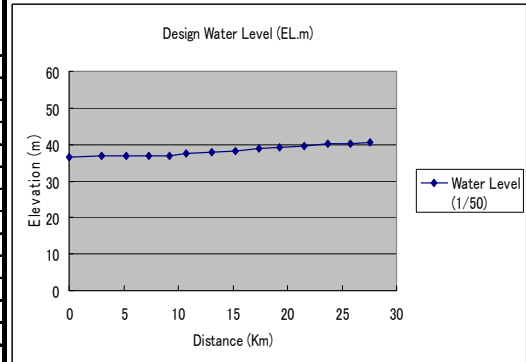


図 7.7.1 対象地域における設計水位

(1) 堤防

(a) 堤防形状

Semantan川の洪水は1～2週間程度高い水位を維持した状態で継続すること考慮してF/S調査においては堤防越流や浸透破壊に抵抗するため緩勾配の堤防を提案する。

堤防高は平均6m程度、堤防天端幅はマレーシア国の標準設計に準拠して10.0m、堤防法勾配は浸透破壊、円弧すべりを考慮して上下流ともに1:3とした。余裕高は50年確率洪水の高水位に0.6mを設定した。

表 7.7.3 堤防の基本構造

堤防形式	輪中堤防
Width of Bund	10 m
Slope of Bund	River side 1:3.0 inland side 1:3.0
Freeboard	0.6 m

(b) 河川区域

堤防法線は原則として河岸侵食や河川環境保全の観点から河岸から堤防法肩まで約50mの洪水敷を確保するように配置した。

DIDマニュアルでは河岸から堤防敷末端まで50mを河川区域することとなっている。本調査においては、平均堤防高が約6mで堤防天端幅を10mとしているため堤防基礎幅は52mとなる。この構造では堤敷だけで52mとなり、河川区域を確保することはできない。したがって、原則として河岸から川表堤防法肩まで50mを確保することとした。

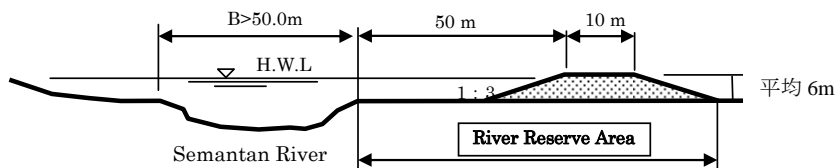


図 7.7.2 堤防の概略図

(2) ショートカット水路

ショートカット水路は、代替案2で、Temerloh地区において堤防が河川と交差し寸断される湾曲した河川を接続するために計画されたものである。Mentakab地区においては、ショートカット水路は代替案1において堤防配置のための土地が狭く家屋移転が発生する箇所を避けるために検討されたものである。

ショートカット水路の規模は現況河川と同程度とした。下図にショートカット水路の規模を示す。

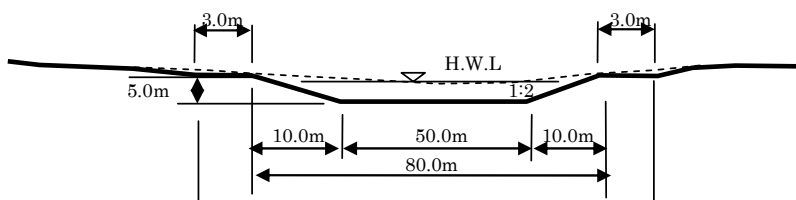


図 7.7.3 ショートカット水路の概略図

### (3) 許容湛水域

許容湛水域は内水区域の洪水対策施設として検討されているもので、10年確率洪水の流出量を貯留するものである。許容湛水域の区域は洪水氾濫許容区域として市が管理する都市計画に指定されるべきものであり、貯流量を減少させることが想定される土地開発は規制する必要がある。

### (4) 調節池

調節池は10年確率の洪水流出量を貯留することとポンプ施設容量の低減を目的として建設されるものである。調節池は洪水対策施設として用地買収を行う必要がある。

### (5) ポンプ場

Semantan川の洪水は1~2週間程度継続する。一方で内水計画洪水は1日程度の降雨継続時間であるが、Semantan川の洪水期間に数度内水洪水が発生する可能性がある。したがって、ポンプ場は連続する可能性のある次の洪水に対応するために24時間以内に計画貯留量を排水できる規模とする。

### (6) 樋門・樋管

樋門・樋管はSemantan川支川の自然排水機能を確保するために建設されるもので、堤防で囲まれた区域の常時及び洪水時排水を行うものである。樋門・樋管は外水位（Semantan川水位）が堤内地の地盤標高より高くなった場合はゲートにより遮断される。

### (7) 河川ゲート

河川ゲートは、Semantan側の洪水が堤内地へ氾濫することを防止するために設置される洪水対策施設である。常時は開放されている。

## 7.7.3 構造物対策の検討ケース

Temerloh 地区と Mentakab 地区においては、輪中堤防配置を代替案1及びショートカット水路配置案を代替案2として検討した。F/S 調査における代替案の概略比較を 8.1.2 に示す。

## 7.7.4 代替案1

### (1) 外水対策

#### (a) 堤防配置計画

Semantan川からの洪水被害を軽減するためには、堤防は主要な洪水対策施設である。堤防形式としては、輪中堤防を提案する。保護される区域は、右岸側に発達している市街地と住居地区である。堤防の延長を表 7.7.4 に示す。Temerloh地区で総延長14,884m 及びMentakab地区で総延長 2,658m の堤防が配置される。

表 7.7.4 堤防の延長 (Temerloh-Mentakab)

地区	場所	延長	適用
Temerloh	TB1	1,134m	EL.38.0m
	TB2	1,751m	
	TB3	1,629m	
	TB4	370m	
	Total	4,884m	
Mentakab	MB1	1,450m	EL.40.0m
	MB2	92m	
	MB3	192m	
	MB4	510m	
	MB5	194m	
	MB6	220m	EL.41.0m
	Total	2,658m	
総計		7,542m	

(b) 道路の嵩上げ

堤防と交差する道路及び堤防を兼用する計画とする道路について、その標高がSemantan川の計画高水位より低い箇所については、計画高水位より標高が高くなるように嵩上げし、堤防と兼用することを計画する。嵩上げの対象となる道路は、Temerloh地区一箇所、Mentakab地区一箇所の合計2箇所である。道路嵩上げの計画を表 7.7.5に示す。

表 7.7.5 道路の嵩上げ

地区	嵩上げ標高(EL.m)	盛土延長(m)	最大嵩上げ高(m)
Temerloh Area	EL.38.5m	255.0m	3.5m
Mentakab Area	EL.40.0m	538.0m	4.0m
合計		793.0m	

(2) 内水対策

内水対策はSemantan川の支川の洪水氾濫を軽減するために行うものである。内水対策施設は、許容湛水域、調節池、ポンプ場、樋門・樋管及び河川ゲートで構成される。内水洪水は始めに許容湛水域と調節池に貯留される。Semantan川の水位が堤内地の地盤高より低い場合は、洪水は樋門・樋管及び河川ゲートを通して自然排水される。Semantan川の水位が堤内地の地盤高より高くなった場合は、Semantan川の洪水が逆流しないように樋門・樋管及び河川ゲートは閉鎖され、内水洪水はポンプ施設により強制排水されるものである。

(a) 許容湛水域及び調節池

表 7.7.6 に許容湛水域と調節池の規模を示す。Temerloh地区においては3箇所の許容湛水域と2箇所の調節池が、また、Mentakab地区においては1箇所の調節池を提案する。

表 7.7.6 許容湛水域と調節池の諸元

地区	支川名称	調節地名	面積(ha)	必要容量(m <sup>3</sup> )	計画貯水位(EL.m)
Temerloh	Rabit River	調節池 1	5.95	67,557	EL.33.0m
		許容湛水域 1	72.62	418,281	EL.33.0m
	Segal River	調節池 2	9.40	139,749	EL.32.0m
		許容湛水池 2	52.03	421,716	EL.32.0m
		許容湛水池 3	42.08	440,364	EL.33.0m
Mentakab	Ara River	調節池 3	5.25	63,018	EL.34.0m

(b) 樋門・樋管・河川ゲート

Temerloh地区及びMentakab地区に計画した樋門・樋管の位置と規模を表 7.7.7に示す。Temerloh地区に2箇所の樋門・樋管、Mentakab地区に1箇所の樋門・樋管、及び河川ゲートを1箇所計画する。

表 7.7.7 樋門・樋管・河川ゲート諸元

地区	場所及び河川名	諸元	敷高標高
Temerloh	SG1(Rabit River)	3nos x H3.0m x B3.0m	EL.28.0m
	SG2(Chengal River)	3nos x H1.5m x B1.5m	EL.28.0m
Mentakab	RG1 (Kepata River)	4nos x H3.5m x B5.0m	EL.29.0m
	Ara River	3nos x H3.0m x B3.0m	EL.31.0m

## (c) ポンプ場

許容湛水域と調節池に貯留される10年確率洪水を24時間以内に排出するためにポンプ場を計画した。Temerloh地区に2箇所、Mentakab地区に1箇所、計3箇所の調節池と一体となったポンプ場を計画する。ポンプ場の規模を下表に示す。

表 7.7.8 ポンプ場諸元

地区	河川名	流域	流域面積 (km <sup>2</sup> )	延長 (m)	ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)	総流出量 (m <sup>3</sup> )	ポンプ容量 (m <sup>3</sup> /s)	
Temerloh	Rabit	11	7.38	4,000	51.73	418,281	ポンプ 1: 6.17m <sup>3</sup> /s	
		12	0.75	1,000	12.16	47,334		
		13	0.94	1,000	18.84	67,557		
	Chengal						533,172	ポンプ 2: 11.60m <sup>3</sup> /s
		22	8.32	3,000	71.78	421,716		
		21	8.31	5,500	41.52	440,364		
	23	2.57	2,000	26.46	139,749			
						1,001,829		
Mentakab	Ara	60	0.86	1,000	20.52	63,018	ポンプ 3: 0.73m <sup>3</sup> /s	

## 7.7.5 代替案 2

## (1) 外水対策

## (a) 堤防配置及びショートカット水路

住居地区から離れた箇所に堤防を建設する。この計画においては、堤防が湾曲した河川を横断する場合に河川を連続させるためにショートカット水路を計画するものである。堤防とショートカット水路の規模を表 7.7.9に示す。Temerloh地区においては、堤防延長は合計で約5,380m、ショートカット水路は3箇所で合計1,119mである。Mentakab地区においては、堤防総延長は約2,192mで、ショートカット水路は1,681mとなる。

表 7.7.9 堤防の延長 (Temerloh-Mentakab)

場所	構造物	延長	適用
Temerloh			
Bunds	TB2-1	3,491m	EL.38.0m
	TB2	255m	
	TB3	1,634m	
	Total	5,380m	
Shortcut	SH-1	635m	
	SH-2	400m	
	SH-3	84m	
	Total	1,119m	
Mentakab			
Bunds	MB2-1	651m	EL.40.0m
	MB2	92m	
	MB3	192m	
	MB4	510m	
	MB5	194m	
	MB6	220m	
	MB7	333m	
	Total	2,192	
Shortcut	SH-4	1,681m	
Ground total	Bunds	7,572m	
	Shortcut	2,800m	

(b) 道路嵩上げ

道路嵩上げはTemerloh地区で必要となり、位置と規模は代替案1と同じである。

表 7.7.10 道路嵩上げ

地区	嵩上げ標高(EL.m)	盛土延長(m)	最大嵩上げ高(m)
Temerloh Area	EL.38.5m	255.0m	3.5m

(c) 河川ゲート

代替案2においては、通常時に堤内地に分離された元のSemantan川に、内水面漁業と河川環境のために流水を供給するためSemantan川と堤防が交差している箇所に河川ゲートを設置するものである。通常時は河川ゲートを開放される。Semantan川の水位が堤内地の地盤高より高くなった場合には河川ゲートは閉鎖され、全ての流水はショートカット水路にバイパスされる。河川ゲートの規模を表 7.7.11に示す。

表 7.7.11 河川ゲートの諸元

地区	場所	諸元
Temerloh Area	TRG1	4nos x 3.5m x 5.0m
	TRG2	4nos x 3.5m x 5.0m
Mentakab Area	MRG1	4nos x 3.5m x 5.0m
	MRG2	4nos x 3.5m x 5.0m

(2) 内水対策

内水対策のための洪水対策施設は許容湛水域とポンプ場である。

(a) 許容湛水域

許容湛水域は代替案1と同じように3箇所配置される。調節池は、内陸側の元のSemantan川が調節池の役割を果たすため配置しないこととした。許容湛水域の規模を表 7.7.12に示す。

表 7.7.12 許容湛水域諸元

地区	支川名称	許容湛水域名称	流水地面積 (ha)	必要容量 (m <sup>3</sup> )	計画貯水位 (EL.m)
Temerloh	Rabit River	Retarding basin 1	72.62	418281	EL.33.0m
	Segal River	Retarding basin 2	52.03	421,716	EL.32.0m
		Retarding basin 3	42.08	440,364	EL.33.0m
Mentakab	-	-	-	-	-

(b) 樋門・樋管

代替案2については、全ての支川は内陸側となった元のSemantan川へ直接放流することができるため、樋門・樋管は設置しない。

(c) ポンプ場

ポンプ場をTemerloh地区1箇所、Mentakab地区1箇所の計2箇所を計画する。



表 7.7.13 ポンプ場の規模

地区	河川名	流域	流域面積 (km <sup>2</sup> )	延長 (m)	ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)	総流出量 (m <sup>3</sup> )	ポンプ容量 (m <sup>3</sup> /s)
Temerloh	Rabit	11	7.38	4000	51.73	418,281	Pump-1 17.77
		12	0.75	1000	12.16	47,334	
		13	0.94	1000	18.84	67,557	
	Sub total		9.07			533,172	
	Chengal	22	8.32	3000	71.78	421,716	
		21	8.31	5500	41.52	440,364	
		23	2.57	2000	26.46	139,749	
	Sub total		19.20			1,001,829	
Total					1,535,001		
Mnetakab	Ara	60	0.86	1000	20.52	63,018	Pump-2 7.23
	Ketapa-upper	51	2.44	2200	42.97	175,749	
	Ketapa-lower	52	0.78	1300	15.20	59,667	
		95	0.38	600	8.02	17,682	
		40	5.01	3000	47.18	274,716	
		96	0.42	400	10.08	19,548	
		97	0.29	500	6.38	14,835	
	Total		10.18			625,215	

## 7.7.6 代替案 1 及び代替案 2 の比較

下表に代替案 1 と代替案 2 の数量比較の総括を示す。

表 7.7.14 代替案の比較 (Temerloh)

施設	場所	単位	代替案-1 輪中堤防	代替案-2 ショートカット 水路
堤防	TB1	m	1,134	-
	TB2	m	1,751	-
	TB3	m	1,629	1,629
	TB4	m	370	370
	TB1-2	m		3,490
	合計	m	4,884	
道路嵩上げ	RU1	m	542	542
ショートカット水路	TSC1	m	-	635
	TSC2	m	-	400
	TSC3	m	-	84
	合計	m		1,119
調節池	Pond1	m <sup>3</sup>	67,557	-
	Pond2	m <sup>3</sup>	139,749	-
許容湛水域	RBasin1	m <sup>3</sup>	418,218	418,218
	RBasin2	m <sup>3</sup>	421,716	421,716
	RBasin3	m <sup>3</sup>	440,364	440,364
樋門・樋管		nos	2	-
河川ゲート		nos	0	2
ポンプ場		nos	2	1
	Rabit	P1	6.2m <sup>3</sup> /s	-
	Chengal	P2	11.6m <sup>3</sup> /s	-
	Rabit+Chengal	P3		17.8m <sup>3</sup> /s

表 7.7.15 代替案の比較 (Mentakab)

施設	場所	単位	代替案-1 輪中堤防	代替案-2 ショートカット 水路
堤防	MB1	m	1,450	662
	MB2	m	92	92
	MB3	m	192	192
	MB4	m	510	510
	MB5	m	194	194
	MB6	m	220	220
合計		m	2,658	1,870
道路嵩上げ		m	530	530
ショートカット水路	MSC4	m	-	1,681
調節池			1	0
	Pond3	m3	63,018	-
樋門		nos	1	-
河川ゲート		nos	1	-
ポンプ場		nos	1	1
	Ara	m3/s	1.2	
	Ara+Kepata+others	m3/s		7.3

## 7.8 代替案の建設費算定

### 7.8.1 プロジェクトコスト算定の構成と条件

洪水対策施設の建設費算定は概略設計に基づき実施する。主なプロジェクトコスト算定の項目は以下のとおりである。

- 建設費 (直接工事費、間接費、雑費)
- 補償費用 (用地買収他)
- 運営費及びエンジニアリングコスト
- 税金等

プロジェクトコストは以下の条件に基づき算定した。

#### (1) 建設費

建設費は工事数量に単価を乗じる直接工事費とパーセンテージで算定される間接費及び雑費で構成される。

建設費に含まれる項目は以下とおりである。

- 直接工事費
- 間接費
- 雑費

上記算定のための詳細な内容を以下に示す

#### (a) 直接費

この項目にはプロジェクト工事のすべてのコストが含まれる。各工事の積算は概略の工事数量と各工事項目に適用される工事単価に基づいている。

洪水対策の代替案の建設内容としては堤防、ポンプ場、樋門・樋管、調節池など各種工事が含まれている。対策工事の各種コンポーネントに対する建設費は、工事数量と単価で積算される。工事単価は各工種において材料費、労務費、資材及び建設業者の間接費、諸経費、利益で構成されている。

$$\text{建設費} = \sum (\text{各工種の単価} \times \text{各工種の数量})$$

単価は労務賃金、材料単価、設備費用に基づき算出される。

### (b) 単価

プロジェクトの各工種に適用される単価は工事数量から工事費算定するために利用される。洪水軽減対策のコスト算定は概略設計と市場価格に基づき算定される。プロジェクトを構成する単価は、一般的に建設資材の購入条件や現場の状況を考慮して、主に同じ地域での同様な工事からの工事単価が採用される。一部の工事単価は納入業者や製造業者から取得する。建設単価に関しては2009年の価格レベルを考慮した。

建設費については、下記の情報とデータに基づき算定した。

- Selangor で実施された近年の DID の契約及び民間部門の契約条件;
- Peninsular Malaysia の契約工事における建設費の構成
- ローカルコントラクターや納入業者からの労務、資材、設備材料コスト。

### (c) 間接費

間接費は各積算において不可欠な項目である。仮設費、現場設置費、動員及び撤去費等が間接費として考慮される。

### (d) 雑費

直接工事費の5%の費用が雑費として供与される。雑費は、プロジェクトの緊急かつ重要なコンポーネントの実施中における予測できない物理的条件に対応するため用意されるものである。

上述の仮定に基づき、構造物対策の建設費は RM 90.08 百万と見積もられた。そのうち、直接工事費 RM 74.00 百万、間接費 RM 11.79 百万及び雑費 RM 4.29 百万である。表 7.8.1 に建設費の内訳を示す。

表 7.8.1 Temerloh 洪水緩和事業の建設費

項目	地域	詳細項目	費用 (RM 百万)	
			Alt-1	Alt-2
建設費	Temerloh	全体コスト	54.12	77.50
		直接費	44.53	64.18
		間接費	7.01	9.63
		予備費	2.58	3.69
	Mentakab	全体コスト	35.96	46.18
		直接費	29.47	38.24
		間接費	4.78	5.74
		予備費	1.71	2.20
建設費合計	全体コスト		90.08	123.67
	直接費		74.00	102.42
	間接費		11.79	15.36
	予備費		4.29	5.89

## (2) 用地買収費

用地買収のコストはTemerloh地区及びMentakab地区における聞き取り調査による実際の市場価格に基づき算定した。調査では政府の土地や河川区域内に施設を配置すること目標としていたが、殆んどの施設において、建設用地を買収する必要がある、土地所有者に補償する必要がある。用地買収費はプロジェクト費用において主要な項目であるが、土地の単価は調査区域内での場所や開発動向により大きく変動するものであり、正確なコストを算定することは難しいものがある。

土地単価は農地における市場価格をRM 30 per m2として算定している。用地買収のコストを表7.8.2に示すが、代替案1でTemerloh地区でRM13.46百万、Mentakab地区でRM 5.30百万、合計RM 18.75百万となる。

表 7.8.2 対象地域における用地買収費

地区	項目	費用 (RM 百万)	
		Alt-1	Alt-2
用地買収費	Temerloh	13.46	4.16
	Mentakab	5.30	2.90
用地買収費合計		18.75	7.06

## (3) 運営、調査、設計及び施工管理費

運営、調査、設計及び施工管理費は建設費および用地買収費の割合で算出される。

### (a) 運営費

運営費（プロジェクトオーナーの管理費）は建設費および用地買費の7%として算定する。

### (b) コンサルティング費

コンサルティング費は詳細設計及び施工管理費であり、それぞれ建設費の5%及び11%として算定される。

表 7.8.3 運営費およびコンサルティング費

項目	詳細項目	費用 (RM 百万)		適用
		Alt-1	Alt-2	
運営費		7.62	9.15	7% of Sum of construction and compensation
コンサルティング費	詳細設計費	4.50	6.18	5% of construction cost
	施工管理費	9.91	13.60	11% of construction cost
合計		22.03	28.93	

## (4) 維持管理費

維持管理費は主に巡視点検、施設の維持、運営費で構成される。これらには施設維持費、管理費及び支援費用、洪水時の操作対応費用、構造物修繕費、その他雑費が含まれるが、大規模な洪水等の大災害による重大な構造物損傷等は含まれていない。維持費は構造物の点検、修繕、改修、堆積土砂除去、除草、ゴミ撤去などが含まれる。年間維持管理費は50年の施設サービスを想定し建設費の0.5%ととして算定する。年間維持管理を表7.8.4に示すが、代替案1でRM0.45百万、代替案2でRM 0.62百万となる。

## (5) 建設費の総括

Temerloh地区とMentakab地区における代替案1と代替案2の建設費の総括を表 7.8.4に示す。

表 7.8.4 Temerloh 洪水緩和事業に関する事業費

地区	項目	詳細項目	費用 (RM 百万)	
			Alt-1	Alt-2
Temerloh	建設費	全体コスト	54.12	77.50
		直接費	44.53	64.18
		間接費	7.01	9.63
		予備費	2.58	3.69
	用地買収費		13.45	4.16
	小計		67.58	81.66
Mentakab	建設費	全体コスト	35.96	46.18
		直接費	29.47	38.24
		間接費	4.78	5.74
		予備費	1.71	2.20
	用地買収費		5.30	2.90
	小計		41.26	41.26
建設費合計		全体コスト	90.08	123.67
		直接費	74.0	102.42
		間接費	11.79	15.36
		予備費	4.29	5.89
用地買収費合計			18.75	7.06
建設費と用地買収費合計			108.83	130.73
運営費			7.62	9.15
コンサルティング			14.41	19.78
事業費総計			130.86	159.66
維持管理費			0.45	0.62

## 7.9 経済評価の方法

### 7.9.1 目的

本調査における経済評価の目的は、国民経済の観点から費用便益分析の手法を用いて構造物対策事業への投資の効率を検討することである。市場価格は市場の歪みの影響を除去して経済価格（いわゆる「シャドープライス」）に変換される。市場が存在しない財やサービスの費用については機会費用が用いられる。市場が存在しない便益については支払い意思額が用いられる。内部収益率(IRR)は事業への投資の効率性を示す指標である。IRRは、事業によって発生する費用の現在価値を便益の現在価値と同額にする割引率と定義され、純現在価値(NPV)を0に、またB/Cを1にする割引率であり、投資が何%の収益をもたらすかを示す。経済評価において用いられる内部収益率は経済的内部収益率(EIRR)と呼ばれる。

### 7.9.2 前提条件

経済評価においては、以下の前提条件が置かれる。さらに必要な前提条件が出てくる場合は、その都度説明する。

## (1) Without-the-project と With-the-project

Without-the-projectとは、洪水被害を緩和する構造物対策がなされないケースである。With-the-projectとは、洪水被害を緩和する構造物対策がなされたケースである。その他の事業に影響されない条件は事業実施前と同様に維持されると想定されるのであるが、そのことは、それらの条件が変化しないという意味ではなく、以前変化していたのと同様に変化するという意味である。EIRRを計算するため、Without-the-projectとWith-the-projectのケースが比較され、事業によって発生した追加的な費用や便益が見積もられる。

## (2) 評価期間

評価期間は2012年～2065年（建設終了後50年間）である。事業実施の想定スケジュールは以下の通りである。

2012年：詳細設計      2013年～2015年：建設      2016年～2065年：施設の供用

## (3) 標準変換係数（SCF）

標準変換係数とは、その国の経済の全ての財に関して、国境において計算された経済価格と国内の市場価格の比率である。国内で調達された財やサービスをSCFを適用して経済価格に変換する。本調査では、SCFとして0.85を用いる。

## (4) その他の前提条件

価格水準      : 2009年

社会的割引率   : 10%

### 7.9.3 メッシュデータ

便益を受ける洪水被害地区を100m四方のメッシュに分け、それぞれのメッシュについて航空写真に基づいて土地利用や資産を明らかにし、さらに、シミュレーションモデルにより洪水の浸水深を計算した。なお、将来の土地利用については、土地利用計画に基づいている。このメッシュデータが事業の便益計算の基礎となる。メッシュデータの概要は以下の通りである。

表 7.9.1 メッシュデータの概要

メッシュ数	4,030
人口	67,000
住宅数	15,300
商店数	1,000

### 7.9.4 便益

便益とは、Without-the-project と With-the-project のケースの比較により示される洪水被害の軽減である。便益は、評価期間における各年のキャッシュフローとして計算される。本件調査では、以下の項目を被害の軽減便益として算入する。

#### (1) 住宅及び商店の家屋、資産、在庫に関する被害軽減

住宅及び商店の家屋、資産、在庫に関する洪水被害は、洪水による浸水深によって異なる。浸水深の軽減は資産への被害の軽減につながる。浸水深と各資産項目の被害率の関係は以下のデータが用いられる。

表 7.9.2 浸水深と被害率

浸水深 (m)	被害率			
	住宅		商店	
	家屋	資産	家屋	資産/在庫
0.00 - 0.19	0.000	0.000	0.000	0.000
0.20 - 0.49	0.092	0.145	0.232	0.128
0.50 - 0.99	0.119	0.326	0.453	0.267
1.00 - 1.99	0.266	0.508	0.789	0.586
2.00 - 2.99	0.580	0.928	0.966	0.897
3.00 -	0.834	0.991	0.995	0.982

出典：治水経済調査マニュアル（2005年）。国土交通省

上記の各資産項目の平均価格は**7.5 資産及び洪水被害調査**に示されている。なお、商品在庫を除く資産についてはその使用により減価するため、実際の価格は調査価格の2分の1と想定している。

## (2) 営業停止損の軽減

洪水による営業停止損については国土交通省の河川砂防基準（1997年）により住宅資産と商店資産の被害額合計の6%と想定している。

## (3) 公共施設の被害軽減

道路や橋梁等の公共施設への被害は国土交通省の治水経済調査マニュアル（2005年）により住宅資産と商店資産の被害額合計の74.1%と想定している。

表 7.9.3 公共施設被害の一般資産費被害に対する比率

施設	道路	橋梁	都市施設	電力	合計
比率(%)	61.6	3.7	0.2	8.6	74.1

出典：治水経済調査マニュアル（2005年）。国土交通省

## (4) 農作物被害の軽減

農作物に関する洪水被害は、洪水による浸水深と期間によって異なる。浸水深・期間の軽減は農作物への被害の軽減につながる。しかしながら、本件における農作物への被害軽減は限定的であり、予備的検討段階においてその被害軽減額は住宅資産と商店資産の被害軽減額合計の0.1%以下であるため、最終的な便益計算から除外されている。

## (5) 家畜被害の軽減

調査団が実施した資産調査によれば対象地域内で飼育されている家畜はごくわずかであるため、便益計算から除外されている。

## 7.9.5 費用

Without-the-project と With-the-project のケースの比較により示される追加的な費用を評価に含める。費用は、評価期間における各年のキャッシュフローとして計算される。本件調査では、以下の項目を費用として算入する。

(1) 工事費、更新費及び残存価値

工事費には、施設の建設と機材が含まれる。経済評価においては、物理的予備費は含めるが、物価上昇予備費は含めない。更新費は施設や機材の耐用年数終了時に計上する。残存価値は評価期間の最後にマイナスの費用として計上する。

(2) 維持管理費

毎年の維持管理費を費用に含めるが、価格上昇分は含めない。維持管理費は通常工事費総額の何パーセントという形で見積もられる。本調査では、毎年0.5%を適用する。

(3) コンサルティング費

コンサルティング費は、詳細設計段階のものと施工監理段階のものを含める。どちらも、通常工事費総額の何パーセントという形で見積もられる。本調査では、それぞれ5%、11%を適用する。

(4) 用地費と建設管理費

用地費と建設管理費（及び租税）はODAによる円借款適格項目ではないが、他の経済活動に使用されうべき国内資源を使う、即ち機会費用を生じる限り経済評価の対象とする。建設管理費は通常工事費総額の何パーセントという形で見積もられる。本調査では、7%を適用する。

