

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2巻 ムアール川流域編

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(10)
11-026

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2巻 ムアール川流域編

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2卷

ムアール川流域編



The Muar River



River mouth of the Muar River, adjacent to Muar Town.



Midstream of the Muar River, adjacent to the confluence with the Chodan River, Segamat, Johor.

Water Utilization



There are some minor fishing activities along the Muar River. This picture was taken at Panchor while the fisherman unloading the freshwater prawns from his boat.



There are a number of water intake points along the Muar River. This picture shows the pumping station at Kpg. Jambu Lapan, Negeri Sembilan.

Environmental Issues



Wastewater from wet markets is one of the main sources of pollution load to the rivers. This picture was taken at the Labis wet market whereby wastewater together with some solid wastes from poultry slaughtering activities was discharged into a drain that flows into the Labis River right next to the market.

Flood Management Facilities



A flood warning siren was installed at Kpg. Raja Pagoh, adjacent to Pagoh Town, after the 2006/2007 flood.

2006 Flood



Panchor Town of Muar District suffered serious flood in December 2006. As shown in this picture, half of the ground floor of these shophouses was flooded.



Inundated areas of Segamat Town during the December 2006 flood. Local people were evacuating from the area.

Gemas River



Gemas River and flood warning siren adjacent to Kampung Tiong



Interview with local resident about flood damage
Date : 4th April 2010
Venue : Gemas Bharu, Segamat



Main Street of Gemas Town adjacent to Gemas railroad station



Interview with local resident about flood damage
Date : 3rd May 2010
Venue : Gemas Bharu, Segamat

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2巻 ムアール川流域

目次

ムアール川流域図	
写真集	
目次.....	i
表一覧.....	vi
図一覧.....	xi
略語.....	xv
単位系.....	xvii
第1章 自然状況.....	1-1
1.1 地形.....	1-1
1.2 地質.....	1-2
1.3 気象・水文.....	1-3
1.3.1 気象概況.....	1-3
1.3.2 降雨量.....	1-5
1.3.3 潮位.....	1-6
1.4 流域の概要.....	1-7
1.4.1 ムアール川水系.....	1-7
1.4.2 河川の特徴.....	1-8
1.4.3 河川の流下能力.....	1-10
1.4.4 河川構造施設.....	1-11
1.4.5 河岸侵食.....	1-12
1.4.6 土砂堆積と流送土砂量.....	1-13
1.4.7 河川景観.....	1-13
1.5 洪水特性.....	1-14
1.5.1 ムアール川流域の洪水の特徴.....	1-14
1.5.2 既往洪水.....	1-15
1.5.3 洪水氾濫区域.....	1-18
1.6 生態系.....	1-19
1.6.1 環境脆弱地域.....	1-20
1.7 水資源ポテンシャル.....	1-21
1.7.1 表流水.....	1-21
1.7.2 地下水.....	1-22
1.7.3 湧水.....	1-22
第2章 社会経済状況.....	2-1
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	2-2
2.3	経済概要	2-4
2.3.1	域内総生産(GRDP)	2-4
2.3.2	関連各州の労働力と産業構造	2-5
2.3.3	農作物	2-6
2.4	農業、家畜及び漁業	2-7
2.4.1	農業	2-7
2.4.2	家畜	2-8
2.4.3	漁業	2-9
2.5	水利用と水資源	2-11
2.5.1	水資源開発概要	2-11
2.5.2	生活・工業用水	2-11
2.5.3	灌漑	2-17
2.5.4	水運	2-19
2.5.5	水力発電	2-20
2.6	水質管理	2-20
2.6.1	河川水質保全	2-21
2.6.2	河川水質モニタリング	2-22
2.6.3	汚濁発生源の管理	2-24
2.7	土地利用	2-31
2.7.1	地域開発	2-31
2.7.2	ムアール川流域内の土地利用	2-33
2.7.3	河川区域(River Reserve)	2-35
2.8	全国空間データ基盤 (National Spatial Data Infrastructure)	2-36
2.8.1	全国空間データ基盤 (National Spatial Data Infrastructure)	2-36
2.8.2	DIDの流域情報システム (River Basin Information System, RBIS)	2-37
第3章	気候変動影響解析	3-1
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	3-3
3.2.3	潮位データ	3-6
3.2.4	観測データ分析結果の概要	3-7
3.3	利用可能データ	3-7
3.3.1	GCMデータ	3-7
3.3.2	RCMデータ	3-8
3.3.3	排出シナリオ	3-9
3.4	気候変動モデル結果に基づいた影響評価	3-10
3.4.1	気温への影響	3-10
3.4.2	降雨量および蒸発散量への影響	3-11
3.4.3	海面上昇	3-15
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
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	人口予測	4-3
4.3	水文解析	4-6
4.3.1	目的と方針	4-6
4.3.2	データの存在状況	4-6

4.3.3	降雨解析	4-8
4.3.4	洪水シミュレーションモデルの構築	4-10
4.3.5	洪水予測検討	4-15
4.4	経済分析の方法	4-22
4.4.1	洪水被害額の推定	4-22
4.4.2	経済分析	4-23
4.5	気候変動による水資源への影響評価	4-28
4.5.1	概説	4-28
4.5.2	長期流出モデルの構築	4-28
4.5.3	気候変動による水資源への影響	4-31
第5章	IRBM 計画の作成	5-1
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	5-11
5.3	中心的課題と問題分析	5-15
5.3.1	中心的課題	5-15
5.3.2	問題分析	5-15
5.4	連邦政府および州政府の政策	5-24
5.4.1	連邦政府の政策	5-24
5.4.2	State Structural Plan 2020	5-26
5.5	政策案、戦略案、対策案およびプロジェクト案/行動案	5-29
5.5.1	政策案	5-29
5.5.2	組織強化	5-29
5.5.3	持続的水利用の確保	5-42
5.5.4	持続可能かつ快適な河川環境の創出	5-58
5.5.5	洪水に対ししなやかな社会をつくる	5-79
5.6	IRBM 計画の実施のためのロードマップ	5-80
第6章	IFM 計画の策定	6-1
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	6-3
6.2.3	河川・排水構造物の維持管理	6-8
6.3	計画フレームワーク	6-10
6.3.1	IFM 計画の目標完成年	6-10
6.3.2	将来の自然・社会条件の設定	6-10
6.3.3	構造物対策の設計規模	6-10
6.3.4	IFM アプローチ	6-10
6.4	IFM 計画における各種洪水対策	6-11
6.4.1	受容可能な構造物対策	6-11
6.4.2	洪水シミュレーションと経済分析	6-13
6.4.3	マスタープラン案（先行調査の中間結果）	6-15
6.4.4	非構造物対策	6-16
6.5	IFM 計画の実実施計画	6-19

6.5.1	実施スケジュール	6-19
6.5.2	実施体制	6-20
6.6	環境社会配慮	6-21
6.6.1	初期環境影響調査 (IEE) の必要性	6-21
6.6.2	スコーピング (予備的スコーピング)	6-23
6.7	フィージビリティ調査プロジェクト	6-25
第7章	GEMAS 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
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	7-3
7.2.3	既往洪水	7-4
7.3	オルソマップ作成と河川および排水溝横断測量	7-5
7.3.1	目的	7-6
7.4	地質調査	7-8
7.4.1	調査の目的	7-8
7.4.2	シルト質粘性土の特徴	7-8
7.5	資産評価調査	7-10
7.5.2	調査結果	7-11
7.6	水理・水文解析	7-11
7.6.1	氾濫シミュレーション	7-11
7.6.2	内水流出解析	7-18
7.7	構造物対策の概略設計	7-22
7.7.1	設計条件	7-22
7.7.2	施設計画	7-24
7.7.3	構造物対策の検討ケース	7-25
7.7.4	代替案 1	7-26
7.7.5	代替案 2	7-27
7.7.6	代替案 1 及び代替案 2 の比較	7-29
7.8	代替案の建設費算定	7-30
7.8.1	プロジェクトコスト算定の構成と条件	7-30
7.9	経済評価の方法	7-33
7.9.1	目的	7-33
7.9.2	前提条件	7-33
7.9.3	メッシュデータ	7-33
7.9.4	便益	7-34
7.9.5	費用	7-35
7.9.6	年平均被害軽減期待額の計算	7-35
7.9.7	EIRR、B/C 及び NPV の計算	7-36
第8章	GEMAS 洪水緩和事業フィージビリティ調査	8-1
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	8-7
8.1.4	河川の水辺利用と景観	8-8
8.2	非構造物対策案	8-10
8.2.1	Gemas 地区において採用されている非構造物対策	8-10
8.2.2	対象地域の現状と特性	8-17

8.2.3	Gemas における非構造物対策の課題.....	8-19
8.2.4	提案する非構造物対策	8-20
8.3	気候変動適応策.....	8-25
8.3.1	適応策の必要性	8-25
8.3.2	適応策提案における留意点	8-26
8.3.3	リスク評価	8-26
8.3.4	適応策の提案	8-35
8.4	実施計画.....	8-37
8.4.1	プロジェクトコスト	8-37
8.4.2	実施計画	8-37
8.4.3	提案事業の実施体制	8-40
8.4.4	経済評価及び財政的検討	8-42
8.5	環境社会配慮.....	8-47
8.5.1	概要	8-47
8.5.2	環境初期調査 (IEE)	8-48
8.5.3	EIA の必要性についての DID との協議結果	8-54
8.5.4	緩和策およびモニタリング計画	8-55
8.6	プロジェクトの実施に向けて.....	8-62
8.6.1	運用・効果指標	8-62
8.6.2	コンサルティングサービス	8-62

表一覧

表 1.3.1	Tanjung Keling 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	1-8
表 1.4.2	ムアール川流域における年流出量、降雨量と流出率	1-10
表 1.4.3	ムアール川のダム施設	1-12
表 1.4.4	Buluh Kasap 観測所における日浮遊砂量(トン/日).....	1-13
表 1.5.1	避難者数.....	1-17
表 1.5.2	2006/07 年洪水の状況.....	1-17
表 1.5.3	主な都市・町の洪水に対する脆弱さ	1-19
表 1.6.1	ムアール川流域の森林種類	1-19
表 1.6.2	ESA の開発規制	1-20
表 1.7.1	水資源量比較図.....	1-21
表 1.7.2	ムアール川流域における水理地質調査結果.....	1-22
表 2.1.1	Johor 州及び Negeri Sembilan 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	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)	2-4
表 2.3.2	関連各州の労働力.....	2-5
表 2.3.3	関連各州における職業分野別就業構造	2-6
表 2.3.4	関連各州における主要作物の作付面積	2-6
表 2.3.5	関連各州におけるその他の作物の作付面積.....	2-7
表 2.4.1	ムアール川流域内の家畜.....	2-8
表 2.4.2	ムアール川流域内におけるレクリエーションとしての釣り需要予測	2-10
表 2.4.3	ムアール川河口でのカゴ養殖場の生産高(1998).....	2-11
表 2.5.1	ムアール川流域内の水処理施設	2-13
表 2.5.2	ムアール川流域内の現行表流水消費量	2-13
表 2.5.3	ムアール川流域内の既設及び計画中のダム	2-14
表 2.5.4	ムアール川流域における生活・工業用水需要量	2-15
表 2.5.5	ムアール川流域における水供給計画	2-15
表 2.5.6	ムアール川流域内灌漑事業.....	2-17
表 2.5.7	小規模農業の灌漑スケジュール	2-18
表 2.5.8	ムアール川流域内の年間の灌漑用水需要量.....	2-19
表 2.5.9	ムアール川流域 (Buluh Kasap まで) における渡河地点.....	2-20
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	2-21
表 2.6.2	WQI 分類.....	2-23
表 2.6.3	ムアール川水質変化傾向 (2004 年～2007 年)	2-24
表 2.7.1	マレーシアの土地計画体制	2-31
表 2.7.2	2000 年と 2020 年のムアール川流域土地利用内訳.....	2-33
表 2.7.3	最小河川区域幅.....	2-35
表 2.8.1	RBIS の内容	2-38
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	3-7
表 3.3.2	RCM の利用可能データ	3-8
表 3.3.3	SRES シナリオ	3-9
表 3.4.1	ムアール川流域の気温変化予測結果	3-10
表 3.4.2	降雨量への影響予測に使用した GCM.....	3-11
表 3.4.3	CGCM3.1(T47), Canada 結果から求めた確率規模別 3 日雨量とその増加率.....	3-12
表 3.4.4	確率規模別 3 日降雨量の増加率	3-13
表 3.4.5	使用した GCM と RCM.....	3-14
表 3.4.6	月・年降雨量および蒸発散量増加率(1990 年比).....	3-14

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	土地利用データの主な区分	4-2
表 4.1.3	GIS データベースのレイヤー構造	4-3
表 4.2.1	Negeri Sembilan 州の Sub-District 別人口予測	4-4
表 4.2.2	Negeri Sembilan 州の Local Authority 別人口予測	4-4
表 4.2.3	Johor 州の Sub-District 別人口予測	4-5
表 4.2.4	Johor 州の Local Authority 別人口予測	4-6
表 4.3.1	水位観測所一覧	4-7
表 4.3.2	雨量観測所一覧	4-7
表 4.3.3	確率規模別の 3 日雨量	4-9
表 4.3.4	小流域の地表区分	4-10
表 4.3.5	流出モデルパラメータ	4-12
表 4.3.6	水理モデルパラメータ	4-13
表 4.3.7	引き伸ばし率と気候変動による降雨強度増加率	4-17
表 4.3.8	浸透域、不浸透域の割合	4-17
表 4.3.9	検討ケース一覧	4-18
表 4.3.10	各地点における 100 年確率洪水での水位	4-19
表 4.4.1	家屋・家財の被害率	4-24
表 4.4.2	公共構造物と什器備品の被害率	4-25
表 4.4.3	イネの被害率	4-25
表 4.4.4	ゴム樹の被害率	4-25
表 4.4.5	ヤシ類の被害率	4-26
表 4.4.6	その他の換金作物樹の被害率	4-26
表 4.4.7	園芸作物の被害率	4-26
表 4.4.8	ムアール川流域の市街地における被害額の原単位	4-27
表 4.4.9	イネ及びその他の作物の被害額の原単位	4-27
表 4.4.10	農作物の耕作面積割合	4-27
表 4.4.11	年平均洪水被害軽減期待額	4-28
表 4.5.1	蒸発散量の推定に用いた気象データ	4-29
表 4.5.2	1990 年と比較した変化率	4-31
表 4.5.3	年平均流量、年最大・最小月平均流量(河口地点)	4-33
表 4.5.4	Tennant Method による環境流量の定義	4-33
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	5-8
表 5.2.4	TSS のレベルの分布	5-10
表 5.2.5	洪水に係る IRBM の課題	5-11
表 5.2.6	ムアール川流域の洪水記録	5-12
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	5-24
表 5.4.2	第 10 次マレーシアプランの IRBM に関係した政策	5-25
表 5.4.3	IRBM に関係した NPP の政策	5-26
表 5.4.4	Negeri Sembilan 州の IRBM に関係する政策	5-27
表 5.4.5	Johor 州の IRBM に関する政策	5-28
表 5.5.1	中心的課題と政策案	5-29
表 5.5.2	制度強化に係る方針と対策	5-29
表 5.5.3	組織枠組みの提案概要	5-30
表 5.5.4	流域委員会の構成	5-32
表 5.5.5	流域委員会の役割	5-33
表 5.5.6	流域委員会設置に係る長所・短所	5-34

表 5.5.7	単独の頂点機関設置に係る長所・短所.....	5-38
表 5.5.8	流域管理情報のコンポーネント.....	5-41
表 5.5.9	水利用における政策、戦略及び対策.....	5-43
表 5.5.10	環境流量の決定方法.....	5-46
表 5.5.11	マレーシア国の渇水に対する警報段階.....	5-47
表 5.5.12	渇水段階.....	5-47
表 5.5.13	水事業界の改革スケジュール.....	5-50
表 5.5.14	計器類精度の参考例.....	5-56
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.....	5-59
表 5.5.16	DID によるパイロットプロジェクト実施事例.....	5-65
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).....	5-66
表 5.5.18	政策案、戦略案および対策案（洪水セクター）.....	5-79
表 5.6.1	ムアール川流域の IRBM 計画実施ロードマップ.....	5-80
表 6.2.1	ムアール川流域に関する洪水緩和プロジェクト.....	6-2
表 6.2.2	提案されている分水路および河道改修の概要.....	6-3
表 6.2.3	開発行為の規制.....	6-5
表 6.2.4	水位と降水量観測のテレメトリーネットワーク（ムアール川流域の Infobanjir）.....	6-6
表 6.2.5	洪水管理に関する関係機関の役割.....	6-7
表 6.2.6	DID Muar が維持管理した排水施設.....	6-9
表 6.2.7	DID Segamat による維持管理に関する工事(2009 年).....	6-9
表 6.3.1	目標完成年 2025 年における条件設定.....	6-10
表 6.4.1	ムアール川流域における構造物対策.....	6-11
表 6.4.2	ショートカット水路のリスト.....	6-12
表 6.4.3	氾濫シミュレーション結果と経済分析の結果.....	6-14
表 6.4.4	対象案無しの場合と比較しての水位上昇区間と上昇量（100 年確率洪水時）.....	6-15
表 6.4.5	構造物対策に関連する対策の提案.....	6-15
表 6.4.6	マスタープラン案のコンポーネント.....	6-16
表 6.4.7	非構造物対策案一覧.....	6-17
表 6.4.8	能力強化プロジェクトの概要.....	6-17
表 6.4.9	能力開発プロジェクトの活動内容.....	6-17
表 6.4.10	テレメータ観測局数の増設案.....	6-18
表 6.4.11	洪水予警報システム強化案の事業費.....	6-19
表 6.5.1	IFM 計画の実施スケジュール案.....	6-20
表 6.6.1	ムアール川流域想定洪水緩和策.....	6-21
表 6.6.2	マレーシア国の環境カテゴリ分類.....	6-22
表 6.6.3	カテゴリ分類と環境レビュー.....	6-23
表 6.6.4	カテゴリ分類とその理由.....	6-23
表 6.6.5	ムアール川流域提案プロジェクトスコoping結果.....	6-24
表 6.7.1	フィージビリティ調査プロジェクト.....	6-25
表 7.1.1	対象地域のフィージビリティ調査の内容.....	7-1
表 7.2.1	気候特性.....	7-2
表 7.2.2	Gemas 川の河道特性.....	7-3
表 7.2.3	現況土地利用.....	7-4
表 7.3.1	横断測量の条件および手法.....	7-7
表 7.4.1	シルト質粘性土の特徴(Temerloh).....	7-8
表 7.5.1	調査対象地域の概要.....	7-10
表 7.5.2	調査対象者と調査項目.....	7-10
表 7.5.3	アセット評価調査の結果.....	7-11
表 7.6.1	3 日雨量の生起確率.....	7-12
表 7.6.2	降雨引き伸ばし率.....	7-13

表 7.6.3	モデルパラメータ	7-14
表 7.6.4	計算ケース	7-15
表 7.6.5	Gemas River における水位計算結果.....	7-17
表 7.6.6	流域特性	7-20
表 7.6.7	最大流量と総流出量	7-22
表 7.7.1	設計水位（50年確率規模）	7-22
表 7.7.2	洪水制御施設案	7-24
表 7.7.3	堤防の基本構造	7-24
表 7.7.4	堤防の延長	7-26
表 7.7.5	河川ゲート諸元	7-26
表 7.7.6	調節池の諸元	7-27
表 7.7.7	樋門・樋管諸元	7-27
表 7.7.8	ポンプ場諸元	7-27
表 7.7.9	堤防とショートカット水路の延長	7-28
表 7.7.10	河川ゲートの諸元	7-28
表 7.7.11	許容湛水域諸元	7-28
表 7.7.12	樋門・樋管諸元	7-28
表 7.7.13	ポンプ場の規模	7-29
表 7.7.14	代替案の比較	7-29
表 7.8.1	Gemas 洪水緩和事業の建設費	7-31
表 7.8.2	対象地域における用地買収費（RM 百万）	7-31
表 7.8.3	運営費およびコンサルティング費	7-32
表 7.8.4	Gemas 洪水緩和事業に関する事業費.....	7-32
表 7.9.1	メッシュデータの概要	7-34
表 7.9.2	浸水深と被害率	7-34
表 7.9.3	公共施設被害の一般資産費被害に対する比率.....	7-34
表 7.9.4	年平均被害軽減期待額	7-36
表 7.9.5	事業の費用・便益要約表	7-36
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	8-3
表 8.1.3	各代替案における洪水対策施設の機能	8-6
表 8.1.4	代替案の長所と短所	8-6
表 8.1.5	土地買収の目的と面積	8-7
表 8.1.6	代替案の選定に係わる指標とその値	8-7
表 8.2.1	採用されている非構造物対策	8-10
表 8.2.2	河川水位の観測所	8-13
表 8.2.3	計画地区の避難センターとその収容能力.....	8-14
表 8.2.4	提案する非構造物対策	8-25
表 8.3.1	2025年における3日雨量と生起確率.....	8-26
表 8.3.2	各ゾーンの特性	8-27
表 8.3.3	50年確率規模洪水による潜在的リスク	8-31
表 8.3.4	10年確率規模の1日雨量増加率.....	8-33
表 8.3.5	将来条件下での最大流量・総流出量	8-34
表 8.3.6	調節池容量と貯留必要量	8-35
表 8.3.7	構造物対策による適応策	8-35
表 8.4.1	Gemas 洪水緩和事業に関する事業費.....	8-37
表 8.4.2	主な建設工事と数量	8-37
表 8.4.3	マレーシアの休日	8-38
表 8.4.4	平均降雨日数	8-38
表 8.4.5	主な工種毎の年間工事可能日数	8-39
表 8.4.6	土工に関連する建設機械の能力	8-39

表 8.4.7	コンクリート工事に関する作業能力	8-39
表 8.4.8	Gemas 洪水緩和事業の工事实施計画	8-40
表 8.4.9	構造物対策実施に係る役割分担	8-41
表 8.4.10	非構造物対策の実施体制	8-41
表 8.4.11	人口及び住宅／商店数の予測	8-42
表 8.4.12	経済的費用（代替案 1）	8-43
表 8.4.13	経済的費用（代替案 2）	8-43
表 8.4.14	2025 年における年平均被害軽減期待額（代替案 1 及び 2）	8-44
表 8.4.15	費用・便益の総括表（代替案 1）	8-44
表 8.4.16	費用・便益の総括表（代替案 2）	8-44
表 8.4.17	EIRR、B/C、NPV と感度分析（代替案 1）	8-45
表 8.4.18	EIRR、B/C、NPV と感度分析（代替案 2）	8-45
表 8.4.19	事業の費用項目（代替案 1）	8-46
表 8.4.20	想定した借款の条件	8-46
表 8.4.21	借款の元本返済及び利払い（代替案 1）	8-46
表 8.4.22	経済及び社会分野における連邦開発予算	8-47
表 8.4.23	Segamat 及び Tampin District DID の維持管理予算	8-47
表 8.5.1	構造物対策による Gemas 洪水緩和事業の代替案	8-48
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(Gemas)	8-49
表 8.5.3	スコーピング結果	8-50
表 8.5.4	スコーピング・マトリックス	8-51
表 8.5.5	社会環境への影響	8-52
表 8.5.6	自然環境への影響	8-52
表 8.5.7	プロジェクト実施により発生の可能性のある公害	8-53
表 8.5.8	社会環境への影響に対する緩和策	8-55
表 8.5.9	自然環境への影響に対する緩和策	8-55
表 8.5.10	公害に対する緩和策	8-56
表 8.5.11	社会環境への影響に対するモニタリング計画	8-59
表 8.5.12	自然環境に対するモニタリング計画	8-59
表 8.5.13	公害に対するモニタリング計画	8-59
表 8.5.14	モニタリング項目	8-60
表 8.5.15	環境モニタリング実施頻度(案)	8-62
表 8.6.1	運用効果指標案	8-62

図一覧

図 1.1.1	ムアール川流域地形図	1-1
図 1.2.1	ムアール川流域の地質図	1-2
図 1.3.1	ムアール川流域の気象特徴	1-3
図 1.3.2	Kuala Pilah と Tangkak と Batu Pahat 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	ムアール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	ムアール川とその主要支川	1-7
図 1.4.2	ムアール川およびその支川の河床勾配	1-8
図 1.4.3	1999-2008 の観測値による月平均および、月別最小・最大日流量.....	1-9
図 1.4.4	月最大日地流量	1-9
図 1.4.5	年流出率	1-10
図 1.4.6	ムアール川の5年確率洪水水位縦断.....	1-11
図 1.4.7	橋梁による流下阻害	1-11
図 1.4.8	Kg. Kundang Ulu での海上交通	1-12
図 1.4.9	河岸侵食地点	1-12
図 1.4.10	河岸侵食地点	1-13
図 1.4.11	ムアール川流域の重要河川景観箇所	1-14
図 1.5.1	年最大流域平均雨量と Buloh Kasap 地点ピーク流量	1-15
図 1.5.2	Gemas and Segamat Station 観測所における観測水位と流域平均雨量（1971年1月洪水時）	1-16
図 1.5.3	1971年1月洪水の洪水氾濫域.....	1-16
図 1.5.4	2006/07年洪水の氾濫区域	1-17
図 1.5.5	洪水氾濫域	1-18
図 1.6.1	ムアール川流域における ESA	1-20
図 1.7.1	ムアール川流域の年間水収支	1-21
図 2.2.1	河川水位情報の伝達フロー	2-4
図 2.4.1	ムアール川流域の河畔植物	2-8
図 2.4.2	ムアール川流域の内水面水揚げ量推移	2-10
図 2.5.1	新しい給水事業体制	2-12
図 2.5.2	ムアール川流域の水処理プラント位置図.....	2-12
図 2.5.3	既存および計画ダム位置図	2-14
図 2.5.4	州間輸送ルート図（Pahang から South Selangor および Negeri Sembilan）	2-16
図 2.5.5	州間輸送ルート図（Johor 州から Melaka 州へ）	2-17
図 2.5.6	ムアール川流域内の灌漑取水位置	2-18
図 2.6.1	DOE の水質管理体制	2-20
図 2.6.2	DOE の水質モニタリングポイント（2007年）	2-23
図 2.6.3	ムアール川の水質状況（2007年）	2-24
図 2.6.4	下水管理の体制	2-25
図 2.6.5	下水管理の概念図	2-26
図 2.6.6	工場排水管理の体制	2-27
図 2.6.7	廃棄物管理の体制	2-28
図 2.6.8	畜産の管理体制	2-29
図 2.6.9	農園開発と森林伐採についての環境管理体制.....	2-30
図 2.6.10	砂利採取の環境管理体制	2-30
図 2.7.1	マレー半島の地域開発傾向	2-32
図 2.7.2	都市開発階層	2-33

図 2.7.3	2000年と2020年のムアール川流域土地利用図.....	2-34
図 2.7.4	河川区域の開発申請手順.....	2-36
図 2.8.1	MaCGDI の位置づけ.....	2-37
図 2.8.2	DID の流域情報システム (River Basin Information System, RBIS)	2-37
図 2.8.3	RB-DSS の構成.....	2-37
図 2.8.4	RB-DSS の仕組み.....	2-38
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.....	3-3
図 3.2.5	1989-1998 と 1999-2008 の月平均降雨量.....	3-4
図 3.2.6	日雨量 50mm を超える日数.....	3-4
図 3.2.7	年最大日雨量.....	3-5
図 3.2.8	年最大連続無降雨日数.....	3-6
図 3.2.9	Tanjung Keling における潮位観測値.....	3-6
図 3.3.1	使用するグリッドのイメージ図.....	3-8
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	ムアール川流域の気温変化予測結果時系列.....	3-10
図 3.4.2	ムアール川流域における 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 によるムアール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 3 日降雨量の増加率.....	3-12
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).....	3-13
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).....	3-14
図 4.1.1	DTM マージ法.....	4-2
図 4.1.2	ムアール川流域の DTM.....	4-2
図 4.1.3	作成された GIS データベースの例.....	4-3
図 4.3.1	近隣データ比較結果の例(地点 2822001 のデータを解析から除外した).....	4-7
図 4.3.2	観測地点位置図.....	4-8
図 4.3.3	ティーセン分割図と各雨量観測地点の支配面積.....	4-9
図 4.3.4	降雨確率分布(ムアール川流域).....	4-9
図 4.3.5	地表区分模式図(表面流は直接河道へ流入する).....	4-10
図 4.3.6	流出モデル模式図.....	4-10
図 4.3.7	降雨損失の模式図.....	4-10
図 4.3.8	洪水シミュレーションモデル模式図.....	4-11
図 4.3.9	ムアール川流域の流域分割および距離標.....	4-12
図 4.3.10	氾濫域検証結果.....	4-14
図 4.3.11	検証結果(水位時系列).....	4-15
図 4.3.12	主要洪水時の降雨量分布.....	4-16
図 4.3.13	洪水対策施設位置図.....	4-18
図 4.3.14	100 年確率洪水下での Segamat River の水位.....	4-19
図 4.3.15	100 年確率規模の洪水におけるムアール川の水位および、対策を行わない場合との水位差.....	4-20
図 4.3.16	ムアール川の河川水位(距離標：0-55km)と Kampung の標高.....	4-20
図 4.3.17	100 年確率洪水による 2025 年条件下での氾濫域予測結果.....	4-21
図 4.4.1	浸水地域の人口および土地利用の推定方法.....	4-22
図 4.5.1	ムアール川小流域分割図.....	4-28
図 4.5.2	小流域別の合計取水量.....	4-29
図 4.5.3	灌漑取水及び水処理プラントの位置.....	4-30
図 4.5.4	タンクモデル概念図とモデル定数.....	4-30
図 4.5.5	検証計算結果.....	4-31

図 4.5.6	1999-2008年のデータで求めた月別平均降雨量、可能蒸発散量.....	4-32
図 4.5.7	河口地点の流量時系列.....	4-32
図 4.5.8	月別平均流量.....	4-33
図 4.5.9	流況曲線.....	4-34
図 4.5.10	“Good”と“Outstanding”の環境流量を下回る日数.....	4-34
図 4.5.11	ムアール川流域における年間水収支.....	4-35
図 5.2.1	ムアール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.....	5-4
図 5.2.3	マレーシア国内州別 NRW 率.....	5-6
図 5.2.4	外国の NRW 率.....	5-7
図 5.2.5	留意すべき地点.....	5-9
図 5.2.6	ムアール流域の現況農業地域（2000年）.....	5-10
図 5.2.7	2006洪水の氾濫地域.....	5-13
図 5.2.8	河川の流れを阻害する橋梁.....	5-13
図 5.2.9	Kg. Panchor での河岸崩壊と復旧工事.....	5-14
図 5.3.1	組織制度に係る問題分析系図.....	5-16
図 5.3.2	河川管理の分類.....	5-17
図 5.3.3	水利用の問題分析系統図.....	5-19
図 5.3.4	水質の問題系図.....	5-21
図 5.3.5	洪水の問題系図.....	5-22
図 5.5.1	ムアール川流域委員会の構成.....	5-31
図 5.5.2	水資源管理局の枠組み.....	5-37
図 5.5.3	流域管理事務所の枠組み.....	5-38
図 5.5.4	情報管理フロー.....	5-41
図 5.5.5	NRW の損益分岐点.....	5-50
図 5.5.6	NRW 要因.....	5-51
図 5.5.7	潜在的‘Hotspots’.....	5-75
図 6.2.1	Kg. Panchor における河岸浸食防止事業.....	6-3
図 6.2.2	Segamat-Genuang 分水路.....	6-3
図 6.2.3	Johor 州洪水氾濫区域図 (DID, 2007).....	6-4
図 6.2.4	警報サイレン.....	6-7
図 6.4.1	各種構造物対策の位置.....	6-11
図 6.4.2	ショートカット水路の位置.....	6-12
図 6.4.3	100年確率洪水時の水位計算結果.....	6-14
図 6.4.4	マスタープラン案のコンポーネントの導入位置.....	6-16
図 6.4.5	テレメータ観測局の増設案(降雨および水位観測所).....	6-18
図 6.5.1	実施体制.....	6-21
図 7.1.1	対象地域の位置.....	7-1
図 7.2.1	対象地域の地形図.....	7-2
図 7.2.2	Gemas Town およびその他の行政区域.....	7-3
図 7.2.3	2006年洪水氾濫エリア.....	7-5
図 7.3.1	IFSAR データおよびオルソ画像.....	7-6
図 7.3.2	2箇所 の 検 証 テ ス ト サ イ ト、水 準 観 測 点 お よ び L I D A R D T M.....	7-6
図 7.3.3	オルソマップの一部.....	7-7
図 7.3.4	横断面位置.....	7-7
図 7.4.1	ボーリング実施位置.....	7-8
図 7.4.2	ボーリング柱状図.....	7-9
図 7.5.1	調査範囲.....	7-10
図 7.5.2	サンプル数.....	7-10
図 7.6.1	ティーセン分割と各観測地点の支配面積.....	7-11
図 7.6.2	基準点上流の確率規模別 3日雨量.....	7-12

図 7.6.3	ムアール川流域と Gemas River モデルの関係	7-13
図 7.6.4	2006 年 12 月洪水における降雨分布	7-13
図 7.6.5	氾濫域の比較によるモデル検証結果	7-14
図 7.6.6	構造物対策位置図	7-15
図 7.6.7	現況および、拡幅後の河道	7-16
図 7.6.8	各種計算ケース下における河川水位計算結果	7-17
図 7.6.9	50 年確率洪水による氾濫域計算結果(対策なし).....	7-18
図 7.6.10	降雨継続時間-降雨強度曲線.....	7-19
図 7.6.11	計画降雨波形.....	7-19
図 7.6.12	内水流出モデル模式図	7-20
図 7.6.13	流出係数.....	7-21
図 7.6.14	内水流出波形の例.....	7-21
図 7.7.1	対象地域における設計水位	7-23
図 7.7.2	堤防の概略図.....	7-24
図 7.7.3	ショートカット水路の概略図	7-25
図 8.1.1	2006 年洪水時の氾濫状況 (インタビュー調査の結果).....	8-2
図 8.1.2	代替案 1 の構造物配置図	8-4
図 8.1.3	代替案 2 の構造物配置図	8-5
図 8.1.4	現在の Gemas River 沿いの状況	8-8
図 8.1.5	パース図位置図	8-8
図 8.1.6	パース図.....	8-9
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	8-11
図 8.2.2	警報サイレンの位置 (黒マーク)	8-11
図 8.2.3	洪水警報サイレン (Kg. Tiong と Taman Sg. Gemas 地点)	8-12
図 8.2.4	連邦、州、地域間の情報伝達フロー	8-12
図 8.2.5	Prepared Guideline for each Administration (State, District).....	8-13
図 8.2.6	避難センター (Abd.Rahman, Kg.Tiong, Sek.G. Baru).....	8-15
図 8.2.7	州本部からコミュニティレベルまでの連絡、伝達フロー	8-16
図 8.2.8	高床式家屋(Muar 川、Kg. Bukit Pasir)	8-16
図 8.2.9	Taman 村の浸水中とその後 (2008 年) の様子 (Taman Sg. Gemas).....	8-17
図 8.2.10	等高線 23m、25m、27m と避難センターの位置.....	8-18
図 8.2.11	対象地域における非構造物対策	8-20
図 8.2.12	水防活動の例 (日本)	8-21
図 8.2.13	ハザードマップ(Gemas, JICA 作成).....	8-23
図 8.2.14	遊水機能確保のための低平地区域の確保 (代替案 2).....	8-24
図 8.2.15	水防演習と土のうによる対策工法の例 (日本)	8-25
図 8.3.1	2025 年における 3 日雨量と生起確率	8-27
図 8.3.2	リスク評価のためのゾーン分割	8-27
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).....	8-28
図 8.3.4	50 年確率規模洪水による氾濫域(上段：現況、中段：降雨量 10%増、下段： 降雨量 20%増).....	8-29
図 8.3.5	浸水深別水位ゾーンの定義	8-30
図 8.3.6	Gemas Town リスクマップ(浸水域と浸水家屋数).....	8-32
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).....	8-34
図 8.4.1	提案事業 (構造物対策) の実施体制	8-40
図 8.5.1	代替案-1 モニタリング実施位置 (案)	8-61
図 8.5.2	代替案-2 モニタリング実施位置 (案)	8-61

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 ²	:	square millimeter(s)
cm ²	:	square centimeter(s)
m ²	:	square meter(s)
km ²	:	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 ³	:	cubic centimeter(s)
m ³	:	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

ムアール川流域は、Titiwangsa 山脈の最南端部に位置するため、本流域より北部に位置する流域と比べて比較的低高度の高地が多く、その標高は 500m から 1,200m の範囲にある。この Titiwangsa 山脈は、対象流域内で最も高い頂を有する Telapak Burok (標高 1,193m)を頂点とし、西方から本川へと注ぐ支川の源流となっている。なお、流域北部から北東部にかけては、標高 20m から 100m の低い丘陵をして流域との境界となっているため、特にパハン川流域との境界は区分が難しいと言われている。また、東部に突出した山間地は、標高 1,006m を有する G.Besar 山を山頂として、流域東部の代表的な支川 Segamat 川や Labis 川の源流となっている。

流域の中流部および下流部においては、ムアール川とその支川の沿川に高度 1.0m から 20m 程度の低平地が広がっている。この低平地は、流域の約 4 分の 1 を占め、疎通能力の低い河川からの溢水により、頻繁に洪水による浸水被害を被っている。なお、支川 Asahan の合流点より上流においては、ムアール本川の勾配は非常に急になり、低平地の幅も狭くなり、谷底平野となる。

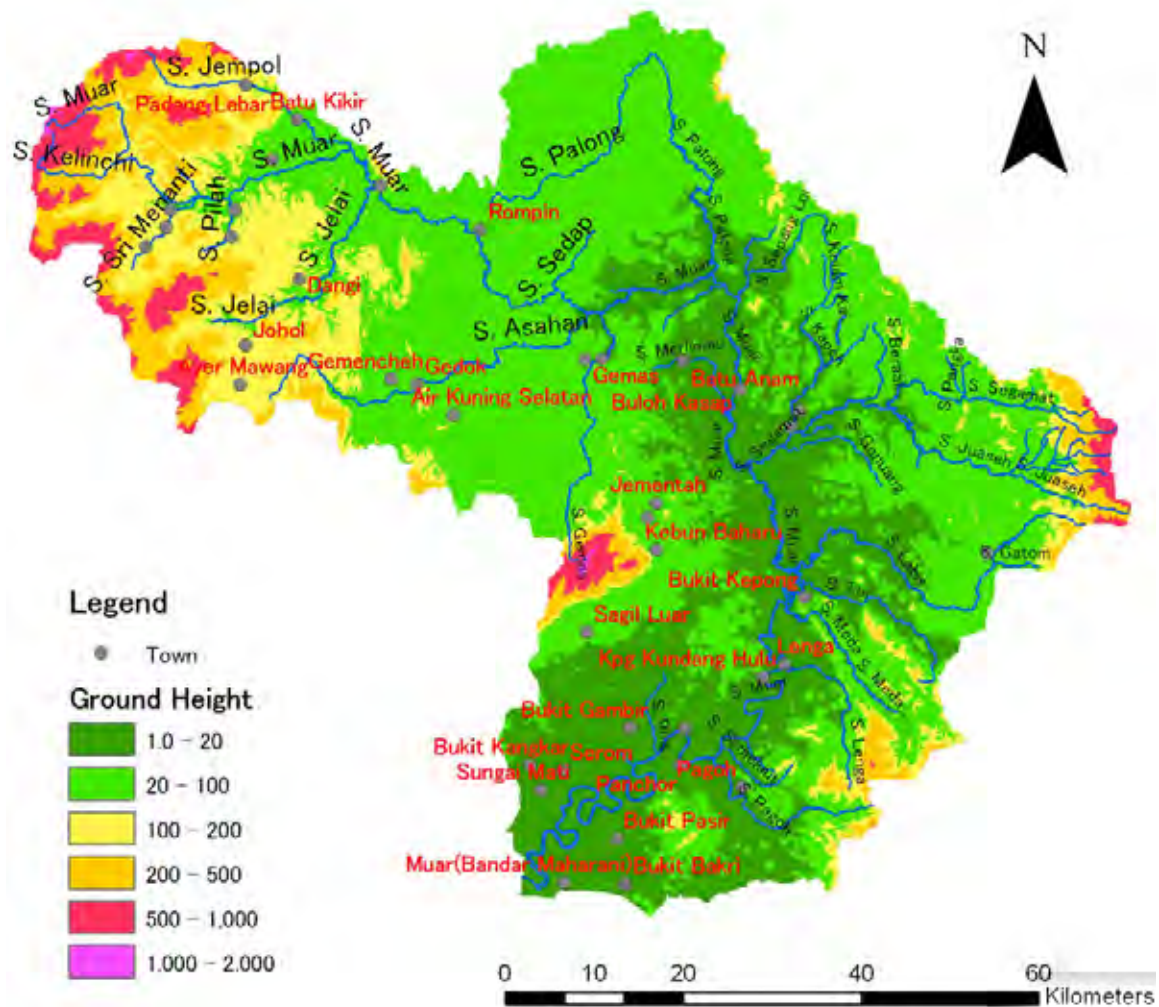


図 1.1.1 ムアール川流域地形図

1.2 地質

DID から供与された地質図によると（図 1.2.1 参照）、古生代オルドヴィス紀から新生代第三紀にかけての堆積岩と変成岩がムアール川流域全体に見られる。対象流域の主たる地層は、第三紀の堆積岩および変成岩、火成岩（花崗岩や玄武岩）、古生代二疊紀と新生代第四紀の堆積物で構成されている。その他の地域は、中生代ジュラ紀から古生代石炭紀にかけての堆積岩・変成岩、が覆っている。古生代オルドヴィス紀から同シルル紀にかけての堆積岩・変成岩が覆っている。

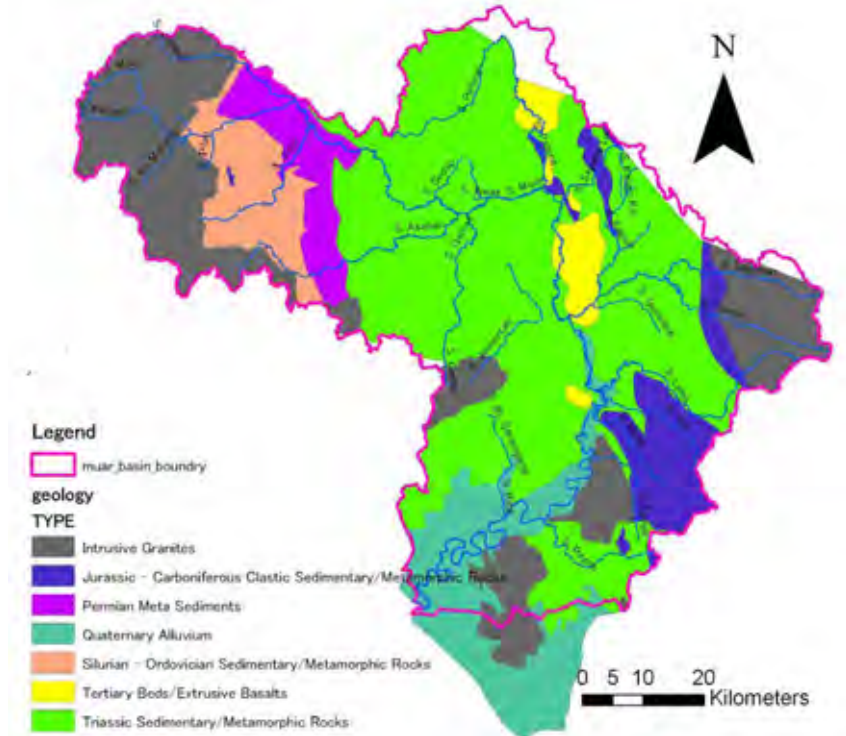


図 1.2.1 ムアール川流域の地質図

ムアール川流域の地形構造について以下に説明する。

海岸平野からムアール川沿いの平野においては、新生代第四紀の沖積堆積物が支川 Segamat 川との合流地点に向かって先細りになるように内陸まで伸びている。一般的に、第四紀の地質構造は、巨礫、砂礫、砂、シルト、粘土から構成される半固結および未固結の堆積物の全てを含む。そして、これらの堆積物は、河川堆積物、三角州堆積物、段丘堆積物、沿岸堆積物および Sumatra 島の Toba 湖カルデラからの噴火による流紋岩質火山灰の堆積物等、様々な形で流域内に分布している。

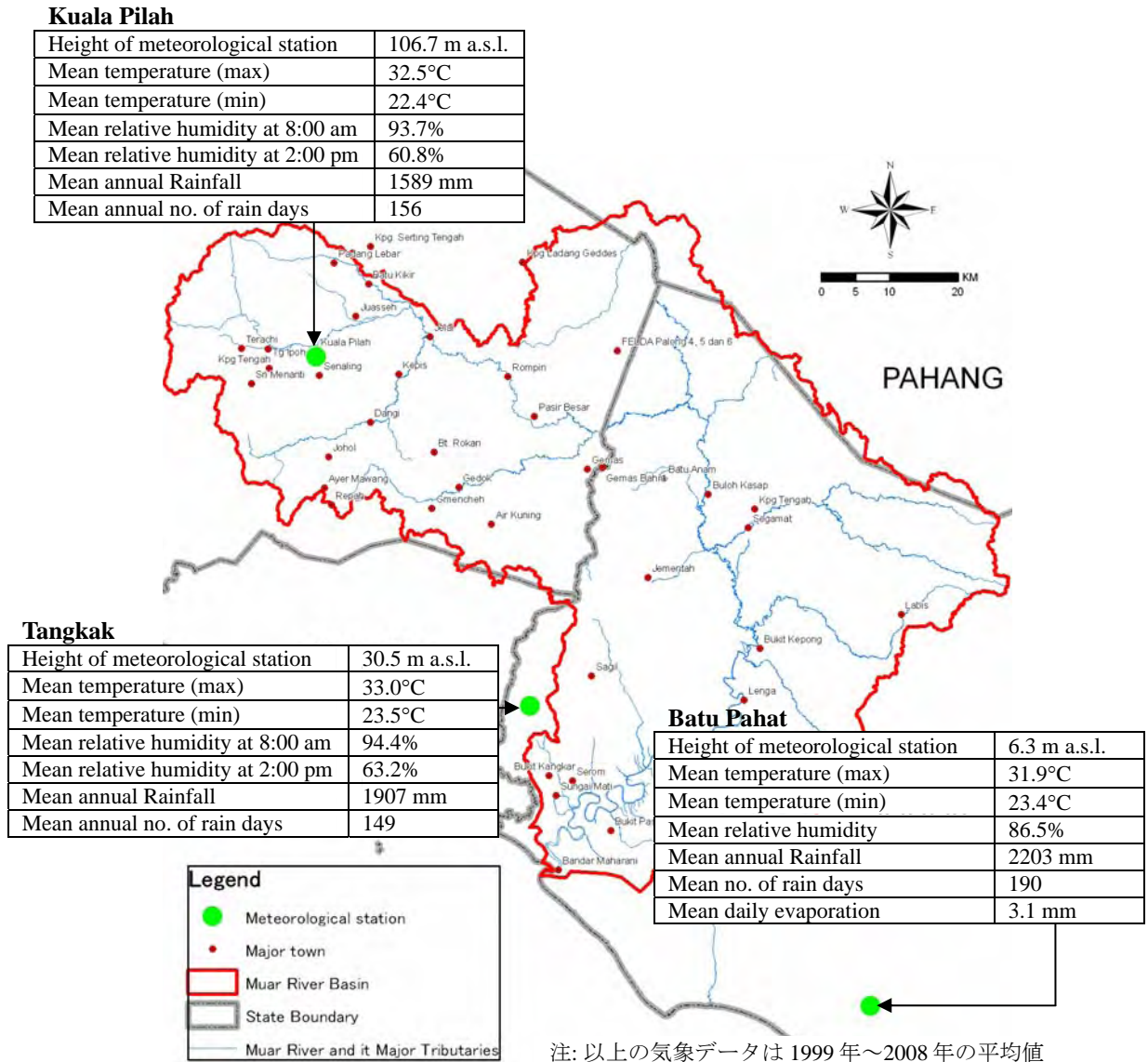
図 1.2.1 を見ると流域の半分は、中生代三疊紀の堆積岩および変成岩によって覆われ、これらは特に中央部から北部にかけて分布している。一般にマレーシア国においては、中生代の三疊紀後期から同ジュラ紀初期の堆積物が分布しており、古生代の二疊紀後期から中生代三疊紀初期の分布はまれである。また、上記の三疊紀後期の堆積物は、しばしば石灰質および火山砕屑岩から構成されており、中期から初期三疊紀は、泥岩、頁岩、砂岩および礫岩で構成されたフレッシュ堆積物が多いという特徴を有している。

また、図 1.2.1 より貫入性花崗岩は、流域のいくつかの場所に分布していることが判るが、マレー半島の多くの地区において、古生代石炭紀後期から二疊紀初期にかけて、花崗岩の貫入および他地質との交代が発生している。その後の三疊紀初期の造山運動もまた、広範囲の花崗岩の貫入を起こさせ、最近では新生代第三紀に発生している。

1.3 気象・水文

1.3.1 気象概況

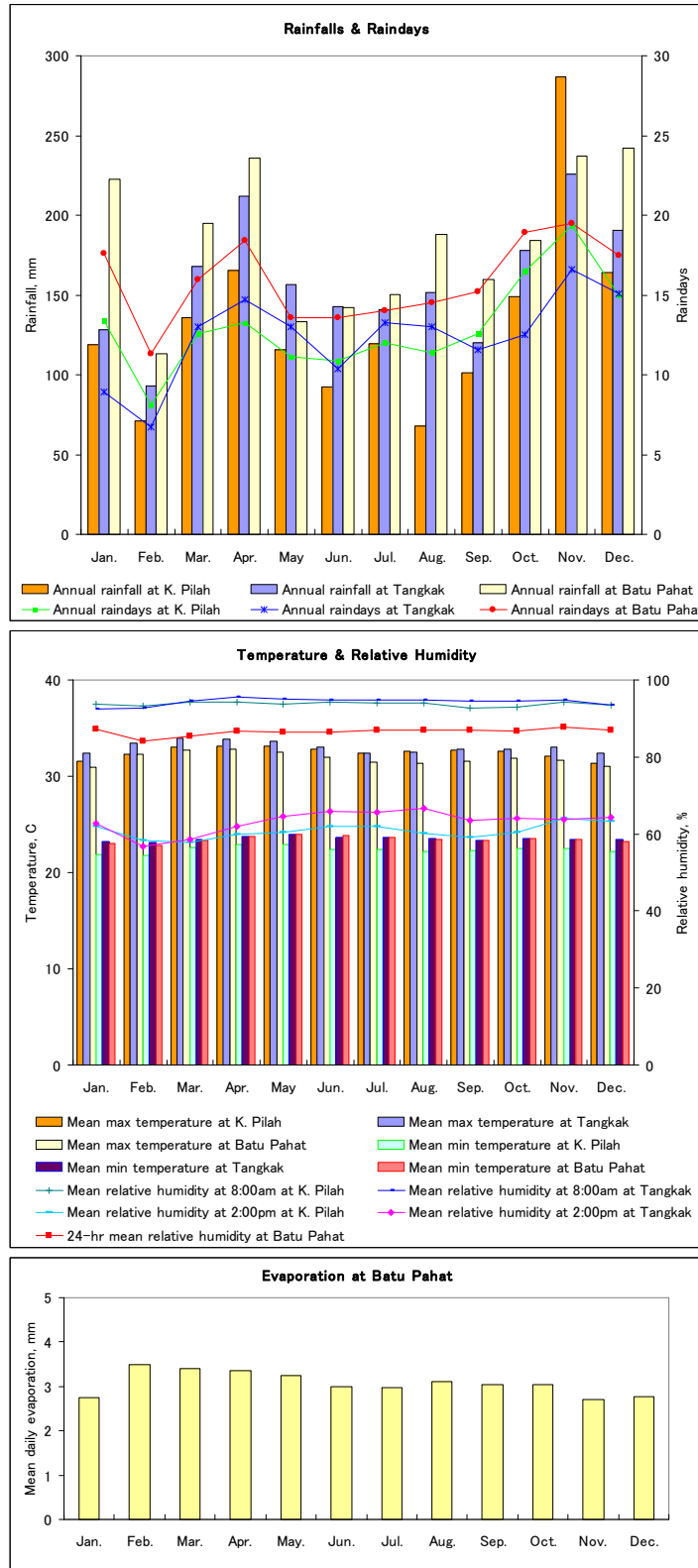
ムアール川流域はマレー半島の南西海岸地域にある。この地域では、毎年10月から12月にかけては雨季になる一方、2月の雨量が最も少ない。平年の日最高気温と最低気温はそれぞれ32-33°Cと22-23°Cになり、湿度はたいてい85%以上で、日蒸発量は3mm程度である。図1.3.1と図1.3.2はムアール川流域とその付近の一般的な気候特徴を示す。



出典: Malaysian Meteorological Department

図1.3.1 ムアール川流域の気象特徴¹

¹ Data source: Malaysian Meteorological Department



出典 : Stations Hospital Kuala Pilah, Hopital Tangkak and Batu Pahat, Malaysian Meteorological Department, 2009.

図 1.3.2 Kuala Pilah と Tangkak と Batu Pahat の雨量、温度、湿度および蒸発量 (1999年-2008年平均)²

² Stations Hospital Kuala Pilah, Hopital Tangkak and Batu Pahat, Malaysian Meteorological Department, 2009.

1.3.2 降雨量

流域平均降雨量の算定には流域内10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1,200mmから2,000mmの範囲にあり、流域の東から南東にかけて多い傾向にある。雨季は10月頃より始まり、最大月降雨量は概ね11月から翌年1月の間に観測されている。1999-2008年の10カ年のデータから、流域の年平均降雨量は1,824mmである。

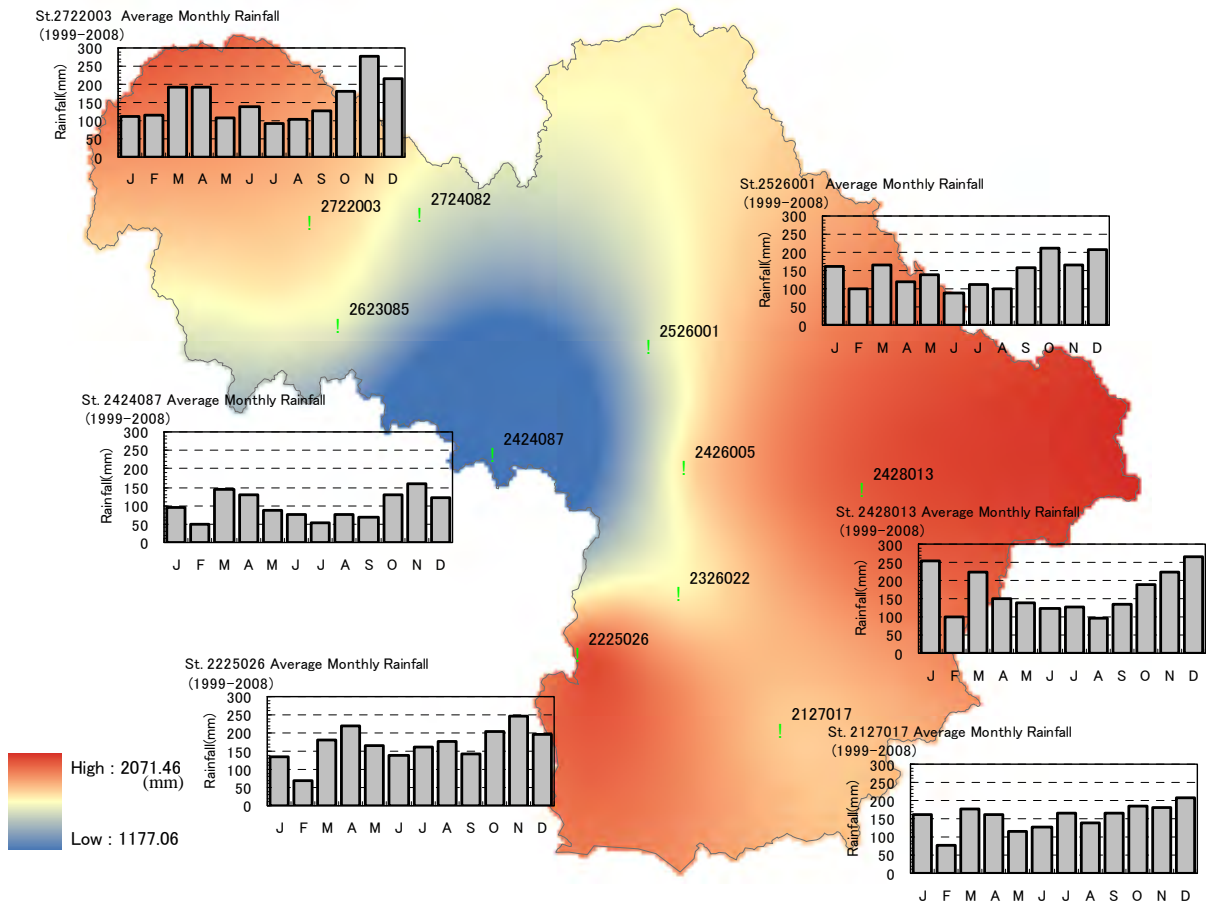
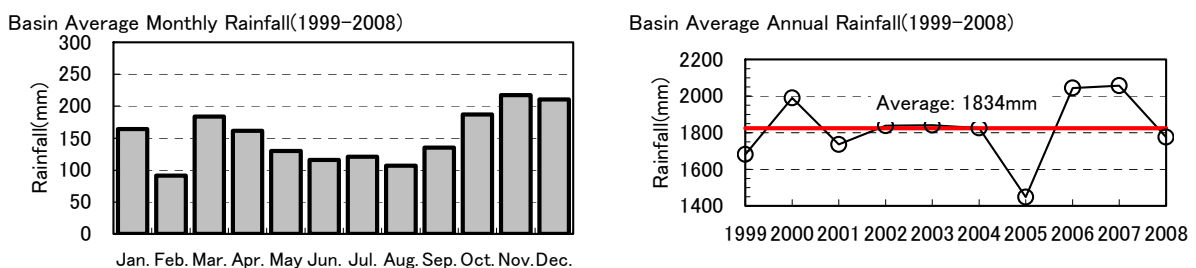


図 1.3.3 ムアール川流域における降雨分布

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

ムアール川河口に最も近い潮位観測所である Tanjung Keling 地点における 10 ヶ年(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。潮位データに顕著な季節変化は見られないものの、最大潮位は 10 月から 12 月に生起しており、これは前述のムアール川流域における雨季と一致している。

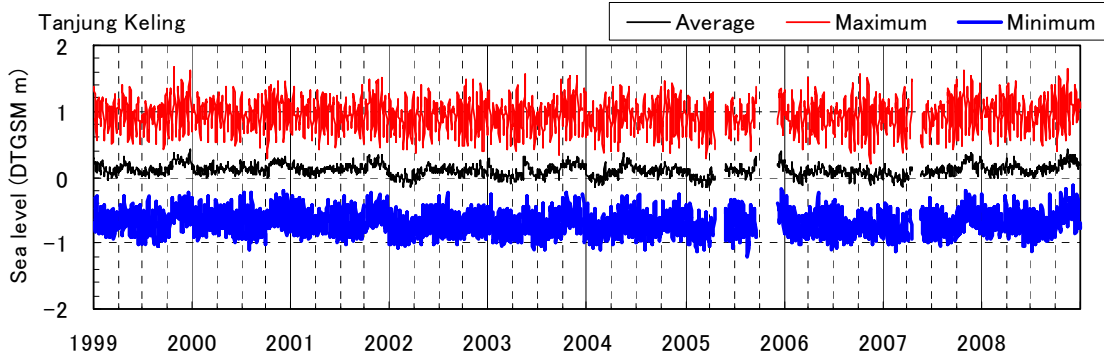


図 1.3.5 日平均・最大・最小潮位時系列

表 1.3.1 Tanjung Keling 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	0.17	0.10	0.07	0.17	0.14	0.08	0.07	0.09	0.10	0.19	0.25	0.24
	最大	1.37	1.21	1.27	1.40	1.36	1.21	1.16	1.11	1.35	1.66	1.48	1.62
	最小	-0.87	-0.91	-0.94	-0.88	-0.91	-1.01	-1.02	-1.06	-0.98	-0.91	-0.82	-0.75
2000	平均	0.10	0.10	0.13	0.13	0.14	0.11	0.14	0.13	0.11	0.17	0.23	0.20
	最大	1.28	1.17	1.24	1.28	1.37	1.37	1.30	1.27	1.33	1.39	1.45	1.46
	最小	-0.97	-0.91	-0.86	-0.88	-0.92	-1.00	-1.05	-1.11	-1.02	-0.78	-0.80	-0.89
2001	平均	0.15	0.12	0.08	0.09	0.14	0.12	0.13	0.15	0.12	0.21	0.21	0.16
	最大	1.38	1.28	1.33	1.31	1.27	1.24	1.20	1.27	1.41	1.48	1.48	1.50
	最小	-0.89	-0.98	-0.95	-0.89	-0.91	-0.99	-1.02	-0.96	-0.94	-0.83	-0.78	-0.89
2002	平均	-0.01	-0.01	-0.02	0.03	0.12	0.12	0.13	0.11	0.07	0.10	0.10	0.11
	最大	1.21	1.17	1.29	1.39	1.34	1.16	1.16	1.18	1.29	1.48	1.48	1.43
	最小	-1.08	-1.05	-1.01	-1.02	-0.92	-1.03	-0.94	-0.95	-1.01	-0.94	-0.94	-0.95
2003	平均	0.08	0.02	0.01	0.02	0.15	0.06	0.03	0.12	0.11	0.21	0.21	
	最大	1.33	1.17	1.32	1.39	1.57	1.23	1.13	1.26	1.47	1.54	1.53	
	最小	-1.00	-1.05	-1.01	-1.00	-0.99	-1.10	-1.11	-0.95	-0.99	-0.85	-0.85	
2004	平均	-0.01	-0.04	0.05	0.05	0.19	0.17	0.11	0.08	0.09	0.12	0.11	0.09
	最大	1.15	1.11	1.30	1.37	1.41	1.37	1.19	1.26	1.36	1.45	1.43	1.33
	最小	-1.07	-1.09	-0.98	-1.02	-1.00	-0.91	-1.00	-1.11	-0.97	-0.83	-0.97	-0.97
2005	平均	0.04	-0.03	-0.07			0.12	0.10	0.07				
	最大	1.25	1.15	1.22			1.20	1.19	1.26				
	最小	-1.03	-1.13	-1.09			-1.07	-1.00	-1.21				
2006	平均	0.13	0.01	0.04	0.08	0.12	0.07	0.10	0.07	0.05	0.09	0.01	0.05
	最大	1.32	1.21	1.50	1.37	1.29	1.08	1.12	1.25	1.42	1.57	1.50	1.28
	最小	-1.00	-1.03	-0.98	-0.95	-0.96	-1.09	-1.08	-1.02	-1.03	-0.90	-1.03	-0.97
2007	平均	0.08	-0.03	-0.01			0.08	0.08	0.10	0.09	0.15	0.29	0.17
	最大	1.19	1.27	1.36			1.16	1.10	1.28	1.48	1.61	1.55	1.43
	最小	-1.02	-1.12	-1.00			-1.00	-1.05	-1.03	-0.99	-0.88	-0.74	-0.85
2008	平均	0.13	0.09	0.12	0.17	0.17	0.06	0.07	0.12	0.14	0.19	0.27	0.23
	最大	1.21	1.24	1.41	1.44	1.45	1.25	1.15	1.29	1.39	1.54	1.65	1.41
	最小	-0.93	-0.95	-0.91	-0.94	-0.88	-1.05	-1.12	-0.97	-0.93	-0.83	-0.75	-0.87
1998-2008	平均	0.08	0.03	0.04	0.09	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.16	0.19	0.16
	最大	1.38	1.28	1.50	1.44	1.57	1.37	1.30	1.29	1.48	1.66	1.65	1.62
	最小	-1.08	-1.13	-1.09	-1.02	-1.00	-1.10	-1.12	-1.21	-1.03	-0.94	-1.03	-0.97

1.4 流域の概要

1.4.1 ムアール川水系

ムアール川の延長は約 310km であり、Pahang 州、Negeri Sembilan 州と Johor 州と Melaka 州の四つの州を渡って流れるために、「National River」と分類されている。ムアール川本川とほとんどの支川が Negeri Sembilan 州と Johor 州を流れるが、Gemencheh River および Palong River の一部分の源流が Melaka 州と Pahang 州にある。ムアール川の本川は Negeri Sembilan 州の Kuala Pilah District における源流から東に向かって流れ、Jempol District に入り Gemencheh River と合流してから、Johor 州の Segamat District に入る。さらに、Palong River と合流してから、流れ方向が変わり、南に向かって、Meda River と合流する。その後、南西方向に向かって平野に入り、流速が落ち、蛇行が著しくなり、Muar Town で Strait of Melaka に流れ込む。（図 1.4.1 参照）

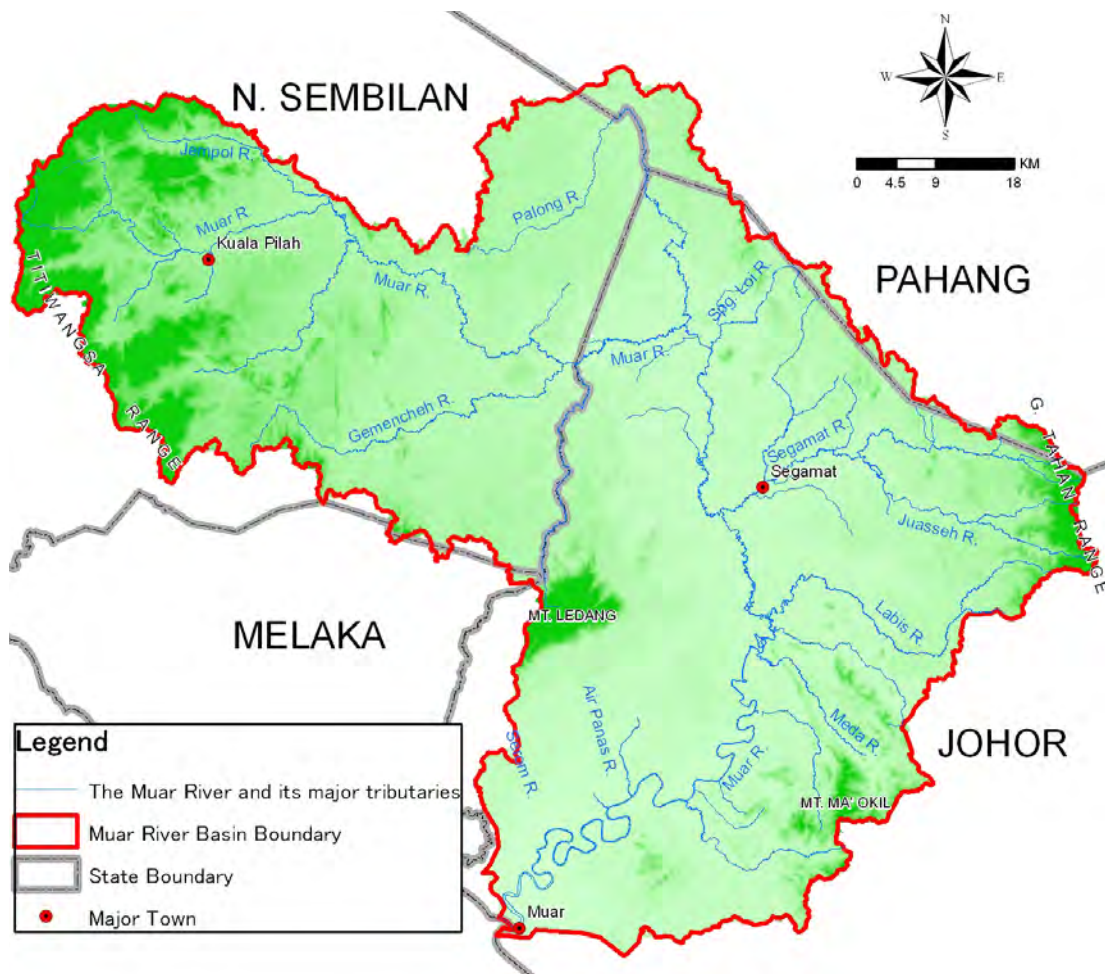


図 1.4.1 ムアール川とその主要支川

1.4.2 河川の特徴

(1) 河床勾配

図 1.4.2は、ムアール川およびその支川の河床勾配を示したものである。本川の河床勾配は河口110km地点まではほぼ平坦であり、その上流の110km-220km区間は約1/5,200(0.019%)、220-300 km区間は約1/1,000(0.100%)となっている。最上流部は急勾配となっており、300km地点から上流の勾配は1/51(1.94%)にも達する。Segamat川の平均河床勾配は1/2,100(0.047%)程度である。

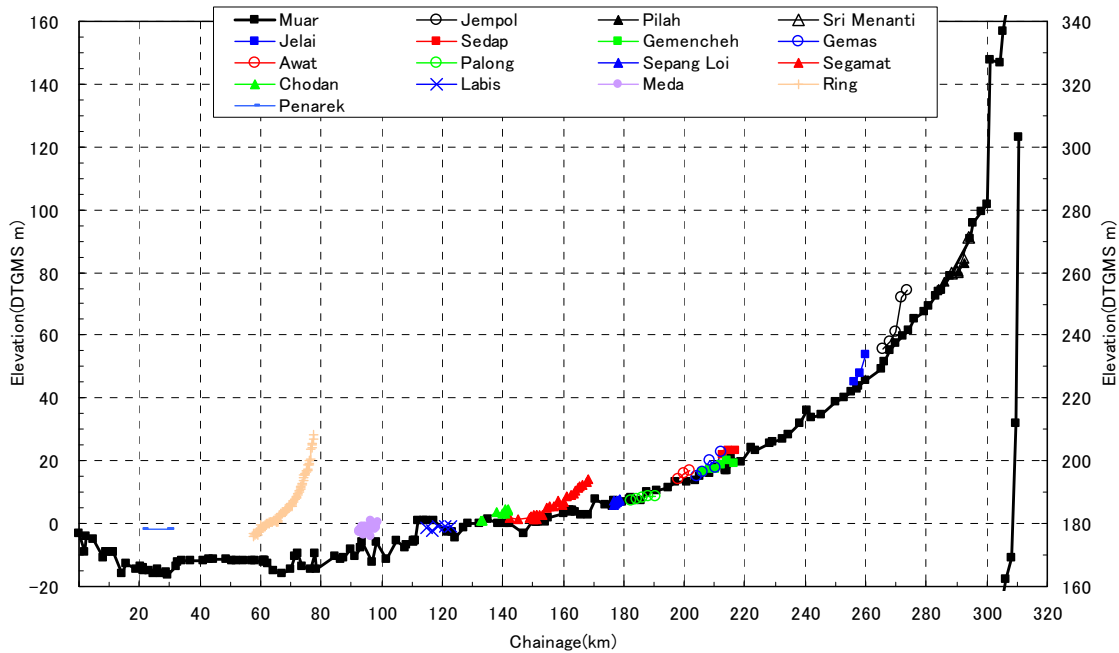


図 1.4.2 ムアール川およびその支川の河床勾配

(2) 河川流量

本川、Segamat川の最下流の流量観測地点であるBuloh Kasap地点(Station 2527411)およびSg. Segamat地点(Station 2528414)の観測データをもとに(観測地点位置図は第4章参照)流量データの整理を行った。表 1.4.1、図 1.4.3は最近10ヵ年(1999-2008)の観測値からそれぞれの地点の月・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

St. 2527411													(m ³ /s)
	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	69.7	24.2	27.5	44.8	38.8	23.4	16.2	12.6	14.7	28.2	77.1	91.1	39.0
最大	142.1	61.0	71.4	79.7	76.2	57.9	37.7	40.0	39.0	75.7	136.6	186.8	---
最小	22.1	9.0	6.0	14.9	9.2	7.2	4.4	4.4	4.5	6.1	32.8	40.7	---

St. 2528414													(m ³ /s)
	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	32.9	16.5	17.7	14.3	14.5	11.2	10.6	9.3	10.1	14.2	18.7	22.5	16.0
最大	123.6	43.9	62.5	22.5	26.0	21.0	19.8	17.1	20.0	29.3	31.6	65.4	---
最小	11.7	10.0	8.4	10.5	10.1	8.4	7.6	7.1	7.3	8.6	11.5	11.6	---

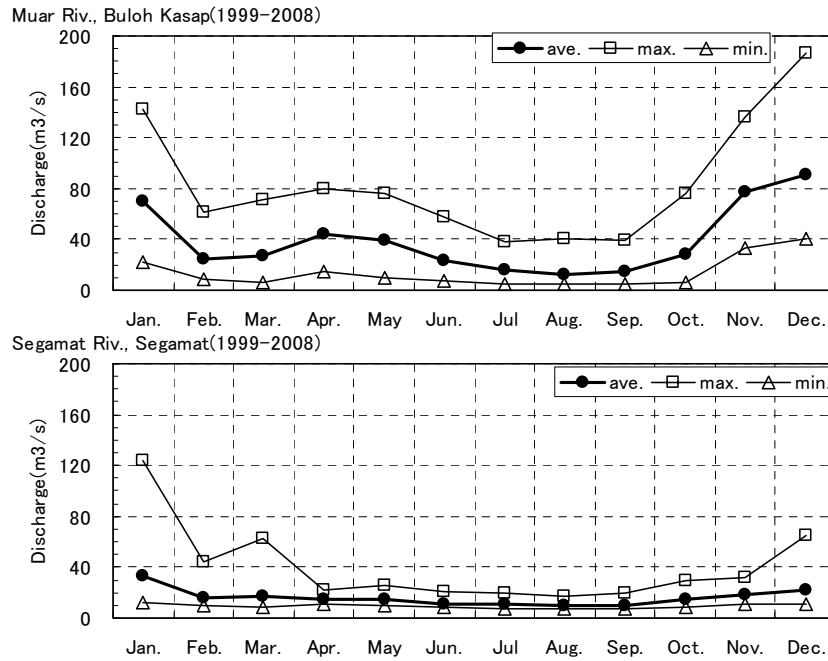


図 1.4.3 1999-2008 の観測値による月平均および、月別最小・最大日流量
(上: Buloh Kasap、下: Sg. Segamat)

両地点の月平均流量は、11月から翌年1月にかけてそれぞれの年平均流量を超えるが、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、大規模な洪水は主に11月から翌年の1月に生起しているものと推察される。

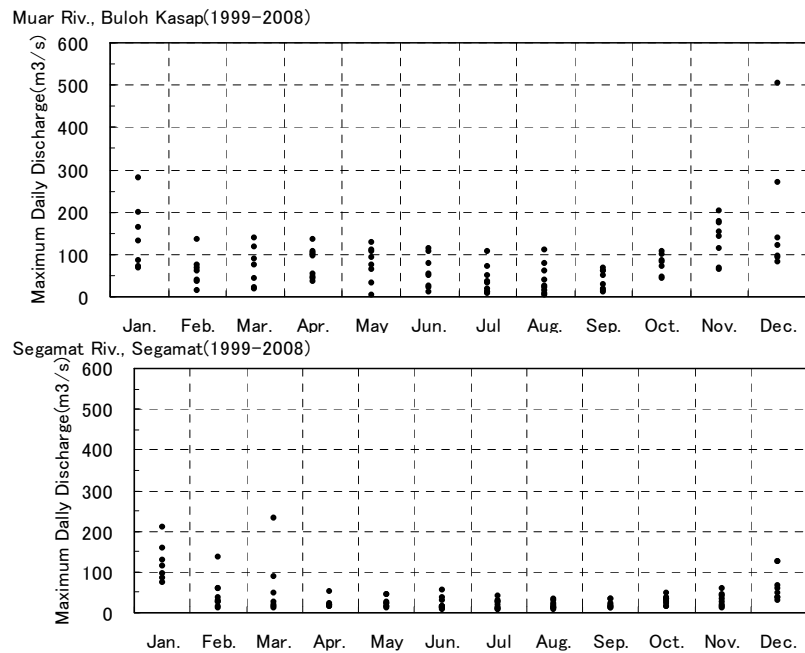


図 1.4.4 月別最大日流量
(上: Buloh Kasap、下: Sg. Segamat)

(3) 流出率

最近10ヵ年(1999-2008)のBuloh Kasap地点およびSg. Segamat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、両地点の流域面積はそれぞれ3,130km²、658km²であり、ムアール川の流域面積は6,140km²である。表 1.4.2、図 1.4.5に示すように、各年の流出率は0.2から0.4程度であり、10ヵ年の平均値は約0.3である。

表 1.4.2 ムアール川流域における年流出量、降雨量と流出率

	流出量 (×10 ⁶ m ³)	降雨量 (×10 ⁶ m ³)	流出率
1999	2,487	10,327	0.24
2000	2,726	12,217	0.22
2001	2,878	10,658	0.27
2002	3,090	11,285	0.27
2003	3,320	11,302	0.29
2004	3,378	11,213	0.30
2005	3,360	8,895	0.38
2006	3,306	12,554	0.26
2007	3,318	12,629	0.26
2008	3,301	10,903	0.30
平均	3,116	11,198	0.28