7.9.6 年平均被害軽減期待額の計算

洪水は確率的に発生するため、毎年の便益は年平均被害軽減期待額として算出されなければならない。その計算方法を以下に示す。

表 7.9.4 年平均被害軽減期待額

生起確率	被害額			区間平均被害軽減額	区間確率	年平均被害軽減額
	事業なし	事業あり	被害軽減額			
1/1			$D_0=0$			
1/2	$L_1$	$L_2$	$D_1=L_1-L_2$	$(D_0+D_1)/2$	$1-(1/2)=0.500$	$d_1=(D_0+D_1)/2 \times 0.67$
1/5	$L_3$	$L_4$	$D_2=L_3-L_4$	$(D_1+D_2)/2$	$(1/2)-(1/5)=0.300$	$d_2=(D_1+D_2)/2 \times 0.300$
1/10	$L_5$	$L_6$	$D_3=L_5-L_6$	$(D_2+D_3)/2$	$(1/5)-(1/10)=0.100$	$d_3=(D_2+D_3)/2 \times 0.100$
1/20	$L_7$	$L_8$	$D_4=L_7-L_8$	$(D_3+D_4)/2$	$(1/10)-(1/20)=0.050$	$d_4=(D_3+D_4)/2 \times 0.050$
1/30	$L_9$	$L_{10}$	$D_5=L_9-L_{10}$	$(D_4+D_5)/2$	$(1/20)-(1/30)=0.017$	$d_5=(D_4+D_5)/2 \times 0.017$
1/50	$L_{11}$	$L_{12}$	$D_6=L_{11}-L_{12}$	$(D_5+D_6)/2$	$(1/30)-(1/50)=0.013$	$d_6=(D_5+D_6)/2 \times 0.013$
1/100	$L_{13}$	$L_{14}$	$D_7=L_{13}-L_{14}$	$(D_6+D_7)/2$	$(1/50)-(1/100)=0.010$	$d_7=(D_6+D_7)/2 \times 0.010$
年平均被害軽減期待額			$d_1+d_2+d_3+d_4+d_5+d_6+d_7$			



## 7.9.7 EIRR、B/C 及び NPV の計算

最終的に、費用と便益（年平均被害軽減期待額、EAADR）の毎年のフローが下表の通り整理される。

表 7.9.5 事業の費用・便益要約表

年	費用			便益	純便益
	工事費	.....	費用合計	EAADR 合計	
1					
2					
.....	.....	.....	.....	.....	.....
49					
50					

EIRR、B/C 及び NPV は、上記の要約表に基づいて下記の数式によって計算される。

EIRR ( $r$ ) を定義する数式

$$\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

B/C の計算式

$$B/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}}$$

NPV の計算式

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

where,

$B_i$ : 第  $i$  年めの便益

$C_i$ : 第  $i$  年めの費用

$r$ : EIRR または、社会的割引率

$n$ : 評価年数

EIRR が社会的割引率、B/C が 1、または NPV が 0 を超えた場合、その事業は国民経済の成長の観点から効率的であると判断される。



## 第8章 TEMERLOH洪水緩和事業に係わるフィージビリティ調査

Temerloh 洪水緩和事業が IFM 計画におけるフィージビリティ調査（以降 F/S と称す）対象事業として選定された。この洪水緩和事業は構造物対策と非構造物対策を組み合わせた事業であり、いくつかの対策を組合せた代替案について F/S が実施される。F/S 実施の主な目的は次の通りである。

- 構造物対策のF/Sの目的は、各種構造物対策の組合せからなる代替案について技術的、経済的、環境的な妥当性を明らかにすることである。
- 非構造物対策のF/Sは、基本的に法的整備をサポートし、既存の非構造物対策を補完・補強することを目的として実施する。

### 8.1 構造物対策案

#### 8.1.1 設計概念

##### (1) 計画枠組み

構造物対策の計画と評価は、対象地域の2025年（完成目標年）における人口および土地利用を考慮して行う。2010年2月9日および2009年10月16日のステアリングコミッティにおいて、コミッティ参加者は、優先プロジェクトは第10次マレーシアプランの策定時に考慮されるべきであることに合意した。そのため、10次マレーシアプラン(2011-2015)の予算配分に応じて完成目標年を待たずして実施される場合も考えられる。また、提案される事業の評価は、①費用対効果、②環境への影響、③気候変動に適応する柔軟性等の観点から実施される。

##### (2) 基本設計概念

TemerlohのF/Sにおいては、主に①50年確率規模の外水による洪水から対象地域を堤防やバイパス水路によって防御する外水対策(6章のIFM計画においては100年確率規模としていたが、8.1.2節に示すようにステークホルダー会議等により変更した。)、②ポンプ場および調節池設置による10年確率規模の内水対策によって構成されている。対象地域は、人口と資産の集中しているTemerloh-Mentakab都市圏である。以上で述べた構造物対策の内容と設計レベルについて表8.1.1に整理する。

表 8.1.1 対策内容と設計レベル

項目	対策	設計レベル
外水対策	堤防建設、バイパス水路建設、道路嵩上げ	50年確率規模：DID マニュアル、過去の内水対策プロジェクト、ステークホルダー会議の結果等を参考にして設定
内水対策	- ポンプおよび逆流防止ゲートの設置 - 許容湛水域の設定、調節池の設置	10年確率規模：土地利用、DID マニュアル、過去の内水対策プロジェクト、ステークホルダー会議の結果等を参考にして設定

##### (3) 統合洪水管理へのアプローチ

IFM計画において述べているように、DIDマニュアル第1巻の洪水管理におけるIFMのための主要な7項目のうち、①参加型アプローチの確保、②土地と水管理の統合、③ベストミックスの戦略の採用の3項目について特に重視して対策を提案することとなっている。参加型アプローチの確保としては、フィージビリティ調査の結果および構造物対策の代替案についての説明・協議をステークホルダー会議とステアリングコミッティ会議を通じて適宜実施している。さらに、対象地域の将来の土地と水管理の統合のために、現在マレーシア国で設定している都市計画や土地利用規制について、調査団が提案する構造物対策の規模や配置を考慮して提言する。また、自然の遊水効果を有効利用し下流部への影響が少ない構造物対策と、現地状況に適した非構造物対策を選択して洪水対策を提案する。

#### (4) 気候変動への対応

フィージビリティ調査においては、気候変動インパクトへの適応策を、次のような流れで洪水対策に盛り込む。まず、気候変動を考慮しないケースを想定して構造物対策を計画・設計する。次に、気候変動によって洪水に与えられるインパクトを算定（降水量・水位の変化）する。その後、気候変動による影響の大きさと、現地の対策実施状況や社会環境的側面、費用対効果を考慮して、考え得る適応策について検討する。

#### 8.1.2 代替案の検討

##### (1) 対象地域の選定

対象地域は、Temerloh-Mentakab都市圏であり、人口が密集しているTemerloh Town、Mentakab Townに加え、両Townの発展にともなって将来の開発が期待されている両Town間の人口密度が疎なエリアも含む。この対象地域の設定経緯について下記に説明する。

Temerloh TownとMentakab Townはパハン流域のなかでも最も人口が密集した地域であるが、両Townは、図 8.1.1に示すように直線距離にして約9km離れている。Mentakab TownはゾーンF、Temerloh TownはゾーンAの北部に位置している。一方で、両Townの間にあるZone C、DおよびEはAおよびFと比べて人口密度が非常に低い。しかしながら、“National Structural Plan”において、C、D、EもまたTemerloh-Mentakab都市圏の一部として認識されている。（各ゾーンは、Semantan Riverに流入する小河川の流域である）

以上の状況を踏まえて、対象地域を選定するために、ステークホルダー会議やDIDとの協議を実施し、都市圏としての特徴やステークホルダーの意見を考慮して、A～Eゾーン全てを対象地域として設定した。なお、ステークホルダー協議の際には、調査団は2種類の洪水対策素案（①人口密集地区のみを防御する案と②全ゾーンを防御する案）を提案し、図 8.1.1に示すエリアが各案の防御エリアであると明示した。この協議の結果、後者（全ゾーン防御）の案がステークホルダーによって対象地域として選定された。

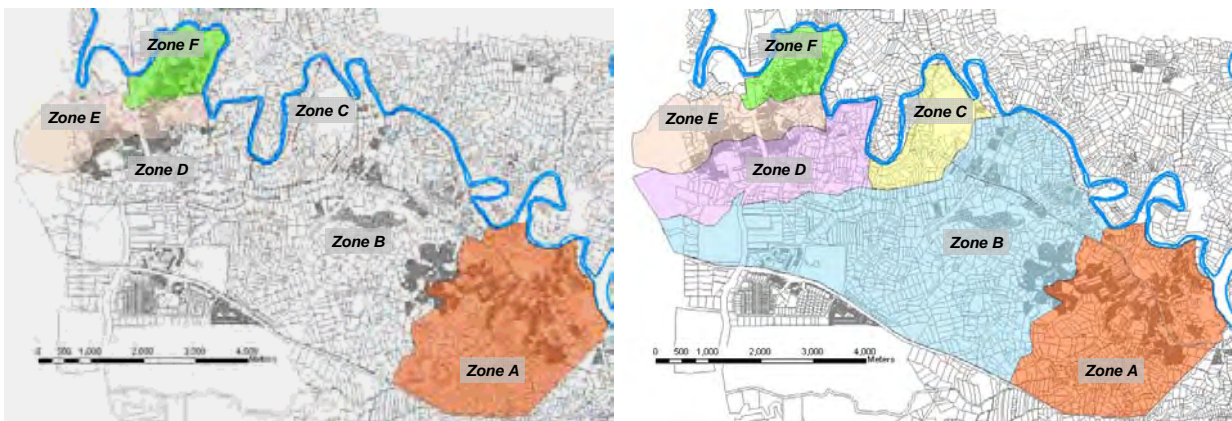


図 8.1.1 洪水防御エリアの選定

##### (2) 構造物対策の選定

また、第6章のIFM計画で説明したように、パハン川流域に点在した主要都市を防御するために大規模な対策を実施することは費用対効果が非常に低い。対象地域の社会経済レベルや氾濫形態を考慮すると、Temerloh地区の洪水防御を対象とした構造物対策においても、その規模の設定や対策の種類によっては費用対効果が著しく低くなる恐れがある。一方、ダムや河道改修などの大規模な対策と比較すると、輪中堤築堤による都市部の防御は、上流の自然の遊水効果を活

かし、かつ自然環境や下流へのインパクトが少なく、採用可能なレベルの費用対効果が得られる可能性が高いという利点がある。

ちなみに、1971年洪水のような深刻な洪水が発生した場合には、対象地域の洪水状況は、パハン川からの背水が対象地域の洪水状況に強く影響していた。パハン流域調査(1974年)によると、1971年洪水時にはパハン川のTemerloh観測所の洪水水位は、対象地域の居住区的地盤高を越えていた。その事実と、本準備調査の水理計算の結果から、洪水水位の上昇は、パハン川との合流点から続くSemantan川河道の緩勾配(1/4000~1/5000)と低い流下能力が起因していると判断できる。

Semantan Riverの洪水水位を削減する抜本的な対策としては、本川からの背水の影響を低減させるという意味でパハン川本川の河道改修を含む本川対策が効果的である可能性がある。しかし、上述したように、そのような対策は費用対効果が低い。

### (3) 計画規模の設定

IFM計画で述べたように、マレーシア国においては、構造物対策に係わる計画規模は、予算や社会環境、自然環境などの様々な制約条件を考慮して最終的に決定される。特に、対象地域の堤防建設においては、ステークホルダー会議参加者によると、堤防は低い方(4m程度)がリスクや景観の観点から好ましいという意見が主流であった。一方で、あまりにも低い治水効果であると堤防建設の意味がないという意見もあった。

調査団は、まず対象地域における計画規模と堤防高の関係を図8.1.2(右図)に示すように整理したが、この図によると、ステークホルダーの好む4m程度の堤防建設では、20年確率規模の対策レベルにも達しないということが明らかになった。ちなみに、2006年12月洪水は、20年確率規模の洪水であったが、対象地域にそれほど深刻な損害を与えていなかった。

さらに、調査団は図8.1.2(左図)に示すように、対象地域において、計画規模と防護される面積・家屋数の関係についても調査した。この図から、①20年確率規模の対策では地域内全家屋の30%の浸水しか防げない、②一方で、対策の規模を50年確率規模にすると75%の家屋が浸水から免れることが判った。

上記の情報を踏まえ、調査団は、ステークホルダーと関係機関との協議・説明を経て、最終的にDIDと協議して50年確率規模の対策を提案することに決定した。DIDは、対象地域においては、50年確率規模は、堤防の高さ(平均6mになる)と防護エリアの広さの関係および深刻な洪水被害の防止の観点からみて、最適な規模であると述べた。

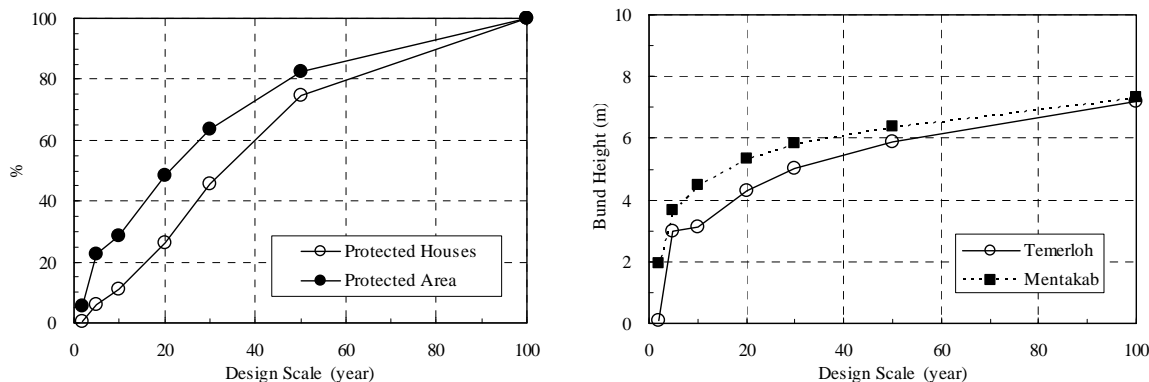


図 8.1.2 計画規模と調査対象地域の特徴との関係

### (4) 代替案の構成

対象地域を洪水から防御するために、表8.1.2に示す二つの代替案を提案した。代替案1および代替案2の要点は下記の通りである。

代替案1: 対象地域を輪中堤防によりSemantan川の溢水による氾濫から防御する。輪中堤に囲まれた地域の内水については調節池に集水した後、既存の排水路や小支川の末端部に設置するポンプ場を通じてSemantan川に排水する。なお、一部の内水は堤内地に設けた許容湛水域に貯留する。

代替案2: 対象地域を輪中堤防とショートカット水路によりSemantan川の溢水による氾濫から防御する。ショートカット水路により、部分的に都市部からはなれたところに堤防を建設できる。輪中堤に囲まれた地域の内水については調節池に集水した後、既存の排水路や小支川の末端部に設置するポンプ場を通じてSemantan川に排水する。なお、一部の内水は堤内地に設けた許容湛水域に貯留する。

さらに、道路嵩上げも実施するが、これについては築堤に伴う場合と、嵩上げた道路を堤防として活用する場合の2通りある。

表 8.1.2 代替案の構成

代替案		代替案1	代替案2
基本概念		輪中堤、洪水壁による対策	輪中堤、迂回水路による対策
施設	Semantan川氾濫対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 輪中堤(延長: 7,542m)</li> <li>● 道路嵩上げ(延長: 793m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 輪中堤(延長: 7,572m)</li> <li>● ショートカット水路(延長: 2,800m)</li> <li>● 道路嵩上げ(延長: 255m)</li> </ul>
	内水対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 許容湛水域(面積:167.0km<sup>2</sup>)</li> <li>● 3 ポンプ場および調節池 (ポンプ能力合計:18.5 m<sup>3</sup>/s, 調節池面積: 21ha)</li> <li>● 3 樋門</li> <li>● 1 河川ゲート</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 許容湛水域(面積:167.0km<sup>2</sup>)</li> <li>● 2 ポンプ場(合計ポンプ能力:25.1m<sup>3</sup>/s)</li> <li>● 4 河川ゲート (逆流防止ゲート)</li> </ul>

代替案1および代替案2における洪水対策施設の配置については、**図 8.1.3**および**図 8.1.4**に示す通りである。橙色、青い影付きの範囲、灰色線はそれぞれ、輪中堤防、許容湛水域/調節池、道路の嵩上げを示す。

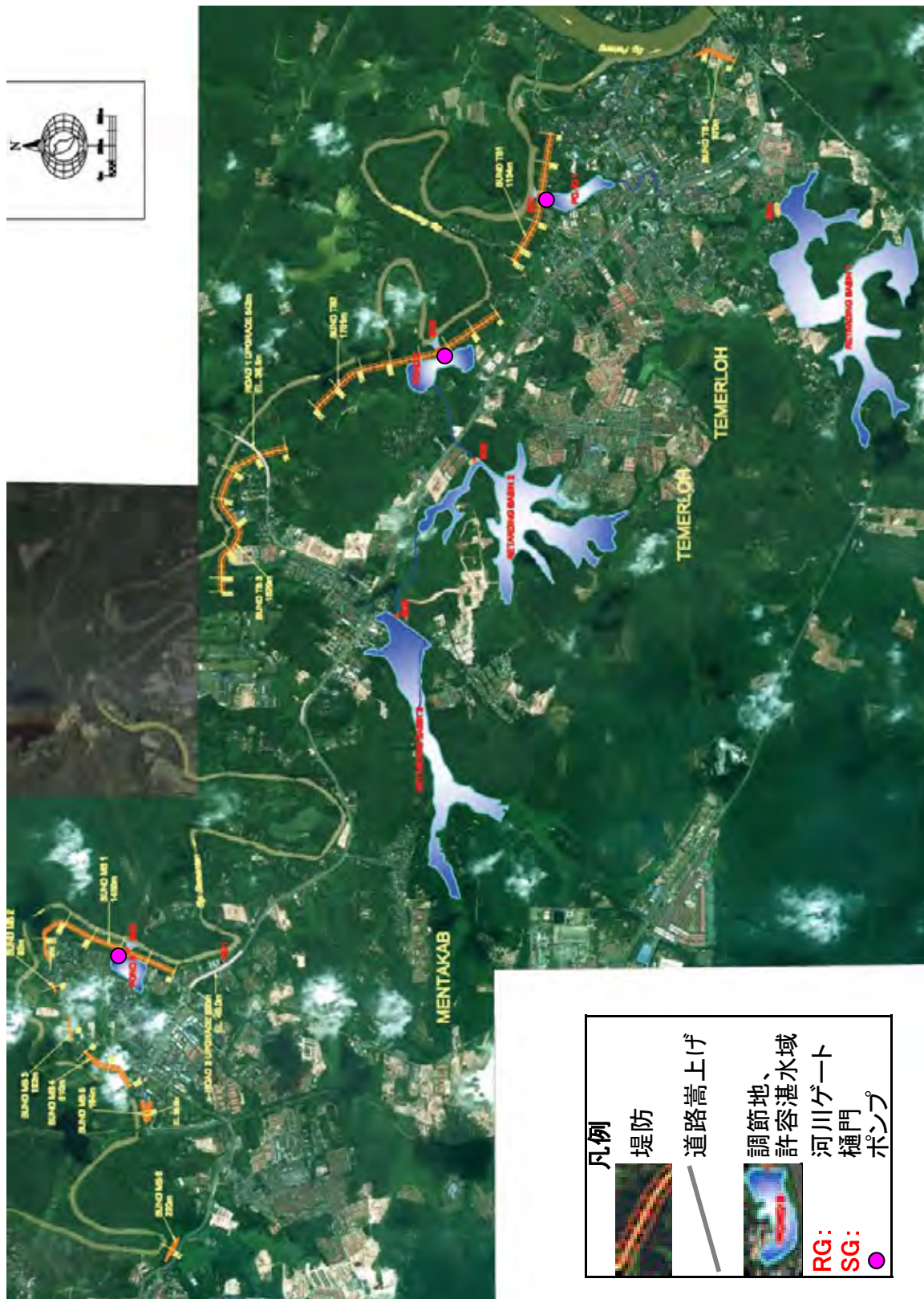


図 8.1.3 代替案 1 の構造物配置図

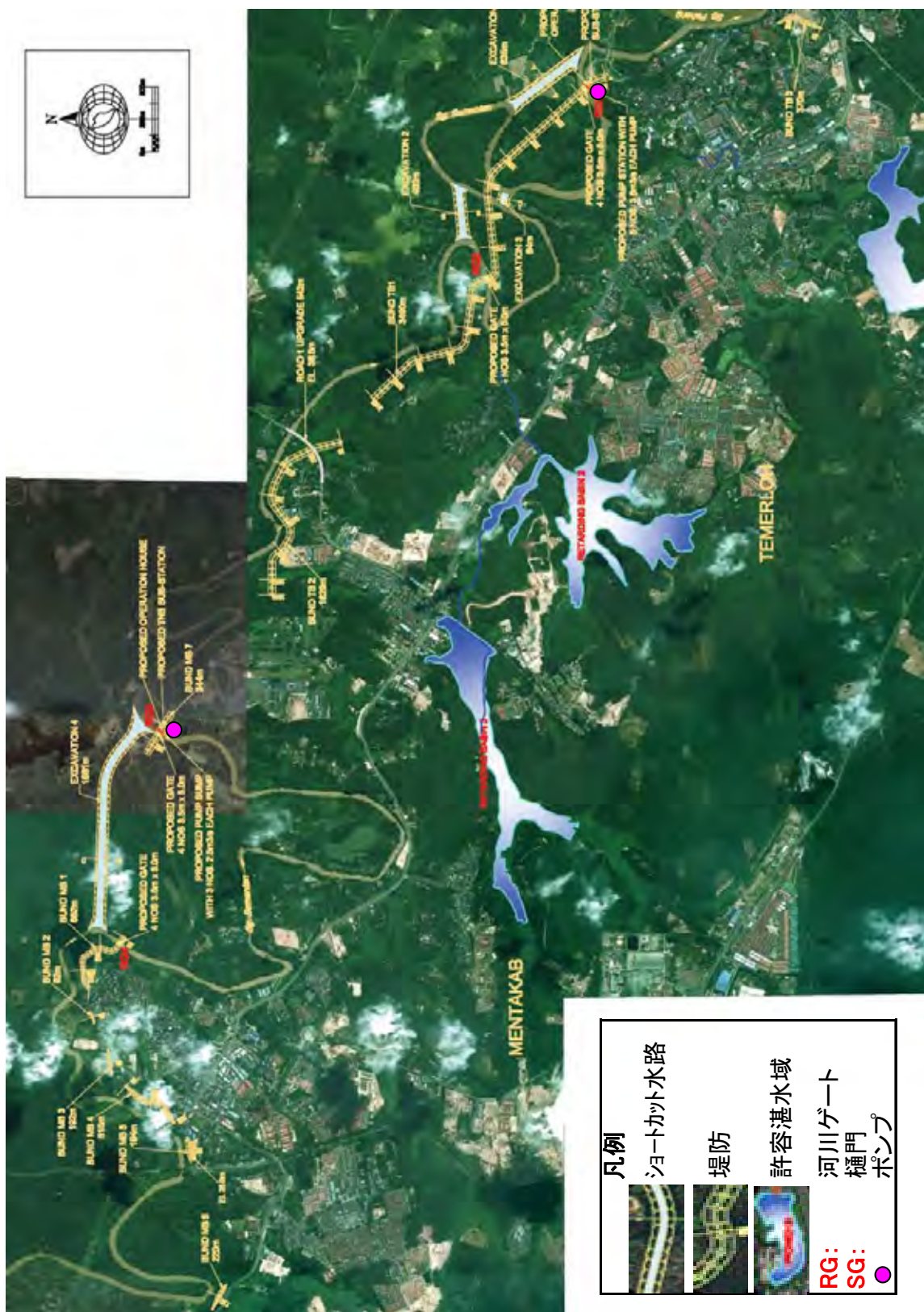


図 8.1.4 代替案 2 の構造物配置図



## (5) 各代替案の機能

代替案1および代替案2において建設する洪水対策施設の機能について表 8.1.3に整理する。

表 8.1.3 各代替案における洪水対策施設の機能

Purpose	Measures	Alternative-1	Alternative-2
外水対策 (50年確率規模)	輪中堤	Semantan River の都市部への 氾濫を防ぐ	代替案1に同じ
	ショート カット水路	-	一部の堤防について居住地から 離れたところに建設できる(景観 確保、リスク軽減)
	道路嵩上 げ	築堤に伴う嵩上げ、堤防とし て利用するための嵩上げ	代替案1に同じ
内水対策 (10年確率規模)	ポンプ場	調節池に貯留された堤内地の 内水を Semantan 川へ排水す る。	河川ゲートによって挟まれた三 日月湖周辺に貯留された内水を Semantan 川へ排水する。
	調節池	内水を貯留する	-
	許容湛水 域	内水を貯留する(河川水位低 下後に排水)	代替案1に同じ
	樋門、河川 ゲート	輪中堤により守られた地域へ の河川流の逆流を防止する。	代替案1に同じ

さらに、各代替案のメリットとデメリットについて、建設工事実施時と工事完了後に分けて表 8.1.4に整理する。

表 8.1.4 代替案のメリットとデメリット

時期	項目	代替案1	代替案2
建設工事 実施時	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Semantan 川沿いの丘陵地の利用により築堤延長を短くし、建設コストを削減できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ショートカット水路建設時の掘削土を築堤材料として活用できる。</li> <li>● ショートカット水路によって残る三日月湖に内水が貯留されるためポンプ運転の安定化のための調節池の設置が不要。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 築堤材料を購入する必要がある。</li> <li>● 17件の家屋移転が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ショートカット水路や複数の河川ゲートの建設により建設コストが高くなる。</li> <li>● 養殖業に影響が出る。</li> <li>● 9件の家屋移転が必要</li> </ul>
運用時	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 堤防の天端を道路として通行に使用できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 蛇行河道周辺を部分的に自然のまま保全できる。</li> <li>● 堤防の天端を道路として通行に使用できる。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 堤防建設により居住区周辺の河川環境の快適性が一部損なわれる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 堤防の一部を居住区から離れたところに建設できるため、景観と洪水リスクの一部を軽減できる。</li> <li>● 迂回水路の運用時においてゲート操作が代替案1よりも複雑なものとなる。</li> </ul>

## (6) 土地買収と土地規制の対象

土地買収は、ポンプ場および附帯する調節池、堤防建設、ショートカット水路建設に必要な土地において実施する。ただし、代替案2の河川沿いの低平地を利用した許容湛水域(内水貯留のため)については、Temerloh Municipality Councilが管理する土地利用規制によって確保すること

提案する。この土地利用規制により、許容湛水域を確保することで事業費が大幅に削減できる。各代替案における土地買収が必要な面積および目的については、表 8.1.5 に示す通りである。

表 8.1.5 土地買収の目的と面積

買収目的	代替案 1			代替案 2		
	Mentakab	Temerloh	合計	Mentakab	Temerloh	合計
堤防 (ha)	12	30	42	11	35	46
許容湛水域	0	0	0	0	0	0
ポンプ場と調節池 (ha)	5	15	21	-	-	-
ショートカット水路 (ha)	-	-	-	18	7	25
合計 (ha)	17	45	62	29	42	71
総コスト (RM '000)	5,295	13,455	18,750	2,900	4,160	7,060

ちなみに、土地買収に係わる単価は、代替案1と代替案2を比較すると代替案1の方が高い。これは、居住区と農地/湿地/森林エリアの付加価値の差分で発生している。

### 8.1.3 最適案の選定

各代替案を、経済性、環境、気候変動インパクトへの対応の柔軟性の観点から評価し、表 8.1.6 に整理した。下記に示す評価の結果、環境や気候変動への対応面からは両案ともに、その評価に差がみられないものの、経済的妥当面からは代替案 1 は代替案 2 より優れるため、代替案 1 を対象地域における最適な洪水緩和事業として選定した。

表 8.1.6 代替案の選定に係わる指標とその値

指標		代替案 1	代替案 2	
経済的評価	建設費 (土地買収費を含む)	RM 108.8 mill.	RM 130.7 mill.	
	内部収益率 EIRR (%)	14.7	12.6	
	費用対効果 B/C	1.6	1.3	
	純現在価値 (RM '000)	50,328	31,628	
環境的評価	社会環境	移転家屋	17 戸	9 戸
		土地買収面積	62 ha	71 ha
	生活環境	重大な影響なし	養殖業に影響有り	
自然環境	重大な影響なし	ショートカット水路により森林や生態系に弱冠影響が出る		
気候変動対応	両案とも同じ			

#### (1) 経済的妥当性

経済的な面からは、代替案1がTemerloh洪水緩和対策として推奨できる。経済的評価(8.4.4参照)によると、両案ともに投資効果や経済発展への貢献度の観点から実現可能であると評価できるが、EIRR、B/C、NPV等の全ての経済的指標において、代替案1が代替案2を上回っている。

#### (2) 環境評価

両代替案ともに、環境的な側面からは優劣がつけがたい。社会および自然環境に関しては、個々の指標からみると優劣があるが、全体的にみると両案に大きな差異はない。対象地域における事業実施に係わる環境への影響に関する詳細な情報については、8.5にまとめている。

#### (3) 気候変動の影響に対する柔軟性

両案の対策はともに輪中堤に依るところが大きい事業であるため、気候変動の影響に対する柔軟性という面からは、同じレベルの評価になる。

### 8.1.4 河川の水辺利用と景観

本検討で提案する堤防、調節池などの役割は居住区域を洪水から防御することである。しかし、同時に平常時においても住民に親しまれる機能を併せ持つことが重要である。

本検討で提案する堤防では3割という緩やかな勾配を採用していることから、河川景観や水辺利用にも活用することができる。3割勾配の堤防は、容易に歩くことができることから、河川へのアクセスに利用することができる。また、河川沿いの river reserve は、レクリエーション利用可能なオープンスペース、調節池は新たな水辺空間として憩いの場となり得る。

現在の Semantan River 沿いの空間は、下の写真の通り、深い植生に覆われており、アクセスし難い状況にあるため、憩いの場としてはあまり活用されていない。



図 8.1.5 現在の Semantan River 沿いの状況 Tamarloh (左) and Mentakab (右)

ここでは、概略的な将来の河川景観に関するパース図を作成し、洪水防御施設の平常時における利用可能性を示す。

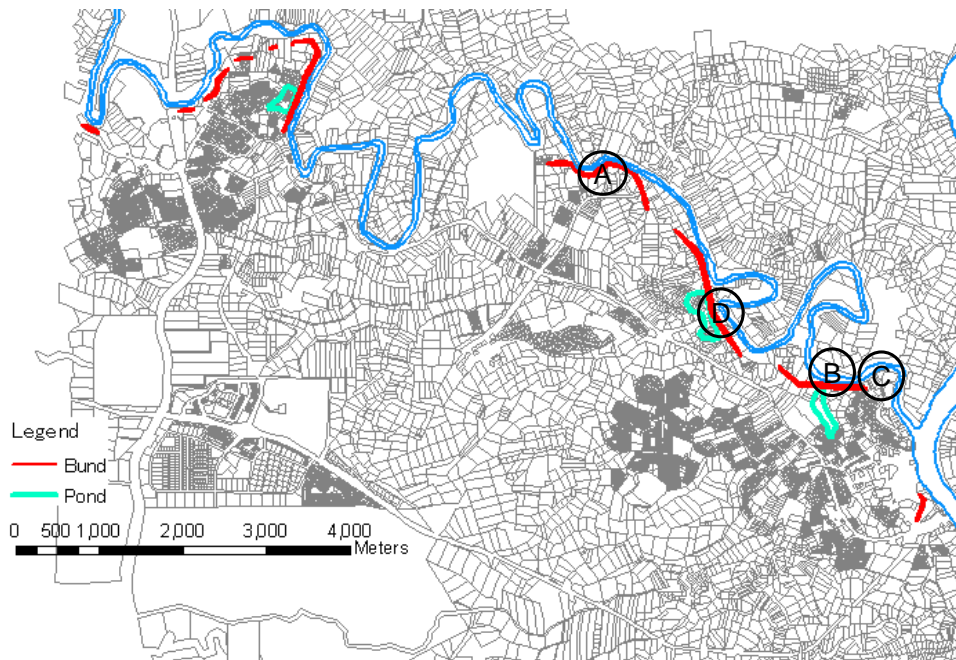


図 8.1.6 パース図位置図

A: Semantan River 沿いの堤防



B: Semantan River 沿いの堤防と River Reserve



C: 水辺へのアクセス



図 8.1.7(1) パース図

## D:内水排除のためのポンプ場



図 8.1.7(2) パース図

## 8.2 非構造物対策案

## 8.2.1 Temerloh 地区において採用されている非構造物対策

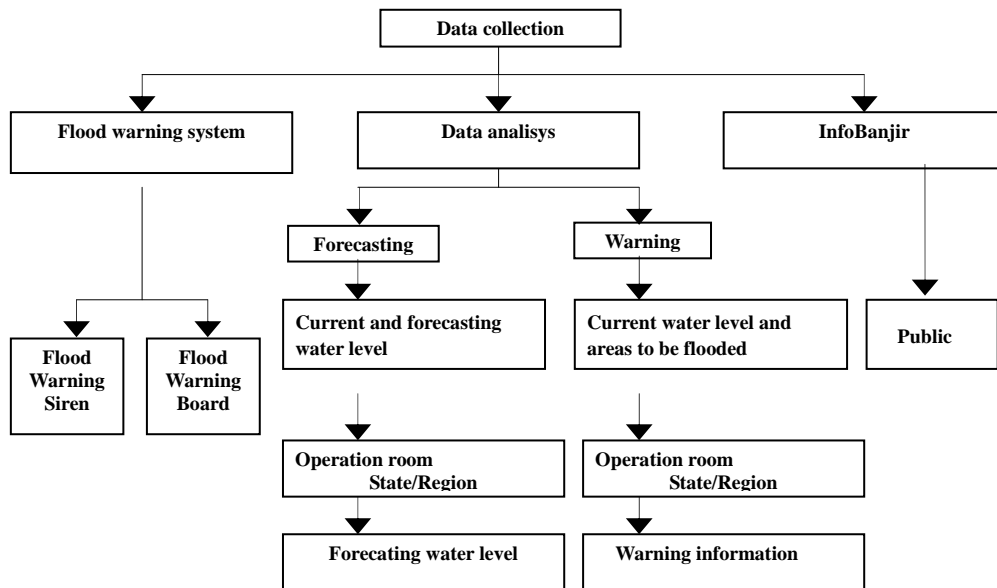
非構造物対策は、提案した堤防、ゲート、ポンプ場等の構造物だけでは、実施、運用面で限界があることから補完的な対策を講じるものである。データの収集、関係諸機関との打合せから対象地域の非構造物対策は、以下のように整理される。

表 8.2.1 採用されている非構造物対策

No.	採用されている非構造物対策	関係する機関、事務所
1	洪水予警報システム	DID(JPS)
2	洪水管理避難計画	国家安全委員会(MKN)
3	洪水氾濫実績図	DID (JPS)
4	浸水防止対策(高床化住宅、2階建住宅)	-
5	土地利用規制	市街地地方計画局 (JPBD), 地方自治体(LA)
6	その他(被災者への見舞い)	社会福祉局 (JKM)

## (1) 洪水警報システム

DIDは、洪水予警報に関する担当機関である。DIDにおける洪水予警報に関するモニタリングと公表に関するフローは、図 8.2.1に示すとおりである。洪水軽減を目的として、収集された雨量と河川水位が解析され、洪水への対応、警報活動のために、解析結果が関連の諸機関に送付される。DIDによって、警報装置やウェブ上の“infobanjir(洪水情報)”が運営され、降雨の情報、河川の水位上昇等の警戒情報をインターネット、サイレン、洪水警報板(Warning signboard)を通じて発信している。



出典) DID Hydrology Division

図 8.2.1 DID における洪水予警報に関するモニタリングとその公表に関するフロー

サイレン、洪水警報板(Flood Warning Signboard, FWS) の設置概要は、図 8.2.2に示すとおりである。警報サイレンは、Mukim MentakabのKg. Batu Kapurに設置されている。これらのサイレンは、予測に要する時間(リードタイム)が短い河川や予警報が適用できない河川に設置される。警報は、予め設定された水位に達すると吹鳴する構造である。DID Temerlohでは、2カ所にこのようなサイレンが設置されている。



図 8.2.2 警報サイレン(Kg. B. Kapur)と洪水警報板 (Kg. B. Pulau)

Temerlohから下流のKg. Butut Pulauでは、洪水警報板(FWB)が設置されている。洪水警報板の設置に際しては、まず対象となるモニタリング観測所が決定され、これらの観測所の水位と警報板のある観測所との到達時間(Traveling time)を考慮した水位の関係が把握される。この関係を基に、基本となるモニタリング観測所の水位を観測することにより、警報板の設置されている観測所の水位の予測が可能となる。

洪水警報板は、既往の歴史的に大きな洪水の「最高水位」も掲示もしており、コミュニティにおける避難計画のガイドとしての役割もある。(図 8.2.3参照)

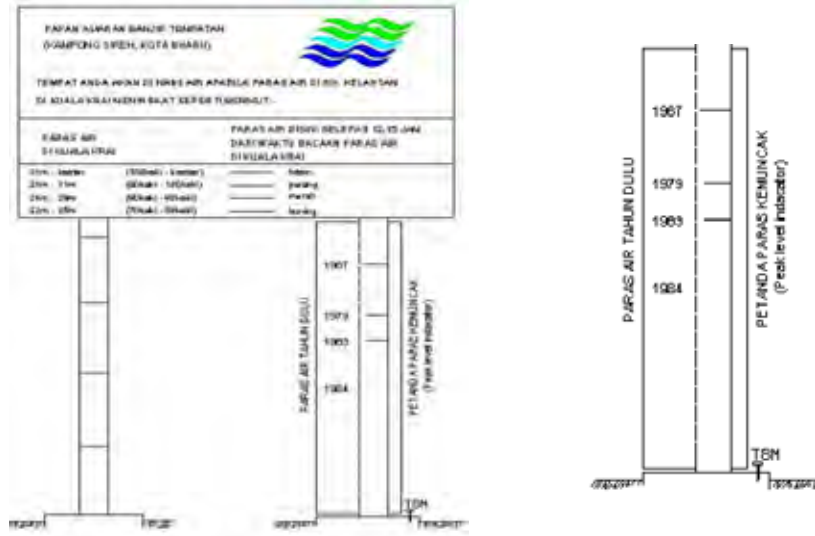


図 8.2.3 警報板における既往洪水水位の表示(DID Manual から引用)

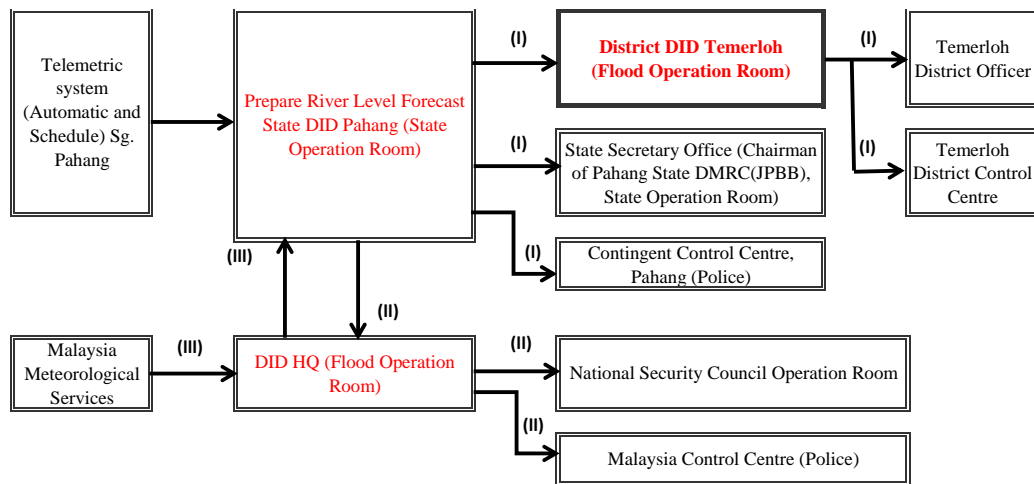
パハン川の洪水予警報システムは、DID水文水理研究部(以下、「DID水文部」と称する)によって開発、運用され、パハン州のDIDでも運用されている。現在のシステムでは、6観測所の雨量と3観測所の河川水位を入力することにより、リードタイムを考慮して、パハン川の主要地点の6時間先までの水位が予測される。

Temerloh観測所も予警報システムの予警報の対象観測所であり、州DIDより予測情報を入手している。



図 8.2.4 洪水予警報システム(DID 水文部、Pahang 州 DID)

予警報システムでは、予警報情報は、まずDID水文部よりPahang州のDIDに送られ、州DIDからさらにTemerloh DID、州の洪水管理室(DMRC or JPBB)、警察機関に送られる。Temerloh DIDは、Temerloh地域事務所、Temerloh 地域洪水救援センターへ連絡する。



注: (I) river level > warning level  
 (II) river level > danger level  
 (III) Heavy rainfall advisory  
 DMRC Disaster Management and Relief Center (JPBB)  
 Information flow is arranged for Temerloh based on the flow in DID Manual

図 8.2.5 予警報システムの連絡体制(連邦、州、地域)

Temerloh DIDは、3つの河川水位観測所を所管しており、それらの警戒水位等の諸元は、表 8.2.2 に示すとおりである。

表 8.2.2 水位観測所における警戒水位一覧

No.	観測所名	河川	通常時水位	注意レベル (緑)	警報レベル (黄)	危険レベル (赤)
1	Lengkong Bridge	Semantan	46.5 m	50.60 m	52.12 m	53.34 m
2	Lanchang	Semantan	44.0	46.33	47.85	49.07
3	Temerloh Bridge	Pahang	23.03	29.26	31.39	33.22

出典) Persembahan Taklimat Mengenai Persiapan Menghadapi Banjir (JPS Temerloh, 2009)

河川水位が警報レベルに達した場合は、Temerloh DIDは、河川水位や雨量の情報の監視を開始し、関係の諸機関にその情報を連絡する。さらに危険水位を越えそうになった場合は、予警報の情報は、洪水管理室(Flood Operation Room)と洪水対策関連機関に転送される。

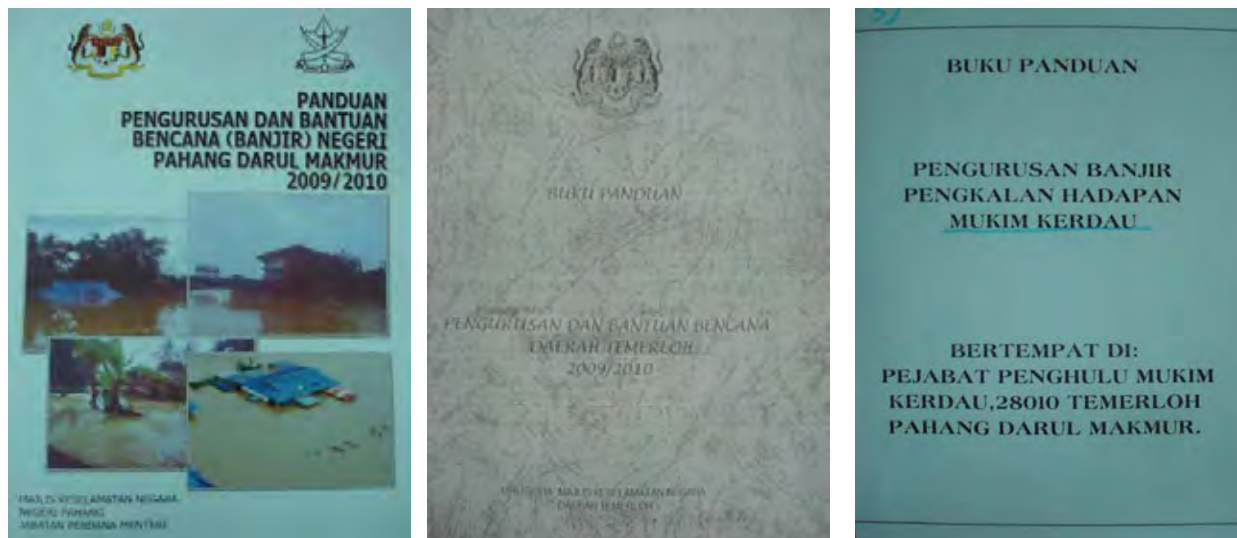
DIDでは、河川情報の連絡システムとして、SMS (ショートメッセージシステム) を導入しており、出先の河川管理技師や水位観測人からの情報を交換している。

## (2) Temerloh における洪水管理活動

### (a) コミュニティベースを対象としたガイドラインとワークショップの開催

Temerloh地方自治体における洪水管理救援活動のガイドラインは、Pahang州の国家安全委員会(NSC, Majilis Keselamatan Negara, MKN)の指導管理の基に策定されている。ガイドラインは、州レベル、地域(Daerah)レベル、地区(Mukim)レベルでそれぞれ、策定されている(図 8.2.6参照)。





Guideline (Pahang State)

Guideline (Temerloh District)

Guideline (Kerdau Sub-District)

### 図 8.2.6 策定されたガイドライン (Pahang 州、Temerloh 地域、Kerdau 地区)

ガイドラインの構成は、どの行政レベルでもほぼ同じ内容であり、Pahang州のものでは、以下のような構成となっている。

- 洪水管理救援委員会 (州 JPBB)
- 洪水時における主要関連機関(河川、道路、社会福祉事務所、警察、消防、病院等)の連絡先
- 避難センター、フォワードベース(洪水管理支援基地)、食料供給、陸上交通等のリスト
- 各種の小委員会 (リスク管理、予算管理、避難、食糧供給、養護、救援活動等)
- 災害管理救援委員会(JPBB)の州、地域、地区レベル間の通信、伝達フロー
- 食糧供給
- 洪水管理レポート(避難数、食糧供給概要等)

Pahang州のコミュニティレベルでの洪水管理活動のためのワークショップがPahang州のDMRCとその関連機関との共催により、毎年、開催されている。このワークショップの開催は、コミュニティレベルの洪水管理能力の向上を目的としている。2010年は、7月に開催され、17のKampung代表を含む300人がPekanでのワークショップに参加している。このワークショップの開催目的は、以下の通りである。

- コミュニティレベルでの災害とリスクの確認
- 危険区域マップ作成に関するコミュニティの認識度(Awareness)の確認
- 災害の警報レベルの周知方法の確認
- 安全な場所、避難活動に関するコミュニティの認識度の確認
- 災害前、災害(被災)中、災害後の被害管理能力の分析。

#### (b) Temerloh における洪水管理救援活動の実施

Temerlohにおける洪水管理救援活動は、国家災害管理救援委員会の管理の基に、Temerloh地域事務所 (所長、Temerloh District officer) によって行われている。Temerloh地域警察署長が災害指揮官に任命され、Temerloh消防救難所長が副指揮官に任命される。

Temerloh災害管理救援委員会は、60名から構成され、国会議員、州の議員、警察署長、地域事務所長(LA)、村長(Kampung Head)、DID(JPS)、公共事業事務所(JKR)、水道供給事務所(JBA)等の代表者から成り立っている。この委員会の基に、Temerloh災害管理救援委員会でも下記に示すような小委員会が設立されている。

表 8.2.3 Temerloh 災害管理救援委員会の概要

項目	概要	摘要
1) 委員数	60	(災害管理救援委員会 JPBB, Temerloh 地域)
2) 小委員会 ( ): 委員数	A. リスク分析 (11) B. 訓練と教育 (17) C. 洪水管理 (10) D. 食糧供給 (15) E. インフラサービス (17) F. 医療活動 (9) G. 陸上交通(16) H. 避難活動 (17)	
3) 災害管理救援委員会関連団体数	14 団体	警察、消防、JPS, JKR, 社会福祉
4) 災害管理コントロールセンター (DOCC) の数	1 (Temerloh 地域事務所内)	(PKOB, Daerah Temerloh)
5) 洪水管理支援基地	13 箇所	(FB, Pangkalan Hadapan)
6) 避難センター数 ( ): 収容能力	76 箇所 (32,600 人)	
7) 救援ヘリポート数	20 箇所	
8) 食糧供給事業者数	25	

出典) Guideline for Flood Management and Relief, Daerah Temerloh (2009/2010)

洪水シーズン前には、災害管理救援委員会(DMRC)は、数回の会議を開催し、災害に備える。2009年では、7月27日、9月30日、11月23日に実施された。災害管理救援の指揮管理(Command and Control)は、災害管理コントロールセンター(DOCC)がその責任を負って実施している。このセンター長は、Temerloh地域事務所長であり、警察署にその本部が置かれている。洪水に関するすべての情報は、このセンターに集められている。このセンターには、洪水の関連機関(JPS,JKR,JKM)、警察、消防の関係者から構成される。

Temerloh地域には、13のフォワードベース(洪水管理支援基地)があり、これらはそれぞれの地区(Mukim)事務所内(TemerlohとMentakabは、2地区に分割されている)に設立されている。この基地の機能は、以下の通りである。

- 小規模な災害支援基地(Mukim レベル)
- 洪水被害に関する報告と住民への情報公開
- 避難センターにおける懸案、問題の処理
- 避難民のための食料の貯蔵
- 陸上交通機関等の常備

避難センターは、76カ所あり、Temerloh社会福祉局により設立される。その収容人員は、74箇所で32,600人である。計画地区における避難センターとその収容人員は、以下の通りである。

表 8.2.4 計画地区の避難センターとその収容能力

No.	センター名 (収容能力)	Kampung 名	Kampung の収容人員	Mukim 区分 (Sub-District)
1	Sek. Men. Abu Bakar (300)	Kg. Belakang TNB	100	Mukim Perak
		Kg. HJ Salleh	200	
2	Sek. Men. Al-khairiah (550)	Kg. Cengal	80	
		Kg. Paya Dalam	70	
		Kg. Pegawai	200	
		Kg. Paya Kecil Hilir	200	
3	Sek. Seri Bahagia (600)	Kg. Bukit Kelulut	500	
		Taman Sri Bahagia	100	
4	Sek. Keb. Temerloh Jaya (500)	Taman Temerloh Jaya	500	
5	Dewan Seri Semantan (800)	Batu 3 Jalan Mentakab	400	
		Kg. Megat Segama	400	
		Taman Sri Semantan	700	
	小計 (5 箇所)		2,750	
6	Balai Raya Kg. Penak (300)	Kg. Penak	200	Mukim Mentakab
		Kg. Penak Seberang	50	
		Kg. Tg. Padang	50	
7	Sek. Keb. Bukit Cermin (200)	Kg. Serdang Bawah	200	
8	Sek. Bandar Mentakab (450)	Kg. Serfang Atas	200	
		Kg. Mambang Berulang	200	
		Kg. Tok Rock	50	
9	SRJK(C) Mentakab 1 & 2 (2,000)	Kg. Batu Satu Jalan Tloh	2,000	
10	SRJK(T) Mentakab (200)	Kg. Sg. Ara	200	
11	Sek. Men. Bandar Mentakab (500)	Mentakab Garden	500	
12	Dewan Seri Mentakab (200)	Bandar Mentakab	200	
	小計 (7 箇所)		7,000	
	合計 (12 箇所)		9,750	計画地区全体

出典) Guideline for Flood Management and Relief for Pahang State, MKN Pahang State (2009/2010)

上表に示すように、プロジェクト地区の避難センターは、12箇所であり、その収容人員は、9,750人である。上表に示すように、ガイドラインには、避難センター毎に収容するKampungが定められている。最も大きいセンターは、MentakabのSRJK(C) Mentakab 1 & 2であり、2,000人の収容能力がある。

対象地区には、学校のグラウンド、ゴルフコース、スタジアム等から20箇所のヘリポートが確保されている。また、検診のための医療チームが13チーム、医療活動チームが4チーム確保されている。

救難のための交通手段としては、関係の諸機関(JKR,警察、市民防衛隊、Temerloh地域事務所)毎に、トラック、バス、トラクタ、モータボート等が準備されている。

食料の供給は、社会福祉局により1,300人分が用意されており、1日一人当たりでは、RM12.10の予算となっている。歯磨き、石けん、タオルの他に、毛布、マット、パティックの衣料等の備品も用意されている。さらに、食料の供給業者として、25業者が登録されている。

### (c) 州本部からコミュニティレベルまでの連絡、伝達フロー

州の災害管理救援委員会本部からコミュニティレベルまでの連絡、伝達手段についても定められている。州のガイドラインに基づく、伝達フローを以下に示す。

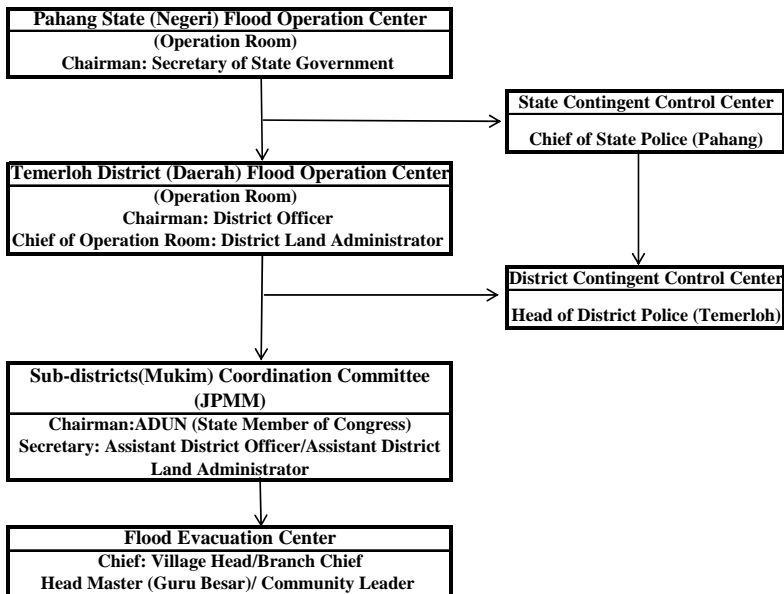


図 8.2.7 Pahang 州、Temerloh 地域、Mukim レベル、避難センター間の連絡フロー

(d) Pahang 州の地域ごとの災害管理救援の概要

Pahang州の地域ごとの避難センターの数、洪水管理支援基地(FB)、食糧供給業者、陸上交通機関の数等の災害管理救援の概要を比較したものを以下に示す。(表 8.2.5参照)

Temerloh地域の洪水避難能力32,600人は、州内では最大の収容能力であり、避難センターの数、洪水管理支援基地(FB)の数、食糧供給業者の数では、州内の第2位となっている。

表 8.2.5 州内の地域ごとの災害管理救援の概要

地域名	避難センター数	収容能力	洪水管理支援基地の数	食糧供給業者	ヘリポート数	陸上交通機関の数	水上交通機関の数
Kuantan	58	18,245	18	15	22	28	23
Pekan	91	9,100	8	4	20	62	11
Rompin	29	3,810	9	4	24	39	6
Maran	65	10,825	10	8	14	39	8
Temerloh	76	32,596	13	25	20	66	19
Bera	37	9,820	18	17	7	42	11
Bentong	29	10,150	3	9	21	56	0
Raub	75	8,032	4	9	20	21	3
Jerantut	41	10,450	7	13	22	35	15
Lipis	58	11,160	4	10	44	36	15
C.Higilands	29	3,000	0	1	7	15	0
Total	588	127,188	94	115	221	439	111

注) 陸上交通機関：4 ホイール車、トラック、バス、重機械等

出典) Guideline for Flood Management and Relief for Pahang State, MKN Pahang State (2009/2010)

(3) 洪水氾濫実績図(Flood Maps)

Pahang川では、1974年発行のAUSTEC（オーストラリア・エンジニアリング・コンサルタント、Australian Engineering Consultants）による縮尺10,000分の1の洪水氾濫実績図が用意されている。さらにDIDは、Pahang川の2000年までの洪水を整理した氾濫実績図と2007年の洪水を整理した氾濫実績図を作成している。これらの図は、流域全体の実績図であり、10,000-25,000分の一の大縮尺のものは作成されていない。

**(4) 浸水防止対策(高床化、2階建て)**

Semantan川沿いには、度重なる洪水の対応するための高床式の家屋が見られる。高床化することにより、氾濫から守られ、家財の損失も防ぐことができる。図 8.2.8には、Semantan川沿いの高床化した家屋の例を示す。



図 8.2.8 高床式の家屋 (Semantan 川 Kg. Pdng. Kerbau, Kg. Lompat)

地元でのインタビューでは、2007年に洪水時には、水位が高床化した床面からさらに50-70cmの水位となった。

**(5) 土地利用**

Temerloh地区では、ローカル地域計画によるゾーニング計画が策定されている。土地利用のためのゾーニングプラン、すなわち、Temerloh地域ローカル計画は、土地の所有者あるいは開発者が、Temerloh地域都市計画当局へ建設計画承認のための書類を提出したときにその基本となる地域計画である。承認のための提出者は、すべてこの地域計画に基づきチェックされる。

対象地区内では、水田での稲作が1980年代の半ばで中止され、その後は、湿地となっている箇所が多い。これらの箇所は、洪水時には、遊水保水機能を有している。

**(6) その他の対策 (見舞金)Contributions/ Donations)**

洪水対策の一環として、自然災害救援資金から1世帯当たりRM500、家屋(RM 500-3,000/house)、水田(RM573/ha, 半島マレーシア)、家畜(RM700/頭)等の見舞金の制度がある。これについては、福祉局が見舞金の支給を行っている。見舞金の申請は、地域事務所の所管となっている。

**8.2.2 プロジェクト地区の現状**

非構造物対策の現状分析の前に、プロジェクト地区の現状、行政の状況、既往の洪水被害状況等を整理すると以下の通りとなる。

**(1) 対象地区の現状と概況**

対象地区は、二つのMukim、すなわち、Mukim (Sub-district) Perak (Temerloh地区)と Mukim Mentakabから成る。この2地区の人口は、約80,300人であり、Mukim Perakが 38,100人、Mukim Mentakabが 42,200人である。村 (Kampung)の数は、79である。(プロジェクトによって防御される区域内の人口は約67,000人である)

前述したように、ガイドラインは、Mukimレベルまで策定されており、洪水避難の単位は、“Masyarakat”と呼ばれるコミュニティの単位、小グループとなっており、これらが避難センターへの避難ユニットとなっている。

(2) 既往洪水の最高水位記録

1963年の観測開始以来、47年間の洪水が記録されている。これらの河川水位記録を基に、最高水位を整理すると以下の通りとなる。(表 8.2.6参照)

表 8.2.6 河川水位の記録(Temerloh 観測所)

順位	河川最高水位	生起年、月、(日)
1	38.3	January, 1971
2	34.4	24 November, 1988
3	34.0	13 December, 2007
4	33.6	14 March, 1967
5	33.5	26 December, 1993

出典) 1. Selected flood Levels for December 1926 & January 1971 Floods  
(August 1974, Pahang River Basin Study)  
2. Ringkasan Laporan Banjir December 2007 (Jan.2008, DID)

2007年の洪水は、Temerloh地区で34mの水位を示し、47年間の水位記録では、第3位となっている。第1位は、1971年の水位であり、38.3m、第2位は、1988年の34.4mである。

Mentakab地区の水位は、1971年の洪水では、AUSTECの調査レポート(Pahang Basin Study Report, Volume 3, Basin Hydrology and River Behavior)から41.4mとなっている。

Mentakab地区の他の洪水(1988年)における水位については、水理シミュレーション結果から水面勾配が8,000分の1となっているため、この水面勾配と算定地点間の距離、25.8kmを適用して、Mentakab地点の水位を推定した。この結果から、水位上昇量は、3.2mとなる。算定結果を以下に示す。

表 8.2.7 Mentakab 地点の推定した河川最高水位

河川水位	水面勾配(I)	区間距離(m)	水位上昇量(m)	推定水位
34.4 m (1988)	I = 1/8,000	L= 25,800 m	3.2 m	37.6 m (=38m)

注) 水面勾配は、水理シミュレーション結果から設定した。

他の河川水位の第1から第3位までの水位記録を整理すると、以下の通りとなる。(表 8.2.8参照)

表 8.2.8 洪水時の河川水位の順位(第1位から第3位)

順位	Temerloh 地区	Mentakab 地区	生起年	摘 要
1	38.3	41.4	1971	
2	34.4	(37.6)	1988	( ): Estimated from Temerloh
3	34.0	(37.2)	2007	( ): Estimated from Temerloh

出典) WL (1971) : Pahang Basin Study Report, Volume 3, (August 1974)

(3) 2007年洪水における被災区域と被災概要

(a) 被災区域

2007年の洪水は、12月10日から23日まで続いたが、Temerloh DIDの洪水対応は、12月7日から15日までであった。洪水レポートによる被災区域は、以下の通りである。(表 8.2.9参照)