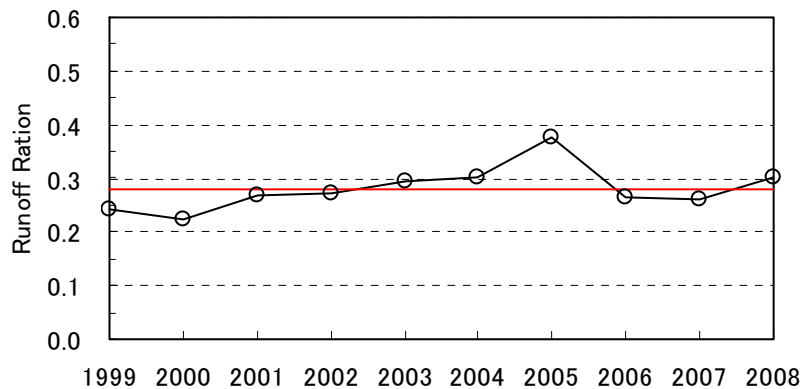


図 1.4.5 年流出率

1.4.3 河川の流下能力

ムアール川本川の流下能力は、河口近傍の Tanjung Keling における平均朔膨水位 (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、Kg. Tanjung Temian、Kg. Olak 及び Panchor 地点等で5年確率規模の洪水が流下できない状態にある。これらの地点の地盤高は満潮位あるいは、それ以下である。

ムアール川の河川勾配は緩く、また多くの蛇行形状を呈しているため、潮位の影響が中流まで及んでいると考えられる。その結果、本川、支川の流下能力も低下することになる。

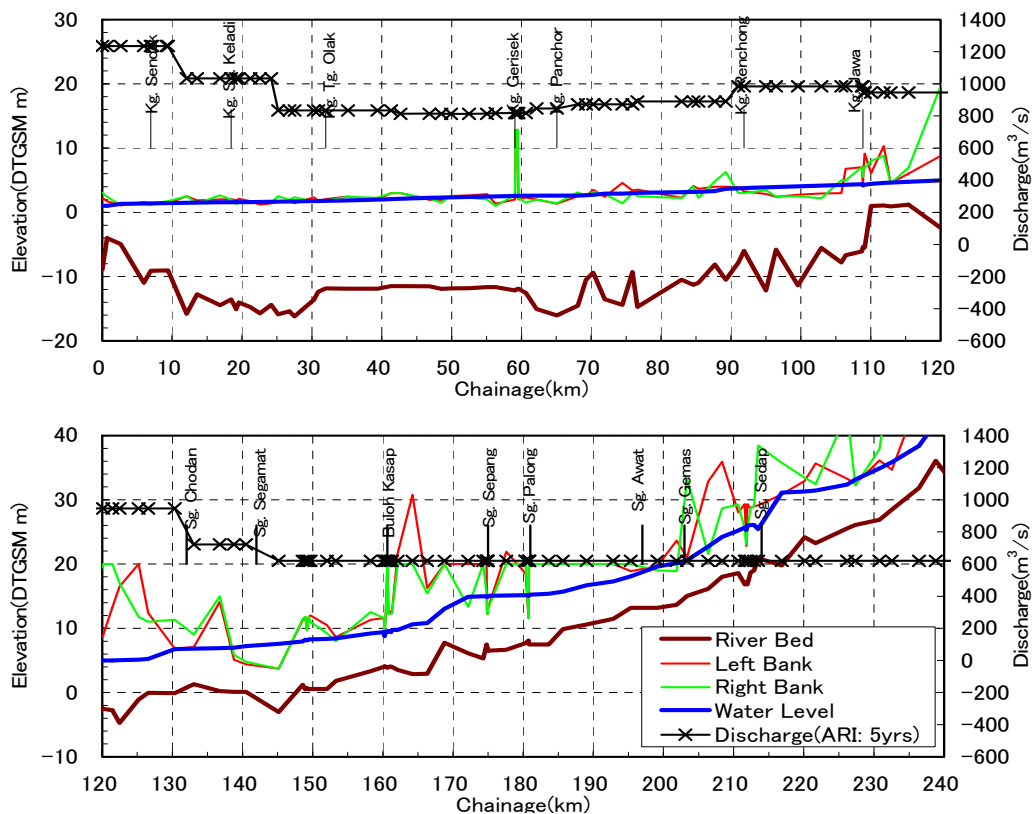


図 1.4.6 ムアール川の5年確率洪水水位縦断

1.4.4 河川構造施設

河川構造施設としては、ムアール川河口の町、Kuala Muar から Buloh Kasap までに橋梁、船着き場及び堤防や小規模ゲートがあるのが確認された。

(1) 橋梁

河口からBuloh Kasapまでの7箇所に橋梁が確認された。これらの橋梁は、洪水流下、水運のために十分なクリアランスが確保されているが、いくつかの古い橋梁については、スパンが短いあるいは、桁が低いなどの理由により、流下能力の低下要因になっていると考えられる。また、図 1.4.7の左写真のような現在使用されていない橋は、洪水の阻害要因となる。

Abandoned old bridge on the Muar River at
Kg. Kuning Patah

Railway Bridge on Gemas River

図 1.4.7 橋梁による流下阻害

(2) 船着き場

ムアール川には、河川沿いの居住者のために多くの船着き場が確認される。これらの施設（コンクリート又は木造）の多くはDID、Marine Department、Fishery Department、local authoritiesや個人によって建設管理されている。

Muar Town には4つの木造船着場が確認されている。Gerisek Bridgeより0.7 km下流の採石場、Gerisek Town、Panchor Town、Bukit Kepong Townではコンクリートの船着場が確認されている。



図 1.4.8 Kg. Kundang Ulu での海上交通

(3) 堤防

1970から1980年代に、堤防及び排水系統への塩水流入防止のための管理施設が数か所の地点（Sg. Temian, Sg. Pergam, Sg. Tanjung Selabu and Sg. Tanjung Olak）に建設された。現時点では、関係部局に資料は存在しない。

(4) ダム

ムアール川流域には、治水容量を有する多目的ダムは建設されていない。上工水及び農業用水供給としては、表 1.4.3に示す5つのダムがある。

表 1.4.3 ムアール川のダム施設

ダム名	流域面積(km ²)	有効貯水量(m ³)	貯水面積(km ²)
Terip	23.0	2,081,000	4.0
Pedas	7.7	22,000	0.6
Upper Muar	148.0	3,242,000	14.5
Kelinchi	37.0	2,272,000	2.5
Gemench	37.0	1,307,000	3.0

1.4.5 河岸侵食

2006年、ムアール川の河岸侵食は Kg. Melayu の墓地の崩壊の新聞記事により関心を集めた。2006年の洪水は最大潮位(+1.51m)の出現と重なり、河岸の墓地の数か所が甚大な影響を受け、Johor DIDは、緊急河岸防止工として、蛇籠及びサンドバッグ工を実施した。

2008年4月には、Kg. Panchorの河岸の地盤沈下があり、道路が崩壊した。現地調査を通じて、Bukit Kepongの国道32号線沿いでも河岸侵食が確認された。



Kg. Melayu の緊急工事



2008年4月のNight Market, Panchorでの河岸崩壊



国道32号線のKg. Bukit Kepong

図 1.4.9 河岸侵食地点

河岸侵食は河川管理を行う上で、主要な課題のひとつとなっており、DID Muar District は、ムアール川下流部の河岸侵食モニタリングを実施している。DID Muar District において特定されている河岸侵食地点を図 1.4.10 に示す。10 地点における河岸侵食の顕在化が確認されている。



図 1.4.10 河岸侵食地点

1.4.6 土砂堆積と流送土砂量

(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送流土砂は、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。

1994年にJICAによって行われた全国河口処理計画調査によると、ムアール川は、(1)物理面（河口部の最小水深と船舶の喫水との比較）、(2)経済面（河口を往来する漁業従事数）、(3)社会面（漁業従事者から河川管理者への苦情内容）、という3つの側面から判断して非常に深刻な状態のレベルにあると認識されている。しかしながら、数回開催したステークホルダー会議において現状を確認したところ、土砂関連の問題はSegamat川の土砂堆積以外に意見が出てこなかった。

(2) 流送土砂量

ムアール川本川中流部のBuloh Kasap観測所（Segamat川合流前）における浮遊砂量を下表に整理する。この結果から、中流部においてはおよそ年間0.2百万トン(6,432×30)の浮遊砂が流下していることとなる。

表 1.4.4 Buloh Kasap 観測所における日浮遊砂量 (トン/日)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
平均	424	730	749	574	909	286	165	56	127	264	926	1,222	6,432
最大	5,605	8,737	6,007	6,638	4,397	3,236	3,705	696	1,177	2,097	4,349	5,471	-
最小	8	7	5	2.5	2	2	2	3	4	7	15	19	-

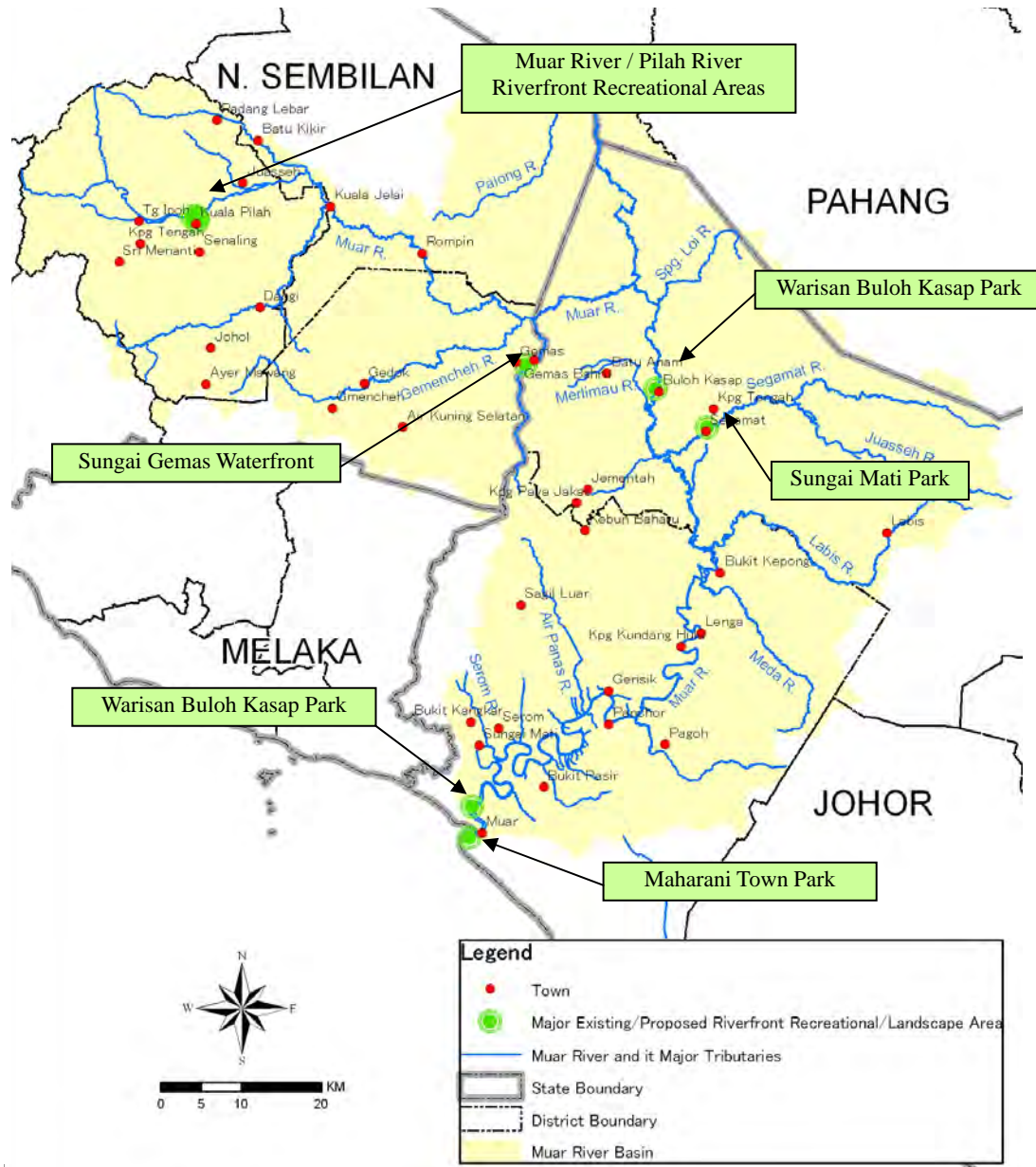
Source: Master Plan Study on Flood Mitigation and River Management for the Muar River Basin, 2003

また、浮遊砂の観測濃度は、ムアール川の中下流部において平均50mg/lであるため、Mutreja (1986), Design of Small Dams (1983) and Borland and Maddock(1951)等の研究によると、浮遊砂に対する掃流砂の割合は、25%から150%の範囲にあると考えられる。よって、掃流砂は、年間0.05百万トンから0.3百万トンとなり、全流送土砂量は、年間0.25～0.5百万トンと算定される。

1.4.7 河川景観

河川は、洪水を流下し水利用の基幹となる機能を有するが、水辺活動や河川景観も重要な要素である。DID は河川管理の役割を持っているが、河川景観と水辺レクリエーション設備の整備は Local

Aurthority (LA) が行っており、河川景観整備のガイドラインは各 LA エリアの Local Plan に掲載されている。ムアール川流域内の重要河川景観箇所は図 1.4.11 に示す。



出典: Local Plans for Negeri Sembilan and Johor

図 1.4.11 ムアール川流域の重要河川景観箇所

1.5 洪水特性

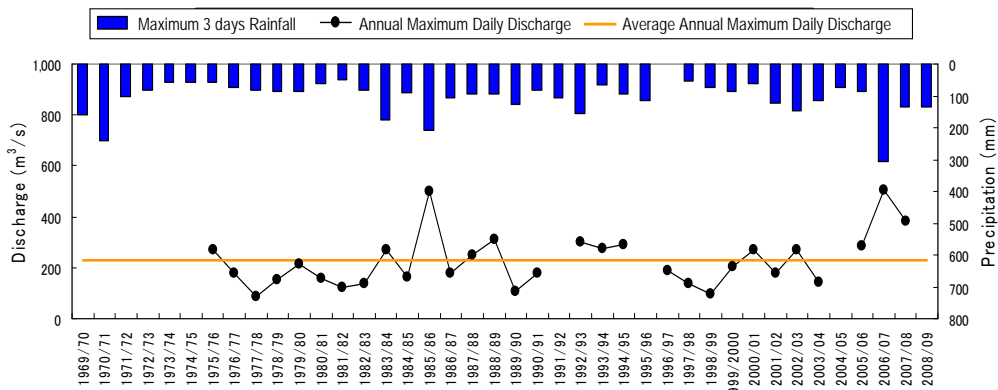
1.5.1 ムアール川流域の洪水の特徴

収集した水位データを分析すると、ムアール川流域の洪水のピークは通常 10 月から 3 月の間に現れ、特に、北西モンスーンの影響が強い 12 月から 1 月に集中していることが判った。流量については、本川中流部(Segamat River 合流前)の Buloh Kasap 観測所における平均ピーク流量と最大ピーク流量が、それぞれ $244\text{m}^3/\text{s}$ 、 $507\text{m}^3/\text{s}$ (2006 年 12 月洪水) となっている。なお、ムアール川における Buloh Kasap 観測所から下流の流量は、下流部に設置されている他の水位観測所で算定されていないため不明である。

ムアール川の氾濫原は、地形特性に応じてムアール本川および支川沿いの低平地に広がっている。上流部の地形は比較的急峻なため、Negeri Sembilan 州からの洪水の流れを速めており、Johor 州の洪水危険度を高める要因になっていると思われる。そのため、両州の境界から下流に位置する Buloh Kasap から Gerisik にかけては、その上流部が深刻な状態でなくとも、洪水が頻繁に発生すると言われている。特に、ムアール川中流部に合流する Segamat 川近傍においては、Segamat 川流域に降る降雨強度の大きい降水と、ムアール川の洪水時の背水とが相まって、深刻な洪水氾濫危険地域となっている。さらに、地方 DID スタッフによると、ムアール川の支川上流部の都市 Labis および Pagoh についても、支川からの氾濫による洪水頻度が高いことが報告されており、Negeri Sembilan 州においては、近年の洪水で氾濫した比較的大きな都市として Gemas が唯一挙げられている。

1.5.2 既往洪水

最近 40 年の水文資料を整理して得られた流域平均雨量と流量の時系列図(図 1.5.1 参照)によると、2006/07 年洪水の降水量が最も大きく、次いで 1971 年 1 月洪水が大きいことが判る。この図から判る様に、1971 年 1 月洪水以来、平均年最大洪水を超過する程度の洪水は発生するものの、1971 年 1 月洪水時および 2006 年 12 月洪水時よりも規模の大きい降水は発生していない。ちなみに、1926 年洪水は、マレーシア国民に 19 世紀における最大洪水と認識されているが、その洪水の特徴を示す資料が非常に少ない。



Note: 1971/72 discharge data was observed 2625412 (Jalan Gemas Station) which is located more than 40 km upstream of Buloh Kasap St.

図 1.5.1 年最大流域平均雨量と Buloh Kasap 地点ピーク流量

ムアール川流域における 2006/07 年洪水および 1971 年 1 月洪水の洪水の規模は、流域平均雨量を用いた降雨解析により、それぞれ 71 年確率規模、33 年確率規模と算定される。なお、その他の洪水規模については、殆どの洪水の確率規模が 1.1 年から 10 年確率規模であり、その中で突出している洪水は 1986 年(20 年確率規模)であった。これらの洪水のうち、1971 年 1 月洪水および 2006/07 年洪水の状況について下記に記す。

(1) 1971 年 1 月洪水

近年 40 年で 2 番目に大きい 1971 年 1 月洪水時においては、流域の 380km² が浸水し、5 万人に影響した。さらに間接被害を含めて 14.5 百万ドルの被害を与えた。1971 年 1 月洪水の規模は、4.4 節に示すように流域平均 3 日雨量の降雨解析によって 33 年確率規模と算定される。この洪水時における流域平均日雨量および Bulok Kasap 水位観測所における水位を図 1.5.2 に整理した(ピーク水位近傍のデータは欠測している)ところ、1970 年 12 月 28 日から 1971 年 1 月 5 日にかけて合計 400mm (年間の 4 分の 1 以上の降水量)の流域平均雨量が発生している。また、深刻な洪水の要因の一つとして前期降雨が 10 月から続いていることが考えられる。

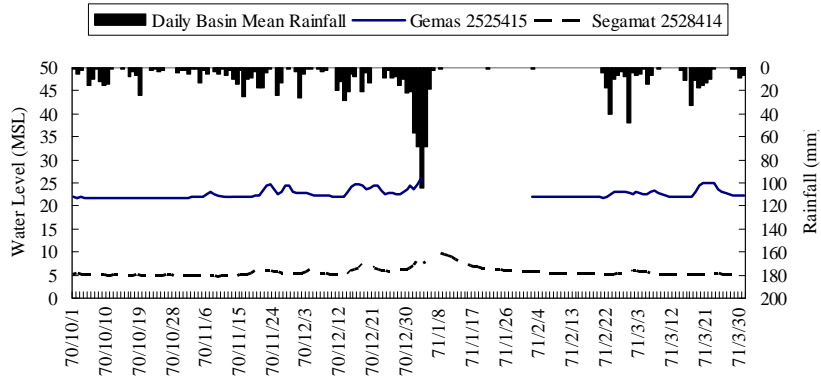
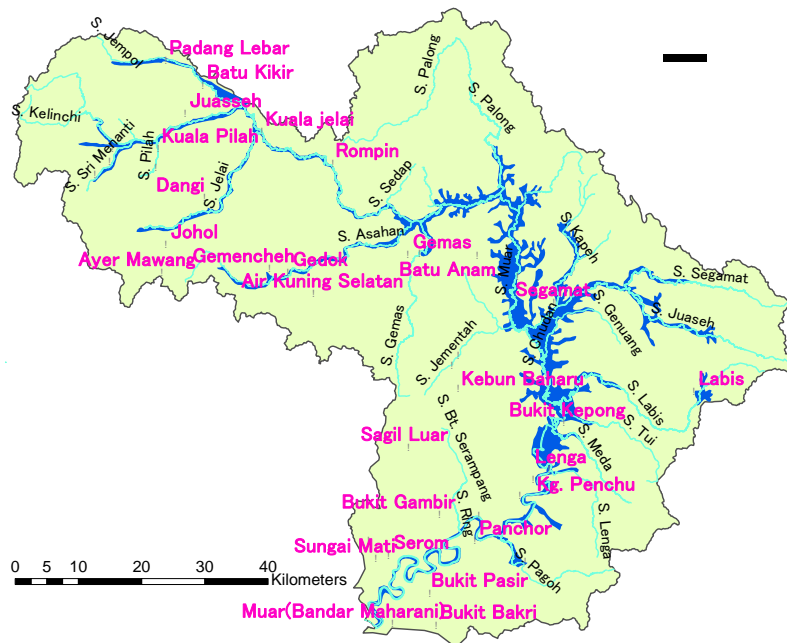


図 1.5.2 Gemas and Segamat Station 観測所における観測水位と流域平均雨量 (1971年1月洪水時)

1971年1月洪水の洪水氾濫域については、水資源開発計画調査(1982年JICA)の情報を元にGISデータを作成し、に示すように整理した。



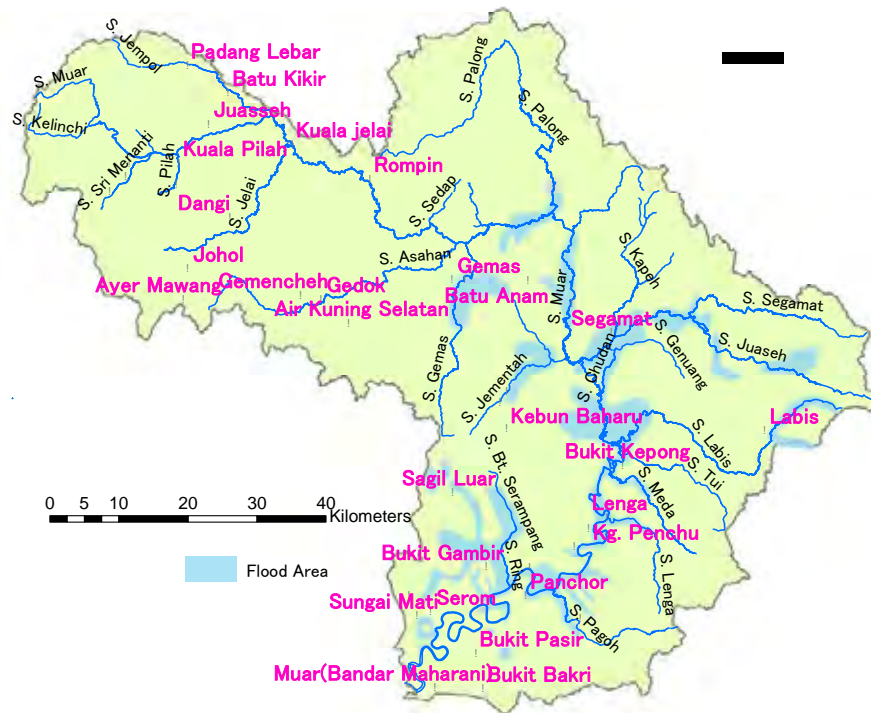
Source: 全国水資源開発計画調査(1982年, JICA)

図 1.5.3 1971年1月洪水の洪水氾濫域

(2) 2006/07年洪水

Johor州の洪水報告書(Flood Report)によると、この洪水により主に2006年12月19日～31日と、2007年1月12日～7日の2度にわたってムアール川流域は洪水被害を受けた。なお、最も連続降雨の降雨強度が強かった時期は、2007年1月11日から14日の間であり、洪水の規模は降雨で算定すると60年確率規模で、連続3日雨量(流域平均雨量)の合計は307mmであった。

ムアール川流域の被害状況については、Negeri Sembilan Districtに比べてJohor DistrictとMuar Districtが大きな被害を受けており、これはDIDが作成した等雨量線図が示すように雨量分布が西高東低型になっていることが原因である。このような降雨分布の中、ムアール川流域の西部に位置するため最も被害を受けたSegamatにおける降水量は、Ladang Chan Wing 降雨観測所において、日雨量189mm、二日雨量で445mmに達している。なお、これらSegamat Districtで観測された地点雨量の降水確率は100年確率を超過していた。



Source: DID

図 1.5.4 2006/07 年洪水の氾濫区域

ムアール川本川の水位観測所Buluh Kasap およびBukit kepongにおいては、DIDで設定している危険水位をそれぞれ2.07mおよび1.72m超過し、Bukit Kepongにおける超過は1週間継続した。当該洪水中の避難者数は表 1.5.1の通りである。

表 1.5.1 避難者数

州	District	避難者数
Johor	Muar	5,611
	Segamat	6,593
Negeri Sembilan	N/A	N/A

ムアール川の各流域における浸水深、氾濫地域、洪水継続時間については、DIDの洪水報告書の情報を元に表 1.5.2に整理した。

表 1.5.2 2006/07 年洪水の状況

河川あるいは流域	浸水深	期間
Bukit Kepong	0.50 to 1.28 m	7 to 10 days
Serom River	1.40 to 2.50 m	10 days
Lenga River	1.35 to 1.60 m	10 to 12 days
Jorak/Pagoh	1.50 to 2.17 m	8 days
Bukit Serampang River	0.68 to 1.82 m	10 days
Kundang	0.60 to 1.50 m	8 to 10 days
Air Hitam	1.30 to 1.36 m	10 days
Terap River/Raya River	0.42 to 0.56 m	6 to 9 days
Bakri	0.54 to 1.00 m	7,8 days
Muar	0.50 to 2.50 m	3 to 7 days
Segamat River	1.00 to 2.80 m	7 days

*: Inundation area should be more than the record according to DID Johor

1.5.3 洪水氾濫区域

(1) 浸水危険区域

収集した幾つかの洪水氾濫区域図（①1982年の全国水資源開発計画調査による1971年1月洪水の洪水氾濫区域図、②2003年のNational Registration of River Basinにおける洪水危険区域図、③DIDによる2006/07年洪水氾濫区域図）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の対象区域を設定するために、ムアール川流域の浸水危険区域を作成した(図1.5.5参照)。

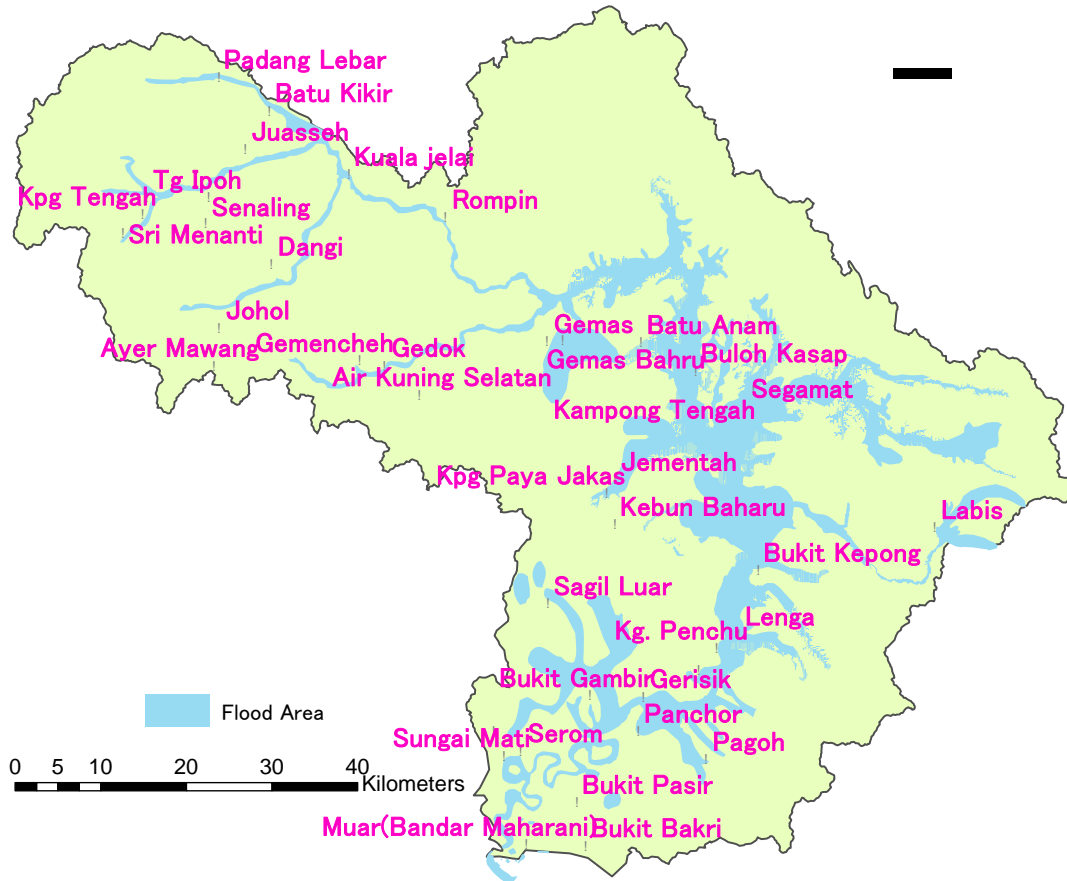


図 1.5.5 浸水危険区域

(2) 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1.5.3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、“洪水の主要因”については、図1.5.5で示した浸水危険区域内に位置していれば「河川の越流」とし、現在の基幹排水路が25年以下の整備状況であれば「内水」を要因とした。

表 1.5.3 主な都市・町の洪水に対する脆弱さ

市・町	人口 (2000)	洪水の主要因		氾濫域内	本川沿 い	支川沿 い	WG での意見の 有無
		河川の越水	内水				
Bukit Gambir	4,538	✓	N/A	✓		✓	
Gerisik	1,429	✓	N/A	✓	✓		
Panchor	681	✓	N/A	✓	✓		
Pagoh	1,597	✓	N/A	✓		✓	✓
Kundang Hulu	672	✓	N/A	✓	✓		
Lenga	752	✓	N/A	✓	✓	✓	
Bukit Kepong	349	✓	N/A	✓	✓		
Labis	6,868	✓	N/A	✓		✓	✓
Jementah	5,199	✓	N/A	✓		✓	
Tengah	240	✓	N/A	✓		✓	
Segamat	29,647	✓	N/A	✓		✓	✓
Buloh Kasap	2,680	✓	N/A	✓	✓		
Batu Anam	3,066	✓	N/A	✓	✓		
Gemas	2,306	✓	N/A	✓		✓	✓
Rompin	176	✓	N/A	✓	✓		

第2回ワーキンググループ会議（Johor州）における洪水管理に関する議論では、洪水被害を受ける頻度の高さからPagoh、Labis、GemasおよびSegamatは洪水防御の対策の導入が必要な都市・町であるとの認識が高かった。その他の都市は比較的高地に有り、2006/07年洪水時に久しぶりに浸水したという理由から、上記の都市に比べて重要視されていなかった。

1.6 生態系

ムアール川流域には主に表 1.6.1に載っている5種類の森林が存在している。

表 1.6.1 ムアール川流域の森林種類³

森林種類	特徴
Lowland Dipterocarp forest	This type of forest generally covers terrestrial areas below 800 m a.s.l. Some of the important flora species are <i>Shorea</i> (Meranti), <i>Balanocarpus</i> (Chengal), <i>Vatica</i> (Resak), <i>Dipterocarpus</i> (Keruing), <i>Hopea</i> (Merawan), <i>Intsia</i> (Merbau) and <i>Dyera</i> (Jelutong).
Hill Dipterocarp forest	This type of forest normally found at areas exceeding 1000 m a.s.l. Some of the endemic vegetations are oaks, eugenies and conifers.
Upper Dipterocarp forest	The upper Dipterocarp forests at the higher altitude are rich in <i>Shorea platyclados</i> , <i>Agathis dammara</i> (Damar Minyak) and <i>Swintonia spicifera</i> (Merpauh). At the more level areas, species such as the Seraya and <i>Balanocarpus hei mii</i> (Chengal) can be found.
Peat swamp forest	This can be found at Segamat area. The common flora species are Jelutong and Nyatuh, including species of <i>Anacardiaceae</i> , <i>Sapotaceae</i> and <i>Myrtaceae</i> .
Mangrove forest	This can be found at the coastal area of the Basin. The common flora species are <i>Rhizophora</i> (Bakau), <i>Nipafruticans</i> (Nipah palms) and <i>Onco sperma trigillarum</i> (Nibong palms).

出典：National Water Resources Study 2000-2050

Department of Wildlife Protection and National Parksによると、詳細生物調査が行われていないため、ムアール川における生物データは不十分である。National Water Resources Study 2000-2050によると、一般的な水生生物は昆虫、甲虫、トンボ、甲殻類動物、魚類および両生動物である。河口に近い沼地では、豊富な nipah とマングローブ類の植物と生物が生息している。

³ Summarized from the National Water Resources Study 2000-2050

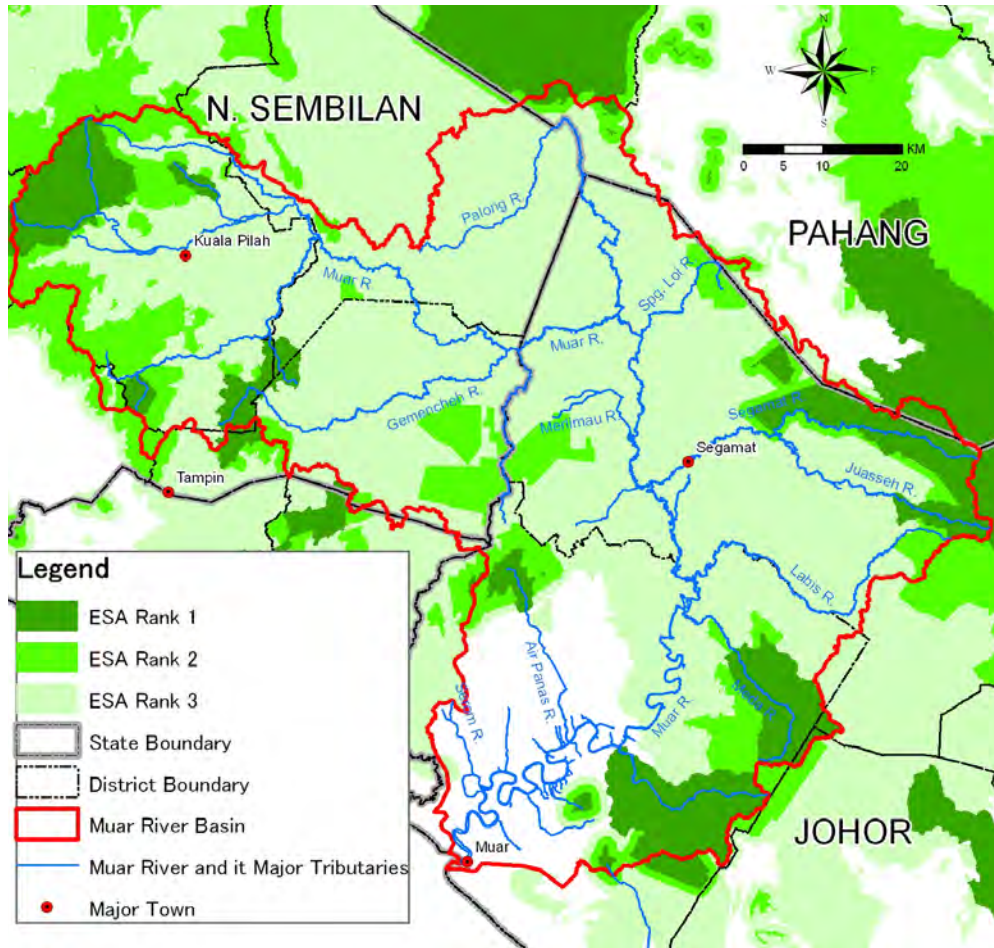
1.6.1 環境脆弱地域

自然環境の保全は IRBM 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 1.6.1参照）。ESA には3つのランクがあり、それぞれの開発規制は表 1.6.2 のようである。

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、サステイナブル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



出典: National Physical Plan, 2005.

図 1.6.1 ムアール川流域における ESA

1.7 水資源ポテンシャル

1.7.1 表流水

ムアール川流域は Negeri Sembilan 州、Johor 州、Melaka 州及び Pahang 州の 4 州から構成されているが、全流域面積 6,140 km² のうち Negeri Sembilan 州及び Johor 州が 97.4% を占めている。4 州の詳細な内訳は、Negeri Sembilan 州で 2,400km² (39.1%)、Johor 州で 3,580km² (58.3%)、Melaka 州で 10km² (0.2%)、Pahang 州で 150km² (2.4%) となる。

図 1.7.1 は長期流出計算より得られたムアール川流域の年間水収支を示したものである(詳細は 4.5 参照)。この図には、気候変動による影響予測結果も示している。

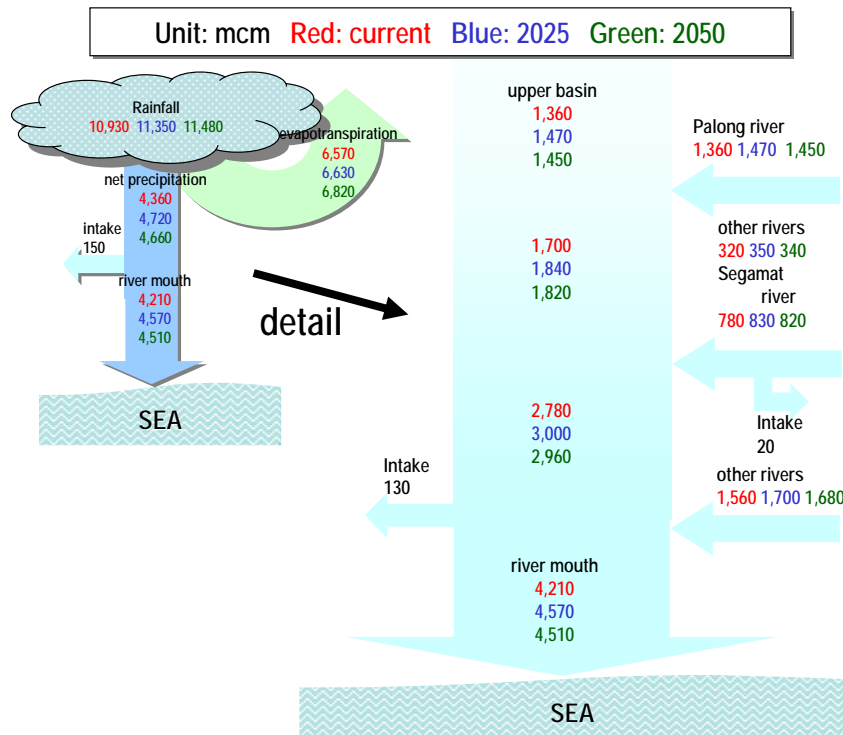


図 1.7.1 ムアール川流域の年間水収支

河口部における年間の流量は、図に示すとおり、42.1 億 m³ であり、これは、表 1.7.1 に示すように有効降雨量 710mm、あるいは一人当たり 6,600 m³ の水資源量に相当する。一人当たりの水資源量は、半島マレーシアの平均をやや下回る程度であるが、ほぼ同程度であるといえる。

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 ³)	30,586	4,360	152,330***
流域面積 (km ²)	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 ³ /km ²)	1.063	0.710	1.159
一人当たりの流出量 (m ³)	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

「the National Water Resources Study 2000-2050」によると、ムアール川流域では飲用を目的とした地下水利用は行われていない。ムアール流域では、1980年代、1990年代にそれぞれ水理地質調査が実施されており、その結果概要は表 1.7.2の通りである。調査では、沖積海岸層は主に粘土質からなっており、その地下水ポテンシャルは小さいとされている。

水資源としての地下水利用については、NWRS2000-2005において、配水システムによる水供給が困難な遠隔地など、限定的な利用にとどめるべきとしている。

表 1.7.2 ムアール川流域における水理地質調査結果

調査地点	調査結果	調査名
Gemas, Tampin District, Negeri Sembilan	Gemas の Combat Army Training Center に掘削された 3 つの井戸では合計 0.64 Mld が揚水可能である。Gemas の他の 3 つの井戸では 2.06 Mld が揚水可能である。	Groundwater Resource Study of Seri Gading Area, Johor and Rembau-Tampin-Gemas Area, Negeri Sembilan, 1981-1985
Bukit Gambir, Muar District, Johor	5 つ中 4 つの試掘孔では、塩分濃度の高い水が湧出した。他のものは水がない状態であった。	Hydrogeological Investigations at the Bukit Gambir Area, Muar District, 1991

1.7.3 渇水

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。ムアール川流域においては、1998年及び2007年に多少の灌漑地で渇水影響を受けたケースを除いて、これまで重大な渇水被害の発生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 および Terengganu) と東マレーシアの 2 州 (Sabah および 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、Administrative District、Local Authority の 3 層から成る。Local Authority Act によると、Local Authority は City Council、Municipal Council、District Council のいずれかに分類される。

ムアール川流域(6,140km²)には、Johor 州(58.3%、3,580km²)、Negeri Sembilan 州(39.1%、2,400km²)、Pahang 州(2.4%、150km²)、Maleka 州(0.2%、10km²)含まれが、Johor 州、Negeri Sembilan 州の 2 州でその 97.4%をしめる。両州の行政区分は表 2.1.1 の通りである。

表 2.1.1 Johor 州及び Negeri Sembilan 州における地方行政区分

State	Administrative District	Local Authorities		
		City Council	Municipality Council	District Council
Johor	- Johor Bahru - Ledang - Kulajaya - Muar - Pontian - Batu Pahat - Kota Tinggi - Mersing - Kluang - Segamat	- Johor Bahru	- Johor Bahru Tengah - Batu Pahat - Kluang - Kulai - Muar - Pasir Gudang	- Kota Tinggi - Labis - Mersing - Pontian - Segamat - Simpang Renggam - Tangkak - Yong Peng
N. Sembilan	- Jelevu - Jempol - Kuala Pilah - Port Dickson - Rembau - Seremban - Tampin	-	- Seremban - Nilai - Port Dickson	- Jelevu - Jempol - Kuala Pilah - Rembau - Tampin

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

Johor 州及び Negeri Sembilan 州では、Water Act 1920 (Cap. No.146) を改定する形で、それぞれ 2007 年に Waters Enactment No.3、1921 年に Waters Enactment No.66 が制定された。これらの Waters Enactment では、導水、河川沿いの土地利用、禁止事項、罰則などを含む州政府の役割や権限が規定されている。

Negeri Sembilan 州の Waters Enactment の特徴は、Enactment の適切な施行を目的として、水資源の管理・監督を担う Water Resources Director の任命がある。

Water Resources Director 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。Director of Water Regulatory Body (Badan Kawal Selia Air or BKSA) が Water Resources Director に任命され、以下の責務を負う。

- Water Resources Directorの役割は、州内における水資源の適切な配分を管理・監督することであり、そのために下記の責務を負う。
 - 水資源に関連する州政府組織への助言・提言
 - 水資源の持続的開発や効率的利用を促進するための州政府の関連組織間の政策調整
 - 州内の流域内・流域間導水の管理・監督
 - 河川流域界の設定に係る州政府への助言
 - 水環境の保全と持続的水供給に係る政策の調整・促進・実施
 - 水資源の効率的利用の促進及び水環境保全に係る住民意識の向上
- Water Resources Directorは、下記の権限を有する。
 - 河道内での活動や水質保全、取水に関する許認可権
 - 同法により規定されている役割の執行に係る料金・手数料の設定
 - その他関連法により定められる役割・権限の実施

Negeri Sembilan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のために、Water Resources Directorに関連する許認可権を与えている。Enactmentには、取水、水供給導水に係る許認可の種類や申請方法、罰則規定などが明記されている。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。

Negeri Sembilan州と比較して、Johor州のWaters Enactmentには、こうした政策調整や流域管理のための関連組織の連携についての明確な規定はない。Water Resources Directorの任命についての条項はない一方、導水事業や河道内もしくは河川周辺での建設事業などについての許認可は、州のCommissioner of Land and MinesあるいはState Secretaryに任命される許認可権者より発行される。このように、水資源に関しては土地と並んで州の資源として認識されている。

(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）
- Standard Procedures on Flood Relief Mechanism, National Security Council, 2001.
- 洪水災害に係る標準手順書No.2（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・district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。洪水に関しては、Standard Procedures on Flood Relief Mechanismにおいて、関連する組織の機能、責務が規定されている。

洪水災害に係る標準手順書では、洪水災害の発生前・発生前・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 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(BKSA)	- 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	- 河川水質の監視・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。

Johor州では、関連する州政府組織により構成されるState Water Resources Councilが設立される予定である。同Councilの主な役割は、流域管理に係る政策や事業について関連機関の調整を行うことである。

(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。

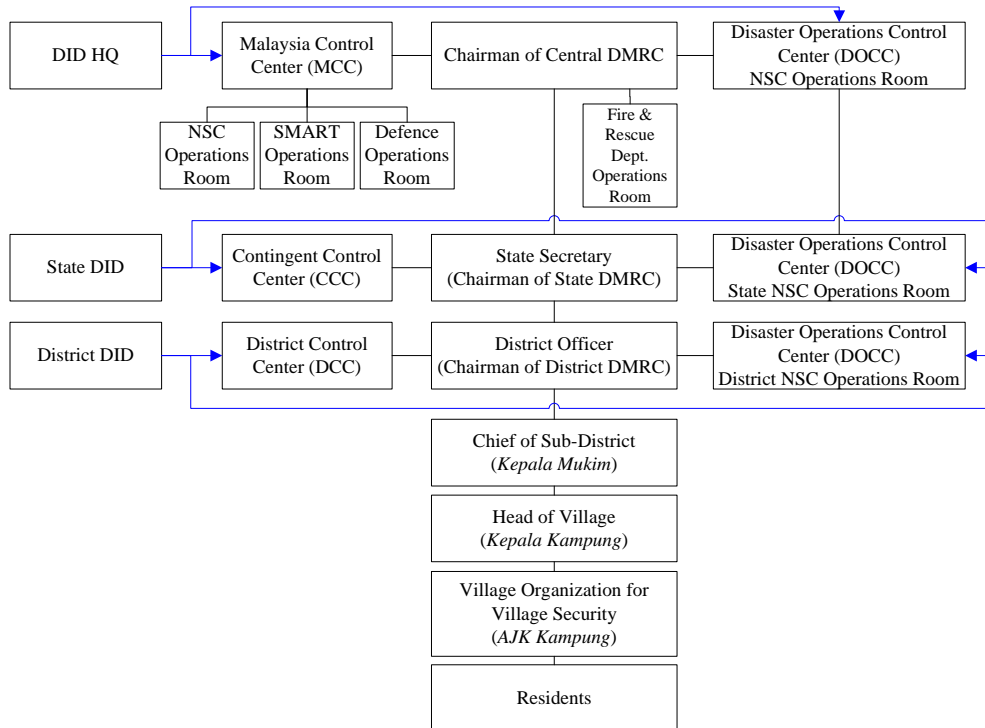
災害管理は、National Security Council指令第20号に定められる事故のレベルに基づいて行われる。

- 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、州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。国家安全保障局指令第20号によると、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の役割に関しては、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 経済概要

2.3.1 域内総生産(GRDP)

ムアール川流域は Negeri Sembilan 州と Johor 州にまたがっている。そこで、この2州の域内総生産について以下に述べる。統計上、報告されている数値は 2000 年時点のものだけなので、これによると、下表に示す通りとなっている。参考までにマレーシア全国のもの、ならびに隣接するパハン川流域にかかわる Pahang 州のものを併記した。下表はこれを要約したものである。

表 2.3.1 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 ⁽¹⁾	Johor ⁽²⁾	Pahan ⁽³⁾
2000 年現在	209,365	5,356	23,425	9,794
1990 年以降の年平均成長率	6.77%	6.93%	7.76%	8.60%

b) 一人当り GRDP

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

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

表に見る通り、関連する2州(パハン川流域に関連する Pahang 州も含めると3州)のうち、Johor 州の GRDP がもっとも大きい。また一人当たり GRDP についても Johor 州が圧倒的に大きい。また、過去10年間の一人当たり GRDP の伸び率についても Johor 州が他を圧倒して高い。このことから、基本的に Johor 州の産業構造が他と異なることが容易に見てとれる。

2.3.2 関連各州の労働力と産業構造

流域関連の2州における労働力は下表に示すような変遷をたどってきている。Negeri Sembilan 州においては2005年に対前年比でマイナス1.60%となったが、それ以後は3.23%、1.86%、0.36%と増加してきている。また、Johor 州においては、2005年については0.34%増加しているが、2006年で0.02%の減少、2007年、2008年においてはそれぞれ0.55%、1.94%と増加している。ちなみに、Pahang 州においては2005年においては1.29%の増加を示しているが、2006年においてはマイナス1.56%と減少している。そして、2007年、2008年とそれぞれ5.04%、1.51%と増加している。労働参加率(Labor Force Participation Rate)に変動があるが、経済活動可能人口(15歳～64歳人口)はいずれも増加している。

また、表に見る通り、Negeri Sembilan 州においては失業率は2004年においては4.3%であるが、2005年以降は6%台で推移しており、これは少々高めである。しかし、Johor 州においては2004年においては1.1%であるが、2005年以降は2%台後半で推移していて、先進諸国と比較してもおおむね標準的であるといえる。ちなみに、Pahang 州においては2004年においては1.9%であるが、2005年以降は5%台で推移しており、Negeri Sembilan 州程ではないが若干高めである。総じて2004年時点においては失業率が低い、これは当時の社会的状況が背後にあるものと思われる。

表 2.3.2 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	887.4
	2005	606.6	1,975.6	911.9
	2006	619.3	2,017.8	935.3
	2007	631.8	2,060.6	958.3
	2008	644.2	2,103.9	980.8
上記人口のうち労働参加率	2004	65.6%	67.6%	63.0%
	2005	63.1%	66.3%	62.1%
	2006	63.8%	64.9%	59.6%
	2007	63.7%	63.9%	61.1%
	2008	62.7%	63.8%	60.6%
全労働可能人口(経済活動可能人口)(1,000)	2004	389.0	1,305.4	559.1
	2005	382.8	1,309.8	566.3
	2006	395.1	1,309.6	557.4
	2007	402.5	1,316.7	585.5
	2008	403.9	1,342.3	594.4
失業率	2004	4.28%	1.10%	1.85%
	2005	6.45%	2.77%	5.43%
	2006	6.52%	2.71%	5.51%
	2007	6.44%	2.65%	5.08%
	2008	n.a	n.a	n.a

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

下表は、これらの労働力がどのような分野の職業についているかを確認するために、その職業別の実態を要約したものである。

表 2.3.3 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	建設業	具調度販売業、嗜好品販売業、個人売・オートバイ販売・修理業、家庭調度販売業	卸売・小売業、車両・オートバイ販売	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	維持等	行政・国防・治安	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		

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

表に見る通り、Pahang 州に比べて Negeri Sembilan 州は農業に従事している人口の割合はかなり少ない。そして、その分「製造業」に従事している人口の割合が大きくなっている。Johor 州においてはその傾向がさらに顕著になっている。ということは、Negeri Sembilan 州や Johor 州においては、Pahang 州に比べていっそう市街化が進んでいることを裏付けている。そして、それはまた、洪水などが発生した場合、その被害状況が Pahang 州とは異なる様相を示すことを意味している。

2.3.3 農作物

全労働人口に対する農業従事者の割合の差異は、しばしば生産する農作物への差異と関連することがある。そこで、ここでは関連諸州の農作物の生産実態を明らかにした。洪水などが発生した場合には、作物別の作付け面積の差異が被害実態に大きく影響するからである。下表はマレーシアにおける代表的な基幹作物と換金作物の作付け面積の変遷を要約したものである。

表 2.3.4 関連各州における主要作物の作付け面積

(ha)

州	年	イネ(陸稲・水稲込み)	ゴム	アブラヤシ		ココナッツ		計
				大規模農園	小規模営農	大規模農園	小規模営農	
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	6,921	13,151	561,770	21,506	1,947	1,074	606,369
	2004	6,239	9,072	555,630	23,218	1,947	1,074	597,180
	2005	5,539	8,553	582,341	24,480	0	2,097	623,010
	2006	6,545	7,696	596,162	27,128	0	2,387	639,918
	2007	7,415	7,569	612,238	29,213	50	4,841	661,326

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

上表にはココアも含めなければならないが、その州別の資料が得られなかったので割愛した。面積的には、マレーシア半島部全域でも2007年時点で概略6,000 haとさほどの面積ではない。

作物としては上表に示したものの他、果樹類、蔬菜類、豆類・根菜類、トウガラシなどを含む各種ハーブ類、玉ねぎなどをふくむ芳香性作物、花卉類等々がある。下表にこれらの作付面積を要約した。

表 2.3.5 関連各州におけるその他の作物の作付面積

								(ha)
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	

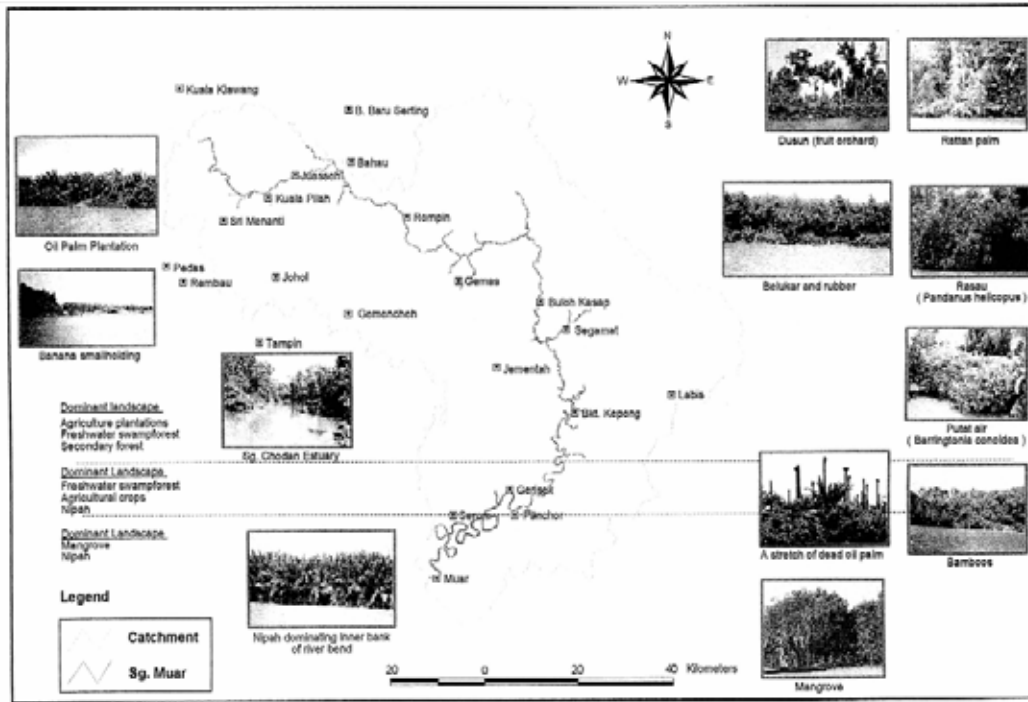
Source: "Perangkaan Agro-Makanan 2009" Ministry of Agriculture, Malaysia.

2.4 農業、家畜及び漁業

2.4.1 農業

「the Master Plan Study on Flood Mitigation and River Management for Sg. Muar River Basin」(以下、「the Master Plan Study for M.R.B」と称す。)によると、ムアール川流域における農業は以下のように要約される。

- 農地はムアール川流域の土地利用において大勢を占めている。
- 現行の河川沿いの景観は、アブラヤシ、ココナツ、ゴムの木、バナナや果樹園で形成されている。(図 2.4.1参照。)
- 大規模農場の大半は民間企業が所有しているのに対し、小規模な農場は地方の開発に伴って開拓されたものである。
- Kuala Pilah District のさらに上流では、米、ココア及びサトウキビ等も栽培されている。農場の大半、とりわけ果樹園とココナツ耕作地は小規模単位で運営されている。
- 河川沿いの村民は、種々の果物、野菜や換金作物が耕作されている小規模な村営耕作にも従事している。



Source : the Master Plan Study for M.R.B

図 2.4.1 ムアール川流域の河畔植物

2.4.2 家畜

2002年から2008年間のムアール川流域内の家畜は表 2.4.1 に示すとおりである。ムアール川流域内家畜について以下に取り纏める。

- 5年間に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と同様に、ムアール川流域内においても豚が家畜総数の大半を占め、第1位の座に来る。
- 次に家畜総数の25%を占める牛が第2位と続く。
- ムアール川流域内の豚の大半はJohor州側で飼育されている。

表 2.4.1 ムアール川流域内の家畜

年	家畜類	Johor 側	N. Sembilan 側	ムアール川流域	半島マレーシア	Sabah	Sarawak	Malaysia
2002	Cattle	8,670	13,108	21,778	663,468	41,154	9,532	714,154
	Buffaloes	175	1,470	1,645	79,387	40,934	10,924	131,245
	Goats	2,950	2,363	5,313	196,777	28,940	9,078	234,795
	Sheep	350	4,957	5,307	118,715	1,747	5,374	125,836
	Swine	37,500	1,320	38,820	1,486,708	99,179	461,289	2,047,176
2003	Cattle	8,875	12,356	21,231	698,705	42,380	11,415	752,500
	Buffaloes	135	1,622	1,757	80,023	42,160	11,185	133,368
	Goats	2,980	4,030	7,010	207,522	29,800	9,655	246,977
	Sheep	335	5,952	6,287	109,004	1,800	4,327	115,131
	Swine	37,700	1,325	39,025	1,421,657	114,780	534,249	2,070,686
2004	Cattle	9,000	10,538	19,538	731,484	43,860	12,040	787,384
	Buffaloes	70	1,486	1,556	83,454	43,210	11,434	138,098
	Goats	3,080	3,102	6,182	225,520	29,370	9,504	264,394
	Sheep	284	5,751	6,035	109,511	1,840	4,147	115,498
	Swine	36,900	1,300	38,200	1,483,515	83,299	544,033	2,110,847
2005	Cattle	8,930	11,446	20,376	723,771	45,170	12,375	781,316
	Buffaloes	79	1,628	1,707	79,495	44,500	9,237	133,232
	Goats	2,483	4,187	6,670	247,460	30,250	9,960	287,670

年	家畜類	Johor 側	N. Sembilan 側	ムアール川流域	半島マレーシア	Sabah	Sarawak	Malaysia
	Sheep	257	6,067	6,324	109,898	1,890	4,134	115,922
	Swine	36,900	1,300	38,200	1,528,942	120,000	386,705	2,035,647
2006	Cattle	9,180	10,592	19,772	731,732	45,802	12,210	789,744
	Buffaloes	64	1,634	1,698	77,581	44,144	9,150	130,875
	Goats	2,870	8,742	11,612	245,769	30,280	9,811	285,860
	Sheep	230	7,984	8,214	106,849	1,824	3,770	112,443
	Swine	36,750	1,350	38,100	1,528,443	115,440	391,345	2,035,228

Source; Veterinary N. Sembilan

2.4.3 漁業

「the Master Plan Study for M.R.B」によると、ムアール川流域では捕獲漁業及び養殖漁業が行われている。以下に要約を取り纏める。

(1) 捕獲漁業

捕獲漁業は、海面漁業、内水面漁業及びレクリエーションとしての釣りの3種類に区分けできる。

(a) 海面漁業

海面漁業は河口や島嶼、特にJohor州側で盛んである。

- 1996年には、Muarの水揚げ地で758人を越える漁師と141の漁船が記録されている。
- また、1996年の漁獲水揚げは88.26トンで主な魚種は、ガンギエイやサワラ等である。
- Muarの水揚げ地の水揚げ量は減少している。1990年代初頭以来のMelaka海峡からの水揚げ量に連動している。
- 漁業人口の高齢化に伴い、漁業の拠点としてのMuarの重要性が将来低下すると考えられる。

(b) 内水面漁業

「The Master Plan Study for M.R.B」を基に内水面漁業をまとめると以下のとおりである。

- ムアール川のJohor州側内には、Bukit Kepong、Panchor、Segamat及びLabisを拠点とする内水面グループによる相当の漁業が存在する。
- 大規模水揚げ地点の多くはMuar District及びSegamat District内にあり、主要な水揚げ地はMuar、Panchor、Bukit Kepong、Pengkalan Kota及びLabisにある。
- 漁業局はPengkalan Kotaの漁師のために施設を整備している。さらに、小規模の水揚げ地はムアール川沿いに見られる。
- Negeri Sembilan州では内水面漁業の漁師に対し、許認可行為を行っていないことから、内水面漁業及び水揚げ量について把握されていない。
- 1998年時点における許可済み漁具はMuar Districtで152個、Segamat Districtで247個である。多くの漁師は1個の漁具を所有する、つまり、漁具の数はほぼ漁師数に該当する。主な漁具は刺し網や杭等である。
- 1998年に記録されている水揚げ量は76.4トンで、卸値1.22百万RMと推定されている。そのうちの66%はMuar Districtからである。ムアール川の重要水産物は漁獲量の31%を占めるオニテナガエビと、同様に29%を占めるアジアンレッドテールキャットである。
- 1996年から1998年の合計の漁獲高は増加傾向にある。

- 図 2.4.2 に示すように、1996 年から 1998 年の 3 年間の水揚げ量全体は増加の傾向を示す。オニテナガエビは過去長年にわたって、漁獲量の 90% を占め内水面漁業の主役であったが、1996 年以來、草魚等にその地位を取って替わられてきている。

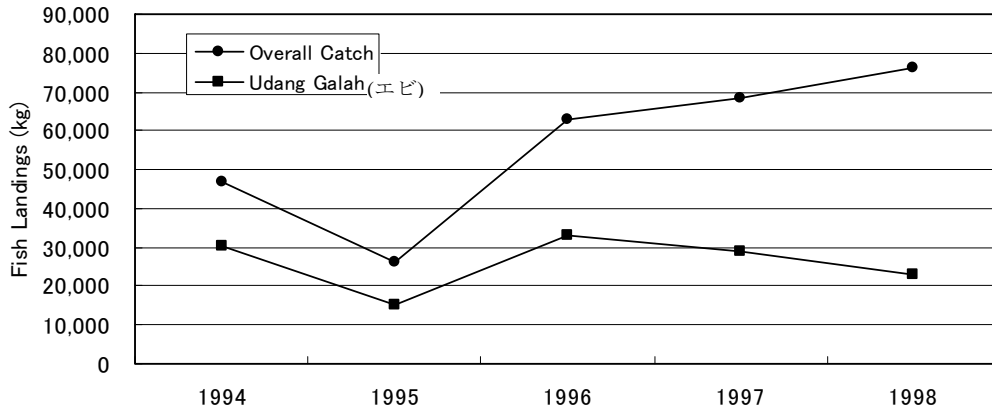


図 2.4.2 ムアール川流域の内水面水揚げ量推移

(c) レクリエーションとしての釣り

「The Master Plan Study for M.R.B」の調査結果を基に、レクリエーションとしての釣りは以下のように要約できる。

- ムアール川をレクリエーションとしての釣りに利用しているグループとして次の 2 グループがある。Muar、Segamat、Tampin、Kuala Pilah 及び Malacca 等の都市部の住民で、勤務時間外や週末等にムアール川で釣りをしている住民グループで、人数は不明である。
- 定期的にムアール川で釣りを楽しむ、ムアール川流域外のマレーシア人旅行者や主に Singapore からの外国人旅行者グループで、彼らの休暇中の楽しみは釣りを中心としたもので、ボートを借り上げ、釣り場へのガイドを雇うほどのものである。
- 前者グループの住民は主に川岸からの釣りを楽しみ、ボートからの釣りはまれでボートを使用する場合でも彼らが所有するボートである。
- レクリエーションとしての釣りの需要は表 2.4.2 に示すように推測される。

表 2.4.2 ムアール川流域内におけるレクリエーションとしての釣り需要予測

利用者	釣り人 (man-days/yr)*	費用 (RM)
住民 (川)	476,410	4,764,100
住民 (釣り堀)	14,628	1,170,000
旅行者 (国内/外国)	1,520	60,800
計	492,558	5,994,900

* 1 man-day = 8 hours

(2) 養殖

捕獲漁業に加え、養殖が行われている。牡蛎養殖が河口にて一度実施されたが生産量の少なさのために中止となった。ザルガイの養殖も河口にて実施されたが、事業継続するには不十分な数量であった。現在、河川内のカゴにより魚を養殖している。カゴによる養殖は以下の2地区で実施されている。

- ムアール川の河口、Sultan Ismail 橋の両側に広がって156カゴ又は1,404.72m²の規模を持つ3箇所の養殖場で、スズキやティラピア等、表 2.4.3 に示す塩分濃度の変化に対応性のある又は河口での生息に適性の高い魚種を養殖している。

表 2.4.3 ムアール川河口でのカゴ養殖場の生産高 (1998)

魚種	生産高 (kg)	価格 (RM)
スズキ	7,780	116,700
ティラピア	886	4,430
カニ	1,090	5,450
合計	9,756	126,580

Source: Department of Fisheries, Muar

- Panchor直前のBroholに46カゴ又は417.81m²の規模の8養殖場があり、ティラピアや雷魚等の淡水魚を養殖している。生産高は9.7トンでそのうちの90%以上がスズキである。養殖魚はMuar Townレストランに引き取られ、また、いくらかはJohor市やSingaporeのレストランにも送付されている。Broholの養殖場は放棄の瀬戸際にある。
- 1998年の生産高は300kgのみで全てティラピアである。カゴは悪条件下にあり、数ヶ所の養殖場はもはや稼働していない。この放棄の理由は確認されていない。現在のカゴ養殖者が行っている規模の拡大は利益につながらないと思われる。インタビューした養殖者のうちの2人は、汚染を確認している。1995年に10万RM以上相当の養殖ストックが汚染されたが、汚染源は特定されていない。そのため、養殖者は未だにカゴによる大量養殖に慎重である。汚染による損失は30%に達しているが、許容範囲内にある。

2.5 水利用と水資源

2.5.1 水資源開発概要

ムアール川流域は水資源が豊富であり、一部は流域界を越えて Melaka 州へと導水されている。河川水は生活用水、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。ムアール川集域には、こうした生活・工業用水の供給を目的として5つのダムが建設されている。また、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。地下水については、ほとんど利用されていない。

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、図 2.5.1のように当該部門の組織改正が行われている。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。

Negeri Sembilan州では2008年に州の水供給会社であるSAINSへと移行し、Johor州では2009年にSAHJに移行した。

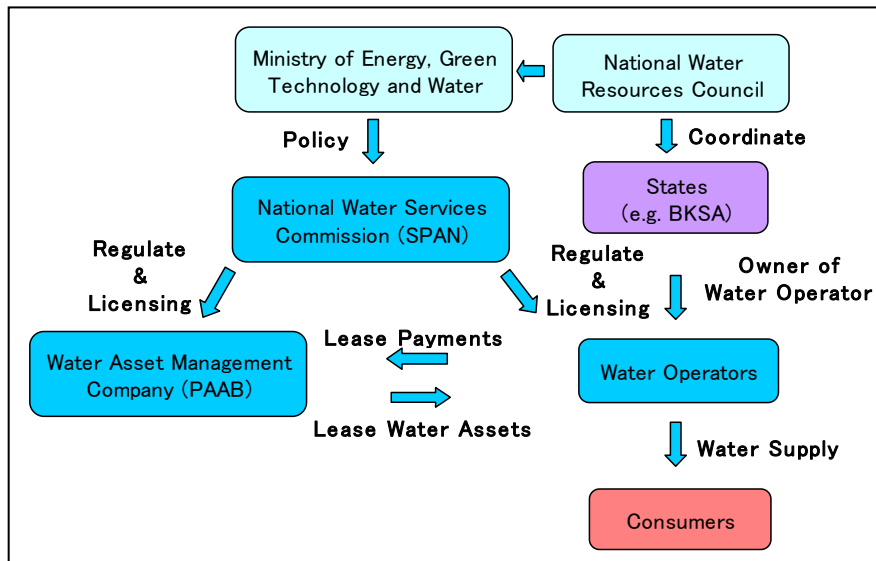


図 2.5.1 新しい給水事業体制

(2) 水処理プラントと水消費

ムアール川流域内には30の水処理施設がある。給水能力は表 2.5.1に示すように日量 517,850m³/dayである。2004-2008年のデータによると年間消費量は1.41-1.54億m³/yearのであり、これは当流域の表流水ポテンシャル42億m³の3-4%程度である。図 2.5.2に水処理施設位置、表 2.5.1に水処理施設一覧を示す。また、表 2.5.2に各Districtの水消費量を示す。



図 2.5.2 ムアール川流域の水処理プラント位置図

表 2.5.1 ムアール川流域内の水処理施設

No.	District 及び 処理施設名	給水能力 (m ³ /day)	主な消費地区	備考
	Kuala Pilah			
1	Ulu Bendul	2,700	Ulu Bendul, Terachi	
2	Talang	1,100	Kampong Kok	
3	Kuala Pilah	9,100	Bandar Kuala Pilah	
4	Bukit	2,300	Kuala Pilah	
5	Tengkek	2,300	Kampung Tengkek	
6	Kepis	3,400	Senaling/Sri Menanti	
	Sub-total	20,900		
	Tampin			
1	Gemencheh	45,500	Tampin/Sebahagian Rembau	N. Sembilan State Portion
2	Dangi	13,600	Tampin/Dangi/Gemencheh	
3	Pasir Besar	22,700	Felda Pasir Besar/Gemas/Palong	
4	Gemas Baru	36,400	Kolam Air Londah/Gemencheh	
	Sub-total	118,200		
1	Jempol			
2	Bahau	3,700	Pekan Bahau	
3	Jempol	36,400	Kolam Taiso Lama/Kolam Sg. Sebaling	
4	Kuala Jelai	68,200	Kuala Pilah/Bahau/Johol	
	Sub-total	108,300		
	Total	247,400		
	Muar			
1	Bkt Serampang	4,550		
2	Gerisek	45,460		
3	Gombang	3,180		
4	Panchor 1	12,730		
5	Panchor 2	36,360		
6	Panchor 3	36,360		
7	Panchor 4	18,180		
8	Gunung Ledang	13,640		
	Sub-total	170,460		
	Segamat			
1	Pemanis	2,270		Johor State Portion
2	Jementah	2,270		
3	Palong Timur	6,820		
4	Bukit Hampar	14,180		
5	Kg. Tengah 1	13,000		
6	Kg. Tengah 2	31,360		
7	Air Panas A	14,080		
8	Air Panas B	4,550		
9	Air Panas C	11,460		
	Sub-total	99,990		
	Total	270,450		
	G. Total	517,850		

Source: SAINS N. Sembilan, BAKAJ Johor

表 2.5.2 ムアール川流域内の現行表流水消費量

No.	District	2004	2005	2006	2007	2008	(m ³ /year)
1	Kuala Pilah	4,695,091	4,790,910	4,888,683	5,284,148	6,322,498	N. Sembilan State Portion
2	Tampin	26,458,360	27,830,111	30,385,168	33,365,392	33,629,613	
3	Jempol	33,418,608	34,100,620	34,796,551	34,606,052	35,799,077	
	Sub-Total	64,572,060	66,721,641	70,070,402	73,255,592	75,751,041	
1	Muar	52,083,765	52,394,516	51,112,311	51,975,670	53,214,160	Johor State Portion
2	Segamat	25,321,008	25,021,746	25,200,777	25,214,730	25,911,140	
	Sub-Total	77,404,772	77,416,262	76,313,088	77,190,400	79,125,300	
	Total	141,976,832	144,137,903	146,383,490	150,445,992	154,876,341	

(3) ダム

ムアール川流域内の給水は、5ダム及び31の水処理施設で行われている。さらに、図 2.5.3に示すように新たに4ダムが将来建設予定である。表 2.5.3にムアール川流域内の既設及び計画中のダムの概要を示す。

表 2.5.3 ムアール川流域内の既設及び計画中のダム

No.	ダム	既設	計画	流域面積 (km ²)	貯水容量 (百万m ³)	州
1	Talang (Ulu Muar)	X		144.0	53	N. Sembilan 州
2	Upper Muar	X		148.0	3,242	
3	Kerinci	X		37.0	50	
4	Gemencheh	X		36.9	30.8	
5	Langkap		X			
6	Juasseh		X	29.47	33.2	Johor 州
7	Gunung Ledang	X		10.29	0.3	
8	Segamat		X	67.9	60	
9	Meda		X	120.5	190	

Source: SAINS N. Sembilan, BAKAJ Johor

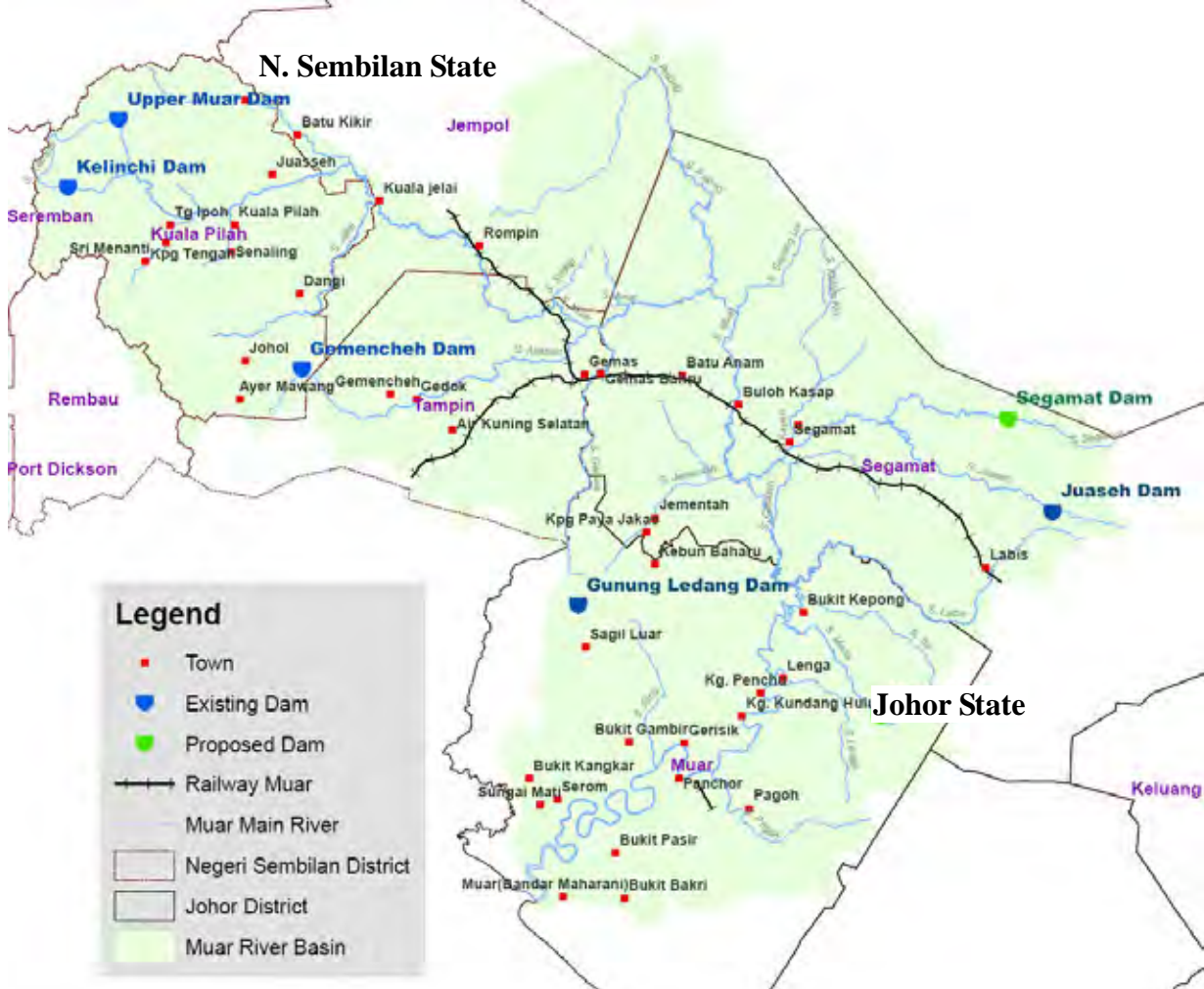


図 2.5.3 既存および計画ダム位置図

(4) 水需要量

“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 2.5.4 のようである。合計水需要量は低位推定で9億m³/year、中位値で12億m³/year、上位推定で14億m³/yearとなっている。

表 2.5.4 ムアール川流域における生活・工業用水需要量

シナリオ	州	District	年間水需要量(百万 m ³ /year)					
			2000	2010	2020	2030	2040	2050
Low Growth	N. Sembilan State	K. Pilar	33	41	49	59	67	77
		Tampin	40	53	67	84	99	116
		Jempol	77	103	128	158	186	216
	Johor State	Muar	115	141	176	220	263	286
		Segamat	69	86	106	125	208	228
	Total			336	425	525	646	824	922
Planning Growth	N. Sembilan State	K. Pilar	35	45	56	69	81	94
		Tampin	42	59	77	98	119	142
		Jempol	81	114	147	186	223	264
	Johor State	Muar	158	195	230	276	321	368
		Segamat	112	142	178	216	254	293
	Total			428	554	688	846	999	1,159
High Growth	N. Sembilan State	K. Pilar	36	50	65	81	97	115
		Tampin	44	64	88	116	143	173
		Jempol	84	124	169	219	267	322
	Johor State	Muar	158	204	254	314	369	431
		Segamat	112	150	197	246	292	343
	Total			435	593	774	975	1,169	1,384

Source: National Water Resources Study 2000-2050

(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 2.5.5 はSAINS Negeri Sembilan、BAKAJ Johor、“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 2.5.5 ムアール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
K. Pilah	20.9	Kualah Pilah WTP Phase 2, 40 MLD	2023	60.9	Negeri Sembilan State Portion
Tampin	118.0	Barrage, 115 Mld	2010	233.0	
		Rembau WTP Stage I, 36 Mld	2010	269.0	
		Dangi WTP Phase II, 40 Mld	2014	309.0	
		Rembau WTP Stage II, 36 Mld	2028	345.0	
		Rembau WTP Stage I,II 36 Mld	2041	381.0	
Jempol	241.3	Jelai WTP Phase II Stage I, 45Mld	2001	286.3	
		Jelai WTP Phase II Stage II, 45Mld	2003	331.3	
		Jelai WTP Phase III, 45Mld	2030	376.3	
		Jelai WTP Phase IV, 60Mld	2039	436.3	
Muar & Segamat	270.45	Segamat Dam 450 Mld	2018	720.45	Johor State Portion
		Meda Dam 550 Mld	2037	1,220.45	