表 8.2.9 被災区域一覧(2007年洪水)

区域	被災区域 (市街地、地区名)
Temerloh	Bangu, Temerloh Town, Lebak, Belenggu, Pangsanam, Kg. Paya Kecil, Kg. Paya Dalam, Kg. Paya Pulai, Kg. Padanag Lalang, Kg. Sebrang Temerloh, Kg. Bangau Parit, Kg. Padang Tenggara
Mentakab	Taman Mentakab Indah, Kg. Batu Kapur, Kg. Sungai Buloh, Kg. Tanjung Kerayong, Kg. Chatin, Kg. Gantok

出典: Flood and Drought Report Year 2007 (DID Temerloh District)

## (b) 避難状況と死者

避難センターへ避難した累計の避難者数は、10日間で22,900人に達している。(表 8.2.10 参照)

表 8.2.10 避難センターにおける避難者数とその累計(Temerloh 地域)

Date	Dec.12	Dec.13	Dec.14	Dec.15	Dec.16	Dec.17	Dec.18	Dec.19	Dec.20	Dec.21	Total
Victims	409	3,195	4,363	4,553	4,910	4,851	0	0	0	602	22,883

出典) Flood and Drought Report Year 2007 (DID Temerloh District)

Pahang州の洪水レポート(2007)によると、州全体では、洪水により8名の死者が出ている。そのうち、3名がTemerloh地域で発生している。死者の原因については、現時点では詳しく得られていないが、水路や小河川に流されたりしたとの情報が得られた。洪水後においては、デング熱、下痢、マラリア等の発生が顕著となったとの記録がある。

## (4) 対象地区の地形と洪水水位との関係

前述のように、Temerloh地域では、第1位の洪水水位は、1971年洪水の38m、第2位が1988年洪水の34.4mとなっている。ここでは、これらの洪水水位に相当する、39mと34mの水位に相当する水位コンターを 図 8.2.9 に示す。



図 8.2.9 1971年洪水(38m)と1988年洪水(34m)の最高水位相当のコンター図  
(Temerloh)

- 図から、標高 34m の区域は、Semantan 川沿いとその支川である Rabbit 川と Cengal 川沿いに広がっている。(図中の塗りつぶし区域)
- 低地にあり、容易に浸水を受ける Kampung(村)としては、Semantan 川沿いの Kg. Paya Dalam、Kg. Tg. Lalang、Kg. Paya Kecil 等があげられる。

- Rabbit川は、Temerloh市街地の南側(Kg. Rabbit Kg. Bt. Kemuning 付近)に発し、北の方向に流れ、Temerloh市街と抜けて Semantan 川に合流している。一方、Cengal川は、Kg. Batu Tiga 付近に発し、道路 87 号線下を通過して、Kg. Carak Paya Dalam 付近で Semantan 川に合流している。
- 標高 34m の低平地の区域は、これらの河川に沿って集中して形成されている。
- 最高洪水水位に相当する、標高 38m の区域 (赤で囲まれた区域) は、Semantan 川と Pahang 川の合流する地点の西側の区域の Temerloh 市街地と Rabbit 川と Chengal 川との間の区域に形成されており、1971 年の洪水時においても浸水しなかった区域となる。

同様に、Mentakab地域でも、第1位の1971年洪水水位相当の水位、41.4mの水位、第2位である、1988年洪水水位37.6mを図化する。Mentakabでは、41mに相当する標高はないので、ここでは、40mとした。37mと40m相当の水位コンターとさらに低い35m相当の水位(低平地レベル)を示すと、図 8.2.10のとおりとなる。



図 8.2.10 1971 年洪水(40m)と 1988 年洪水(37m)の最高水位相当のコンター図と低地標高(35m)レベル(Mentakab)

- 図中で 35m の低平地レベルを示すと、「緑」で塗りつぶした区域がこれに相当する区域である。この区域は、対象地では、最も低い区域であり、Semantan 川沿いと右支川である Ara 川沿いに集中している。
- 標高 40m の区域(「ピンク」塗りつぶし区域)は、道路 87 号線の南側と Ketapa 川の北側に集中している。

以上の図から、Temerlohと Mentakab地域の土地の高低分布の特性を整理すると、以下の通りとなる。



- Temerloh では、多くの重要な事務所、施設、商工業区域は、Pahang 川と Semantan 川の合流地点の西側(標高 38m 以上)に位置しており、1971 年の洪水においても被災(浸水)していない区域となっている。
- 一方、被災しやすい低平地(標高 34m)は、Semantan 川、Rabit 川、Chengal 川等の河川沿いに集中して形成されており、被災を受け易い区域となっている。これらの区域としては、Kg. Tg. Lalang (Semantan 川)、Kg. Paya Kecil (同)、Kg. Batu Tiga (Cengal 川) Kg. Kempas (Rabit 川)等の Kampung があげられる。
- Mentakab では、1988 年洪水相当水位 37m では、道路 87 号線の北側までは、浸水しない地形となっている。(図中の紫線で囲まれた区域)
- さらに、1971 年相当の洪水水位では、道路 87 号線の南側と Ketapa 川の北側の区域だけが被災を免れるだけである。Mentakab の高標高区域は、地区の南側に位置している。

### 8.2.3 対象地域における非構造物対策の課題

対象地区の土地の高低特性、集落、商工業区域の分布状況、既往の洪水水位記録等から、本対象地区の非構造物対策の課題は、以下のように整理される。

#### (1) 洪水予警報システム

- 地区住民へのインタビュー結果から、サイレンについては、洪水の時に鳴っていない場合、聞こえない場合があったとのことである。洪水期前の定期的な点検、管理が必要である。
- サイレン(吹鳴)の可聴範囲は、700m から 1,000m であり、風向等によって変化する。これについても日常の確認や避難に役立つようにしておく必要がある。
- 洪水水位警報板(FWB)は、洪水管理における住民の洪水への認識や避難行動等の洪水への備えに関して有効なツールと考えられる。
- 洪水予警報システムのリードタイムは、6 時間である。リードタイムが長くなれば予警報にも有利となり、今後において雨量、河川水位資料のデータ収集面でのさらなる改良が望まれる。

#### (2) 洪水管理救援活動

- Temerloh では、ガイドラインに従って、関係機関、村、コミュニティによって、洪水管理救援活動がなされている。
- 2007 年の洪水においては、避難者の収容は、1 日当たり最大で 4,910 人である。これに対して、対象地区の避難センターの最大収容能力は最大で 9,750 人であり、十分な収容能力となっている。
- 洪水により 3 名の死者が Temerloh 地域で発生している。死者の原因については、現時点では詳しく得られていないが、水路や小河川に流されたりしたようだと情報が得られた。死者数を軽減するような対策が必要である。
- 洪水後においては、デング熱、下痢、マラリア等の発生が顕著となった箇所があったとの記録がある。これらの対策も必要である。

#### (3) 洪水実績図、ハザードマップ

- 洪水実績図は、1974 年発行の AUSTEC (オーストラリア・エンジニアリング・コンサルタント、Australian Engineering Consultants) による縮尺 10,000 分の一の洪水氾濫実績図が作成されている。
- DID は、Pahang 川の 2000 年までの洪水を整理した氾濫実績図と 2007 年の洪水を整理した氾濫実績図を作成している。これらの図は、流域全体の実績図であり、10,000-25,000 分の一程度の縮尺のものは作成されていない。

- 洪水による被害の軽減、特に、死者数の軽減を目的として、さらに詳細なハザードマップを作成する必要がある。

#### (4) 浸水対策（高床住宅）

- Semantan 川沿いには、多くの住宅がある。彼らは、相続等により、古くから川のそばに住んでおり、経済的理由や漁業等の河川利用のために危険な区域から離れられない状況にある。
- このような浸水しやすい区域にあっては、高床式の住宅により、洪水被害を軽減することが必要である。

#### (5) 土地利用

- 水田での稲作が 1980 年代の半ばで中止され、その後は、湿地となっている箇所が多い。
- これらの箇所は、洪水時には、遊水保水機能を有しており、土地利用計画上、保全されるべきである。

### 8.2.4 提案する非構造物対策

#### (1) プロジェクトコンポーネント

Temerloh地区の非構造物対策は、50年確率(ARI)で計画、設計された構造物に対して、それらを超える規模の洪水に対しても被害を軽減できるようにする計画される。非構造物対策のメリットは、以下のように整理される。

- 構造物対策と比べて、コストをかけずに早期に所定の対策の効果が得られる。
- あらゆる規模の洪水に対して、所定の効果を発揮する。
- 気候変動等の不確かな変動に対しても適応が可能である。

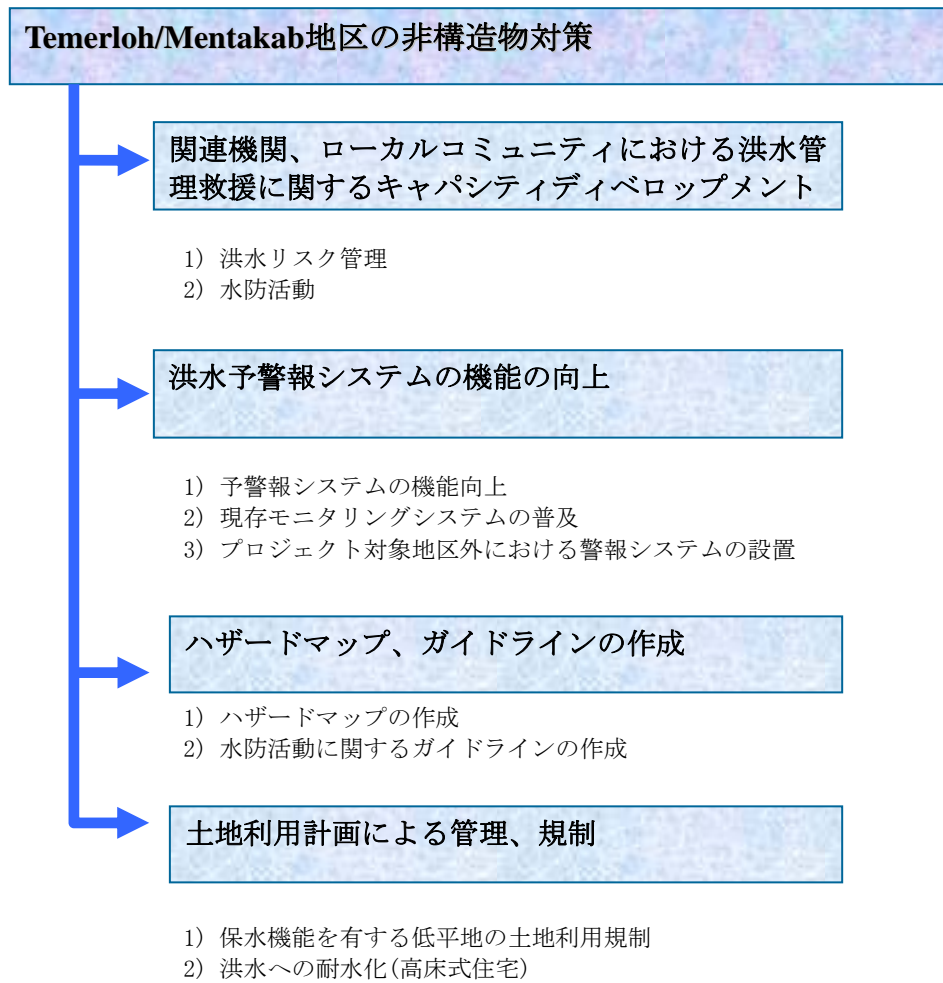


図 8.2.11 プロジェクト地区における非構造物対策(Temerloh、Mentakab)

ハザードマップを用いた洪水管理救援活動や水防活動は、最も重要な活動であり、これらの活動を通して、洪水対応の関連機関やコミュニティのキャパシティディベロップメントの向上を図るものとする。

## (2) 提案するプロジェクトコンポーネント

提案する対策について以下に述べるものとする。

### (a) 洪水管理活動

8.2.1で述べたように、洪水管理救援活動に関して、Temerloh地域においては、ほぼ毎年のように洪水が来ており、救援避難活動は、良く実施されているとあって良い。洪水の襲来する前には、DMRCが洪水管理に関する会議を開いて襲来に備えている。

ガイドラインに従い、同様に、DOCCやフォワードベース等についてもそれらの状況の確認が事前になされている。さらに避難センターの収容能力とそれらに収容されるKampungの避難人員も確認されている。

洪水のリスク管理においては、死者発生防止や洪水への備えが行うために、コミュニティベースのハザードの作成やそれを利用した活動を行うことが重要である。

ハザードマップには、浸水による危険区域、避難センター、主要な役所、施設、ヘリポートなどを示している。

洪水後には、デング熱、下痢、マラリア等の発生が顕著となった箇所があったとの記録がある。これらの対策も社会福祉局によって、防止される必要がある。

### (b) 水防活動

水防活動は、Temerloh地域に採用されるべき非構造物対策である。構造物対策の実施によって、Semantan川沿いに堤防が建設される。堤防の建設に伴って、堤防の監視、点検等の活動が必要とされる。また、Semantan川の河川水位の上昇に伴って、コミュニティによる水防活動を実施する必要がある。

水防活動の特徴は、以下の通りである。

- 洪水被害を軽減されるための緊急対策として、小さなコストで大きな効果が期待できる。
- 活動に使われる資機材が土、木、竹であり、これらは現場で容易に得ることができる材料である。
- 水防活動を実施する人たちは、自治体関係者ばかりではなく、地域住民も入っており、幅広い活動を期待できる。



出典: Flood Fighting in Japan, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan

図 8.2.12 水防活動の実施例(日本)

前述したように、Temerloh地域は、洪水救援活動についての組織や準備が良く整っていることから、水防活動に適した状態にあると言える。

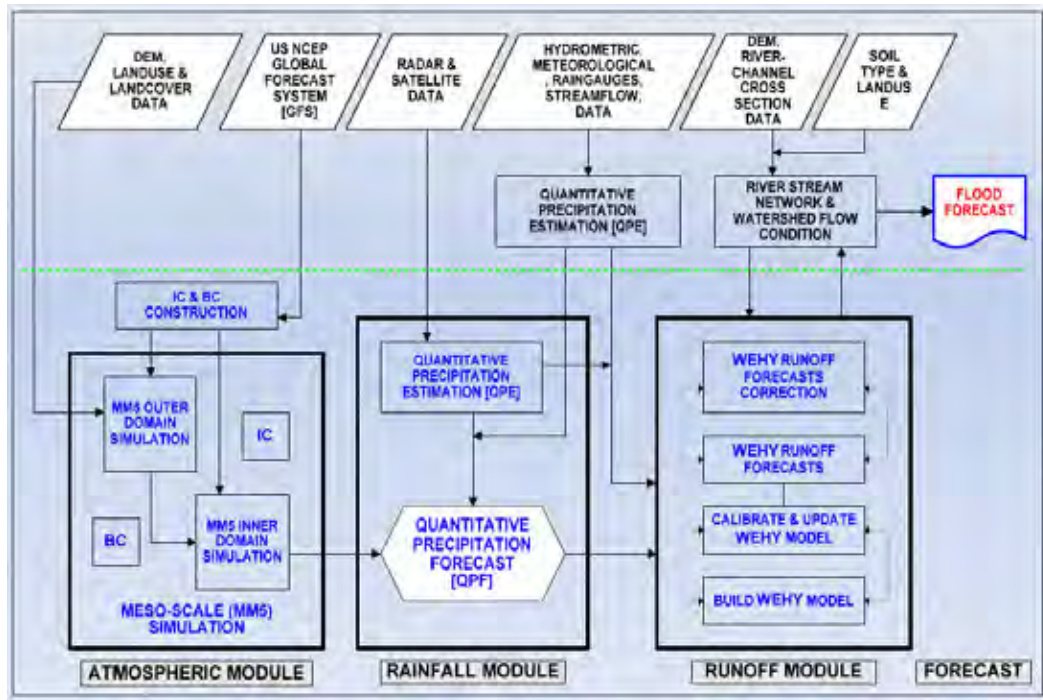
### (c) Pahang 川予警報システムの改良

Pahang川では、新たな予警報システムの2011年のモンスーンシーズンの前までの導入が予定されている。

DID水文部によると、開発の目的は、以下の通りである。

- リアルタイムの予警報の伝達を目的として、AMRRFシステムをベースとした予警報システムを導入する。
- 雨域の分布と雨量強度を推定するためのレーダー雨量システムの導入

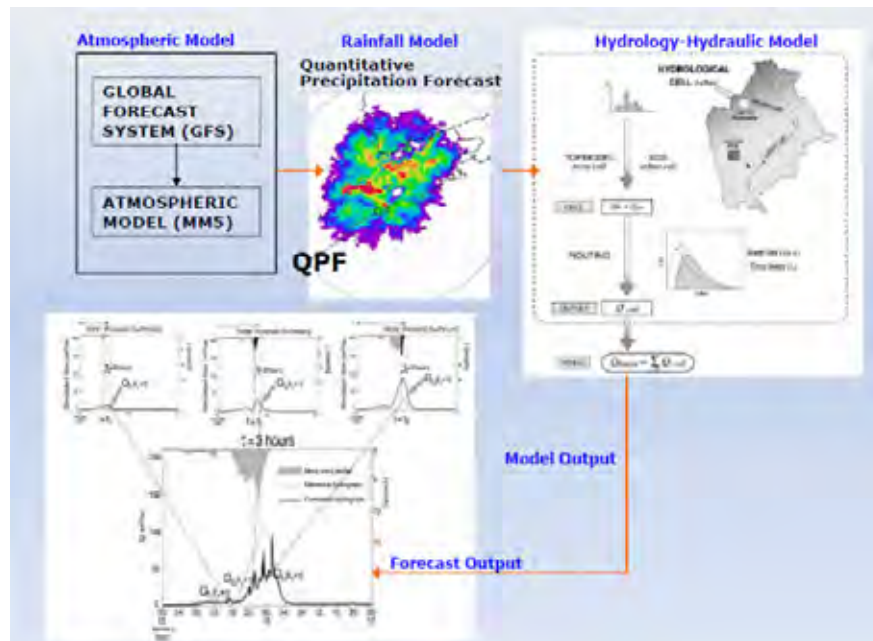
これらの概要を以下の図に示す。



出典: Hydrology Division, DID (2009)

図 8.2.13 AMRRF システムの概要

このシステムの中規模スケール(Meso-scale)シミュレーションと衛星データにより、雨の量的な分布が把握(Rainfall Module)され、懸案地点の河川流量が計算(Runoff Module)され、河川水位が予測される。



出典) Hydrology Division, DID (2009)

図 8.2.14 雨量予測から流量(水位)予測までのフロー

このシステムは、信頼できる様々な洪水予警報情報、Temerloh地域におけるPahang川の前警報のための手段を提供することとなる。

AMRRF システムの概算コストは、以下の通りとなる。

表 8.2.11 AMRFF システムの概算コスト

No.	主要機器、業務	価格 (RM)	摘要
1	Cross section survey for Pahang River	936,200	
2	Hard ware	38,500	
2.1	Server for download	10,000	
2.2	Server for forecast	25,000	
2.3	Work station	3,500	
3	Data purchasing	121,770	Jan,2008 - April 2010
3.1	Development	69,970	Kautan, Temerloh, Muadzam Shsh, Batu Embun, Cameron Highland
3.2	Operation	51,800	(Per year)
4	Consulting Fee	1,260,000	
5	Total Cost	2,356,470	

出典) Hydrology Division, DID (2009)

#### (d) モニタリングシステムによる洪水情報の普及

洪水管理救援活動の一環として、洪水前と洪水中におけるモニタリングは、重要である。Pahang川では、河川水位と雨量がInforbanjirシステムによって時間毎と日毎に必要なに応じて更新される。データは、信頼できる連絡システム(UHF、VHF、衛星回線)によって送信される。

ウェブサイト上に表示される河川水位情報、雨量情報は、洪水の生起の可能性を判断するためにも有益な情報である。オンライン情報は、洪水情報の監視観測所における河川水位の変化の状況を提供する。DID地方事務所も同様に、更新された河川情報を住民に提供している。

モニタリングシステムについては、洪水監視に関連する監視室ばかりではなく、コミュニティにおける洪水管理活動についても使用できるよう普及させることが必要である。

#### (e) 事業実施地区以外の警報システム

事業実施の対象地区以外の区域では、堤防等の工事完了後においても、現在までに受けた規模と同程度の洪水による被災が予想される。

Semantan川沿いのこれらの区域においては、サイレンや警報板の設置による警報システムの導入が必要である。

このような地域としては、Kg. Tg. Kerayung、Sg. Dingin、Kg. Raja Songsang、Kg. Tg. Tinggi等の村(Kampung)があげられる。これらの設置位置については、ハザードマップ図に示している(図 8.2.15参照)。

#### (f) ハザードマップの作成

構造物対策が洪水を防いだり、軽減したりすることを目的として実施されるのに対して、ハザードマップは、洪水が起きることを前提として、人命の損失を最小とすることを目的として作成される。

ハザードマップ作成の目的は、以下の通りである。

- 地域住民が想定される洪水被害の情報を入手し、洪水管理の重要性を認識する。
- ハザードマップを作成することにより、洪水の発生時の地域住民の避難センターへの避難を容易とする。
- 行政側の地域住民への避難誘導を容易にする。
- 行政側がハザードマップを参考することにより、保水機能を有する低平地等の土地利用規制に活用する。

Temerloh並びにMentakab地域のハザードマップを以下に示す。この図には、避難センターの位置が示されており、Mukim Perak( Temerloh)で12箇所、Mukim Mentakabで7箇所となっている。(図 8.2.15参照) 全体の避難センターの収容人員は、9,750人である。

ハザードマップには、コミュニティホールや主要な役所、ヘリポート等の位置も示している。ハザードマップによると、浸水が予想される区域としては、Semantan川、Rabit川、Chengal川沿いに集中している。

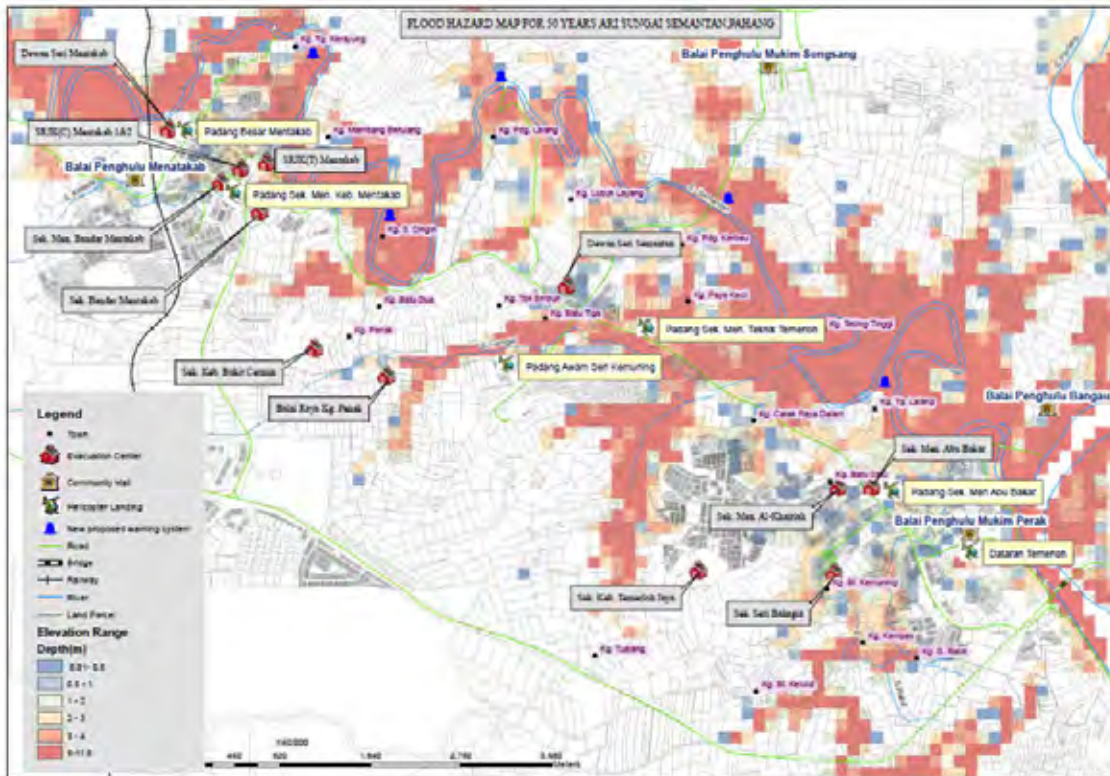


図 8.2.15 Temerloh and Mentakab のハザードマップ (JICA 作成)

作成されたハザードマップは、Temerloh地域の行政、住民に公開、公表される。これを効果的なものとするために、以下のような活動が今後において、必要である。

- 十分な浸水、避難情報が行き渡るためには、多くの部数を作成し、洪水管理に関する機関やその関係者、住民に配布されるべきである。
- DMRC(JPBB)主催によるモンスーン期前の洪水管理に関する会議を通して、避難訓練等の演習を含むハザードマップの説明を行う。
- ハザードマップの更新のために、コミュニティレベル、Kampung レベルで検討チームが組織され、危険区域、避難センターまでの避難ルート、浸水区域や浸水する道路に関する相互の確認を行うことが必要である。
- DID は、ハザードマップについての普及活動を行うと共に、洪水に関する様々な情報を集めることにより、改良、更新を行っていくことが必要である。

#### (g) 家屋の耐水化、高床化(二階建て家屋)

Semantan川沿いのプロジェクト対象地区以外の地区に関しては、高床式の家屋や二階建ての家屋が洪水対策として推奨される。

既往の洪水の水位記録から、Temerlohでは、標高34m程度まで、Mentakabでは標高37m程度まで床面をあげる必要がある。

#### (h) 洪水時の保水機能確保のための低平地管理

洪水物対策の補完対策として、これらの対策は位置づけられる。図 8.2.2に示されるように、支川のRabit川やChengal川沿いには、低平地が広がっている。これらの区域は、洪水時には、一時的に流水を保水、遊水させる機能を有している。現在は、非耕作地、湿地となっている。

将来において、これらの区域が開発された場合は、保水、遊水機能を保全することは、不可能となる。



図 8.2.16 低平地地域 (現在は非耕作地や湿地となっている)

Temerloh地域の土地利用計画に関しては、Temerloh都市委員会(Municipal council)がPahang州委員会の承認を得て、公示することとなっている。プロジェクト区域には、1980年代半ばに水田を放棄し、湿地や非耕作地となっている区域がある。

構造物対策においては、洪水時において、一時的に洪水を保水、遊水させるために、湿地や非耕作地となっている区域をTemerlohの都市計画上、建築物を建設できないような農業区域や保全区域として組み込む必要がある。このような都市計画を策定した上で、Pahang州の委員会により、その計画を公示することが必要である。

このような農業用区域、あるいは、保全区域として保全すべき、低平地の位置を図 8.2.17に示す。

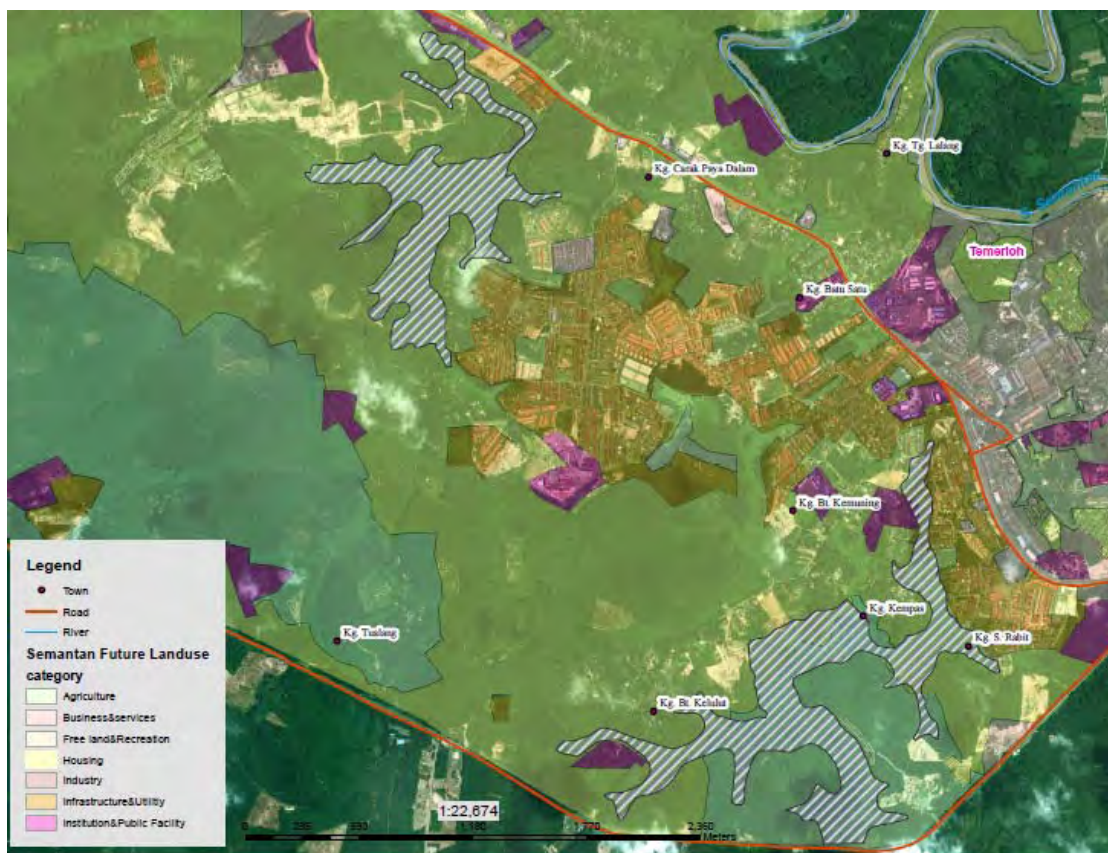


図 8.2.17 都市計画における低平地の保全区域



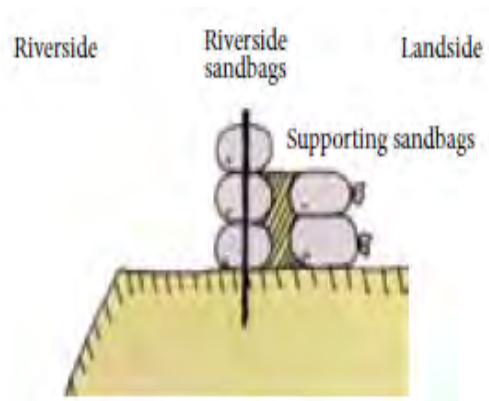
## (i) ガイドライン、マニュアルの作成

堤防の建設に伴い、堤防の監視、点検、水防活動が必要となる。これらの活動は、行政並びに地域住民によって実施されるものとする。

DIDマニュアル、日本の水防マニュアル、その他を参考として、水防活動に関する次のような項目が記載された、マニュアル、ガイドラインの準備を提案する。

- 1) 作成の目的
- 2) 水防活動の概要
- 3) 水防工法の種類とその実施方法
- 4) 水防演習
- 5) 組織
- 6) 連絡、伝達フロー
- 7) 報告書

水防演習の実施についても、Temerloh地域のコミュニティあるいは、Kampungレベルで実施される必要がある。



出典: Flood Fighting in Japan, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan

図 8.2.18 水防演習と土のうによる対策工法（日本の事例）

以上の非構造物対策について、コンポーネント、対策とその内容を整理したものを以下に示す。地元住民の洪水軽減に関する意識を向上させるために、水防活動を含む洪水管理救難活動がMukimレベルで実施されることが重要である。これらの活動を通して、地域のキャパシティディベロップメントを図るものとする。

表 8.2.12 提案する非構造物対策(Temerloh 地域)

プロジェクトコンポーネント	No.	非構造物対策	実施関連機関、組織
I. 洪水管理のためのキャパシティディベロップメント	1	ハザードマップを利用した洪水管理活動	National Security Council (MKN)
	2	コミュニティによる水防活動	National Security Council (MKN)
II. 洪水予警報システムの改良	3	洪水予警報システムの改良(AMRRF system の採用)	DID (JPS)
	4	モニタリングシステムの普及	DID (JPS)
	5	事業実施地区以外(構造物対策によってカバーできない地区)への警報システムの導入	DID (JPS)
III. ハザードマップ、ガイドラインの作成	6	ハザードマップの作成と活用による住民等への普及活動	DID (JPS)
	7	水防活動のガイドラインの作成	DID (JPS)
IV. 土地利用規制、耐水化	8	保水機能確保のための土地利用計画	DTCP, Local Authority
	9	耐水化、高床式住宅の採用	Temerloh 地方委員会

### 8.3 気候変動適応策

#### 8.3.1 適応策の必要性

地球温暖化を伴う気候変動は、今日世界中の人々が共有すべき重大な課題となってきている。気候変動の政府間パネル (IPCC) によって 2007 年に発表された第 4 次評価報告書 (AR4) は、水資源賦存量、洪水、天然資源及び環境、風土病離間率・死亡率への影響を示している。アジア地域の洪水に関しては、とりわけ沿岸部やデルタ地帯において、海面上昇や頻発する豪雨により、洪水の頻度と規模の増加傾向が予想されている。

マレーシア半島部については、マレーシアの研究機関である NAHRIM が、気候変動予測の知識の構築のために、“Study of the Impact of Climate Change on the Hydrologic Regime and Water Resources of Peninsular Malaysia” を 2002 年から 2006 年にかけて実施している。その調査結果は洪水や干ばつのような極値水文現象はさらに頻度が多くなり、また強度も強まると推測している。

AR4 は、これらのインパクトに対処するためには緩和策と同様に適応策が重要であると述べている。それは、温室効果ガスの削減を中心とした緩和策には限度があり、緩和策が実施されてもここ数世紀はインパクトは続けて影響を及ぼすであろうからである。一方、マレーシア政府は、第 10 次マレーシアプランにおいて、経済成長と開発要因を守るための適応策と温室効果ガスの排出を減らす緩和策の 2 元的な戦略を採ることを明言している。

#### 8.3.2 適応策提案における留意点

適応策について検討する前に、対象地域における適応策の必要性を確認するために、8.3.3 節で、気候変動による対象地域の洪水リスクの増加について評価する。リスク評価のために、第 3 章で実施した気候変動の影響を考慮した降雨予測結果を与条件とし、洪水氾濫シミュレーションモデル (第 7 章参照) を用いて、2025 年時点における対象地域の 50 年確率洪水の氾濫面積、深さの増分を算出する。また、リスク評価の結果は、適応策を検討する際のバックグラウンドとしても活用する。

さらに、最適案は、気候変動の影響の不確実性を認識して提案する。JICA がまとめた気候変動適応策のためのガイドラインによると、この不確実性は一般に、1) 気象学の限界、2) GCM による予測の限界、3) 将来の温室効果ガスの排出量の不確実性 4) 緩和策の効果の不透明性に因る。つまり、これらの気候変動の不確実性を考慮して、その不確実性に柔軟に対応できる対策の提案が好ましいと考えられる。なお、本準備調査の第 1 巻共通編にまとめている気候変動適応策策定における基本的な戦略に基づき、対象地域における気候変動適応策を提案する。

#### 8.3.3 リスク評価

第 3 章で述べたように 10-100 年確率規模の 3 日雨量は、気候変動の影響を受け、2025 年までに 10% 増加する可能性がある。その結果、現在の気象条件下で求めた確率年は小さくなり、より頻繁に大規模な洪水が生起する可能性がある。表 8.3.1、図 8.3.1 に確率年の減少と 8 日雨量の増加の可能性を示す

表 8.3.1 2025 年における 8 日雨量と生起確率

8 日雨量(mm)		448.8	425.6	380.0	335.2	302.8	252.9
確率年	現況	100	80	50	30	20	10
	2025 (平均)	67	54	34	24	20	10
	2025 (最大)	67	54	34	20	14	7

確率年		100	80	50	30	20	10
8 日雨量 (mm)	現況	448.8	425.6	380.0	335.2	302.8	252.9
	2025 (平均)	493.7 (10%)	468.2 (10%)	418.0 (10%)	368.7 (10%)	302.8 (0%)	252.9 (0%)
	2025 (最大)	493.7 (10%)	468.2 (10%)	418.0 (10%)	368.7 (10%)	333.1 (10%)	278.2 (10%)

Percentages the parenthesis indicate increase relative to current climate condition

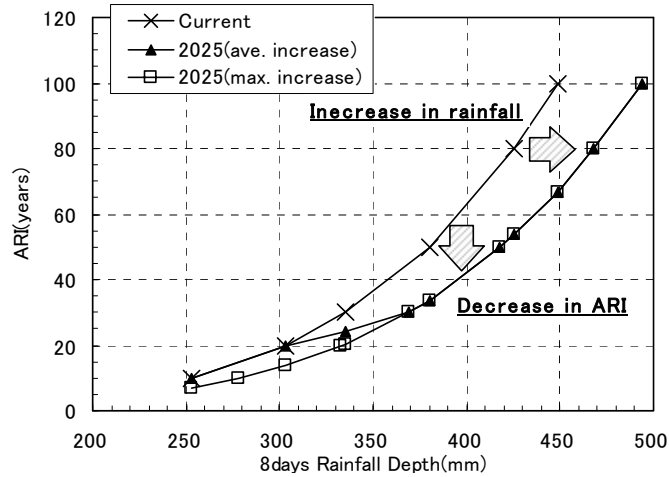


図 8.3.1 2025 年における 8 日雨量と生起確率

ここでは、図 8.3.2 に示す Temerloh-Mentakab 地域の各ゾーンを対象に現況および将来気象条件下でのリスクについて概略評価を行う。8 つのゾーンについては、内水流域、主要道路をもとにそれぞれの境界を決定した。

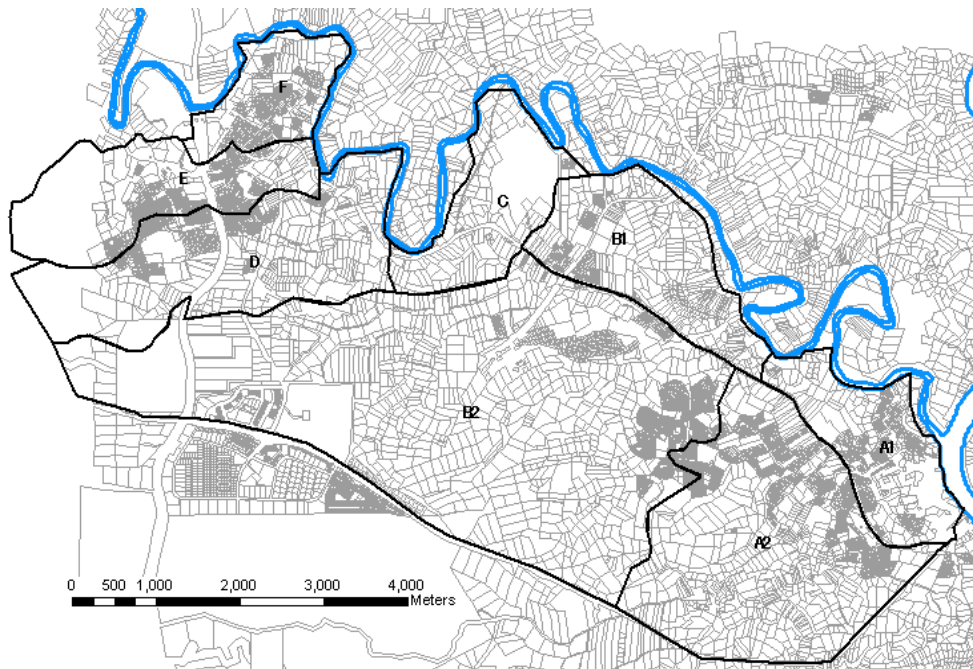


図 8.3.2 リスク評価のためのゾーン分割

各ゾーンの特性を表 8.3.2 に示す。

表 8.3.2 各ゾーンの特性

ゾーン	面積(km <sup>2</sup> )	住宅個数*	人口**	1階建家屋の割合***
A1	2.61	1,778	7,717	0.1
A2	7.38	3,139	13,623	0.1
B1	3.35	924	4,010	0.15
B2	16.63	2,536	11,006	0.15
C	2.54	143	621	0.2
D	5.39	2,162	9,383	0.2
E	3.30	4,074	17,681	0.2
F	1.74	1,686	7,317	0.6
Total	42.94	16,446	71,358	-

\* Counted from ortho-image

\*\* Population estimated assuming 4.34 person/ household (see section 7.9 for detail)

\*\*\*Rough estimate based on field survey

(1) 洪水シミュレーション

現況条件、10%の降雨量増加を想定した2ケースについて洪水シミュレーション計算を行った。  
 図 8.3.3から、気候変動による降雨量の増加によって2025年での50年確率規模の洪水では、現況と比較して50-70cmの水位上昇が生じる可能性がみられる。

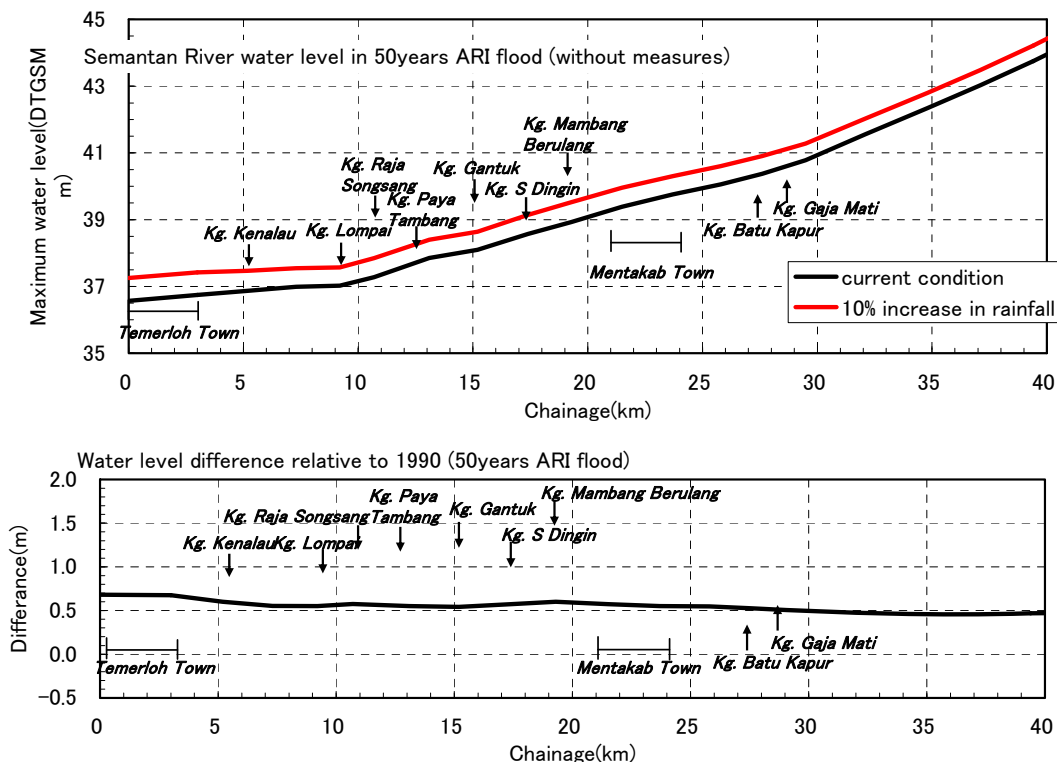


図 8.3.3 現況および2025年の50年確率規模洪水水位予測結果(上：河川水位、下：現況との水位差)

50年確率規模洪水の氾濫域を図 8.3.4に示す。

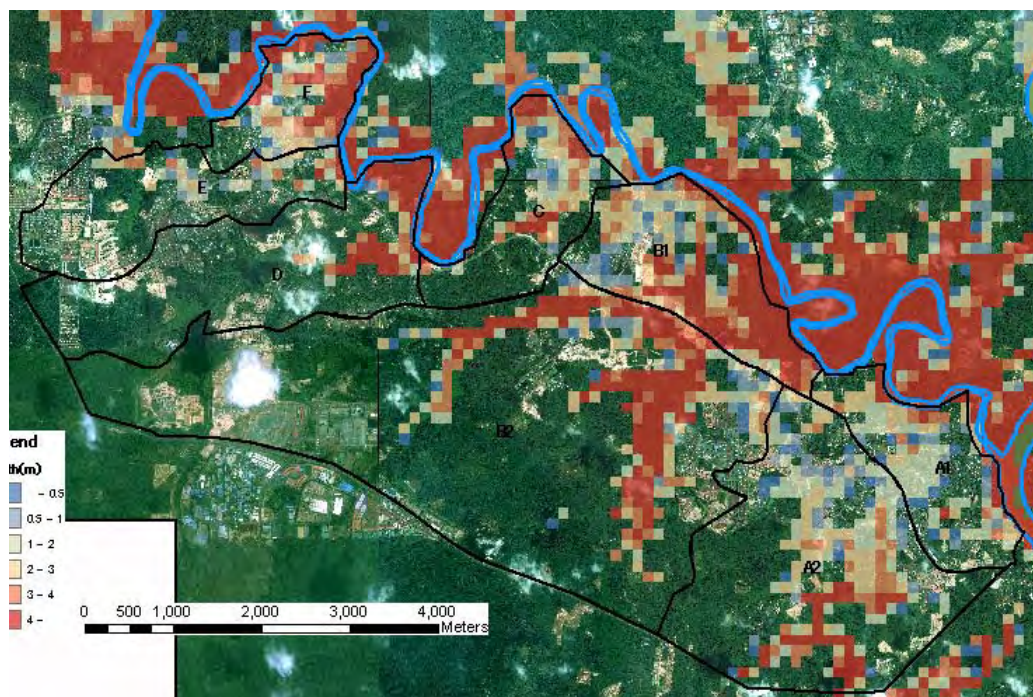


図 8.3.4(1) 50年確率規模洪水による氾濫域(現況)

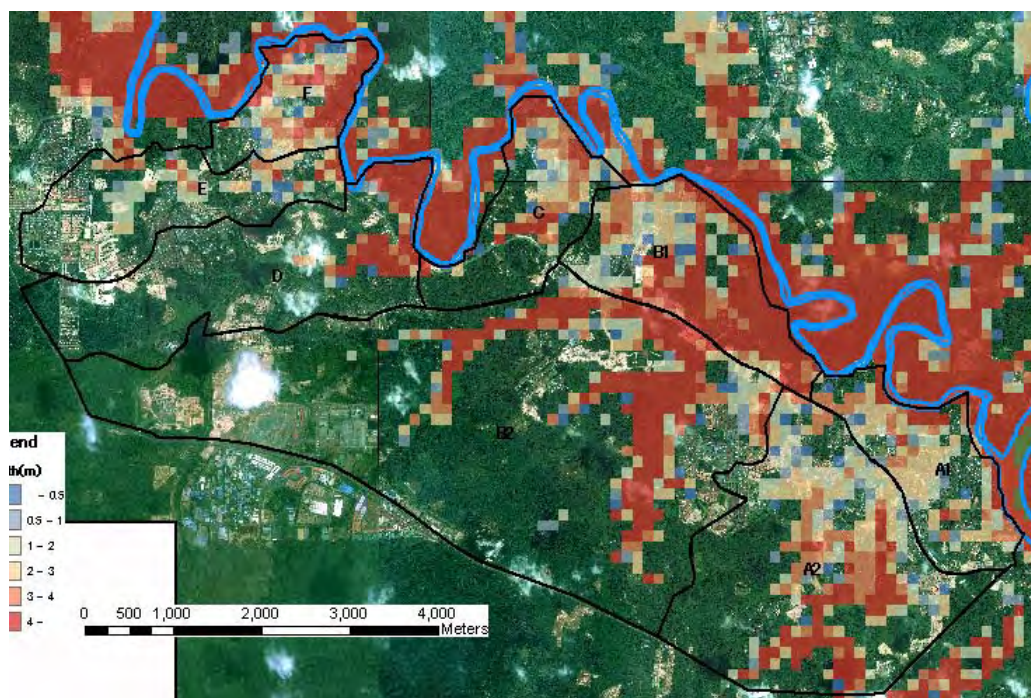


図 8.3.4(2) 50年確率規模洪水による氾濫域(10%の雨量増加)

## (2) リスクマップ

評価対象とするリスクは以下の通りである。

- 氾濫面積
- 氾濫域内の住宅個数
- 孤立者数
- 死者数

孤立者数、死者数は米国陸軍工兵隊<sup>1</sup>による既往検討手法を用いることとした。水位別のゾーン分割は図 8.3.5 のようであり、*walk-away*ゾーンでは徒歩での避難が可能である。また、全ての人々は可能な範囲で高所に存在することとし、65歳以下では屋根や屋上に上ることができることとする。*Safe*、*compromised*、*chance*の各ゾーンにおける死亡率はそれぞれ0.023%、12%、91.75%である。孤立者数は、氾濫水深が2フィート(61cm)以上の地域にいる人口から、死者数を除することである。

<sup>1</sup> “Estimating Loss of Life from Hurricane-Related Flooding in the Greater New Orleans Loss-of- Life Modeling Report” May 22, 2006

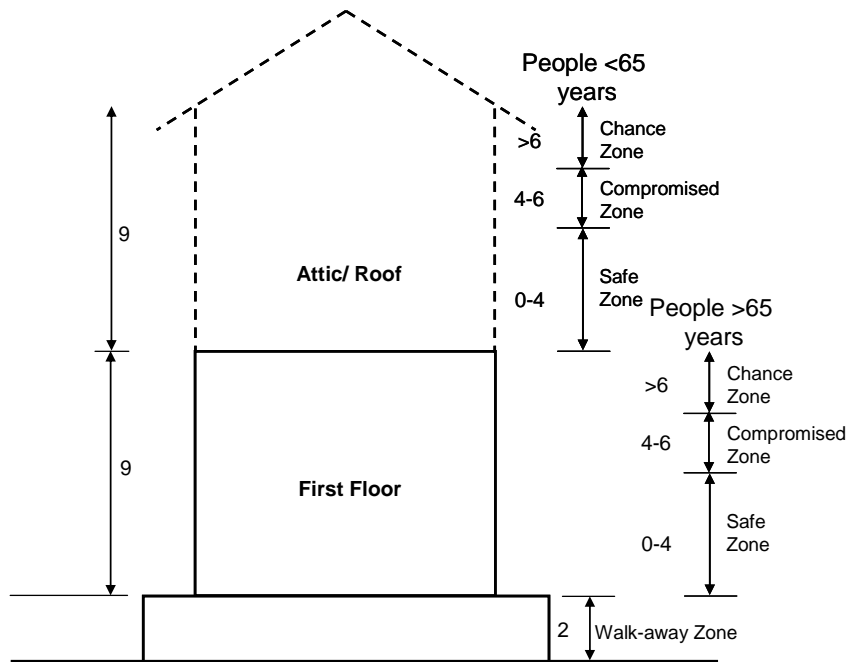


図 8.3.5 浸水深別水位ゾーンの定義

本節の検討では、浸水深が2フィート(61cm)を超える地域を「浸水域」とする。

50年確率規模洪水によるリスク評価結果を表 8.3.3に、リスクマップを図 8.3.6に示す。なお、孤立者数、死者数の推定においては、避難率0%を想定しており、住宅戸数などのデータを現況条件でのものである。

現況気象条件の50年確率規模洪水において、何も対策が取られなかった場合の潜在的な死者数は62名であるが、気候変動の影響によってその数は倍増する可能性がある。また、同様に孤立者数は20,000人であるが、将来には23%増加する可能性がある。表中の括弧内の数値は、避難率を80%とした場合のものである。この結果より、適切な避難活動の実施によって、リスクにさらされる人口を大きく減少させることができることがわかる。したがって、非構造物対策を強化し、気候変動や計画規模を超える洪水に備えることが重要である。

表 8.3.3 50年確率規模洪水による潜在的リスク

ゾーン	現況気象条件				10%の降雨量増加			
	浸水域 (km <sup>2</sup> )	浸水家屋数	孤立者数	死者数	浸水域 (km <sup>2</sup> )	浸水家屋数	孤立者数	死者数
A1	1.42	938	4,067 (813)	4 (1)	1.61	1,097	4,745 (949)	16 (3)
A2	2.63	1,155	5,008 (1,002)	5 (1)	3.23	1,673	7,247 (1,449)	14 (3)
B1	2.53	522	2,258 (452)	8 (2)	2.74	709	3,059 (611)	18 (4)
B2	3.35	431	1,864 (372)	6 (1)	3.69	522	2,241 (448)	24 (5)
C	1.18	35	149 (30)	3 (1)	1.25	40	169 (34)	5 (1)
D	0.84	83	351 (70)	10 (2)	0.88	83	339 (68)	22 (4)
E	0.52	363	1,567 (313)	8 (2)	0.74	417	1,792 (358)	18 (4)
F	1.30	1,041	4,484 (897)	17 (3)	1.40	1,115	4,805 (961)	34 (7)
合計	13.77	4,568	19,747 (3,949)	61 (13)	15.54	5,660	24,398 (4,880)	149 (30)

Numbers in parenthesis are 図's estimated assuming 80% for prior evacuation rate

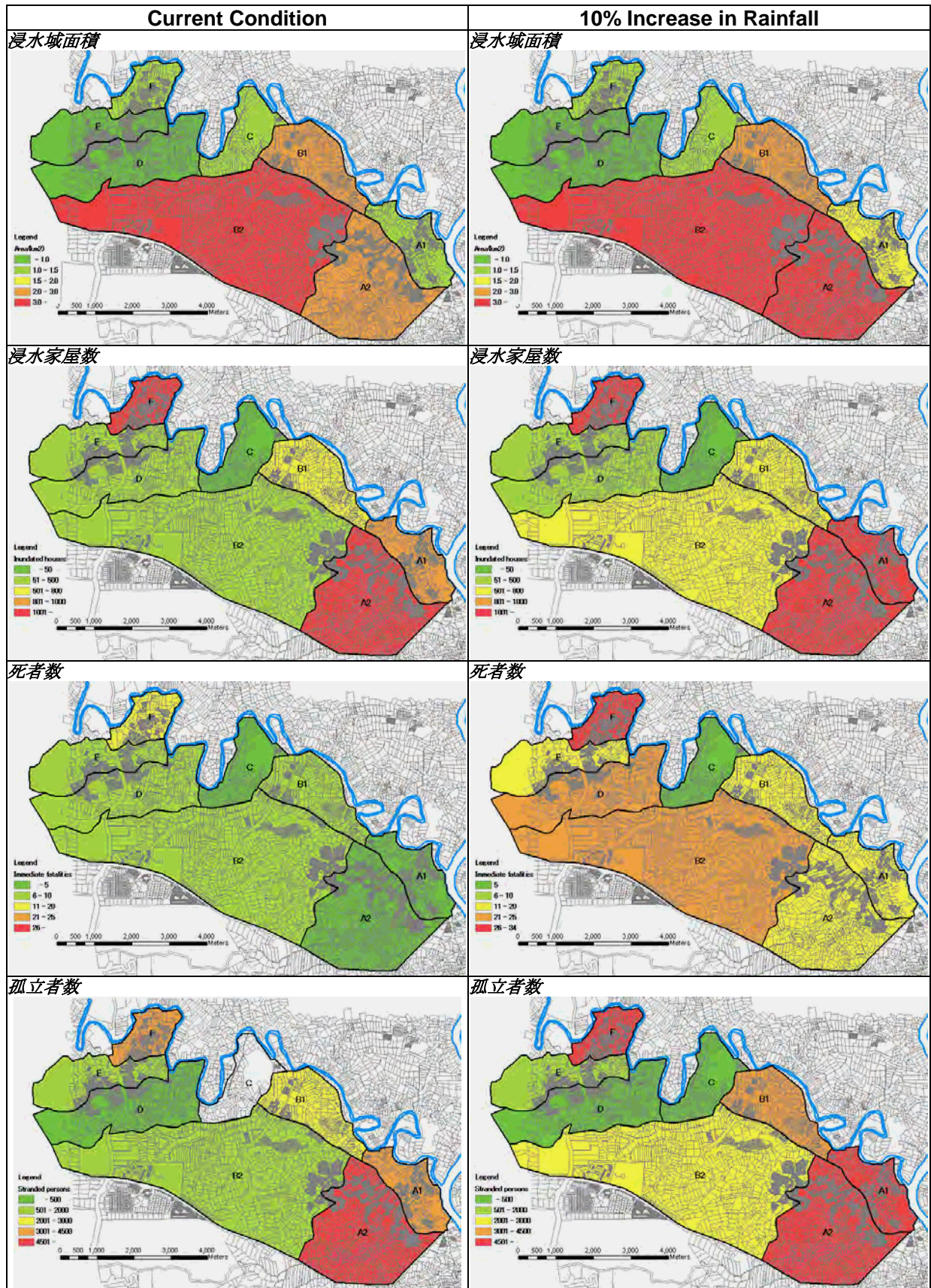


図 8.3.6 Temerloh and Mentakab リスクマップ(浸水域と浸水家屋数)

(3) 内水流出への影響

気候変動の影響によって内水流出量も増加する可能性がある。表 8.3.4に示すように10年確率規模の1日雨量は2025までに最大で20%増加する可能性がある(内水の原因となる降雨の実質的な継続時間は1日程度である)。

表 8.3.4 10年確率規模の1日雨量増加率

確率年	予測年	RegHCM-PM	PRECIS	GCM Average	平均	最大	増加を示すモデルの割合
10	2025	0.89	0.94	1.15	1.0	1.2	73%(11/15)
	2050	1.30	0.90	1.26	1.2	1.3	80%(12/15)
	2090	-	0.97	1.50	1.2	1.5	79%(11/14)

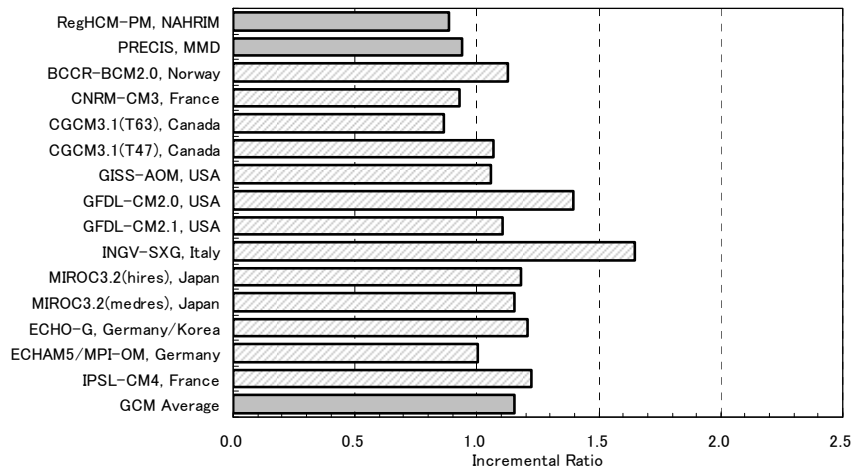


図 8.3.7 現況と比較した10年確率規模の1日雨量増加率(2025)

内水流出量の予測には第7章で作成した流出モデルを用いた。最大流量および総流出量の予測結果は表 8.3.5の通りであり、総流出量は30%程度増加するものと予測される。

表 8.3.5 将来条件下での最大流量・総流出量

Sub-basin	Peak discharge (m <sup>3</sup> /s)		Runoff volume (1000m <sup>3</sup> )		Sub-basin	Peak discharge (m <sup>3</sup> /s)		Runoff volume (1000m <sup>3</sup> )	
	Current	2025**	Current	2025**		Current	2025**	Current	2025**
11	51.7	68.3	418.3	554.4	6	20.5	25.9	63.0	80.8
12	12.2	15.6	47.3	61.8	91	9.4	12.1	20.5	27.0
13	18.8	23.9	67.6	86.8	92	2.5	3.3	5.1	6.9
Total (11+12+13)	62.9	82.1	533.2	703.0	93	4.5	5.9	9.3	12.5
21	41.5	55.5	440.4	589.5	94	3.8	4.8	8.8	11.4
22	71.1	95.0	421.7	568.5	95	8.0 (27.0)*	10.6 (36.3)*	17.7 (147.5)*	24.2 (201.7)*
23	26.5	34.8	139.7	186.4	96	10.1	13.4	19.5	26.7
Total (21+22+23)	120.6	160.9	1001.8	1344.4	97	6.4	8.3	14.8	20.0
3	22.3	29.5	77.9	105.5	98	15.3	19.7	55.4	72.4
4	47.2	62.3	274.7	365.9	99	9.1 (21.9)*	11.9 (28.7)*	23.7 (55.2)*	31.9 (74.9)*
51	43.0	54.5	175.4	225.3					
52	15.2	19.1	59.7	76.1					
Total (51+52)	56.1	71.2	235.1	301.5					