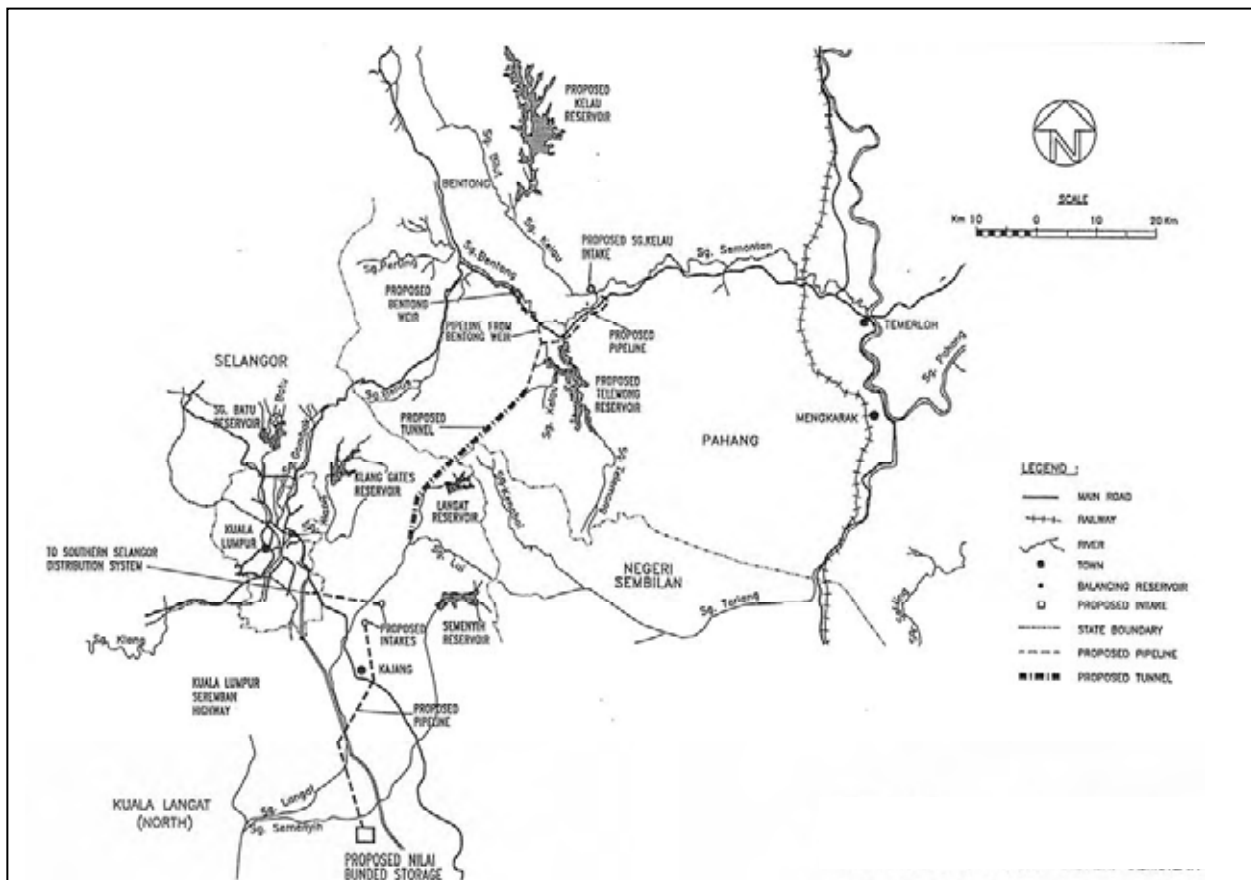
Source: SAIN Negeri Sembilan, BAKAJ Johor and “National Water Resources Study 2000-2050”

(6) 州間導水

“National Water Resources Study 2000-2050”では、州間導水計画が推奨されており、これに沿って現在、Pahang-South Selangor Water Transfer Projectが実施されている。また、ムアール川からMelaka州のDurian Tunggal Damまで日量110,000m³の導水が行われているJohor-Melaka water transferについてもその拡張が提案されている。

(a) Pahang-Selangor-Negeri Sembilan

現在実施中のPahang-Selangor Water Transferを拡張し、パハン川の水をNegeri Sembilan州にも供給する計画がある。当該計画では、合計導水量3,170,000 m³/日のうち、1,000,000 m³/日をNegeri Sembilan州に導水することとしている。

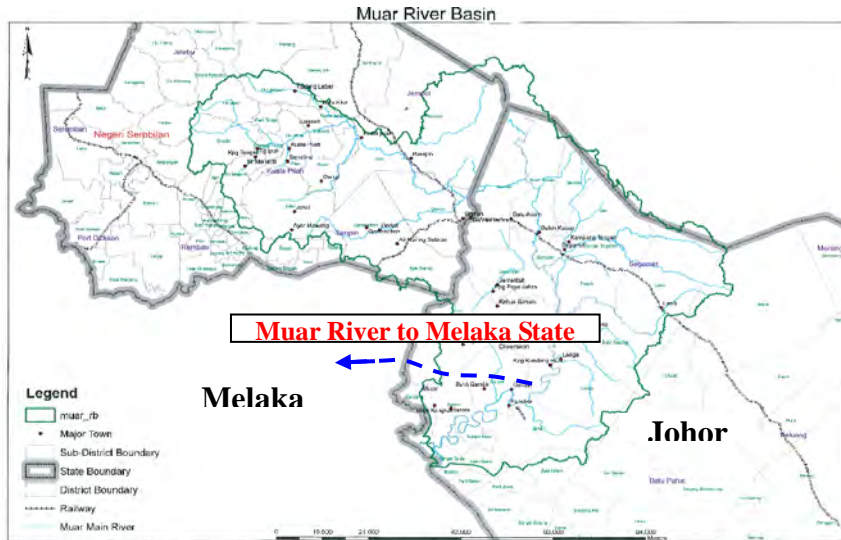


Source: National Water Resources Study 2000-2050

図 2.5.4 州間輸送ルート図 (Pahang から South Selangor および Negeri Sembilan)

(b) Johor 州から Melaka 州へ

“National Water Resources Study 2000-2050”によると、Johor州からMelaka州への現況の導水量である日量1.1億リットルは、Segamat DamとMeda Dam、ムアール川流域での新たな取水設備の建設と合わせて2050年までに7.78億リットルへと増加する。Sagamat DamとMeda Damの完成年はそれぞれ、2018年、2030年である。導水経路は図 2.5.5の通りである。



Source: National Water Resources Study 2000-2050

図 2.5.5 州間輸送ルート図 (Johor 州から Melaka 州へ)

2.5.3 灌漑

(1) 灌漑事業

ムアール川流域内には表 2.5.6 に示す 16 の灌漑事業がある。Negeri Sembilan 州及び Johor 州における灌漑事業の面積は、それぞれ 2,488 ha、581 ha の計 3,069 ha である。事業の位置は図 2.5.6 に示すとおりである。

表 2.5.6 ムアール川流域内灌漑事業

Scheme	Irrigation Area (ha)	State	
Kuala Pilah			
Skim Pengairan Padi Sungai Muar 1 & 2	567	N. Sembilan 州	
Skim Pengairan Terachi bt 14	117		
Skim Pengairan Terachi bt 17	146		
Skim Pengairan Tanjung Ipoh	340		
Skim Pengairan Ulu Jempol 1,2,3,4,5	562		
Skim Pengairan Ulu Ghalib	12		
Skim Pengairan Kg. Birah	12		
Tampin			
Skim Pengairan Kg. Londah	194		
Skim Pengairan Kg. Bangkahulu	87		
Jempol			
Skim Pengairan Kuala Jempol 1	226	Johor 州	
Skim Pengairan Kuala Jempol 2	225		
計	2,488		
Muar			
Sawah Ring	267		
Pulau Penarek	50		
Kesang Gate	32		
Kesang Tasek	67		
Teluk Rimba	165		
計	581		
合計	3,069		

Source: D.I.D N. Sembilan and D.I.D Johor



図 2.5.6 ムアール川流域内の灌漑取水位置

(2) 作付け体系

“National Water Resources Study 2000-2050”を基に、現行の作付け体系は以下のように要約することができる。

- 河川表流水に依存している小規模農地では、灌漑用水は水量調節施設により川から用水路へ引き込まれ、重力により耕作地へ導水される。
- 大規模灌漑農地の多くでは、植え付け作業日をブロック単位でずらすことにより労働負荷を小さくすることができる。特に、代掻き期においては労働力ピーク及び機械の需要を分散できる。
- ムアール川流域内では大規模農業は行われておらず、小規模農業のみである。表 2.5.7に小規模農業での一般的な灌漑スケジュールを示す。

表 2.5.7 小規模農業の灌漑スケジュール

ISA	Start Irrigation	Stop Irrigation
メインシーズン	8月	2月
シーズンオフ	3月	7月

(3) 灌漑用水の需要量

“The National Water Resources Study 2000-2050”によれば、ムアール川流域に穀倉地帯は存在しないが、Jhor州、Negeri Sembilan州には多くの小規模灌漑スキームが存在する。しかし、労働力流出や不足などによって、多くは放棄された状態にあり、作付け密度は小さい。こうした土地は長期的には、住宅地やより高価な換金作物の農場へと転換されるものと考えられる。

灌漑による水需要量は2050年までに減少することが予測されている。ムアール川流域内の灌漑用水の需要量は、“The National Water Resources Study 2000-2050”の調査結果を基に表2.5.8に示すように算定できる。

表 2.5.8 ムアール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 ³)						備考
	2000	2010	2020	2030	2040	2050	
Mini Granary Schemes	3	2	2	2	2	2	N. Sembilan 州
Minor Irrigation Scheme	54	27	27	27	27	27	
Mini Granary Schemes	12.8	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	Johor 州
Minor Irrigation Scheme	20	10	10	10	10	10	
Mini Granary Schemes	15.8	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	ムアール川流域
Minor Irrigation Schemes	74	37	37	37	37	37	
合計	89.8	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	

2.5.4 水運

(1) 現状

“the Master Plan Study for M.R.B”によると、半島マレーシアの内水面舟運は以下に示す5パターンである。

- a) 漁船 (海洋)
- b) 漁船 (河川)
- c) 旅客船
- d) 貨物船
- e) 登校、通勤及びショッピングを含む村民の毎日の交通手段のための船舶

ムアール川流域においては、舟運は上記のうちのb)とe)である。ただし、Kuala Muarではさらに、a)及びd)の利用も行われている。以下にムアール川流域内の舟運についてとりまとめて示す。

- Muarの海事局長のEn. Taib b. Majid氏によると、1998年までの過去数年において船舶を伴う海事事故は報告されていない。
- Kundang Ulu下流約3kmのKg. Liang Batu近傍のモスクの前の河道内中央部に突出した岩がある。
- 河川水位が高い間は船舶がこの岩に衝突する懸念がある。
- 河川水位が高い間は、河道の中央部を避け川岸に沿って航行するように海事局は勧告している。
- 河口や数ヶ所のコンクリート製栈橋及び取水堰地点を除いて、河道沿いに照明施設が見あたらない。
- 河道を航行する船舶に対し河道を横断している魚網を固定する杭について、適切な警告が行われるべきである。

- ホテイソウ、枯れたヤシの木及び水中に半分沈んだ大ぶりの枝等が河道内に断続的に見られ、これらは不用心な船舶に対しては脅威となっている。
- 橋がない箇所では村民（車も含め）にとって船舶は重要な渡河手段となっている。
- Buloh Kasapまでのムアール川流域には住民に頻繁に利用されている6箇所の渡河地点がある。（表 2.5.9参照）

表 2.5.9 ムアール川流域（Buloh Kasap まで）における渡河地点

Point	渡河地点	
	左岸	右岸
1	Kg. Tg. Selabu	Serom Panggong
2	Jorak	Kg. Kolam
3	Kg. Sg. Ranggam	Kg. Sg. Bilah
4	Kg. Berohol	Ldg. Nordanal
5	Kg. Tg. Sialang	Kundang Ulu
6	Kg. Gombang	Kg. Tk. Panchu

- 利用されている船舶は、Kg. BroholとLadang Nordanal間の渡河船を除いて、全て木製である。
- Kg. BeroholとLadang Nordanal間を渡河する人々と車の渡河には、前方が反っている小さな渡し船が使用されている。
- 木製のボートも自転車とバイクの輸送に用いられている。
- 渡河目的に用いられているボートの多くは海事局に登録されていない。

2.5.5 水力発電

ムアール川流域内には水力発電はない。

2.6 水質管理

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)が水質管理に関する重要な役割を果たしている。図 2.6.1に示すように、DOE は河川水質保全、水質モニタリング、環境教育・啓発の3つの役割を果たしている。ここでは、前者2つの役割について述べる。つまり、流域の主要な汚染源を特定し、それに対して、現在実施されている対策について述べる。

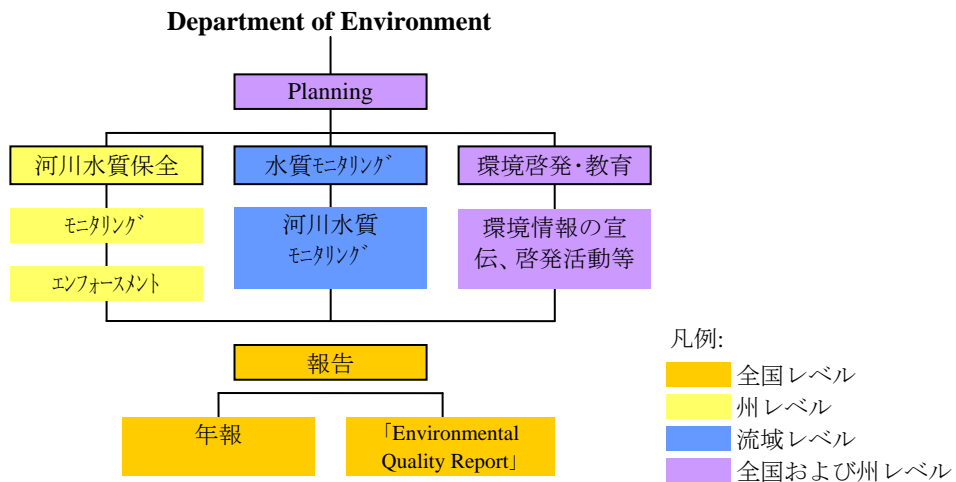


図 2.6.1 DOE の水質管理体制

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 に整理する。

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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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. - 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"> - 新たな浸出水に関する DOE への届出 - 浸出水の自己モニタリング - 浸出水処理施設の設置義務付け - 有資格者による浸出水処理施設の運営 - Standards A あるいは B の遵守 (EQA 参照)

No	対象活動	EQA の条項	対象	手段
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	- 書面による許認可(Written Permission) - 排水基準(EQA 参照)
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	- 書面による許認可(Written Permission) - 排水基準(EQA 参照)
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	- 書面による許認可(Written Permission) - 指定廃棄物(Schedule Wastes)のインベントリ - 指定廃棄物(Schedule Wastes)の管理伝票

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、39個のステーションがムアール川流域内にある（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、河川水質を評価している。

- 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(NH₃-N)
- 浮遊性固形物(TSS)
- 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 ₃ -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
WQI		> 92.7	76.5-92.7	51.9-76.5	31.0-51.9	< 31.0

出典: Malaysia Environmental Quality Report, 2007

(3) 水質現況

表 2.6.3はムアール川の2004年から2007年までの水質モニタリング結果を示している。図 2.6.3は2007年の水質クラスである。Malaysia Environmental Quality Report (EQR) 2007によると、ムアール川全体のWQIは82点で、クラスII水質になり、「Clean」と考えられる。そのうち、ムアール川本川は83点で、クラスIIIになる。支川のうち、Air Panas RiverがクラスIの一方、Merlimau River、Senarut River、Serom River、Spg. Loi RiverがクラスIIIになり、その他は全てクラスIIになる。詳細水質データから、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ためと考えられる。また、ムアール川全体の浮遊性固形物(TSS)が高いと判断された。

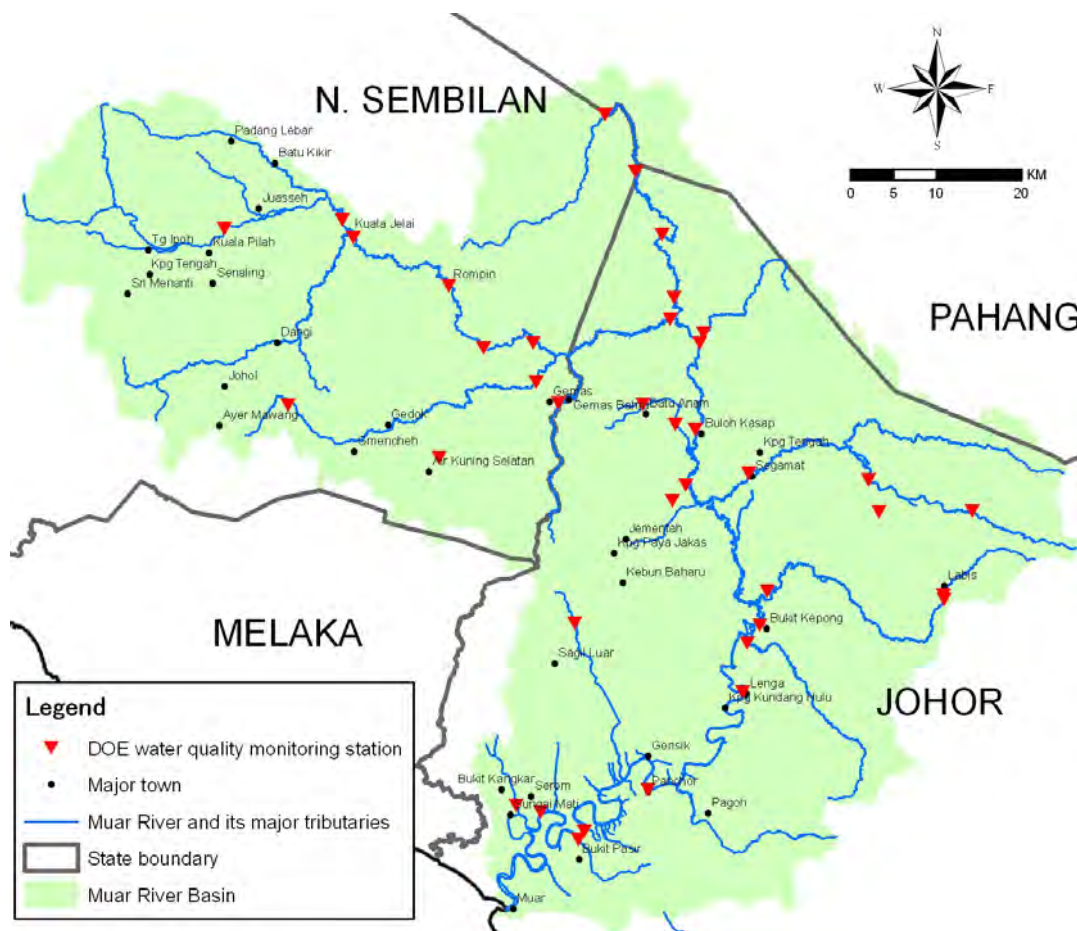


図 2.6.2 DOE の水質モニタリングポイント (2007年)

表 2.6.3 ムアール川水質変化傾向 (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
Air Panas	1	93	C	I	91	C	II	92	C	II	-	-	-
Gemas	1	84	C	II	80	SP	II	74	SP	III	-	-	-
Gemencheh	2	84	C	II	83	C	II	88	C	II	89	C	II
Juasseh	1	87	C	II	88	C	II	87	C	II	87	C	II
Kelamah	1	79	SP	II	59	P	III	65	SP	III	76	SP	III
Labis	3	84	C	II	77	SP	II	75	SP	III	82	C	II
Meda	1	87	C	II	87	C	II	81	C	II	-	-	-
Merbudu	1	82	C	II	83	C	II	83	C	II	69	SP	III
Merlimau	1	73	SP	III	68	SP	III	63	SP	III	73	SP	III
Muar	16	83	C	II	85	C	II	84	C	II	82	C	II
P. Menkuang	1	87	C	II	85	C	II	88	C	II	86	C	II
Palong	4	81	C	II	83	C	II	83	C	II	84	C	II
Segamat	1	82	C	II	85	C	II	87	C	II	87	C	II
Senarut	1	75	SP	III	61	SP	III	50	P	IV	77	SP	II
Serom	1	70	SP	III	72	SP	III	69	SP	III	63	SP	III
Spg. Loi	1	69	SP	III	66	SP	III	76	SP	III	80	SP	II
Temarong (NS)	0	-	-	-	-	-	-	-	SP	II	92	C	II
Tenang	1	81	C	II	73	SP	III	78	SP	III	76	SP	III

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 ムアール川の水質状況 (2007年)

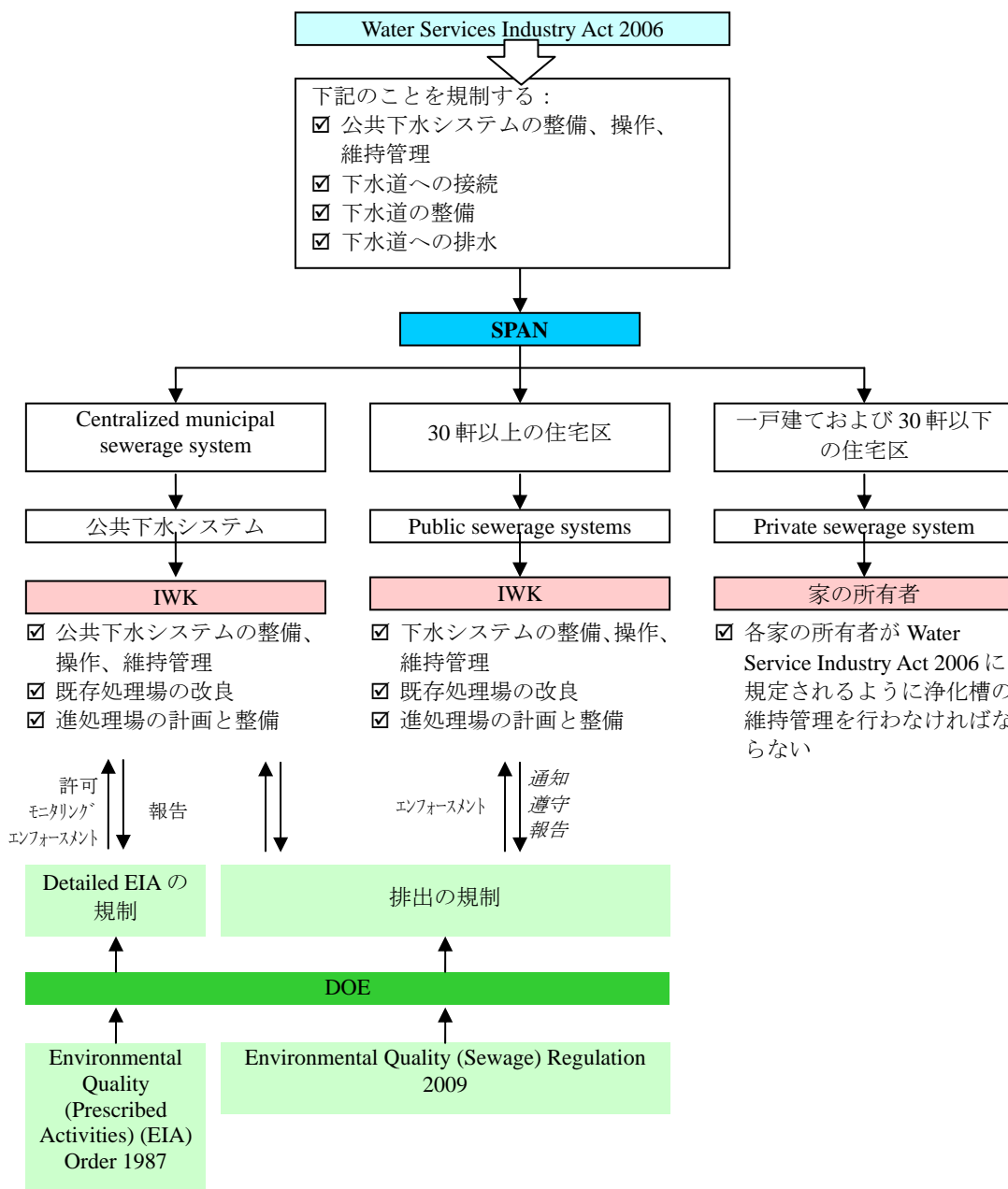
2.6.3 汚濁発生源の管理

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 対策案を作成する。

(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。



SPAN: Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara
IWK: Indah Water Konsortium Sdn. Bhd.

図 2.6.4 下水管理の体制

下水処理方法には二種類あり、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年間に一度の維持管理（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状である。
- 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の実施が困難である。
- IWKの下水道整備範囲がLocal Authorityエリアの管轄範囲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。

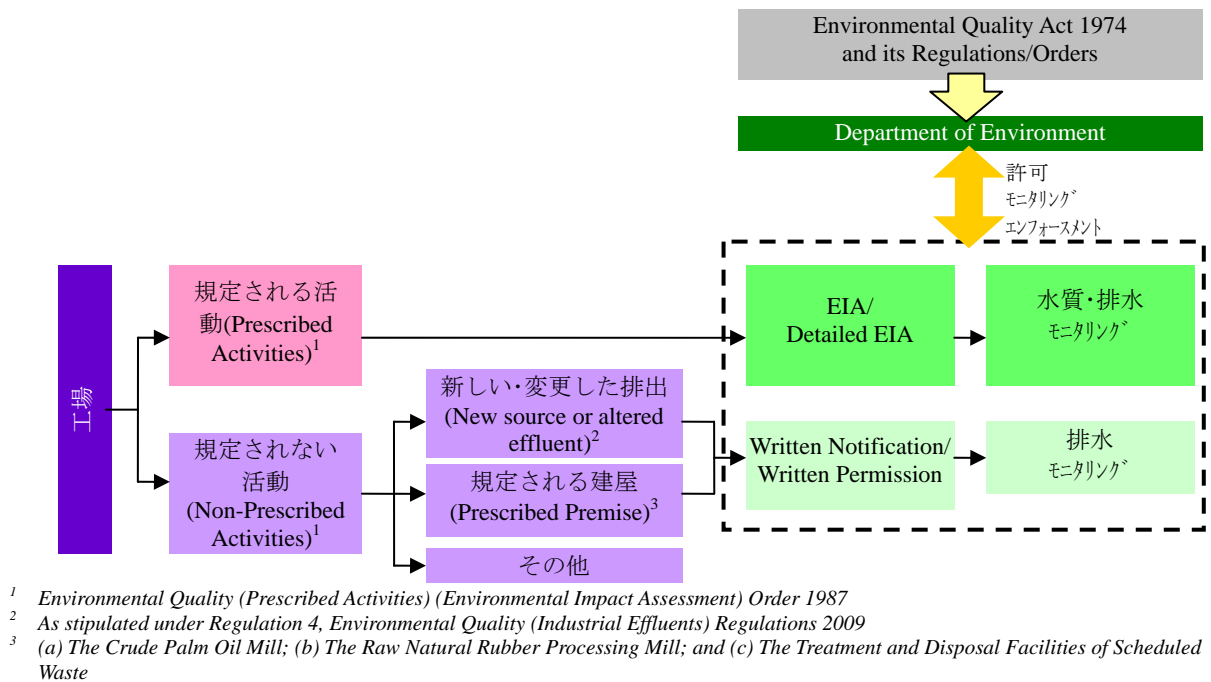


図 2.6.6 工場排水管理の体制

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Environment 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の有害物) 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るという。

(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。Negeri Sembilan州とJohor州では、SWM Environment Sdn Bhd (SWM) 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。

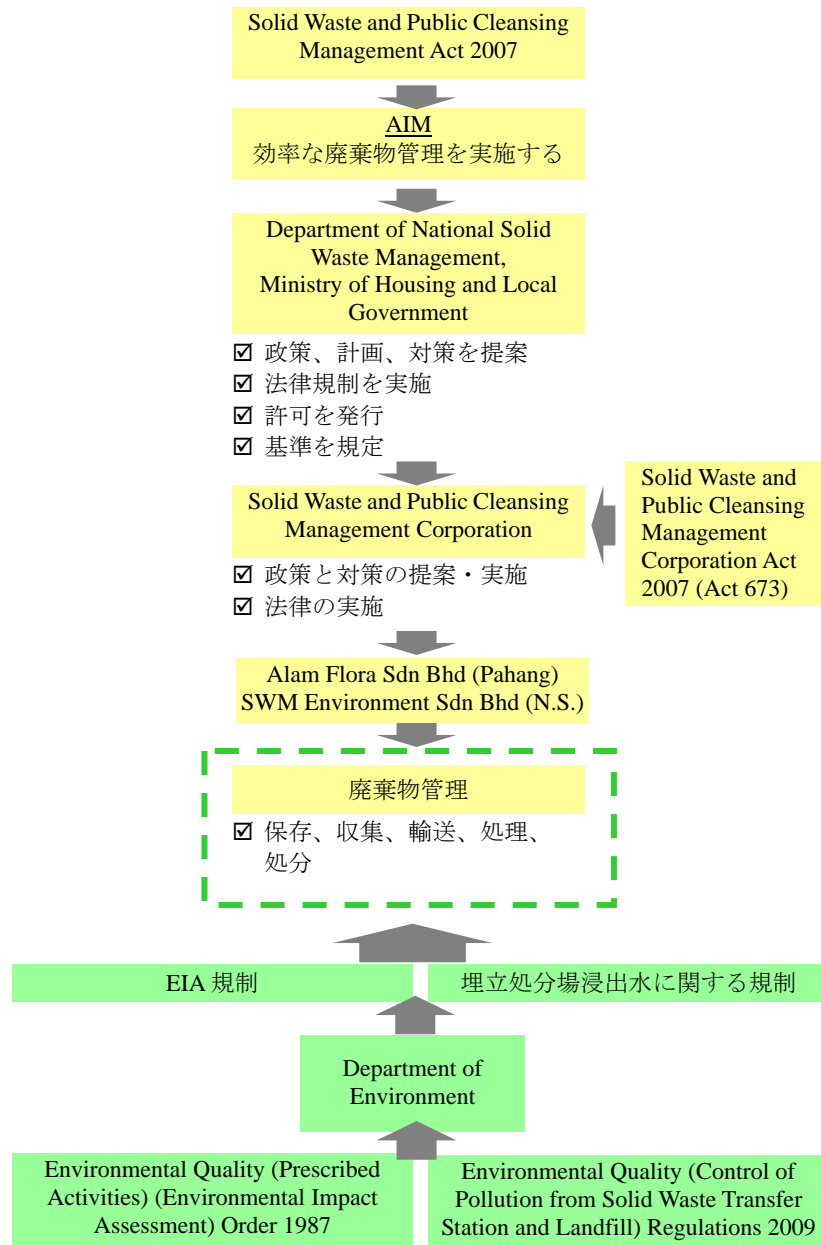


図 2.6.7 廃棄物管理の体制

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の協議に基づく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。
- SWM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エリアの管轄範囲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ひとつになる可能性がある。Negeri Sembilan州では、養豚場を含む畜産の許可はLocal Authorityの管轄下である一方、Johor州ではVeterinary Service Departmentが管轄する。畜産の管理体制は図 2.6.8に示す。

マレーシア政府は約10年前から、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ことを計画しているが、Johor州では今までまだ整備されていない。Negeri Sembilan州では、ひとつのPFAがBukit Pelandok (流域外) で整備したが、既存の養豚場をそのPFAに移転させることが難航している。

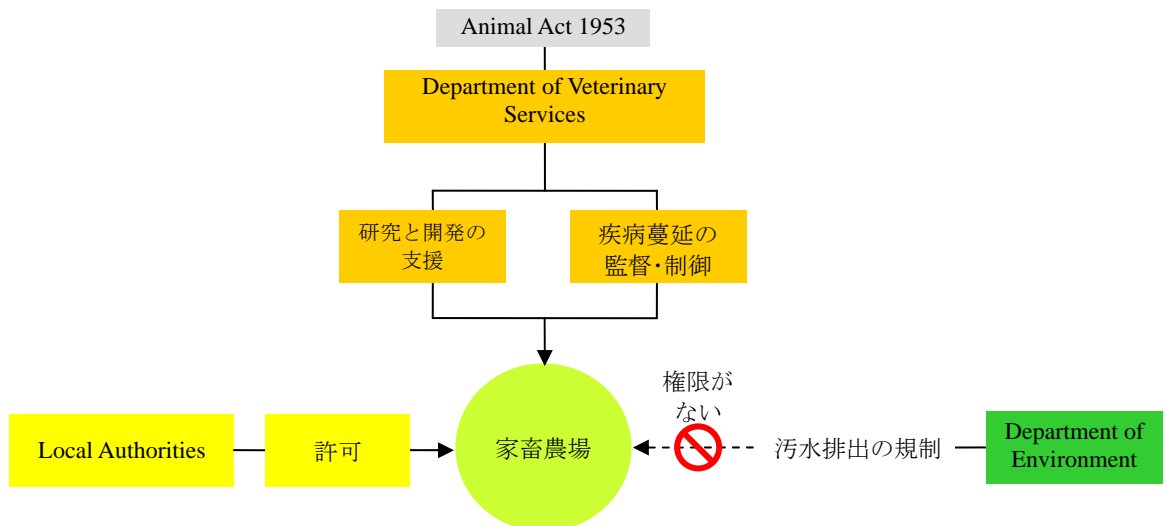


図 2.6.8 畜産の管理体制

(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。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。

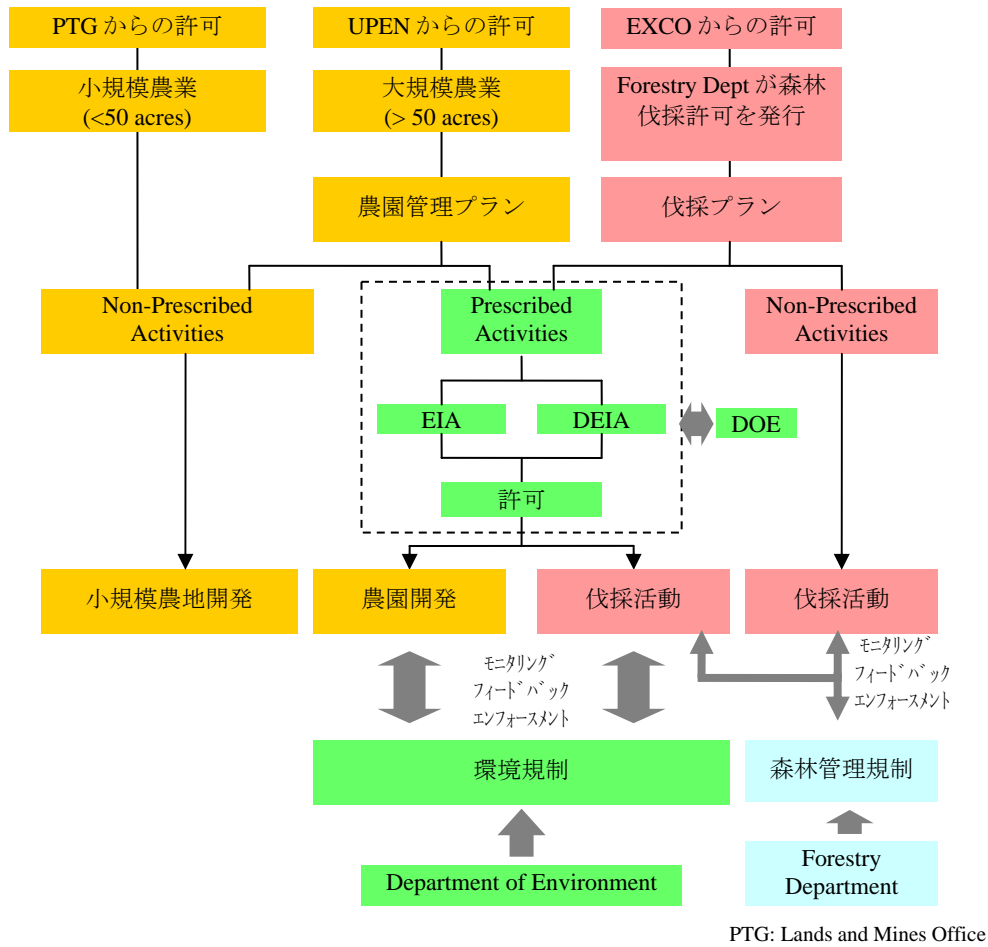


図 2.6.9 農園開発と森林伐採についての環境管理体制

(6) 砂利採取

ムアール川では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となるが、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を実施するために、Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987によるEIAが必要になる。しかし、ムアール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、EIAは実施されないことが多い。砂利採取についての環境管理体制は図 2.6.10に示すとおりである。

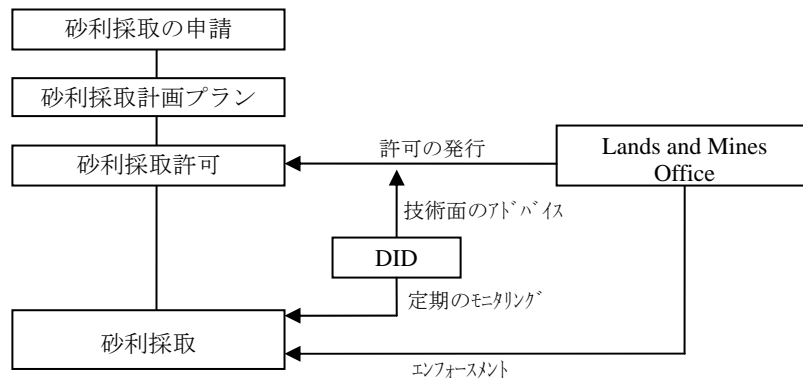


図 2.6.10 砂利採取の環境管理体制

(7) その他の汚濁発生源

上記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など、他の汚濁発生源も多くある。この報告書では詳述しないが、これらの課題については、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、これら全て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 によってマレー半島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

ムアール川流域の地域開発は主に National Physical Plan、National Urbanization Policy、Johor と Negeri Sembilan 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、現在の開発パターンは今後10年から15年先にも継続すると予想できる。都市開発については、Muar Town、Segamat Town、Kuala Pilah Town の既存の開発重点都市以外に、Muar-Batu Pahat-Kluang 地域が District Growth Conurbation という中規模開発地区になると見込まれている。また、Kuala Pilah Town が Kuala Lumpur に近いこと、今後の開発ペースは他の地域より速いと予想できる。

(1) 開発重点地区

図 2.7.1 はマレー半島の地域開発傾向を示す (National Physical Plan, 2005)。ムアール川流域内では、前述のように、Muar-Batu Pahat-Kluang 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。

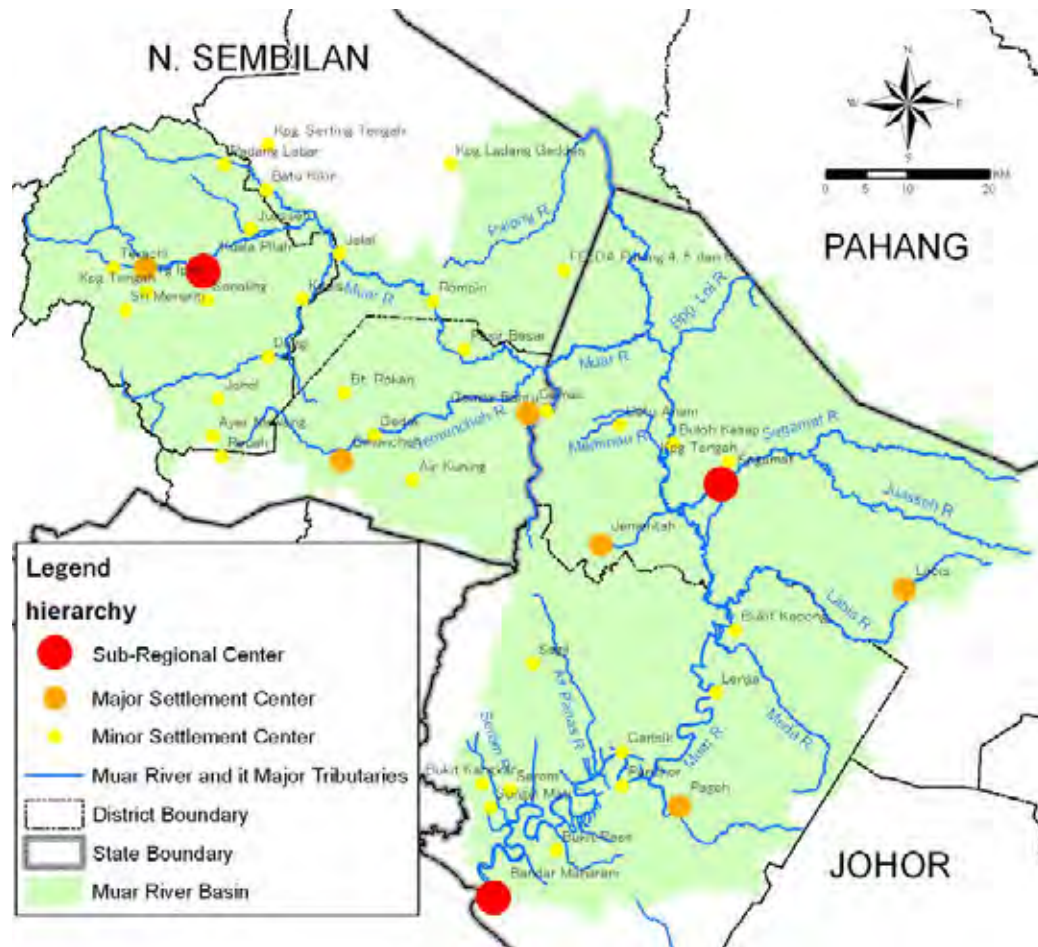


出典: National Physical Plan, 2005

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。ムアール川流域内には、図 2.7.2に示すように、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・提供する予定である (詳細はNational Urban Policyを参照)。



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

図 2.7.2 都市開発階層

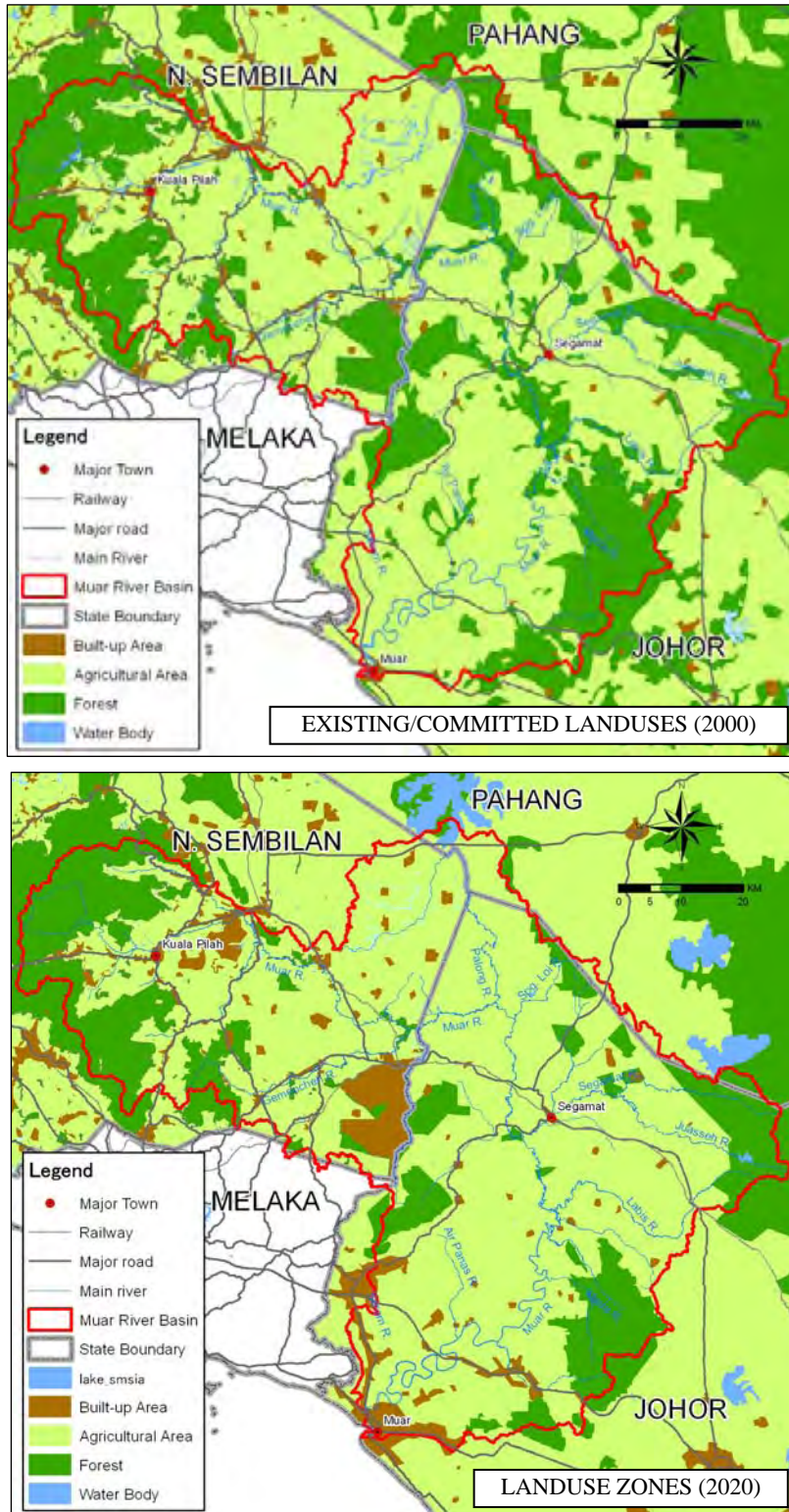
2.7.2 ムアール川流域内の土地利用

図 2.7.3 にムアール川流域内の土地利用を示す。表 2.7.2 に 2000 年と 2020 年における土地利用の内訳をまとめる。

表 2.7.2 2000 年と 2020 年のムアール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 ²)	%	面積 (km ²)	%
市街地 (Built-up areas)	163	2.7	438	7.1
農地	3,909	63.7	4,367	71.1
森林	2,031	33.1	1,306	21.3
水面 (water body)	36	0.6	29	0.5
合計	6,140	100.0	6,140	100.0

出典：Johor, Negeri Sembilan and Pahang Structure Plans



注: 「Built-up Area」は基本的に市街地だが、様々な細かい土地利用が含まれており、例えば住宅、商業、工業、公共機関、道路、公共施設、公園、空地など。

出典: Johor, Negeri Sembilan and Pahang Structure Plans

図 2.7.3 2000年と2020年のムアール川流域土地利用図

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されるべき土地であり、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) 河川区域の規模

DID Manualでは、下記のように河川区域の規模を提案している。

表 2.7.3 最小河川区域幅

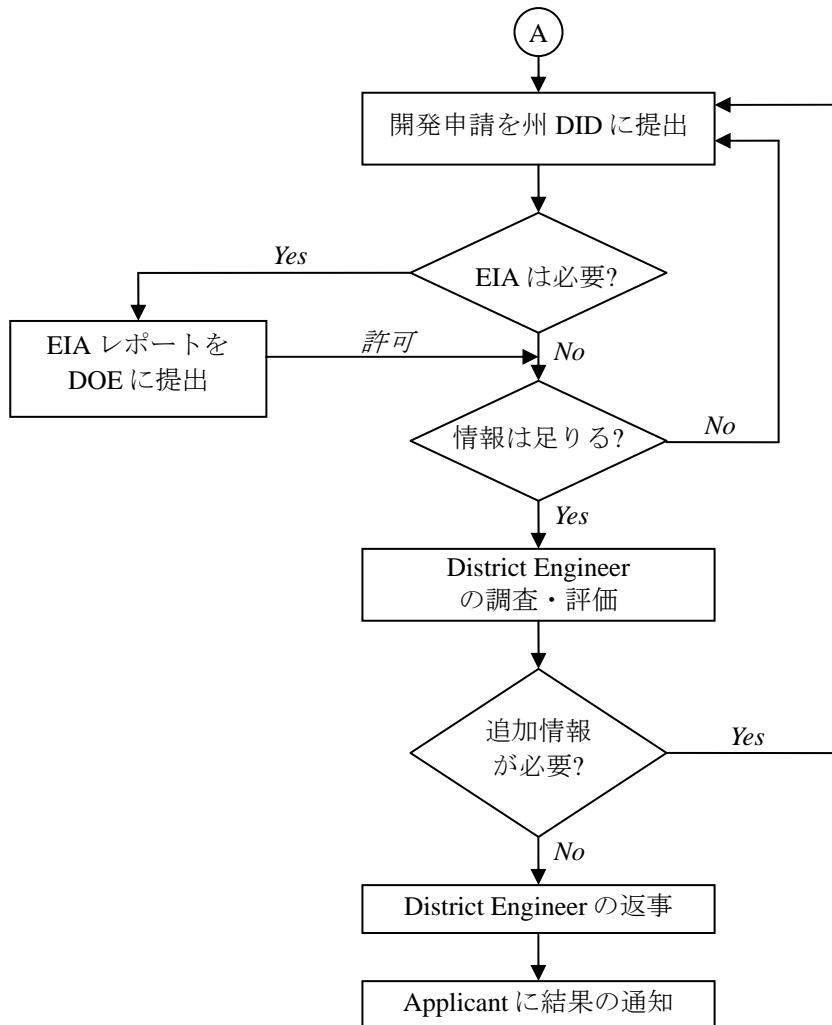
川幅	各川岸の最小河川区域幅
> 40 m	50 m
30-40 m	40 m
20-30 m	30 m
10-20 m	20 m
5-10 m	10 m
< 5 m	5 m

(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完全な法的権限を有する。しかし、Working Group 会議からの情報によると、ほとんどの必要な河川区域はまだSubsection 62によって公告されていない状況である。そのために、河道改修などの河川整備が難行している。

(3) 河川区域の開発

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は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

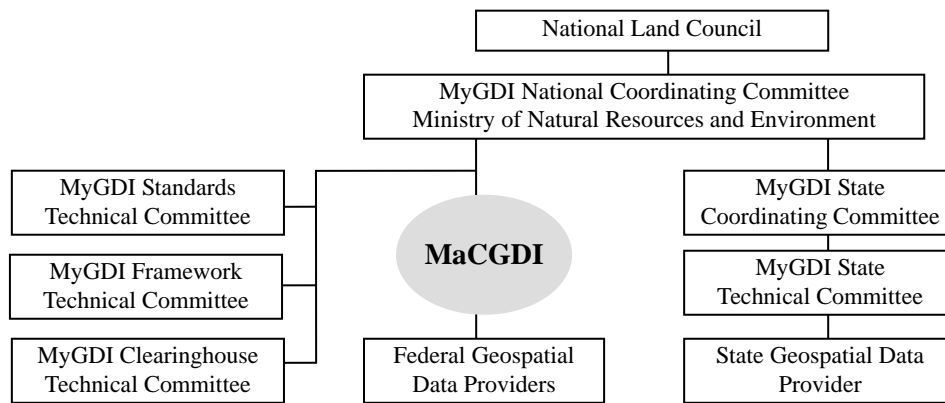
図 2.7.4 河川区域の開発申請手順

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

IRBM を実施するために、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。

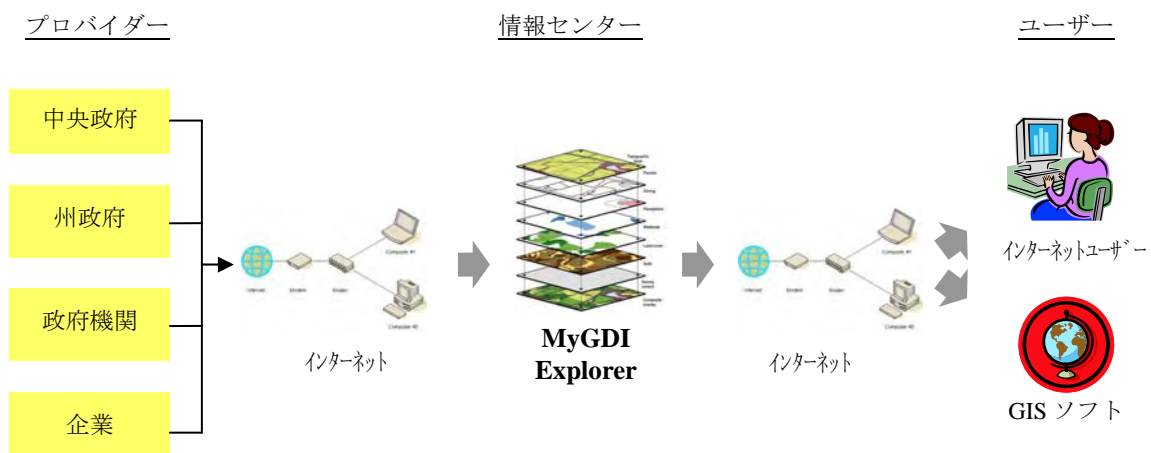
2.8.1 全国空間データ基盤 (National Spatial Data Infrastructure)

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 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 の位置づけ



出典: MaCGDI, 2009

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

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 2.8.4参照)。

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

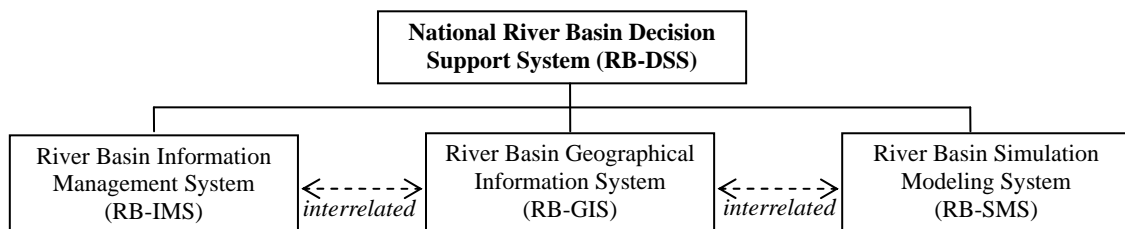
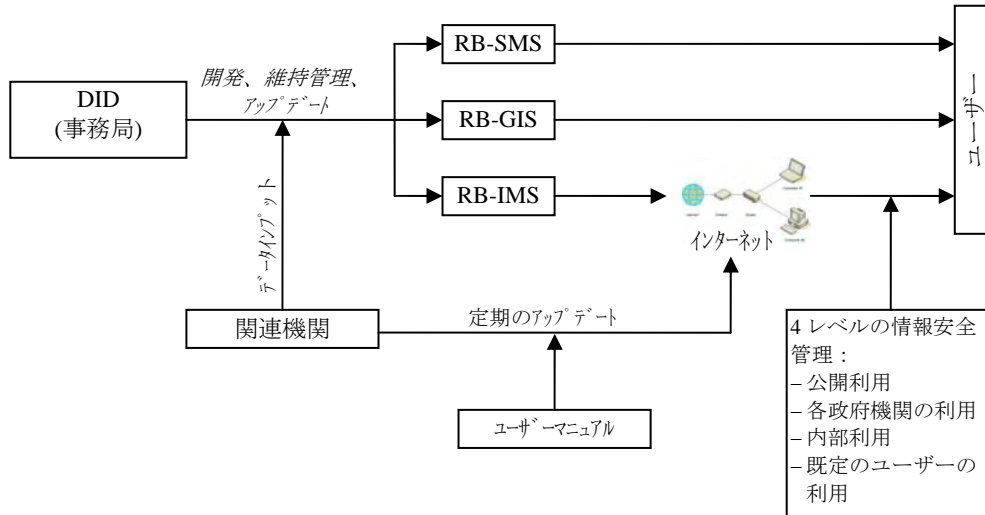


図 2.8.3 RB-DSS の構成



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、現在、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で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
1. 行政境界	行政境界、流域・小流域界
2. 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
3. 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
4. 行政体制	各行政単位や流域の関連機関
5. 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
6. 環境	自然環境、経済環境および社会環境のデータベース
7. IRBM の課題	各行政単位や流域の IRBM 上の課題
8. IRBM の目的	各行政単位や流域の IRBM 目的
9. IRBM プログラム	上記の課題と目的に対するプログラム
10. 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
11. 教育、啓発	各行政単位や流域の教育と啓発活動
12. 研究と開発	各行政単位や流域の研究と開発プログラム
13. 緊急対応	各行政単位や流域の緊急対応策
14. 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
15. 資料管理	関連調査の資料
16. 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 気候変動影響解析

3.1 背景

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、頻度や強度が増す豪雨や海面上昇の影響で洪水、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。

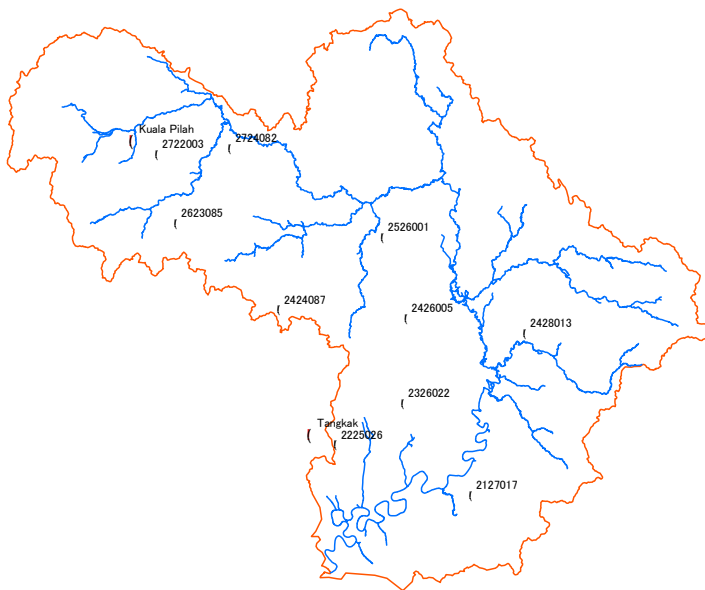
本調査では、IPCCの提言やマレーシアでの政策に沿って、特に洪水対策を中心に予測される気候変動影響への対策について提案を行う。そこで、まず、観測された気象・水文データを分析した上で、国内外の気候変動モデル結果を用いてムアール川流域での気候変動の影響について評価する。

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。



●: Meteorological Station, ●: Hydrological Station

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 Kuala Pilah、Tangkak 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、両地点とも気温に上昇する傾向がみられるが、その勾配は Kuala Pilah で $0.024^{\circ}\text{C}/\text{year}$ 、Tangkak で $0.036^{\circ}\text{C}/\text{year}$ である。

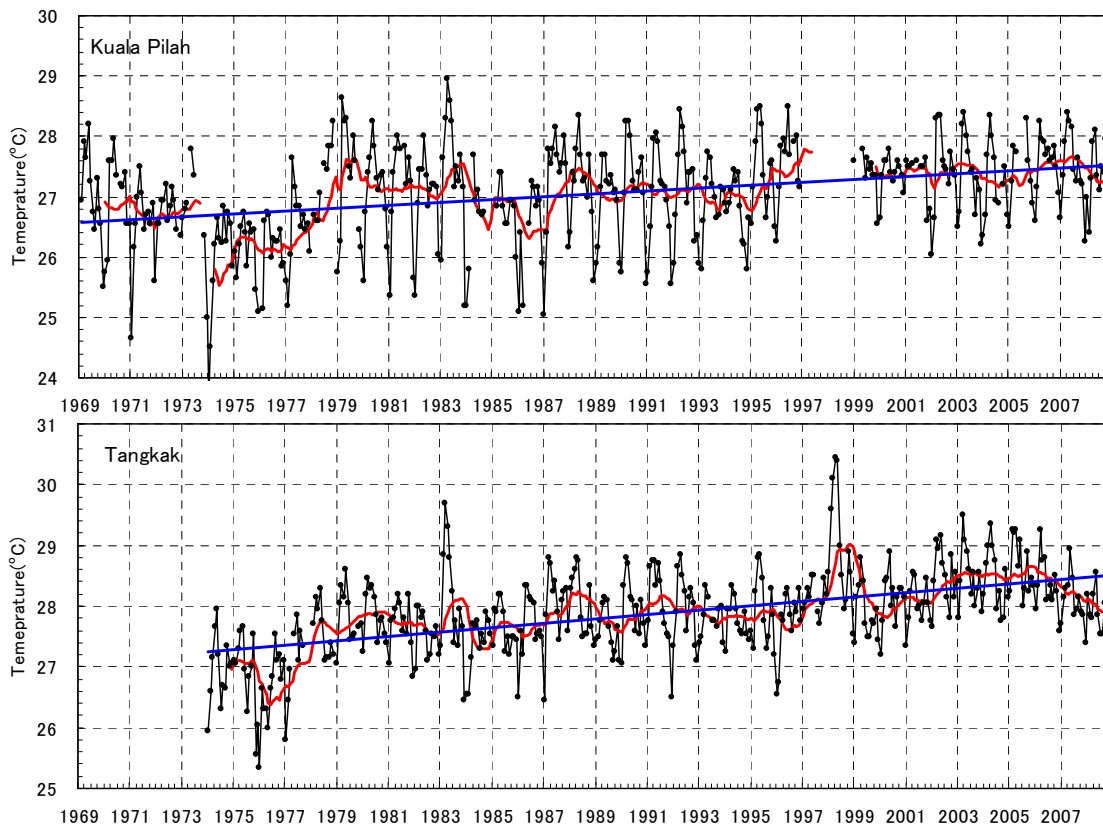


図 3.2.2 気温観測値(上: Kuala Pilah、下: Tangkak)

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、6月を除いて全ての月において気温が上昇している傾向がみられ、とくに1-3月、9-12月にその傾向が顕著である。

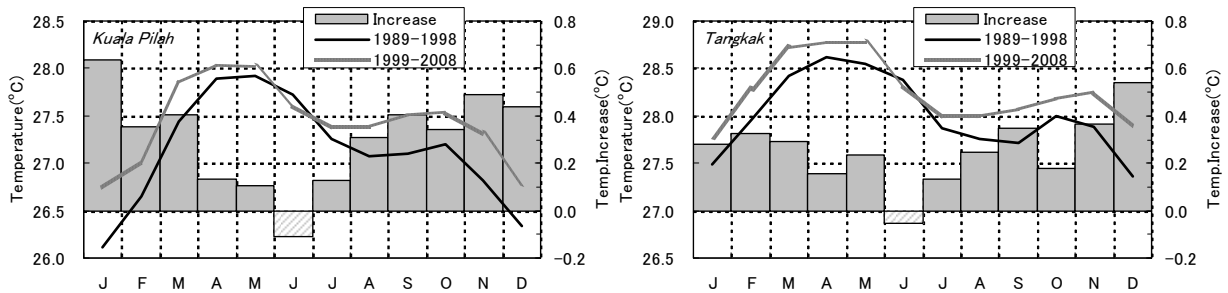
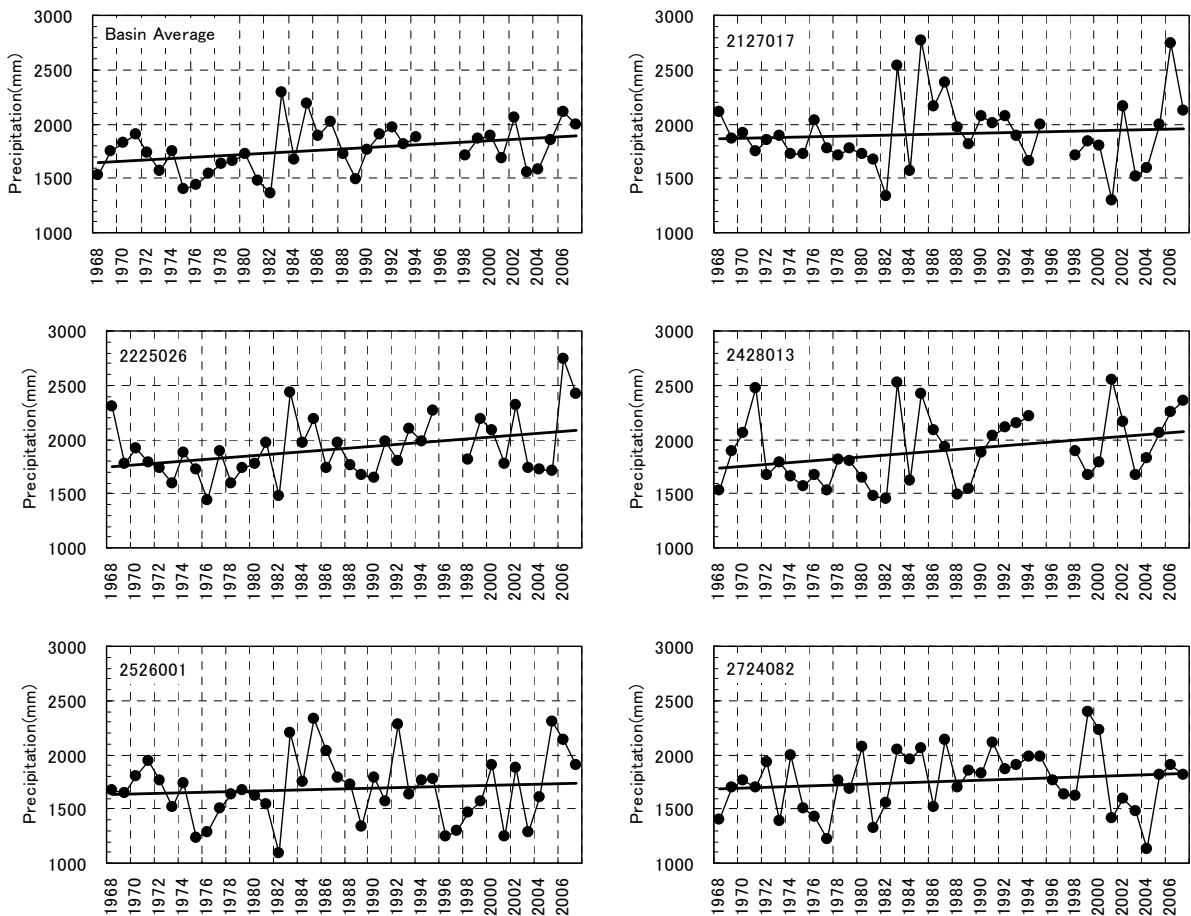


図 3.2.3 1989-1998 と 1999-2008 の月別平均気温
(左 : Kuala Pilah、右 : Tengkak)

3.2.2 降雨データ

(1) 年降雨量

図 3.2.4に示すように、ムアール川における年降雨量には増加の傾向がみられ、特に地点2225026、2428013でその傾向が顕著である。



*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1月と12月の降雨量に増加が、2月と9月に減少がみられることがわかる。

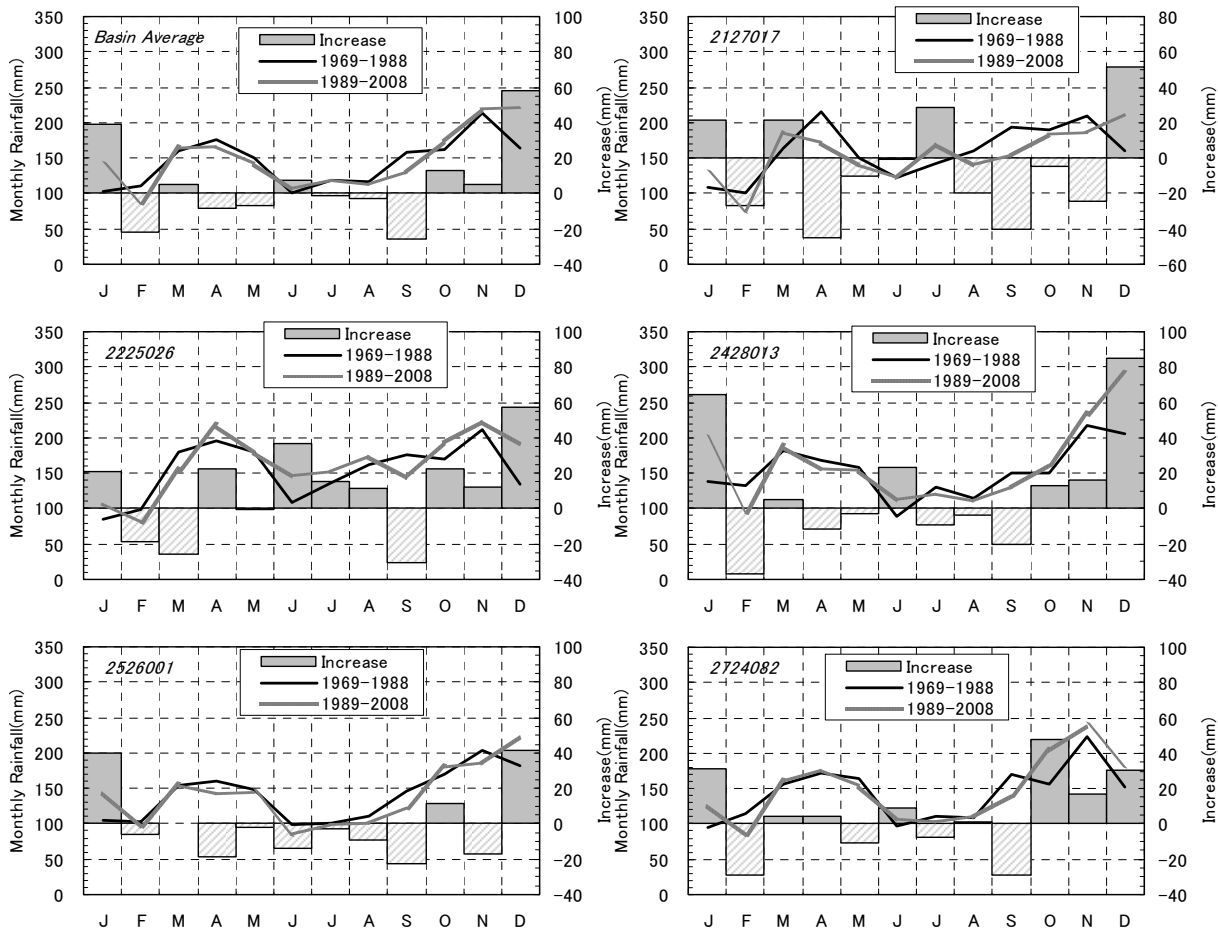
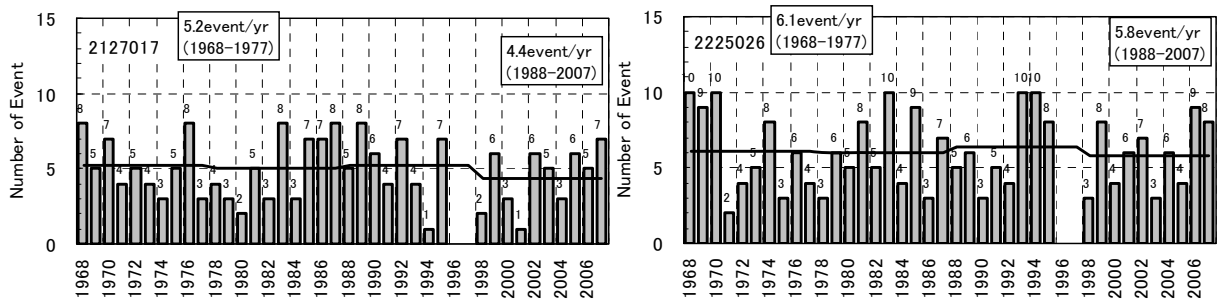


図 3.2.5 1989-1998 と 1999-2008 の月平均降雨量

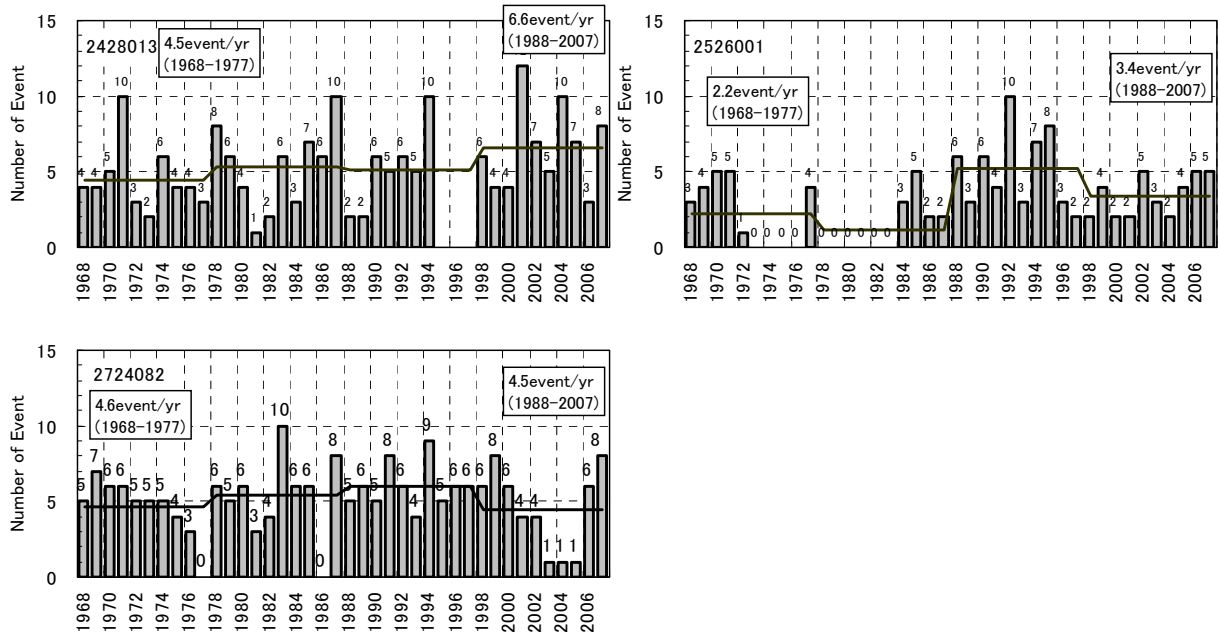
(2) 降雨イベント

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 2428013、2526001では、1968-1977と比較して1998-2007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。



*Hydrological year: July until June next year

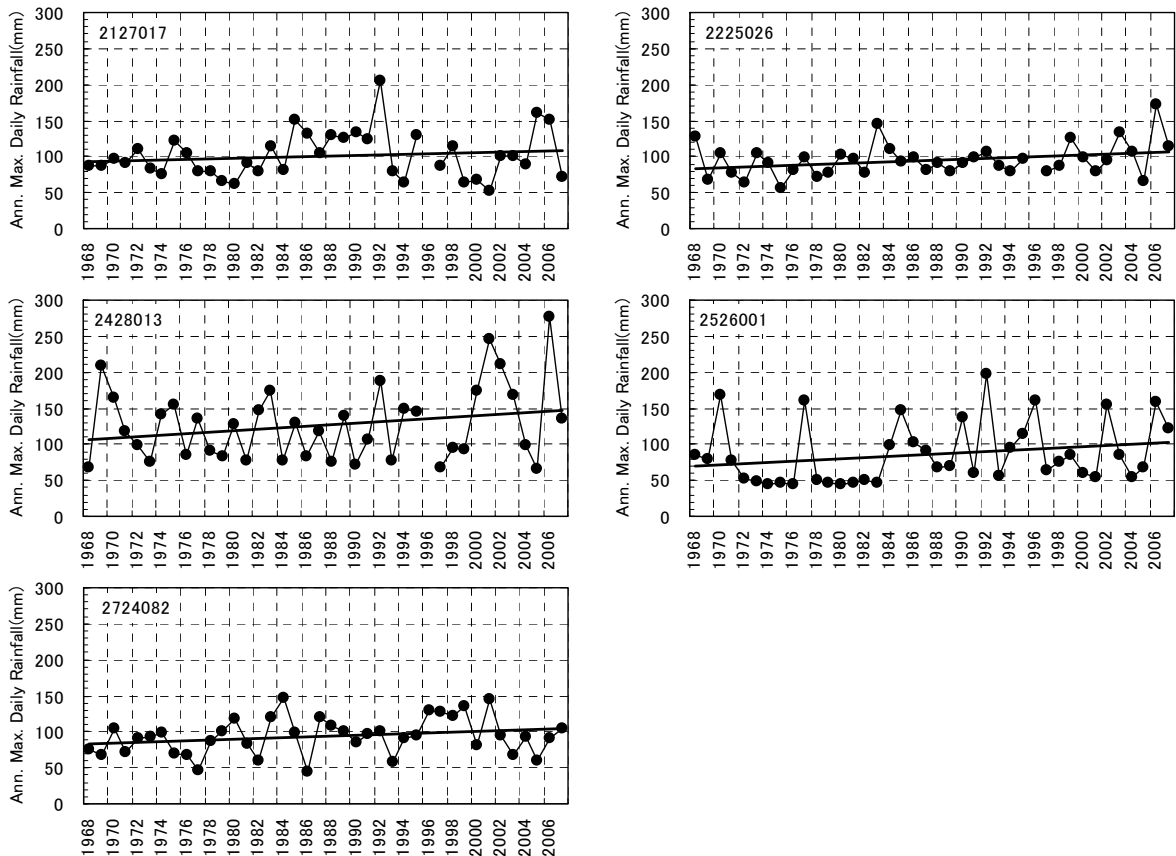
図 3.2.6(1) 日雨量 50mm を超える日数



*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、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2526001に増加傾向が認められる以外は、いずれの地点でも減少傾向あるいは顕著な傾向がみられない状況である。

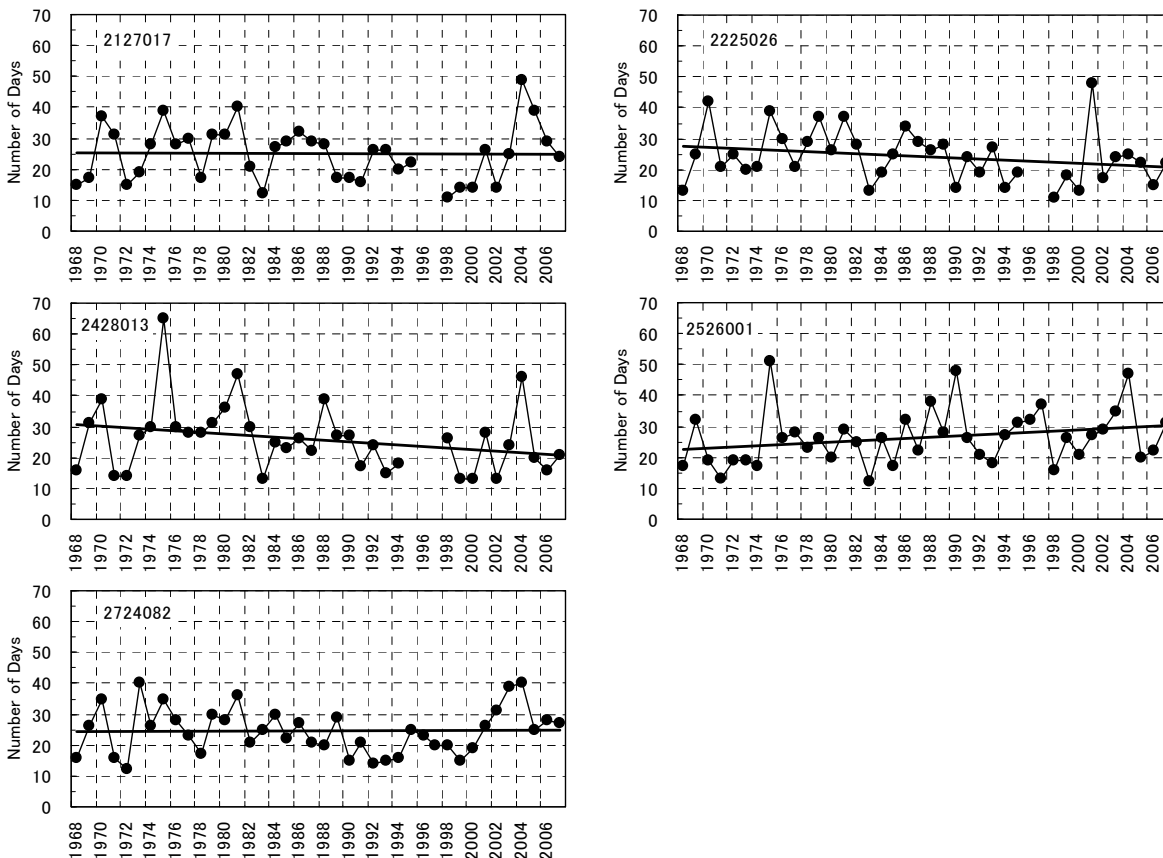


図 3.2.8 年最大連続無降雨日数

3.2.3 潮位データ

図 3.2.9はTanjung Keling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2mm程度であり、1985年以降、現在まで4.5cmの上昇がみられる。

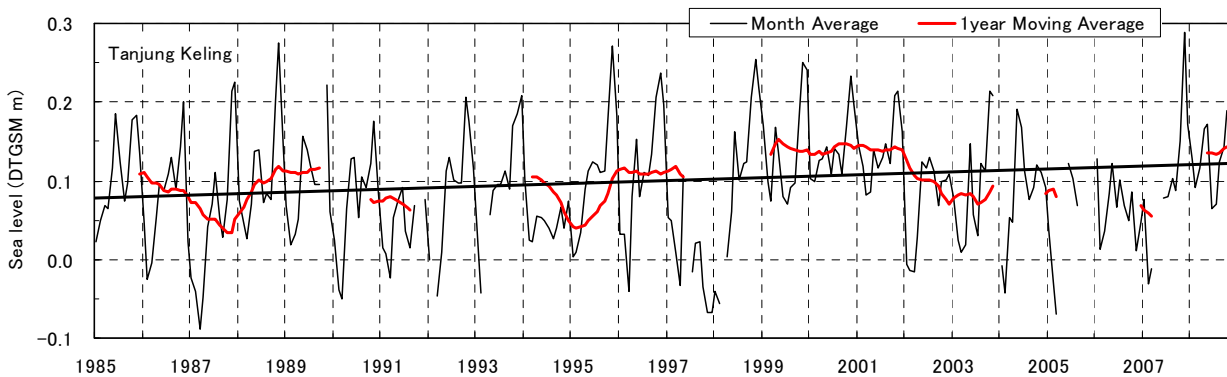


図 3.2.9 Tanjung Keling における潮位観測値

3.2.4 観測データ分析結果の概要

以上の結果から、観測値の分析結果の概要を以下に列記する。

- 2地点の気象観測結果から、年間 0.024-0.036°C の気温上昇がみられた。
- 1999-2008年と 1989-1998年の月平均気温を比較した結果、6月以外の全ての月で上昇がみられた。
- ムアール川流域の年降雨量には増加の傾向がみられた。
- 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、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。
- 潮位には増加の傾向がみられ、1985年以降の上昇速度は年間 2mm 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		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。

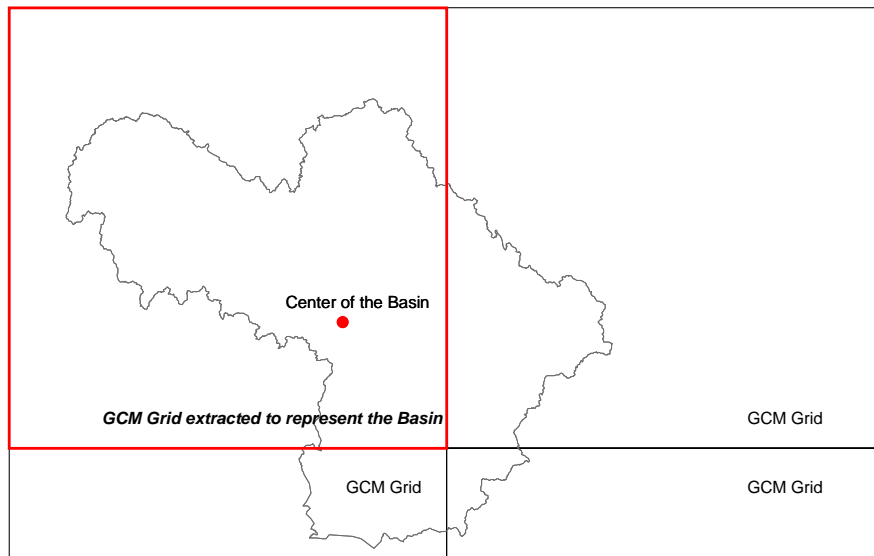


図 3.3.1 使用するグリッドのイメージ図

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

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。

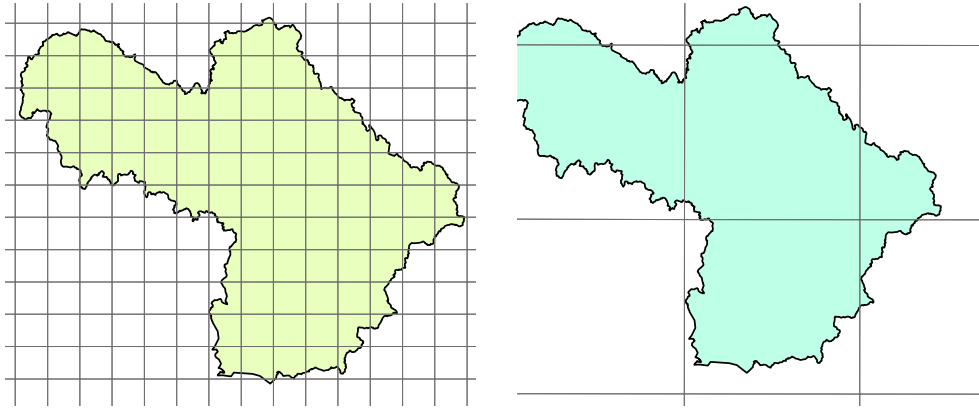


図 3.3.2 RCM のグリッド (左 : RegHCM-PM, 右 : PRECIS)

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。

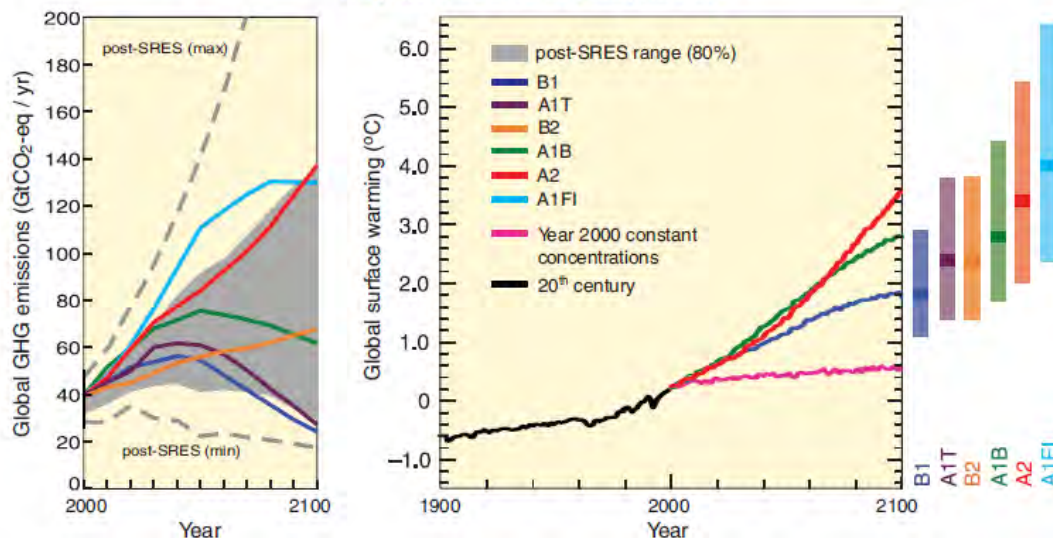
SRES シナリオ作成チームはまず、温室効果ガスおよびエアロゾルの排出をする外力と 21 世紀におけるそれらの増加状況の関係を記述して、A1、A2、B1 および B2 の 4 つの筋書きを定義した。それぞれの筋書きは人口、社会、経済、技術および環境の面から不可逆的に分岐していく異なった発展状況を表現している。A1 シナリオからは、エネルギー技術の代替案としてさらに 3 つのシナリオを派生させている: A1FI (化石燃料に集中), A1T (非化石燃料が主体) および A1B (バランスのとれたエネルギー源)。これら 6 つのシナリオを表 3.3.3 にまとめる。

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、IS92a¹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。

¹ 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.



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

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。

ムアール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年平均値と比較して2046-2055年の平均値で1.0-3.2°C、2086-2095年の平均値で1.6-4.5°Cである。RegHCM-PMとPRECISもGCMと同様の傾向を示している。

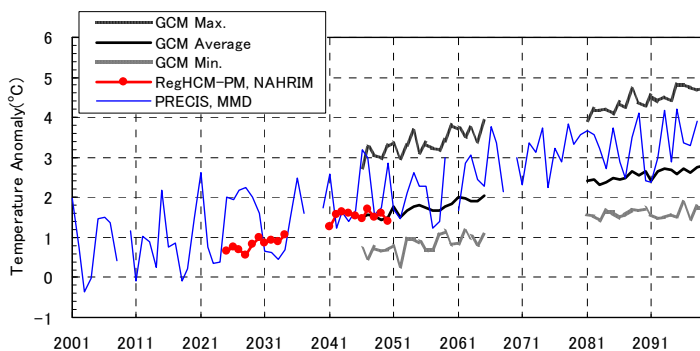


図 3.4.1 ムアール川流域の気温変化予測結果時系列

表 3.4.1 ムアール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	+1.0-3.2	+2.6	+1.6-4.5
RegHCM-PM	+1.5	-	-	-
PRECIS	+2.3	-	+3.2	-

* 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。

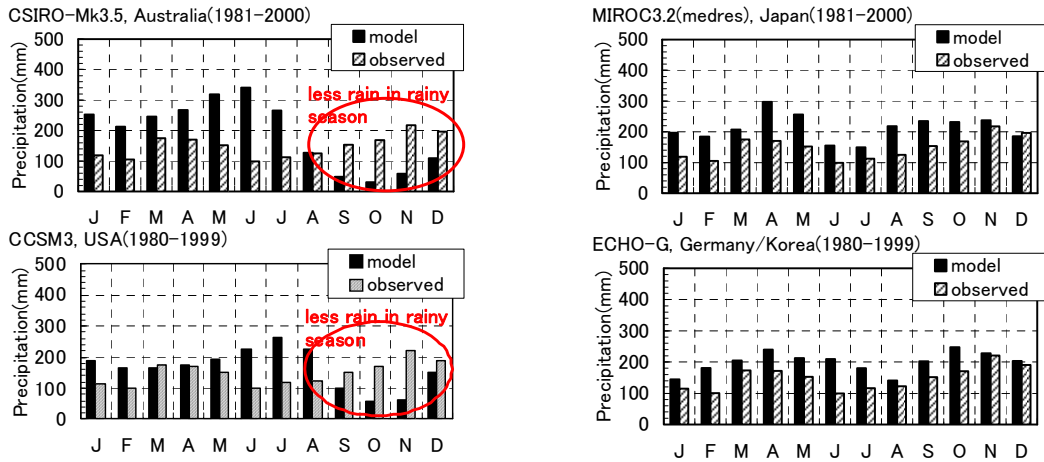


図 3.4.2 ムアール川流域における GCM 結果と実測値の月別降雨量比較結果(左：両者の乖離が大きいものの例、右：両者の乖離が小さいものの例)

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	- MIROC3.2(hires), Japan
- ECHAM5/MPI-OM, Germany	- MIROC3.2(medres), Japan
- ECHO-G, Germany/Korea	- MRI-CGCM2.3.2, 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 Malaysia 2001-2099, 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。

先行検討報告書である“*Master Plan Study on Flood Management for Sg. Muar Basin 2003*”では、最大流量の算定には72時間雨量を見込むことが必要とされている。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3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年)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、3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3日雨量の増加率を求めたものである。

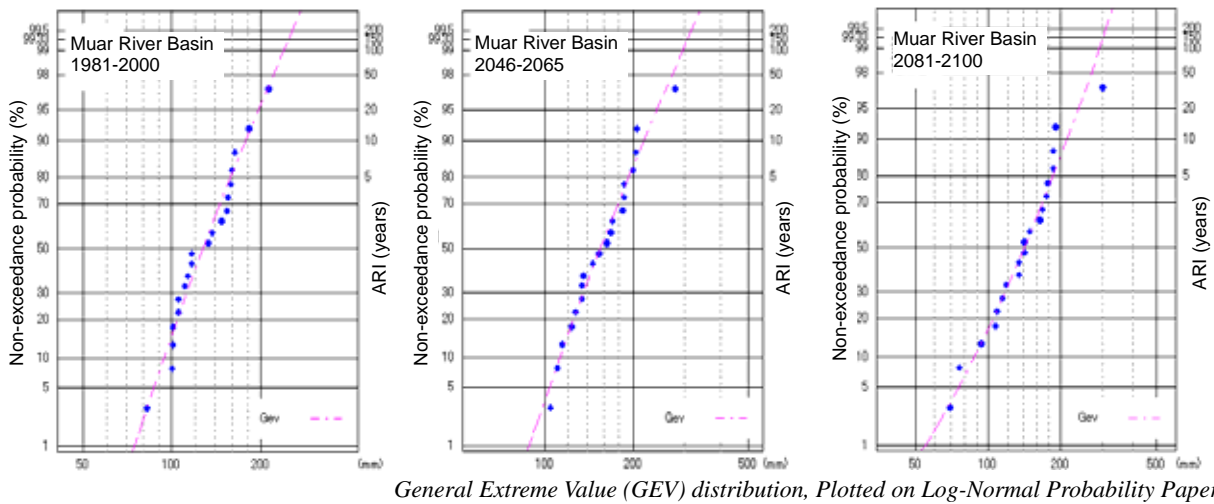


図 3.4.3 CGCM3.1(T47), Canada によるムアール川流域の降雨確率分布

表 3.4.3 CGCM3.1(T47), Canada 結果から求めた確率規模別 3 日雨量とその増加率
(上表：3 日雨量、下表：1990 年(1981-2000)と比較した増加率)

3 日雨量(mm)

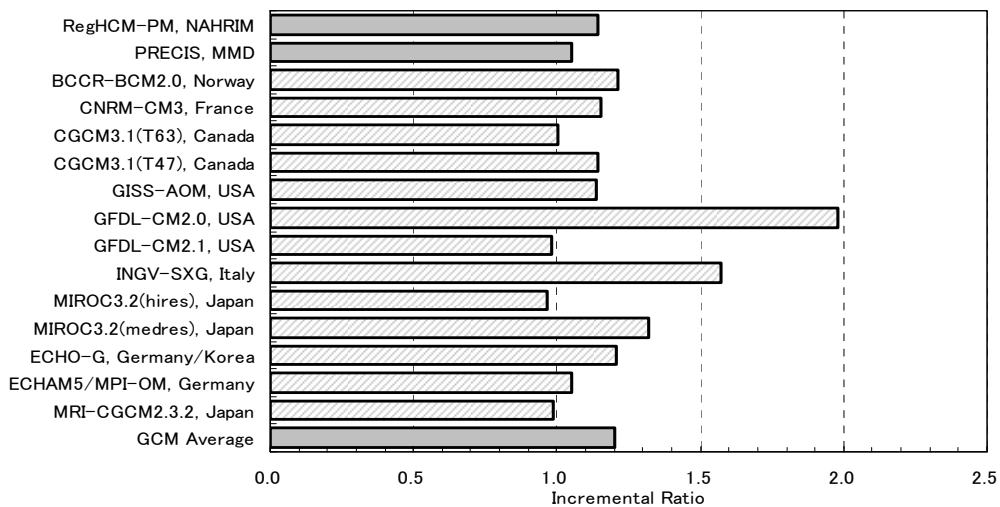
	確率年						
	100	50	30	20	10	5	2
1990	238.0	220.3	207.1	196.4	177.6	157.7	127.2
2050	295.9	273.4	256.5	242.9	219.0	193.7	154.9
2090	289.3	268.5	252.2	238.7	213.9	186.3	141.1

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	1.24	1.24	1.24	1.24	1.23	1.23	1.22
2090	1.22	1.22	1.22	1.22	1.20	1.18	1.11

全てのGCM、RCMの結果に対し、上記のように3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3日雨量の増加率は1.0から2.0の範囲にあり、全モデルの平均値は1.2となった。結果を図 3.4.4に示す。

ARI: 100 years (2025)



Incremental ration 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 3 日降雨量の増加率

また、表 3.4.4 に各確率規模3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10-40%の増加がみられるが、その後には大きな変化はみられない。

表 3.4.4 確率規模別3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	1.14	1.05	1.21	1.1(1.2)	1.2(2.0)	80%(12/15)
	2050	1.06	1.09	1.36	1.2(1.3)	1.4(2.7)	80%(12/15)
	2090	-	0.98	1.29	1.1(1.3)	1.3(2.5)	64%(9/14)
50	2025	1.22	1.02	1.18	1.1(1.2)	1.2(1.8)	87%(13/15)
	2050	1.16	1.03	1.31	1.2(1.3)	1.3(2.3)	87%(13/15)
	2090	-	0.98	1.28	1.1(1.3)	1.3(2.2)	57%(8/14)
20	2025	1.29	0.99	1.15	1.1(1.2)	1.3(1.5)	80%(12/15)
	2050	1.26	0.98	1.26	1.2(1.2)	1.3(1.9)	80%(12/15)
	2090	-	0.98	1.26	1.1(1.2)	1.3(2.0)	71%(10/14)
10	2025	1.31	0.97	1.13	1.1(1.1)	1.3(1.4)	80%(12/15)
	2050	1.31	0.94	1.23	1.2(1.2)	1.3(1.7)	80%(12/15)
	2090	-	0.99	1.25	1.1(1.2)	1.3(2.0)	71%(10/14)

*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266km²、405km²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。

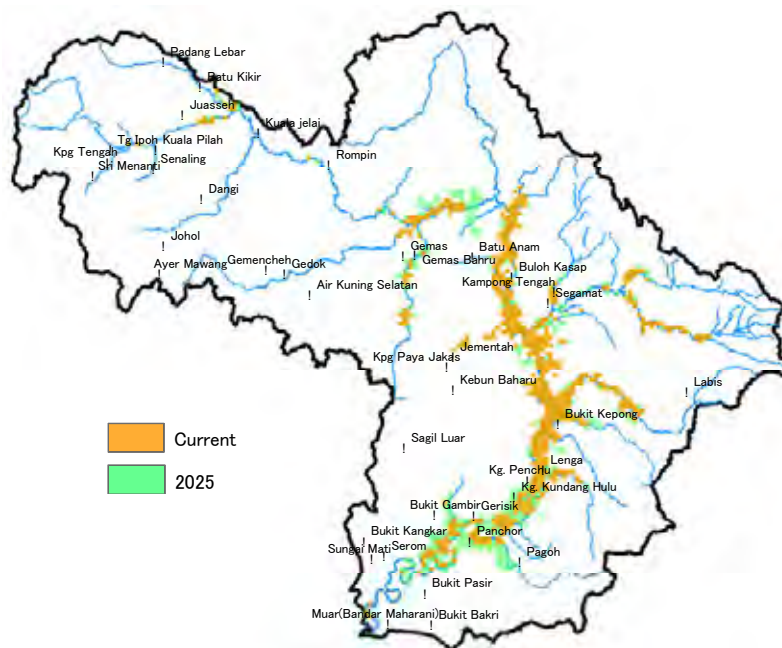


図 3.4.5 現況および将来条件下での氾濫域計算結果(100年確率洪水)

(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 使用した GCM と RCM

- RegHCM-PM, NAHRIM	- CHO-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	- MRI-CGCM2.3.2, Japan

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。

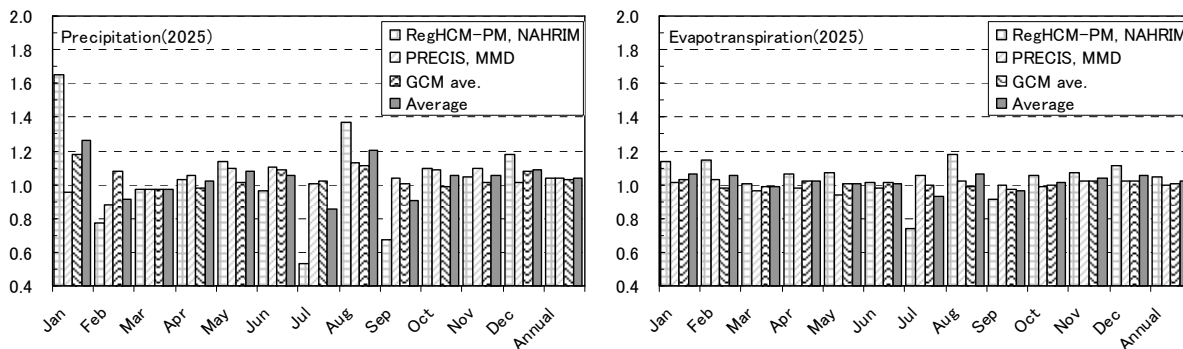


図 3.4.6 2025年における月・年降雨量および蒸発散量増加率(1990年比)

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	1.65	0.78	0.98	1.03	1.14	0.97	0.53	1.37	0.68	1.09	1.04	1.18	1.04
	PRECIS	0.95	0.88	0.97	1.05	1.10	1.10	1.00	1.13	1.03	1.09	1.09	1.01	1.04
	GCMs	1.18	1.08	0.97	0.98	1.01	1.09	1.03	1.11	1.01	0.99	1.02	1.08	1.03
	Average	1.26	0.91	0.97	1.02	1.08	1.05	0.85	1.20	0.91	1.06	1.05	1.09	1.04
2050	RegHCM-PM	1.22	0.76	0.95	1.18	1.21	1.04	0.68	1.07	1.00	1.12	0.88	0.90	1.00
	PRECIS	0.92	0.80	0.95	1.09	1.17	1.17	1.01	1.22	1.06	1.15	1.16	1.02	1.07
	GCMs	1.31	1.14	0.95	0.97	1.02	1.15	1.04	1.19	1.01	0.98	1.03	1.14	1.05
	Average	1.15	0.90	0.95	1.08	1.13	1.12	0.91	1.16	1.02	1.08	1.02	1.02	1.04
蒸発散量		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ann.
2025	RegHCM-PM	1.14	1.14	1.01	1.07	1.07	1.01	0.74	1.18	0.91	1.05	1.07	1.11	1.05
	PRECIS	1.02	1.03	0.96	0.98	0.94	0.98	1.05	1.02	1.00	0.99	1.02	1.02	1.00
	GCMs	1.03	0.98	0.99	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99	0.97	1.00	1.02	1.02	1.00
	Average	1.06	1.05	0.99	1.02	1.01	1.00	0.93	1.06	0.96	1.01	1.04	1.05	1.02
2050	RegHCM-PM	1.07	1.03	1.00	1.12	1.20	1.02	0.89	1.06	1.15	1.10	1.06	0.98	1.06
	PRECIS	1.03	1.05	0.94	0.96	0.90	0.97	1.09	1.03	1.00	0.98	1.03	1.04	1.00
	GCMs	1.05	0.97	0.98	1.04	1.02	1.02	1.00	0.98	0.95	1.00	1.04	1.04	1.01
	Average	1.05	1.02	0.98	1.04	1.04	1.00	0.99	1.03	1.03	1.03	1.04	1.02	1.02

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1月に26%の増加、7月には15%の減少が予測された。

3.4.3 海面上昇

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 scenaio	0.18-0.38
A1T scenario	0.20-0.45
B2 scenaio	0.20-0.43
A1B scenaio	0.21-0.48
A2 scenaio	0.23-0.51
A1FI scenaio	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、ムアール川流域の 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) ムアール川流域を定める ESRI シェープファイル形式の流域界データ
- e) ムアール川流域内のある範囲を覆う Lidar データ(1m ポスティング)

4.1.1 DTM 作成

DTM 作成には、**4.1 a)** の等高線と標高単点、および **4.1 e)** の Lidar データを使用した。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、Lidar の高さ精度はサブメータ程度と考えられる。また、縮尺 1/50,000 既存地形図の垂直データムは LSD (Land Survey Datum, Port Swettenham, 現在の Pelabuhan Kelang にて 1912 年に英国海軍省により決定されたもの) であり、一方、Lidar データの垂直データムは DTGSM (Peninsular Malaysia Geodetic Vertical Datum, Port Kelang における 1984-1993 年の潮位観測から決定されたもの) である。したがって、これらの異なるタイプのデータを合成するために特別な方法を考え出した。

まず、河川全流域において 50m グリッドの DTM を作成し、DTGSM データムへ変換した。次に、Lidar データがある範囲 (図 4.1.1 の青色) のみで、Lidar データから 50m グリッドの DTM を作成した。これら両 DTM の最大標高差は、精度の違いや経年変化により約 20-30m あった。Lidar データから作成した DTM の方が縮尺 1/50,000 既存地形図から作成した DTM より精度が高いと考えられるため、Lidar データ範囲においては Lidar DTM を採用した。また、Lidar データ範囲の外側 500m までの範囲は、両 DTM から内挿計算により求めた値を使用した。そして、河川流域の残りの範囲においては縮尺 1/50,000 既存地形図から作成した DTM を採用した。図 4.1.2 に DTM の最終成果を示す。LSD と DTGSM 間の変換式は、 $DTGSM = LSD - 0.122m$ 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。

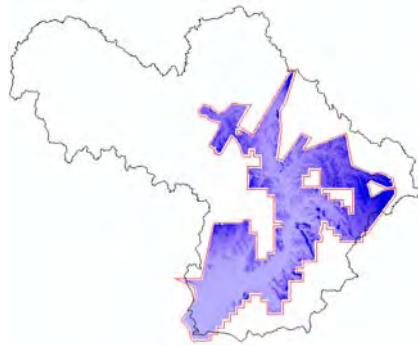


図 4.1.1 DTM マージ法

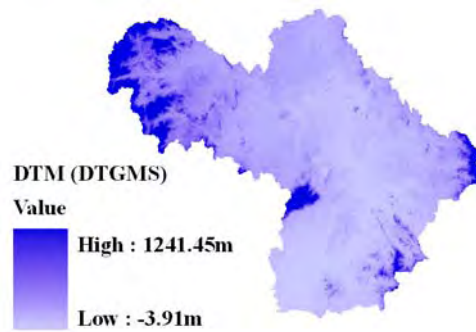


図 4.1.2 ムアール川流域の DTM

4.1.2 GIS データベース作成

DID および JPBD 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。仕様および主な取り利用区分は表 4.1.1、表 4.1.2 の通りである。

表 4.1.1 地図投影法、座標系、垂直データム

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)	
垂直データム: LSD (4.1.1 DTM 作成を参照のこと。)	

表 4.1.2 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エーション	展望/レクリエーション、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 4.1.3 に作成された GIS データベースの例を示す。また、GIS データベースのレイヤー構造を表 4.1.3 に示す。

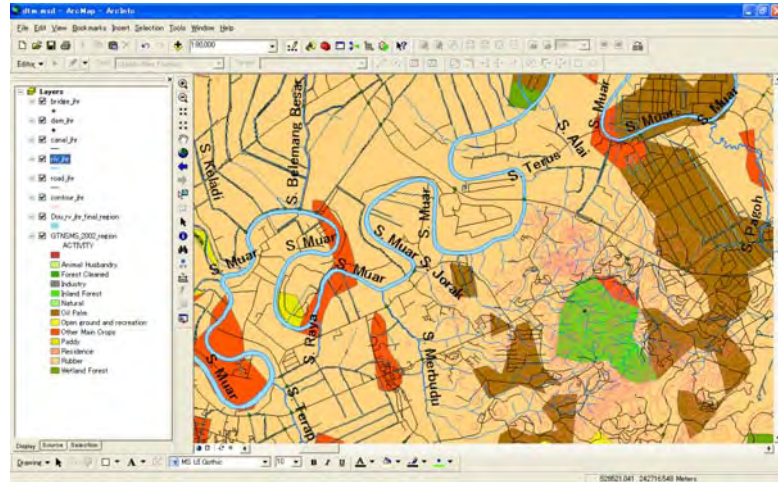


図 4.1.3 作成された GIS データベースの例

表 4.1.3 GIS データベースのレイヤー構造

区分	データタイプ	説明
行政区	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
水関連地物	ポリゴン	二条河川、湖、沼地、泥、貯水池
	ポイント	ダム、橋
	ライン	島、海岸、送水管
都市	ポリゴン	島、砂地
土地利用	ポイント	都市
	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

4.2 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。

マレーシアでは州の下部構造「District」の下に「Sub-District (マレーシア語で「MUKIM」と略称している)」と「Local Authority」という2種類の行政上の区分がある。Sub-District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」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の人口を合計しても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ため、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。

ムアール川流域は「Negeri Sembilan 州」と「Johor 州」にまたがる。Negeri Sembilan 州においては 7 つの District 中 4 つの District、Johor 州においては 8 つの District 中 2 つの District が含まれている。下表にこれらの人口予測の結果を下表に示す。

表 4.2.1 Negeri Sembilan 州の Sub-District 別人口予測

District	Sub-District	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025
Jelevu			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
Kuala Pilah	Teriang Hilir	4,855	5,736	5,311	4,930	4,750	4,577	4,410
				63,541	63,899	65,096	66,596	67,577
	Ampang Tinggi	8,087	8,768	9,138	9,352	9,380	9,357	9,282
	Johor	10,433	10,236	8,885	8,559	8,559	8,559	8,559
	Juasseh	6,352	9,134	8,630	10,173	11,299	12,516	13,368
	Kepis	4,991	4,990	3,782	3,290	3,164	3,051	2,750
	Langkap	191	218	356	632	818	1,036	1,287
	Parit Tinggi	347	311	267	234	221	209	197
	Pilah	13,719	14,132	14,356	14,485	14,502	14,487	14,440
	Sri Menanti	6,035	4,649	3,918	3,531	3,506	3,592	3,791
Tampin	Terachi	5,902	5,042	4,445	3,894	3,663	3,462	3,290
	Ulu Jempol	4,199	3,276	2,903	2,892	3,046	3,306	3,672
	Ulu Muar	6,763	7,424	6,861	6,858	6,939	7,022	6,942
				77,021	91,069	99,470	108,151	118,692
	Ayer Kuning	8,379	6,661	5,270	3,740	2,981	2,226	1,475
	Gemas	17,343	27,355	27,254	35,382	40,379	45,358	51,897
	Gemenchah	17,140	19,037	19,503	19,986	20,232	20,480	20,732
	Keru	949	844	818	852	894	953	1,029
Jempol	Repah	1,976	1,780	2,563	2,970	3,197	3,442	3,705
	Tampin Tengah	11,044	15,913	20,781	27,123	30,663	34,448	38,479
	Tebong	599	705	832	1,016	1,124	1,244	1,375
				125,010	132,087	135,224	138,280	141,842
Jempol	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 4.2.2 Negeri Sembilan 州の Local Authority 別人口予測

District	Local Authority/Town	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025	
Jelevu	LA Jelevu			40,012	37,194	38,270	40,265	42,692	45,556
	Durian Tipus	459	390	272	216	209	201	194	
	Jelevu 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	
Kuala Pilah	LA Kuala Pilah			63,541	63,899	65,096	66,596	67,577	
	Ayer Mawang	551	423	277	260	252	245	237	
	Dangi	1,030	891	764	711	686	662	639	
	Johor	740	612	461	440	429	419	410	
	Juasseh	329	232	56	50	48	45	43	
	Kampung Tengah	368	226	240	251	255	259	263	
	Kuala Jelai		71	38	30	27	24	21	
	Kuala Pilah	11,954	11,613	10,445	10,281	10,200	10,120	10,041	
	Padang Lebar	312	319	436	683	854	1,055	1,286	
	Senaling	665	518	343	252	231	213	195	

District	Local Authority/Town	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025
	Sri Menanti	301	158	75	68	65	62	59
	Tanjong Ipoh	1,187	1,112	1,007	924	903	882	861
	Remainder of LA			29,625	30,061	30,887	31,886	32,491
Tampin			72,295	77,021	91,069	99,470	108,151	118,692
	LA Tampin			48,410	57,240	62,520	67,976	74,602
	Air Kuning Selatan	1,417	1,321	1,193	1,092	1,066	1,040	1,015
	Batang Melaka	677	602	538	484	471	459	447
	Bukit Nanning	70	54	84	163	220	290	371
	Gedok	866	434	435	810	1,146	1,579	2,112
	Gemas	4,194	3,248	2,306	1,756	1,632	1,517	1,410
	Gemencheng Baru	1,250	2,018	2,213	2,436	2,496	2,557	2,619
	Gemencheng Lama	589	206	116	105	100	95	90
	Kampung Baru Gemas	1,497	1,180	836	748	728	708	689
	Tamping	9,847	11,566	7,493	7,057	6,952	6,849	6,747
Remainder of LA				33,196	42,588	47,709	52,882	59,101
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.

Johor州では8つの District のうち2つの District がムアール川流域に含まれている。次表に人口予測結果を示す。

表 4.2.3 Johor州の Sub-District 別人口予測

District	Sub-District	1,980	1,991	2,000	2010	2015	2020	2025
Muar				330,355	391,014	432,436	481,117	537,064
	Ayer Hitam	8,466	7,392	7,695	9,279	10,563	12,176	14,117
	Bandar	72,409	78,038	79,086	82,475	84,224	86,010	87,833
	Bukit Kepong	2,771	8,757	10,174	11,945	12,944	14,025	15,197
	Bukit Serampang	11,736	8,999	8,999	11,363	13,478	16,215	19,574
	Gerisek	27,118	26,036	27,167	27,192	27,204	27,216	27,228
	Jalan Bakri	19,515	24,369	30,733	40,330	46,125	52,585	59,709
	Jorak	13,855	13,778	12,822	12,383	12,383	12,383	12,383
	Kesang	8,542	13,813	18,183	23,099	25,581	28,079	30,593
	Kundang	2,843	2,715	3,659	5,815	7,330	9,136	11,234
	Lenga	8,489	7,284	7,264	8,261	9,162	10,332	11,770
	Parit Bakar	10,403	10,974	12,640	15,757	17,814	20,205	22,929
	Parit Jawa	10,319	8,897	10,202	14,258	17,314	21,056	25,484
	Serom	20,409	18,463	21,148	28,646	34,177	40,897	48,804
	Sri Menanti	10,115	9,076	10,167	13,428	15,868	18,846	22,364
	Sungai Balang	13,126	12,100	13,124	16,229	18,558	21,404	24,768
	Sungai Raya & Kampung Bukit Pasir	7,544	6,690	7,609	10,338	12,376	14,864	17,801
	Sungai Terap	5,941	6,027	9,166	15,893	20,535	26,029	32,376
Tangkak	37,484	38,396	40,517	44,324	46,801	49,659	52,900	
Segamat				177,916	191,772	202,414	214,089	226,787
	Bandar Segamat	8,362	6,348	3,805	3,441	3,441	3,441	3,441
	Bekok	8,367	7,580	5,934	4,927	4,579	4,256	3,955
	Bulon Kasap	13,918	18,367	22,181	26,602	28,885	31,217	33,597
	Chaah	13,560	13,903	13,459	13,035	13,006	12,977	12,948
	Gemas	10,183	13,780	13,634	13,490	14,571	15,737	16,998
	Gemereh	4,862	6,507	6,692	7,377	8,098	8,889	9,758
	Jabi	2,516	9,052	9,000	8,974	8,974	8,974	8,974
	Jementah	12,239	15,329	16,211	17,915	19,381	21,005	22,765
	Labis	28,966	32,521	31,051	32,097	32,633	33,178	33,732
	Pogoh	10,855	12,593	16,233	22,619	26,736	31,469	36,818
	Sermin	1,898	2,036	1,740	1,672	1,639	1,607	1,576
	Sungai Segamat	34,775	39,545	37,976	39,622	40,471	41,339	42,225

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

表 4.2.4 Johor 州の Local Authority 別人口予測

District	Local Authority/Town	1980	1991	2000	2010	2015	2020	2025
Muar			301,804	330,355	391,014	432,436	481,117	537,064
	LA Muar Selatan			194,123	229,767	254,108	282,714	315,589
	Bandar Maharani	65,151	62,946	57,742	53,841	52,737	51,656	50,597
	Bukit Bakri	5,215	6,455	6,258	6,864	7,188	7,528	7,884
	Bukit Kepong	667	574	349	310	300	292	283
	Bukit Pasir	3,680	3,737	3,539	3,356	3,323	3,291	3,259
	Lenga	1,093	880	752	639	616	594	573
	Pagoh	2,499	2,062	1,597	1,293	1,222	1,154	1,091
	Panchor	1,088	949	681	557	519	483	450
	Parit Jawa	2,697	2,684	2,628	2,584	2,571	2,557	2,544
	Semerah	244	349	717	1,424	1,895	2,444	3,071
	Remainder of LA			119,860	158,900	183,737	212,714	245,836
	LA Muar Utara			57,364	67,897	75,090	83,543	93,258
	Bukit Gambir	4,586	3,627	4,538	7,340	9,448	12,026	15,076
	Bukit Kangkar	1,876	1,375	860	629	572	520	473
	Gerisek	2,309	1,790	1,429	1,164	1,107	1,052	1,000
	Kampong Kundang Ulu	936	711	672	586	578	570	562
	Kebun Baharu	838	678	639	620	612	603	595
	Sagil Luar	2,411	1,806	1,744	1,517	1,465	1,416	1,367
	Serom	2,096	1,791	1,892	2,374	2,761	3,246	3,828
	Sungai Mati	1,055	691	972	934	925	916	907
	Tangkak	13,251	11,216	9,187	7,816	7,631	7,556	7,482
	Remainder of LA			35,431	44,916	49,992	55,638	61,968
Segamat			177,561	177,916	191,772	202,414	214,089	226,787
	LA Segamat Selatan			34,438	37,120	39,180	41,440	43,898
	Bekok	4,035	3,195	2,784	2,372	2,297	2,224	2,153
	Chaah	6,211	4,638	3,384	2,688	2,539	2,397	2,264
	Labis	10,629	8,809	6,868	5,681	5,375	5,085	4,811
	Pekan Ayer Panas	1,085	756	688	572	546	522	498
	Sungai Karas			496	412	393	376	359
	Remainder of LA			20,218	25,395	28,031	30,836	33,812
	LA Segamat Utara			91,058	98,149	103,596	109,572	116,070
	Batu Anam	2,506	3,113	3,066	3,395	3,573	3,760	3,957
	Buloh Kasap	3,006	2,318	2,680	2,897	3,012	3,131	3,255
	Gemas Baharu	1,510	998	560	478	459	442	425
	Jementah	6,978	6,849	5,199	4,573	4,429	4,290	4,155
	Kampong Tengah	1,860	1,589	838	730	705	681	658
	Paya Jakas	393	338	331	307	306	304	303
	Segamat	34,008	32,359	29,647	27,800	27,357	26,922	26,493
	Remainder of LA			48,737	57,969	63,755	70,042	76,825

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

4.3 水文解析

4.3.1 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。

4.3.2 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 75% が存在していた 1980 年以降のデータが得られている地点とした)
- 条件 3：1980 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 4.3.1 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)

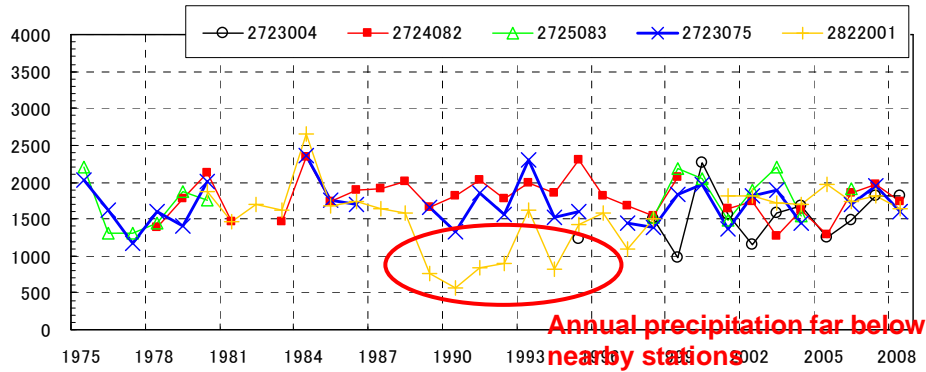


図 4.3.1 近隣データ比較結果の例(地点 2822001 のデータを解析から除外した)

- 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 4.3.1、表 4.3.2 に、位置図は図 4.3.2 に示す。

表 4.3.1 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
2525415	1961/5/2-	1961/5/2-	1961/5/1-	1961/5/2-
2527411	1960/7/1-	1960/7/2-	1960/7/1-	1960/7/2-
2527490	2001/1/23-	2001/1/23-	-	-
2528414	1960/7/1-	1960/7/2-	1960/7/1-	1960/7/2-
2625413	1993/10/20-	1993/10/21-	-	-
2723401	1978/11/4-	1978/11/5-	1978/11/4-	1978/11/5-

表 4.3.2 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
2025001	1974/8/10-	1974/8/10-
2125028	-	1947/12/1-
2126024	-	1948/1/1-1960/6/30
2127017	-	1965/7/10-
2127018	-	1947/11/1-
2225026	-	1947/10/8-
2226019	-	1949/7/2-1994/9/30
2228016	-	1959/1/1-
2326020	-	1949/7/3-1967/3/31
2326022	-	1947/11/20-
2326023	-	1948/12/4-
2330009	1970/6/29-	1947/12/1-
2424087	-	1930/7/4-
2426005	-	1950/10/7-
2427001	-	1978/8/1-
2428011	-	1948/1/1-
2428013	-	1952/4/14-
2430009	2001/1/2-	2001/1/2-
2524001	-	1978/2/1-
2526001	2003/6/12-	1965/7/4-
2527004	2003/6/12-	2003/6/12-
2527007	-	1948/1/1-1961/10/31
2528001	-	1980/4/30-1999/6/30
2528002	2000/7/3-	1999/10/1-
2528014	-	1972/1/19-1975/4/30
2622078	1995/6/15-	1964/2/1-
2622079	-	1954/1/1-1970/12/31
2623085	2003/8/12-	1930/1/2-
2625084	2003/9/2-	1959/1/4-
2626002	2009/5/4-	1950/1/1-

観測所ID	時間データの観測期間	日データの観測期間
2626003	2001/6/17-	2001/6/17-
2628001	-	1980/6/1-
2721073	-	1959/2/1-
2722003	2003/8/13-	1977/3/1-
2723001	-	1995/6/17-1996/1/2
2723004	1995/6/15-	1998/1/1-
2723075	-	1936/1/2-
2724082	-	1930/7/4-
2725083	-	1923/7/4-
2822001	1995/6/21-	1979/11/1-

網掛けした地点は、以後の解析に使用したもの(10地点)

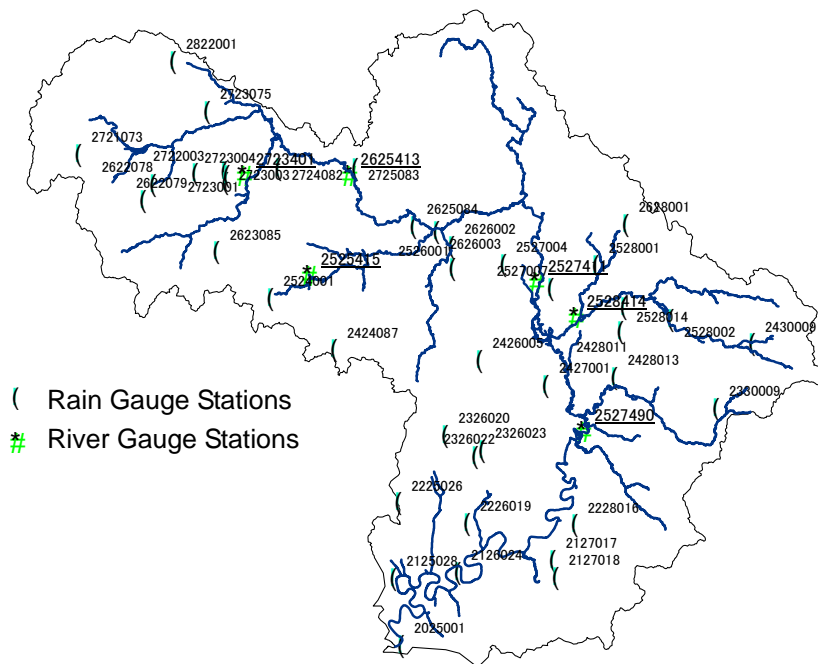


図 4.3.2 観測地点位置図

4.3.3 降雨解析

ここでは、前項の手順で選定した10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。

(1) 降雨継続時間

既往検討報告書である“Master Plan Study on Flood Management for Sg. Muar Basin 2003”では、最大流量の算定には72時間雨量を見込むことが必要とされている。そこで、図 4.3.3に示すティーセン分割をもとに、3日雨量を求めることとした。

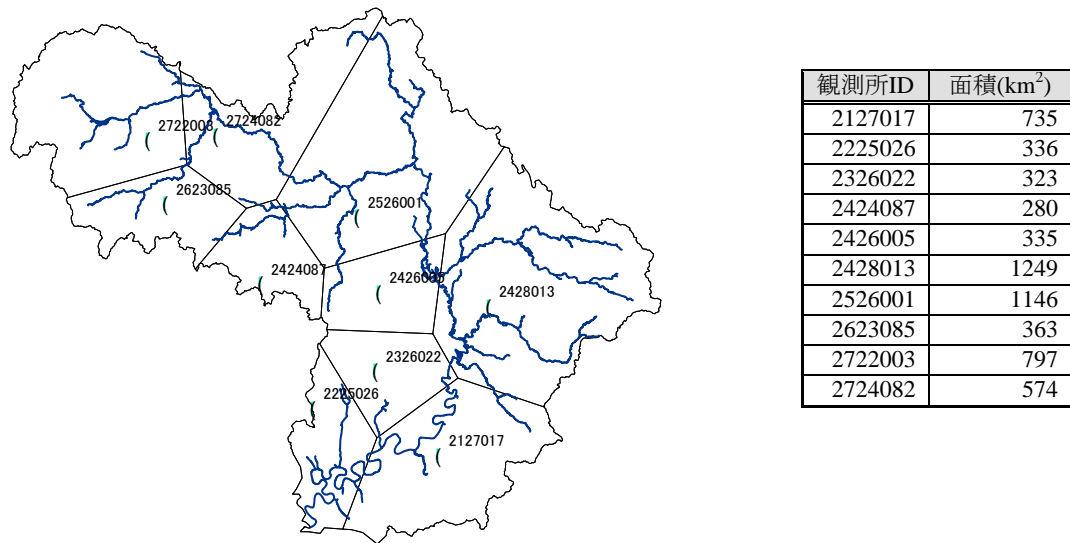
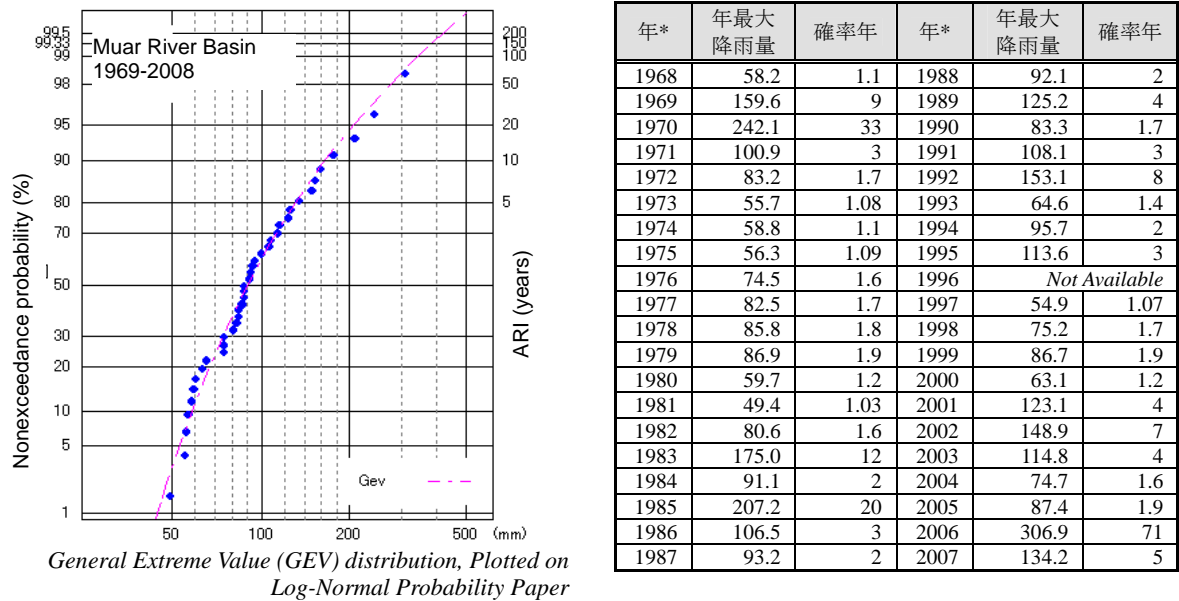


図 4.3.3 ティーセン分割図と各雨量観測地点の支配面積

(2) 降雨確率

検討には最近40年のデータを用い、一般極値分布を仮定して図 4.3.4のように確率規模別の3日降雨量を求めた。1971年、2006年洪水の3日雨量生起確率は、それぞれ33年および71年である。



*水文年：7月から翌年6月を1年とする

図 4.3.4 降雨確率分布(ムアール川流域)

また、生起確率別の流域平均最大3日雨量は表 4.3.3のようである。

表 4.3.3 確率規模別の3日雨量

確率年	200	150	100	80	50	30	20	10	5	3	2	1.5
3日雨量 (mm)	417.5	383.4	339.7	317.7	275.6	235.5	207.5	165.8	130.6	107.4	89.6	76.4

4.3.4 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 4.3.4、図 4.3.5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 4.3.4 小流域の地表区分

区分	浸透度	窪地貯留
A ₁	不浸透域	あり
A ₂	浸透域	あり
A ₃	不浸透域	なし

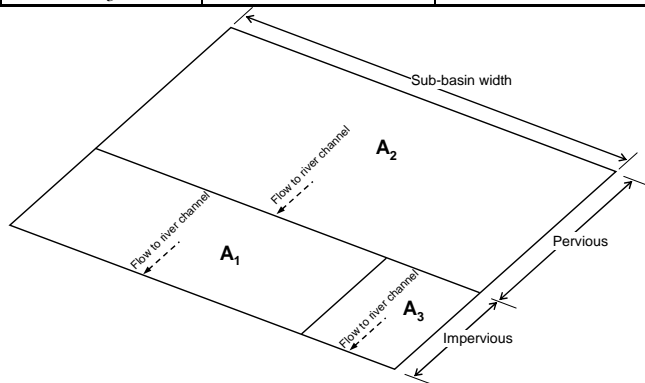


図 4.3.5 地表区分模式図(表面流は直接河道へ流入する)

流出は、下に示す Manning 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 4.3.7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。

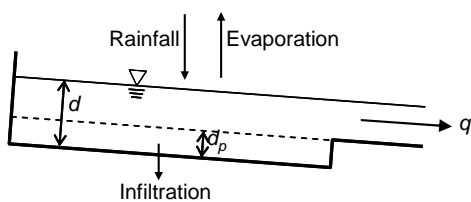


図 4.3.6 流出モデル模式図

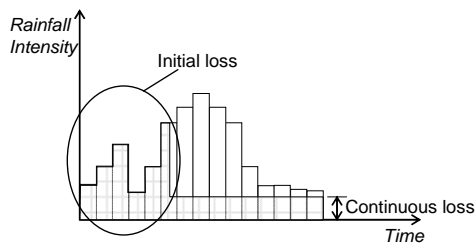


図 4.3.7 降雨損失の模式図

(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。

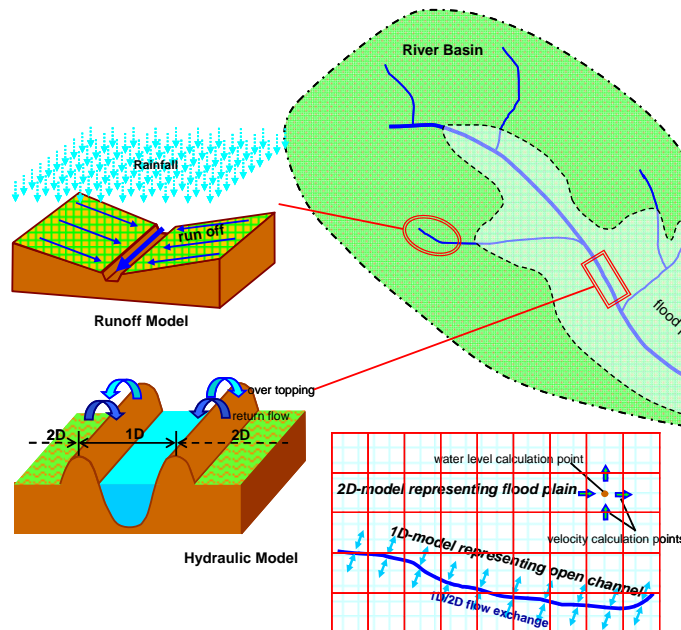
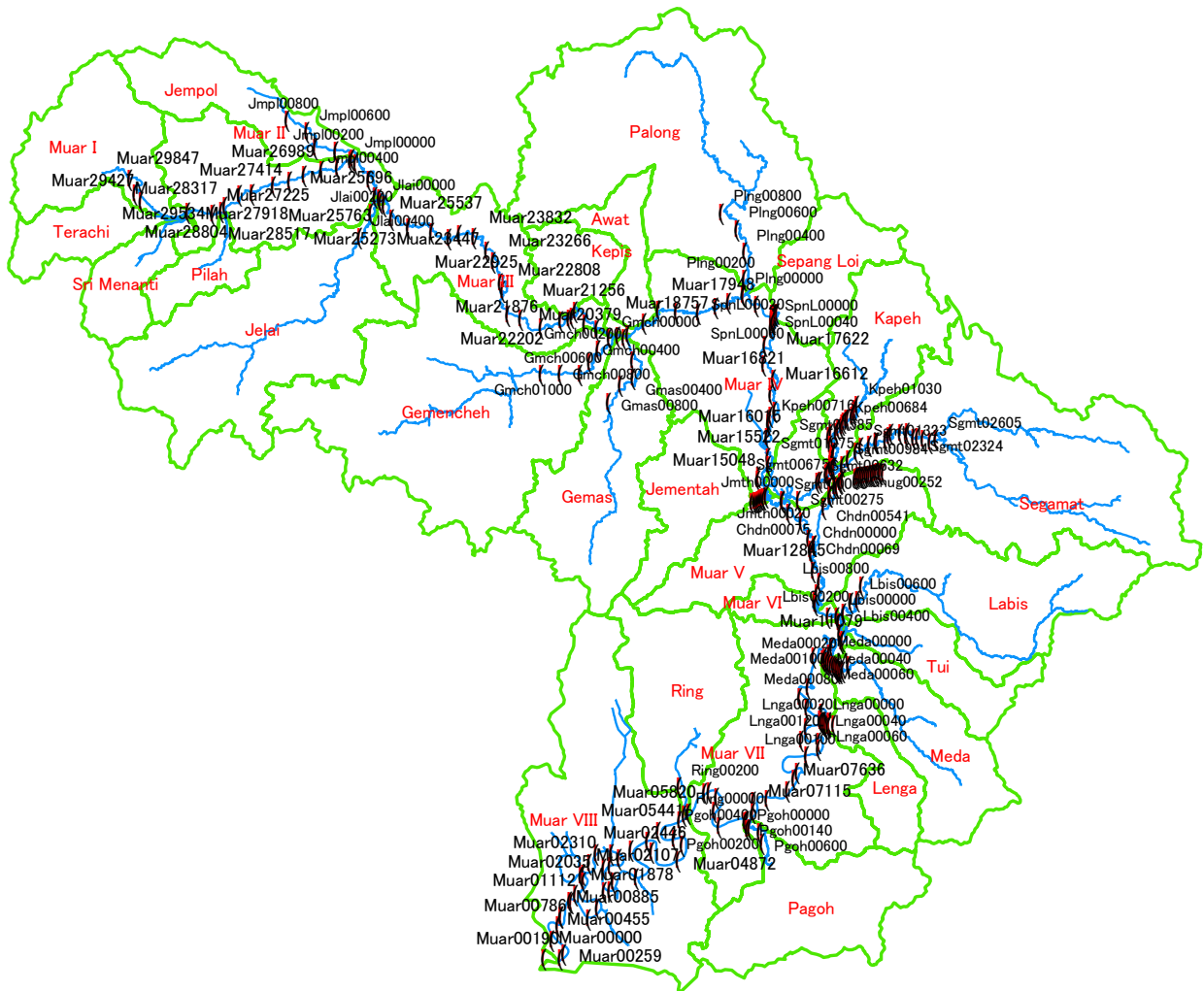


図 4.3.8 洪水シミュレーションモデル模式図

(c) ムアール川流域モデル

ムアール川を対象とした洪水モデル構築にあたっては、図 4.3.9 示すように流域を28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 4.3.5 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。



赤丸は横断面の位置とその距離標を表す

図 4.3.9 ムアール川流域の流域分割および距離標

表 4.3.5 流出モデルパラメータ

小流域	流域面積 (km ²)	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)
Muar I	183	20000	0.001	Pervious	99.9	0.1	30.0	0.4
				Impervious	0.1	0.014		
Terachi	83	20000	0.0005	Pervious	90.1	0.1	30.0	0.4
				Impervious	9.9	0.014		
Sri Menanti	77	20000	0.0005	Pervious	92.7	0.1	30.0	0.4
				Impervious	7.3	0.014		
Pilah	56	10000	0.0005	Pervious	88.9	0.1	30.0	0.4

小流域	流域面積 (km ²)	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)
Muar II	220	10000	0.0005	Impervious	11.1	0.014	-	-
				Pervious	81.1	0.1	30.0	0.4
Jempol	135	20000	0.0005	Impervious	8.9	0.014	-	-
				Pervious	90.2	0.1	30.0	0.4
Jelai	390	20000	0.0005	Impervious	9.8	0.014	-	-
				Pervious	96.3	0.1	30.0	0.4
Muar III	211	5000	0.0002	Impervious	3.7	0.014	-	-
				Pervious	93.3	0.1	30.0	0.4
Kepis	73	5000	0.0002	Impervious	6.7	0.014	-	-
				Pervious	95.5	0.1	30.0	0.4
Gemencheh	503	3000	0.0002	Impervious	4.5	0.014	-	-
				Pervious	95.6	0.1	30.0	0.4
Gemasp	242	3000	0.0002	Impervious	4.4	0.014	-	-
				Pervious	95.9	0.1	30.0	0.4
Awat	66	5000	0.0002	Impervious	4.1	0.014	-	-
				Pervious	95.7	0.1	30.0	0.4
Muar IV	286	3000	0.0003	Impervious	4.3	0.014	-	-
				Pervious	99.7	0.1	30.0	0.4
Palong	563	3000	0.0005	Impervious	0.3	0.014	-	-
				Pervious	97.5	0.1	30.0	0.4
Seoang Loi	116	5000	0.0002	Impervious	2.5	0.014	-	-
				Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
Jementah	126	3000	0.0002	Impervious	0.0	0.014	-	-
				Pervious	98.2	0.1	30.0	0.4
Segamat	550	7000	0.0002	Impervious	1.8	0.014	-	-
				Pervious	98.7	0.1	40.0	0.6
Kapeh	162	5000	0.0002	Impervious	1.3	0.014	-	-
				Pervious	99.5	0.1	30.0	0.4
Muar V	230	2000	0.0001	Impervious	0.5	0.014	-	-
				Pervious	99.3	0.1	30.0	0.4
Muar VI	35	2000	0.0001	Impervious	0.7	0.014	-	-
				Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
Labis	280	2000	0.0001	Impervious	0.0	0.014	-	-
				Pervious	99.9	0.1	30.0	0.4
Tui	101	2000	0.0001	Impervious	0.1	0.014	-	-
				Pervious	94.5	0.1	30.0	0.4
Meda	165	2000	0.0001	Impervious	5.5	0.014	-	-
				Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
Muar VII	346	2000	0.00001	Impervious	0.0	0.014	-	-
				Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
Lenga	81	2000	0.0001	Impervious	0.0	0.014	-	-
				Pervious	100.0	0.1	30.0	0.4
Pagoh	204	2000	0.0001	Impervious	0.5	0.014	-	-
				Pervious	99.5	0.1	30.0	0.4
Ring	198	10000	0.0001	Impervious	0.8	0.014	-	-
				Pervious	99.2	0.1	20.0	0.3
Muar VIII	455	2000	0.0001	Impervious	1.9	0.014	-	-
				Pervious	98.1	0.1	30.0	0.4

水理モデルのパラメータは検証計算より、表 4.3.6 のように設定した。

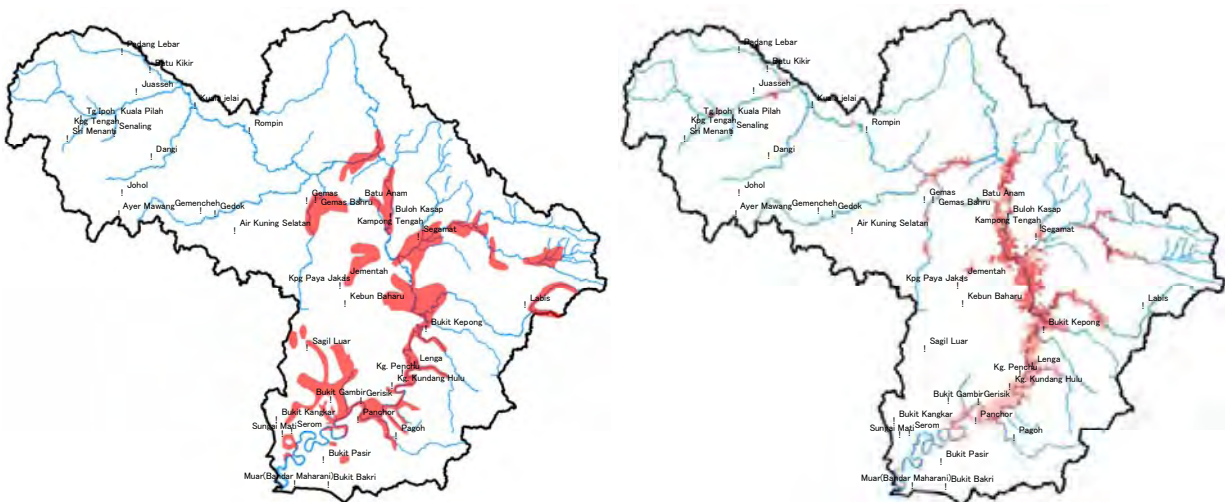
表 4.3.6 水理モデルパラメータ

1次元河道モデル	粗度係数	本川：距離標 0 - 72.2km	0.02
		本川：距離標 72.2 - 176.8km 支川：Chodan , Genuang, Jementeh ,Kapeh, Labis, Lenga, Meda, Pagoh, Ring and Segamat	0.03
		本川：距離標 176.8km から上流 支川：Gemasp, Gemencheh, Jelai, Jempol, Palong and Sepan Loi	0.035
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、2006年12月洪水を用いることとした。当該洪水は3日雨量の確率規模が71年と、最近40年では最も大きな洪水である。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 4.3.10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 4.3.11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。



Source: DID Segamat and Muar District Office

図 4.3.10 氾濫域検証結果(左：観測値、右：計算結果)

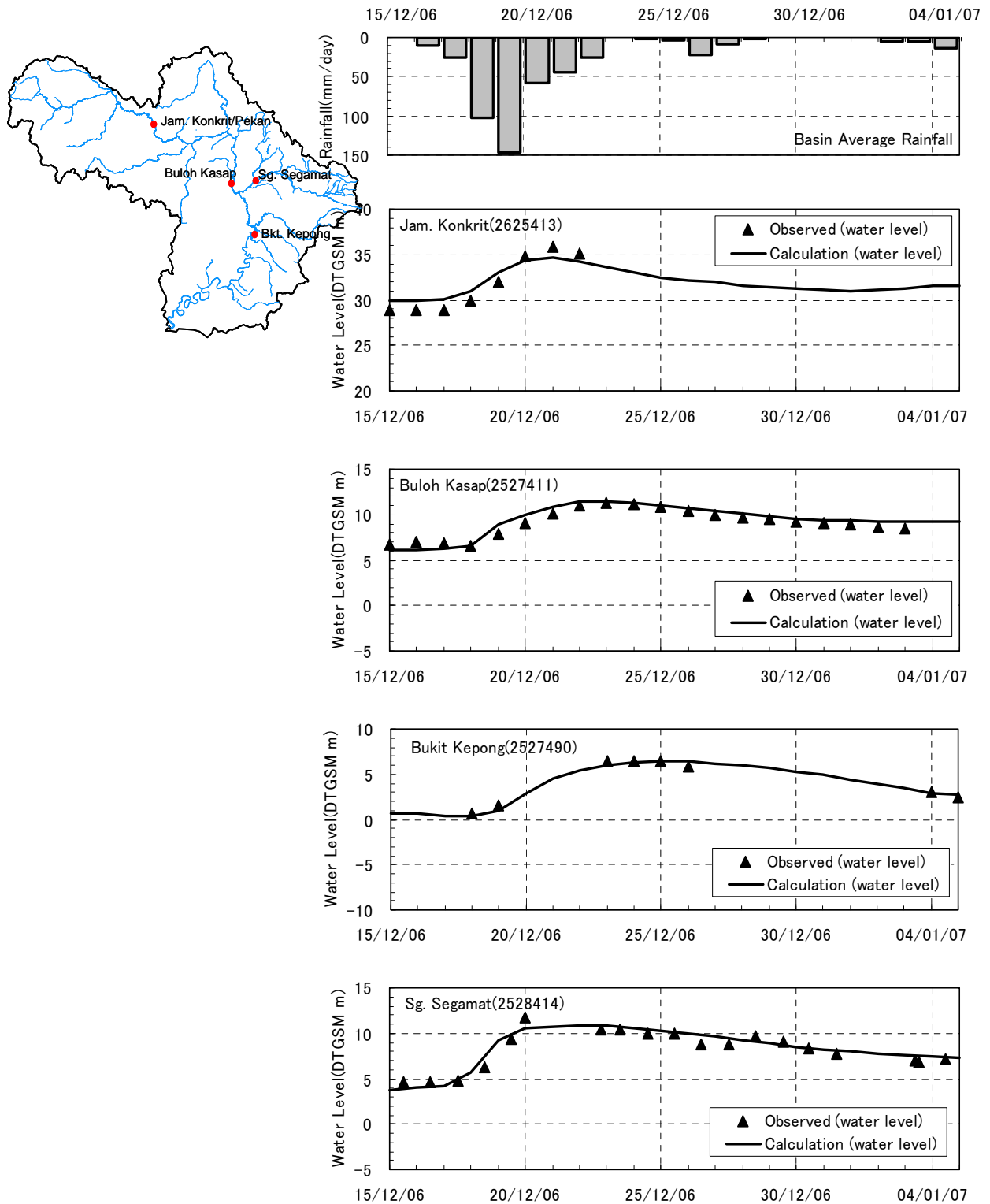


図 4.3.11 検証結果(水位時系列)

4.3.5 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。各種洪水対策の詳細については第6章に記述している。

(1) 計算条件

(a) 降雨波形

図 4.3.12 はムアール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、2006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。

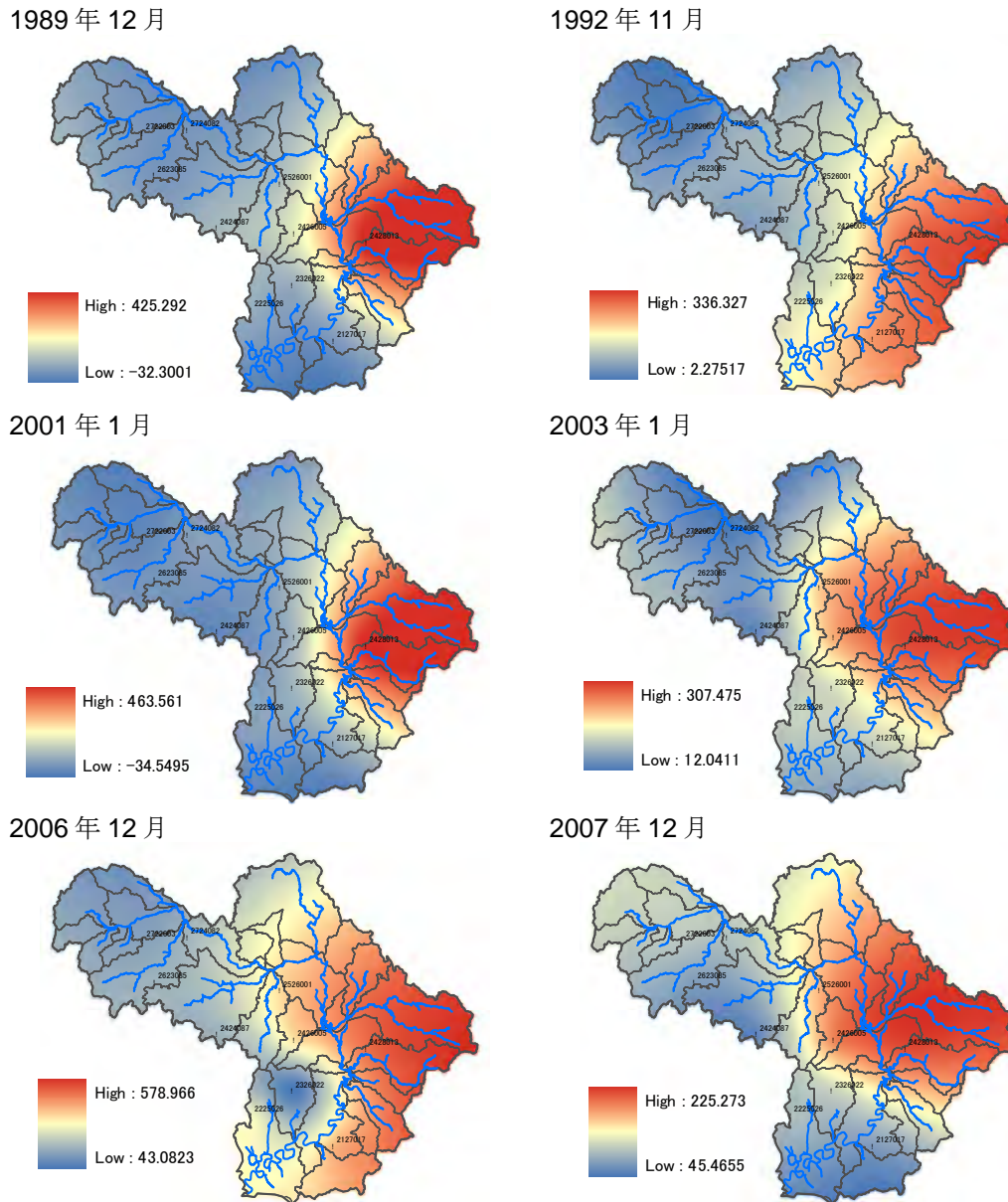


図 4.3.12 主要洪水時の降雨量分布

(b) 下流端水位

下流端水位には、Tanjung Kelang 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 4.3.7のとおりである。

表 4.3.7 引き伸ばし率と気候変動による降雨強度増加率

	確率年						2006年12月 洪水
	2	5	10	20	50	100	
3日雨量 (mm)	89.6	130.6	165.8	207.5	275.6	339.7	306.9
引き伸ばし率	0.29	0.43	0.54	0.68	0.90	1.11	-
増加率	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	-

(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 4.3.8に示すとおりである。

表 4.3.8 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
Muar I	浸透域	99.9	99.9	Seoang Loi	浸透域	100.0	100.0
	不浸透域	0.1	0.1		不浸透域	0.0	0.0
Terachi	浸透域	90.1	89.3	Jementah	浸透域	98.2	98.2
	不浸透域	9.9	10.7		不浸透域	1.8	1.8
Sri Menanti	浸透域	92.7	92.7	Segamat	浸透域	98.7	98.1
	不浸透域	7.3	7.3		不浸透域	1.3	1.9
Pilah	浸透域	88.9	88.9	Kapeh	浸透域	99.5	99.5
	不浸透域	11.1	11.1		不浸透域	0.5	0.5
Muar II	浸透域	81.1	76.7	Muar V	浸透域	99.3	98.5
	不浸透域	8.9	23.3		不浸透域	0.7	1.5
Jempol	浸透域	90.2	90.2	Muar VI	浸透域	100.0	97.4
	不浸透域	9.8	9.8		不浸透域	0.0	2.6
Jelai	浸透域	96.3	95.5	Labis	浸透域	99.9	99.3
	不浸透域	3.7	4.5		不浸透域	0.1	0.7
Muar III	浸透域	93.3	93.3	Tui	浸透域	94.5	94.5
	不浸透域	6.7	6.7		不浸透域	5.5	5.5
Kepis	浸透域	95.5	95.5	Meda	浸透域	100.0	99.9
	不浸透域	4.5	4.5		不浸透域	0.0	0.1
Gemencheh	浸透域	95.6	87.0	Muar VII	浸透域	100.0	96.0
	不浸透域	4.4	13.0		不浸透域	0.0	4.0
Gemasp	浸透域	95.9	65.9	Lenga	浸透域	100.0	99.0
	不浸透域	4.1	34.1		不浸透域	0.0	1.0
Awat	浸透域	95.7	95.7	Pagoh	浸透域	99.5	91.6
	不浸透域	4.3	4.3		不浸透域	0.5	8.4
Muar IV	浸透域	99.7	99.7	Ring	浸透域	99.2	97.2
	不浸透域	0.3	0.3		不浸透域	0.8	2.8
Palong	浸透域	97.5	97.5	Muar VIII	浸透域	98.1	77.9
	不浸透域	2.5	2.5		不浸透域	1.9	22.1

(e) 検討ケース

DIDでは、Segamat-Genuang分水路およびGenuang川、Chodan川の河道改修の実施を決定しており、実施に向けて詳細設計検討が行われていることから、当該洪水対策は所与のものとして洪水対策ケースの設定を行うこととした。しかし、分水路の建設は下流への流量負担を増大させ、現況と比較して洪水時の水位を上昇させる恐れがあり、既往検討である*Rancangan Tebatan Banjir Bagi Lembangan Sungai Muar (Fasa1), Johor 2009 by HSS Integrated*においてもその可能性が指摘されている。

洪水時河川水位の低下と上記のような分水路による下流への影響の軽減を目的として、ここでは7つの捷水路についてその効果検討を行う。捷水路については、下流へのさらなる流量増大を極力避けるため、下流から上流への順に設置することとした。検討ケース一覧を表 4.3.9 に示す。

表 4.3.9 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. Segamat - Genuang 分水路と Genuang および Chodan River の改修		2025	Segamat-Genuang 分水路および Genuang・Chodan River の改修を想定
	2. 1.および捷水路1つ2		2025	上記に加えて Sg. Sendok 捷水路を想定
	3. 1.および捷水路2つ		2025	上記に加えて Belemang 捷水路を想定
	4. 1.および捷水路3つ		2025	上記に加えて Tg. Olak 捷水路を想定
	5. 1.および捷水路4つ		2025	上記に加えて Kundang 捷水路を想定
	6. 1.および捷水路5つ		2025	上記に加えて Penchu 捷水路を想定
	7. 1.および捷水路6つ		2025	上記に加えて Bkt. Serampang 捷水路を想定
	8. 1.および捷水路7つ		2025	上記に加えて Bkt. Kepong 捷水路を想定