\* Numbers in parenthesis are figure of alternative 2  
\*\* 20% increase in rainfall assumed for 2025

表 8.3.6は本検討で提案した許容湛水域の容量と、内水氾濫を避けるために貯留すべき流出量の比較結果である。この表から、本検討で提案した許容湛水域は、気候変動の影響による流出量の増加に対応できるものと考えられる。



表 8.3.6 許容湛水域の容量と貯留必要量

小流域	氾濫許容域の容量 (1,000m <sup>3</sup> )	貯留必要量(1000m <sup>3</sup> )	
		現況	20%増
Total(11+12+13)	1,326(below EL 33m)	533	703
Total(21+22+23)	3,811(below EL 33m)	1,002	1,344
6	101(below EL 35m)	63	81

### 8.3.4 適応策の提案

8.3.3 のリスク評価から、適応策を実施しない場合、気候変動の影響により対象地域における 2025 年時点の洪水リスクは現在よりも増加することになる。そのため、対象地域における適応策の導入は必要であると判断し、構造物対策および非構造物対策において対象地域で採用できる適応策について検討し下記に記述する。

#### (1) 構造物対策による適応策

構造物による適応策については、対象地域に本準備調査で提案した最適案の実施を前提条件として提案した。8.1.2 で説明したように、河川の氾濫による洪水から対象地域を防御するために導入できる構造物対策については、様々な制約条件から限界があることが判っている。このため、構造物対策による適応策の選択の幅は、輪中堤防やオンサイト貯留に係わる対策へと狭められる。しかし、2025年の水位上昇に合わせて堤防高を直接あげるとは、ステークホルダーの意見（美しい景観の保全や堤防崩壊時の洪水リスクの増加）を考慮すると、ベストな対策とは言い難いということも認識しておかなくてはならない。以上を踏まえ、対象地域の状況に応じた構造物対策による適応策を下記に述べる。

##### (a) 輪中堤防の強化

構造物対策として提案した輪中堤の強化を提案する。つまり、全体的な洪水期間の増加による堤防の浸透破壊を防ぐ対策と、水位上昇による越流崩壊を防ぐ対策である。これらの対策については、表 8.3.7 に整理した。

対策の選択においては、ステークホルダーの意見や、河川区域の状況、水文状況、氾濫形態、建設コスト等の諸条件を考慮することが重要である。調査対象地域のそれらの制約条件を考慮して提案した適応策の簡単な評価について実施し、表 8.3.7 に整理した。

表 8.3.7 対象地域における受容可能な構造物対策による適応策

分類	内容	評価	備考
浸透破壊対策	緩勾配法面	P	提案した堤防の勾配は 1:3
	不透過性の護岸設置（堤外側法面）	A	
	堤防拡幅	B	
	堤脚水路設置	P	
	ブランケット工（高水敷）	B	
	シートパイルスクリーン打設（堤内地側低脚部）	B	
	河川区域の確保	A	将来の堤防拡張のため
越流崩壊対策	堤防の定期的な検査とモニタリング	A	
	堤防嵩上げ	B	
	パラペット設置（堤防天端部）	C	持続的でない
	河川区域の確保	A	将来の堤防拡張のため

A: 推奨案, B: 現地の制約条件により導入が難しい, P: 提案した堤防に導入されている, C: 適応策として導入しにくい

##### (b) 調節池の設置

8.3.3 で説明したように、対象地域における気候変動の影響による内水の流量増分は、提案した許容湛水域で十分管理することができる。しかし、2025年までこの状況を維持するためには、今後もMASMAに従い、オンサイト調節池の建設によって対象地域の土地開発に応じて減少する保水機能をカバーしていかななくてはならない。

## (2) 非構造物対策による適応策の実施

現在、対象地域では8.2で紹介した様々な非構造物対策や活動が導入・提案されている。これらの対策と活動については、そのほとんどが、気候変動適応策として構造物対策に比して低コストで柔軟に応用できるものであると考えられる。そのため、対象地域においては、既存および提案した非構造物対策の有効活用が最も効果的な適応策になる。この中でも特に、ハザードマップの作成・利用や洪水避難活動については、対象地域への気候変動の影響の変化に応じて見直し・改善されるべきものであり、対象地域の資産や人命を守るという観点からみると、最も実用的な対策であると考えられる。なお、これらの対策は、IPCCのアセスメントレポートが発表される度に見直し・改善されることが望ましい。下記に①ハザードマップの見直し、②洪水避難システムの改善の内容について説明する。

### (a) ハザードマップの更新

洪水リスク評価によると、気候変動の影響により2025年時点では対象地域の氾濫区域が24%増加する可能性がある。そのため、本準備調査で提案したハザードマップには、将来の洪水状況に関する情報（氾濫の拡大範囲等）についても盛り込み、今後の洪水避難システムの構築や土地利用計画作成において留意すべき事項とする。さらに、このハザードマップは、IPCCのアセスメントやRCMの精度の改善による気候変動の影響の変化に応じて修正・更新を実施し、より現実的な状況に近いものにするべきである。ハザードマップ見直しの主担当機関はDIDが望ましい。DIDは、NSCが作成した洪水管理に係わるガイドライン“Standard Procedures on Flood Relief Mechanism in 2001”によってハザードマップ作成の主な担当機関として役割付けられている。

### (b) 洪水避難システムの改善

洪水リスク評価によると、2025年時点の対象地域の洪水時の死者数は、気候変動の影響により現況と比べて2.4倍増加する。さらに、立ち往生する人々の人数は25%増加する。このため、洪水避難システム（洪水リスクマネージメントの一環としてDMRCによって全体的に管理されている）については、ハザードマップが更新されるたびに改善していくべきである。更新された洪水ハザードマップに基づき、避難経路、避難所の位置、避難方法、避難のタイミング等の地域住民が安全に避難するために必要な基本情報を改善する必要がある。これらの基本情報は、将来の洪水氾濫エリアや浸水深の拡大・増加を見込んで構築された避難システムを反映した情報とすべきである。

さらに、このような洪水リスクを緩和するために、ガイドライン“Standard Procedures on Flood Relief Mechanism in 2001”によって指名された担当機関は、特に避難所の位置・収容力や必要な備蓄物資、避難所の生活施設、ライフライン確保等の事前準備の状況についてガイドラインに従って確認する必要があるが、この活動については、気候変動による影響による避難人口の増加、氾濫域の拡大を考慮して実施していく必要がある。

## (3) 非構造物対策による適応策の実施

提案した輪中堤による防御地域外においては、将来の気候変動によるインパクトを考慮して、河川氾濫による洪水によって現状以上の被害を受けない状態を維持するために、土地利用規制の強化・管理や、警報システムを拡張する必要がある。ただし、居住区等が新たに建設される場合には、氾濫水位を考慮して、道路などの付帯施設とともに居住区全体の敷地を嵩上げし、ライフラインの確保とともに居住区が浸水しない状況にしておく必要がある。

## 8.4 実施計画

### 8.4.1 プロジェクトコスト

Temerloh 地区と Mentakab 地区におけるプロジェクトコストの総括を表 8.4.1 に示す。プロジェクトコストの算定方法については第7章に示してある。

表 8.4.1 事業費内訳

地区	項目	詳細項目	費用(RM million)	
			Alt-1	Alt-2
Temerloh	Construction Base Cost	合計	54.12	77.50
		直接費	44.53	64.18
		間接費	7.01	9.63
		予備費	2.58	3.69
	Compensation Cost	土地買収費	13.46	4.16
	小計		67.58	81.66
Mentakab	Construction Base Cost	合計	35.96	46.18
		直接費	29.47	38.24
		間接費	4.78	5.74
		予備費	1.71	2.20
	Compensation Cost	土地買収費	5.30	2.90
	小計		41.26	49.08
建設費合計		合計	90.08	123.67
		直接費	74.00	102.42
		間接費	11.79	15.36
		予備費	4.29	5.89
土地買収費			18.75	7.06
建設費+土地買収費			108.83	130.73
運営費			7.62	9.15
コンサルティング費			14.41	19.78
総事業費			130.86	159.66
維持管理費			0.45	0.62

## 8.4.2 実施計画

## (1) 建設計画の基本条件

建設計画はF/S調査で算出された工事数量をもとに、その工事項目ごとに検討する。各活動スケジュールには建設現場や工事に応じて最適な労務アサインと資材設備計画が含まれている。F/S調査において、各工事項目の建設スケジュールが以下の項目に示すように検討及び決定されている。

## (2) 主な建設項目の工事数量

主な工事項目は(1)土工（掘削及び築堤）、(2)コンクリート工（樋門・樋管及びゲート、ポンプ場）の2工事に分類される。工事項目及び工事数量を下表に示す。

表 8.4.2 主な建設工事と数量

地区	項目	詳細項目	単位	数量
Temerloh	築堤		m3	617,917
	道路嵩上げ-1		m3	41,544
	調節池-1	掘削	m3	33,900
		排水施設設置	nos	1
		ポンプ場	nos	1
	調節池-2	掘削	m3	283,200
		排水施設設置	nos	1
		ポンプ場	nos	1
Mentakab	築堤		m3	271,316
	道路嵩上げ-1		m3	33,920
	調節池-3	掘削	m3	157,500
		排水施設設置	nos	1
		ポンプ場	nos	1
	河川ゲート		nos	1

## (a) 気候条件

プロジェクト区域の気候の特徴は、11月から3月の雨季とその他の乾季に支配される。

**(b) 作業時間**

建設活動が行える作業日数を決定するにあたっては、以下の項目を考慮した。

- 週間作業日数、日作業時間
- 祝祭日
- 降雨
- 建設活動のタイプ

**(i) 週間作業日数, 日作業時間**

基本的に週間作業日数は6日とし、1日8時間の作業に基づき建設計画を検討した。

**(ii) 祝祭日**

下表に示す日数が祝祭日となっている。

表 8.4.3 マレーシアの休日

祝祭日	曜日
New Year's Day	January 1
Chinese new year	February 14-15
Prophet Muhammad's Burthday	February 26
Labor Day	May 1
Wesak Day	May 28
Birthday of DYMM SPB Yang Di-Pertuan Agong	June 5
National Day	August 31
Hri Raya Puasa	September 2 days
Deepavali	November 5
Hari Raya Haji	November 17
Awal Muharam	December 5
Christmas Day	December 25
Sub-total of Public Holiday	14 days

さらに、特別イベントに対応するため7日間の追加休日を考慮し祝祭日による作業休暇日数は年間21日とした。

**(iii) 降雨日数及び年間作業日数**

降雨により損失時間は降雨データや降雨日数にもとづいて検討される。降雨による工事への影響は工種により異なる。

表 8.4.4 平均降雨日数

月	年平均降雨日数 (2006-2009)	月	年平均降雨日数 (2006-2009)
Jan	15	July	11
Feb	11	Aug	14
Mar	19	Sept	15
April	16	Oct	20
May	11	Nov	22
Jun	12	Dec	19
		Total	185

本調査においては、降雨日数の半数は工事可能とし、年間92日を作業休暇日とした。

既往のJICAやJBICの建設計画に基づいて、各工種の年間工事可能日数は、以下に示す3項目による損失を考慮して設定した。

表 8.4.5 主な工種毎の年間工事可能日数

工事項目	日曜日	祝祭日	降雨時作業中止日数	年間作業日数
Embankment /Backfill	52	21	92	200
Concrete Work	52	21	92	200
Road Work	52	21	92	200

## (c) 作業生産性

## (i) 土工

建設機械の能力は、適切な機器の組み合わせと掘削土を再利用することを考慮して下表に示すとおりである。建設機械の能力に基づき、土工の建設期間を算出した。大量の土工のため、クリティカルパスはプロジェクトの土工の工事スケジュールとなる。

表 8.4.6 土工に関連する建設機械の能力

土工項目	主な機器	作業生産性	適用
Common Excavation	Bulldozer (32t)	146 m <sup>3</sup> /hr	
Loading	Backhoe (1.0m <sup>3</sup> )	104 m <sup>3</sup> /hr	
Hauling	Dump Track (10t)	30.8 m <sup>3</sup> /hr	Distance: 0.5 km.
	Dump Track (10t)	8.0 m <sup>3</sup> /hr	Distance: 8 km.
	Dump Track (10t)	6.7 m <sup>3</sup> /hr	Distance: 12 km.
Grading & Compaction	Bulldozer (21ft)	100 m <sup>3</sup> /hr	Disposal site, Road work
Compaction of Embankment	Tamping Roller	55 m <sup>3</sup> /hr	Road Work

## (ii) コンクリート工事

ポンプ場と樋門・樋管、河川ゲート等の排水構造物は土工とともに主な工事項目である。小規模コンクリート構造物の建設期間は下表の仮定に基づき算出する。

表 8.4.7 コンクリート工事に関する作業能力

工事項目	日作業容量	適用
Concrete Work	60 m <sup>3</sup> /day/party	Depending on Concrete Pump

## (3) 建設スケジュール

上述の計画と考え方にしたがって、構造物対策での主な工事の全体工期を下記の表に示す。

Temerloh & Mentakab			Year 1		Year 2				Year 3				Year 4				Year 5															
Working Item	unit	Qunatity	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
Mobilization & Preparaory Work	L.S		■																													
Temerloh																																
(1)Embankment	m3	617,017	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
(2)Upgrading Exisitng Road	m3	41,544							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
(3)Regulation Pond-1																																
①Excavation	m3	33,900							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
②Outlet Structure	nos	1																														
③Pump Station	nos	1																														
(4)Regulation Pond-2																																
①Excavation	m3	283,200							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
②Outlet Structure	nos	1																														
③Pump Station	nos	1																														
Mentakab																																
(1)Embankment	m3	271,316	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
(2)Upgrading Exisitng Road	m3	33,920																														
(3)Regulation Pond-3																																
①Excavation	m3	157,500							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
②Outlet Structure	nos	1																														
③Pump Station	nos	1																														
(4)River Gate	nos	1																														
(5)Site Clearance/Cleaning	L.S																															
Demobilization	L.S																															
Completion	L.S																															☆

図 8.4.1 Gemas 洪水緩和事業の工事実施計画

### 8.4.3 提案事業の実施体制

IFM 計画の実施においては様々な機関が関係しており、特に州政府の諸機関が実施主体となる。これら関連機関を調整するために、流域委員会が協議の場として重要な役割を果たす。

#### (1) 構造物対策

図 8.4.2 に構造物対策として IFM 計画に提案された事業の実施体制を示す。連邦 DID を実施機関とし、両州の DID が支援する体制とする。

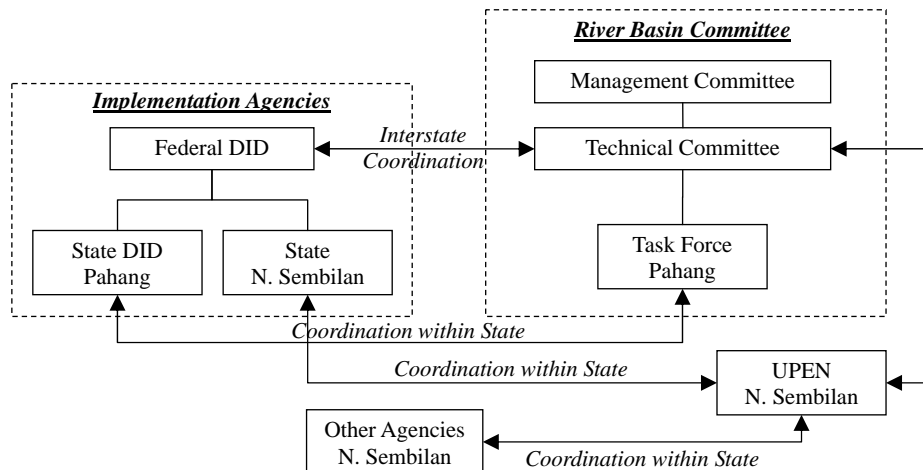


図 8.4.2 提案事業（構造物対策）の実施体制

Pahang 州では、タスクフォースが州政府機関の調整を行うが、Negeri Sembilan 州にはパハン流域委員会でのタスクフォースが設置されていないことから、同州の UPEN がタスクフォースの役割を担う。また、州間調整はテクニカルコミティと連邦 DID が実施することとする。

提案事業の実施に係る役割分担は、表 8.4.8 の通りである。

表 8.4.8 構造物対策実施に係る役割分担

	予算管理	事業管理		運営・維持管理
		計画・設計	施工管理	
MoF	X			
Federal DID	X	X	X	
State DID			X	X

- 予算管理：事業実施のための予算管理については、Ministry of Finance と連邦 DID の所管とする。Ministry of Finance は予算の承認及びモニタリングを担当する。連邦 DID は実施機関として、事業実施期間中の予算執行を管理する。
- 事業管理：
  - 計画・設計：構造物対策の計画及び設計については、連邦 DID が管理するものとする。治水事業は、連邦 DID の Flood Management Division が主な実施機関となる。
  - 施工管理：施工管理上の業務としては、品質管理や数量管理、工事検査、工程管理、原価管理、安全対策、環境対策などがある。連邦予算により実施される事業については、連邦 DID が、州政府予算のものは州 DID が管理を行う。
- 維持管理(O&M)：維持管理は州及び郡の DID が担当する。ポンプ場やゲートなどの洪水制御施設が IFM 計画で提案されているが、これらの維持管理は非構造物対策として提案されているマニュアルに基づき適切に実施されるべきである。維持管理業務には、予防保全や改良保全、状態監視保守、動作確認などが含まれる。

## (2) 非構造物対策

非構造物対策の実施体制を下表に示す。

表 8.4.9 非構造物対策の実施体制

戦略	対策	実施機関
洪水管理に関するキャパシティ・ディペロップメント		District DMRC
土地利用規制	農地及び森林の土地利用規制	TCPD (Federal), Land Office (State)
	高床住居の奨励	Local Authority
	土地利用規制への洪水ハザードマップの活用	DID (Federal & State) TCPD (Federal)
洪水予警報システムの更新	洪水予警報システムの更新	DID (State)
	コミュニティにおける洪水避難体制の強化	District DMRC
	水防活動	District DMRC
	リアルタイム洪水情報システム (Inforbanjir) の更新	DID (Federal)
	情報伝達手段の更新	DID (Federal)
洪水ハザードマップおよびマニュアル・ガイドラインの整備	構造物の監視ガイドライン	DID (Federal)
	洪水ハザードマップの作成および利活用	DID (Federal & State)
	洪水制御施設の維持管理マニュアル	DID (Federal)
	水防活動、気候変動などに関するガイドライン	DID (Federal)

- 洪水管理に関するキャパシティ・ディペロップメント：
  - 下記に提案する非構造物対策の多くは、マレーシアでは実施されておらず、新たな試みとなる。特に、洪水ハザードマップの作成及び普及やコミュニティ防災は近年実施され始めてはいるが、本格的な導入には至っていない。したがって、こうした活動を促進するためには、DistrictレベルのDMRCの能力強化が不可欠であり、関連機関を巻き込んだ実施が必要である。
- 土地利用規制：
  - 土地利用規制に関しては、TCPDが策定している全国レベルのNational Physical Planや州レベルのStructural Plan、DistrictレベルのLocal Planなどの土地利用計画に基づき実施されている。Districtレベルでは特にLand Officeが土地利用を管理・規制する権限を有する。非構造物対策として提案されている通り、土地利用規制を実施する際には、洪水管理対策としての側面も考慮されるべきである。
  - 洪水災害に伴う住居の浸水を防ぐため、高床式の住居建設が推進されるべきであり、Local Authorityが実施主体となり促進すべきである。
  - 作成された洪水ハザードマップは、TCPD支援の下、連邦DIDにより活用・普及されるべきである。
- 洪水予警報システムの更新：
  - 既存の洪水予警報システムは、州DID管轄下であることから、州DIDにより更新及び維持管理されるべきである。
  - 洪水避難体制の確立は、様々な機関が共同で実施されるため、DistrictのDMRCが中心となり、計画策定を促進すべきである。
  - 堤防やポンプ場、ゲートなどの洪水制御施設が対象地域に新たに建設されるため、水防活動を計画・実施すべきである。
  - 連邦DIDは、リアルタイム洪水情報システム (Inforbanjir) を更新すべきである。

- 洪水対応（フラッドリスポンス）時の円滑な情報共有を図るため、情報伝達手段の更新を連邦DIDが実施すべきである。
- 洪水ハザードマップ・ガイドライン・マニュアルの整備：
  - 洪水災害の発生前、発生時、発生後において、堤防の機能を維持するために破損状況を確認すべきである。したがって、連邦DIDにより堤防の状態監視マニュアルが整備されるべきである。
  - 連邦DIDは洪水ハザードマップを作成し、その普及及び利活用は、州DID及び関連機関により実施されるべきである。
  - 洪水被害を最小化するために、洪水制御施設は決められた手順により適切に運営管理される必要がある。したがって、連邦DIDは、施設運転に係る標準手順書を含むマニュアルを整備すべきである。
  - 水防活動を適切に実施するために、その計画から実施のためのガイドラインを整備し、DMRC経由で関係機関に普及すべきである。ガイドラインの作成及び普及は連邦DIDが担うこととする。

#### 8.4.4 経済評価及び財政的検討

##### (1) 経済評価

##### (a) 人口及び住宅／商店数の予測

対象地区における2025年の人口は、Pahang州のPerak Sub-districtとMentakab Sub-districtの予想人口増加率の加重平均を用いて予測を行った。住宅数はSub-districtの平均家族人数を用いて算出している。商店数は資産調査で示された住宅数に対する商店数の割合から算出している。予測の結果を下表に示す。

表 8.4.10 人口及び住宅／商店数の予測

	2009	2025
人 口	67,000	104,000
住 宅	15,000	24,000
商 店	1,000	1,500

増加した住宅は、土地利用計画の住宅地に指定されている地区に2009年時点の最大人口密度を超えないように配置した。また、遊水池として計画されている地区には住宅を配置していない。

##### (b) 経済的費用

経済的費用は市場価格に標準変換係数を適用して算出している。結果を下表に示す。

表 8.4.11 経済的費用（代替案 1）

項目	経済的費用
工事費	
(a) 堤防	10,579
(b) 洪水防御壁	23,449
(c) 道路	7,727
(d) 遊水池	26,756
(e) 可動堰	8,057
建設費計	76,569
用地費	15,938
建設管理費	6,475
コンサルティング費	12,251
初期投資計	111,233
維持管理費（1年あたり）	383

（単位：RM '000）



表 8.4.12 経済的費用（代替案 2）

(単位：RM '000)

項目	経済的費用
工事費	
(a) Mentakab 堤防	6,590
(b) Temerloh 堤防	33,756
(c) Mentakab 掘削工	14,113
(d) Temerloh 掘削工	11,960
(e) ポンプ場	8,322
(f) 可動堰	30,381
建設費計	105,122
用地費	6,001
建設管理費	7,779
コンサルティング費	16,819
初期投資計	135,721
維持管理費（1年あたり）	526

## (c) 年平均被害軽減期待額

毎年発生する便益は年平均被害軽減期待額として算出されている。年平均被害軽減期待額は、2009年及び2025年について実際に計算され、その間の年は内挿法により求めている。2025年以降は2025年と同じ額が使われている。

表 8.4.13 年平均被害軽減期待額（代替案 1 及び 2）

(単位：RM)

確率年	被害額		被害軽減額	区間均被害軽減額	区間確率	年平均被害軽減額
	事業あり	事業なし				
1	0	0	0			
2	2,048,353	743,083	1,305,270	652,635	0.500	326,318
5	45,065,593	11,729,178	33,336,415	17,320,843	0.300	5,196,253
10	77,046,336	23,356,449	53,689,887	43,513,151	0.100	4,351,315
20	180,093,603	43,507,785	136,585,818	95,137,853	0.050	4,756,893
30	288,772,904	55,324,009	233,448,896	185,017,357	0.017	3,083,623
50	494,299,891	79,043,711	415,256,180	324,352,538	0.013	4,324,701
100	777,971,955	109,582,517	668,389,438	541,822,809	0.010	5,418,228
年平均被害軽減期待額			27,457,329			

## (d) 費用・便益の総括

計算された費用と便益は下表に総括されている。これは、EIRR、B/C、NPV計算の基礎となる。

表 8.4.14 費用・便益の総括表（代替案 1）

（単位：RM '000）

年	費用								便益	純便益
	工事	用地	管理	コンサル	O&M	更新	残存	費用計		
2012				3,828				3,828	0	-3,828
2013	25,523	15,938	2,902	2,808				47,170	0	-47,170
2014	25,523		1,787	2,808				30,117	0	-30,117
2015	25,523		1,787	2,808				30,117	0	-30,117
2016					383			383	16,458	16,075
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
2064					383			383	23,339	22,956
2065					383		-8,075	-7,692	23,339	31,031
合計	76,569	15,938	6,475	12,251	19,142	32,300	-8,075	154,600	1,130,755	976,155

表 8.4.15 費用・便益の総括表（代替案 2）

（単位：RM '000）

年	費用								便益	純便益
	工事	用地	管理	コンサル	O&M	更新	残存	費用計		
2012				5,256				5,256	0	-5,256
2013	35,041	6,001	2,873	3,854				47,769	0	-47,769
2014	35,041		2,453	3,854				41,348	0	-41,348
2015	35,041		2,453	3,854				41,348	0	-41,348
2016					526			526	16,458	15,932
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
2064					526			526	23,339	22,813
2065					526		-7,328	-6,803	23,339	30,141
合計	105,122	6,001	7,779	16,819	26,280	29,313	-7,328	183,986	1,130,755	946,769

(e) EIRR、B/C、NPV と感度分析

EIRR、B/C、NPVの計算結果を下表に示す。さらに、それらについて費用または便益が変動した場合の感度分析を行っている。

表 8.4.16 EIRR、B/C、NPV と感度分析（代替案 1）

	基本ケース	費用 5% 上昇	費用 10% 上昇	便益 5% 下落	便益 10% 下落
EIRR (%)	14.68	14.10	13.57	14.08	13.45
B/C	1.56	1.48	1.42	1.48	1.40
NPV (RM '000)	50,328	45,825	41,321	43,308	36,289

注：B/C と NPV の計算において社会的割引率 10% を適用している。

表 8.4.17 EIRR、B/C、NPV と感度分析（代替案 2）

	基本ケース	費用 5% 上昇	費用 10% 上昇	便益 5% 下落	便益 10% 下落
EIRR (%)	12.55	12.03	11.55	12.00	11.45
B/C	1.29	1.23	1.17	1.23	1.16
NPV (RM '000)	31,628	26,190	20,751	24,608	17,588

注：B/C と NPV の計算において社会的割引率 10% を適用している。

(f) 評価

【代替案1及び2の双方について】EIRR、B/C、NPVの計算結果、事業は経済成長にとって効率的であることを示している。さらに、この計算においては事業による金銭的に計量の困難

な効果を含めていないことに注意する必要がある。さらに金銭的に計量の困難な事業によるプラスの効果については以下を上げることが出来る。

- 経済活動の停止や被害への懸念が低下することにより将来の地域の経済開発に貢献する。
- 事業にかかる建設のため地域における雇用の増大に貢献する。
- 水因性伝染病の大きな原因の一つである浸水が緩和されることにより衛生状況が改善される。
- 景観が改善され、地域のアメニティ向上に貢献する。
- 地域の人々の洪水や他の災害に対する意識が向上する。

## (2) 財政的検討

ここでは、代替案1の事業のための資金調達が連邦や地方政府の財政状況にどのような影響があるのかを検討する。事業資金（建設費及びコンサルティング費、租税を除く）をODAスキームによる円借款で賄うことを想定する。事業の費用項目は下記の通りである。

表 8.4.18 事業の費用項目（代替案 1）

	金額 (RM '000)	初期費用	円借款の対象
工事費	90,081	√	√(租税を除く)
コンサルティング費	14,413	√	√(租税を除く)
用地費	18,750	√	
建設管理費	7,618,	√	
維持管理費 (1年あたり)	450		

円借款について下記の条件を想定している。

表 8.4.19 想定した借款の条件

	Interest Rate (%)	Loan Period (year)	Grace Period (year)
工事費	1.70	25	7
コンサルティング費	0.01	25	7

注：円借款については、その供与や条件について JICA は公式に何ら決定や発表をしたものではない。また、必ずしも建設費やコンサルティング費の全額について融資がなされるとは限らない。

租税は10%を想定している。借款の元本返済や利払いについては下表の通りである。

表 8.4.20 借款の元本返済及び利払い（代替案 1）

(Unit: RM '000)

年	供与額		元本返済		利払い		支払額計
	工事	コンサル	工事	コンサル	工事	コンサル	
2012		649					0.00
2013	27,024	2,973				0.06	0.06
2014	27,024	2,973			459	0.36	459.78
2015	27,024	2,973			919	0.66	919.49
2016					1,378	0.96	1,379.20
2017					1,378	0.96	1,379.20
2018					1,378	0.96	1,379.20
2019				36	1,378	0.96	1,415.23
2020			1,501	201	1,378	0.95	3,081.72
2021			3,003	366	1,353	0.93	4,722.68
2022			4,504	531	1,302	0.90	6,338.09
2023			4,504	531	1,225	0.84	6,261.47
2024			4,504	531	1,149	0.79	6,184.85
2025			4,504	531	1,072	0.74	6,108.23
2026			4,504	531	995	0.68	6,031.60