* 気候、土地利用条件を考慮



図 4.3.13 洪水対策施設位置図

(2) 計算結果

表 4.3.10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8つの洪水対策についての結果を表 4.3.10、図 4.3.14、図 4.3.15に示す。これらの結果より、100年確率規模の洪水では、距離標5-50 km(延長約45km)の区間においてSegamat-Genuang分水路および河道改修による水位上昇が予測される。その結果、図 4.3.16に示すように、距離標35kmより上流の洪水被害を受けやすい地域の洪水被害を悪化させる可能性がある。一方、いくつかの捷水路を建設することによってこの分水路による水位上昇を軽減することができるとともに、洪水水位の低下が可能であり、2つ以上の捷水路を建設した場合には洪水被害を受けやすい地域(距離標35kmより上流)の水位を低下させることができるものと予測される。捷水路の効果は、図 4.3.17に示すように氾濫域の減少としてもみることができる。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 4.3.10 各地点における 100 年確率洪水での水位

		(DTGSM m)					
位置 ケース ID	Buloh Kasap	Bukit Kepong	Lenga	Panchor	Kg. Belemang	Muar	Bandar Segamat
1-1	11.37	5.95	4.69	3.42	1.52	1.31	10.75
1-2	12.37	6.95	5.59	4.31	2.32	1.45	12.06
2-1	12.22	6.92	5.57	4.26	2.47	1.42	10.72
2-2	12.22	6.92	5.57	4.20	2.35	1.42	10.72
2-3	12.22	6.89	5.52	4.02	2.15	1.46	10.72
2-4	12.22	6.81	5.33	3.55	2.04	1.44	10.72
2-5	12.22	6.73	5.10	3.59	1.97	1.46	10.72
2-6	12.22	6.48	4.52	3.70	2.00	1.45	10.72
2-7	12.21	6.42	4.51	3.69	2.04	1.46	10.72
2-8	12.22	6.07	4.53	3.72	2.01	1.45	10.72

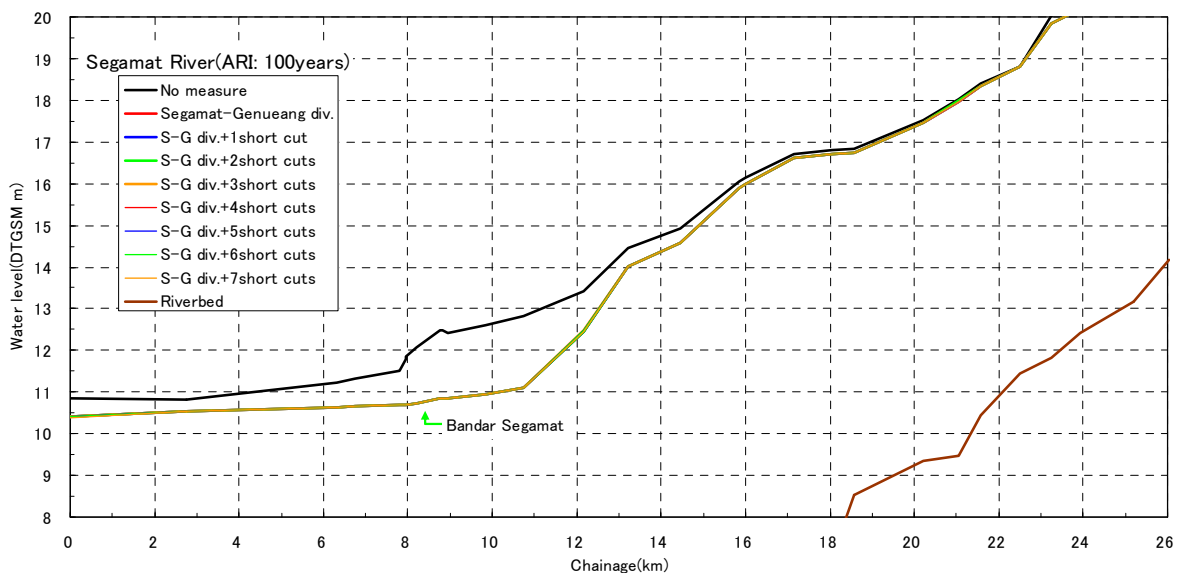


図 4.3.14 100 年確率洪水下での Segamat River の水位

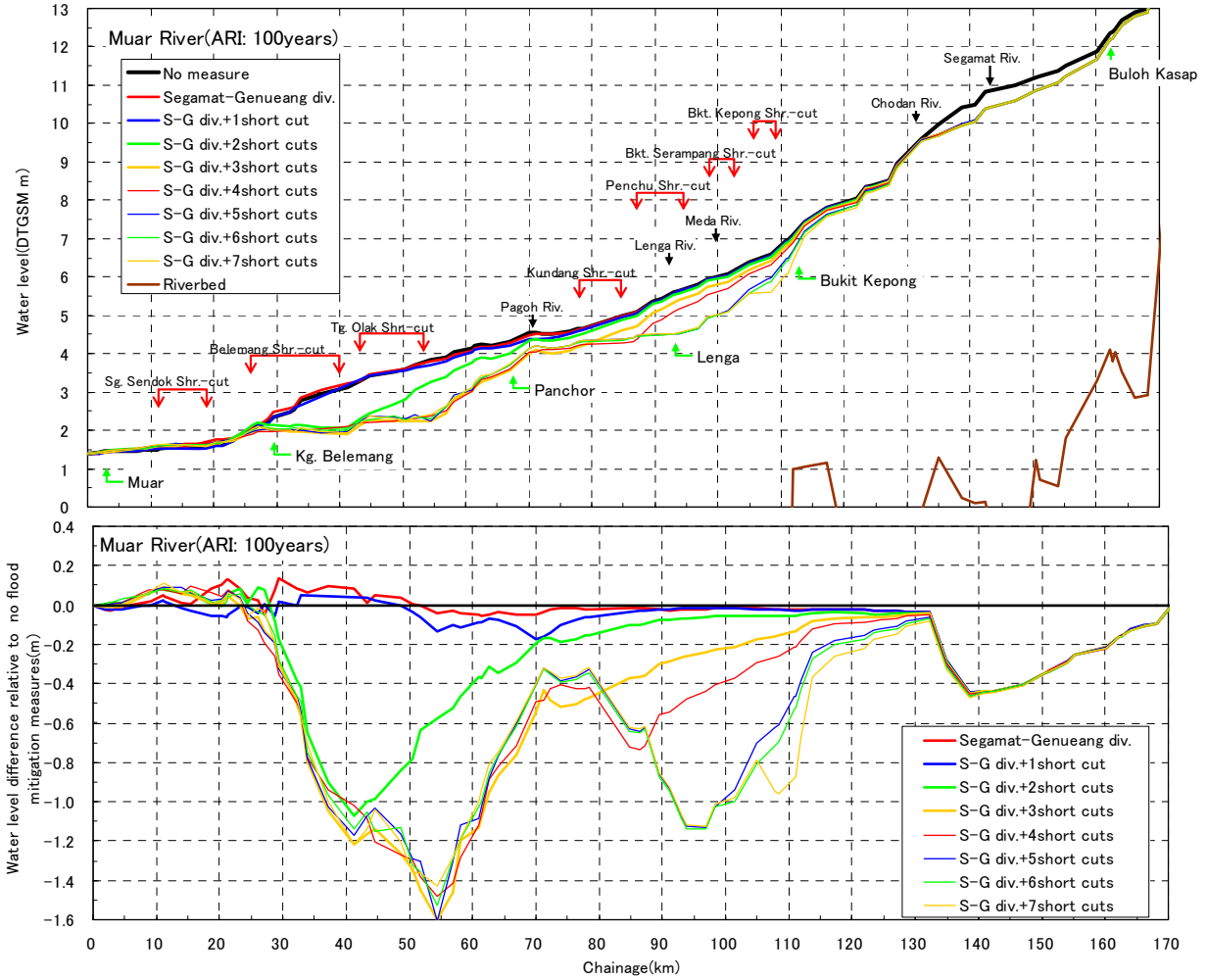


図 4.3.15 100年確率規模の洪水におけるムアール川の水位および、対策を行わない場合との水位差 (上：河川水位、下：水位差)

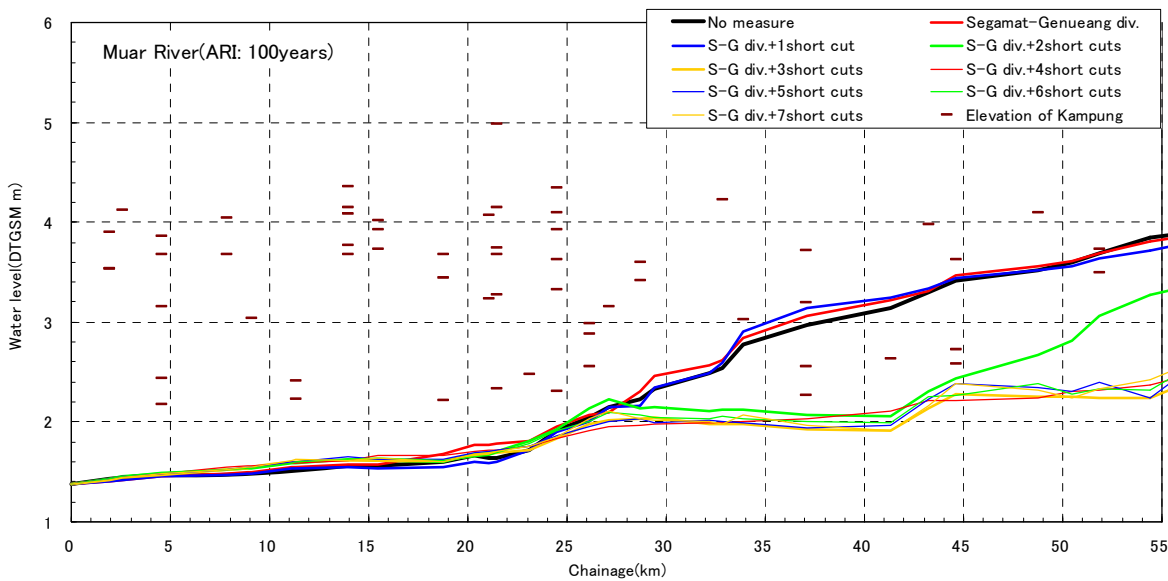


図 4.3.16 ムアール川の河川水位(距離標：0-55km)と Kampung の標高

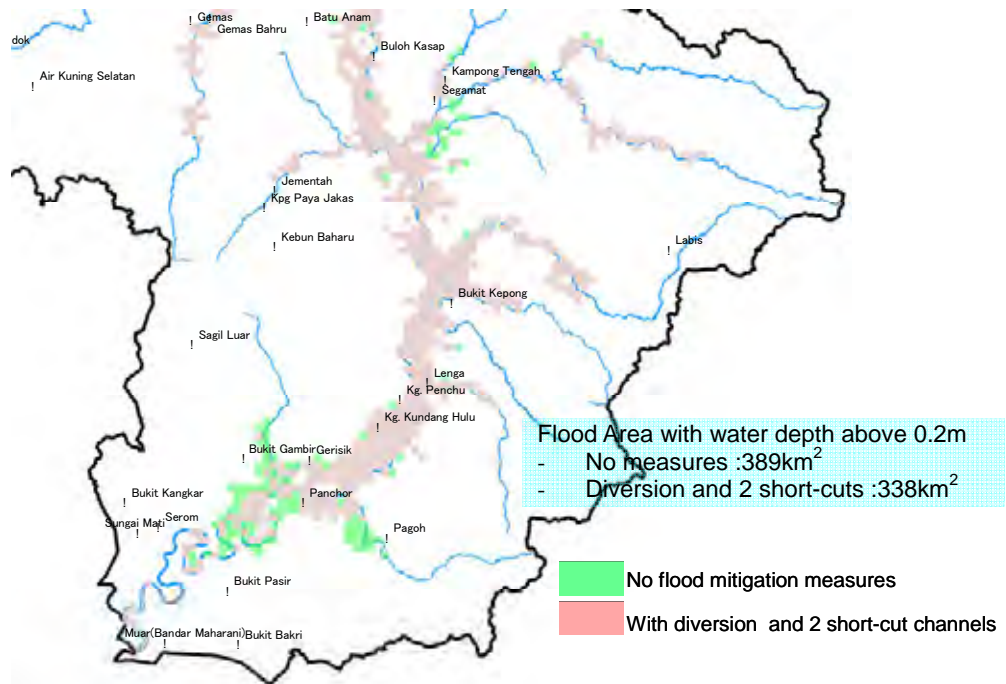
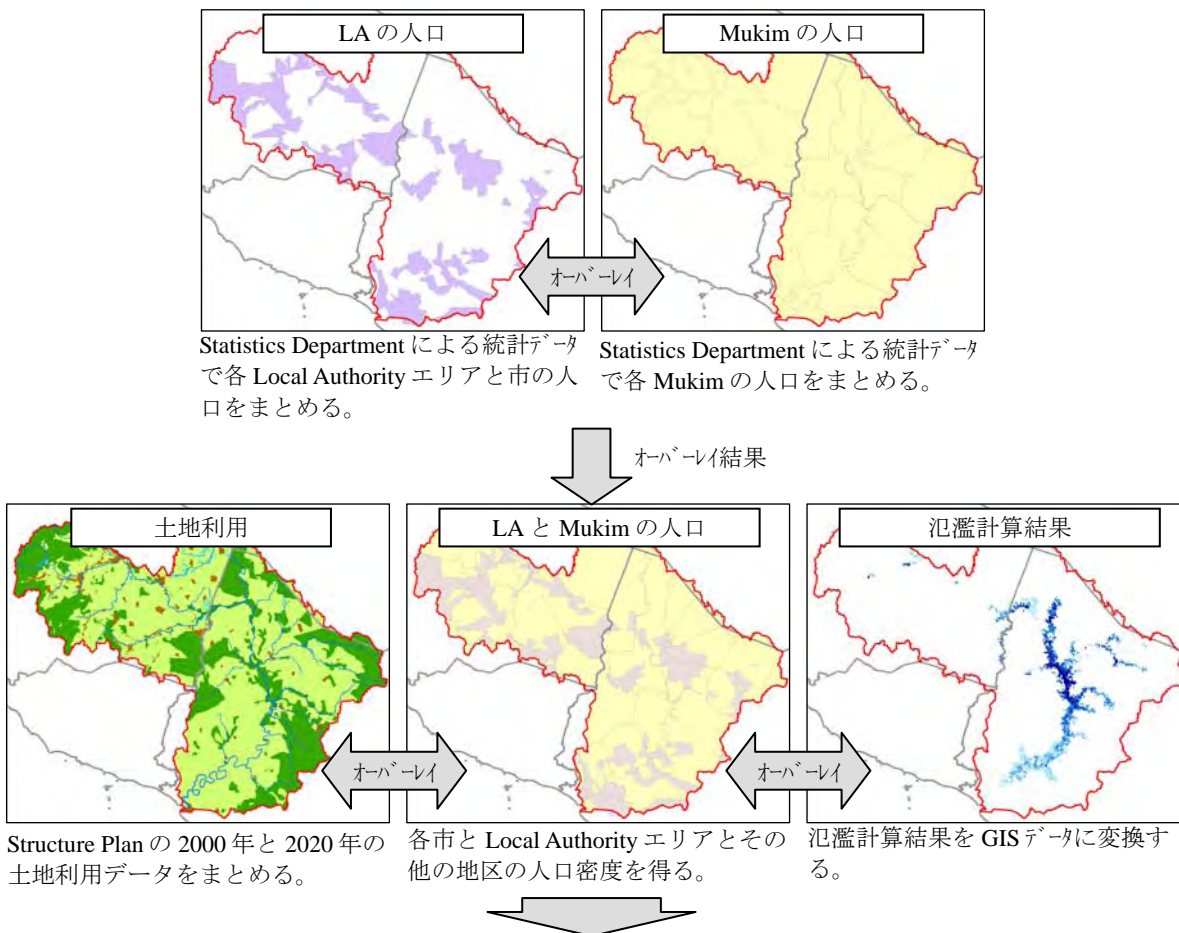


図 4.3.17 100年確率洪水による2025年条件下での氾濫域予測結果

4.4 経済分析の方法

4.4.1 洪水被害額の推定

洪水被害を推定するために、浸水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、詳細洪水被害計算を行う。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 ²	xx/km ²	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy
1	Forest	xx km ²	xx/km ²	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy
2	Agriculture	xx km ²	xx/km ²	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy
2	Forest	xx km ²	xx/km ²	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy
2	Built up	xx km ²	xx/km ²	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy
3	Built up	xx km ²	xx/km ²	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy
4	Agriculture	xx km ²	xx/km ²	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy
4	Built up	xx km ²	xx/km ²	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy	x m	xx km ²	xx km ²	xx km ²	yy
5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
6	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
7	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
			TOTAL	x m	xx km²	xx km²	xx km²	yy	x m	xx km²	xx km²	xx km²	yy

図 4.4.1 浸水地域の人口および土地利用の推定方法

4.4.2 経済分析

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、官公庁等公共建造物の浸水被害

(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、かつムアール川流域の特性を考慮して1戸当り36,100RM/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 4.4.1 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)

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、一般世帯の家屋・家財の被害額の3.5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、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50%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、かつムアール川流域の特性を考慮して1構造物当り9,626,741 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、次表の通りとした。

表 4.4.2 公共構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)

なお公共構造物は、人口5,000人につき1構造物存在すると想定した。

(b) 農地

(i) 水稲への影響

イネには水稲(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、すべて水稲の被害率を採択した。

表 4.4.3 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
水稲被害率(%)	21.00%	30.00%	36.00%	50.00%	24.00%	44.00%	50.00%	71.00%	37.00%	54.00%	64.00%	74.00%
陸稲被害率(%)	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 4.4.4 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

日当たり乾性ゴム採取量は既存類似調査により日当たり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 4.4.5 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 4.4.6 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 4.4.7 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、被害額の原因単位として下記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因単位の被害額原因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 4.4.8 ムアール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		1,083	—	1,083	—	1,083	—	1,083	542	1,625	975	2,599	—	—	—
床上	Less than 50	1,913	1,531	3,444	47,511	50,955	12,054	63,009	31,505	94,514	56,708	151,222	1,732,813	264,081	1,996,894
	50 ~ 99	2,599	2,079	4,679	64,544	69,222	16,375	85,597	42,799	128,396	77,038	205,434	3,022,797	1,001,150	4,023,947
	100 ~ 199	3,935	3,148	7,083	97,712	104,795	24,790	129,585	64,792	194,377	116,626	311,004	4,033,604	1,834,483	5,868,088
	200 ~ 299	5,487	4,390	9,877	136,259	146,136	34,570	180,706	90,353	271,058	162,635	433,694	5,188,813	2,982,530	8,171,343
	Over 300	7,942	6,354	14,296	197,217	211,513	50,035	261,548	130,774	392,321	235,393	627,714	6,084,100	4,103,117	10,187,218

表 4.4.9 イネ及びその他の作物の被害額の原単位

I. 現状被害額

(a) イネ

浸水期間	浸水深(m)	浸水深別被害額の原単位 (MR/ha)	加重平均後の被害額の原単位 (MR/ha)
7 日以上	0.10~0.20	1,035	274
	0.20~0.50	1,035	274
	0.50~1.00	1,470	389
	1.00~1.50	1,532	405
	1.50~2.00	1,532	405
	2.00~3.00	1,532	405
	3.00~4.00	1,532	405
	Over 4.00	1,532	405

(b) イネ以外の作物

洪水確率規模 (年)	浸水期間 (日)	被害額の原単位								加重平均後の被害額の原単位 (MR/ha)
		ゴム樹			アブラヤシ	ココナッツ	その他の換金樹林	園芸作物		
		枯死被害額	減収被害	計	枯死被害額	枯死被害額	枯死被害額	枯死被害額		
2	9	94	103	196	47	99	511	2,617	485	
5	11	94	125	219	86	99	511	2,617	496	
10	12	94	137	230	105	99	511	2,617	502	
20	13	94	148	242	124	99	852	3,926	706	
50	15	374	171	545	163	348	852	3,926	855	
100	16	374	182	557	182	348	852	3,926	861	

II. 2025年状況下における被害額

(a) イネ

浸水期間	浸水深(m)	浸水深別被害額の原単位 (MR/ha)	加重平均後の被害額の原単位 (MR/ha)
7 日以上	0.10~0.20	1,035	274
	0.20~0.50	1,035	274
	0.50~1.00	1,470	389
	1.00~1.50	1,532	405
	1.50~2.00	1,532	405
	2.00~3.00	1,532	405
	3.00~4.00	1,532	405
	Over 4.00	1,532	405

(b) イネ以外の作物

洪水確率規模 (年)	浸水期間 (日)	被害額の原単位								加重平均後の被害額の原単位 (MR/ha)
		ゴム樹			アブラヤシ	ココナッツ	その他の換金樹林	園芸作物		
		枯死被害額	減収被害	計	枯死被害額	枯死被害額	枯死被害額	枯死被害額		
2	9	94	114	207	84	99	213	1,309	294	
5	11	94	125	219	84	99	213	1,309	299	
10	12	94	148	242	84	99	511	2,617	505	
20	13	94	159	253	296	348	511	3,926	741	
50	15	374	182	557	296	348	852	3,926	869	
100	16	374	194	568	296	348	852	3,926	874	

上作付面積比率はNWRS-1982をもとに下表のように設定する。

表 4.4.10 農作物の耕作面積割合

作物種別	耕作面積割合
園芸作物	14.64%
ゴム	39.99%
アブラヤシ	6.84%
ココナッツ	10.17%
その他の換金作物樹	1.90%
イネ	26.46%
計	100.00%

(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 4.4.11 年平均洪水被害軽減期待額
(1,000 RM)

事業別	年平均洪水被害軽減期待額
Segamat-Genuang Diversion	23,114
+ Sendok Channel Bypass	23,239
+ Belemang	31,079
+ Olak	36,383
+ Kundang Ulu	37,544
+ Penchu	39,664
+ Bukit Serampang	39,996
+ Bukit Kepong	40,357

4.5 気候変動による水資源への影響評価

4.5.1 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ムアール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、ムアール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。

4.5.2 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 4.5.1に示すようにMuar(1), Segamat and Muar(2)の3つの小流域に分割した。

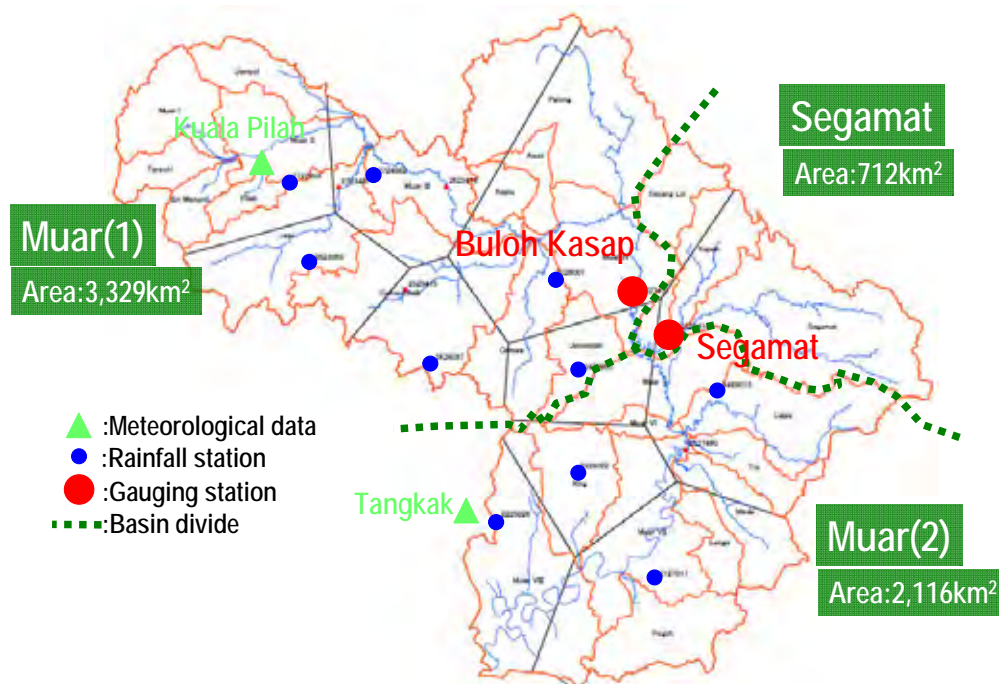


図 4.5.1 ムアール川小流域分割図

(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 4.5.1**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/m²/day)、 G は地中熱伝達率(MJ/m²/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)、 Δ は気温 T での飽和水蒸気曲線の勾配、 γ 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 4.5.1**に示した通りである。

表 4.5.1 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)
Muar(1)	Kuala Pilah		Malacca	Malacca
Segamat	Tangkak		Malacca	Malacca
Muar(2)	Tangkak		Malacca	Malacca

(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 4.5.2**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 4.5.3**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。

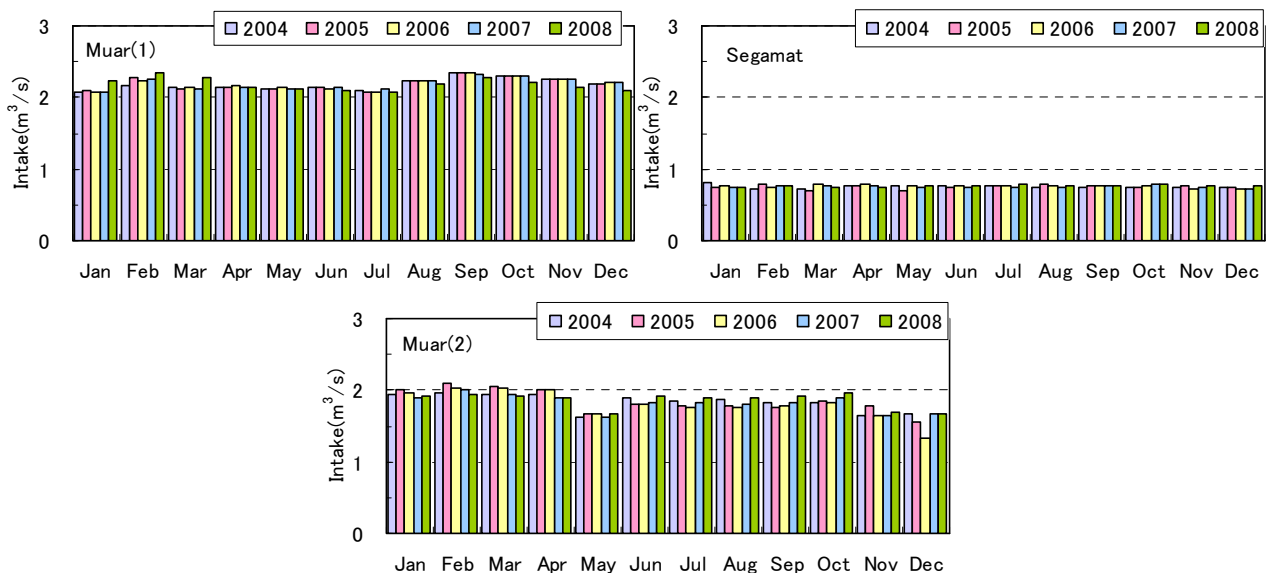


図 4.5.2 小流域別の合計取水量



図 4.5.3 灌漑取水及び水処理プラントの位置

(4) モデル定数

ムアール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、ムアール川流域のモデル定数は試行計算を行い、図 4.5.4 のように設定した。

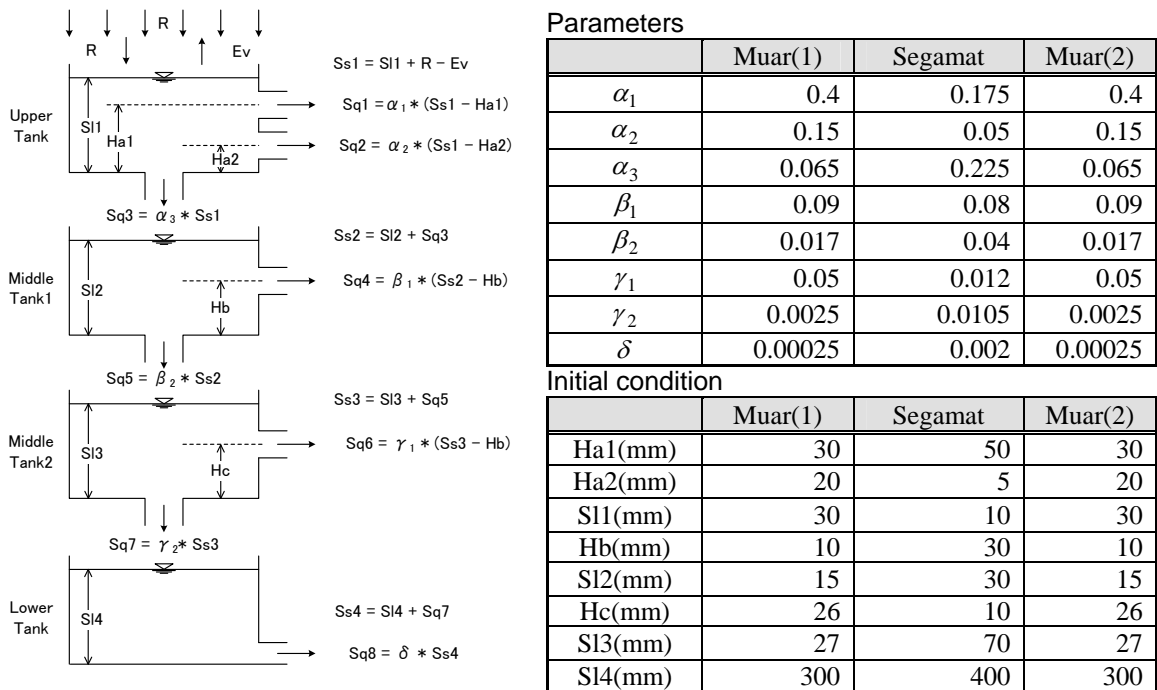


図 4.5.4 タンクモデル概念図とモデル定数

図 4.5.5は2006～2008年のBuloh Kasap 及びSegamat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。

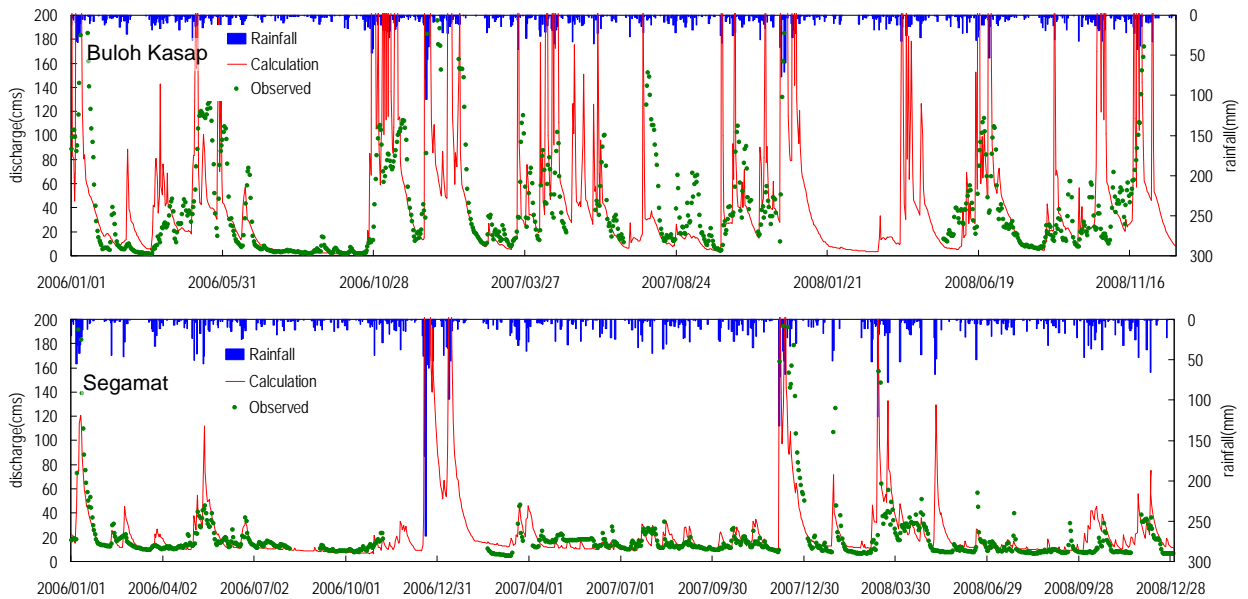


図 4.5.5 検証計算結果(上: Buloh Kasap, 下: Segamat)

4.5.3 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 4.5.2の通りであり、月別の降雨量、可能蒸発散量は図 4.5.6の通りである。

表 4.5.2 1990年と比較した変化率

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降雨量	2025	1.26	0.91	0.97	1.02	1.08	1.05	0.85	1.20	0.91	1.06	1.05	1.09
	2050	1.15	0.90	0.95	1.08	1.13	1.12	0.91	1.16	1.02	1.08	1.02	1.02
蒸発散量	2025	1.06	1.05	0.99	1.02	1.01	1.00	0.93	1.06	0.96	1.01	1.04	1.05
	2050	1.05	1.02	0.98	1.04	1.04	1.00	0.99	1.03	1.03	1.03	1.04	1.02

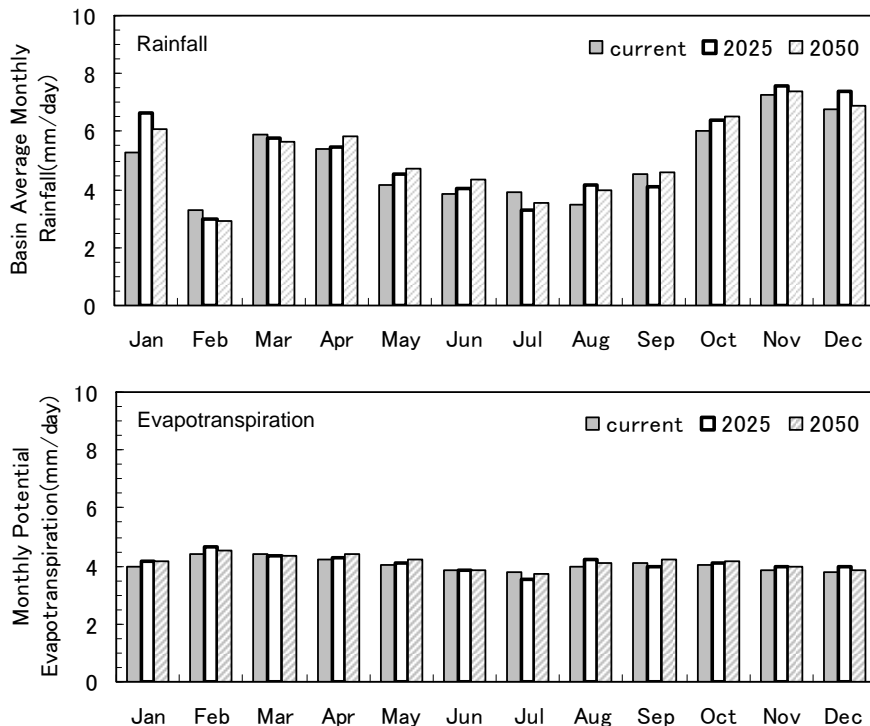


図 4.5.6 1999-2008 年のデータで求めた月別平均降雨量、可能蒸発散量(上:流域平均降雨量、下:可能蒸発散量)

(2) シミュレーション結果

図 4.5.7、図 4.5.8 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 4.5.8 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。

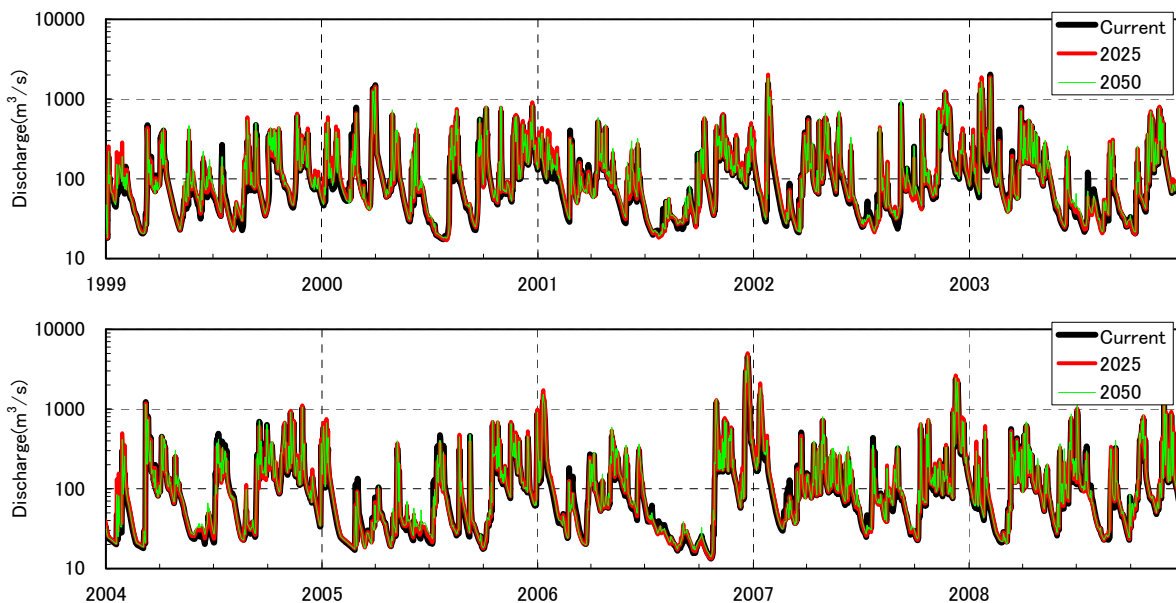


図 4.5.7 河口地点の流量時系列

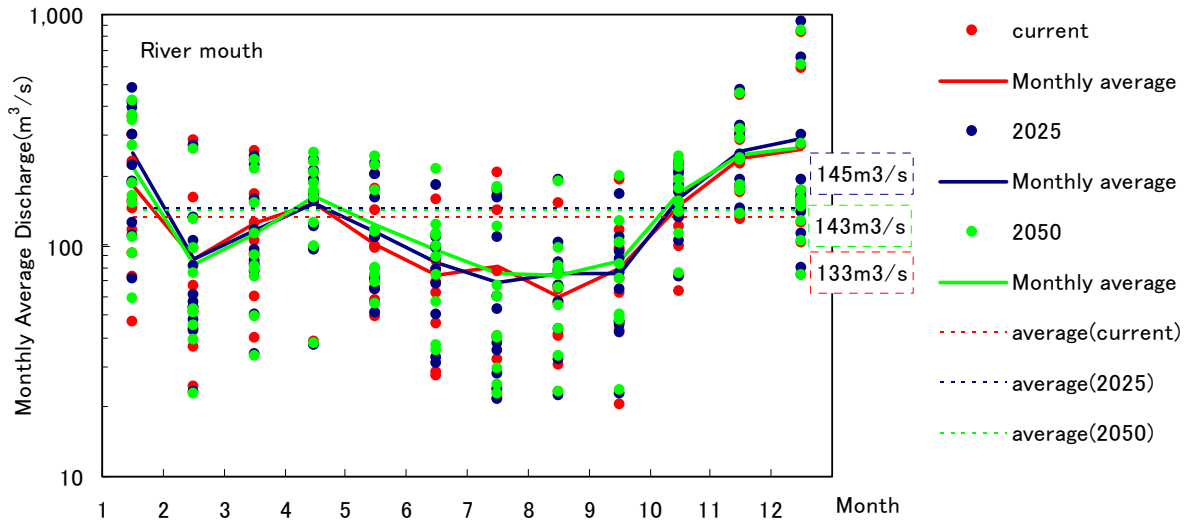


図 4.5.8 月別平均流量

表 4.5.3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が、年平均流量は増加するものと予測された。また、年最大月平均流量をみると、現況からの増加がみられることから、将来においては極端な現象が増加する可能性がある。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 4.5.3 年平均流量、年最大・最小月平均流量(河口地点)

年平均流量			年最大月平均流量			年最小月平均流量		
現況	2025	2050	現況	2025	2050	現況	2025	2050
133	145	143	839	923	856	20	22	23

(m³/s)

(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 4.5.4 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 4.5.9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 4.5.10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。

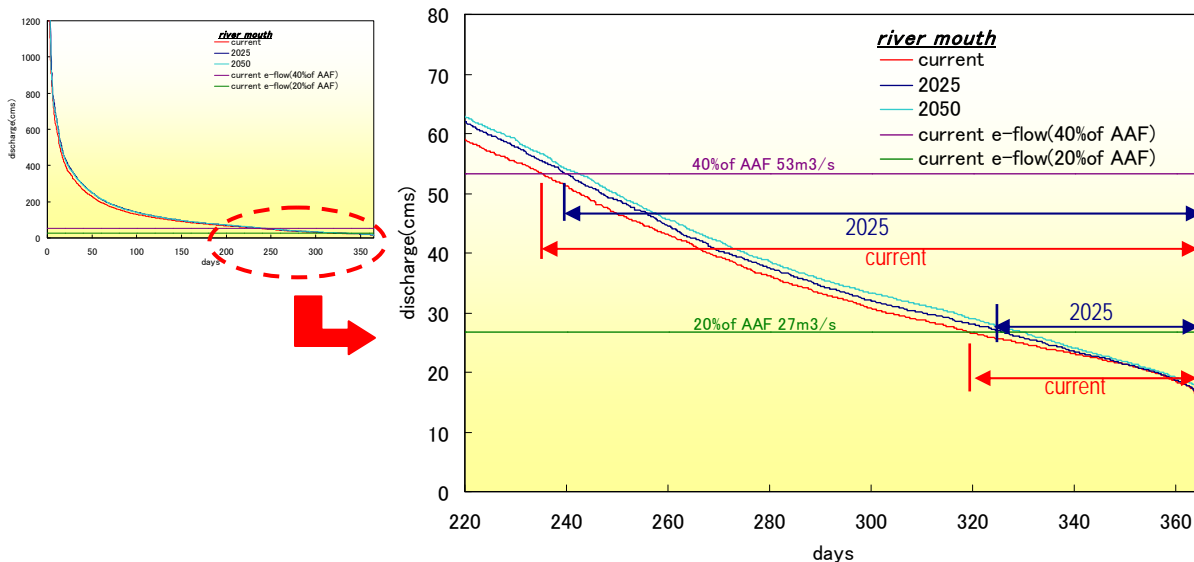


図 4.5.9 流況曲線

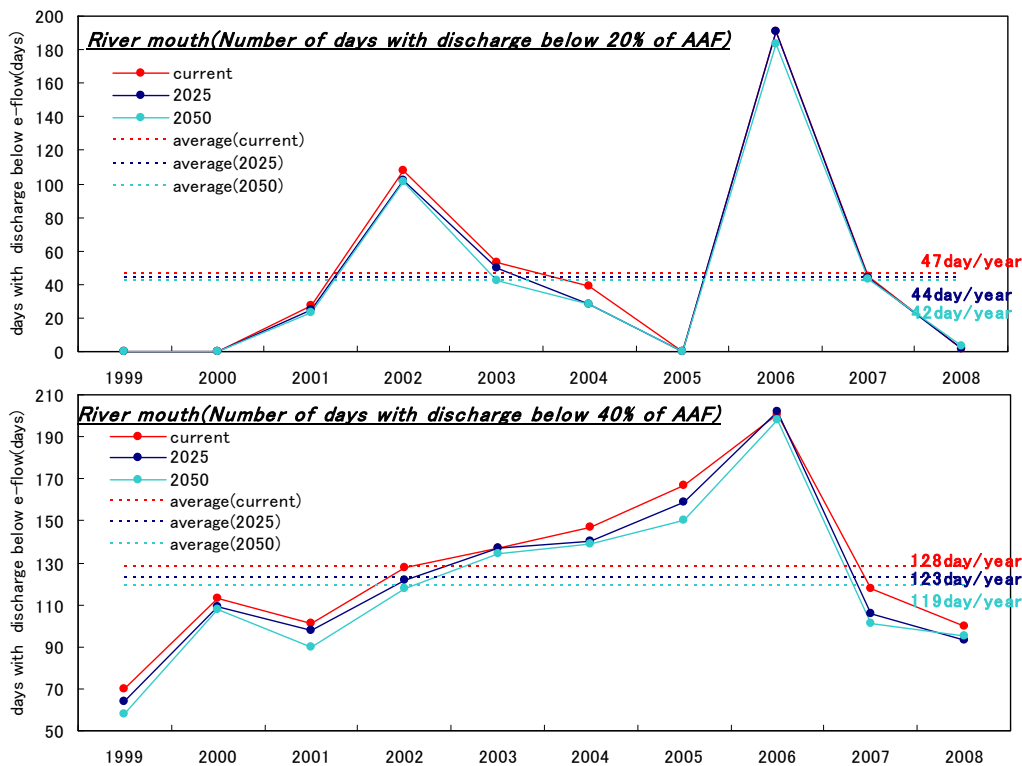


図 4.5.10 “Good”(上)と“Outstanding”(下)の環境流量を下回る日数

(b) 水収支

図 4.5.11はシミュレーション結果をもとにムアール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%、7%増加するものと予測された。また、ムアール川流域では自然流量のうち3%程度が取水などによって利用されていることがわかる。

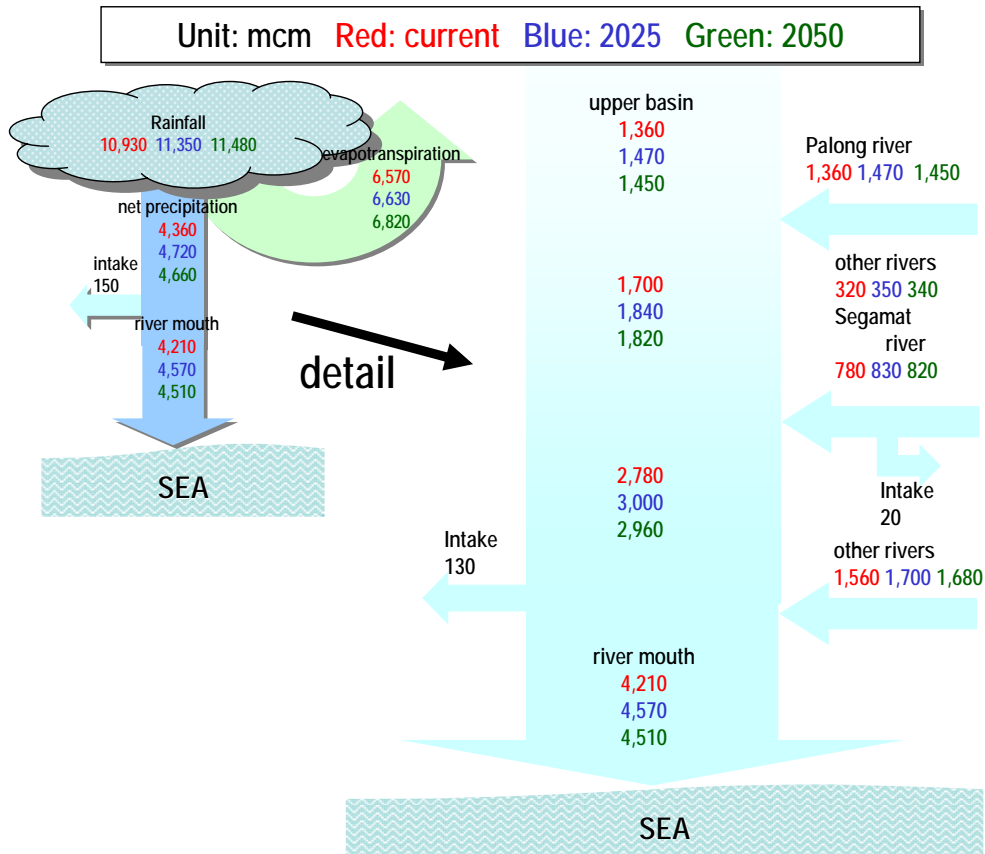


図 4.5.11 ムアール川流域における年間水収支

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ムアール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

ムアール川流域もパハン川流域ほどではないにしても水資源は豊かである。また、ムアール川流域の河川水は、2.5で説明したように、生活用水や工業用水の補給、灌漑用水供給、漁業、舟運等多くの活動に昔から利用されてきた。

ムアール川流域の 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, BAKAJ, DID	Waters Enactment
	● ムアール川流域内で、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, SAINS, SAJH, BKSA, BAKAJ, SPAN, PAAB, DID	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, BAKAJ	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, SAINS, SAJH, BKSA, BAKAJ, SPAN	NWRC Act SPAN Act
	● Negeri Sembilan州53.1%、Johor州31.3%と無収水率が大きい。	SAINS, SAJH, PAAB	
灌漑用水供給	● 維持管理不備により灌漑用水供給が不安定な場合がある	DID	
舟運	● ゴミ等により舟運が困難に陥ることがある。		

(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	関係機関	関連法
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 and Operators	National Water Services Commission Act 2006, Water Services Industry Act 2006
- 水力発電	KeTTHA and 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 and Local Authority	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 Negeri Sembilan and Johor States
 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、河川水を流域外のMelaka州に送水していることからわかるようにムアール川流域は表流水に恵まれている。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43.6億 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1億5千万 m^3 である。これはつまり、水資源量全体のわずか3.4%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96.6%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、ムアール川流域では、流域内の将来水需要を賄うのに十分な水資源量を持つと言える。しかしながら、ムアール川流域の水資源量を細かく検討すると、将来においてムアール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予測されている。また、GCMsやRCMsの数値を用いた本調査における長期流出解析により（詳細は4.5参照。）、最小月間流量にほとんど影響がないという結果が得られているが、気候変動における不確定さを考慮すると重大な渇水が発生する可能性を否定できない。

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）

上述したように、ムアール川流域の河川水は豊富で、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 5.2.1** 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** はムアール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3種類の水需要予測(3通りの成長シナリオ)、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3通りの需要予測を上回って増大していることがわかる。さらに、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Kuala Pilah地区では2008年の実績消費量が既に水供給施設能力までに達している。また、Tampin地区における需要予測3通りは実績消費量よりはるかに小さい。それ故、この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。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。

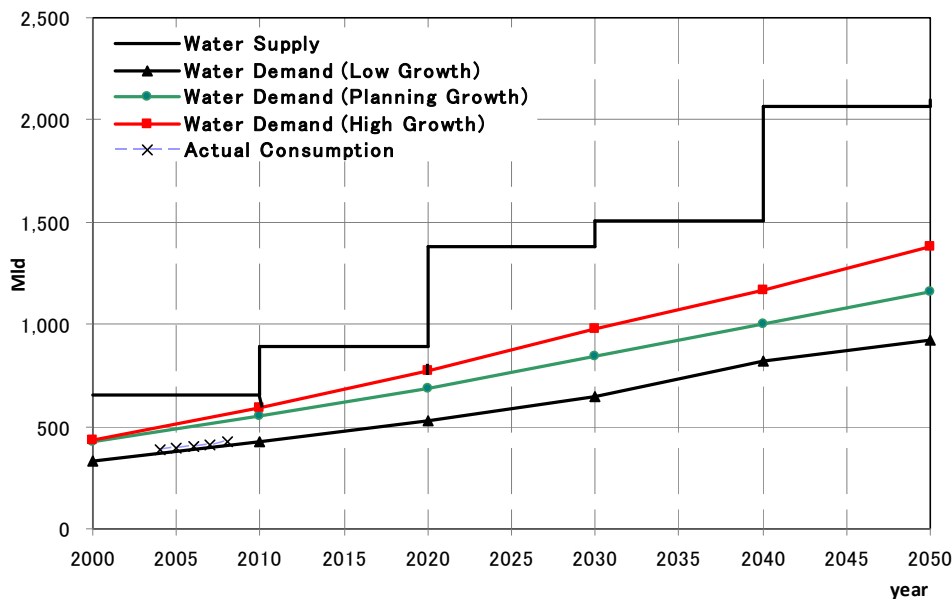


図 5.2.1 ムアール川流域の水需要と供給比較

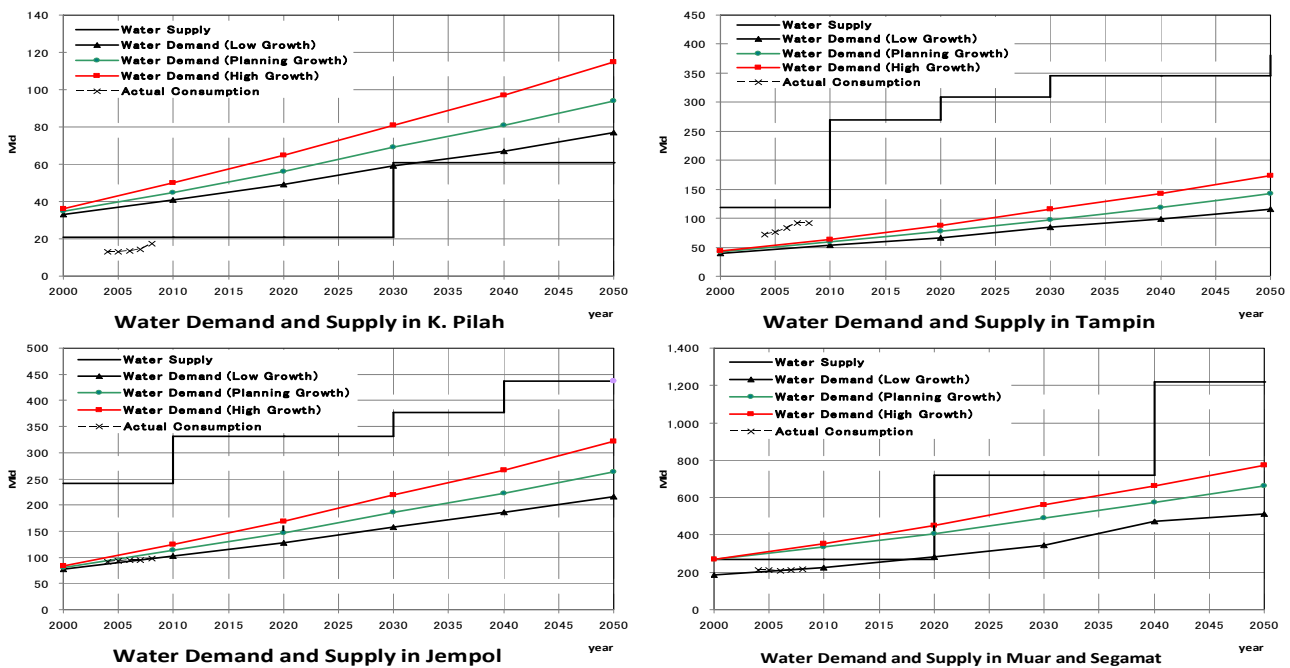


図 5.2.2 地区単位の水需要と供給比較

(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。水利用目的のダムがムアール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

ムアール川流域の生活用水、工業用水の供給及び灌漑用水供給はほぼ100%ムアール川の表流水に依存している。しかし、これは、水質事故、大渇水等のゆゆしき事態に陥る危険性を含む。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。）

海岸沿いの沖積土は多量の粘土で占められていることから、地下水ポテンシャルは限定されたものであることが既往調査で明らかにされている。しかし、河川表流水が使用できないような緊急時代替水源として、また、現行の給水システムの及ばない地域に住む水使用者への水源や現行の給水能力が制約されているような地域のための水源として、地下水を調査する価値がある。

<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、**Sebang** 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”



(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、Johor州は2009年に新体制に移行し、SAJHという民間会社組織が設立されている。SAINSも近い将来に民営化される予定である。

(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。

Negeri Sembilan州及びJohor州のNRW率はそれぞれ、53.1%と31.3%で、Negeri Sembilan州のNRW率はマレーシア全国でワースト2位の位置にある。マレーシアでの損益分岐点は約20%と言われており、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。

States	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
N. Sembilan	53.00	60.10	53.80	53.10
Pulau Pinang	19.40	18.60	16.80	16.90
Pahang	49.70	46.40	53.60	52.80
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

Data source: Malaysia Water Industry Guide 2007, 2009

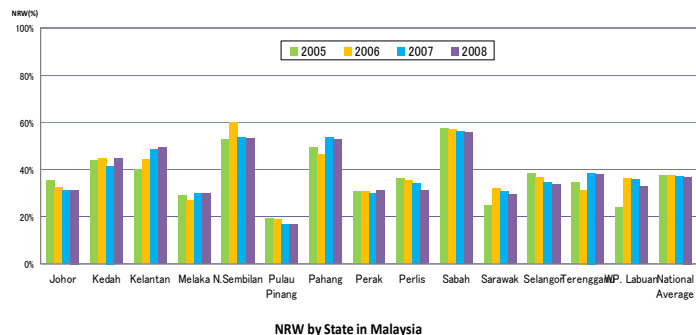
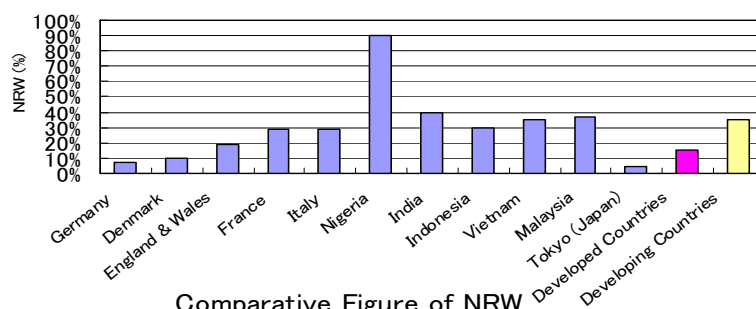


図 5.2.3 マレーシア国内州別 NRW 率

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



Sources; *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適切な規模に下げる等、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。また、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) 舟運

ムアール川流域において、河川漁業、住民の通勤手段等としての舟運活動がある。そして、ホテイソウ、枯れたヤシの実や木の枝等と一緒にゴミ等がボートの運行の支障となっていると指摘されている。

5.2.2 環境

ムアール川流域の 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"> Water Services Industry Act 2006
	工場廃水	DOE による排水規制	<ul style="list-style-type: none"> Environmental Quality Act 1974 [EQ (Industrial Effluent) Regulations 2009]
	養豚場汚水	DVS による許可・規制	<ul style="list-style-type: none"> -
	ウェットマーケット汚水	なし	<ul style="list-style-type: none"> Local Government Act 1976 By-Laws
	レストラン汚水	油水分離槽の装置	<ul style="list-style-type: none"> Local Government Act 1976 By-Laws
	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"> Local Government Act 1976 By-Laws
	車修理場の廃油	廃油の回収	<ul style="list-style-type: none"> Local Government Act 1976 By-Laws Environmental Quality Act 1974 [EQ (Scheduled Wastes) Regulations 2005]
	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"> Solid Waste and Public Cleansing Management Act 2007
	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"> Solid Waste and Public Cleansing Management Act 2007
	浄水場汚泥の無処理放流	なし	<ul style="list-style-type: none"> Environmental Quality Act 1974 [EQ (Scheduled Wastes) Regulations 2005]
	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"> Local Government Act 1976 By-Laws Environmental Quality Act 1974
	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"> National Forestry Act 1984
	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"> Environmental Quality Act 1974
	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"> National Land Code
	農地からの農薬や肥料の流出	大規模農地開発 (>500 ha.) は EIA 対象になるが、小規模農地の管理は不十分	<ul style="list-style-type: none"> Environmental Quality Act 1974
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"> National Land Code Town and Country Planning Act 1976 Local Government Act 1976
	伐採	Forestry Department が伐採活動を監視	<ul style="list-style-type: none"> National Forestry Act 1984
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"> Town and Country Planning Act 1976 Local Government Act 1976 National Land Code Water Resources Enactment 2007 National Forestry Act 1984

特別な配慮が必要

(1) Wet-Marketへの排水

ウェットマーケット (wet market) はムアール川流域を含む、マレーシアの主要な地方商業施設の一つであり、ムアール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Labis市における「Pasar Labis (Labis Market)」というウェットマートの外観を示す。



ラビスのマーケット

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、毎日の排出量はおおよそ100 m³である。Johor Structure PlanとNegeri Sembilan Structure Plan



チキンや魚の血と内臓と羽毛が混ざった汚水
Labisマーケットからの汚水は処理せずに付近のLabis Riverに排出する

からの情報によると、ムアール流域内においては、43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 m³のBOD 400 mg/lの汚水を処理せずに排出すれば、ムアール川全流域のウェットマーケットからの汚濁負荷量は約860 kg BOD/日と概算できる。

(2) 農業化学物質（農薬、肥料）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)



図 5.2.5 留意すべき地点

Department of Environmentの水質モニタリングデータから、2008年にムアール川流域内で採取した173の水質サンプルの内、34のサンプルのammonical nitrogen値がNWQSクラスIII~V (2章参照) に属する (DOEの目標水質はクラスII)。数多くの河川の内、Sg. Serom, Sg. Kelamah, Sg. Senarut, Sg. Sg. LoiおよびSg. P. Menkuangのammonical nitrogenレベルが特に高かった (図 5.2.5参照)。

(3) 浄水場の汚泥処理

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、マレー半島における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 m³/日を超える場合、Environment 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、ムアール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川に排出することを確認した。Department of Environmentは(DOE)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な土地が無いので、例えば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。

(4) 砂利採取、土木工事、大規模農地開発による濁水

DOEは定期的に河川水質モニタリングを行っている。2008年にムアール川流域の80箇所から採取した173の水質サンプルの内、半分以上(約59%)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。しかも、その内、約24%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 のレベルの分布

TSS level	Class I (≤ 25mg/l)	Class II (≤ 50mg/l)	Class III (≤ 150mg/l)	Class IV/V (> 150mg/l)
サンプル数	25	46	61	41
割合	14%	27%	35%	24%



Source: Johor, N. Sembilan & Pahang Structure Plans

図 5.2.6 ムアール流域の現況農業地域
(2000年)

濁水の原因は様々であるが、現場踏査、文献調査およびワーキンググループ会議の議論から、ムアール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。

Johor Structure PlanとNegeri Sembilan Structure Planによると、ムアール川流域における農地は流域全体の64% (約3,900 km²) 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の重要な対策であるが、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が技術面からの助言を実施する。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

2009年に、Mukim Gemas、Mukim Buloh Kasap、Mukim Pogohで19の砂利採取許可が発行されたが、面積は0.4 ha.~1.6 ha.だけなので、全てがEIA対象になっていない。

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に土壌粒子の流出を減らせるが、濁水の発生は避けられない。

(5) 組織制度

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、ウェットマーケット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) 概要

ワーキンググループやステークホルダー会議での議論、現場踏査、基礎解析に基づき、ムアール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 洪水に係る 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	本川の流下能力が小さい。	DID		DID Manual
	洪水時河岸が浸食される(Panchor).	DID, LO		DID Manual
	鉄道施設は洪水流下能力を下げる	KTM		
	いくつかの古い施設(橋)を架け替えたり、維持管理すべきである	JKR		
	Segamat 川では堆砂が著しい。	DID	Land Conservation Act	
組織法制度	Segamat, Gemas, Labis, Panchor, Pagoh などの市街地は洪水被害を受ける	DID		DID Manual
	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	Segamat タウンは低地に広がっている	JPBD, LA	Town and country planning Act	
	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		

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
	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	オーソライズされたマスタープランがない	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		
	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, LA		
	洪水予警報のアップグレードが必要	DID		DID Manual

(2) 課題の概説

(a) 洪水被害

主として河川の流下能力不足により、ムアール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、ムアール川流域は過去40年間に2回大きな洪水に遇っている。最大のものは2006年12月のものであり、2番目は1970年12月～翌年1月に発生した洪水である。両洪水の記録を表 5.2.6にまとめる。

表 5.2.6 ムアール川流域の洪水記録

項目	1970/1971洪水	2006年12月洪水
氾濫面積(km ²)	380	600
避難者数	50,000人(被災人口)	12,000人以上
死者数	データ無し	0
洪水被害額	14.5 mil. USD	データ無し
3日間降雨(mm)	242 mm	307 mm
3日間降雨確率	33年確率	71年確率
氾濫期間	1週間以上	約1.5週間

出典: “National Water Resources Study, 1982, JICA”
 “National Register of River Basins, 2003”
 Flood Reports, DID

2006年洪水の氾濫地域を図 5.2.7に示す。広大な氾濫が本川や主要支川に沿って発生していることが判る。最も被害を受けたのはJohor州側ではSegamat地区、Bukit Kepong、Lenga、Panchor、Labis、Gemmas Baruやその近傍の部落などである。上流のNegeri Sembilan州側ではGemmas Townが大きな洪水被害を受けている。これらの地区はこれまでも何度も被害を受けている。支川のSegamat川の河道では堆砂ため流下能力が小さくなってきており、これがSegamat Townでの洪水の一因となっている。

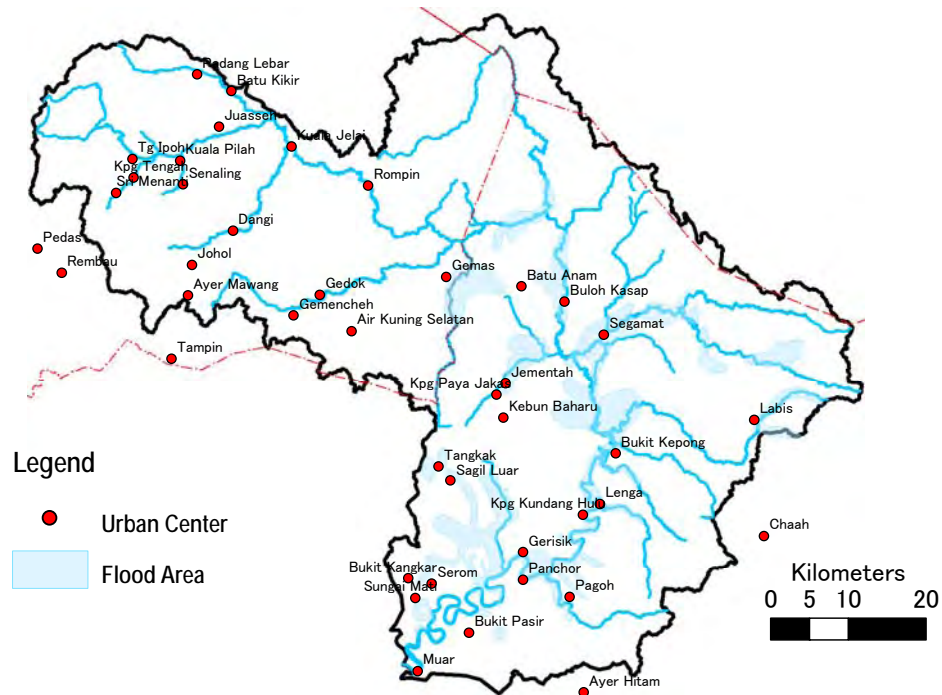


図 5.2.7 2006 洪水の氾濫地域

スパンが小さくまた橋桁の低い古い橋が、河道のボトルネックを形成している。また河道内に残された古い橋の残骸が洪水の障害となっており、洪水時に河川水位を上げ、溢れさせることになる。



Kg. Kuning Patah 地点のムアール川に残された橋の残骸



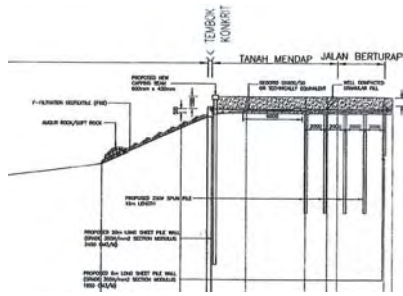
河道を狭める Gemas River の鉄道橋

図 5.2.8 河川の流れを阻害する橋梁

ムアール川の Kg. Panchor で、河岸が2008年4月に崩壊した。早速関係機関（DID, JKR, Land Office, および地方政府など）は約5百万RMを集め、緊急の復旧工事を行った。しかしながら、DID Muar District Office はさらに他の河岸浸食も発見しており、連邦政府に対し、第10次マレーシアプランにおいてさらに5百万RMを要求している。



2008年4月のKg. Panchor 地区での斜面崩壊



アンカーされた鋼製矢板の復旧工事デザイン



復旧工事後

図 5.2.9 Kg. Panchor での河岸崩壊と復旧工事

(b) 組織制度

多くの機関が洪水問題に関わるが、一同に会し洪水問題を議論する場が非常に限定的である。最近の河川流域委員会（マネージメントコミッティ、テクニカルコミッティ、および2州のタスクフォース）の設立はそのような機会を提供することになると期待されている。。2009年12月と2010年1月のステークホルダー会議においては2つの州の関係機関が集い、参加者は初めて隣の州と洪水問題を議論することになった。

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。

Segamat Townの新市街地は洪水氾濫の常襲地区となっている。この左岸側地域は旧市街の右岸地区と較べてかなり低く、この地形的特徴から洪水氾濫に見舞われるのは明らかである。この新市街地を護るため放水路事業が近々にも実施されることになっているが、この洪水に対するぜい弱性を考慮せずに市街地開発を行って来たことは問題である。

(c) データ/情報管理

効果的にIRBMを行うためには、流域内での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、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データの質を高める努力も必要である。水文観測所の不足や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

現在ムアール川流域には承認されたマスタープランがない。このことがムアール川流域でこれまで大した洪水緩和事業が実施されてこなかったこと、さらに洪水防御の優先順序が不明であることの理由の一つと思われる。しかしながら“Rancangan Tebatan Banjir Bagi Lembangan Sungai Muar, Johor” というマスタープラン調査が現在実施中であり、DID関係職員の話では、近々に結論が出るとのことである。このJICA 協力準備調査も一度インテリムレポートの中でIFM計画案を提案している。このIFM計画案は上記マスタープラン調査結果を受けて修正される予定であるが、新たに気候変動インパクトについても検討する。

ワーキンググループ会議やステークホルダー会議で、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鳴っ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。幸運にも2006年洪水で死者はいなかったが、気候変動により増強された異常洪水が今後発生する恐れもある。洪水予警報システムの機能強化も非構造物対策の一つとして必要である。

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、ムアール川流域の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
- 水利用が非効率である
- 水質の悪化している
- 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されるのではなく、これらを統合した視点から分析する。この分析から得られたIRBMの実施に係る制度上の問題を図 5.3.1に示す。

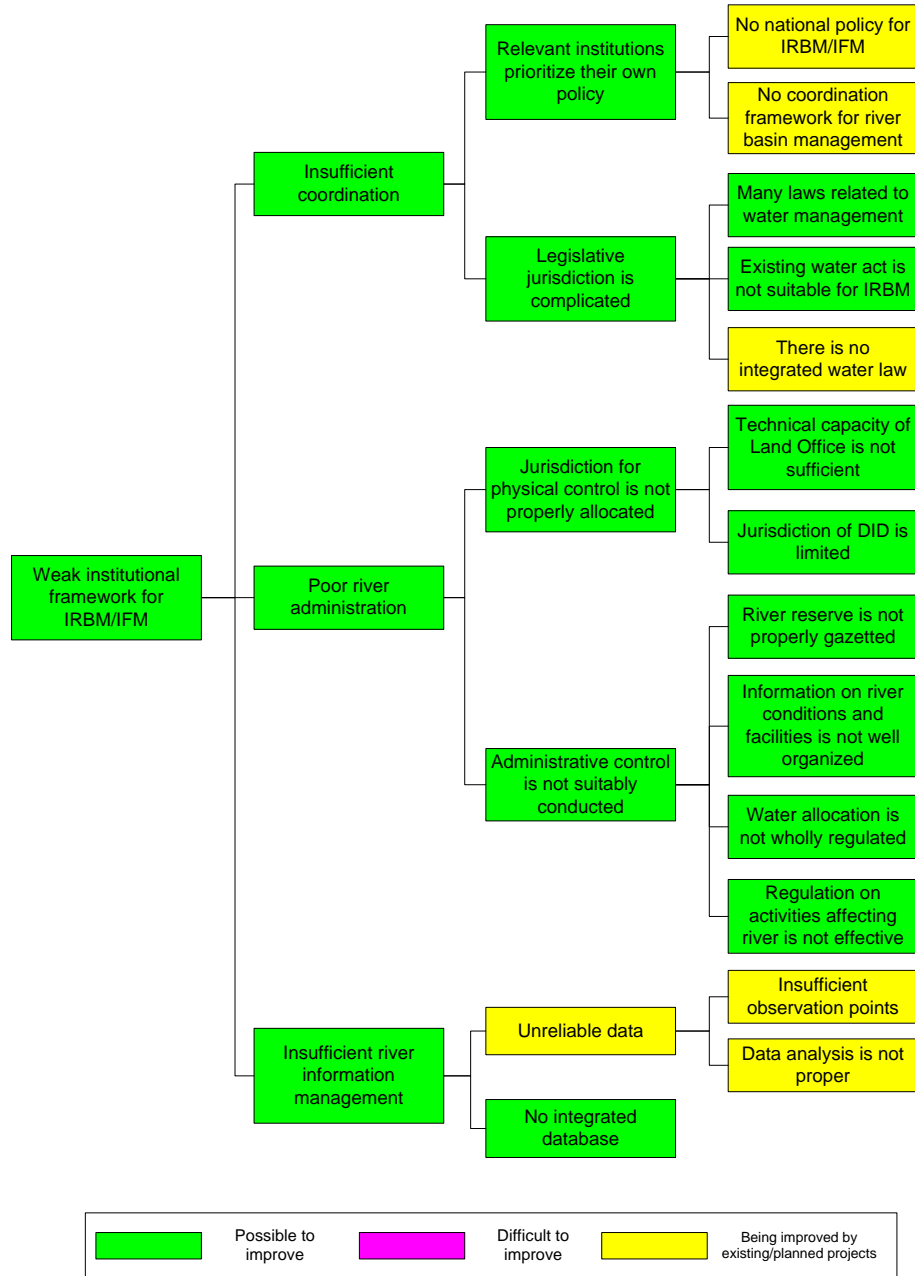


図 5.3.1 組織制度に係る問題分析系図

(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。ムアール川流域において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

ムアール川流域の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ムアール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

ムアール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。ムアール川流域は、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、Kuala Pilah地区において実績消費水量が水供給施設能力に既に達している。この地区においては“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、平常時に下流に放流していないダムがあることから、環境流量が考慮されていないようである。ムアール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ムアール川流域では求められる。次に、表流水の豊富さ故かムアール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り、Johor州は2009年に新体制へ移行済みである。これらの州においては、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。ムアール川流域の無収水 (NRW) 率は、Negeri Sembilan州及びJohor州、それぞれの2008年のNRW率から30%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 (20%) 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。灌漑用水路の管理が不十分なため、灌漑用水の供給が不安定な場合がある。したがって、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。

(d) 安全でない舟運管理

安全でない舟運管理とは、ホテイソウ、枯れ落ちたヤシの実や木の枝と一緒にになったゴミ等によりボートの運航が妨げられた状態である。それ故に、ボートの運航が安全にできるように河道を適切に整備することが求められる。

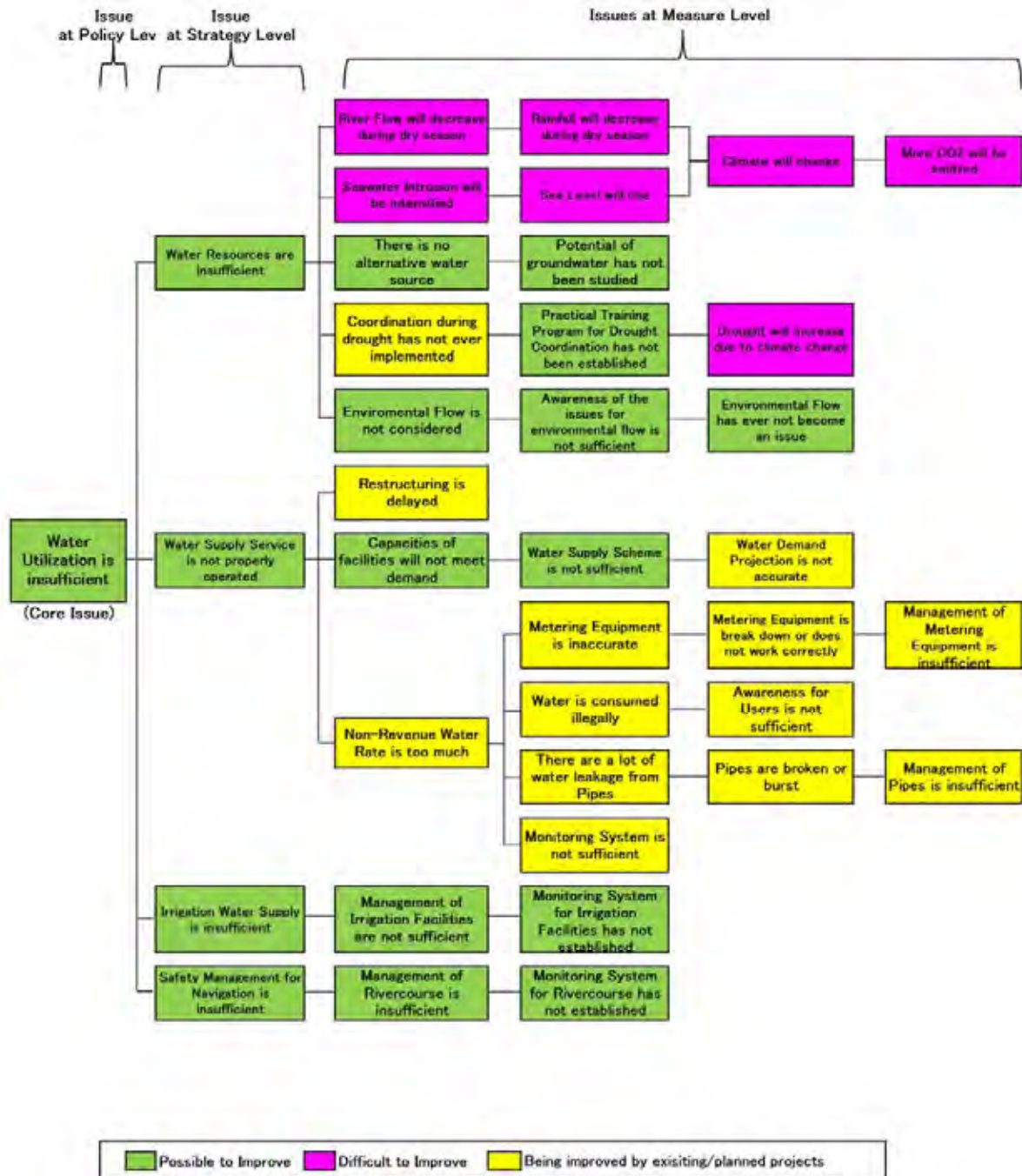


図 5.3.3 水利用の問題分析系統図

(3) 河川環境 (水質)

5.2.2においてムアール川流域の河川環境に係る課題を議論した。表 5.2.3から分かるように、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が実施しているが、砂利採取活動に関する対策はまだ不十分である。

(d) 農業化学物質の流出

農地からの農薬と肥料流出はムアール川流域の大きい水質課題の一つである。これまでのところ注目を集めるような問題は発生していないが、水質モニタリング結果によると、かなり高い栄養塩含有量が認められる。

(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。しかしながらムアール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。

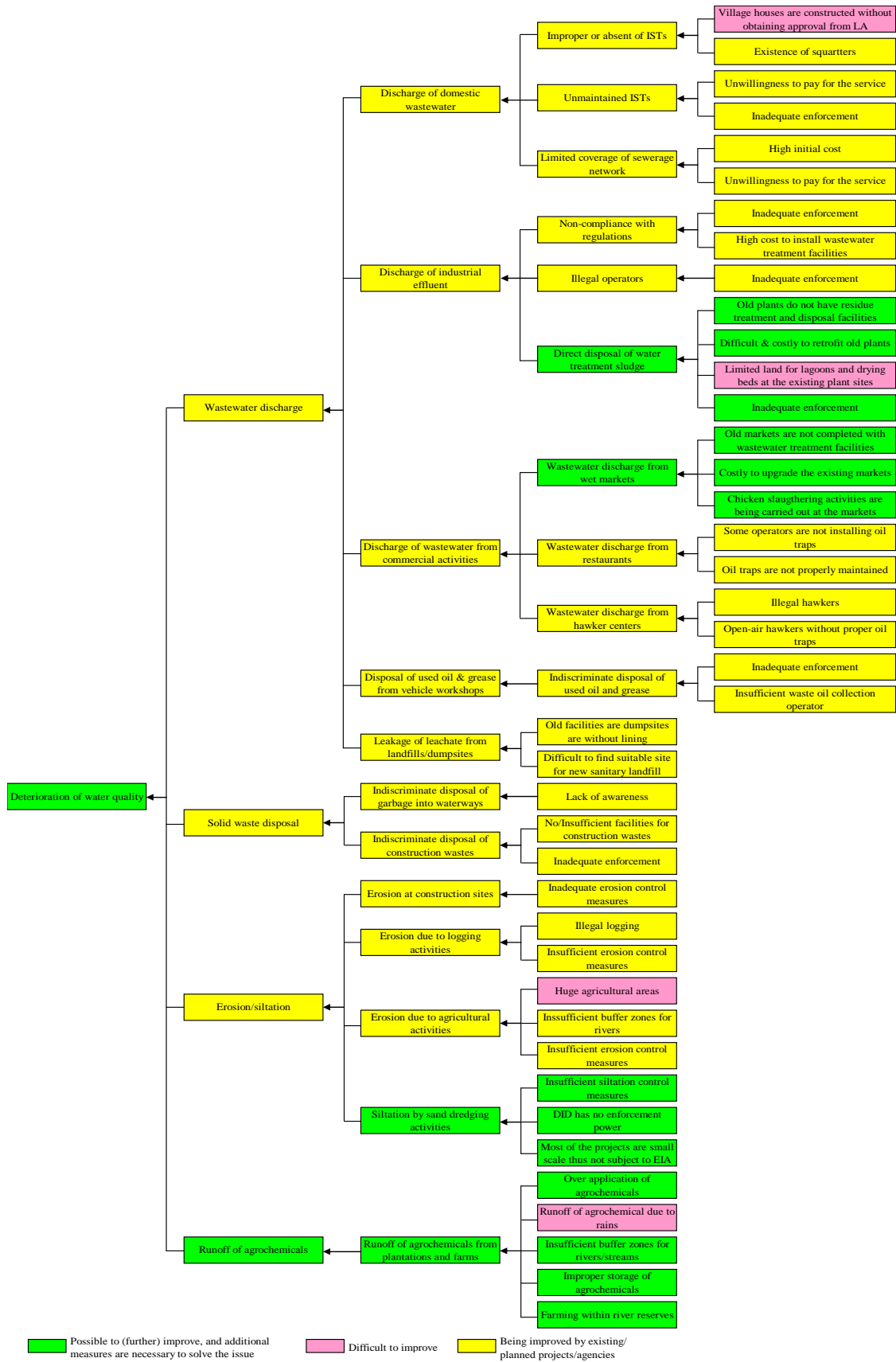


図 5.3.4 水質の問題系図

(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。

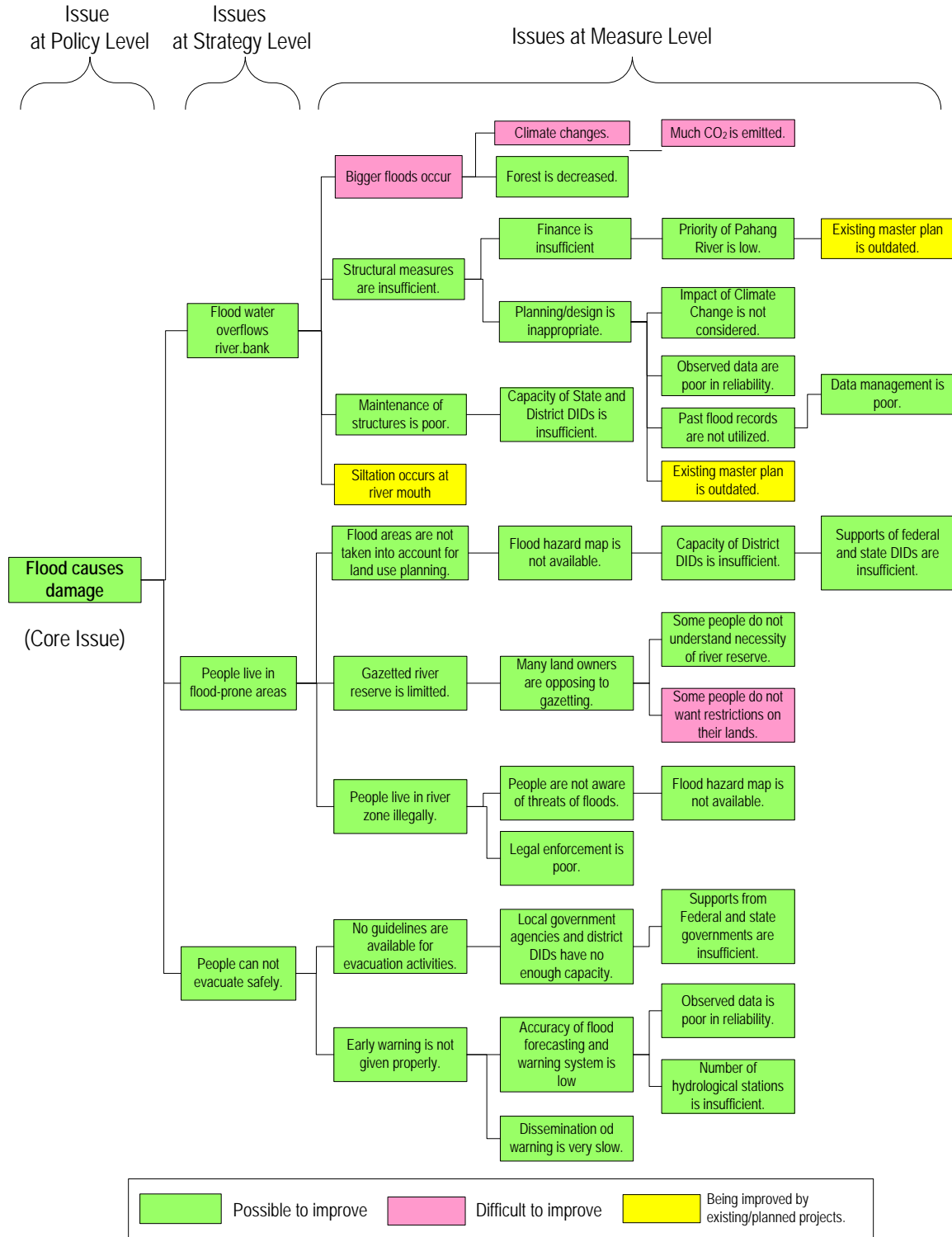


図 5.3.5 洪水の問題系図

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。承認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。

(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。2006年の洪水では幸いにも死者はいなかったが、この課題に真剣に取り組む必要がある。

この直接的原因については、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。ディストリクトDIDや地方政府機関はハザードマップや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"> ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。
下水道	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。
洪水緩和	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 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。

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に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"> ● 国家水資源政策(NWRP)を確立する。 ● 水資源の計画、管理、保全、回復にIWRMアプローチを導入する。 ● 500億RMを洪水緩和に投入する。
		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"> ● 州の水道業者の民営化を促進する。 ● コストリカバリーに向けて動き出す。 ● 事業運転や経営を効率化する。 ● 水道インフラを改良する。 ● 水道と下水道事業を統合する。
		河川を汚染から守る	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 ● 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。 ● 現在の水質インデックスを改訂する ● 国家海洋水質インデックスを改訂する。 ● 奉仕活動や啓発活動を広げる。
	廃棄物管理を再構築する	local authoritiesを支援する	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。
		包括的かつ衛生的なサービスを提供する	<ul style="list-style-type: none"> ● 3つのconcessionaireを厳しく管理する。
		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"> ● 3R (the reduce, reuse, recycle)を促進する。
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"> ● 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。 ● 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。 ● 気候予測やモデリングの能力を高める。
		マレーシアの炭素排出量を減らす(緩和策)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 ● エネルギーの効率化を進める。 ● 廃棄物管理を改善する。 ● 森林を保全する ● 大気を改善するため、排出量を減じる。
	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"> ● 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。 ● 動植物の取引規制を高める。 ● 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。
		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"> ● ローカルコミュニティを保全努力に巻きこむ。 ● 利用権や利益の共有化の枠組みを導入する。

(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に関する声明書である。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、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「国の全体的発展を、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"> • 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。 • 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。 • 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。 • 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。 • 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。 • 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。 • 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。 • 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。
下水道	<ul style="list-style-type: none"> • 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。 • 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。 • 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。
洪水緩和	<ul style="list-style-type: none"> • 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。 • 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。

5.4.2 State Structural Plan 2020

State Structure 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として設定されている。

(1) Negeri Sembilan 州

競争力のある先進州になるという目標を達成するために、州の開発戦略は経済発展の迅速性と持続性を確実にする経済競争力の改善に重点を置いている。IRBMに関する政策を表 5.4.4 に示す。

表 5.4.4 Negeri Sembilan 州の IRBM に関する政策

分野 r	主政策	副政策	内容
土地利用	GT-DU4		主要農業地域を管理、保護する
		GT-DS8	永久農地として農村地域の第2級農業用地を公告する。
		GT-DS9	開発地域として公告されている地域外にある産業プランテーション（オイルパームまたはゴム）を維持する。
		GT-DS10	開発地域として具体的な正当性がある場合を除いて、第3級のうちを保護する。
	GT-DU5		明らかな優先度や特別市街地のテーマや機能に応じて、市街住居地域の開発を戦略的成長接点に集中させる。
		GT-DS11	潜在能力があり資源に恵まれた経済中央地域を開発する。
		GT-DS12	準中央地域の環境の質やサービスを増強する。
		GT-DS13	持続性がある主要ローカルセンターの開発について最適レベルまで増加させる。
		GT-DS14	市街住居地域と省ローカルセンターの開発のギャップを小さくする。
		GT-DS15	地方の成長センターの統合計画や開発を、地方経済、生活の質、持続性のある快適な住居地域の存在を増強させる方向で改善する。
	GT-DS16	全ての先住民居住地を、州政府からの合意のもと保護地区として公告する。	
環境	GT-DU6		州政府は、計画作りにおいて環境保護および天然資源保護に留意して持続的開発を実践する。
		GT-DS17	水、河川流域、海岸地区や生物的資源などの天然資源を保護する。
		GT-DS18	環境脆弱地域、とくに高地、流域、ダム、取水地点、マングローブ湿地やビーチでの開発を制限する。
		GT-DS19	分布している脆弱地域を保存し、持続的開発に向かって資源の利用と環境のバランスが保たれるように開発を規制する。
		GT-DS20	現在および将来に渡っての使用に対して良質で十分な量が確保されるように、水資源を適切な方法で管理する。
		GT-DS21	河川や海の質を様々な使用に対して安全なレベルで保護されるよう汚染を管理するため、環境局によって設定された水質基準に則って、流域の管理を実践する。
	GT-DS22	生物的資源や脆弱地域（島、浜森林と浜、サンゴ礁、マングローブ湿地、河口、その他）を保全し、美的価値やエコシステムの質が維持されるように開発を制限する。	
農業	PT-DU2		環境に優しいやり方で、高品質食物の生産を増やす。
		PT-DS5	環境に優しいやり方で、高品質の家畜生産を増やす。
森林	PH-DU1		継続的に収入を確保するため永久森林保全地域（forest reserve areas）を保全する。多様性のある森林、水と土地を保全する。研究と教育を改善する、森林を経済資源および人間の福利とする。
		PH-DS1	現況の永久森林保全地区（forest reserve area）を保全し、政府の森林地域を永久森林保全地区（forest reserve area）として公告する。
		PH-DS2	Kenaboi Permanent Forest Reserve を国立エコツーリズム地域および「Bio Valley Forest」とする。
		PH-DS3	Galla Permanent Forest Reserve を regional park に Tampin Permanent Forest Reserve を州公園とする。
		PH-DS4	Pasir Panjang Permanent Forest Reserve を永久森林保全地区（forest reserve）およびレクリエーション森林地区として維持する。
		PH-DS5	持続的な森林生産のための、また非生産森林や非開発政府用地内の不動産森林の開発を許された永久森林保全地域を維持する。
インフラ、公共施設	KM-DU4		コミュニティのニーズや開発計画を受容するため、すべての地方に適切な質の経済的かつ統合的インフラや公共施設を提供する。
		KM-DS 16	排水問題を減らすために、効果的、統合的および環境に優しい灌漑排水システムの管理を確立する。
		KM-DS 17	中央集中型下水道システムによって、効果的、経済的かつ実質的な下水道サービスを提供する。
		KM-DS 18	水資源地域を開発から守ることによって十分な上質な水供給を確立して統合された、経済的かつ効果的な水資源開発と監理を行う。
		KM-DS 20	すべての家庭固形廃棄物やごみを中央集中管理の埋立て地に処分し、効果的に環境を汚染することなくまた社会に悪影響を及ぼすことなく管理する。

(2) Johor 州

Johor州のState Structure Planは2020年までの開発ビジョン「発展した持続性のある輝かしいjohor(Johor Maju, Lestari dan Gemilang)」を説明したものであり、次の3つの達成原則を有する：

- (1) 長期にわたる総合的なバランスに向けて、経済成長を図る。
- (2) 開発と環境を適切に管理する。
- (3) 全体的かつバランスのとれたアプローチを継続することによって、すべての市民の生活の質を向上させる

IRBMに関係した政策、とくに土地利用、インフラ、公共施設および環境について述べたものを表 5.4.5に示す。

表 5.4.5 Johor 州の IRBM に関する政策

分野	コード	政策
土地利用	LU-1.0	都市圏、主要成長センター、回廊開発に焦点をあてた開発戦略を志向する。
	LU-2.0	開発地域内の開発を促進する。
	LU-3.0	経済開発と汚染しないレクリエーションとツーリズムの方針に則り、全ての流域を保全する。
	LU-4.0	森林保全地域 (forest reserve) を CFS (中央森林支柱) の一部として開発より保全する。
	LU-5.0	質と土地利用を高めることを定めた既存および新しい開発において隙間や潜在地域へのアプローチを優先する。
	LU-6.0	持続的開発コンセプトやガイドラインの厳格な適用に基づくエコツーリズム活動のための保全地域を創設する。
	LU-7.0	環境に優しい望ましい開発という特徴を有する地域を開発する。
	LU-8.0	主要開発地域に都市化開発を集中する。
	LU-9.0	高地でのいかなる開発もガイドラインにより制限される。
	LU-10.0	2020年までの各ディストリクトで規定された住居地域優先度に応じて、住居地域開発を実施する。
	LU-11.0	適切な社会経済施設を備えた質の高いコミュニティライフの繁栄やイメージアップにつながるように、地方住居の開発を継続する。
インフラ、公共施設	IU-1.0	州政府、Local Authority や地方機関は現在や将来のニーズに合うようにインフラや施設の提供を確実に行うことが求められる。
	IU-2.0	総合的中央集中型の下水道システムを、効果的で経済的な全ての都市や地方の住居地区に提供する。
	IU-3.0	健康で調和のとれたコミュニティのための廃棄物管理システムサービスや質のレベルを高める。
	IU-4.0	Johor 州がより効率的かつ持続的に成るよう、原水、浄水場、配水、管網、貯水槽から成る総合的水供給インフラを提供する。
	IU-5.0	国家として最適な水供給を州と国で共有する。
	IU-6.0	観光産業や農業、ビジネスや住居地域の開発を支援するため、市街地や農村地域での水供給の配水システムや普及率を高める。
	IU-7.0	市街地や農村地域での灌漑システムや洪水対策プログラムを計画、実施し、Johor 州の洪水やフラッシュ洪水のリスクを減じる。
	IU-8.0	洪水浸水地域が住居、商業、産業地域として開発されないように、モニタリングや規制、法執行を改善する。
環境	EN-1.0	環境への負のインパクトを総合的に減じるために土地利用活動を計画、規制およびモニターする。
	EN-2.0	環境の質を厳しく管理するために全ての具約的な開発行為は管理される。
	EN-3.0	汚染から免れるように全ての市街地や住居センターをモニターする。
	EN-4.0	環境への負のインパクトを最小限に抑えるために農業や畜産活動を綿密にモニター、管理する。
	EN-5.0	負の効果レベルを最小化するために全ての産業活動をモニター、管理する。
	EN-6.0	河川水質問題の克服、海水の水質改善、大気汚染や騒音を総合的に最小化するために、継続して努力する。
	EN-7.0	より効率的そして環境に優しくごみ処理システムをする。
	EN-8.0	汚染や危険な事故を避けるため、より注意して高リスクな行為をモニター、管理する。
	EN-9.0	洪水やフラッシュ洪水に、より実践的な計画作りを通じて取り組むようにする。
	EN-10.0	環境脆弱地域や天然資源を保全し、開発の干渉から防御する。
	EN-11.0	天然資源の開発にあたって、保全や保護の優先事項と統合させる。
	EN-12.0	水が清らかで安全かつ将来のニーズに充分であることを確実にするためにより統合的な計画を通して常に水のモニターと管理を行う。
	EN-13.0	いつも水は清らかでいかなる災害リスクから無縁であることを確実にするために統合的な計画のもと保護、管理を行う。
	EN-15.0	生物的多様性を保護し、過剰な資源搾取を抑えるために、持続的な森林資源管理を確実に実行する。
	EN-16.0	将来に対しても枯渇しないように、また自然環境のバランスを崩さないように、鉱物資源開発をモニター、管理する。
	EN-17.0	高地や斜面がいつも保全されるように、常にモニター、管理する。
	EN-18.0	環境志向を確実にするため、適切な意識向上研修や教育を普及する。
EN-19.0	環境管理やモニタリングに現代技術の使用に努める。	
EN-20.0	環境や天然資源に関係した事項の取り扱いに地域との協力関係を保つ。	
EN-21.0	環境関連法令の執行と実施、とくに 127 act についてさらに厳格化する。	

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	非効率な水利用	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>Note: SWRC: State Water Resources Council</p>	<p>Note: WRD: Water Resources Department</p>	<p>Note: RBMO: River Basin Management Office SBMO: Sub Basin Management Office</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"> - to act as discussion platform among relevant agencies - to approve and implement IRBM plans - to formulate and approve on IRBM 	<ul style="list-style-type: none"> - to act as river management agency - to take initiatives for planning and implementation of IRBM - to encourage RBC members to be involved in IRBM 	<ul style="list-style-type: none"> - to be established in river basin unit - to act as river basin management agency in federal level - to formulate and implement IRBM plans - to coordinate among related agencies for IRBM implementation
Advantage	<ul style="list-style-type: none"> - to make consensus building among members - to accelerate integration of policies projects for IRBM - to promote enforcement of legislatives 	<ul style="list-style-type: none"> - to integrate the authorities for river management into solo apex agency for the smooth implementation of IRBM - no need to amend the Federal Constitution 	<ul style="list-style-type: none"> - to regulate river basin based on hydrological boundary - to authorize the apex agency initiating the IRBM - to optimize the effectiveness, efficiency, fairness and neutrality on river basin management - to accelerate the implementation of IRBM
Disadvantage	<ul style="list-style-type: none"> - to decline activity gradually and to be dormant - to be stymied by the lack of ownership - to cause the slow decision making 	<ul style="list-style-type: none"> - to regulate river basin based on state administrative boundary - to be concerned that Land Office has hesitation to transfer its authorities and EPU and/or BKSA objects to be consolidated with State DID 	<ul style="list-style-type: none"> - to modify budget allocation procedures - to be concerned that Land Office has hesitation to transfer its authorities and EPU and/or BKSA objects to be consolidated with State DID - need to amend the Ninth Schedule of the Federal Constitution

(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: ムアール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。
- Johor州では、組織間及び州際調整を行う機関としてState Water Resources Council 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2つの委員会（マネージメントコミティとテクニカルコミティ）と、下層部の州レベル組織であるタスクフォース、およびワーキンググループの4つの層から成る流域委員会が設置されている。

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使している。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)。

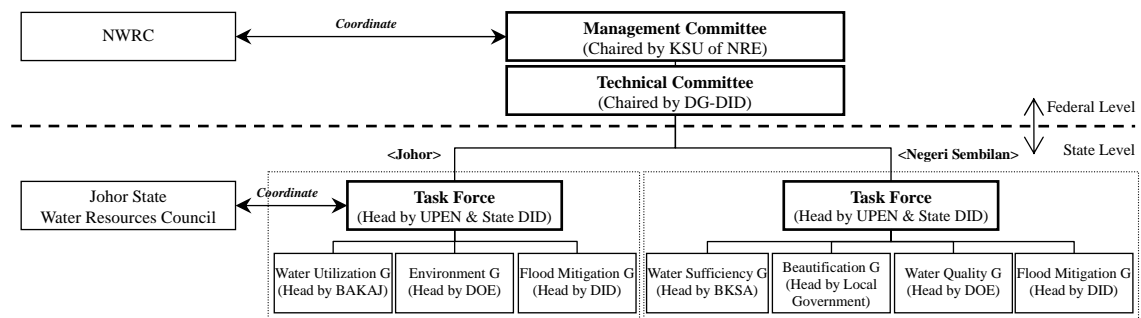


図 5.5.1 ムアール川流域委員会の構成

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Johor State Water Resources Councilとの調整を行う。マネージメントコミティ、テクニカルコミティ、タスクフォースのメンバー構成は既存のものを踏襲するが、表 5.5.4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	Federal Level: NRE (Chairman), DID (Secretariat), MOF, EPU, <u>NSC</u> , KeTTHA, MAAI, MHLG, <u>MOW</u> , MOH, DOE, HAHRIM, <u>MMD</u> , FD State: State Secretaries in Negeri Sembilan and Johor
テクニカルコミティ	Federal Level: DID (Chairman), River Division, DID (Secretariat), NRE, MAAI, NAHRIM, MaCGDI, DSP, EPU State Level: UPEN (Johor, Pahang, Negeri Sembilan, Melaka), <u>NSC (Johor, Negeri Sembilan)</u> , DID (Johor, Negeri Sembilan), DOE (Johor, Negeri Sembilan), FD (Johor, Negeri Sembilan), <u>PERHILITAN (Johor, Negeri Sembilan)</u> , DLM (Johor, Negeri Sembilan), DMG (Johor, Negeri Sembilan), TCPD (Johor, Negeri Sembilan), DOA (Johor, Negeri Sembilan), DOFi (Johor, Negeri Sembilan), DOH (Johor, Negeri Sembilan), MD (Johor), SSD (south branch), BKSA (Johor, Negeri Sembilan, <u>Melaka</u>), <u>SPAN (south branch)</u>
タスクフォース	State Level: UEPN (Johor, Negeri Sembilan), DID (Johor, Negeri Sembilan), DOE (Johor, Negeri Sembilan), FD (Johor, Negeri Sembilan), DLM (Johor, Negeri Sembilan), DMG (Johor, Negeri Sembilan), TCPD (Johor, Negeri Sembilan), DOE (Johor, Negeri Sembilan), DOFi (Johor, Negeri Sembilan), DOH (Johor, Negeri Sembilan), MD (Johor), SSD (south branch), BKSA (Johor, Negeri Sembilan, <u>Melaka</u>), <u>SPAN (south branch)</u> District Level: District Officer (Johor, Negeri Sembilan), District Council (Johor, Negeri Sembilan), <u>District NSC (Johor, Negeri Sembilan)</u> , District Land Office (Johor, 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、他の組織もムアール川流域での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

流域委員会	提案される主な役割
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 Johor State Water Resources Council への報告 (Johor 州タスクフォースのみ) - 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年に設立された。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。

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

	内容
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、意思決定が行われない可能性もある。

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。ムアール川流域において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主導により実践するべきである。

- 定期的な会議の開催：会合を定期的を実施することで、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ムアール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する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。
- ムアール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 :

- DID
- BKSA (BAKAJ)
- Land Office

提案活動 :

ムアール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、ムアール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。

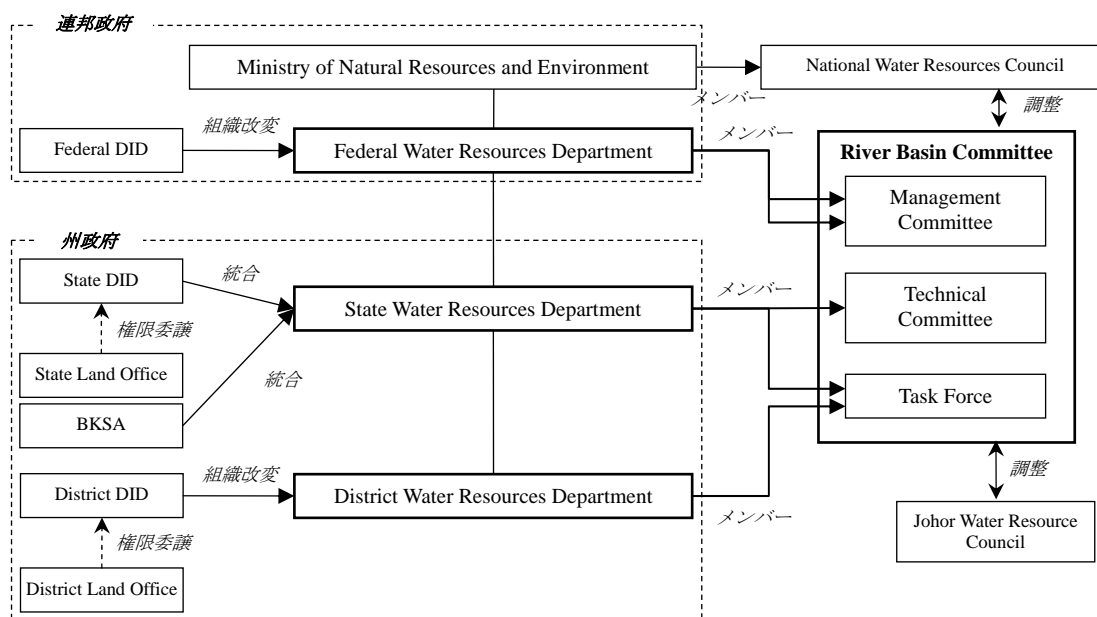


図 5.5.2 水資源管理局の枠組み

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、Johor州ではlicensing officerに、Negeri Sembilan州ではWater Resources Directorにそれぞれ任命し、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。

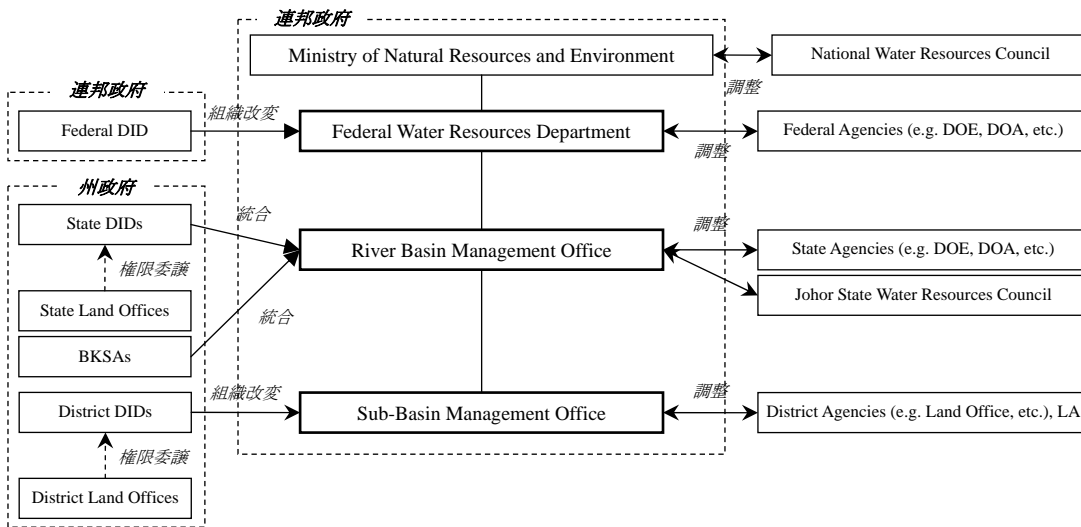


図 5.5.3 流域管理事務所の枠組み

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
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、ムアール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。

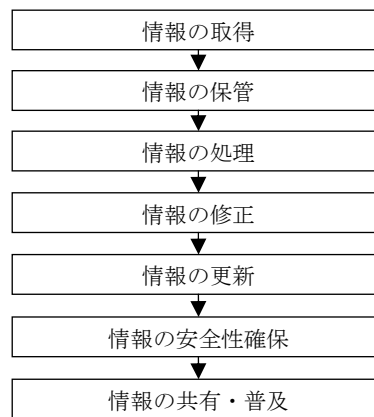
- 一方で、Ministry of Natural Resources and Environment傘下のMalaysian Center for Geospatial Data Infrastructure (MaCGDI) 主導で、空間データ基盤 (Geospatial Data Infrastructure: MyGDI) の開発が開始されている。

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
	- 洪水・旱魃記録	- Land Office, DID
環境情報	- 土地利用 (現況、将来計画)	- DID, NSC
	- 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、ムアール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4戦略を提案した。

- 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
- 戦略 W-4: 安全な舟運の確保

4戦略の下に、表 5.5.9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

政策	戦略	対策	プロジェクト・行動	関係機関	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, BAKAJ	
		W-1.2: 水資源開発計画の見直し		BKSA, BAKAJ, SAJH, SAINS, SPAN, PAAB, DID	Study is going on.
		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, BAKAJ, DID, DOE,	
		W-1.4: 渇水への対応及び調整機構の確立		BKSA, BAKAJ, 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, BAKAJ, 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		SAINS, SAJH, 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	SAINS, SAJH, 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
	W-4: 安全な舟運の確保	W-4.1 河道の適切な管理		DID, LA	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、Johor川を含めた河川表流水についての調査を実施済みである。
- 気候変動の影響による長期流出解析を本調査において実施した。
- 上記調査後、ムアール川において気候変動の監視は行われていない。

実施機関:

- BKSA, BAKAJ

提案するプロジェクト・行動 W-1.1.1: 気候変動の監視

気候変動が渇水をより過酷にする可能性があると言われている。本調査において、GCMs及びRCMsの平均値を基に長期流出解析を実施した結果、低水流量への影響は特に見られなかったが（4.5参照）、気候変動の不確実さを考慮すると重大な渇水発生の可能性を否定できない。

また、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。十分な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, BAKAJ
期間	: 5年毎
概算費用	: 特別な追加費用不要
範囲	: ムアール川流域
主な内容	: <ul style="list-style-type: none"> ■ IPCC 報告書再検討 ■ 観測降雨データの傾向確認 ■ 影響の評価

(ii) 観測降雨データの傾向確認

ムアール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

4.5で挙げた世界的研究機関による予測データを基に、ムアール川流域の長期流出量の評価も重要である。

(iv) 海水浸入の監視

ムアール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浸入を定期的に監視することが必要である。

(b) 対策 W-1.2: 水資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。

実施期間:

- BKSA, BAKAJ, SAINS, SAJH, 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Johor州及びNegeri Sembilan州により実施された。5.2で記述したように、Kuala Pilah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。
- 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2タイプの変更された流況に対する管理対応に向けて作成されている。
 - ほとんど規制を受けていない状態である未開発河川の流量を維持するか、または、河川の自然流況及び生態系を保護するための最低限必要なレベルの流況を提供する予防的対応
 - 開発河川の変更・調節された状態を、開発前の流況と生態系に回復することを意図した復旧的対応
- ムアール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, BAKAJ, 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。ムアール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

ムアール川の状態把握のため、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

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

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

上記の選定されたムアール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、ムアール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無流量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、これまでムアール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, BAKAJ, SAINS, SAHJ, DID, Department of Meteorology, JMG

勧告:

- ムアール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、ムアール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:

- ムアール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, BAKAJ, 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

ムアール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

ムアール川流域の地形図、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モデル把握の助けとなる。

(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) 地下水開発地計画策定

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	: ムアール川流域
主な内容	: <ul style="list-style-type: none"> ■ 文献調査 ■ 現地踏査 ■ 観測 ■ 掘削と揚水試験 ■ 解析 ■ 地下水開発地域の選定 ■ 地下水開発計画策定

(2) 戦略 W-2: 持続的な水事業の確保

(a) 対策 W-2.1: 水事業界の改革完遂

現在実施中の対策:

- 水事業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。
- 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。一方、Johor州も、2009年に新体制へ移行しておりSAJHという民間会社組織が稼働している。

実施機関:

- SAHJ, 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 5.5.13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、Negeri Sembilan州及びJohor州の両州はムアール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。Johor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した上で行動するようである。

(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者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。Johor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 アプラン	内容
第8次 2001-05	安定化 <ul style="list-style-type: none"> 州の上水供給事業部局の民営化及び会社化 上水事業界の改革計画
第9次 2006-10	合併 <ul style="list-style-type: none"> SPANの運用 Water Services Industry Act (WSIA), 2006の実施 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 州上水事業者の負担軽減と供給事業への集中
第10次 2011-15	効率的運営と管理への動き <ul style="list-style-type: none"> 2013年までに完全費用回収可能な料金設定体系への移行 上水事業と下水事業の統合 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

出典: 10th Malaysian Plan

(b) 対策 W-2.2: NRW 率の低下

現在実施中の対策:

- NRWはJohor州とNegeri Sembilan州の上水供給事業においても重大な問題である。Negeri Sembilan州とJohor州のNRW率はそれぞれ、53.1%と31.3%で、Negeri Sembilan州のNRW率はマレーシア国の平均値37%より15%も高い。SAINS及びSAJH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:
- SAINS, SAJH, SPAN, PAAB

提案するプロジェクトや行動W-2.2.1: NRW率の低下

ムアール川流域の現在のNRW率は約30%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5.5.1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。

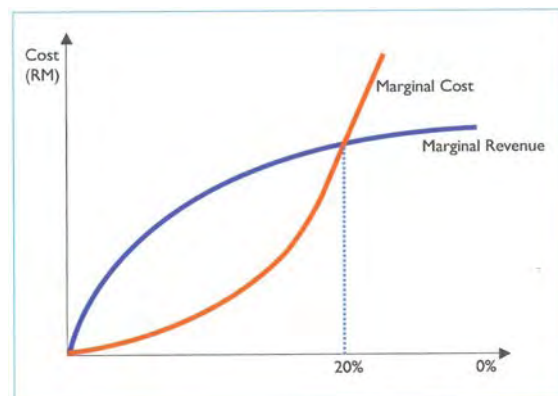
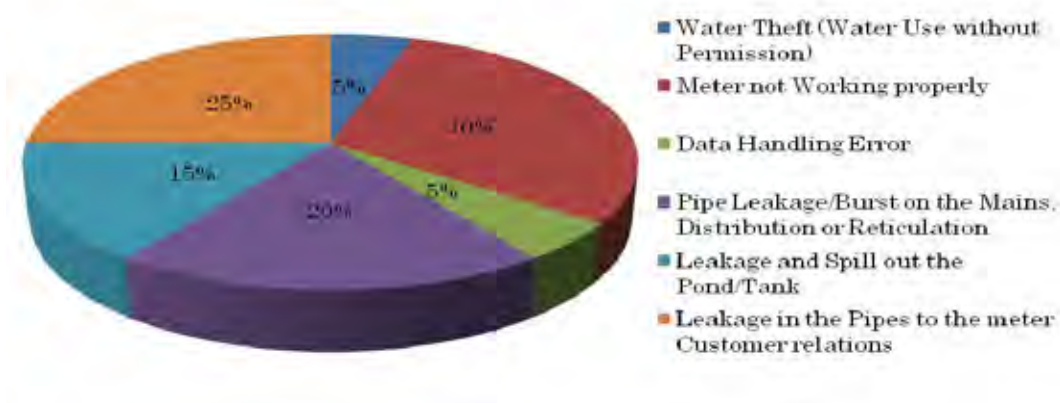


図 5.5.5 NRW の損益分岐点

(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、世界の上下水道事業者でも同様にとらえられているようである。ムアール川流域内の 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 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	: ムアール川流域
主な内容	: <ul style="list-style-type: none"> ■ NRW の主要因分析 ■ 管の修理・取替え ■ 計器類の修理・取替え

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、調査を行う区画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。

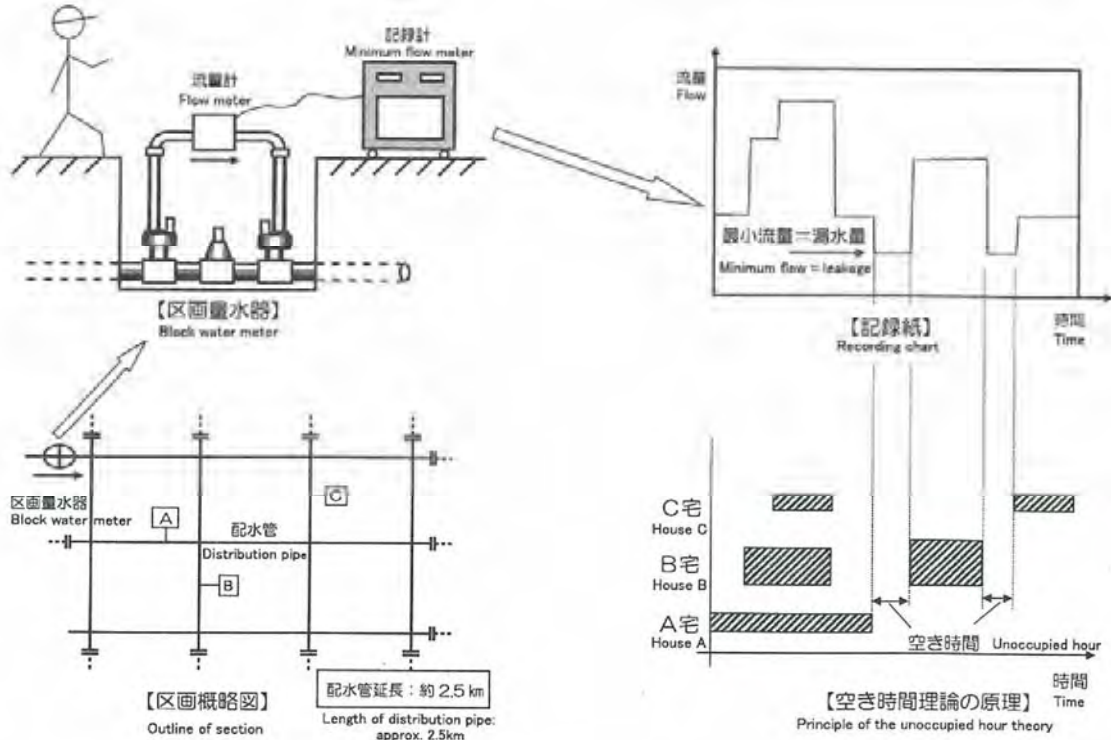


図-1 夜間最小流量測定法の原理

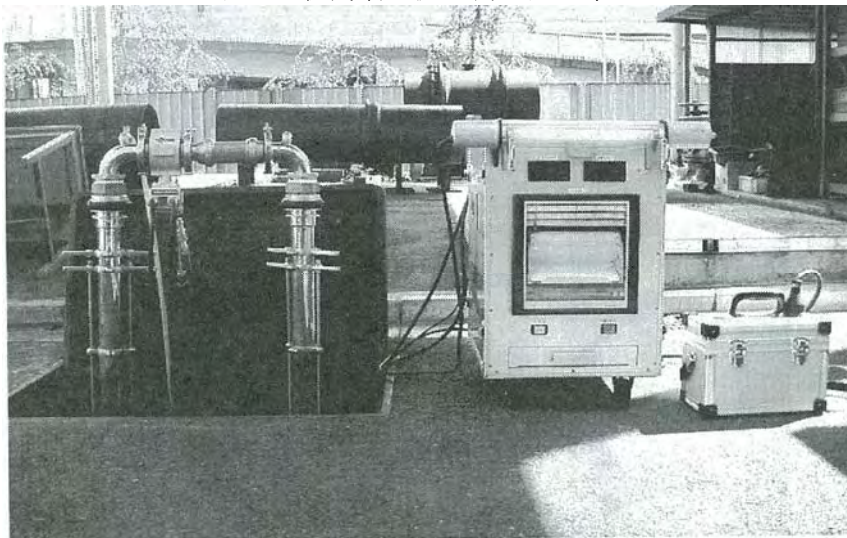


写真-1 可搬式最小流量測定装置

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）

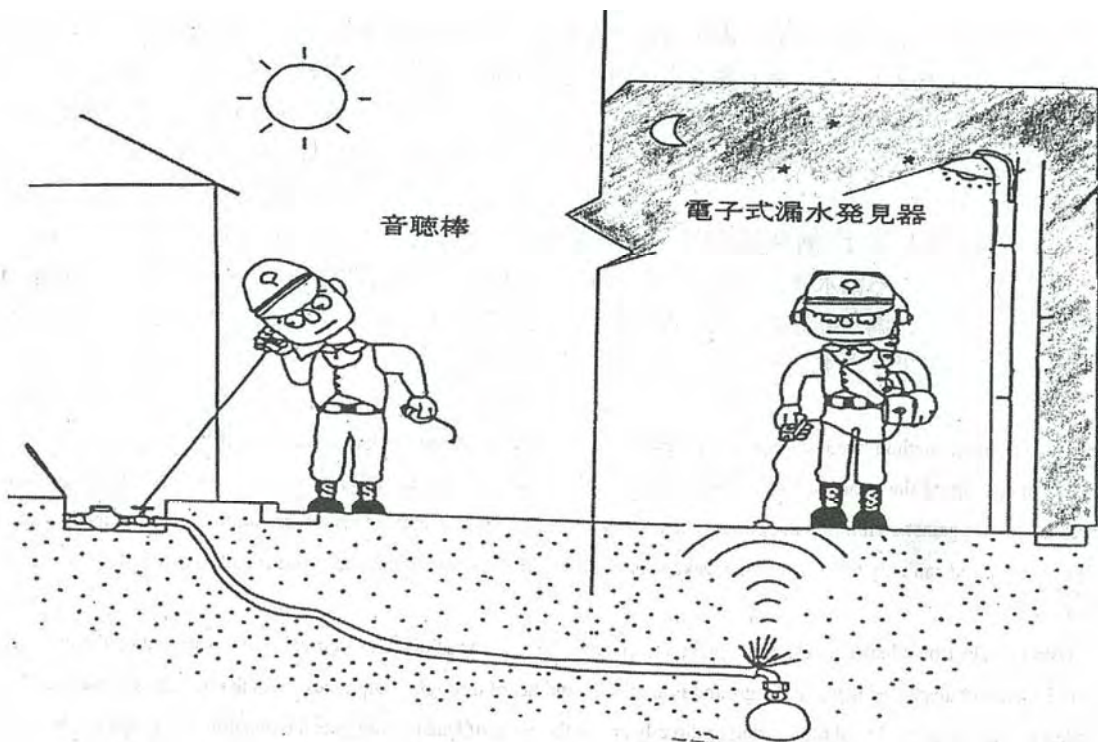


図-2 音聴法のイメージ

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。

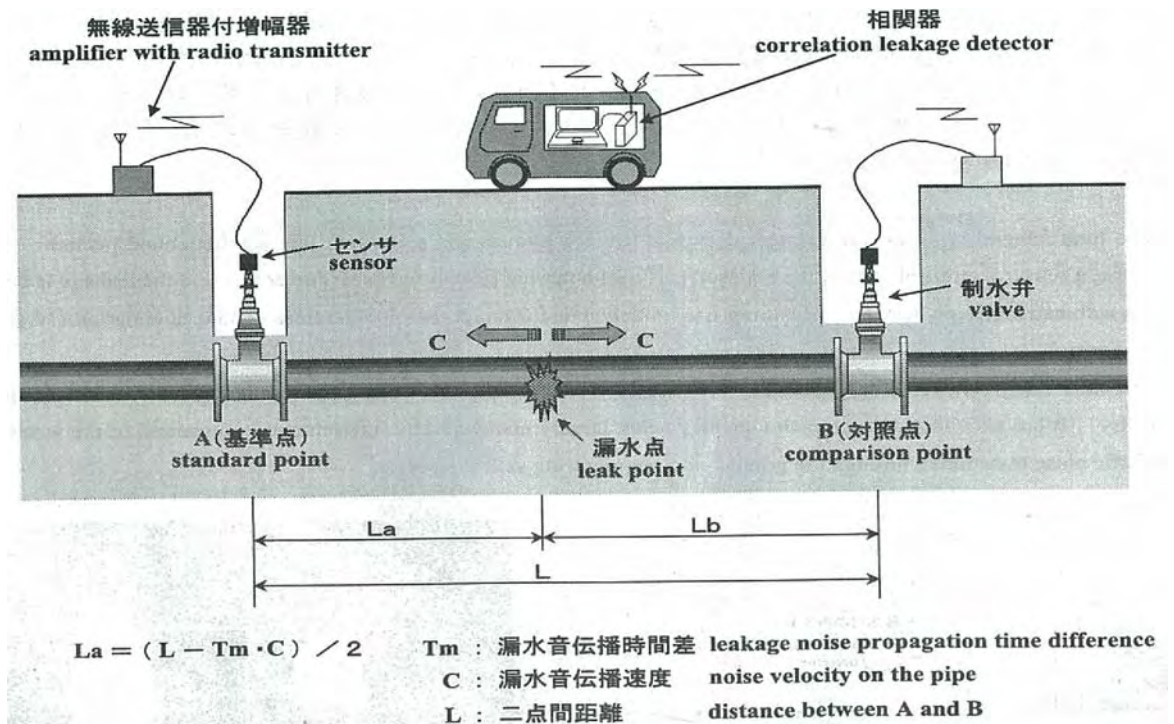


図-3 相関法の原理

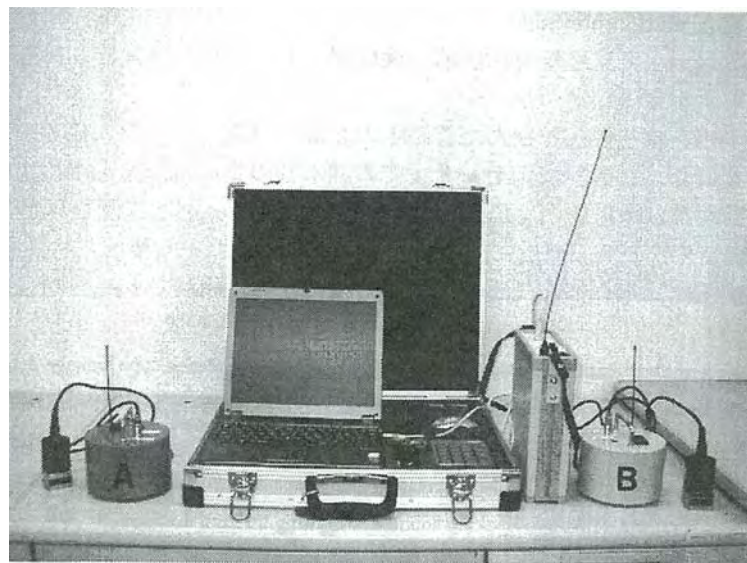


写真-3 相関式漏水発見装置

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。

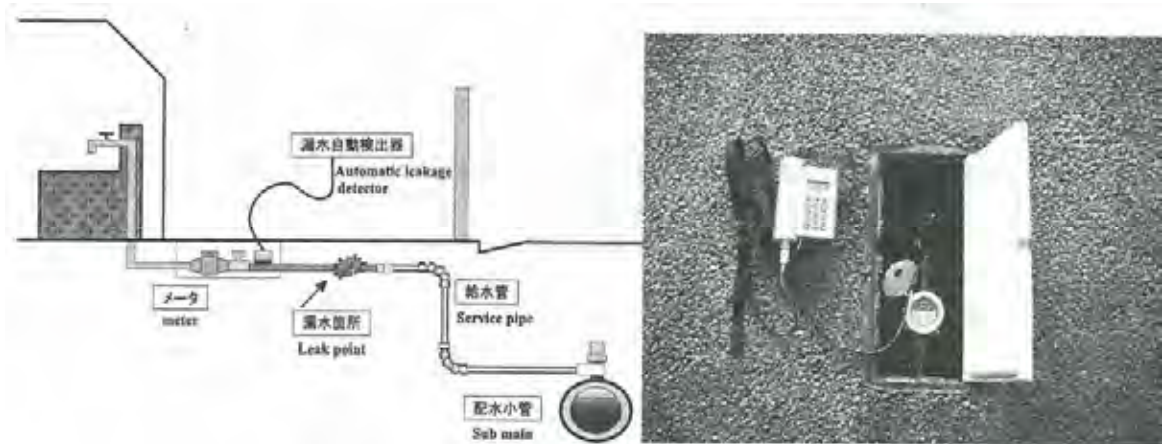


図-4 時間積分式漏水発見装置

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。

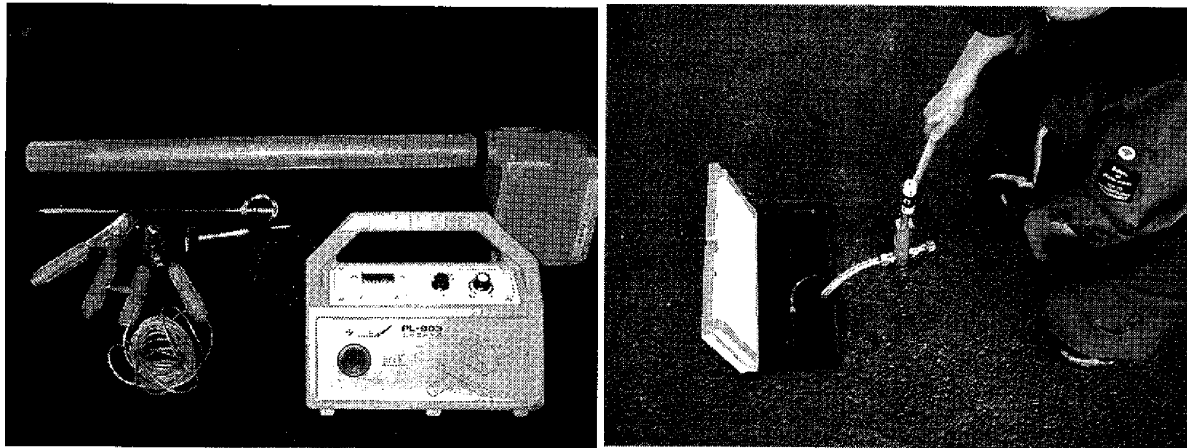


写真-4 金属管探知器（左）及び打撃音注入器（右）

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。

Johor州及びNegeri Sembilan州内の2008年時点の計器類総数は、それぞれ、889,000個及び217,000個で、そのうちの107,000個（12%）及び74,000個（34%）が8年以上使用した計器類である。（マレーシア全国平均は26%である。）

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:

- ムアール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。

(4) 戦略 W-4: 安全な舟運の確保

(a) 対策 W-4.1: 河道の適切な管理

現在実施中の対策:

- ムアール川流域では、内水面漁業や輸送手段としての舟運活動が広く見られる。
- 既述のように、ムアール川では、漁業や登下校、通勤、ショッピング等の住民の輸送手段としての舟運活動に利用されている。一方、ムアール川には、ホテイソウ、枯れたヤシの実、半分沈んだ木の枝等が混入したゴミ等が多く、ボート操作者や乗客の安全を脅かす状況と指摘されている。

実施機関:

- DID, LA

勧告:

- ここでは特別のプロジェクトや行動は提案しないが、安全な舟運活動を確保するために、DIDはLAと協調して河道の適正な管理を継続的に行うことが求められている。

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。パハン川流域とは、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	-	PTG, DID, DOE	実施中
		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-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	E-3.1: 水利用のための水源を適切に管理する		JPBD, LA, DOE, PERHILITAN, Forestry Dept., BKSA	実施中
		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、DOEが国内のいくつかの河川で実施している統合水質管理に関する調査ではなく、能

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	: DOE, Negeri Sembilan・Johor
期間	: 2年
概算費用	: RM 2-4 million
対象地域	: ムアール川流域
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

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、ムアール川流域だけでなく、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、ムアール川流域をパイロット流域として、DOE Negeri Sembilan、DOE Johorを対象として実施するものである。なお、パハン川流域に関しても同様の提案を行っていることから(第3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カ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、DOE Negeri SembilanとDOE Johorの密な協力の下、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。

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。

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、指定廃棄物への指定はDOEの所管であることから、当該調査はDOEにて実施することが必要であると考えられる。このような課題は、ムアール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。

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"> ■ 浄水場に関する現状 ■ 汚泥の性状およびその環境影響 ■ 処理・処分技術 ■ 海外事例 ■ 指定廃棄物規定に係る費用、社会的影響 ■ 指定廃棄物規定改定の必要性 ■ 解決策案

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。

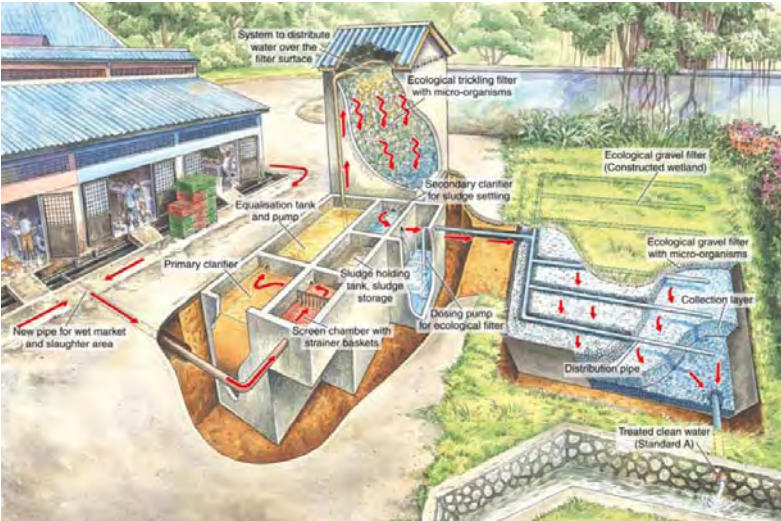



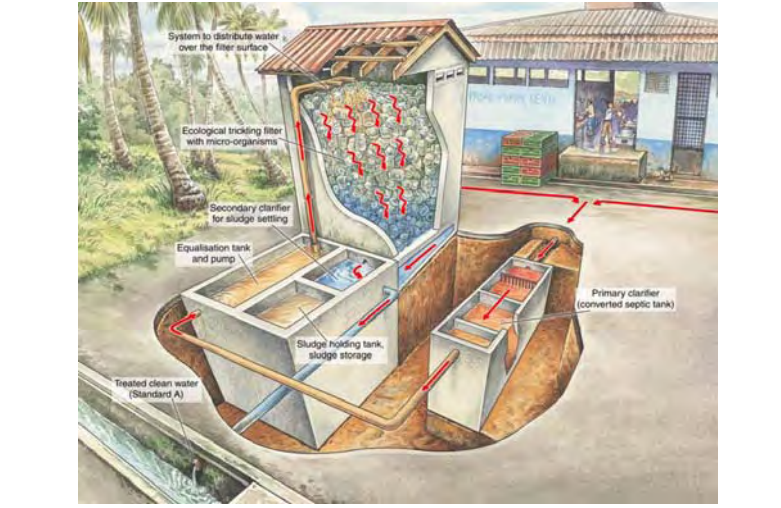



(iv) 生鮮市場、飲食店、屋台等、商業活動に伴う廃水の管理

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)	
	計画処理能力： 39 kgBOD/day (処理鶏数 1600羽/日)
   <p>External view Ecological trickling filter Screen chamber</p>	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)	
	計画処理能力： 39 kgBOD/day (処理鶏数 1600羽/日)
   <p>External view Screen chamber Chicken slaughtering activity</p>	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：
BOD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 m³/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 Authority

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は油分除去設備(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、ムアール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

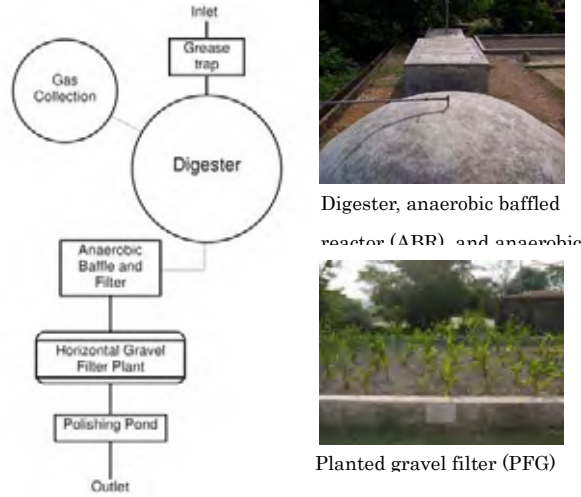
実施機関	: Department of Local Government
期間	: 1-1.5年
概算費用	: RM 1-2 million
対象地域	: 小規模生鮮市場
適用技術	: DEWATS あるいは同等もの
実施内容	:

- 対象生鮮市場の選定
- 簡易水処理技術に関する調査
- フィージビリティスタディ
- パイロットプロジェクト

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1-1000m³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10m³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)



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 Authority

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、ムアール川流域では、全ての処分場が適切に建設された衛生埋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、衛生埋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)。
- 全ての衛生埋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、衛生埋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)
- DOE (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)
- DOE (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 km²以上)、ムアール川流域の約64% (約4,000 km²)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 Authority (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)
- DOE (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)
- DOE (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。

(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)
- DOE (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。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においてムアール川流域の39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NH₃-N、NO₃-N、PO₄-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。

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. Kelamah、Sg. P. Menkuang、Sg. Serom、Sg. Senarut、Sg. Spg. Loi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。)

農業関連化学物質に関する‘hotspots’のモニタリング

実施機関 : Department of Environment,
Johor • Negeri Sembilan

期間 : 継続実施

対象地域 : ムアール川流域全体

実施内容 :

- 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。
- 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。
- 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。

一般的な農薬・除草剤の例)

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.

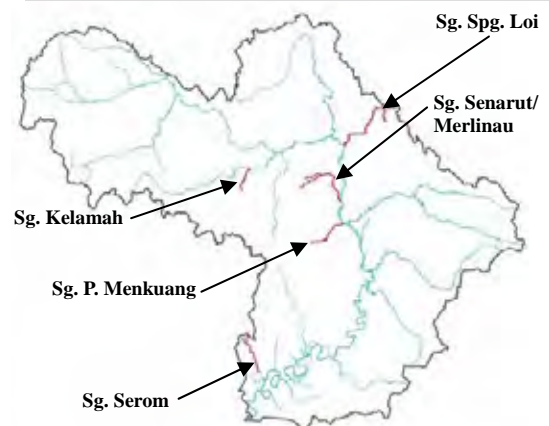


図 5.5.7 潜在的‘Hotspots’

(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 km²超)、ムアール川流域の64% (約4,000 km²)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)
- DOE (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。

(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

- 全ての水源地はgazetteされるべきである。
- 水源地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 Authority

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的なプロジェクト案/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 ムアール川流域の IRBM 計画実施ロードマップ

セクター	プロジェクト/行動	担当機関	費用 (RM million)	スケジュール		
				10 th MP 2015	11 th MP 2020	12 th MP 2025
組織法制度	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, BAKAJ		●	●	●
	W-1.3.1: 環境流量の調査	BKSA, BAKAJ, DID, DOE	1-2	●●		
	W-1.4.1: 地下水ポテンシャルの調査	BKSA, BAKAJ, JMG	3-4	●●		
	W-2.2.1: 無収水の削減	SAJH, 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-1.4.1: 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		●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●
洪水管理	IFM 計画の構造物対策の実施(表 5.6.1 を参照)	DID	530	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●
	IFM 計画の非構造物対策の実施(表 5.6.1 を参照)	DID and others	17	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●

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 RBC 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、パハン川流域の 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、ムアール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、ムアール川流域においては、重要な都市部への対策でさえも、構造物による洪水対策の実施が不十分であることが明らかである。このような中、ムアール川流域では、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計画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計画の目的については、下記の通りである。

目的: ムアール川流域において、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

ムアール川流域の洪水緩和事業については、水理構造物を附帯する堤防建設、支川の河川改修、都市部の排水システムの改善等が、1970年代の洪水以来継続して実施されている。しかし、それらは全てローカルな洪水問題への対処が目的であり、流域全体を視野に入れて本川沿いの広大な氾濫原の問題に取り組んでいるわけではない。ムアール川流域においては、流域への影響を考慮した対策は、セガマツ川やムアール本川を対象とした数個の事業に見られるのみである。

このような状況の中、2006年洪水はムアール川流域に襲来し、中下流部の本川沿い及びセガマツ川のような主要支川沿いの地域は1～3週間浸水した。

この2006年洪水以来、公的機関の関係者の間で、多くの洪水緩和対策案について協議がなされている。洪水緩和に関するマスタープラン調査「Rancangan Tebatan Banjir Bagi Lembangan Sungai Muar, Johor」はローカルコンサルタントによって2008年に開始されたが、2010年9月現在においても継続調査中である。この調査では、分水路、ショートカット水路、洪水調節ダム、河道改修、防潮堰等いくつかの洪水緩和対策のコンビネーションが提案・検討されている。

(1) 第9次マレーシアプランまでの構造物対策

ムアール川の構造物対策については、これまで主にローカルな堤防建設及び拡幅による河川改修が実施されてきた。1970-1980年代に4支川（Temian, Pergam, Tanjung Selabu, Tanjung Olak）に対し、塩水侵入防止用の施設建設や堤防建設が実施されてきた。また、第6次から第9次マレーシアプランのもと、Muar Townで大規模な都市排水施設の改修、水路建設及びリハビリ事業が実施されてきた。

Johor州及びNegeri Sembilan州のDIDがムアール川に関する洪水緩和対策（構造物対策）に関する建設、設計及び計画を実施してきている。表 6.2.1に、第9次マレーシアプランにおいて実施された或いは実施中の事業内容を示した。連邦政府は、約71.9百万RMの事業費をこれらの事業に割り当てた。

表 6.2.1 ムアール川流域に関する洪水緩和プロジェクト

ID 番号	事業名	割当予算 ('1000 RM)	州
15100-005-0006	Upgrading of bund and structure for coastal erosion	6,161	Johor
15200-001-0016	City drainage infrastructure rehabilitation	-	Johor
15200-001-0030	Rehabilitation of rivers	13,000	Johor
16700-008-0002	Flood mitigation plan of Muar River	6,000	Johor
16700-008-0008	Flood mitigation plan of Segamat River	7,710	Johor
16700-008-0014	Flood mitigation plan of Muar River (Bandar Maharani)	7,490	Johor
16700-008-0015	Flood mitigation research for Muar River basin	24,137	Johor
15200-001-0014	City drainage infrastructure rehabilitation	-	Negeri Sembilan
15200-001-0027	Rehabilitation of rivers	7,400	Negeri Sembilan
16700-007-0009	Flood mitigation plan Kuala Pilah district	-	Negeri Sembilan
合計		71,898	

出典: DID

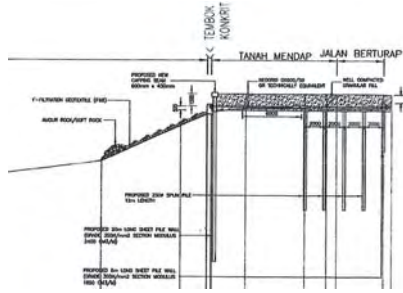
(2) 護岸工事

2008年4月のPanchor Townの河岸崩壊に対し、関係機関（DID、JKR、Land Office、Local Authority等）は緊急修復事業に約5百万RMを投入した。さらに、河岸侵食は、Muar District事務所により、

ムアール川下流部においても確認されており、対処のため第10次マレーシアプランに対し約5百万RMが予算請求されている。図 6.2.1 はPanchor Townにおける護岸工事の様子である。



河岸崩壊 (Night Market, Panchor, 2008年4月)



アンカー式鋼矢板壁の構造設計図



4.9 百万 RM を投入して完成した河岸

図 6.2.1 Kg. Panchor における河岸浸食防止事業

(3) Segamat-Genuang 分水路

現在実施中のムアール川流域マスタープラン調査において提案されている各種対策の中で、DIDは、Segamat 川左岸Segamat ニュータウンの洪水氾濫の解消を目的とした Segamat-Genuang 分水路および Genuang・Chodan 川河道改修の連携事業を採択し、既に分水路事業の詳細設計を実施している。この事業の概要および分水路・河道改修の位置は、表 6.2.2および図 6.2.2 に示す通りである。DIDの関係者によると、この分水路事業は既に第10次マレーシアプラン(2011年から2015年)において、その実施が決定されている。

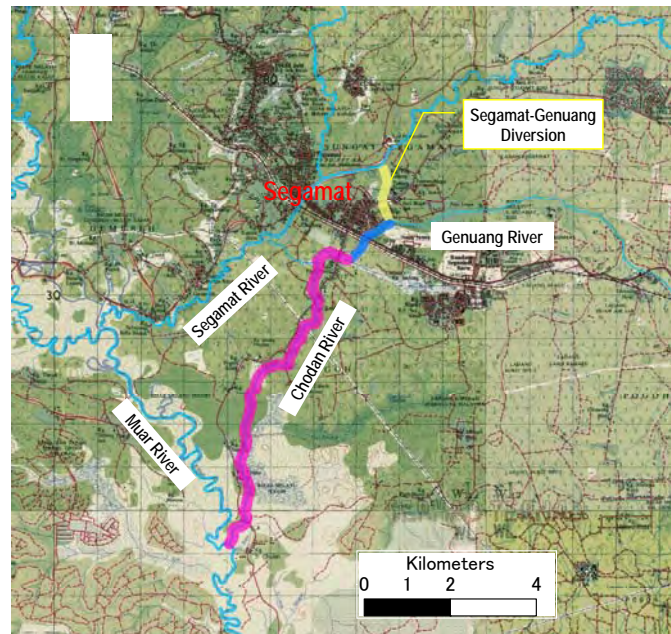


図 6.2.2 Segamat-Genuang 分水路

表 6.2.2 提案されている分水路および河道改修の概要

項目	内容	
目的	Segamat 川の洪水氾濫で Segamat Town が被害を受けないようにする。(計画流量 1,350m ³ /s のうち 500 m ³ /s の洪水流が Genuang, Chodan 川に流入し、さらにムアール川に流れ込む)	
計画規模	100年確率規模	
コスト	178 百万 RM	
主な工事内容	Segamat-Genuang 分水路	計画ピーク流量=500 m ³ /s, 延長 = 1.5km, 2 橋梁架設
	Genuang 川河道改修	計画ピーク流量= 640 m ³ /s, 延長 = 1.2km, 3 橋梁架設
	Chodan 川河道改修	計画ピーク流量 = 640 m ³ /s, 延長 = 8.5km, 9 橋梁架設

6.2.2 非構造物対策

ムアール川流域においては、既往の非構造物対策の導入が構造物対策よりも進んでいるようである。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。本節では、ムアール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次マレーシアプランにおける洪水軽減プロジェクトがリストアップされた。ムアール川流域においては、Johor州について、1:400,000縮尺と1:50,000縮尺の「Johor州洪水氾濫区域図」が作成された。2006年12月から2007年1月にかけての洪水に関する氾濫区域についてもDIDによって図 6.2.3に示すように作成されている。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。

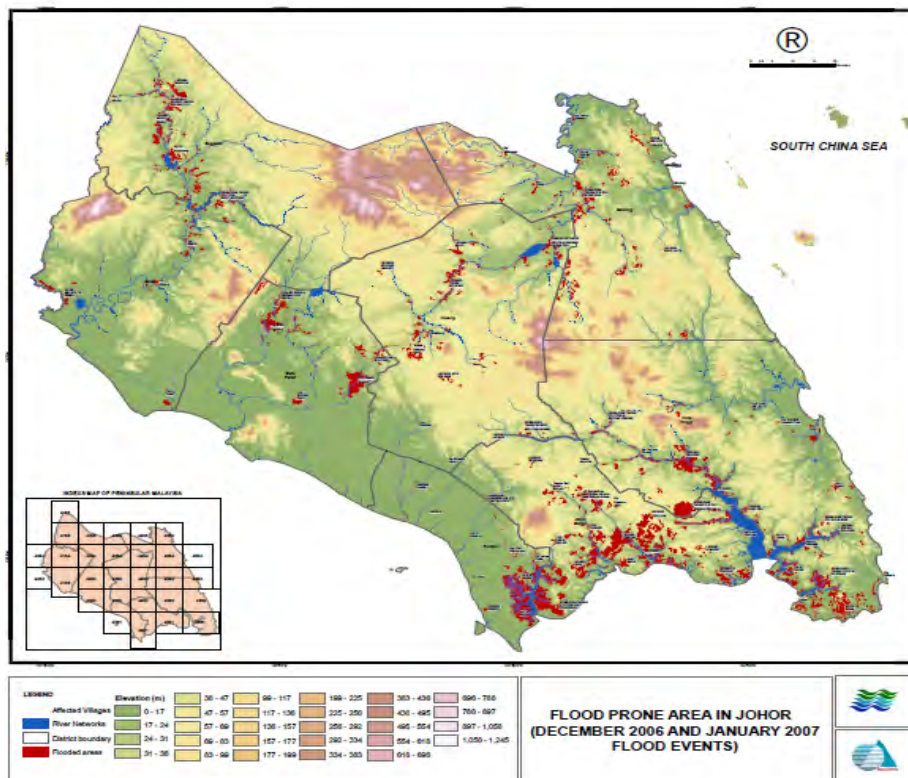


図 6.2.3 Johor 州洪水氾濫区域図 (DID, 2007)

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。

(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33% (2,000 km²) 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12% (700km²) 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 6.2.3 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 6.2.3 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

Johor 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は所定の堤防幅を効率的に確保するために、第10次マレーシアプランにおいて、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公的用途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、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には、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。

Johor州全体では、15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、このうちムアール川流域に位置するものは、7基の水位観測所(Negeri Sembilan 州の1観測所を含む)と、9基の雨量観測所(Negeri Sembilan 州の1観測所を含む)である。

表 6.2.4 水位と降水量観測のテレメトリーネットワーク (ムアール川流域の Infobanjir)

観測項目	ムアール川流域の観測所数	Johor State の観測所数	Negeri Sembilan State の観測所数
水位	7	6	1
雨量	9	8	1

出典: Inforbajir on-line river level data and rainfall data

(b) 洪水予測

洪水予測はムアール川流域においては実施されていない。

(c) サイレンやサインボードによる警報システム

DIDは、フラッシュフラッドが発生する地域において、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、ムアール川流域においては、サイレンに加え、洪水情報掲示板もいくつか設置されている。洪水情報掲示板は、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。

サイレンについては、洪水時の雨の音や風の音の影響等により、地域によっては聞こえない区域も発生していることから、今後とも増設が必要である。



洪水警報サイレン (Pago 村, Muar 川)



サインボード (Tiong 村, Gemas 川, Tampin District)

図 6.2.4 警報サイレン

(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、Stateレベル、Districtレベルで設立されている。DMRCは、様々な関係機関を調整する機能を有している。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)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 6.2.5の通りである。

表 6.2.5 洪水管理に関する関係機関の役割

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		
● 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)
● 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
● 洪水被害レポート	洪水報告	NSC(国家安全委員会)

項目	役割、活動内容	関連機関
	洪水報告	DID
● 住民避難	避難センターへの誘導、支援	警察 (state & district)
● 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
● 救難活動	被災者の捜査、救難	警察 (state & district), FRD
● 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、ムアール川流域では実施されていない。しかし、洪水管理においては、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次マレーシアプランにおいて、初めて気候変動への取り組みに係わる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、マレー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、Johor川のRantau Panjan地点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及び地方行政機関は、河川・排水構造物について以下の維持管理及び修復事業を実施中である。

各 District の DID 事務所は、河岸防止事業、小規模な堤防建設事業及び排水路改修事業を実施し、洪水被害緩和に努めている。そのなかで、ムアール川の浚渫事業は、下流区間での船運事業が比較的活発なため、運輸省の海洋局が実施している。

また、2008年に起こった河岸侵食に対する緊急修復に係り、DID Muar District 事務所の維持管理業務は増加しつつあり、2009年では約5百万RMを費やした。それに対し、ムアール川に接する排水路の維持管理業務は減少しつつある。表6.2.6はDID Muar District 事務所が維持管理する排水施設一

覧であり、第9次マレーシアプランで割り振りされた総額は60万RMとなっている。また、Muar Townの地方行政機関もいくつかの排水路や排水溝の維持管理を実施している。

表 6.2.6 DID Muar が維持管理した排水施設

番号	区 間	距離 (m)	完成年	第9次マレーシアプラン中の維持費
1	PT. SUNGAI ABONG (PAKEJ 5A)	2300	1997	41,400
2	PT. SETONGKAT (PAKEJ 5B)	2950	1997	53,100
3	PT. OTHMAN (PAKEJ 4A)	580	1998	10,440
4	PT. TIRAM (PAKEJ 3A)	2450	1998	44,100
5	PT. BAKRI (PAKEJ 3B)	2900	1998	52,200
6	PT. BAKRI II (PAKEJ 3C)	2300	1998	41,400
7	PT. PDG. GOLF/PT.ABD.RAHMAN (PAKEJ 4B)	3000	1998	54,000
8	PT. SULAIMAN (PAKEJ 4C)	1150	1998	20,700
9	PT. SULAIMAN II (PAKEJ 4D)	225	1999	4,050
10	PT. BAKRI III (PAKEJ 3D)	240	1999	4,320
11	PT. SULTANAH (PAKEJ 4E)	490	1999	8,820
12	PT. TANJUNG AGAS I - BARAT	2700	2001	48,600
13	PT. TANJUNG AGAS II - TIMUR	2800	2001	50,400
14	PT. BAKRI IV (PAKEJ 3E)	1530	2001	27,540
15	PT. BETING (PAKEJ 6A)	980	2002	17,640
16	PT. PERUPOK	160	2002	2,800
17	PT. BAKRI V (PAKEJ 3F)	1620	2003	29,160
18	PT. BETING II (PAKEJ 6B)	1800	2004	32,400
19	PT. BAKRI VI (PAKEJ 3G)	1820	2004	32,760
20	PT. HJ. BAKRI (PAKEJ 4F)	1300	2005	23,400
	Total	33,295		599,230
	PT: Stretch			

Data Source: DID Muar

DID Segamat Districtは、表 6.2.7に示す支川の小河川の浚渫及び清掃事業を実施しており、2009年で合計約55.4万RMを費やした。

表 6.2.7 DID Segamat による維持管理に関する工事(2009年)

番号	維持管理業務	距離 (m)
1	Downstream of Paya Merah River to Gatom River	3,000
2	Temenggau River	5,000
3	Beraal River	6,000
4	Sanglang River, Kg. Awat	3,000
6	Paya Merah River	5,000
7	Genuang River	6,000
8	Downstream of Segamat River	500
9	Branches of Muar River, Kg. Serdang	1,000
10	Branches of Penarah River, Kg. Paya Lebar	2,000
11	Branches of Muar River, Kg. Serdang	450
12	Branches of Tagal River along	2,000
13	Gerchang River at Desa Temu Jodoh area	2,000
14	Mados River at Kg. Tenang	2,000
15	Labis River at Gotam River downstream	-
16	Kenawar River at Pagoh	-
17	Upstream of Jenalin River	1,500
18	Chodan River (Beautification, Repairing)	400