年	供与額		元本返済		利払い		支払額計
	工事	コンサル	工事	コンサル	工事	コンサル	
2027			4,504	531	919	0.63	5,954.98
2028			4,504	531	842	0.58	5,878.36
2029			4,504	531	766	0.52	5,801.74
2030			4,504	531	689	0.47	5,725.12
2031			4,504	531	613	0.42	5,648.49
2032			4,504	531	536	0.36	5,571.87
2033			4,504	531	459	0.31	5,495.25
2034			4,504	531	383	0.26	5,418.63
2035			4,504	531	306	0.21	5,342.01
2036			4,504	531	230	0.15	5,265.38
2037			4,504	495	153	0.10	5,152.73
2038			3,003	330	77	0.05	3,409.61
2039			1,501	165	26	0.02	1,692.04
合計	81,073	9,567	81,073	9,567	21,363	14.83	112,016.99

支払額が最大になるのは2022年の6.338百万RMである。他方、連邦政府の経済及び社会分野の開発予算の合計は下表の通りである。Pahang州の人口は、マレーシア国全体の5.5%にあたり、連邦政府の経済及び社会分野の開発予算の過去5年間の平均の5.5%は777百万RMである。したがって、6.338百万RMは777百万RMの0.82%に相当する額に限られ、財務状況への影響は少ない。

表 8.4.21 経済及び社会分野における連邦開発予算

(Unit: 百万 RM)

開発予算	2004	2005	2006	2007	2008	平均
経済分野	2,881	2,482	3,999	3,842	4,184	3,478
社会分野	10,260	7,450	9,525	12,893	13,717	10,769
合計	13,141	9,932	13,524	16,735	17,901	14,247

出典： National Bank of Malaysia (NBM)

Temerloh District DIDの維持管理予算は下表の通りである。事業の1年あたりの維持管理費は211千RMで、Segamat及びTampin District DIDの維持管理予算合計額の11%に相当する。事業が実施される場合、連邦及び州政府はDistrict DIDに対して支援する必要がある。

表 8.4.22 Temerloh District DID の維持管理予算

(Unit: RM '000)

District	2006	2007	2008	2009	Average
Temerloh	137	191	191	219	184

出典： Department of Irrigation and Drainage

## 8.5 環境社会配慮

### 8.5.1 概要

環境法(Environmental Quality Act 1974)は1974年にマレーシアの環境関連の法律として制定された。この法律の下に33の環境関連の法令および規則が制定されている。これらのうち the Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987にEIA実施が義務づけられている活動(事業)が"Prescribed Activities"として定義されている。

上記環境法によれば、本準備調査で提案されたプロジェクトはEIAの実施が必要な"Prescribed Activities"には該当しない。従って、EIAの実施および報告書の作成・提出をする必要はない。しかしながら、提案プロジェクトの工事实施にあたっては、EMP (Environmental Management Plan ; 環境管理計画) の立案と実施がDOEの承認により義務づけられるものと考えられる。

一方、DIDは11冊からなるマニュアルを作成している。そのうちの第11巻においてDIDは、工事契約者はマレーシア国の環境法および労働安全衛生法を遵守した環境管理、労働安全衛生管理を工事期間中に実施することを要求している。

このような状況から、JICA調査団は提案プロジェクトの実施により想定される社会環境または自然環境への影響を予測・評価し、マレーシア側の工事にあたっての環境管理計画作成に反映できるような基礎的な資料を得る目的で、環境初期調査（以下IEE；Initial Environmental Examination）を実施した。

本準備調査では、洪水緩和策についての検討をM/PおよびF/Sを通じて実施し、最終的に洪水緩和のための対策として3つの代替案を提案した。

IEEを実施した3つの代替案の概要は表8.5.1 IEEを実施した3つの代替案の概要は

表 8.5.1 構造物対策によるテメロー洪水緩和事業の代替案

代替案	プロジェクトによる構造物
代替案-1	堤防、調節池、遊水池、ポンプ場、ゲート
代替案-2	ショートカット、堤防、遊水池、ポンプ場、ゲート
代替案-3	構造物なし

## 8.5.2 初期環境調査 (IEE)

### (1) IEE の目的

IEEの目的を以下に示す。

- 提案プロジェクトの実施により影響を受けることが想定される環境因子を確認する。
- 環境因子の影響を確認する。
- 影響に対する可能な緩和策について検討する。そして、適切なモニタリング計画を検討する。
- JICAガイドラインによるカテゴリ分類を実施する。

### (2) IEE レベル調査の調査項目

以下にIEEにおける調査項目を示している。

#### (a) プロジェクトエリアにおける現況の環境確認

提案プロジェクト地点周辺の現況の環境状況は、環境影響調査のベースラインとなる。これについては、プロジェクト地域で実施された他の調査結果やその他の必要な資料の検討、および関係者や関係機関への質問により確認した。

#### (b) 現地調査による主要な環境項目についての確認

環境項目は、二次マトリックスにより確認される。これらの環境項目は、社会環境、自然環境および公害の3つからなる。これらの環境項目は以下に列挙するように、それぞれいくつかの要素に区分される。現地調査は、これらの要素を確認するために実施された。

社会環境項目は、(a)非自発的住民移転および用地買収、(b)雇用や生計手段等の経済社会の変化、(c)土地利用や地域資源利用の変化、(d)社会組織、(e)社会サービスやインフラストラクチャー、(f)貧困層、先住民族、少数民族、(g)被害と便宜の偏在、(h)歴史遺産、考古学的サイト、(i)地域内の利害対決、(j)水利用、(k)漁業などの要素を含む。

自然環境項目は、(a)地形および地質、(b)地下水(c)土壌浸食、(d)水文状況(e)海岸(f)動植物・生物多様性、(g)景観、(h)地球温暖化などの要素を含む。

公害関連項目は、(a)大気汚染、(b)水質汚染、(c)土壌汚染、(d)廃棄物、(e)騒音・振動、(f)地盤沈下、(j)悪臭などの要素を含む。

マトリックスは、建設段階および供用段階の両方を含んでいる。環境に対する負の影響は、(1)規模/広がり、(2)発生の可能性、(3)影響の継続期間について評価を行った。これらはその程度により次のAからCに分類される。(A) 長期間にわたり大規模な影響が続く、(B) 中程度の影響が発生する、(C) 不確実な影響が想定される、または、影響がないか、あっても無視できる程度のものである。本調査では、AおよびBに関して、以下の評価基準が適応される。

A: 影響の規模/広がりが大きく、また、それが長期間にわたり継続する、ないしは、影響が回復しない。

B: A以外のすべての影響。影響の規模/広がりが大きい場合でも、影響が突発的で近い将来に回復することから上記Bに分類される。

### (3) IEE 結果

#### (a) 現況の環境

プロジェクトエリアの主要な環境項目現況は (MentakabおよびTemerloh周辺)は表 8.5.2、表 8.5.3に示している。

表 8.5.2 プロジェクトエリアの主要な環境項目とその現況(Temerloh)

項目	記述	
プロジェクト名	Temerloh 洪水緩和プロジェクト	
社会環境	地域住民	Temerloh 地区の人口は、ムキムで 38,216 人、市街地で 6,224 人である。(Population and housing census of Malaysia 2000 による) 人種は、マレー系、中国系およびインドが主体をなすが、マレー系の人口が多い。
	土地利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>市街地の土地利用は、主に住宅地や商業ないしは公共サービスエリアなどからなる。</li> <li>ショートカットおよび堤防計画地点は、ほとんどが農地、パーム、ゴムの木の農園、農地および草地からなる。人家はほとんど無い。</li> </ul>
	経済/交通	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temerloh Town は Temerloh 地域の中心地である。</li> <li>国道 2 号線が Temerloh 市街地を通過する。計画堤防地域の周辺は、多くの商業ビルや政府機関やその他の事務所がある。</li> <li>Semantan Riv.にはたくさんの養殖用のケージがある。IEE による調査では、合計 155 のケージがあることが確認された。</li> </ul>
自然環境	地形・地質的特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temerloh 周辺は、丘陵および小規模な谷底平野が広がった谷地形からなる。</li> <li>谷地形は一般に湿地となっている。</li> <li>洪水時には、パハン川や Semantan Riv.から市街地へ洪水が侵入する。</li> <li>市街地の標高は約 40m である。</li> <li>Mentakab 周辺の地質は、中生代三畳紀からジュラ紀にかけて形成された堆積岩を主体として構成される。</li> <li>一般に、丘陵の頂部は風化により軟質な粘土質の土からなる。</li> </ul>
	河川周辺	計画堤防建設地点周辺は、一般に平坦面からなる。
	動植物・生態系	プロジェクト地域ないしはその周辺の保護区、保存区ないしは国立公園はない。IEEの結果から、プロジェクト地区には動植物の貴重種ないしは固有種は生息していない。
公害	大気汚染、水質汚染および騒音の現況での発生源	<ul style="list-style-type: none"> <li>大気汚染の発生源はない。</li> <li>水質汚染に関して、市街地から排水が直接 Semantan Riv.に流れ込んでいるのが確認された(都市排水施設)。さらに、たくさんのゴミがこの排水施設から Semantan Riv.に流れ込んでいた。</li> <li>主要国道 2 号線が Temerloh の市街地を通過する。そして、それが通過車両による騒音を発生させている。しかし、顕著な騒音の発生源はない。</li> </ul>
	上記状況に対する対応	上記に対する対応は現況では全くなされていない。
その他、特別な項目	Temerloh 地域では、1971 年、2006 年そして 2007 年など、頻繁に洪水による被害を被っている。安定した経済活動と発展のためには早急な洪水対策が必要であると考えられる。	

表 8.5.3 プロジェクトエリアの主要な環境項目とその現況(Mentakab)

項目	記述	
プロジェクト名	Temerloh 洪水緩和プロジェクト	
社会環境	地域住民	Mentakab 地域の人口は、Mukim で 42,267 人、市街地で 14,442 人 (Population and housing census of Malaysia 2000 による) 人種は、マレー系、中国系およびインド系が主体をなすが、Mentakab 地区では中国系の人口が多い。
	土地利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 提案されている堤防付近の土地利用は、土地利用図上は空き地および一部が商業ないしは公共サービスエリアになっている。しかしながら、IEE の現地調査では、多くの人家および農地が分布していた。</li> <li>- 一方、ショートカット建設予定地点は、パームやゴムの木などの農園、農地および草地からなっている。人家はほとんど無い。</li> <li>- 国道 2 号線の南側では、住宅地が開発されている。</li> </ul>
	経済/交通	Mentakab 市街は、Temerloh 市街に近接し、人口は Temerloh 市街よりも多い。国道 2 号線が、市街地を二分している。国道 2 周辺は、商業やサービス関連の中心となっている。
自然環境	地形・地質的特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>- プロジェクト地域は、パハン川の支流である Semantan Riv. の右岸側に位置する。Semantan Riv. がプロジェクト地域周辺で大きく蛇行していることから、プロジェクトエリアの地形は半島状の地形を呈している。丘陵状をなすプロジェクト地域の地形は比較的起伏に富んでいる。低地は Semantan Riv. の旧河道や支川によって浸食された地形であるものと考えられる。</li> <li>- 丘陵地形の頂上と川との間には 3 段程度の平坦面が分布する。</li> <li>- 最下位の平坦面は、農地や林として利用されており、住宅地や商業地は 2 段目以上の平坦面上にある。</li> <li>- Semantan Riv. 左岸側は、頂部の標高が右岸側より高い丘陵からなる。</li> <li>- Mentakab 周辺の地質は、中生代三畳紀からジュラ紀にかけて形成された堆積岩を主体として構成される。</li> <li>- 一般に、丘陵の頂部は風化により軟質な粘土質の土からなる。</li> </ul>
	河川周辺	川沿いの斜面は、Semantan Riv. により削られた比較的急峻からなる。である。プロジェクト地域の東側には、人家が現在の河川に近接して建てられているところがある。
	動植物・生態系	プロジェクト地域ないしはその周辺の保護区、保存区ないしは国立公園はない。IEE の結果から、プロジェクト地区には動植物の貴重種ないしは固有種は生息していない。
公害	大気汚染、水質汚染および騒音の現況での発生源	大気汚染の発生源はない。現況の水質汚染の主要な原因は土壌浸食に起因する土砂流出であると考えられる。土壌浸食の主な原因は、河川沿いの斜面の崩壊であると考えられる。IEE の現地調査の結果では、既存の河川沿いに数カ所の斜面崩壊箇所が確認された。この状況は、水質汚染のみでなく、将来の土地利用にも影響することが懸念される。
	上記状況に対する対応	プロジェクト地域の Semantan Riv. の対岸では、DID による護岸工事が実施されていた。さらに、プロジェクト地域の東側では、護岸工事が実施された形跡があるが、その後の護岸(河岸)の浸食により護岸としての機能はしていなかった。
その他、特別な項目	Mentakab 地域では、1971 年、2006 年そして 2007 年など、頻繁に洪水による被害を被っている。安定した経済活動と発展のためには早急な洪水対策が必要であると考えられる。	

(b) スコーピング結果

IEE結果に基づくスコーピングの結果は表 8.5.4 に示している。スコーピングの結果によれば、代替案-1および2は、各環境項目の評価はほぼ同等である。しかしながら、代替案-2が代替案-1に比べてわずかに社会環境および自然環境面での影響が大きいものと考えられる。

表 8.5.4 スコーピング結果

影響	評価		簡単な記載	
	代-1	代-2		
<b>社会環境への影響</b>				
1	EIAの手順および承認状況	-	-	マレーシアの環境法によれば本プロジェクトはEIA実施の必要はない。しかしながら、建設工事中に適切な環境管理計画による管理が必要である。
2	情報公開	-	-	情報公開を目的として、関係者によるステークホルダーコンサルテーションを2010年8月23日に実施した。
3	非自発的住民移転	B	B	代替案-1で合計17軒、代替案-2で合計9軒の移転が必要である。
4	雇用や生計手段等の地域経済	D	B	養殖業への影響からこれらは代替案-2の方が影響が大きいと判断される。
5	土地利用や地域資源利用	B	B	堤防と交差するような既存道路の付け替えが必要である。
6	社会親系資本や地域の意志決定機関等の社会組織	D	D	特に影響はない
7	既存の社会インフラや社会サービス	B	B	メンテカブ付近では、代替案-1による道路かさ上げ時に交通への影響が発生することが考えられる。その他、堤防等の構造物と交差する道路の付け替えが必要となる。
8	貧困層・先住民・少数民族	D	D	特に影響はない
9	被害と便宜の偏在	D	D	特に影響はない
10	文化遺産	D	D	特に影響はない
11	地域内の利害対立	D	D	特に影響はない
12	水利用・水への権利・共通の権利	D	B	代替案-2による養殖業への影響が考えられる。
13	公衆衛生	D	D	
14	HIV/AIDS等の感染症	B	B	建設作業員の流入によるリスクが考えられる。
15	ジェンダー	D	D	特に影響はない
16	子供の権利	D	D	特に影響はない
<b>自然環境への影響</b>				
17	地形・地理的特性	B	B	堤防やショートカット建設による地形変化が発生する。代替案-2が代替案-1より影響が大きい。
18	土壌浸食	B	B	堤防建設やショートカットの建設は土壌浸食の引き金となる。
19	地下水	D	D	特に影響はない
20	水文学的状況	B	B	洪水の減少によるプラスの影響が考えられる。
21	沿岸(マングローブ、さんご礁、干潟)	D	D	特に影響はない
22	動植物・生態系	B	B	ほとんどの地域が農地やパームツリーおよびゴムの木などの林からなるなど、ほとんどが人為的な二次植生からなる。それ故自然の植生はほとんど認められない。また、貴重種や固有種はプロジェクト地域内に生息していない。工事に伴って木根等を含む表層土壌のはぎ取りが必要となるが、二次植生がほとんどであり、全体として動植物・生態系への影響は小さいと判断される。
23	気象学	D	D	特に影響はない
24	景観	B	B	景観への影響は、ショートカット建設を伴う代替案-2が代替案-1より大きいものと考えられる。また、高さ6~7mの堤防は景観に影響を与えることが懸念される。
25	地球温暖化	D	D	特に影響はない
<b>公害</b>				
26	大気汚染	B	B	建設工事中の重機の使用等により一時的にホコリや排気ガスが増大する。建設工事終了後には、大気汚染が発生する要素はない。ショートカット等を建設する代替案-2は代替案-1より影響が大きいと考えられる。
27	水質汚濁	B	B	建設工事中の土工による土壌浸食による土砂の河川への流出が考えられる。適切な土壌汚染防止策や土砂管理が必要である。影響は代替案-1の方が代替案-1よりも大きいと考えられる。
28	土壌汚染	B	B	建設工事中、重機等からの油脂の流出による土壌汚染が考えられる。
29	廃棄物	B	B	建設工事中にゴミや汚物が発生する。これによる問題が考えられる。ゴミや掘削土砂(表土はぎ土砂を含む)の適切な処理が必要である。代替案-2では、ショートカット建設に伴って発生する土砂を堤防盛土材として転用することが可能である。
30	騒音・振動	B	B	建設工事中に重機の使用や工事車両の通行に伴う騒音・振動の発生が考えられる。特にポンプ場建設にあたっては基礎のくい打ち作業が必要であるため、特に大きな誘騒音および振動が発生することが考えられる。適切な騒音および振動の軽減策が必要である。
31	地盤沈下	D	D	特に影響はない
32	悪臭	D	D	特に影響はない
33	低質	D	D	特に影響はない
34	事故	B	B	工事中、工事車両の通行や車両・重機の使用に伴う事故のリスクがある。工事中には事故に対する適切な安全教育を工事作業員等に実施する必要がある。

Rating:  
A: 重大な影響が考えられる。  
B: 何らかの影響が考えられる。  
C: 影響がはつきりしない(検討が必要である。調査の進行に伴って影響がはつきりする)  
D: 影響はほとんど考えられない。



同じ項目でBと評価されるもので代替案-1と2で比較した結果、より影響が大きいと考えられるものの代替案について太字で示している。

(c) スコーピング・マトリックス

各環境項目についての詳細な評価を表 8.5.5に示している。また、同表中には代替案-1と2の両者の評価のうち評価の高い（影響が大きい）ものを記述している。

表 8.5.5 スコーピング・マトリックス

プロジェクト名		デメロー洪水緩和プロジェクト												
No.	想定されるインパクト	総合評価	計画段階		建設段階					運営段階				
			用地取得	土地利用変化、建設のための規制による各種活動の制御	建設資材の運搬	森林伐採	切土、盛土、掘削、トンネル等による地形改変	建設機器および車両の操作	対象構造物及びその他関連施設の建設	建設現場における交通規制	河川流況の変化	対象構造物及び関連建設構造物の出現・占拠	移住者の大量流入	
社会環境	1	非自発的住民移転/土地収用	B	B						B				
	2	雇用や生計手段等の地域経済	B	B	B				B	B				
	3	土地利用や地域資源利用	B	B	B					B			B	
	4	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D											
	5	既存社会インフラや社会サービス	B							B	B		B	
	6	貧困層・先住民族・少数民族	D											
	7	被害と便益の偏在	D											
	8	文化遺産	D											
	9	地域内の利害対立	D											
	10	水利用・水への権利・共通の権利	B				B			B				
	11	公衆衛生	D											
	12	HIV/AIDS等の感染症	B							B				B
	13	ジェンダー	D											
	14	子供の権利	D											
自然環境	15	地形・地質的特長	B				B			B				
	16	土壌浸食	B							B	B		B	
	17	地下水	D											
	18	水文	B							B+			B+	
	19	Costal Zone 沿岸 (マングローブ、さんご礁、干潟)	D											
	20	動植物・生態系	B				B			B	B		B	
	21	気象学	D											
	22	景観	B							B			B	
	23	地球温暖化	D											
公害・汚染	24	大気汚染	B			B	B	B	B					
	25	水質汚濁	B				B	B	B					
	26	土壌汚染	B				B	B	B					
	27	廃棄物	B				B	B	B					
	28	騒音・振動	B			B	B	B	B					
	29	地盤沈下	D											
	30	悪臭	D											
	31	底質	D											
	32	事故	B			B		B	B					

- 評定 A: 重大なインパクトが見込まれる。  
 B: 多少のインパクトが見込まれる。  
 C: インパクトの程度は不明（検討する必要がある、調査が進行するにつれて影響がはっきりする）  
 D: ほとんどインパクトは考えられない。

**(d) JICA ガイドラインによるカテゴリ分類**

IEEの結果に基づいて、提案されるゲマス洪水緩和プロジェクトは、社会環境および自然環境への負の影響が重大でないことからカテゴリBに分類される。カテゴリBに分類されるプロジェクトの場合、JICAはプロジェクトが日本のODAローンで実施される場合、相手国側がプロジェクトの実施期間中、計画された環境管理計画（EMP）に基づいて適切に環境社会配慮が行われているかについてモニタリングを実施する。

**(4) 考えられる環境および社会への影響**

IEEの結果に基づいて、プロジェクト実施による社会環境および自然環境への影響は重大ではないと判断される。しかしながら本項では、少なからず影響があると考えられる項目について記述する。

**(a) 社会環境への影響**

IEE結果に基づいて、プロジェクト実施により発生すると考えられる社会環境への影響を表8.5.6にまとめている。

**表 8.5.6 社会環境への影響**

項目	記述		
	代替案-1	代替案-2	代替案-3
非自主的住民移転	16軒の人家と1軒のレストラン しかしながら、大規模な住民移転は発生しない。	8軒の人家と1軒のレストラン しかしながら、大規模な住民移転は発生しない	影響はない。
雇用や生計等などの地経済	特に影響はない。	ショートカットの建設時や建設後に河川の流況の変化による養殖業への影響が考えられる。	影響はない。
土地利用と地域資源の活用	堤防等の建設により一部の農地は土地利用が変化する。 全体で 62ha の用地取得が必要である(取得用地のゾーニングは主に「宅地」となっているが、現在は主に森林や農地である)。	堤防やショートカットの建設により一部の農地は土地利用が変化する。 全体で 71ha の用地取得が必要である(取得用地のゾーニングは主に「宅地」となっているが、現在は主に森林や農地である)。	影響はない。
既存の社会インフラおよび社会サービス	道路のかさ上げに伴って交通への影響が考えられる。堤防などの構造物と交差する既存道路の付け替えが必要である。	堤防などの構造物と交差する既存道路の付け替えが必要である。	影響はない。

**(b) 自然環境への影響**

IEE結果に基づいて、プロジェクト実施により発生すると考えられる自然環境への影響を表8.5.7にまとめている。

表 8.5.7 自然環境への影響

項目	記述		
	代替案-1	代替案-2	代替案-3
地形・地質的特性	堤防および調節池の建設に伴う地形改変が考えられる。	堤防およびショートカット調整池の建設に伴う地形改変が考えられる。	影響はない。
土壌浸食	堤防および調節池の建設中および建設後の土壌浸食が考えられる。代替案-2の調節池の面積は、ショートカット部の面積よりも広い。	堤防およびショートカットの建設中および建設後の土壌浸食が考えられる。	影響はない。
水文状況	洪水の減少によるプラスの影響が考えられる。		影響はない。
動植物、生態系	土工に先立って実施されるサイトクリーニングにより植生が排除されることによる動植物および生物多様性への影響が考えられる。しかしながら、プロジェクトエリアの既存の植生はほとんど人為的な二次植生からなる。また、プロジェクトエリアに貴重種および固有種などは生息しない。動植物および生物多様性への影響は小さいものと考えられる。		影響はない。
景観	6～7m、最大8mの高さの堤防の建設は景観に影響を与える可能性がある。代替案-2ではショートカットは人家から離れて建設される。一方、代替案-1では、堤防および調節池が住宅地に近接して建設される		影響はない。

## (c) 公害

IEE結果に基づいて、プロジェクト実施により発生すると考えられる公害を表 8.5.8にまとめている。

表 8.5.8 プロジェクト実施により発生の可能性のある公害

項目	記述		
	代替案-1	代替案-2	代替案-3
大気汚染	建設中の重機の使用や掘削作業に伴って埃や排気ガスが一時的に増えることが考えられる。		影響はない。
水質汚染	堤防、ショートカットおよび調節池の建設に伴う土壌浸食による水質汚濁が建設中および建設後に発生することが考えられる。また、建設工事の油脂類の河川への流出が水質汚染の引き金となることが考えられる。プロジェクト実施による水質汚染の主な原因は土壌浸食であると考えられる。		影響はない。
土壌汚染	建設工事の油脂類の漏出による水質汚染が考えられる。		影響はない。
廃棄物	建設工事のゴミや汚物の廃棄に関する問題が考えられる。調節池の建設に伴って発生する土砂は堤防の盛土材として活用できる。	建設工事のゴミや汚物の廃棄に関する問題が考えられる。ショートカットの建設に伴って発生する土砂は堤防の盛土材として活用できる。	影響はない。
騒音・振動	建設工事の重機の使用により騒音や振動が発生する可能性がある。特にポンプ場建設時には杭打ち作業を伴うため、それによる大きな騒音の発生が懸念される。		影響はない。
事故	工事の工事関係者の通過車両による交通事故の発生が懸念される。また、作業員の建設中の事故が起こる可能性がある。		影響はない。

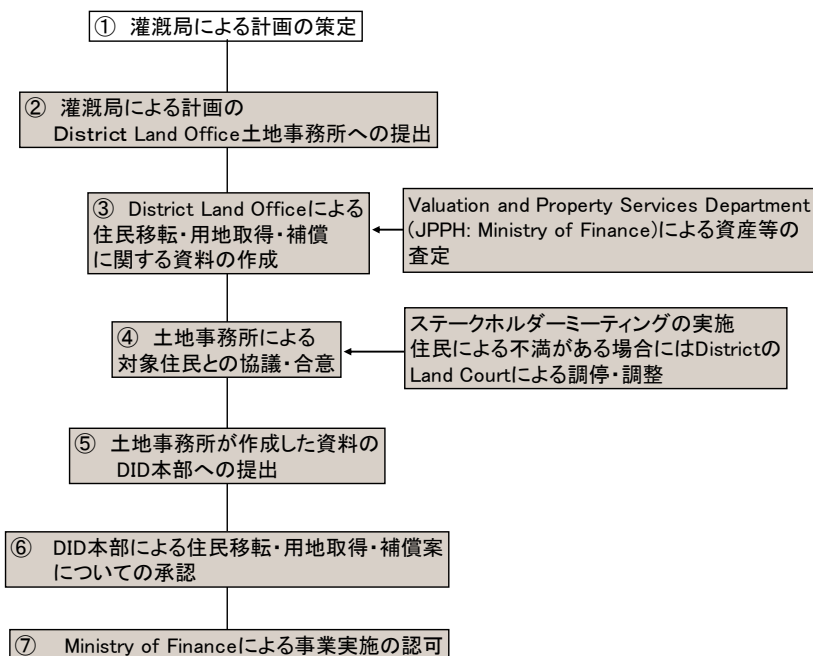
## (d) マレーシア国の住民移転に係る方針とJBICガイドラインとの関連について

マレーシア国の用地取得に関する法令は「The Land Acquisition Act 1960, Law of Malaysia Act 486」に基づいている。また、具体的な移転・用地取得に関してはValuation and Property Services Department (JPPH)が同法令に則って実施している。

これまでのDIDにおける開発事業での一般的な住民移転・用地取得の流れは下図に示すとおりである。具体的な手順は地方土地事務所 (District Land Office) が実施する。DIDの計画を受けて地方土地事務所が住民移転計画および移転家屋数、取得面積などの補償のもととなる資料を作成する。作成された資料に基づいてValuation and Property Services Department (JPPH)

が、市場価値（Market Value）による標準単価に基づいて補償（資産）の査定を行う。基本的に住民移転・補償に関して住民の合意が得られない限り、Ministry of Financeによる事業実施の認可は下りないこととなっている。

また、住民移転の場合には移転後の住民に対するモニタリングは地方土地事務所により実施されるとのこととなっている。



これらの具体的な手順により、住民が移転・補償に合意した場合には、JBICガイドラインに示される住民移転の方針（生活手段の喪失や影響を受ける者に対する損失補償・支援）との乖離（ギャップ）はほとんどないものと考えられる。

一方、マレーシア国ではDIDの開発事業の場合、事業の計画初期段階（マスタープラン・フェイジビリティスタディー）において、対象となる住民への説明は行わないのが一般的であるとのことである。そのため、既往の開発事業では住民移転・補償に係る手続きに長期間を要する（DIDへの聞き込みでは通常2年程度かかる）ことが多いとのことである。このことから、本事業の実施にあたっては、住民移転・補償を円滑に行うためにDIDに対するコンサルテーションが望まれる。

### (5) 代替案-3 (対策なしの場合)

本プロジェクトの代替案として構造物による対策を行わない案が考えられる。その場合、社会環境や自然環境への影響は上記表に示すように発生しない。しかしながら、洪水による人命への影響は減少することはない。また、洪水発生による浸水被害、家屋への土砂の侵入、農地からの農作物の流失による社会環境への影響は今後も洪水時に継続して発生することとなる。

### 8.5.3 EIA の必要性についての DID との協議結果

マレーシア国の環境法よれば、本プロジェクトは EIA の実施が義務づけられる“Prescribed Activities”には該当しない。したがって、EIA (Environmental Impact Assessment : 環境影響評価) 報告書を作成・提出する必要はない。このことは、本プロジェクトは EIA 調査を実施する必要がないことを示している。

JICA 調査団は、上記について確認するために 2010 年 8 月 4 日に協議を行った。協議の席上、DID 本部洪水緩和部門ダイレクターおよび同河川流域管理および海岸部門のダイレクターは、JICA 調査団の判断通り、本プロジェクトの実施にあたり EIA の必要性がないことを明言した。また、DID

ではこれまで彼らが実施してきた工事を伴う開発事業において EIA の対象となった事業はないと  
のことであった。

#### 8.5.4 緩和策およびモニタリング計画

##### (1) 緩和策

本プロジェクトで提案したそれぞれの代替案実施による社会環境に対する負の影響は表 8.5.6に  
記述している。

各代替案の実施によって生じることが考えられる社会環境への負の影響については、それを最  
小限にとどめるための検討はフィージビリティ調査を通じて実施された。すなわち、堤防およ  
び放水路の建設に伴う社会環境への影響を最小限にとどめるための検討がフィージビリティ調  
査で実施された。その結果として、現在の代替案-1および2のデザインが出来上がった。