Data Source: DID Segamat

6.3 計画フレームワーク

6.3.1 IFM 計画の目標完成年

IFM 計画の計画期間は IRBM 計画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 次マレーシアマレーシアプラン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。そこで、2025 年の人口、土地利用、気候変動インパクトについて表 6.3.1 のように設定する。

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 660,000 人から 2025 年の 770,000 人に 17% 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 2.7% から 2025 年の 7.1% に 4.4% 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 3 日間雨量は 20% 増加し、339.7 mm から 2025 年には 407.6 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、ステークホルダ会議とステアリングコミッティを、それぞれ 3 回、4 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ムアール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、パハン川流域と同様に、広大な地域に広がる洪水氾濫を完全に押さえることはほとんど不可能である。また、ムアール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 受容可能な構造物対策

6.2で述べたように、ムアール川流域においては、ローカルコンサルタントが2008年に、先行マスタープラン調査(Rancangan Tebatan Banjir Bagi Lembangan Sungai Muar, Johor)を開始し、現在も継続実施中である。

本準備調査のインセプションレポートに記述したように、調査団は2009年10月に終了するはずであった先行調査の最終結果を待っていた。この先行マスタープラン調査は、気候変動を考慮していないという点を除き、本協力準備調査のIFM計画と本質的な違いはなかった。そこで先行調査との不整合を避けるため、調査団は先行調査で提案された対策をレビューし、必要ならば気候変動適応策を主とする対策を加えることを想定していた。

しかしながら、先行調査の進行が遅れ、最終結果を入手するにはさらに時間が必要な状態となってしまった。本準備調査の工程ではIFM計画を中間報告書にて提案することとなっていたため、2010年1月時点で、先行調査の最終結果の入手をあきらめ、先行調査の中間報告結果に基づいてIFM計画を作成せざるを得なかった。

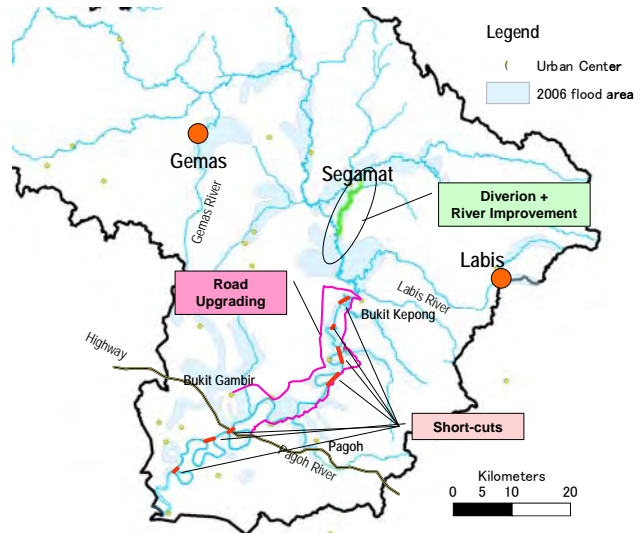


図 6.4.1 各種構造物対策の位置

2010年1月時点における先行調査の中間報告結果を踏まえムアール川流域において導入が考えられる構造物対策を表6.4.1に整理した。これらの提案された構造物対策の位置は図6.4.1に示す通りである。

表 6.4.1 ムアール川流域における構造物対策

事業	事業内容	備考
Segamat-Genuang 分水路及び河川改修 (Genuang と Chodan 川)	Segamat 分水路 1.5km の建設 Genuang River 1.2km の河川改修 Chodan River 8.5km の河川改修	10 次マレーシアプランにて実施の承認
捷水路建設 (Short-cuts channels)	河口から Bkt. Kepong 間の 7 候補区間	
道路嵩上げ及び強化	道路嵩上げと強化により、洪水時に輸送システム及び避難路の確保、氾濫拡大防止	
都市、町の保全	Labis 及び Gemas が候補	ステークホルダ会議で要請

(1) Segamat-Genuang 分水路と Genuang 川・Chodan 川河道改修

Segamat-Genuang分水路とGenuang川とChodan川の改修は同時に施行されるべきパッケージである。すでにDIDは第10次マレーシアプランの中でこのパッケージを実施する意向を固めている。したがって本調査では、この分水路パッケージは計画期間（2011～2025年）の早期に実施されるものと見込む。

しかしながら、5.2.3で説明したように、本分水路パッケージについては、分水路による流量増を吸収、相殺するための補完対策が下流側に施されない場合、Segamat地区の洪水氾濫を下流側に移すことになる恐れがある。したがって本調査では、洪水シミュレーションによって分水路パッケージのインパクトを評価し、また適切な補完事業について検討する。

(2) ショートカット水路（蛇行河道のバイパス）

先行調査の中間結果及び現地踏査から、ムアール川下流の110km区間には、7つの捷水路の候補地が確認される。蛇行区間のショートカットを実施すると河道の流路長が短く勾配が急になり、その結果、洪水位は減少することになる。これら7基の捷水路の位置及び概要をそれぞれ図6.4.2および表6.4.2に示す。



図 6.4.2 ショートカット水路の位置

表 6.4.2 ショートカット水路のリスト

No.	名称	河道長 (km)			比率 (%)	主な土地利用	移転家屋数	建設費 (10 ⁶ RM)	No.
		蛇行長	捷水路	差分					
1	Sungai Sendok	8.1	1.2	6.9	85%	Orchard, Rubber	10	45	Once a tidal barrage was proposed.
2	Belemang	14.5	1.6	12.9	89%	Rubber	5	83	
3	Tg. Olak	10.1	0.9	9.2	91%	Oil Palm	0	90	North-South Highway is crossed.
4	KundangLiang Batu	6.8	2.2	4.6	67%	Rubber	5	27	
5	PenchuLenga	7.7	2.3	5.4	70%	Rubber	0	26	
6	Bt. Serampang	1.2	0.4	0.8	67%	Oil Palm	0	5	
7	Bt. Kepong	3.6	1.6	2.0	56%	Permanent Livestock farm	0	14	
		52.0	10.2	41.8	80%		20	290	

下流側の3カ所のショートカットは、湾曲河道を80%以上短くするため非常に効果的な対策のようである。7カ所すべてのショートカットが実施された場合には、ムアール川は41.8kmも短くなる。このショートカット案が、前述した分水路パッケージの負のインパクトを緩和、相殺する可能性を有しているという事実は重要である。本調査では、ショートカットの洪水氾濫の軽減効果だけでなく、上流の事業（分水路）の補完事業としての効果についても、洪水シミュレーションや経済分析によって検討する。

一方、ショートカット自体の負のインパクトについてDID内で懸念されている。つまり、河川流路の人工的改変によって、ショートカット水路近傍の浸食や土砂の堆積、塩水遡上や常時の水位

低下による取水施設への影響、動植物への影響などが心配されている。これら負のインパクトの急激な出現を防ぐため、段階的施行が推薦されよう。つまり、それらのインパクトをモニタリングしつつ、緩和策を実施しながら、段階的に下流側から実施していくことが望ましい。

(3) 道路の改善

この道路改善は主要道路を嵩上げ補強することによって、洪水時にも道路交通を確保しようとするものである。洪水時の交通確保は、1週間から3週間にも及ぶ洪水被災地での避難や救援活動のために非常に重要である。DIDのthe Flood Mitigation Divisionによれば、ムアール川下流部の両岸計約75kmの道路区間を改善する意向のようである。

この道路の支川や排水路の横断地点にゲート構造物（樋門や水門）を設置し、堤防としての機能を持たせようとする案も出ているようである。これが実現された場合、洪水流量はこの左右岸の堤防道路に挟まれた地域に閉じ込まれることになる。この地域内には数千人が暮らしており、この道路改善案による大きな社会的インパクトが想定される。

(4) 市街地の防御

先行調査はムアール川中下流部やSegamat市街地の洪水緩和に重点を置いている。しかし、その他の地域においても洪水被害に苦しんでいる事実が確認されている。洪水被災地としてPagoh、LabisとGemmasの市街地の名がしばしば、Johor州、Negeri Sembilan州合同のステークホルダー会議やWG会議で上がっている。

WGから上記の情報を得て、JICA調査団はこれら3カ所の市街地を視察し、2006年洪水時にこれらの市街地が、支川からの溢水により被災したことを確認した。Pagohの洪水問題はムアール川からの背水を受け、Pagoh川が溢れたことによるものであり、ショートカットが実施された場合には、ムアール川本川の水位が下がり、洪水問題は緩和されよう。一方、LabisやGemmasについても支川の溢水による洪水被害が確認されたため、輪中堤防や排水施設整備などの対策が必要と思われる。

6.4.2 洪水シミュレーションと経済分析

洪水シミュレーションと経済分析によって、分水路パッケージ(Segamat-Genuang 分水路およびGenuang川とChodan川の改修) およびショートカット案の効果を検討した。図 6.4.3および表 6.4.3は、それぞれ計算水位図と、洪水シミュレーション結果と経済分析のまとめたものである。計算ケース数は全部で9であり、Case-01は対策なしのケース、Case-02は分水路パッケージのみのケース、Case-1はCase-02に最下流のSungai Sendokのショートカットを加えたケース、Case-2はCase-1に下流から2番目のBelemangショートカットを加えたケース、Case-3はCase-2に3番目のTg. Olakのショートカットを加えたケース、以下同様である。下流側からショートカットを加えた理由は、河川工事は下流側から実施すべきであるという原則に則ったためである。

表 6.4.3に経済分析の結果を示す。経済分析については、洪水被害の軽減額による便益と提案したプロジェクトの事業費に基づき、経済的指標である費用便益比(B/C)、純現在価値(NPV = B-C)および経済的內部収益率(EIRR)が、表 6.5.1に示した工事实施スケジュールを踏まえて算定された。

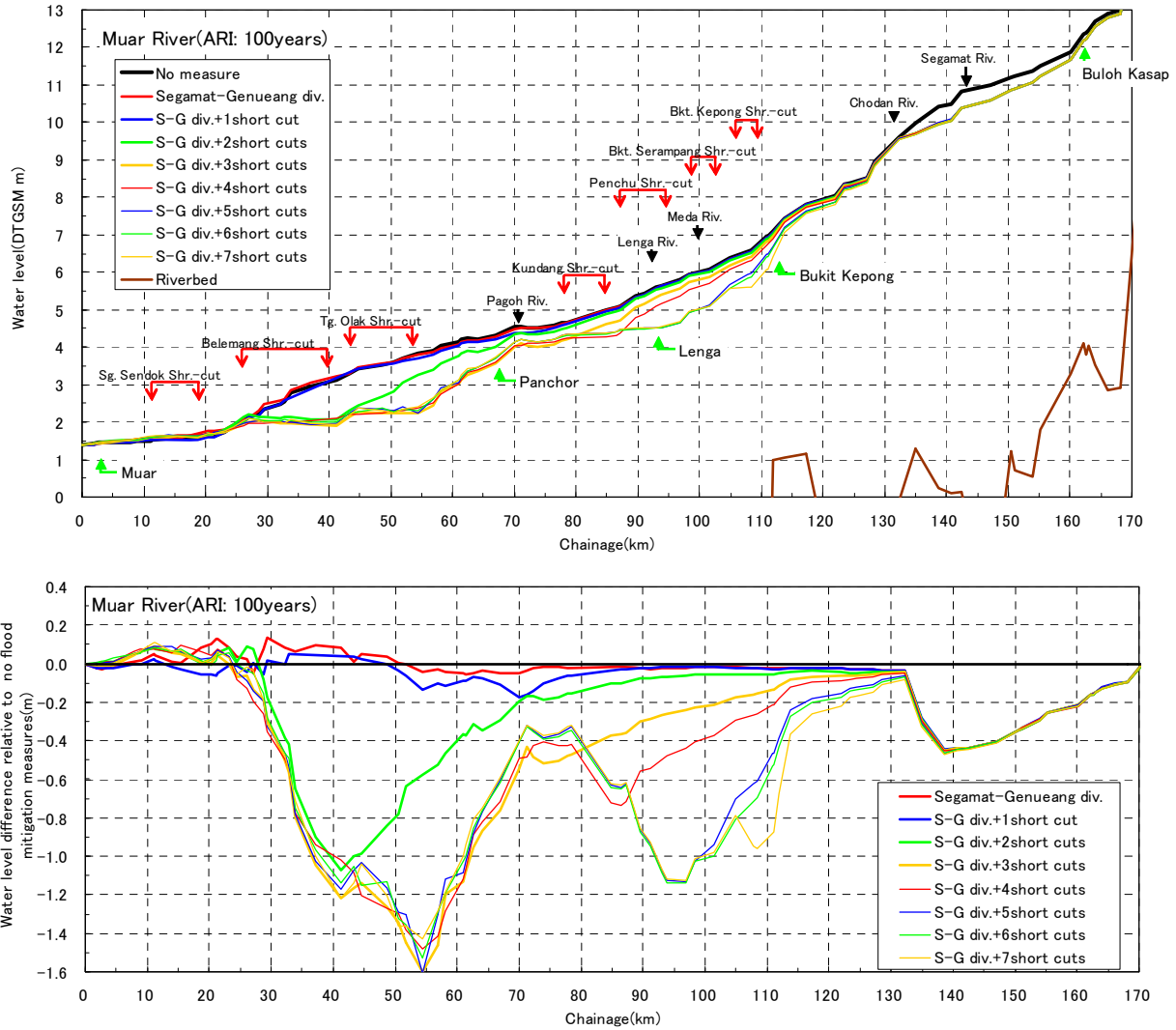


図 6.4.3 100年確率洪水時の水位計算結果

表 6.4.3 氾濫シミュレーション結果と経済分析の結果

Case	River Water Level of 100-year ARI Flood						Cost (10 ⁶ RM)	NPV (10 ⁶ RM) Benefit/year (10 ⁶ RM/year)	EIRR /C	B/CB-C (10 ⁶ RM)
	Bandar Segamat	Bukit Kepong	Lenga	Panchor	Kg. Belemang	Muar				
011. Without measures Diversion + River improvement of Genuang and Chodan	12.06	6.95	5.59	4.31	2.32	1.45	n/a	n/a	n/a	n/a
02. Diversion + River improvement of Genuang and Chodan	10.72	6.92	5.57	4.26	2.47	1.42	178	n/a	n/a	n/a
12. 021+ Sungai Sendok Short-cut	10.72	6.92	5.57	4.20	2.35	1.42	223	9	10.5%	1.05
23. 12+ Belemang Short-cut	10.72	6.89	5.52	4.02	2.15	1.46	306	12	10.5%	1.05
34. 23+ Tg. Olak Short-cut	10.72	6.81	5.33	3.55	2.04	1.44	396	1	10.1%	1.01
45. 34+ KundangLiang Batu Short-cut	10.72	6.73	5.10	3.59	1.97	1.46	423	-10	9.6%	0.96
56. 45+ PenchuLenga Sho Short-cut	10.72	6.48	4.52	3.70	2.00	1.45	449	-11	9.6%	0.96
67. 56+ Bukit Serampang Short-cut	10.72	6.42	4.51	3.69	2.04	1.46	454	-11	9.5%	0.96
78. 67+ Bukit Kepong Short-cut	10.72	6.07	4.53	3.72	2.01	1.45	468	-13	9.5%	0.95

Discount rate for estimation of B/C and B-C: is 10 %

(1) 分水路パッケージの負のインパクト

図 6.4.3に見られるように、分水路パッケージによる影響として、10km～50km区間で水位上昇が見られる。最大上昇量は30km地点のKg. Belemang付近の15cmである。

(2) ショートカットの効果

図 6.4.3を見ると、ショートカットが分水路パッケージの負のインパクト（水位上昇）をある程度吸収・緩和していることがうかがえる。表 6.4.4に示すように、ショートカットにより水位上昇が緩和され、また水位上昇区間が短く、また下流へ移動していく様子が理解される。たとえば、cases 2～7では、水位上昇区間が5～25kmまたは27kmとなっている。幸運にも、5～27km区間の部落の地盤高は100年確率水位よりも高いところにあり、少なくとも100年確率洪水までは水位上昇の影響を受けない。したがって、少なくとも最下流の2つのショートカットを建設すれば、分水路パッケージの負のインパクトを最小化できることになる。

表 6.4.4 対象案無しの場合と比較しての水位上昇区間と上昇量（100年確率洪水時）

ケース	対策無しの場合と比較して水位が上昇した区間	最大水位上昇量 (cm)
01. Diversion + River improvement of Genuang and Chodan	10 to 50 km in chainage	15
1. 1+ Sungai Sendok Short-cut	30 to 50 km in chainage	5
2. 2+ Belemang Short-cut	5 to 27 km in chainage	9
3. 3+ Tg. Olak Short-cut	5 to 25 km in chainage	9
3. 4+ Kundang Short-cut	5 to 25 km in chainage	10
5. 5+ Penchu Short-cut	5 to 25 km in chainage	9
6. 6+ Bukit Serampang Short-cut	5 to 25 km in chainage	9
7. 7+ Bukit Kepong Short-cut	5 to 25 km in chainage	11

以上の検討により、ショートカットの水位低下効果は著しいことが判る。7カ所全てのショートカットが実施された場合には、25 km～130 kmの区間において水位が最大1.6m 下がることになる。また、経済分析の結果によれば、全てのケースのB/Cが約1.0となっている。Case 4～7において、若干1.0を下回るが、マレーシア国との協議の結果を考慮すると採用可能と考える。

6.4.3 マスタープラン案（先行調査の中間結果）

先行調査「Rancangan Tebatan Banjir Bagi Lembangan Sungai Muar, Johor」については、2010年6月時点で、ようやくドラフトレポートにマスタープラン案がまとめられた状況である。そのドラフトレポートでは、上述した分水路、ショートカット、遊水池、堤防建設、支川改修、洪水調節ダム、防潮堰等のコンポーネントの組み合わせたマスタープラン案が提案されている。これらの構造物対策は、表 6.4.6に整理したようにステージ1（短期）、ステージ2（中期）、ステージ3（長期）の3段階に分けて実施することが提案されているが、これらの実施工程期間の詳細は不明である。提案された各コンポーネントの実施場所は図 6.4.4に示す通りである。残念ながら、これらの対策の設計規模や、構造物の規模、コスト、経済効果、環境への影響等の詳細な情報は先行調査のドラフトレポートには記述されていない。なお、このドラフトレポートには、表 6.4.5に示す構造物対策を補完する対策が提案されている。

表 6.4.5 構造物対策に関連する対策の提案

分野	内容
河川保全計画	土地利用保全管理
	氾濫原開発の管理
	河岸浸食や土木工事現場からの流出土砂管理
河川回廊管理計画	将来の負の影響を削減する回廊のゾーニング
	河川沿いの植生の回復
	リバーフロントアメニティや景観の改善実施
非構造物対策	洪水ハザードエリアの確認
	洪水予警報システムの改善
	啓発活動

表 6.4.6 マスタープラン案のコンポーネント

段階	対策/事業	効果	対象地域	備考
Stage I (短期)	Segamat 事業	1.2m の水位低下	Segamat	Segamat-Genuang 分水路と河道改修 (Genuang-Chodan)
	下流部バイパス	1.1m の水位低下	Muar 下流部	Belemang および Olak バイパス水路
	遊水池	0.1m から 0.2m の水位低下	Muar 下流部	Tebiang Tinggi および Chodan 周辺
	道路嵩上げ/耐水型施設	洪水被害と氾濫区域の減少	Muar 下流部	-
	短期の全事業	100年確率規模の洪水において影響家屋と氾濫区域がそれぞれ 72%、26% 減少する。		
Stage II (中期)	上流部バイパスと橋梁架設	1.4m の水位低下	Segamat	Kundang Ulu, Penchu, Serampang, および Bt Kepong
	支川改修	0.3m の水位低下	Muar 中流部	Pagoh, Labis, Ring, Meda, Sepang Loi, Merlimau, Jementah, kapeh, Lenga, および Segamat River
Stage III (長期)	2 洪水調節ダムの建設	約 0.3m の水位低下	Muar 中下流部	Kapeh Dam および Palong Dam
	防潮堰	高潮位による氾濫を防ぐ	Muar 下流部	Sendok River

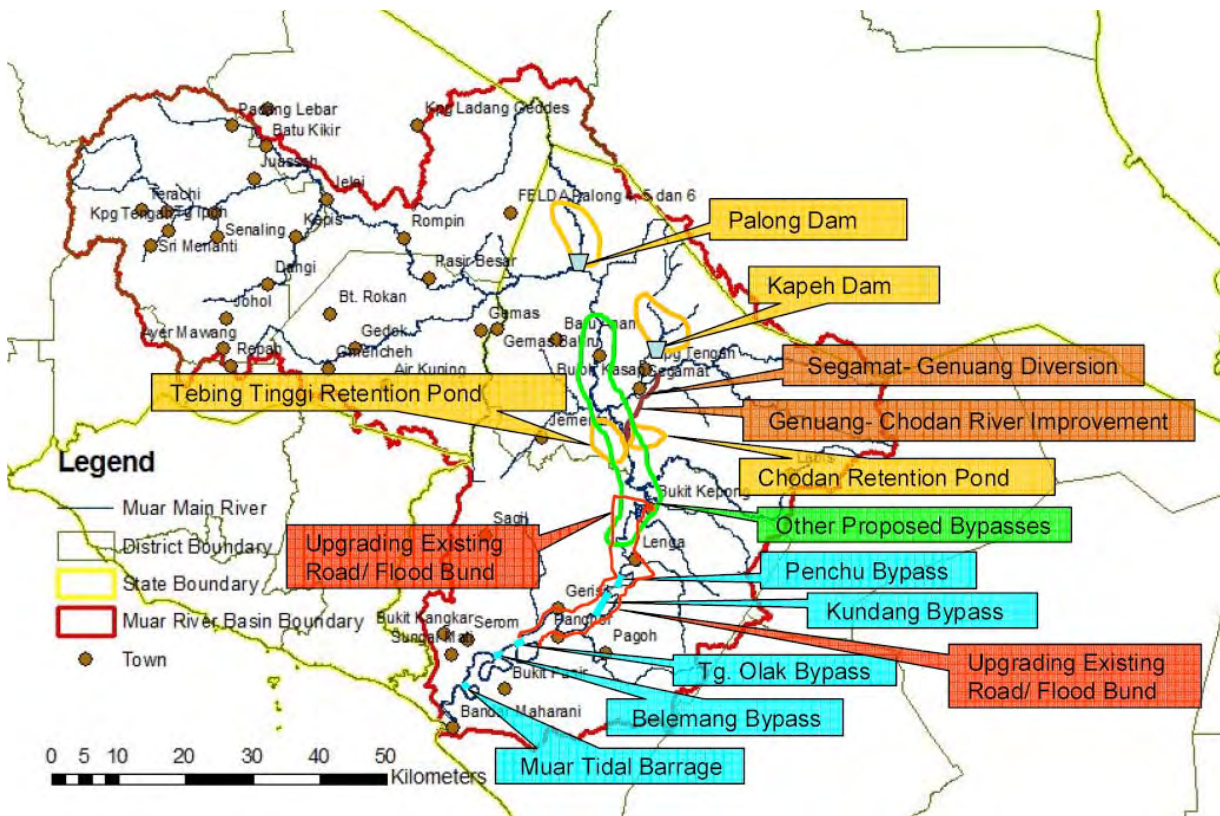


図 6.4.4 マスタープラン案のコンポーネントの導入位置

6.4.4 非構造物対策

6.2.2 で述べたように、ムアール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 6.4.7 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 6.4.7 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 6.4.8 に整理する。

表 6.4.8 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デベロップメント
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> - 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 - 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 - ハザードマップと洪水管理計画が策定できる - 訓練、図上演習等が実施される
概算コスト	1 百万 RM x 5 districts = 5 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 6.4.9 に示す活動が必要である。

表 6.4.9 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"> ● 主要洪水に関するデータ収集 (浸水範囲、水位痕跡調査、他) ● 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 ● 基本となる地形図 ● 避難路と避難センターの確認 ● 洪水ハザードマップ (案) の作成 ● 洪水ハザードマップ作成要領マニュアルの作成 ● 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 ● 洪水ハザードマップの完成 	<ul style="list-style-type: none"> ● DID ● NSC ● DO ● LA
洪水管理計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> ● 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) ● 関係機関の予警報、伝達、連絡システムの確認 ● 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) ● 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 ● 洪水管理計画の策定 	<ul style="list-style-type: none"> ● DID ● NSC ● DO ● LA
訓練並びに演習	<ul style="list-style-type: none"> <訓練> ● 洪水ハザードマップと洪水管理計画に基づく OJT の実施 ● 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 	<ul style="list-style-type: none"> ● DID ● NSC ● DSW

プログラム	活動内容	関連機関
	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング、予警報システムに関する関連組織の強化 <演習> ドリルによる関連機関間の通報伝達、連絡等の調整 避難活動に関する資料の準備（避難ポスター等） シミュレーションドリル、計画書の作成、準備 ハザードマップを利用した避難演習 演習結果のレビュー 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 	<ul style="list-style-type: none"> MMD PWD MRAF RMP MCDD FRD DO LA

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

ムアール川流域は「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（9雨量局、7水位局）は6,140 km²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250km²を考慮すると、表 6.4.10および図 6.4.5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180 km²となる。

表 6.4.10 テレメータ観測局数の増設案

観測所	観測所数	備考
雨量観測所	21 (9)	
水位観測所	13 (7)	全ての水位観測所を、降雨・水位観測所として改修する。
合計	34 (16)	

()内の数字は既存の観測所数を示す。

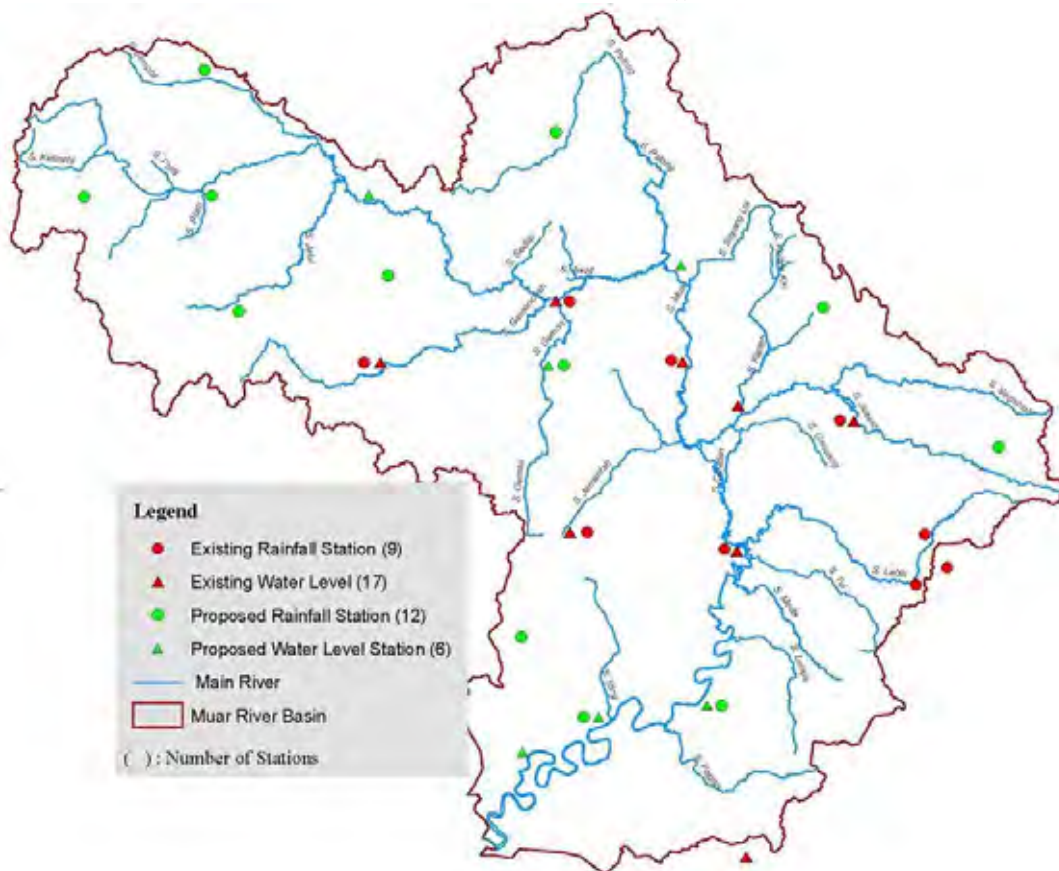


図 6.4.5 テレメータ観測局の増設案(降雨および水位観測所)

また、このプロジェクトの事業費は、表 6.4.11 に示すように約10.9百万RMと見積もられる。

表 6.4.11 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)	21 ユニット	2,940	設置費を含む
2.RTU (水位+雨量)	13	2,470	設置費を含む
3.コントロールセンター	1	1,500	
4.ハードウェア	1 式	140	
5.ソフトウェア	1 式	700	
6.その他開発費	1 式	3,100	
合計		10,850	

備考: 単価は Klang Valley Project を参考にして設定している

(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。ムアール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 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分水路パッケージや、道路改善や2つの都市域の防御プロジェクトも、さらに調査が必要ではあるが、加えている。ショートカットについては、下流部へ急激に負の影響を与えないように、2段階に分けて実施するスケジュールになっている。すなわち、最下流部の2カ所を分水路パッケージに合わせて実施し、環境や土砂動態に対するモニタリングを行い、問題がなければ残りの5カ所を実施する。

先行調査「Rancangan Tebatan Banjir Bagi Lembangan Sungai Muar, Johor」は現在も継続実施中であるため、先行調査で提案された全ての対策コンポーネントを、本準備調査における IFM 計画に盛り込むことはできない。調査団は、本準備調査による調査団の提案を考慮して、DID がムアール川のマスタープランを仕上げることを推奨する。

表 6.5.1 IFM 計画の実施スケジュール案

対策	プロジェクト	費用 (10 ⁶ RM)	第10次MP		第11次MP	第12次MP
			2011	2015	2020	2025
構造物	Segamat-Genuang 分水路およびGenuang・Chodan河川改修	178	■			
	Sungai Sendok ショートカット	45	■			
	Belemang ショートカット	83	■			
	Olak ショートカット	90			■	
	Kundang ショートカット	27				■
	Penchu ショートカット	26				■
	Bkt. Serampang ショートカット	5				■
	Bkt. Kepong ショートカット	14				■
	道路のRoad Upgrading	n/a		■	■	
	Labis Town洪水緩和プロジェクト	n/a			■	
	Gemas Town洪水緩和プロジェクト	62*		■		
非構造物	洪水管理のキャパシティデベロップメント	5	■			
	洪水予警報システムプロジェクト	11			■	
	気候変動のモニタリングと予測の更新	1		■		■
	合計	547	373		32	142

*: フィージビリティ調査での積算結果

IFM 計画実施に係わる総事業費は 547 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 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 182 百万 RM であり、これは、表 6.2.2 に示す第 9 次国家開発計画においてムアール川流域の洪水緩和対策のために分配された予算(72 百万 RM)の約 2.5 倍にあたる。

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、流域管理員会の関与が重要である。とくに、両州には UPEN が議長を務める Task Force があり、このメンバーにいくつかの地方政府機関が含まれることから、Task Force の調整機能が期待される。

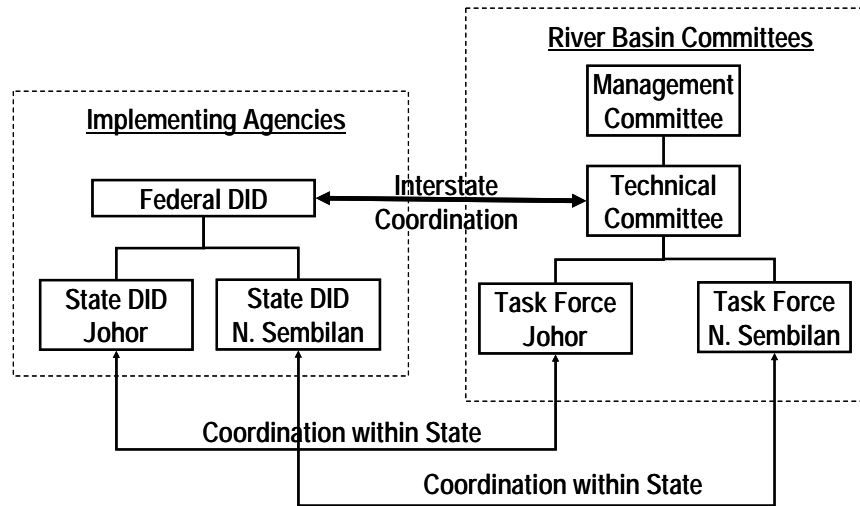


図 6.5.1 実施体制

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、初期的環境調査の対象となる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 ムアール川流域想定洪水緩和策

	事業/対策	対策内容
I	捷水路 (Sg. Sendok, Belemang, Tg. Olak, Kundang, PENCHU, Bkt. Serampang and Bkt. Kepong)	捷水路建設
II	Labis および Gemas Towns 洪水緩和事業	輪中堤建設

6.6.1 初期環境影響調査 (IEE) の必要性

初期環境影響調査(IEE)はプロジェクトの計画の初期段階で実施する必要がある、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”に明記されている。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

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、プロジェクトの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 マレーシア国の環境カテゴリ分類

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しか及ばず、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か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) カテゴリ分類とその理由

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。

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	捷水路 (Sg. Sendok, Belemang, Tg. Olak, Kundang, Penchu, Bkt. Serampang and Bkt. Kepong)	B	捷水路建設	数は少ないものの住民移転を伴う。また、自然環境と汚染の面でいくつかの影響が考えられる。
II	Labis および Gemas Towns 洪水緩和プロジェクト	B	輪中堤建設	自然環境と汚染の面でいくつかの影響が考えられる。

表 6.6.5 ムアール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	ムアール川			
		I	II		
社会環境					
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	プロジェクトIのショートカットのうち、ベレマングとクンダングショートカットに関しては、住民移転が必要である。しかしながら、最大で10軒程度の移転である。プロジェクトIIに関しては住民移転の必要性が必要かどうかについては現況では不明である。
4	雇用や生計手段等の地域経済	C	C	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	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	B	C	ショートカットの建設により町が二分される場合には、社会構造への影響が考えられる。
7	既存の社会インフラや社会サービス	B	B	C	ショートカットの建設により町が二分される場合には、社会インフラに影響が発生し、既存インフラの移転が必要になるものと考えられる。
8	貧困層・先住民・少数民族	C	D	C	先住民が居住しているかどうか、この影響を評価する上で重要である。プロジェクトIIに近傍に先住民が居住しているかどうかは、今のところ不明である。
9	被害と便益の偏在	B	B	C	住民移転により影響がでるかもしれない。
10	文化遺産	C	D	C	プロジェクトサイトIの近傍には文化遺産はない。プロジェクトサイトIIの近傍の文化遺産の有無については未確定
11	地域内の利害対立	D	D	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	C	D	ショートカットの建設は、既存の水利用と水利権に影響を与えることが考えられる。
13	公衆衛生	B	B	D	既存の集落にショートカットを建設することは、既存の公衆衛生システムに影響を与えるかもしれない。
14	HIV/AIDS等の感染症	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	-
16	子供の権利Rights of children	D	D	D	-
自然環境					
17	地形・地質的特徴	B	B	C	地形の人口変化が発生する。
18	土壌浸食	B	B	B	土工に伴う土壌浸食が考えられる。新規ショートカット、輪中堤の建設後の土壌浸食に関しては、適切な表面保護により緩和する必要がある。
19	地下水	C	C	D	ショートカットの建設は、地下水低下の引き金になるものと考えられる。ただし、ショートカット近傍で地下水利用をしているところは確認されていない。
20	水文	B	B	B	正の影響が考えられる。水文の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	-
22	動物・生態系	B	B	B	ショートカットの建設による流路の変更は、既存の植物、動物と生物多様性に影響を与えるものと考えられる。しかし、自然の植生は限定されている。
23	気象学	D	D	D	-
24	景観	B	B	B	町域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	-
汚染					
26	大気汚染	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	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	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	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・振動	B	B	B	建設中の重機の使用による多少の騒音と振動の発生が考えられる。
31	地盤沈下	D	D	D	-
32	悪臭	D	D	D	-
33	低質	B	B	D	ショートカットの建設と建設後の使用は低質の攪乱の引き金となるものと考えられる。しかしながら、低質の品質の低下を引き起こすような要因はない。輪中堤の建設は低質の攪乱には影響がない。
34	事故	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: ムアール川下流 ショートカット
II: ムアール川 ラビス町、ゲマス町 輪中堤

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

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について、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協議した。

JICA 調査団は、ムアール川下流部の二箇所のショートカット案をフィージビリティ調査の対象プロジェクトとして提案した。提案の理由は、その高い効果と Segamat-Genuang Diversion Project の影響を緩和する対策としての必要性である。しかしながら、DID が実施している先行調査「Rancangan Tebatan Banjir Bagi Lembangan Sungai Muar, Johor」にそれらのプロジェクトが盛り込まれ、現在特に関係者の間で協議中であることから、調査団は先行調査においてプロジェクトが提案されていない地域におけるプロジェクトの実施に焦点をあててほしいとの要請があった。この結果、Gemal 洪水緩和プロジェクト(Negeri Sembilan State の Gemal と Johor State の Gemal Baru) が以下の理由から対象プロジェクトとして選定された。

- Gemal 地区は 2006 年洪水によって重大な被害を被った。
- Gemal の都市部/居住区が 2 州にまたがって広がっている（対象地域は、Negeri Sembilan State の Tampin District 側の Gemal Town と Johor State の Segamat District 側の Gemal Baru に分かれている）。そのため、このプロジェクトは 2 州に利益をもたらし、IRMB のサンプルとしても良い。
- Gemal 地区は、マレー半島の鉄道輸送にとって地理的に重要な位置にある。Gemal 駅は、東海岸線の末端部にあるとともに、西海岸線とのジャンクションになっている。また、Gemal から Seremban（Negeri Sembilan State の州都）間については、路線の電化および複線化の工事が「Electrified Double Track Project from Seremban to Gemal (SGEDT)」事業のもと 2008 年から 4 年間の事業期間で実施されているところである。今後、Gemal 地区については、このプロジェクトにより、その重要性が増加すると考えられる。

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	内容	構造物/非構造物
ムアール川下流部洪水緩和プロジェクト	輪中堤、排水ポンプ、バイパス水路等による Gemal 地区(Negeri Sembilan State の Gemal と Johor State の Gemal Baru)の洪水防御対策	構造物対策
	キャパシティアップメント、洪水予警報システム、土地利用管理、地域社会による洪水管理等を含む構造物対策を補完するための非構造物対策	非構造物対策

第7章 GEMAS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、①Gemasa 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。以下にフィージビリティ調査の対象である Gemasa 洪水緩和事業の内容を要約する。

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、ムアール川流域のフィージビリティ調査の対象地域として Gemasa Town (図 7.1.1 参照) が選択された。Segamat District と Tampin District の両 District をまたいだ Gemasa Town においては、人口と資産が集中しており (Gemasa 川を行政境界として、Gemasa Town は Tampin District と Segamat District の二つに分けられる)、将来の鉄道・道路システムの拡張に伴う発展が期待されている。

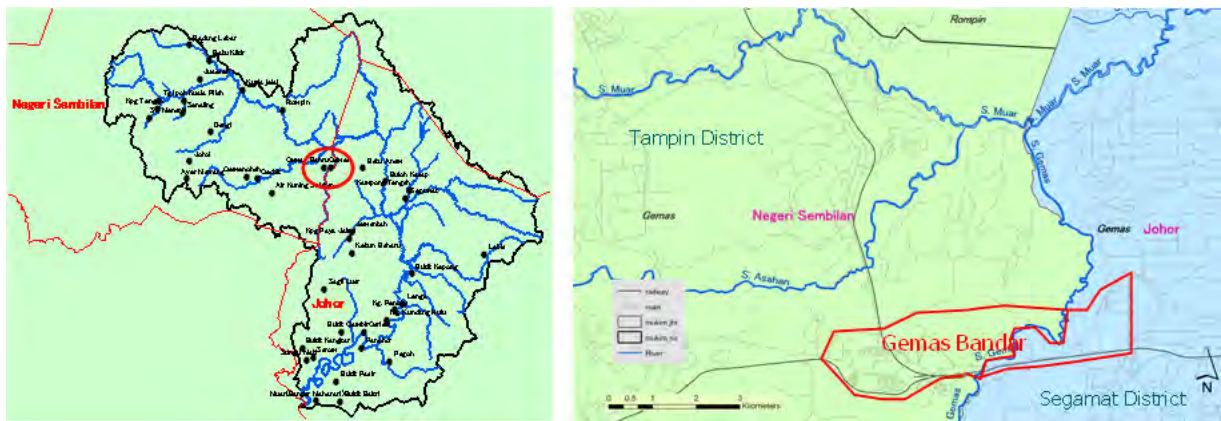


図 7.1.1 対象地域の位置

7.1.2 洪水緩和事業の目的と対策

Gemasa 洪水緩和事業は、構造物対策と非構造物対策が含まれる。JICA 調査団は、①Gemasa 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内容を整理する。

表 7.1.1 対象地域のフィージビリティ調査の内容

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、調整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、洪水予警報システムの強化、洪水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

対象地域Gemas Townの近辺には気象観測所が設置されていないため、ここでは、気象について流域全体の気象情報からGemas地域の気象について大よそ把握する。ムアール川流域の気象観測所の気象データによると、この地域は、11月から12月が最も降水量が大きく、6月から7月にかけて降水量が最小となる傾向にある。さらに、最大および最小日平均気温は、それぞれ摂氏32-33度および22.5-23.5度の範囲でそれほど変化しない傾向にある。また、相対湿度は年間を通じて80%から90%の間で緩やかに変化している。気象観所の観測記録については、表7.2.1に整理する通りである。

表 7.2.1 気候特性

項目	特性
平均日最大気温	32.0 °C - 33.0 °C
平均日最小気温	22.5 °C - 23.5 °C
平均相対湿度	86.5 % (Lower Basin) - 94 % (Upper Basin)
平均年降水量(mm)	1,600 mm (Upper Basin) – 2,200 mm (Lower Basin)
平均降水日数	150 days (Negeri Sembilan side), 190 days (Johor side)

(2) 地形

Gemas Townは、図7.2.1に示すように東西方向に走る主要道路(Route 1)とマラリアン鉄道 (KTM) 沿いに発達した町であり、標高約23m以上のエリアに居住区が存在する。Gemas川はGemas Townの南方から入り、鉄道橋を抜けて北東方向へと向かい最終的には8km下流でMuar Riverと合流する。Gemas川の周辺は低平地が広がっているが、低平地の幅は、鉄道橋より下流側の幅が上流側の幅の2倍になっている。なお、黒い線で縁取られたエリアは、50年確率規模の洪水で氾濫する可能性のある標高28m以下のエリアである。

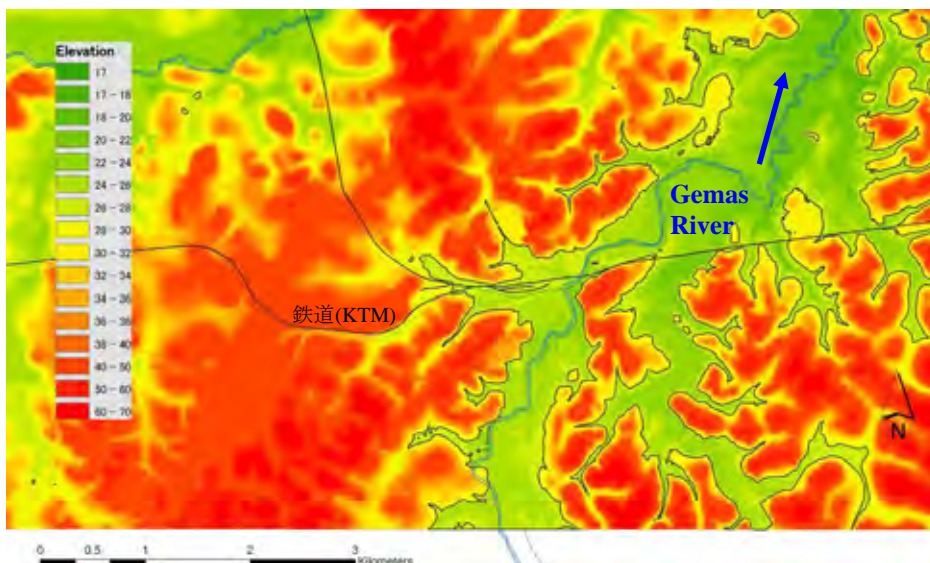


図 7.2.1 対象地域の地形図

(3) 河道特性

Gemas川は、Gemas Townを南方から北東に向けて流れ、さらに8km下流でムアール川に合流する。Gemas Townは、Gemas川の氾濫により、1971年、1984年、2007年に比較的大きな洪水被害を受けている。DID Districtのスタッフによると、Gemas川の河川勾配は非常に緩やかであるため、Gemas川の水位は、ムアールの水位の影響を受けやすい状況にある。Gemas川の河道特性については、表 7.2.2に整理する通りである。

表 7.2.2 Gemas 川の河道特性

項目	河道特性
流域面積	242 km ²
河川延長	35 km
河川幅	15m ~ 30m
河川勾配	1/2,000 (Gemas Town 近傍)
2007年洪水の水位	About 28 m (50 year flood)

7.2.2 社会経済状況

(1) 行政区域と対象地域の状況

Gemas Townはムアール川の中央に位置し、Gemas川によって二つのDistrict(Gemas川を境にして西側がNegeri Sembilan 州のTampin District、東側がJohor 州のSegamat District)に分けられる。Gemas Townの位置とDistrictやStateの行政区域については、図 7.2.2に整理する通りである。



図 7.2.2 Gemas Town およびその他の行政区域

(2) 公共施設(道路と鉄道)

首都Kuala Lumpurから続き主要都市Tampin Townと主要都市Johor Baruを北西-南東の方向で結ぶ主要道路(Route 1)は、Gemas Townの市街地を通り、マラリアン鉄道(KTM)の線路は、Gemas Townの南部境界になっている。また、JPBDが発行した“Draft Local Plan in 2020, Tampin District”および“Draft Local Plan in 2020, Segamat District”によると、Gemas Townの北部境界近くにGemasバイパス道路の敷設を予定している。Gemasバイパスの東西両端はともにRoute 1に接続され、市街地の渋滞を緩和するものと思われる。

Gemas Townの中央部に位置するマラリアン鉄道(KTM)のGemas駅は、東部海岸鉄道から西部海岸鉄道へと繋がる重要な分岐点である。2009年の乗客数は約77,000人、収入はRM1.5百万であった。現在、マレーシア国政府は、既存路線システムの改善を進めており、2008年1月から4ヵ年計画で“Electrified Double Track project from Seremban to Gemas (SGEDT)”事業を実施している。この事業のもと、2010年5月現在では、路線の複線化と電化がGemas駅周辺にて実施されていた。ちなみに、この事業が完成すると、時速140kmのスピードで列車の運行が可能となり、距離約98kmの路線が整備されることになる。

(3) 土地利用

現況のGemas Townの土地利用の割合については表 7.2.3に整理するとおりである。

表 7.2.3 現況土地利用

Category	Area (km2)	%
居住区	0.75	12.2
ビジネスエリア	0.13	2.2
工業地区	0.11	1.8
Institution and Community Facility	0.49	7.9
公共施設	0.11	1.8
オープンスペース	0.10	1.6
空き地	1.67	27.1
農業地区	1.49	24.1
Water Body	0.18	2.9
道路	1.15	18.6
合計	6.17	100.0

(4) 人口

Gemas Townに限った人口及び家屋数に関する統計書類が入手できなかったため、2008年に撮影された衛星画像（調査団購入）を使用して家屋数を数えたところ、3,800戸の家屋が確認された。JICA調査団は、統計書から得たファミリーサイズ(Negeri SembilanとJohor州の都市部で1家屋あたり平均3.5人)と家屋数からGemas Townの人口を約12,600人と算定した。残念ながら、調査団は、市販されている統計資料や統計局からの情報をもってしてもGemas Townの人口に関する正確な情報を得ることはできなかった。

7.2.3 既往洪水

Gemas Townの既往洪水に関する情報は非常に限られており、経年的な洪水履歴を整理できるほどの情報は存在しない。特にSegamat District側のGemas Baru地区の洪水に関する情報は、近年の2006年洪水についてさえも、フィージビリティ調査段階においては殆ど得られなかった。そのため、調査団は、2006年の洪水被害状況を把握するために、現地聞き取り調査（2010年4月上旬）および資産評価調査（7.5参照）を実施し、DID Tampinの職員への聞き取り調査結果も踏まえ、2006年洪水において浸水したエリアを図 7.2.3のように特定した。なお、現地聞き取り調査およびDID Tampinによると、2006年洪水時には、Gemas Townの氾濫水の水位は標高にして27m～28m（浸水深にして2m～3m）に達し、浸水は1から2週間続いた。

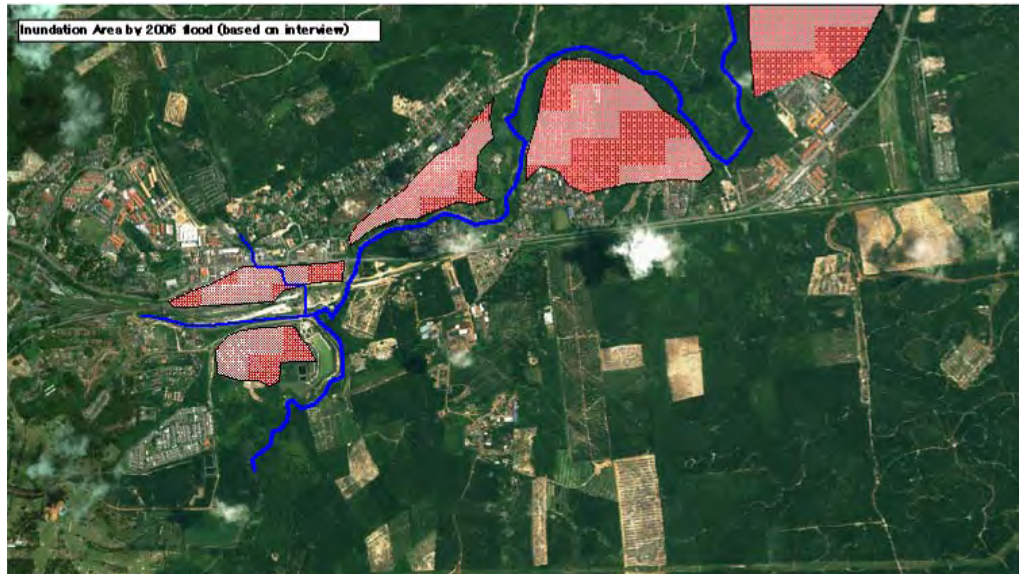


図 7.2.3 2006 年洪水氾濫エリア

Flood Report (2006, Tampin)の内容に基付いて、2006年12月洪水の様子を下記に整理する。

(1) Tampin District における 2006 年洪水の様子

Tampin districtは、2006年12月18日から3日間絶え間の無い降雨にさらされ、Mukim Keru、Mukim Gemenchek、Mukim Air KuningおよびMukim Gemasにおいて洪水氾濫被害が発生した。洪水の規模は、過去20年で最大といわれていた1984年洪水を上回り、各地で河川水の氾濫が発生した。特に、Keru River、Gemenchek River、Air Kuning River、Gemias RiverおよびMuar Riverの氾濫は、Mukimの様々な箇所ですみ水深を急激に増加させた。

(2) Gemas Mukim における 2006 年洪水の様子

Mukim Gemas内のFelda Sg. Kelamah, Jelai 3 & 4とKampung Londah、Kampung Bangkahulu、Kampung Ladang、Kampung Tiong、Taman Sg. GemasおよびGemas Townが、2006年洪水の被害を受けた。それらの地域には、100エーカー以上の水田事業プロジェクト（Londah Irrigation Scheme）や130エーカー以上のBangkahulu灌漑プロジェクトがあったが、殆ど洪水により破壊された。

同時に、主要道路（Tampin-Gemas道路、Jelaiへ向かう道路、Londah-Pasir Besar 道路、Taman Sg. Gemasへ向かうGemas Town道路、Segamatへ向かうGemas Town道路が遮断され、Gemas川の氾濫は、Taman Sg. Gemasを浸水した。当時のGemas Town (Tampin側のみ)とTaman Sg. Gemasの避難人口は全部で325人であった。

7.3 オルソマップ作成と河川および排水溝横断測量

フィージビリティ調査対象地域である Gemas Town において、①オルソマップ作成および②Gemas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 Gemas 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。Gemass 川の横断測量や支川の成果は、水理水文学解析に活用する。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。

(1) オルソマップの作成

オルソ画像作成のための原画像には、2010年8月に撮影されたGeoEye-1の0.5m解像度カラー衛星画像を使用し、数値標高モデルとしては、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を参照のこと)。

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1m間隔のLIDAR（Light Detection and Ranging）データにより作成した。一般的にはIFSARデータの高さの最良精度は約0.5m、LIDARデータの最良精度は約10cmと考えられる。

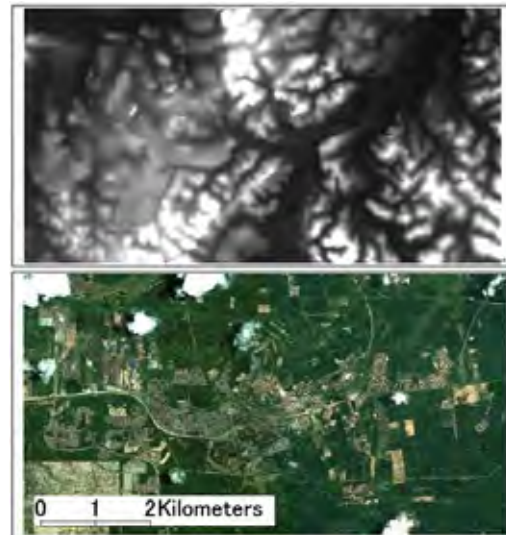


図 7.3.1 IFSAR データ(上) およオルソ画像(下)

しかし、検証点を31点ずつ設定して2箇所を検証テストを行ったところ、このIFSARとLIDARデータは、リアルタイムキネマティック（Real Time Kinematic）法GPS（Global Positioning System、全地球測位システム）による標高値（水平精度：0.5cm+1ppm、垂直精度：1cm+2ppm）と比べて、それぞれ、+1.26m（平均）および-1.21m（1箇所のみ）の誤差を示した。そのため、この誤差量でIFSARとLIDAR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RTK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、水準測量点およびLIDAR DTMを図 7.3.2に示す。

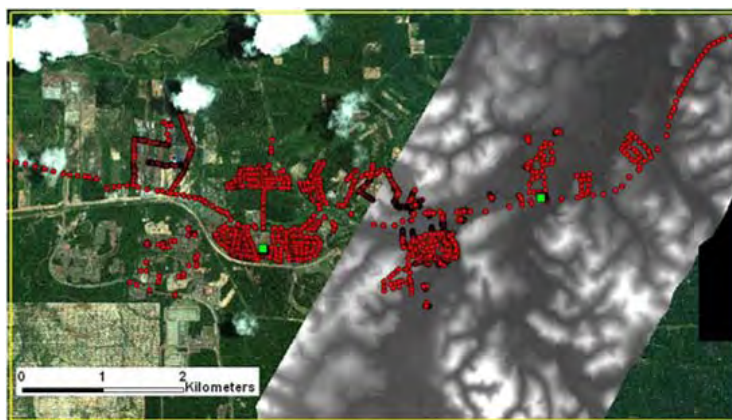


図 7.3.2 2箇所の検証テストサイト（緑）、水準観測点（赤）およびLIDAR DTM（灰色）

IFSARデータ、LIDARデータおよび河川横断測量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、手動にて細かいエラーを編集し、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手出し、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 7.3.3 オルソマップの一部

(2) 河川および排水溝横断測量

Gemas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 横断面位置 (左図、Gemas 川：黄色、支流と排水溝：赤) と測量成果のサンプル (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"> 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 巻尺、測量ポール、EDM (Electronic Distance Meter)、オートレベル トータルステーション測量システム

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

7.4.1 調査の目的

地質調査はムアール川流域のGemás地区に対するF/S調査を行うにあたり地質構成とその土質特質を把握する目的でボーリング調査と室内土質試験を実施したものである。詳細な調査結果についてはサポーターデータブックの地質調査編に記載されている。

7.4.2 シルト質粘性土の特徴

室内土質試験は、表層からGL.-12.0m程度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実施したものである。シルト質粘性土の特性を表7.4.1及び図7.4.2に示す。

表 7.4.1 シルト質粘性土の特徴(Temerloh)

項目	unit	GBH1	GBH2	GBH3	GBH4	GBH5	GBH6
含水比	%	13 - 26	9 - 18	7 - 27	21 - 27	21 - 25	13 - 26
単位体積重量	kg/m ³	1.541 - 1.632	1.384 - 1.529	1.378 - 1.793	1.814 - 1.872	1.488 - 1.871	1.279 - 2.000
比重	-	2.62 - 2.64	2.63 - 2.65	2.61 - 2.65	2.61 - 2.62	2.61 - 2.62	2.65
透水係数(K)	cm	2.74x10 ⁻³	2.48x10 ⁻³	4.79x10 ⁻³	3.38x10 ⁻³	4.06x10 ⁻³	4.63x10 ⁻⁴

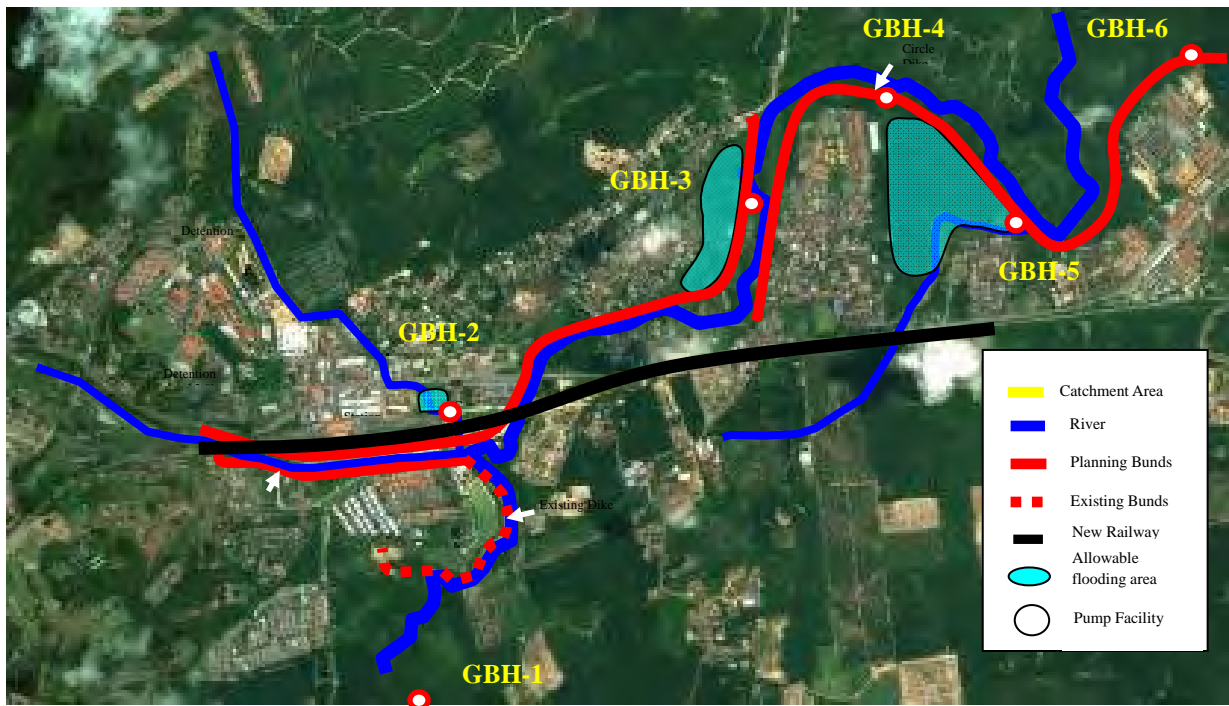


図 7.4.1 ボーリング実施位置

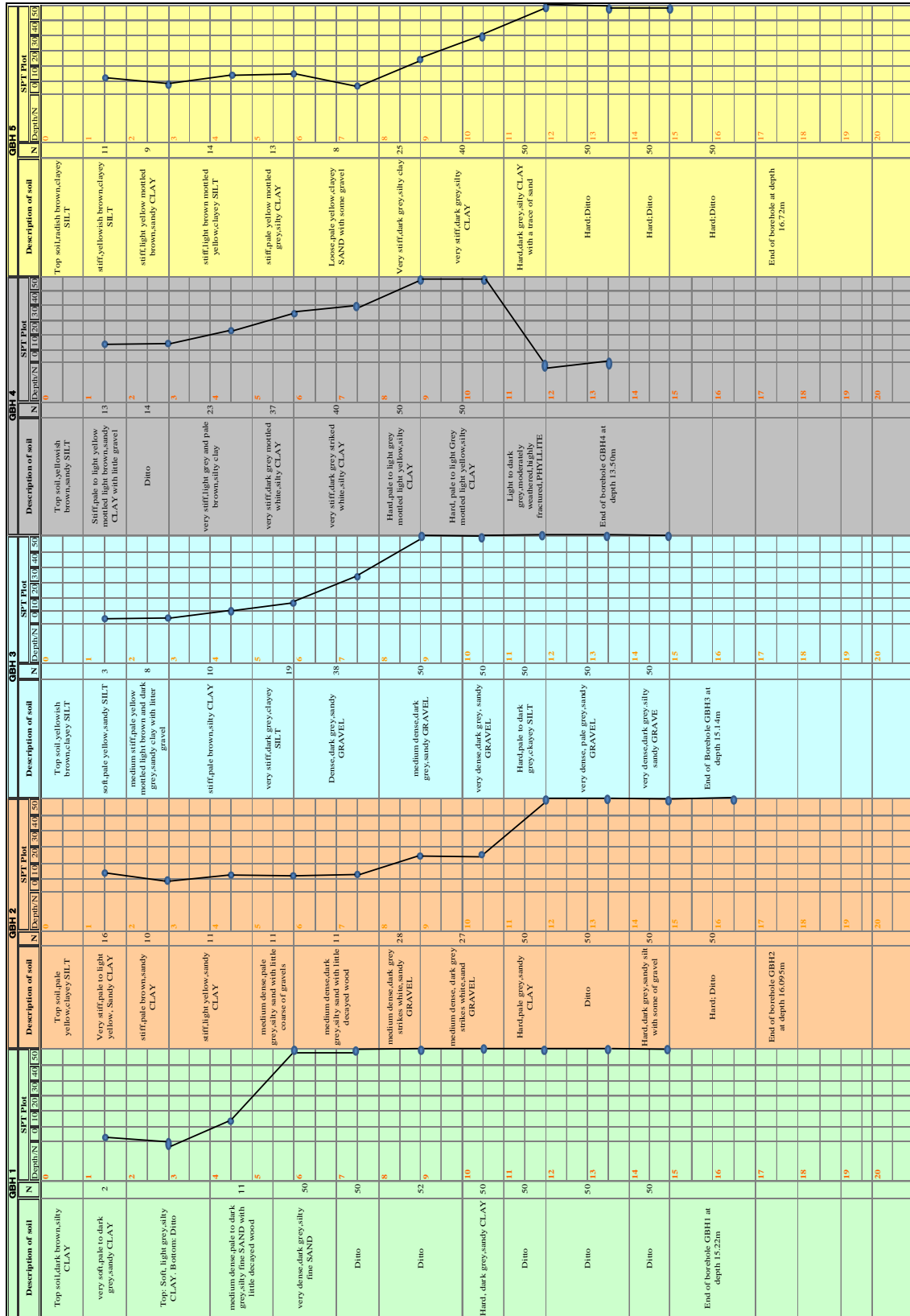


図 7.4.2 ボーリング柱状図

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、Gemastown周辺で2006/2007年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

表 7.5.1 調査対象地域の概要

Basin	District	FS area	Area	Remarks
ムアール川	Tampin District, Segamat District	Gemas Town	標高 27m 以下	2006/2007 年洪水における浸水地域

(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5月3日と4日に実施した。2006年12月洪水浸水地域の中で6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、対象地域を6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111サンプルであり、各調査区において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

表 7.5.2 調査対象者と調査項目

調査対象者	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	Household Asset	Shop Building	Shop Asset	Shop Stock
サンプル数	48	105	50	28	28
最大	RM 150,000.00	RM 270,295.00	RM 400,000.00	RM 240,000.00	RM 600,000.00
最小	RM 1,000.00	RM 2,250.00	RM 1,000.00	RM 2,000.00	RM 0.00
平均	RM 26,583.33	RM 54,594.63	RM 44,609.38	RM 45,232.14	RM 47,791.43

7.6 水理・水文解析

7.6.1 氾濫シミュレーション

フィージビリティ調査では、対象地域である Gemas 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、ムアール川の Gemas River 合流地点水位が Gemas Town 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3日雨量データを用い、降雨の生起確率の算出を行った。

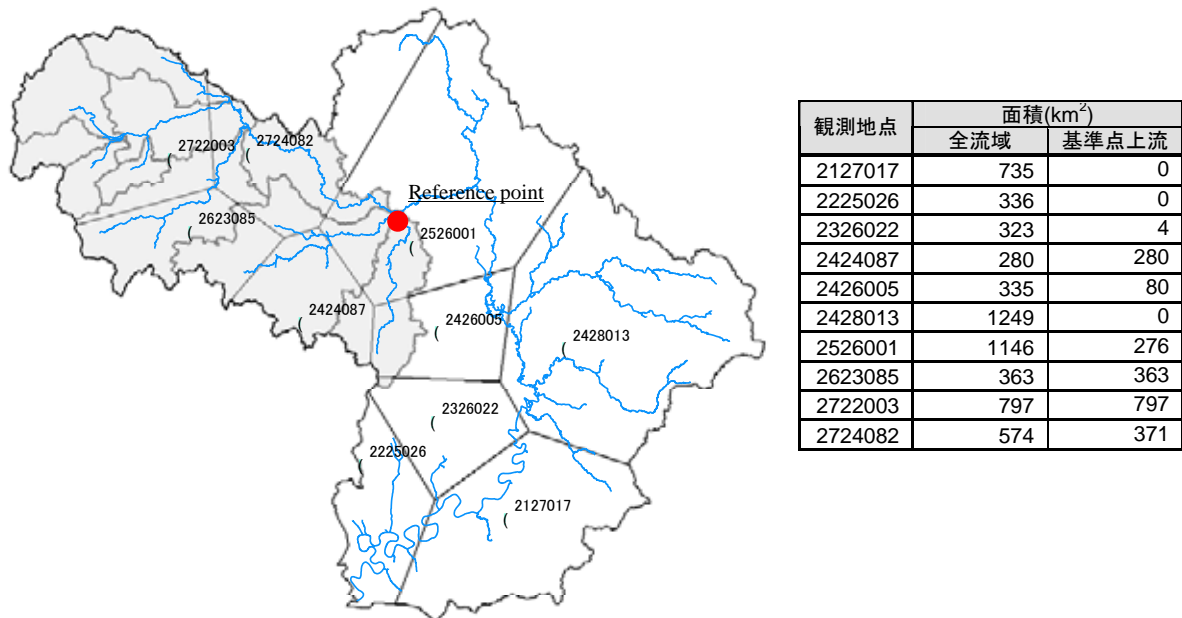


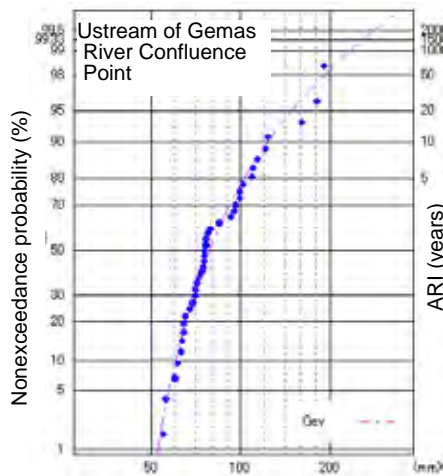
図 7.6.1 ティーセン分割と各観測地点の支配面積

表 7.6.1 3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	
	年最大雨量	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	58.2	1.1	56.0	1.04	1988	92.1	2	75.8	1.8
1969	159.6	1.6	72.4	1.6	1989	125.2	4	74.8	1.8
1970	242.1	33	182.0	41	1990	83.3	1.7	67.3	1.5
1971	100.9	3	76.5	1.9	1991	108.1	3	70.4	1.5
1972	83.2	1.7	99.0	4	1992	153.1	8	85.0	3
1973	55.7	1.08	95.4	4	1993	64.6	1.4	68.8	1.6
1974	58.8	1.1	60.9	1.1	1994	95.7	2	59.8	1.1
1975	56.3	1.09	54.6	1.03	1995	113.6	3	101.3	5
1976	74.5	1.6	75.1	1.8	1996	Not Available			
1977	82.5	1.7	63.9	1.4	1997	54.9	1.07	63.7	1.4
1978	85.8	1.8	74.0	1.7	1998	75.2	1.7	121.6	9
1979	86.9	1.9	75.9	1.8	1999	86.7	1.9	96.3	4
1980	59.7	1.2	110.2	6	2000	63.1	1.2	99.9	5
1981	49.4	1.03	76.8	1.9	2001	123.1	4	75.1	1.8
1982	80.6	1.6	64.6	1.4	2002	148.9	7	109.6	6
1983	175.0	12	123.2	10	2003	114.8	4	70.0	1.7
1984	91.1	2	92.5	3	2004	74.7	1.6	64.0	1.4
1985	207.2	20	161.3	26	2005	87.4	1.9	70.9	1.5
1986	106.5	3	106.5	1.2	2006	306.9	71	191.9	50
1987	93.2	2	93.2	2	2007	134.2	5	113.6	7

* 水文年: 7月から次の年の6月まで

確率規模別の3日雨量は図 7.6.2に示すとおりである。



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

確率規模(年)	3日雨量(mm)
200	283.0
150	260.9
100	232.7
80	218.7
50	191.9
30	166.8
20	149.3
10	123.8
5	102.5
2	78.3

図 7.6.2 基準点上流の確率規模別 3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Gemas Townの洪水状況をより詳細に予測することを目的として、Gemas Riverモデルを構築することとする。本モデルは、第4章で構築したムアール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。

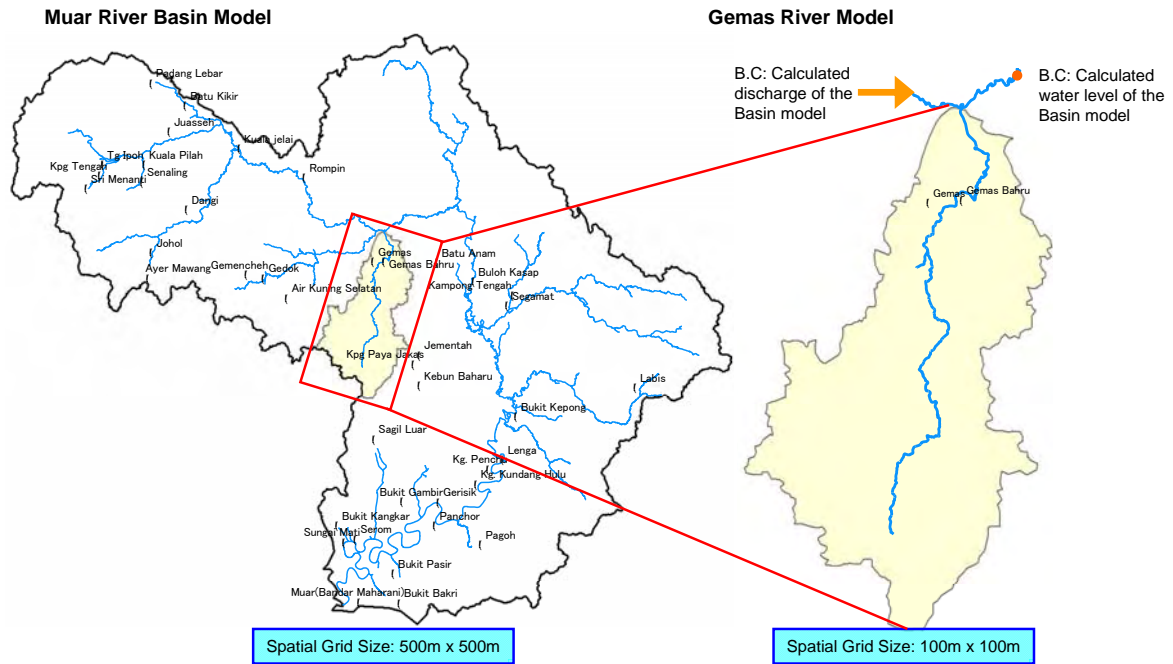


図 7.6.3 ムアール川流域と Gemas River モデルの関係

洪水予測には、過去40年間で最大の洪水であった2006年洪水の降雨パターンを用いることとする。

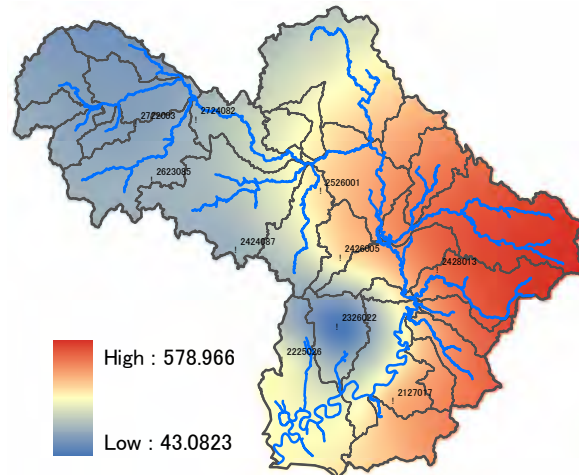


図 7.6.4 2006年12月洪水における降雨分布

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	30	50	100	
3 days rainfall(mm)	78.3	102.5	123.8	149.3	166.8	191.9	232.7	-
Enlargement Ratio	0.41	0.53	0.65	0.78	0.87	1.00	1.21	191.9(Dec. 2006)

表 7.6.3 モデルパラメータ

流出モデル	流域面積 (km ²)	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)	
	242	20	0.002	浸透域 (%)	65.9 (95.9)	0.1	30.0	0.4
				不浸透域 (%)	34.1 (4.1)				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、Gemas Townにおける2006年12月洪水の実績および計算氾濫域を比較することによって行った。

図 7.6.5は聞き取り調査から作成した住居地域の氾濫域と氾濫計算結果の比較である。計算では、聞き取り調査によって明らかになった氾濫域を含むように氾濫域が再現されており、両者は概ね一致しているといえる。

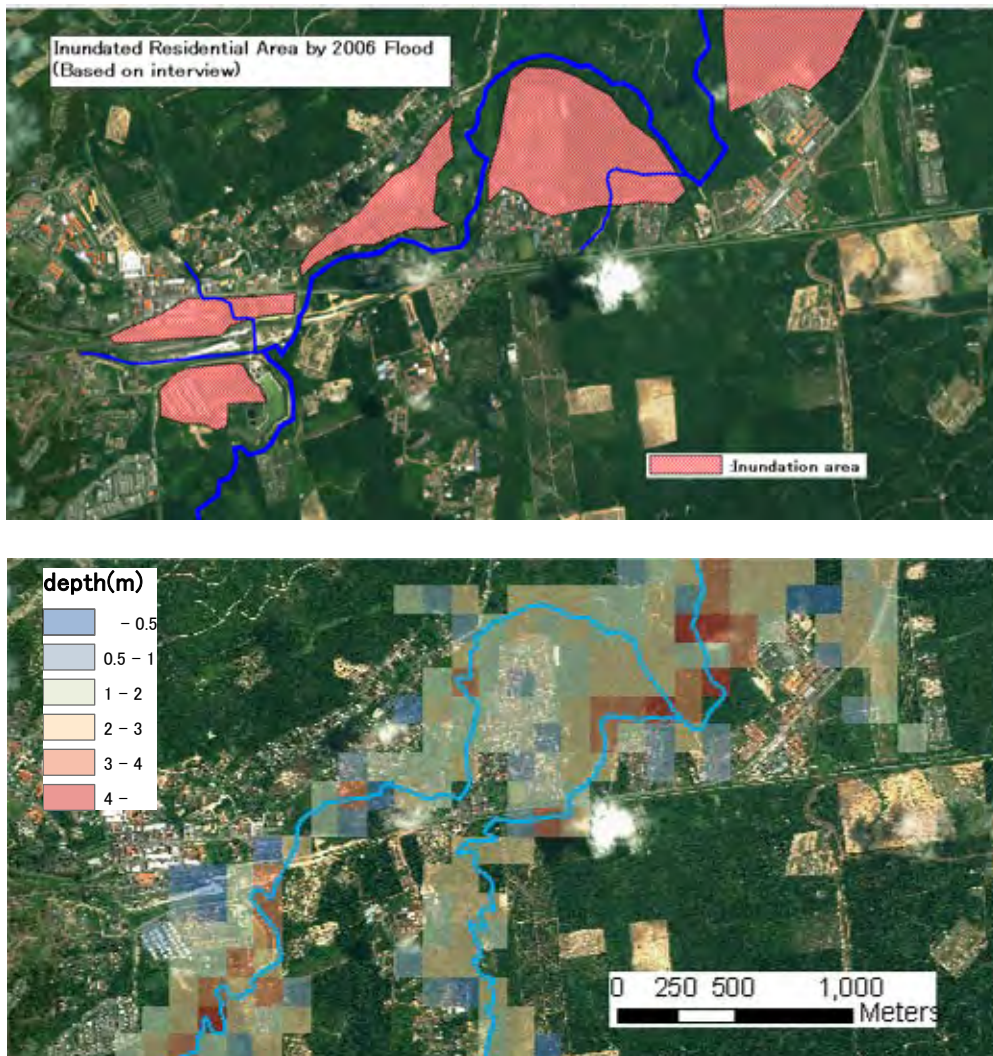


図 7.6.5 氾濫域の比較によるモデル検証結果
(上：聞き取り調査に基づいた氾濫域、下：計算結果)