それゆえに、提案プロジェクトの各々の代替案の実施によって、上記のような配慮を行っても  
残される社会環境および自然環境への影響および公害による負の影響を最小限にとどめるため  
の緩和策の検討が必要である。

##### (a) 社会環境への影響に対する緩和策

社会環境への負の影響に対する緩和策を表 8.5.9に示している。

表 8.5.9 社会環境への影響に対する緩和策

項目	影響	緩和策
非自主的住民移 転	代替案-1：16軒の人家と1軒のレストラン 代替案-2：8軒の人家と1軒のレストラン 上記の住民移転が必要となる。 しかしながら、大規模な住民移転は発生しな い。	Land Acquisition Act 1960 (Act 486) & Rules and Orders に基づいて被害に対する適切な 補償を行う。そして、資産評価 (Valuation and Property Services Department (JPPH)) の手順 に沿った補償を実施する必要がある。 補償対象は土地および財産である。法制度 では、JPPHにより、基本的に移転に伴うす べての損失について調査が行われる。具体 的な補償対象は地方土地局 (District Land Office) が、DIDの開発計画に基づいて調査 し、JPPHの市場単価に基づいた標準単価に より算定する。それについてJPPHが妥当か どうかについての評価を行う。
雇用や生計手段 等の地域経済	代替案-2の場合、ショートカットの建設時や建 設後に河川の流況の変化による養殖業への影 響が考えられる。また、パームやゴムの木農園 への影響も考えられる。 ただし、これらへの重大な影響はないものと考 えられる。	影響を受けるパームやゴムの木農園、また、 特に養殖業に影響が発生した場合には、上 記JPPHの手順に沿って適切な補償を実施す る。
土地利用や地域 資源利用	堤防やショートカットの建設により一部の農 地は土地利用が変化する。	構造物の設計により被害を最小限に止め る。上記と同様にJPPHの手順に沿った適切 な補償を実施する。
既存社会インフ ラやサービス	代替案-1の場合、道路のかさ上げに伴って交通 への影響が考えられる。堤防などの構造物と交 差する既存道路の付け替えが必要である。	付け替え道路の建設をする。 付け替え道路等の建設にあたっては、Road Traffic Ordinance 1987を参照する。

(b) 自然環境への影響に対する緩和策

自然環境への負の影響に対する緩和策を表 8.5.10に示している。

表 8.5.10 自然環境への影響に対する緩和策

項目	影響	緩和策
地形・地質的特性	堤防、調節池および調整池の建設に伴う地形変化が考えられる。	フィージビリティ調査段階での検討により被害が最小限となるように設計しているため、最低限の影響と評価され、これに対する緩和策はない。
土壌浸食	堤防、ショートカットおよび調整池の建設中および建設後の土壌浸食が考えられる。	土壌浸食やそれに伴う土砂流出は適切な斜面保護、シルトトラップおよび沈殿池により防止する必要がある。 土壌浸食や土砂流出は、Guidelines for the Prevention and Control Soil Erosion and Siltation in Malaysia in 1996 に則って実施される必要がある。 緩和策の実施により、土壌浸食による工事中の河川の汚濁が低減する。それにより下流域の土砂流出・堆砂が軽減する。
動植物・生態系	土工に先立って実施されるサイトクリーニングにより植生が排除されることによる動植物および生物多様性への影響が考えられる。しかしながら、プロジェクトエリアの既存の植生はほとんど人為的な二次植生からなる。また、プロジェクトエリアに貴重種および固有種などは生息しない。動植物および生物多様性への影響は小さいものと考えられる。	堤防建設後には、堤防の表面などを植生で覆う等の対応が必要である。動植物への影響を緩和するために下記の法令を参照する必要がある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protection of Wild Life Act 1972 (Act76)</li> <li>- National Forestry Act 1984 (Act 313)</li> <li>- Fisheries Act 1985 (Act 317) and Regulations</li> </ul> 緩和策の実施により、建設後の堤防表面からの降雨等に起因する土砂流出が軽減する。また、併せて景観上のインパクトを軽減する効果も期待される。
景観	6～7m、最大8mの高さの堤防の建設は景観に影響を与える可能性がある。代替案-2では、ショートカットは仁賀から離れた地点に建設される。一方、代替案-1では、堤防および調節池が住宅地に近接して建設される。	堤防と人家の距離を可能な限りとる配慮が必要である。また、堤防と人家の間、または堤防の斜面や調節池の周辺に木などの植生を植えるような設計面での配慮も必要である。 緩和策の実施により、構造物の存在による圧迫感などを軽減することが期待される。 景観に関する特別な法令や法規はない。

(c) 公害に対する緩和策

公害による負の影響に対する緩和策を表 8.5.11に示している。

表 8.5.11 公害に対する緩和策

項目	影響	緩和策
大気汚染	建設中の重機の使用や掘削作業に伴って埃や排気ガスが一時的に増えることが考えられる。	<p>工事関連車両等からの異常な排気ガスの排出を避けるために、車両について日常的な点検、定期的な整備を実施し、コンディションを良好に保つ必要がある。</p> <p>大気汚染による影響を緩和するために、以下の法令や法規を参照する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Environmental Quality (Clean Air) Regulations 1978</li> <li>- Environmental Quality (Control of Emission from Diesel Engines) Regulations 1995</li> <li>- Environmental Quality (Control Emission from Petrol Engines) Regulations 1995</li> <li>- EHS Guideline (Environment, Health and Safety Guideline, IFC 2007)</li> </ul>
水質汚染	堤防、調整池およびショートカットの建設に伴う土壌浸食による水質汚濁が建設中および建設後に発生することが考えられる。また、建設工事中の油脂類の河川への流出が水質汚染の引き金となることが考えられる。	<p>水質汚染の主原因と考えられる土壌浸食や土砂流出は適切な斜面保護（堤防表面等）、シルトトラップおよび沈殿地の設置・実施により緩和する必要がある。その場合の措置は、Prevention and Control Soil Erosion and Siltation in Malaysia (1996) や National Water Quality Standards for Malaysia に準拠して実施する必要がある。</p> <p>工事車両や重機からの油脂類の流出を防止するために適切な対策が必要である。そして、常に車両のコンディションを良好に保持しておく必要がある。</p> <p>水質汚濁に関する特別の法令や法規はない。ただし、以下の法令、基準を参照する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Environmental Quality (Water Pollution Control) Regulations 1998</li> <li>- EHS Guideline (2007)</li> </ul>
土壌汚染	建設工事中の油脂類の漏出による水質汚染が考えられる。	<p>工事車両や重機からの油脂類の流出を防止するために、日常点検および定期的な整備を行い車両コンディションを良好に保つ必要がある。</p> <p>土壌汚染に関する特別な法令や法規は今のところ無い。</p>
廃棄物	<p>建設工事中のゴミや汚物の廃棄に関する問題が考えられる A</p> <p>代替案-1および2では、調節池やショートカット建設に伴って発生する土砂を堤防建設に転用できる。</p>	<p>関連する法令や法規に沿った処理が必要である。適切な手順により廃棄物を処理するために、Environmental Quality (Schedule Wastes) Regulations 2005 を参照する必要がある。</p>
騒音・振動	建設工事中の重機の使用により騒音や振動が発生する可能性がある。特にポンプ場建設時には杭打ち作業を伴うため、それによる大きな騒音の発生が懸念される。	<p>環境スタンダードに準拠する必要がある。</p> <p>夜間の工事は避けるべきである。</p> <p>学校などの人が集まる公共施設の近隣で工事を実施する場合には、工事による影響を確認するために騒音や振動のモニタリングを実施する必要がある。それにより何らかの影響が確認された場合は適切な対応策をとる必要がある。</p> <p>騒音や振動による影響を緩和するために以下の法令や法規を参照する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The planning guidelines for Environmental Noise Limits and Control</li> <li>- The planning guidelines for Vibration and Control in the Environment.</li> <li>- Guidelines for Noise labeling and Emission Limits of Outdoor Sources</li> <li>- Factory and Machinery (Noise Exposure) Regulations 1970(DOSH)</li> <li>- Environmental Quality (Motor Vehicles Noise) Regulations 1987</li> <li>- EHS Guideline (2007)</li> </ul>
事故	工事中の工事関係者の通過車両による交通事故の発生が懸念される。また、作業員の建設中の事故が起こる可能性がある。	<p>工事関係者や工事車両使用者に対して安全教育を行う必要がある。</p> <p>安全看板やその他を適切な場所に設置し、注意を促す。</p> <p>工事中の事故発生を防止するために、Occupational Safety and Health (労働安全衛生) Act 1994 (Act 514) Regulations and Orders を参照する必要がある。</p>

## (2) モニタリング計画

### (a) 概要

マレーシア国の環境法およびそれに準拠して設定されたDIDマニュアルでは、工事期間中に安全衛生および環境管理計画に基づいたモニタリングが実施されることとなっている。

当該プロジェクトに適用される環境管理計画作成の指針はDOEのガイドライン(A Handbook of Environmental Impact Assessment Guideline) およびDIDによるマニュアル(DID Manual, Volume 11 Construction Management)である。

DIDのマニュアルは、DOEの環境法、ガイドラインおよび人的資源省労働安全衛生局(Department of Occupational Safety and Health ,Ministry of Human Resources)の安全衛生法(Occupational Safety and Health Act 1994(Act 514), Regulation and Orders)に則った環境管理および労働安全衛生管理計画の立案・実施について詳細に示されている。

マレーシア国の連邦公共事業の場合、工事の監督は工事を管轄する州のDIDが行うこととなる。

マレーシア国の環境行政をDOEが統括していることから、環境面ではDIDマニュアルに基づいて工事請負者が作成した管理計画に対してDOEが承認し、工事請負者は工事中に環境管理計画に基づいたモニタリングを実施し、DIDがそれを監督することとなる。

DOEおよびDIDの環境管理計画では工事請負者が定期的にモニタリング結果をDIDおよびDOEに提出することとなっている。DOEはモニタリング結果に基づいて工事による環境面での影響を確認し、必要に応じて事業実施者であるDIDおよび工事請負者に環境に対する改善策の実施を要請することとなる。また、環境面での悪影響が過大であると判断された場合にはDOEは工事の中止命令を発動する権限を持っている。

### (b) 環境管理計画 (EMP)

#### (i) 概要

環境に影響があると考えられる項目に対してのモニタリング計画を環境管理計画において立案し、その計画に基づいたモニタリングを工事期間中に実施することとなる。DIDマニュアルに基づいた環境管理計画の場合でも、DOEによる承認を受けない限り工事は開始できない。

一方、環境管理計画はDOEの承認日から2年間の有効期限があり、仮にDOEの承認から2年以内に建設工事が開始されない場合には、新たな環境管理計画を作成し、DOEの承認を得る必要がある。

環境管理計画の内容は以下のものから成り立つ。

- 環境モニタリング計画: 環境への影響が考えられる項目に対するモニタリングの実施箇所、方法、頻度など。モニタリング計画の立案に先駆けて採水による水質、大気質および騒音に関するベースラインデータを得るためにモニタリングを行う必要がある。
- 浸食および土砂管理計画(Erosion and Sediment Control Plan; ESCP) : 浸食防止・軽減、土砂流出防止・軽減についての具体的な計画浸食および土砂管理計画(Erosion and Sediment Control Plan; ESCP) : 浸食防止・軽減、土砂流出防止・軽減についての具体的な計画
- 管理実施計画(Best Management Practice; BMP) : 環境管理計画を適切に実施するための管理計画(実施体制、予算など)



- 労働安全衛生管理計画：工事中の安全衛生に関する計画であるため、DOEの認可用計画書では助言程度にとどまる。

### (ii) 環境管理計画に沿って実施されたモニタリングの結果の提出

環境管理計画に則って実施されたモニタリングの結果は、工事契約者が以下の頻度でDIDおよびDEOに提出する必要がある。

- 水質およびシルトトラップ流出量モニタリング結果：毎月
- 大気および騒音モニタリング結果：1回/3ヶ月
- その他項目の環境モニタリング結果：1回/3ヶ月

さらに、EMPの立案と実施を含んだEIAの実施は、EIAコンサルタント登録スキーム(環境アセスメント実施手順および必要条件；DOE、マレーシア)によりDOEに登録された適切な人員が実施する必要がある。

### (c) 提案プロジェクトのモニタリング計画

#### (i) モニタリング計画

当プロジェクトのモニタリング計画当提案プロジェクトの実施にあたっては以下の点に留意したモニタリング計画の立案・実施が必要である。

- 環境法および法令に基づいた DID マニュアルに則った環境管理計画の立案と実施
- 提案されるモニタリング項目

この章では、DIDマニュアルによりモニタリングの実施と結果の提出が必要とされる自然環境への影響および汚染についてのモニタリング計画について記述する。また、社会環境への影響についてのモニタリング計画も併せて示している。

本モニタリング計画は、IEEの結果とDIDマニュアルに基づいて作成している。そのため、プロジェクトの実施にあたってはその時点での社会環境等に併せて再検討をする必要がある。

表 8.5.12 から 表 8.5.14 には、本提案プロジェクトのモニタリング計画を示している。

表 8.5.12 社会環境への影響に対するモニタリング計画

項目	影響	モニタリング計画
非自発的住民移転	代替案-1では16軒の人家と1軒のレストラン、代替案-2では8軒の人家と1軒のレストランの移転が必要となる。大規模住民移転は発生しない。	これらに対するモニタリング実施上の特別なスタンダード等はない。しかしながら、通常、地方土地事務所が影響や影響を受けた人に対するモニタリングを行う。
雇用や生計手段等の地域経済	代替案-2の場合、建設中や建設後の流況変化による養殖業への何らかの影響が考えられる。	同上

表 8.5.13 自然環境への影響に対するモニタリング計画

項目	影響	モニタリング計画
土壌汚染	堤防、河道改修および調整池の建設中および建設後の土壌浸食が考えられる。	これらは定期的な水質モニタリングについて定期的にチェックする必要がある。その場合には以下の標準を参照して影響を評価する必要がある。 濁度 (TSS) : 100 mg/L 溶存酸素(DO) : 5.0- 7.0 mg/L

表 8.5.14 公害に対するモニタリング計画

項目	影響	モニタリング計画
大気汚染	建設中の重機の使用や掘削作業に伴って埃や排気ガスが一時的に増えることが考えられる。	<p>工事車両や重機の定期的な点検や整備が適切に実施されているかについてのモニタリングを実施する必要がある。</p> <p>大気汚染に関しては、以下のスタンダードを参照する必要がある。</p> <p>マレーシアでは、24 時間あたりの環境的大気質の限界を以下のように提案している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 260<math>\mu\text{m}^3</math> of TSP</li> <li>• 全浮遊粒子(TSP): 260<math>\mu\text{m}^3</math></li> <li>• 窒素酸化物 as NO<sub>2</sub>: 320<math>\mu\text{m}^3</math></li> <li>• 硫黄酸化物 as SO<sub>2</sub>: 105<math>\mu\text{m}^3</math></li> </ul> <p>EHS ガイドラインは具体的な数値として WHO ガイドライン以下の基準値が示されされている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 粒子状物質 PM<sub>2.5</sub>: 10<math>\mu\text{m}^3</math> annual mean 25<math>\mu\text{m}^3</math> 24-hour mean</li> <li>• 粒子状物質 PM<sub>10</sub>: 20<math>\mu\text{m}^3</math> annual mean 50<math>\mu\text{m}^3</math> 24-hour mean</li> <li>• 窒素酸化物 as No<sup>2</sup>: 40<math>\mu\text{m}^3</math> annual mean 200<math>\mu\text{m}^3</math> 1-hour mean</li> <li>• 硫黄酸化物 as SO<sup>2</sup>: 20<math>\mu\text{m}^3</math> 24-hour mean 500<math>\mu\text{m}^3</math> 10minute mean</li> </ul>
水質汚染	堤防、調整池およびショートカットの建設に伴う土壌浸食による水質汚濁が建設中および建設後に発生することが考えられる。また、建設工事の油脂類の河川への流出が水質汚染の引き金となることが考えられる。	<p>以下のスタンダードを参照して水質についてのモニタリングを実施する必要がある。</p> <p>pH (On-site) 6.5-9.0          溶存酸素(DO) 現位置) : 5.0-7.0 mg/L          化学的酸素要求量(COD) : 25 mg/L          生物化学的酸素要求量 BOD<sub>5</sub> : 3 mg/L          濁度 (TSS) : 50 mg/L          油とグリス : 検出されないこと          アンモニア性窒素(NH3-N) : 0.3 mg/L          大腸菌(E-coli count : 400/ 100mL MPNI          EHS ガイドラインの基準値は以下の通りである。(Note: Indicative value for Treated Sanitary Sewage Discharges)          pH: 6.0-9.0          化学的酸素要求量(COD) : : 125 mg/L          生物化学的酸素要求量 BOD : 30mg/L          濁度 (TSS) : 50 mg/L          油とグリス : 10 mg/L          全窒素 : 10 mg/L          全リン : 2 mg/L          アンモニア性窒素(NH3-N) : 0.3 mg/L          大腸菌(E-coli count : 400/ 100mL MPN</p>
騒音・振動	建設工事の重機の使用により騒音や振動が発生する可能性がある。特にポンプ場建設時には杭打ち作業を伴うため、それによる大きな騒音の発生が懸念される。本代替案では、これらの建設工事が住宅地に近接して実施される。騒音に関する影響は代替案-2 よりも大きい。	<p>以下のスタンダードを参照して、騒音および振動についてのモニタリングを実施する必要がある。</p> <p>環境アセスメントとして許容される状態          65 dB(A) : 日中          55 dB(A) : 夜間          EHS ガイドラインの基準値は、住宅地、教育施設などでは以下のように定めている。          55 dB(A) : 日中(07:00- 22:00)          45 dB(A) : 夜間(22:00- 07:00)</p>

## (ii) モニタリング位置図

本プロジェクトの各代替案の具体的なモニタリング実施位置(案)を図 8.5.1、図 8.5.2に示している。

モニタリング計画は、河川の水質と土壌浸食をモニタリングするためのモニタリング位置(MPW)と騒音・振動をモニタリングするためのモニタリング位置(MPN)の2種類に分け、各々の代替案について具体的なモニタリング実施位置(案)を示している。表 8.5.15には各々のモニタリング実施項目をまとめている。

表 8.5.15 モニタリング項目

モニタリング種類	実施項目
MPW(水質汚染・土壌浸食に関するモニタリング)	濁度、溶存酸素、pH、化学的酸素要求量、生物化学的酸素要求量、アンモニア性窒素、大腸菌
MPN(騒音・振動、大気汚染に関するモニタリング)	騒音・振動、大気

基本的な考え方としては、河川のモニタリングに関しては、以下の点で実施することを想定している。

- ① 工事施工区間の上下流地点
- ② 支流の工事区間の中流地点

一方、騒音・振動に関しては、学校などの人が集まる公共施設(この付近では学校および自動車運転免許試験所)に近接して工事が実施される場合に、その学校などの公共施設でモニタリングを実施することを想定した。

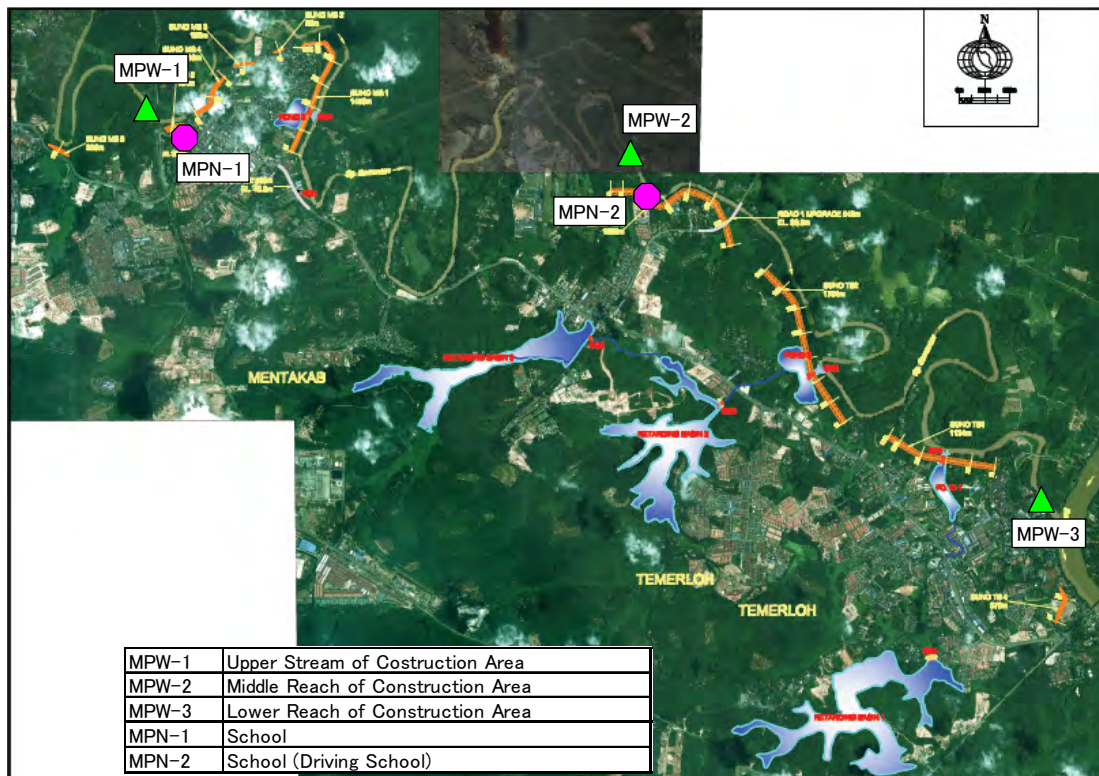


図 8.5.1 代替案-1 モニタリング実施位置(案)

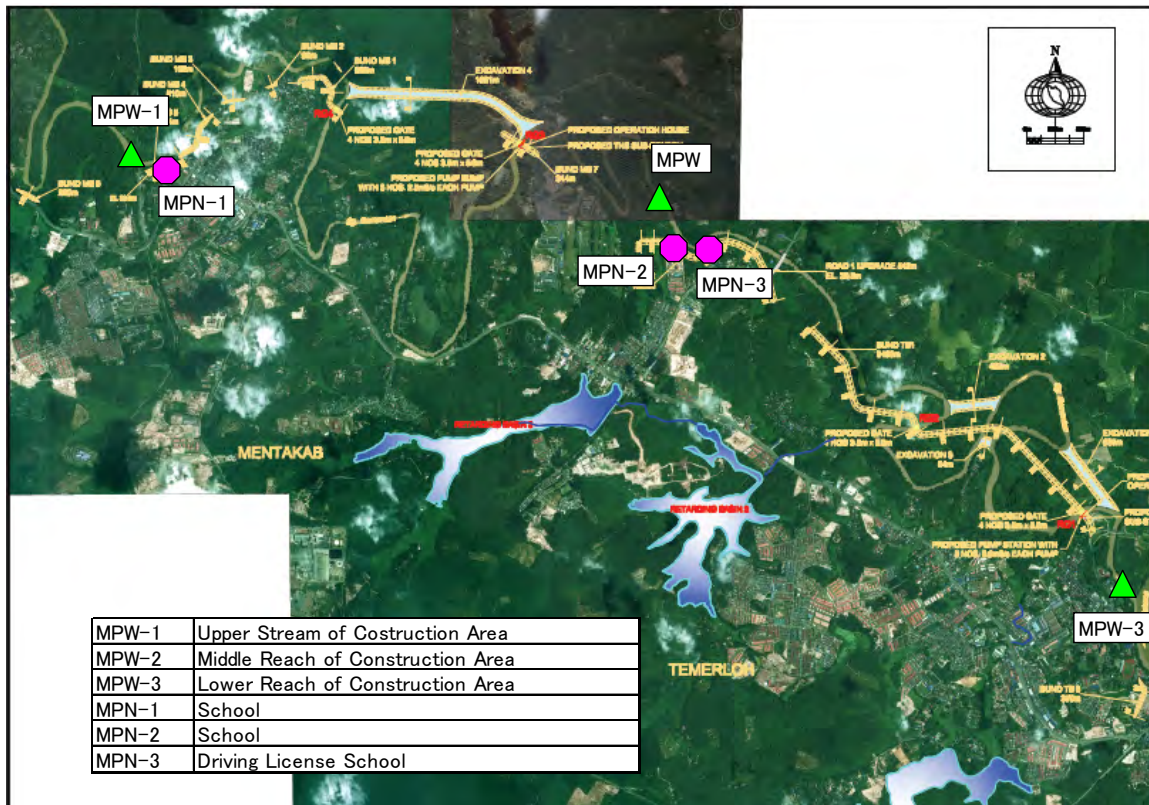


図 8.5.2 代替案-2 モニタリング実施位置(案)

モニタリングは、DIDマニュアルによる報告書提出頻度を参考として、表 8.5.16のように想定する。

表 8.5.16 環境モニタリング実施頻度(案)

モニタリング種類	実施頻度
MPW(水質汚染・土壌浸食に関するモニタリング)	一回/1ヶ月
MPN(騒音・振動、大気に関するモニタリング)	一回/3ヶ月

なお、モニタリング計画は、工事受注者が工事に先だって作成する環境管理計画作成時にDIDと協議し、マレーシア国の環境行政担当であるDOEの承認を受ける必要がある。

## 8.6 プロジェクトの実施に向けて

### 8.6.1 運用効果指標

このプロジェクトは公共事業であり、完工後も運用効果をモニターしていく必要がある。人命と公共および私有財産が洪水緩和事業の防御対象であることから、表 8.6.1 に示すように、これらへの被害の軽減が事業効果とみなすことができるだろう。

表 8.6.1 運用効果指標案

指標	単位	指標の値	
		現状：対策なし	将来：2025年(目標)
防御対象地区における 50年確率以下の洪水による年平均洪水被害額	RM/年	10.2 百万	0
防御対象地区における 50年確率規模の洪水による死者数	人	61	0

年平均被害額は8.4.4節の経済分析結果から、またベースの死者数は8.3.3節のシミュレーション結果に基づき設定される。IFM計画の目標年である2025年においては、50年確率以下の洪水について被害ゼロ、死者ゼロを達成したいと考える。

### 8.6.2 コンサルティングサービス

プロジェクトの実施にはコンサルティングサービスが必要である。そのコンサルティングサービスは以下の3つの業務からなる：

- 詳細設計
- 建設業者選定支援
- 建設監理

日本のODAローン資金によりプロジェクトが実施される場合に必要となるコンサルティングサービスを以下に列記する：

#### (1) 詳細設計

- JICAの準備調査により行われた予備設計をレビューする。
- 補足的な地形測量及び土質調査を実施する。
- 詳細設計及び施工監理段階に品質確保に向けたプロジェクトマネジメント及び施工監理計画を作成する。
- 詳細設計に必要な全てのエンジニアリング業務を実施する。
- 各パッケージの事前資格審査書類を作成する。
- 評価基準書を含めて各パッケージの図面、仕様書、入札書類を作成する。
- 構造、水理、容量、その他のエンジニアリング計算及び分析を含む土木・建築、機械・電気の詳細設計を行う。
- プロジェクトの施工計画と実施計画を策定する。
- プロジェクトの実施に向けた、契約の特記条件、特記仕様書、スケジュール及び工事費算出根拠（BOQ）を作成する。
- プロジェクトに関連して、DIDが各地方政府、公共施設機関及びその他の承認機関から承認を得る際にDIDを支援する。
- プロジェクト概要を含むエンジニアリング設計報告書を作成する。

#### (2) 建設業者選定支援

- コントラクター招聘のための最終入札書類を含めて、必要に応じて、最終設計と入札書類をレビューする
- 入札手続き及び関連条件に関し、要求事項を遵守するためにJICAと連携する。
- 各パッケージについてショートリストされたコントラクターへの招聘状を作成し、入札期間中の追加質疑に対して回答する。
- コントラクターから提出された応札書類の評価し入札評価報告書を作成する。
- コントラクターとの契約交渉及び契約成立を支援する。
- 必要があれば、通行権や土地収用に係る支援を行う。
- プロジェクト概要を含む設計報告書の用意施設及び機器の予備設計案についてレビューし、コメントし、場合により変更を提案する。

### (3) 建設監理

- 契約条項に準拠して、コントラクターの常駐エンジニアの指名に関して、発注者に助言する。
- 特記された詳細及び要求基準に沿って、建設や設置が確実になされるようにする。
- コントラクターが契約をもとに、用意した資機材の検査や試験の必要性について発注者に助言する。また、適用可能なところでは承認されたように発注者に替わってこれらの検査や試験の手配をする。
- アクションログを作成する。
- コントラクターの定例進捗会議を手配し指導する。
- 工期と予算内で工事を終えるという観点より、進捗状況及び全体金額を定期的にモニターし、月例報告書を発注者に提出する。
- 発注者、近隣の土地所有者、サービス機関、市民機関といった第三者への工事の影響を最少化するために、必要に応じて、計画、調整、連携を図る。
- 適当な出来高計算シートとともに、コントラクターへの支払承諾書を発行する。
- コントラクターが確実に工事を実施するように、コントラクターの情報に必要な強化工事スケジュール、さらなるデザイン、図面を作成する。
- 技術品質保証をISO9001にしたがって用意する。この経費は一般管理費に含まれる。
- 最適化するために現在の建設工事の改善、変更に関して助言する。
- 工事の受入れに関連して、工事引き渡しに助言する。
- 運転・管理要領を用意する（もし要求された場合）
- 工事完了時に（補強詳細とともに）竣工図を含む維持管理に必要な記録書類を3セットを発注者に提出する。また、製造者マニュアル、推奨される維持管理スケジュール、適正な維持管理に必要なスペア・リストといった関係書類提出のためにコントラクターを通じて手配させる。
- 訴訟及び仲裁を除いて、発注者とコントラクターの間で生じるかもしれない紛争及び不和の解決を助ける。
- 安全衛生をコントラクターに確実に実行させる。
- 業者から提出された施工図を評価し、コントラクターに適宜修正の指示を出す。
- 維持管理マニュアルを作成する。