(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、堤防とバイパス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. 堤防とバイパス水路	2025	バイパス水路の建設と堤防の組み合わせ

代替案1



代替案2

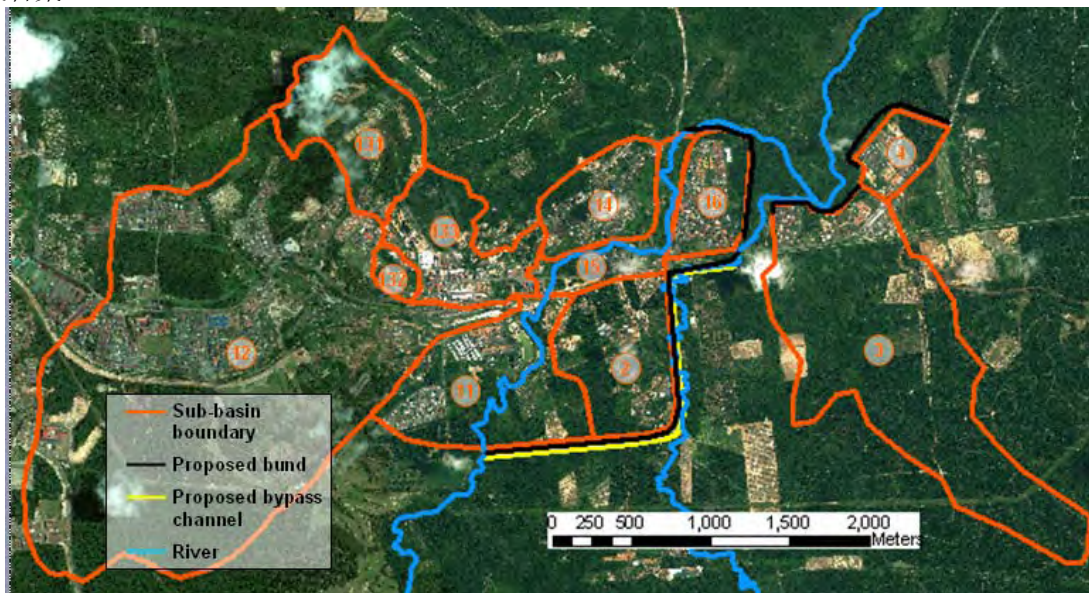


図 7.6.6 構造物対策位置図

現在、Gemas周辺では鉄道の改良工事が行われており、それに伴って架橋部周辺の河道の拡幅工事が行われていることから、当該シミュレーションでは河道の将来形状を考慮することとする。河道形状を図 7.6.7 にしめす。

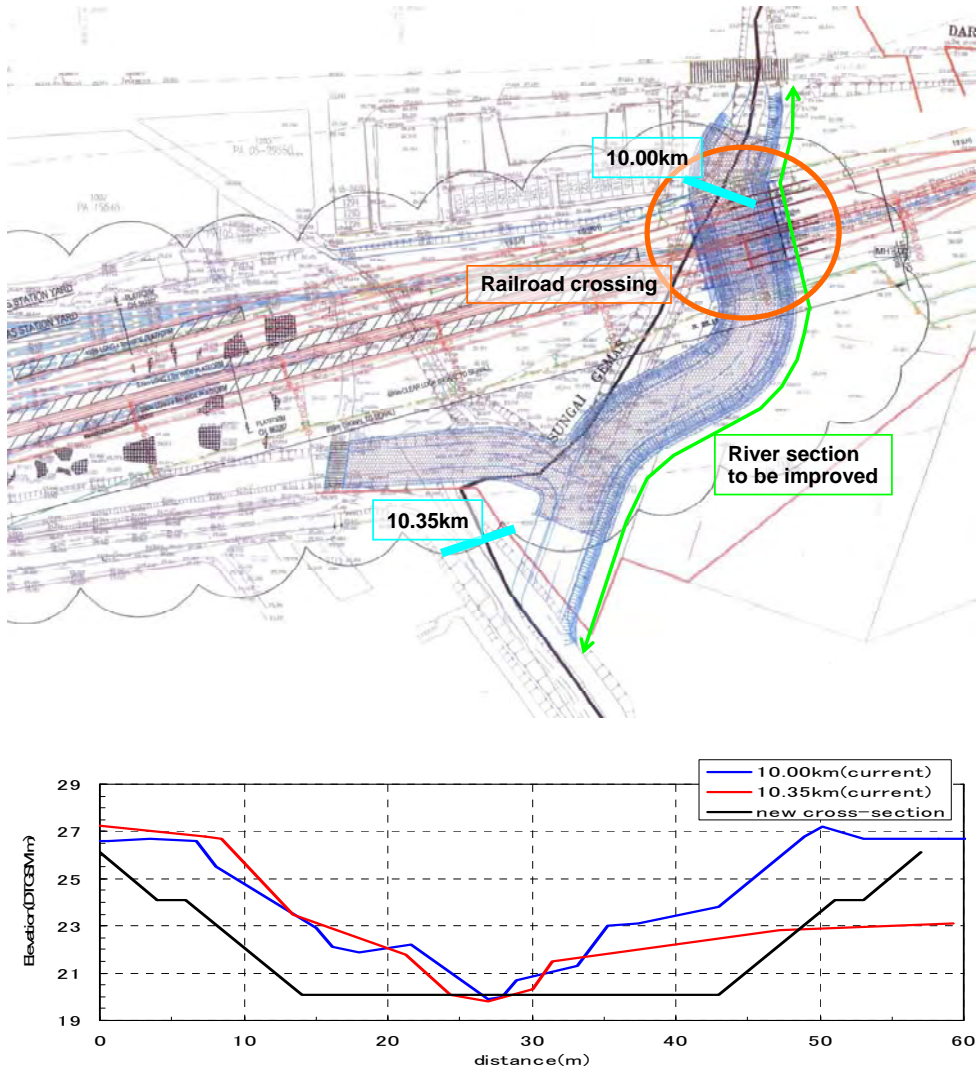


図 7.6.7 現況および、拡幅後の河道

(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、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、バイパス水路を建設した場合には、Gemas 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 Gemas 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*
0.00km	21.78	21.78	21.78	21.20	21.20	21.22	20.52	20.50	20.51
2.00km	23.25	23.28	23.31	22.68	22.70	22.73	21.95	21.96	22.01
4.00km	24.76	24.80	24.84	24.18	24.20	24.25	23.47	23.49	23.55
7.84 km	25.29	25.32	-	24.81	24.82	-	24.28	24.29	-
8.23 km	25.57	25.87	-	25.11	25.36	-	24.59	24.74	-
8.68 km	25.71	26.05	-	25.26	25.54	-	24.73	24.90	-
9.09 km	26.04	26.40	-	25.57	25.88	-	25.02	25.20	-
9.49 km	26.20	26.58	-	25.72	26.04	-	25.16	25.34	-
9.89 km	26.49	26.81	-	25.98	26.25	-	25.37	25.52	-
10.00 km	26.51	26.83	-	26.00	26.26	-	25.38	25.53	-
10.35 km	26.60	26.90	-	26.07	26.32	-	25.45	25.59	-
10.68 km	26.98	27.47	-	26.45	26.79	-	25.82	25.96	-
10.95 km	27.22	27.93	-	26.68	27.20	-	26.06	26.33	-
11.55 km	27.67	28.30	-	27.14	27.68	-	26.44	26.67	-
11.82 km	27.82	28.40	27.53	27.30	27.74	26.80	26.58	26.79	27.53

* Numbers correspond to those in 表7.6.4

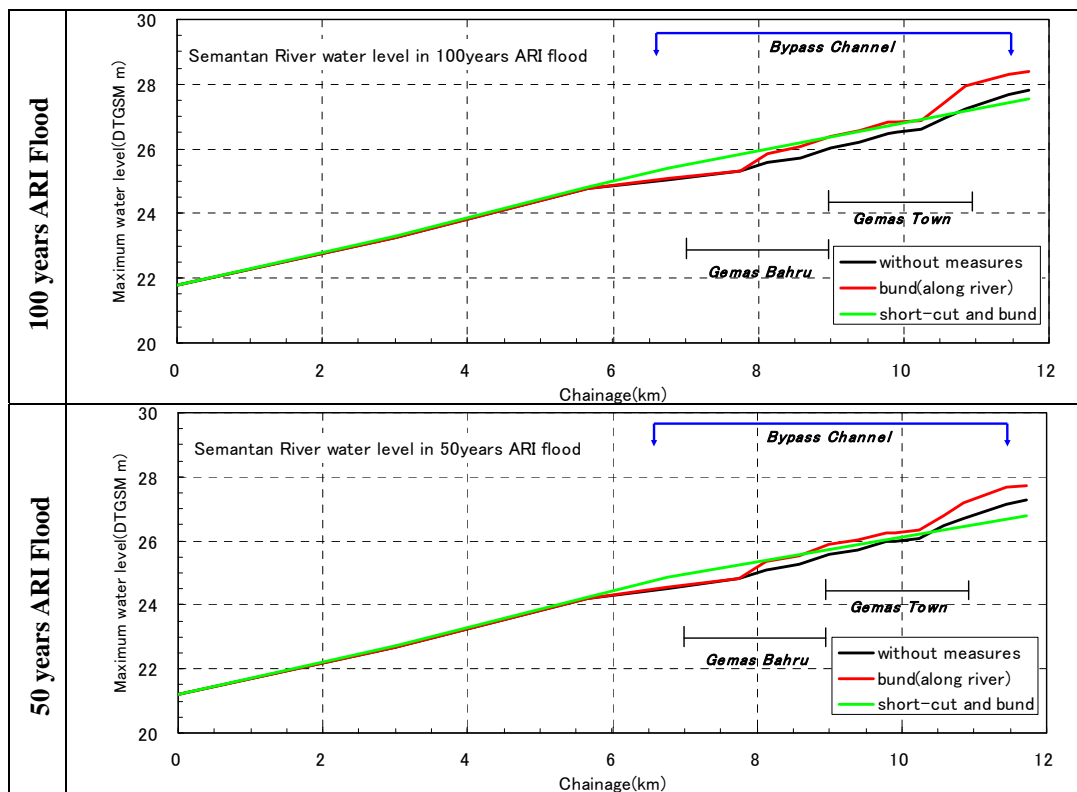
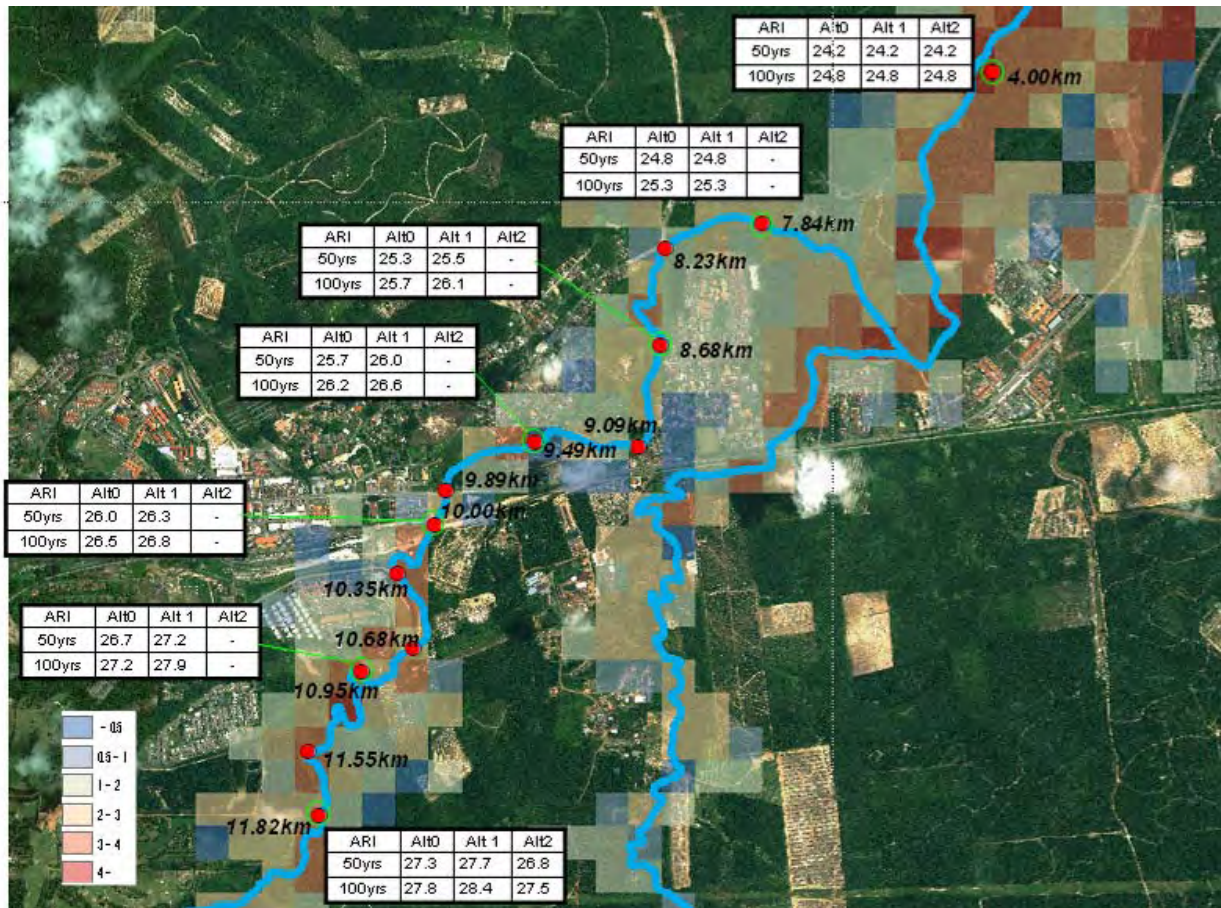


図 7.6.8 各種計算ケース下における河川水位計算結果



Numbers indicate river water level(DTGSM m)

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、聞き取りの結果から得られた2006年12月洪水におけるGemastown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、対象地域に最も近いSegamat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(No.2526001)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。

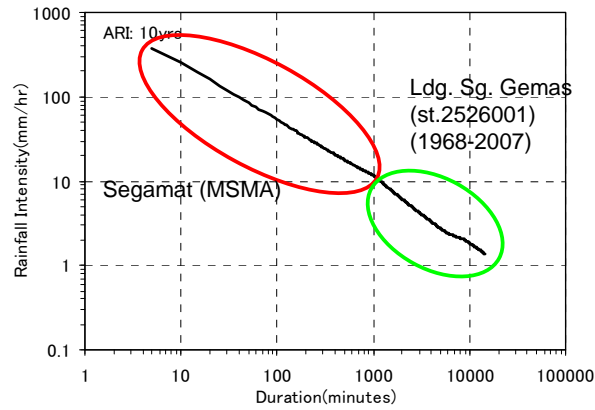


図 7.6.10 降雨継続時間-降雨強度曲線

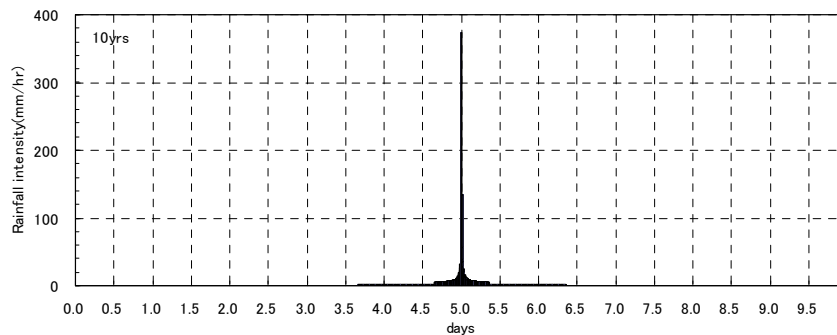


図 7.6.11 計画降雨波形

(2) 小流域とその特性

代替案1、代替案2では図 7.6.6、図 7.6.12に示すように、それぞれ、対象域を7つあるいは11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 は表面流下距離(m)、 n 粗度係数、 S は勾配(%)である。

水路内流下時間

$$t_{ch} = \frac{L}{60V}$$

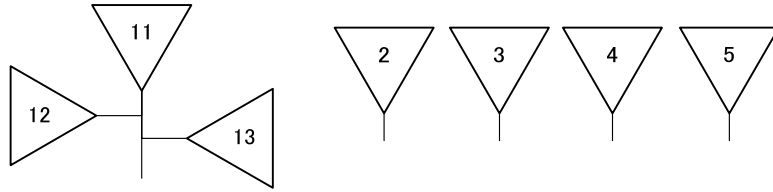
ここに t_{ch} 水路内流下時間(分)、 L は水路距離(m)、 V は流速(m/s)。水路内の流速には既往検討を参考に1.5m/sを用いた。

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(km²)、 S は勾配 (m/km)である。

代替案1



代替案2

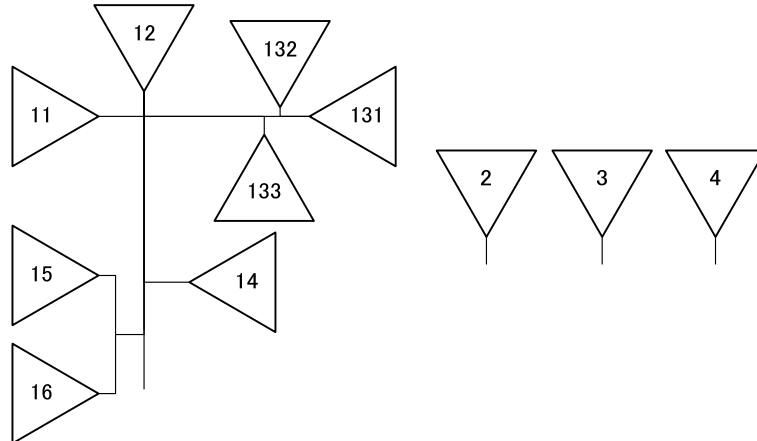


図 7.6.12 内水流出モデル模式図

表 7.6.6 流域特性

代替案1

流域 番号	面積 (km ²)	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 (分)	水路流 下時間 (分)	流達時間(分)
	A	-	L	L _o	S	n	t _o	t _{ch}	t _c
11	0.63	5	1000	-	0.0300	-	-	-	31
12	0.07	57	200	150	0.0250	0.02	8	2	10
13	0.52	54	1000	260	0.0050	0.02	19	11	30
2	0.41	56	600	342	0.0250	0.02	9	7	16
3	0.37	51	800	231	0.0063	0.02	17	9	26
4	1.93	4	2700	-	0.0130	-	-	-	89
5	0.19	42	500	190	0.0100	0.02	12	6	18

代替案2

流域 番号	面積 (km ²)	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 (分)	水路流 下時間 (分)	流達時間(分)
	A	-	L	L _o	S	n	t _o	t _{ch}	t _c
11	0.86	20	1200	-	0.0125	-	-	-	43
12	4.75	20	4000	-	0.0088	-	-	-	130
131	0.63	5	1000	-	0.0300	-	-	-	31
132	0.07	57	200	150	0.0250	0.02	8	2	10
133	0.52	54	1000	260	0.0050	0.02	19	11	30
14	0.41	56	600	342	0.0250	0.02	9	7	16
15	0.4	20	1200	-	0.0125	-	-	-	46
16	0.32	59	800	200	0.0063	0.02	16	9	25
2	0.62	11	900	-	0.0167	-	-	-	31
3	1.93	4	2700	-	0.0130	-	-	-	89
4	0.19	42	500	190	0.0100	0.02	12	6	18

(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($mm/時$)、 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。

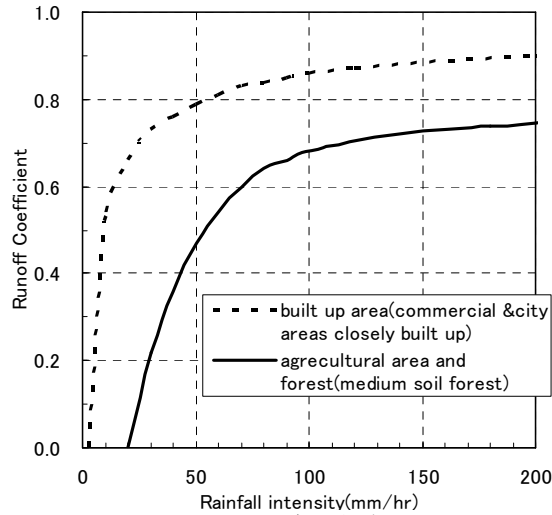


図 7.6.13 流出係数

(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。

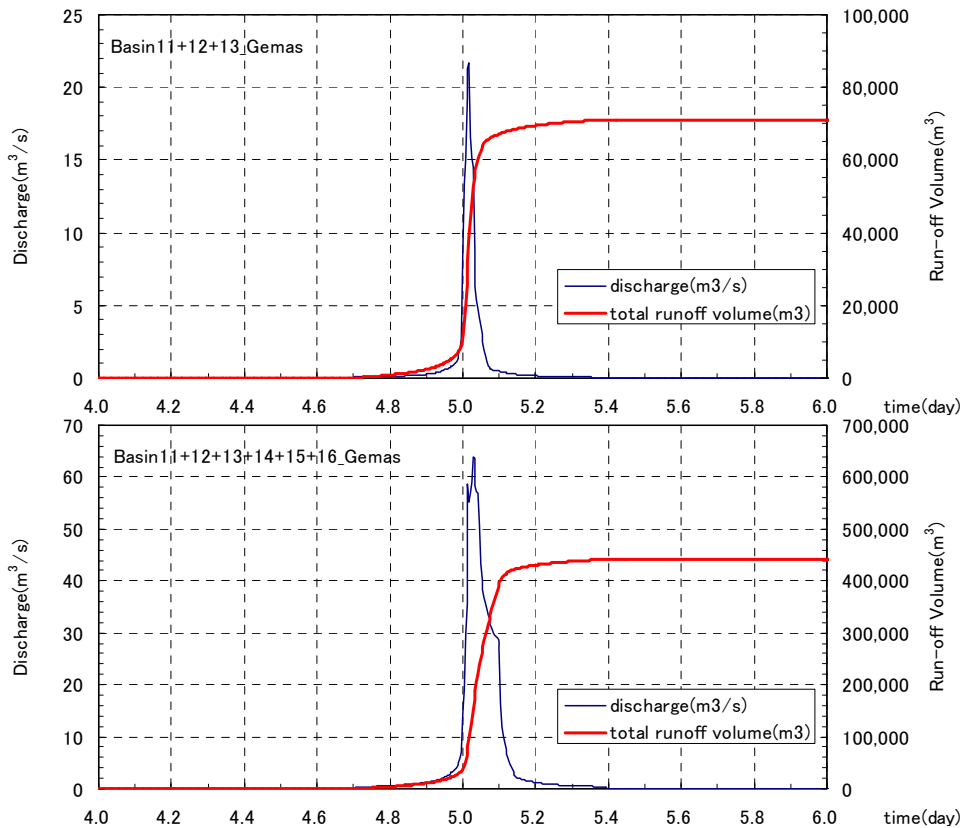


図 7.6.14 内水流出波形の例
(上：代替案1、下：代替案2)

表 7.6.7 最大流量と総流出量

代替案1			代替案2		
小流域	最大流量 (m ³ /s)	総流出量 (1000m ³)	小流域	最大流量 (m ³ /s)	総流出量 (1000m ³)
11	11.2	26.7	11	12.3	45.0
12	3.5	5.4	12	28.0	248.5
13	11.6	38.8	13	131	26.7
Total (11+12+13)	21.7	70.9		132	5.4
				133	38.8
				Total	70.9
2	15.0	31.1	14	15.0	31.1
3	9.3	26.9	15	5.7	20.9
4	14.4	80.7	16	8.3	24.9
5	5.3	12.7	Total (11+12+13+ 14+15+16)		441.4
			2	11.3	28.8
			3	14.4	80.7
			4	5.3	12.7

7.7 構造物対策の概略設計

7.7.1 設計条件

洪水氾濫シミュレーション結果や過去の洪水状況等の調査結果から、F/S調査においては、Gemás川沿いに点在するGemás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。Gemásにおける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。設計洪水（規模）の設定の経緯については、8章に記述する。

- 外水対策：50年確率洪水
- 内水対策：10年確率洪水

(2) 設計洪水水位

Gemas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（詳細は図7.7.1を参照）に示す。氾濫シミュレーションにおいてはムアール川との合流点水位EL. 21.20mを最下流の境界条件を設定した。Gemás川の対象区間における50年確率洪水の高水位は概ねEL. 24.53m ~ 26.25mであり、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ため概ねEL. 25.13m~26.85mとなる。

表 7.7.1 設計水位（50年確率規模）

場所	水位 (1/50)	堤防高
Gemas 市街部	24.53 - 26.25	25.13 - 26.85

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)
Gmas00000	0.00	21.199	21.780			21.80
Gmas00200	3.00	22.699	23.277	2,000		23.30
Gmas00400	5.65	24.199	24.798	1,767		24.80
Comp.-CS	6.77	24.533	25.076	3,349	3,349	25.13
Gemas00780	7.74	24.823	25.317	3,349		25.42
Gemas00820	8.13	25.359	25.865	728		25.96
Gemas00870	8.58	25.542	26.051	2,459		26.14
Gemas00910	8.99	25.883	26.400	1,202		26.48
Gemas00950	9.39	26.042	26.583	2,516		26.64
Gemas00990	9.79	26.252	26.811	1,905		26.85
Gemas01000	9.90	26.258	26.827	18,333	1,815	26.86
Gemas01040	10.25	26.317	26.897	5,932		26.92
Gemas01070	10.58	26.788	27.470	701		27.39
Gemas01100	10.85	27.204	27.928	649		27.80
Gemas01160	11.45	27.683	28.299	1,253		28.28
Gemas01180	11.72	27.739	28.395	4,821	1,229	28.34

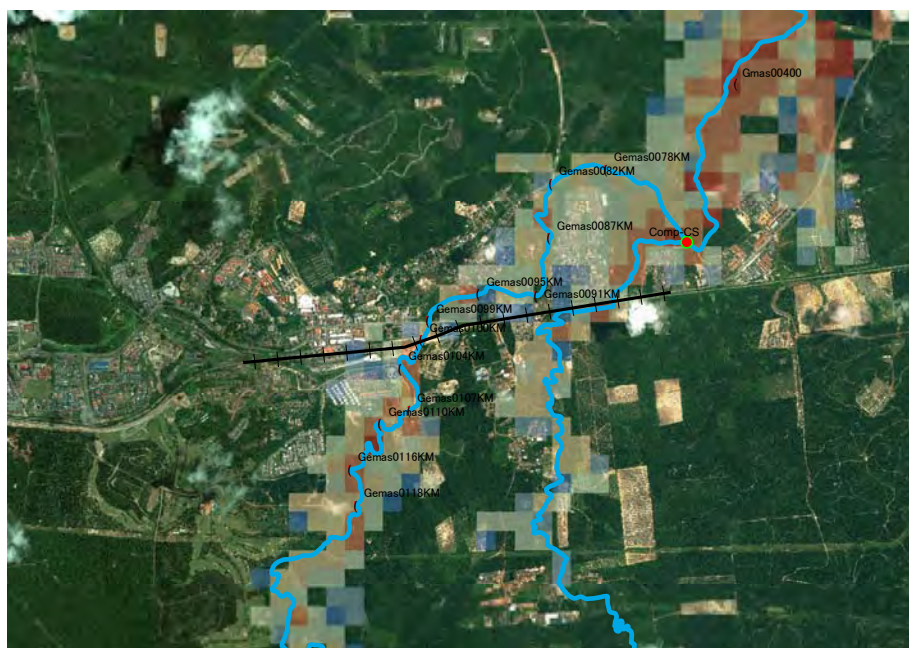
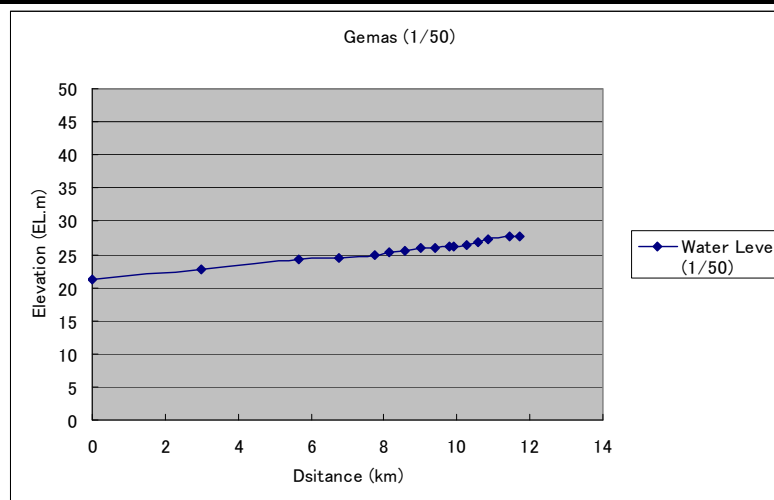


図 7.7.1 対象地域における設計水位

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 Gemas 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 Gemas 川からの洪水氾濫から対象区域を保護することを目的とし、内水対策は堤防により囲まれた Gemas 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

Flood	Facilities	Purpose
外水	堤防	外水洪水の防御
	ショートカット水路	Gemas 市街部の迂回
内水	許容湛水域	内水氾濫を防御するための洪水貯留
	調節池	内水洪水の貯留及びポンプ施設容量の低減
	ポンプ場	内水を Gemas 川へ強制排水する
	樋門・樋管	Gemas 川水位が堤内地の地盤高より低いときの自然排水
	河川ゲート	河川流量の分流を調節する

(1) 堤防

(a) 堤防形状

Gemas川の洪水が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。

堤防高は最大4m程度、堤防天端幅はマレーシアの標準設計に準拠して5.0m、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対して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
堤防天端幅	5.0 m
堤防法面勾配	川表 1:3.0, 川裏 1:3.0
余裕高	0.6 m

(b) 河川区域 (River Reserve)

DIDマニュアルでは河岸から堤防敷末端まで50mを河川保全区域することとなっている。下図に標準的な堤防設置形状を示す。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30mの洪水敷を確保するように配置した（これにより河川河岸から堤内側堤脚部まで約47mとなる）。

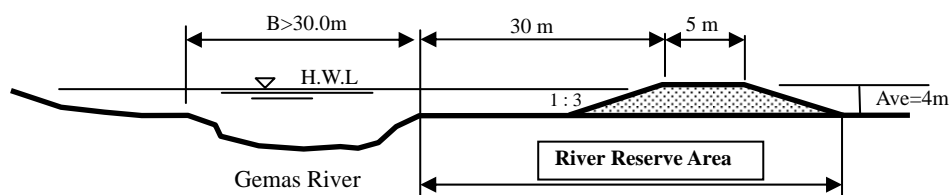


図 7.7.2 堤防の概略図

(2) ショートカット水路

ショートカット水路は代替案2において河川区域が狭小な市街地及び住居区域を迂回するために提案されたものである。ショートカット水路の規模は現況のGemās川の流路規模と同等となるように設計している。下記にショートカット水路の形状を示す。

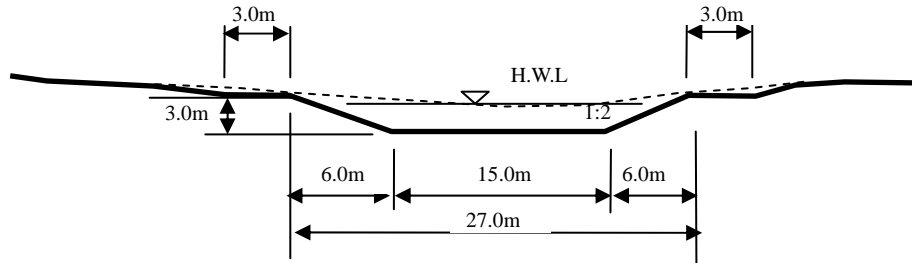


図 7.7.3 ショートカット水路の概略図

(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、この貯流量を減少させることが想定される土地開発を規制する必要がある。

(4) 調節池

調整池は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

Gemas川の洪水は1~2週間程度継続する。一方で内水計画降雨は中央に集中した1日程度の降雨継続時間に全体降雨のほとんどを占めるが、Gemās川の洪水期間に数度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洪水に対応するために24時間以内に排水できる規模とする。

(6) 樋門・樋管

樋門・樋管はGemās川の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・樋管は外水位が堤内地の地盤標高より高くなった場合にゲートにより遮断する。

(7) 河川ゲート

河川ゲートは、Gemās川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。

7.7.3 構造物対策の検討ケース

Gemas川の洪水対策施設の代替案として輪中堤防配置案を代替案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。代替案の配置計画は図8.1.2および図8.1.3に記載されている。

7.7.4 代替案 1

(1) 外水対策

(a) 堤防配置計画

堤防はGemás川からの洪水被害を軽減するための中心的な洪水対策施設であり、調査地域の特性から堤防形式としては輪中堤防とした。堤防配置計画を8.1.2に、堤防延長を表7.7.4に示す。Johor 区域には3,656mの堤防と657mの洪水壁を、Negeri Sembilan 区域には928mの堤防と403mの洪水壁が配置される。

表 7.7.4 堤防の延長

地区	場所	延長	適用
Johor			
	堤防 GB1	852m	EL.27.0m
	堤防 GB2	655m	
	堤防 GB3A	118m	
	堤防 GB3	2,031m	
	洪水壁-1	657m	
小計	堤防	3,656m	
	洪水壁	657m	
Negeri Sembilan			
	堤防 GB4	680m	EL.27.0m
	堤防 GB5	248m	
	洪水壁	403m	
小計	堤防	928m	
	洪水壁	403m	
合計	堤防	4,584m	
	洪水壁	1,060m	
総合計		5,644m	

(b) 河川ゲート

代替案 1 においては、河川ゲートは支川のGemás川からの背水の影響を遮断するために対象地域内のGemás川下流部に合流する支川の末端部に配置される。通常時はゲートは開放されているが、Gemás川の水位が内陸部の地盤高より高くなった場合にはゲートは閉じられる。

表 7.7.5 河川ゲート諸元

場所(堤防名)	名称	諸元
Bund GB3A	RG1	4nos x 3.5m x 5.0m

(2) 内水対策

Gemas川支川の洪水被害を軽減するために内水対策を検討する。内水対策の河川構造物は調節池、ポンプ場、樋門・樋管及び河川ゲートにより構成される。内水洪水は、まず始めに調節池に貯留される。Gemás川の水位が堤内地の地盤高よりも低い場合は内水洪水は樋門・樋管及び河川ゲートを通して自然排水される。Gemás川水位が堤内地地盤高より高くなった場合は、樋門・樋管のゲート、河川ゲートは全て閉じられ、ポンプにより強制排水される。ポンプ規模は内水洪水の流出量を24時間以内に排水できるように計画する。

(a) 許容湛水域及び調整池

表 7.7.6に調整池の規模を示す。Negeri Sembilan 地区に5箇所の調整池、Johor 地区に1箇所の調整池を計画している。

表 7.7.6 調整池の諸元

地区	調整池名称	調整池面積 (ha)	必要容量 (m ³)	計画貯水位 (EL.m)
Negeri Sembilan				
	Pond-1+Pond-2	1.26	22,494m ³	EL.25.0m
	Pond-3	0.80	5,364m ³	EL.30.0m
	Pond-4	3.84	26,745m ³	EL.32.0m
	Pond-5	1.75	31,143m ³	EL.23.5m
Total			85,746m ³	
Johor				
	Pond-6	3.06	24,933m ³	EL.22.5m
Ground Total		10.7	110,679m ³	

(b) 樋門・樋管

Negeri Sembilan 地区と Johor地区に配置される樋門・樋管の一覧を表 7.7.7に示す。

表 7.7.7 樋門・樋管諸元

地区	場所	諸元
Negeri Sembilan	-	-
Johor	SG1(BundnGB1)	2nos x H1.5m x B1.5m
	SG2(Bund GB2)	2nos x H1.5m x B1.5m
	SG3(Bund GB3)	2nos x H1.5m x B1.5m
	SG4(Bund GB4)	2nos x H1.5m x B1.5m

(c) ポンプ場

ポンプの規模は調整池に貯留される10年確率洪水の全流出流量を24時間以内で排水できる規模とする。ポンプ場は、Negeri Sembilan地区のGemasp市街地や駅を保全するために支川の出口に1箇所設置することとした。

表 7.7.8 ポンプ場諸元

地区	流域番号	流域面積 (km ²)	延長 (m)	ピーク流量 (m ³ /s)	流出総量 (m ³)	ポンプ能力 (m ³ /s)
Negeri Sembilan	12	1.31	2,000	14.68	74,655	Pump1 1.0 m ³ /s

7.7.5 代替案 2

(1) 外水対策

(a) 堤防とショートカット水路の配置計画

堤防はGemasp川の下流からの背水の影響を遮断するために設置されるものである。ショートカット水路は、Gemasp市街部及び居住区域を保護するためにGemasp川上流部から東側のJohor 区域を通過して下流に洪水をバイパスするために設置されるものであるが、ショートカット水

路は、Negeri Sembilan 及びJohor両地区の洪水軽減に寄与する。配置計画を8.12に示す。堤防とショートカット水路の規模を表 7.7.9に示す。堤防の全延長は3,742m であり、ショートカット水路延長は2,756mとなる。

表 7.7.9 堤防とショートカット水路の延長

構造物	場所	延長	標高
堤防	堤防 GB1	852m	EL.27.0m
	堤防 GB2	655m	
	堤防 GB3A	118m	
	堤防 GB3	1,517m	
	堤防 GB4	40m	
	堤防 GB5	560m	
総延長		3,742m	
ショートカット水路		2,756m	

(b) 河川ゲート

代替案2の施設配置計画として、Gemas川及び支川に洪水をバイパスすること及び排水を遮断することを目的に設置されている。常時には河川ゲートは開放されているが、Gemas川水位が堤内地の地盤高を上回った場合にはGemas川の河川ゲートは閉鎖され、上流からの洪水はショートカット水路を通して下流に放流される。河川ゲートの規模を表 7.7.10に示す。

表 7.7.10 河川ゲートの諸元

場所	名称	諸元
堤防 GB3A	RG1	4nos x 3.5m x 5.0m
堤防 GB3	RG2	4nos x 3.5m x 5.0m
堤防 GB5	RG3	4nos x 3.5m x 5.0m

(2) 内水対策

内水対策施設は、Gemas川沿いの許容湛水域と樋門・樋管及びポンプ場である。

(a) 許容湛水域

許容湛水域は堤防とショートカット水路両端の河川ゲートで囲まれたGemas川低平地周辺に計画される。許容湛水域の諸元を表 7.7.11に示す。

表 7.7.11 許容湛水域諸元

施設	場所	面積 (ha)	必要容量 (m ³)	計画貯水位 (EL.m)
許容湛水域	Gemas 川低平地	30.20	436,218	EL.25.0m

(b) 樋門・樋管

配置される樋門・樋管の位置と諸元を表 7.7.12に示す。

表 7.7.12 樋門・樋管諸元

地区	名称 (場所)	諸元
Negeri Sembilan	-	-
Johor	SG1(堤防 GB1)	2nos×H1.5m×B1.5m
	SG2(堤防 GB2)	2nos×H1.5m×B1.5m

(c) ポンプ場

Gemas川の許容湛水域最下流部に内水排除のためのポンプ場を1箇所設置する。

表 7.7.13 ポンプ場の規模

場所	河川名	流域 No*	流域面積 (km ²)	延長 (m)	ピーク流出量 (m ³ /s)	総流出量 (m ³)	ポンプ能力 (m ³ /s)
Bunds GB3	Gemas	11,12,131,132,133,14,15,16	7.84	4,000	27.19	436,218	Pump1 5.1 m ³ /s

* Stormwater Sub-basin could be found in 図 7.6.6

7.7.6 代替案 1 及び代替案 2 の比較

代替案 1 と代替案 2 の施設配置計画の数量比較を 表 7.7.14 に示す。

表 7.7.14 代替案の比較

洪水対策施設	名状	単位	代替案 1	代替案 2
堤防		nos	6	5
	GB1	m	852	859
	GB2	m	655	656
	GB3	m	2031	-
	GB2-3	m	-	1517
	GBA3	m	118	-
	GB4	m	680	-
	GB5	m	248	-
	GB6	m	-	560
	GB7	m	-	40
	総延長	m	4,584	3,742
洪水壁	RCW1	m	403	-
	RCW2	m	657	-
	総延長	m	1,060	-
ショートカット水路	SCC	m		2,756
調節池		nos	6	1
	POND1	m ³	22,494	-
	POND2	m ³		-
	POND3	m ³	5,364	-
	POND4	m ³	26,745	-
	POND5	m ³	31,143	-
	POND6	m ³	24,933	24,933
総延長	m ³	110,679	24,933	
許容湛水域	location		-	1
	m ³			436,218
樋門・樋管		location	4	2
河川ゲート		nos	1	3
ポンプ場		nos	1	1
	ポンプ 1	(m ³ /s)	1.0	-
	ポンプ 2	(m ³ /s)	-	5.1

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)
- 運営費及びコンサルティング費
- 税金等

これらのプロジェクトコストは以下の条件に基づき算定する。

(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) 直接工事費

この項目には各種工事に掛るコストが含まれる。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、調整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。

建設費 = \sum (各工種の単価 x 各工種の数量)。

なお、単価は労務賃金、材料単価、設備費用に基づき算出される ((d)項参照)。

(b) 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。

(c) 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。

(d) 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。

上述の仮定に基づき、構造物対策の建設費はRM 42.10 百万と見積もられた。そのうち、直接工事費RM 34.87 百万、間接費RM 5.23 百万及び雑費 RM2.00 百万である。表 7.8.1 に建設費の内訳を示す。

表 7.8.1 Gemas 洪水緩和事業の建設費

詳細項目	費用 (RM 百万)	費用 (RM 百万)
	Alt-1	Alt-2
建設費	42.10	57.55
直接工事費	34.87	47.66
間接費	5.23	7.15
雑費	2.00	2.74

(2) 用地買収費

用地買収のコストはGemas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。

Gemas洪水緩和事業の建設工事は、現在農地の土地利用であるところで実施する。そこで、土地単価は農地における市場価格をRM 30 per m²として用地買収費を算定した。用地買収のコストを表 7.8.2 に示すが、代替案 1 で9.82 百万RM、代替案 2 で6.15百万RMとなる。

表 7.8.2 対象地域における用地買収費 (RM 百万)

代替案-1	代替案-2
9.82	6.15

(3) 運営およびコンサルティング費

運営およびコンサルティング費（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合計の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) Alt-1	費用 (RM 百万) Alt-2	適用
運営費		3.63	4.46	建設費と用地買収費の合計の 7%
エンジニアリングサービス費	詳細設計費	2.11	2.88	建設費の 5%
	施工管理費	4.63	6.33	建設費の 11%
合計		10.37	13.67	

(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て建設費の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0.21百万RM、代替案2で0.27百万RMとなる。

表 7.8.4 Gemas 洪水緩和事業に関する事業費

項目	詳細項目	費用 (百万 RM)	
		代替案 1	代替案 2
建設費	建設費合計	42.10	57.55
	直接費	34.87	47.66
	間接費	5.23	7.15
	予備費	2.00	2.74
用地買収費		9.82	6.15
建設費と用地買収費合計		51.92	77.37
運営費		3.63	4.46
コンサルティング費		6.74	9.21
事業費総計		62.29	72.45
維持管理費		0.21	0.27

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性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	754
人 口	12,600
住宅数	2,700
商店数	900

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（7.8に詳述している）。

(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、実際の価値は調査価格の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	
	工事費	費用合計	EAADR 合計	純便益
1					
2					
.....
49					
50					

内部収益率、B/C 及び純現在価値は、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

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

ただし、

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 GEMAS洪水緩和事業フェージビリティ調査

Gemas 洪水緩和事業が IFM 計画におけるフェージビリティ調査（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ティーにおいて、コミティー参加者は、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) 対策内容と設計レベル

Gemas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ポンプ場および調整池設置による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Gemas Townである。以上で述べた構造物対策の対策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、調整池の設置	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。特に参加型アプローチ

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やステアリングコミッティ会議等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) 対象地域の設定

Gemas TownはMukim Gemasのなかでも最も人口密度が高い地域であり、2006年洪水時には図8.1.1に示す範囲に深刻な浸水被害が生じた。この洪水氾濫状況と7章に示す洪水氾濫シミュレーション結果に基づき、洪水防御の対象地域を設定し(7.1.1参照)、ステークホルダー会議においても了承された。



図 8.1.1 2006年洪水時の氾濫状況 (インタビュー調査の結果)

(2) 構造物対策の選定

第6章のIFM計画で説明したように、点在した主要都市を防御するための大規模な対策は費用対効果が非常に低い。Gemas Townの社会経済状況や氾濫形態を考慮すると、Gemas Town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、輪中堤防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も得られる可能性が高いという利点がある。

Gemas Riverの洪水位を減少させ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Muar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、第6

章で説明したように、2010年8月時点においても、DIDによるムアール川流域を対象とした先行マスタープラン調査は継続実施中であり、調査終了までにさらに時間が必要な状況にある。

以上より、構造物対策については、輪中堤防を中心とした対策がGemas Townの洪水対策として最適であると考えられた。

(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。

そのため、調査団は、計画規模（堤防の高さ）とそれに対応する確率規模の関係をオルソフォトマップやシミュレーション結果を用いて分析した。その結果平均4mの高さの堤防をGemas Townに設置することにより50年洪水確率の治水効果が得られることを確認した。最終的には、調査団は、50年確率を本件の対策規模として設定することについてステークホルダーの合意を得て設定した。

(4) 代替案の構成

Gemas Townを防御するために、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Gemas River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Gemas Riverに排水するか、洪水後に樋門を開けて排水する。さらに、河川区域が狭く所定の堤防幅を得ることができないところについては、洪水壁で対応する。

代替案2: 対象地域を輪中堤防とバイパス水路によりGemas Riverの溢水による氾濫から防御する。バイパス水路による洪水流の迂回により、Negeri Sembilan側（西側）については堤防建設の必要が無くなり、洪水時はGemas River沿いの低平地に内水を貯水し、ポンプによってGemas Riverに排水する。一方でJohor側については、代替案と同様の輪中堤防により居住区を防御する。

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	Gemas 川 氾濫対応	<ul style="list-style-type: none"> ● 輪中堤(延長: 4584m) ● 道路嵩上げ(延長: 1090m) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 輪中堤(延長: 3742m) ● 迂回水路(延長: 2,756m) ● 洪水壁(延長: 112m)
	内水対応	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 ポンプ場および6 調節池（調節池面積: 10.72 ha、容量: 0.1 mil. m³、ポンプ能力合計: 1.0 m³/s、1 機） ● 4 樋門 ● 1 河川ゲート（逆流防止ゲート） 	<ul style="list-style-type: none"> ● ポンプ場および調節池（ポンプ能力合計: 5.1 m³/s） ● 1 許容湛水域(面積: 30 ha、容量: 0.4 mil. m³) ● 2 樋門 ● 3 河川ゲート（逆流防止ゲート）

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 8.1.2および図 8.1.3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、遊水池/調整池、道路の嵩上げを示す。

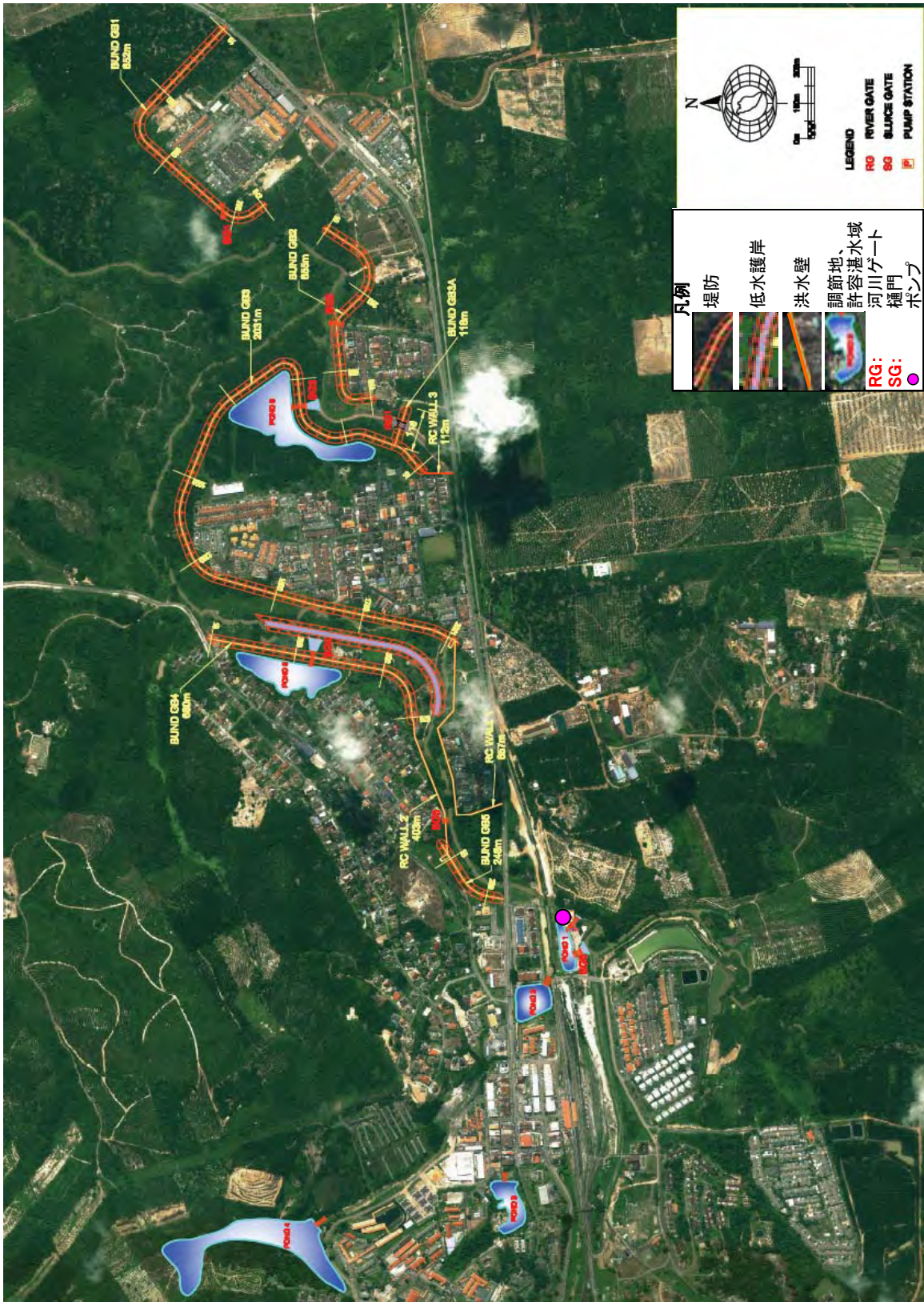


図8.1.2 代替案1の構造物配置図

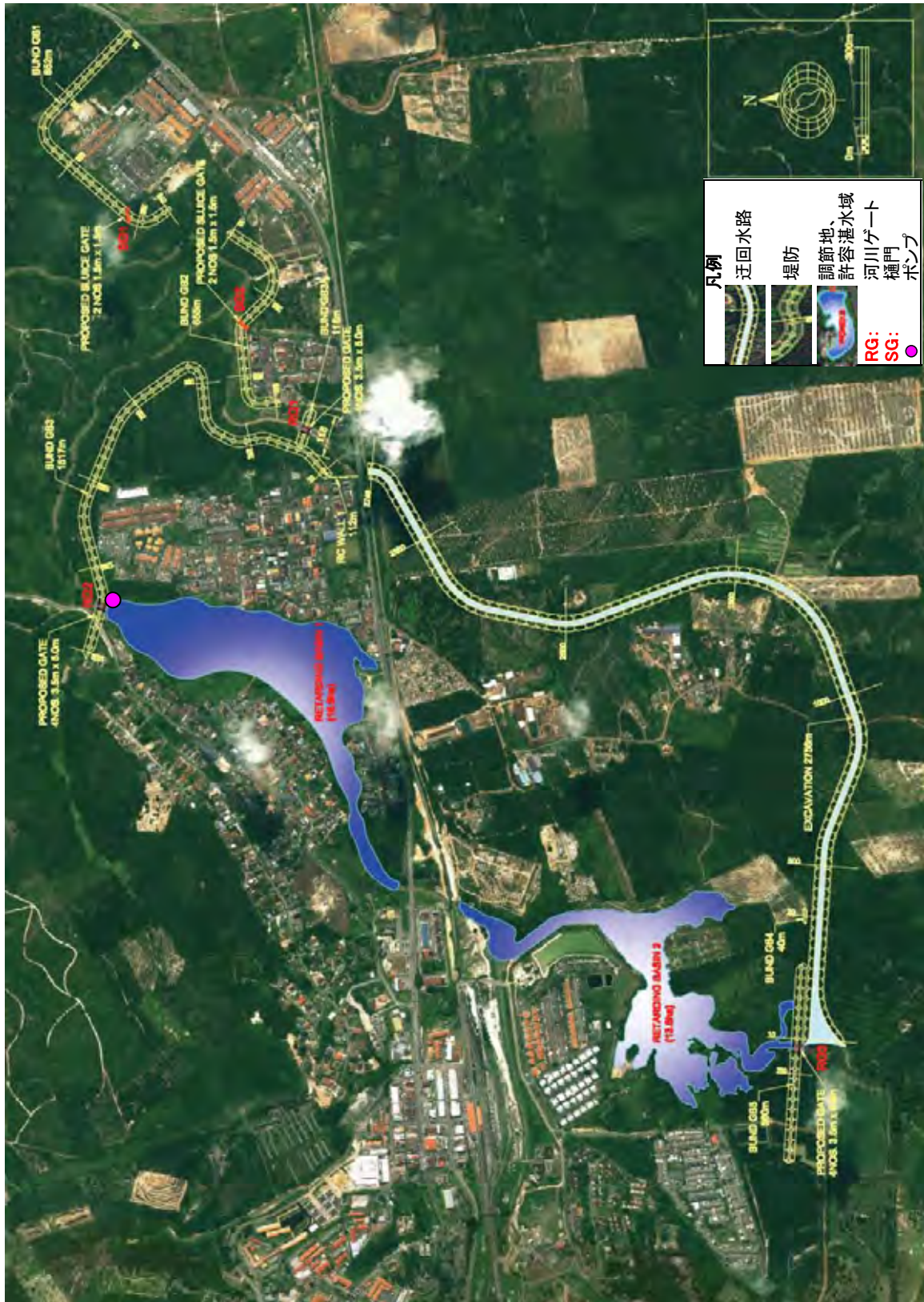


図8.1.3 代替案2の構造物配置図

(5) 各代替案の機能

代替案1（図 8.1.2参照）および代替案2（図 8.1.1参照）において建設する各種洪水対策施設の機能・役割について表 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

目的	施設	代替案 1	代替案 2
外水対策 (50年確率規模)	輪中堤	Gemas River の都市部への氾濫を防ぐ	代替案 1 に同じ
	迂回水路	-	迂回水路により Gemas River の洪水流を Gemas 市街地を避けて迂回させる。
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 Gemas 川へ排水する。	河川ゲート No.1 と No.3 によって囲まれた許容湛水域に貯留させた内水を Gemas River へ排水する。
	調節池	内水を貯留し、洪水後に排水	-
	許容湛水域	-	河川ゲート No.1 と No.3 で囲まれた Gemas River 沿いの低平地に内水を貯留する。
	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、各代替案の長所と短所について、建設工事実施時と運用時に分けて表 8.1.4に整理する。

表 8.1.4 代替案の長所と短所

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"> Gemas 川沿いの丘陵部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。 	<ul style="list-style-type: none"> 迂回水路建設時の掘削土を築堤材料として活用できる。 許容湛水域近傍にポンプ場を設置するため居住地周辺に調節池を建設する必要が無い。
	短所	<ul style="list-style-type: none"> 築堤材料を購入する必要がある。 2件の家屋移転が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 迂回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。 パワープラントの移設が必要 1件の家屋移転が必要
運用時	長所	<ul style="list-style-type: none"> 堤防の天端を通行に使用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 河道を部分的に自然のまま保全できる。 堤防の天端を通行に使用できる。
	短所	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。

(6) 土地買収と土地規制の対象

土地買収は、ポンプ場に必要の小規模な調節池や堤防建設、バイパス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貯水池（内水のため）については、土地利用規制によって確保すること提案する。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 (ha)	代替案 2 (ha)
堤防と洪水壁	22	16
調節池	11	-
許容湛水域	-	0
バイパス水路	-	16
合計	33	32
合計コスト(RM '000)	9,816	3,150

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案として選定した。

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)	51.9 mill.RM	59.3 mill.RM	
	内部収益率 EIRR (%)	10.7	8.7	
	費用対効果 B/C	1.09	0.86	
	純現在価値 (RM '000)	3,755	-7,700	
環境的評価	社会環境	移転家屋	2戸	1戸
		土地買収面積 (ha)	33 ha	32 ha
	自然環境	生活環境	重大な影響なし	重大な影響なし
		自然環境	重大な影響なし	重大な影響なし
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Gemas洪水緩和対策として推奨できる。8.4.4にて説明するように、代替案1は実現可能性が高いが、代替案2については、EIRR、B/C、NPV等の各経済的指標において、実現可能なレベルに達していないことが伺える。

(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、個々の指標から見ると弱冠の優劣があるが、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防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 Gemas River 沿いの空間は、下の写真の通り、深い植生に覆われているあるいは、アクセスし難い状況にあり、憩いの場としてはあまり活用されていない。



図 8.1.4 現在の Gemas River 沿いの状況

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。

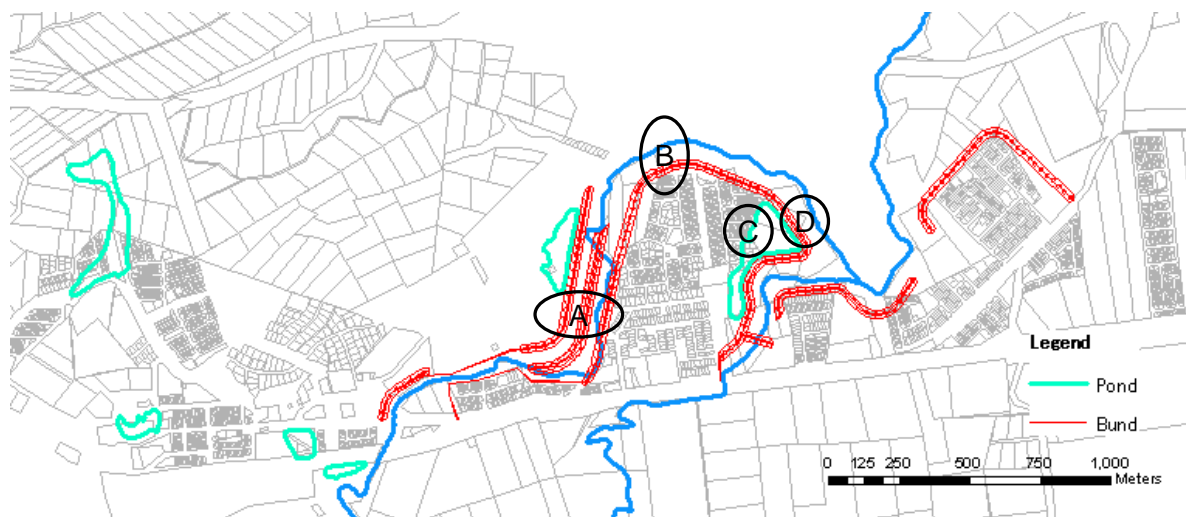


図 8.1.5 パース図位置図

A: Gemas River 沿いの堤防



B: Gemas River 沿いの堤防



C: 調節池と Gemas River 沿いの堤防



図 8.1.6(1) パース図

D: 調節池からの水路とスルースゲート



図 8.1.6(2) パース図

8.2 非構造物対策案

8.2.1 Gemas 地区において採用されている非構造物対策

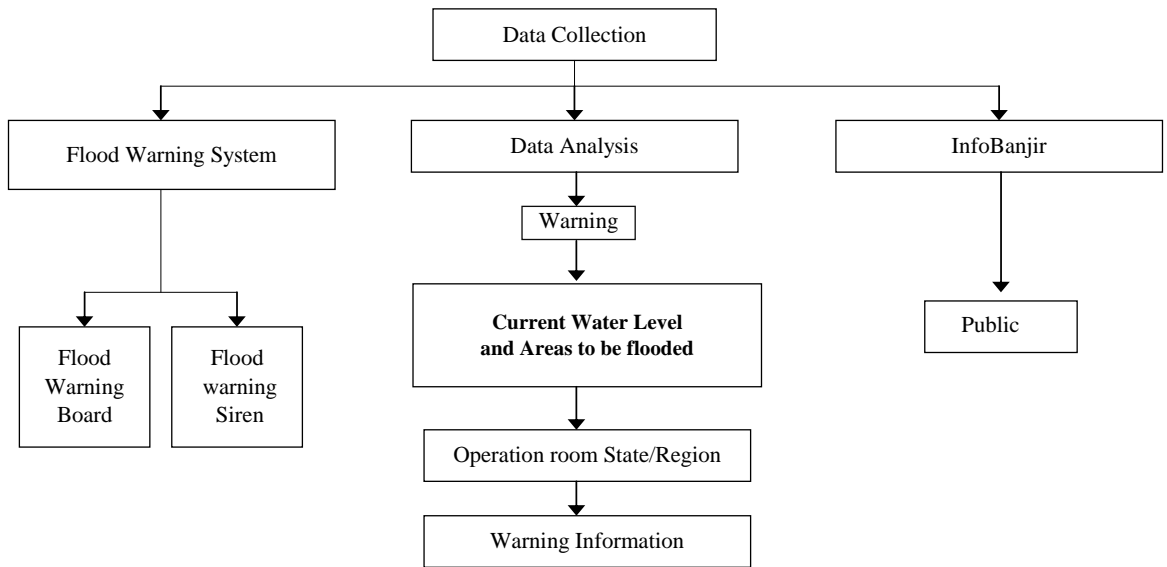
非構造物対策は、8.1 で提案した構造物対策（堤防、ゲート、ポンプ場等）だけでは、実施、運用面で限界があることから補完的な対策を講じるものである。データの収集、関係諸機関との打合せから対象地域の非構造物対策は、以下のように整理される。

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)

(1) 洪水警報システム

DIDは、洪水警報に関する担当機関である。DIDにおける洪水警報に関するモニタリングと公表に関するフローは、表 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

Gemasでは、サイレンが、Kg. TiongとTaman Sungai Gemasの2箇所に設置されている。一方、隣接するJohorのGemas Baruには、このようなシステムは、設置されていない(図 8.2.2参照)。

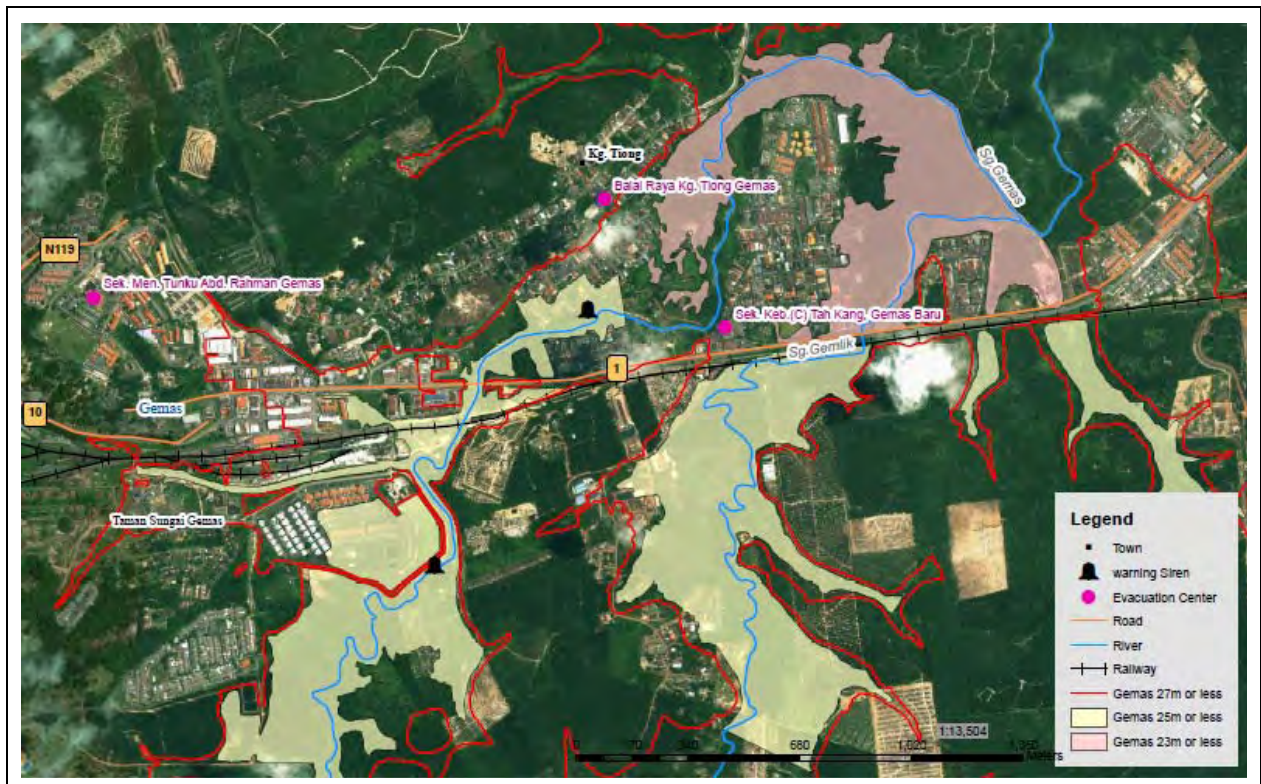


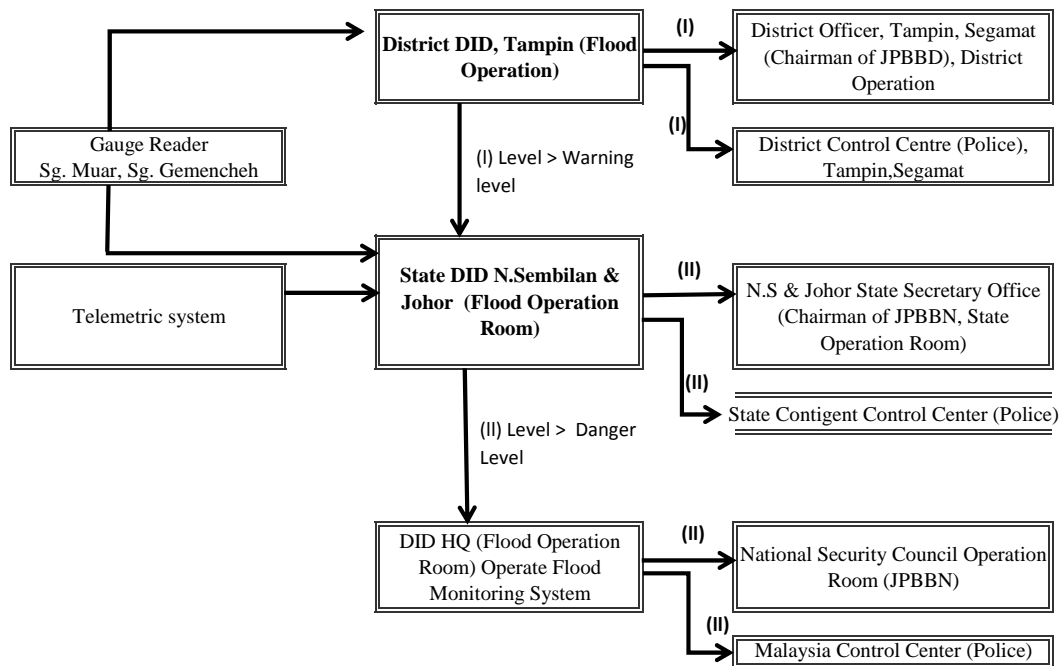
図 8.2.2 警報サイレンの位置 (黒マーク)

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、夜においても、吹鳴する構造である。



図 8.2.3 洪水警報サイレン (Kg. Tiong と Taman Sg. Gemas 地点)

洪水警報システムでは、情報は、まずDID水文部よりNegeri Sembilan州(または、Johor州)のDIDに送られ、州DIDからさらにTampin(または、Segamat)DID、州の洪水管理室(DMRC or JPBB)、警察機関に送られる。Tampin (Segamat) DIDは、Tampin(Segamat)地域事務所、Tampin (Segamat)地域洪水救援センターへ連絡する。そのフローは以下の通りである。



出典 : (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 Tampin based on the flow in DID Manual

図 8.2.4 連邦、州、地域間の情報伝達フロー

DID TampinとDID Segamat所管の河川水位観測所は、表 8.2.2に示す通りである。Gemasには、河川水位の観測所は設置されていない。

表 8.2.2 河川水位の観測所

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	Gemencheh	Gemencheh	22.31 m	22.00 m	24.00 m	26.00 m
2	Kg. Awat	Muar	16.46 m	17.60 m	18.95 m	19.95 m
3	Biloh Kasap	Muar	5.63 m	7.92 m	8.53 m	9.14 m

出典) Infobanjir web site

河川水位が警報レベルに達した場合は、Tampin (Segamat) 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。

Tampin 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) Tampin District (Segamat District)における洪水救援活動

(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

Tampin(Segamat)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、州の国家安全委員会(NSC, Majlis 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)レベルでそれぞれ、策定されている。(図 8.2.5参照)

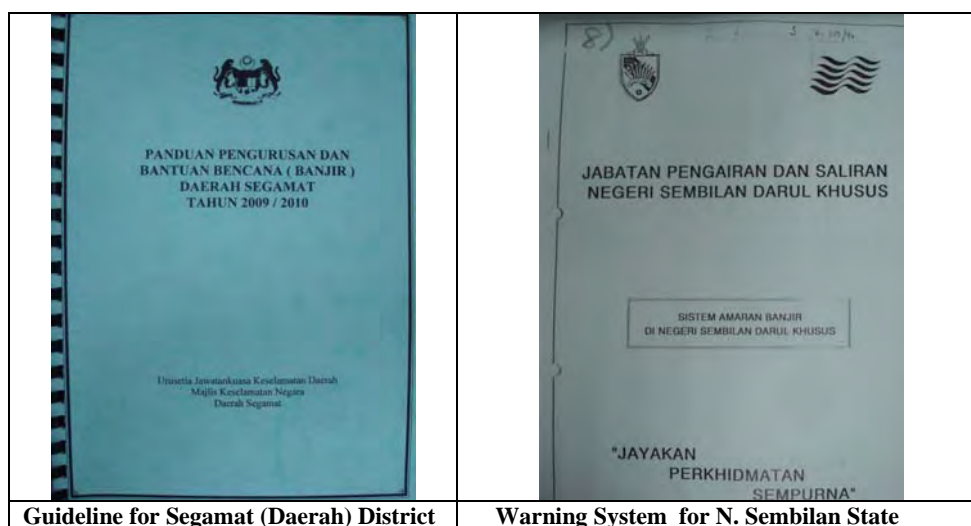


図 8.2.5 Prepared Guideline for each Administration (State, District)

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、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)

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州の災害管理救援委員会(DMRC)とその関連機関との共催により、毎年、開催されている。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) Tampin (Segamat) District における洪水管理救援活動の実施

Tampinにおける洪水管理救援活動は、国家災害管理救援委員会(NSC)の管理の基に、Tampin地域事務所(所長、Tampin District officer)によって行われている。Tampin地域警察署長が災害指揮官に任命され、Tampin消防救難所長が副指揮官に任命される。

Tampin災害管理救援委員会は、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、リスク分析、訓練教育、洪水管理、食糧供給等の小委員会が設立されている。

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。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、Tampin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。

Gemasの洪水管理救援活動は、Tampin災害管理救援委員会からの指示によって行われている。Gemas BaruにおいてもSegamat災害管理救援委員会からの指示により活動が実施されている。

フォワードベース(洪水管理支援基地)は、以下のような機能があるが、対象地区には設置されていない。

- 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、3箇所の設置であり、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 8.2.3 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 収容人員	Kampung の名	Mukim区分(Sub-District)
1	Sek. Men. Tunku Abd. Rahman	300	Kg. Benggali	Mukim Gemas, N.S
			Kg. Kolam Air	
			Taman Sungai Gemas	
			Sekitar Gemas	
2	Balairaya Kg. Tiong	100	Kg. Baru Tiong	
	小計(2 箇所)	400		
3	Sek. Keb. Tah Kang Gemas Baru	100	Kg. Gemas Baru	Mukim Gemas (Baharu),

No.	センター名(収容能力)	Kampung 収容人員	Kampung の名	Mukim 区分(Sub-District)
				Johor
		-	Taman Gembira	
		-	Taman Wira	
		-	Taman Megah	
		-	Taman Sri Gemas	
		-	Taman Golden Hill	
		-	Taman Bintang	
	小計 (1 箇所)	100		
	合計 (3 箇所)	500		対象地区全体

出典) List of evacuation center, DID Tampin, Guideline for Flood Management and Relief , (Segamat 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、3箇所であり、その収容人員は、500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、Sek. Men. Tunku Abd. Rahman Center であり、300人の収容能力がある。(図 8.2.6参照)



図 8.2.6 避難センター (Abd.Rahman, Kg.Tiong, Sek.G. Baru)

対象地区には、検診のための医療チームや医療活動チームが確保されている。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、Tampin地域事務所)が、トラック、バス、トラクタ、モータボート等を準備している。

食料の供給は、社会福祉局により用意されており、1日一人当たり3回分の食料が用意される。歯磨き、石けん、タオルの他に、毛布、マット、バティックの衣料等の備品も用意されている。さらに、センターへの食料の供給業者も住所と電話番号が事前に登録されている。

(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。

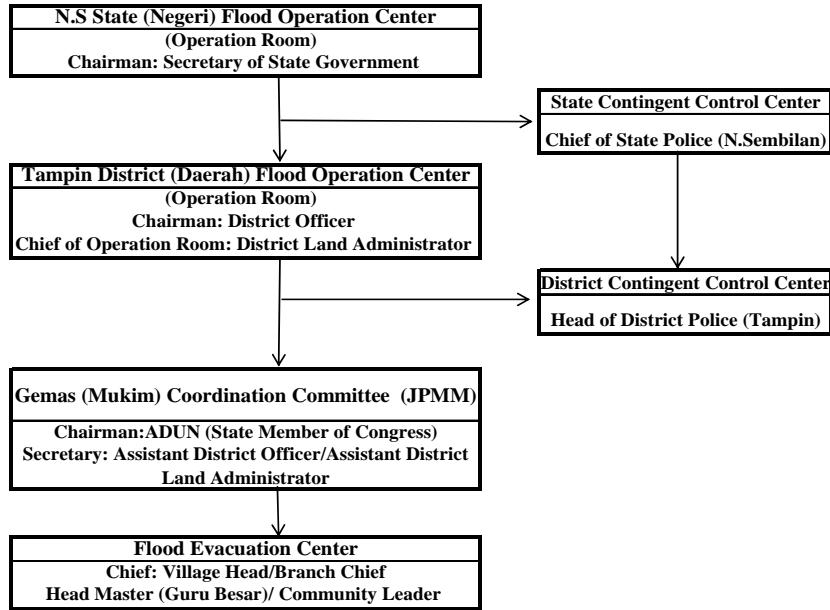


図 8.2.7 州本部からコミュニティレベルまでの連絡、伝達フロー

(3) 洪水実績図、ハザードマップ

本川にあたるムアール川では、DIDが、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、流域全体の氾濫実績図であり、10,000-25,000分の一の比較的大きな縮尺のものは作成されていない。Tampin DIDとSegamat DIDは、主要な洪水における概略的な氾濫実績図を作成している。

対象地域のハザードマップは現在のところ作成されていない。

(4) 浸水防止対策(高床化、2階建住宅)

ムアール川沿いには、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、高床化した家屋の例を示す。なお支川にあるGemmas川には、これらの家屋は見られない。



図 8.2.8 高床式家屋(ムアール川、Kg. Bukit Pasir)

地元でのインタビューでは、2006年に洪水時には、水位が高床化した床面からさらに50cmの水位となった。

(5) 土地利用計画

Gemas地区では、Tampinローカルプランによる土地利用ゾーニングが策定されている。土地利用のためのゾーニングプラン、すなわち、Gemas (Tampin District)地域ローカルプランは、土地の所有者あるいは開発者が、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、すべてこのローカルプランに基づきチェックされる。

対象地区内では、椰子の木、ゴム畑がGemas River沿いやその支川（Gemlik川等）に林立している。これらの箇所は、低平地にあり、洪水時には、遊水、保水機能を有している。

8.2.2 対象地域の現状と特性

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、Negeri Sembilan州のTampinに属するMukim GemasとJohor州のSegamatに属するMukim Gemas Baruである。これらの人口は、合計で約12,600人である。

(2) 既往の洪水記録

Tampin地域のGemas地区は、度々大きな洪水に見舞われているが、DID Tampinの洪水レポートによると、2006年の洪水が最も大きく、洪水位は27mに達している。

(3) 2006年洪水による被災概要

(a) 被災区域

Mukim Gemasへの浸水被害は、2006年12月18日に発生している。Gemas川があふれ、鉄道上流に位置するTaman Sungai Gemasでは、図に示すように多くの家屋が浸水した。このほかの浸水区域としては、Gemas市街やさらに下流のKg. Tiong等がある。Segamat側に位置するGemas Baruでは、Kg. Gemas Baru一帯が浸水している。



2006年12月に浸水した家屋

同左家屋の2010年8月の現況

図 8.2.9 Taman 村の浸水中とその後（2008年）の様子（Taman Sg. Gemas）

(b) 2006 洪水による被災者数

2006年洪水による避難センターへの避難者数は、325 名に達する。なお、死者は出ていない。

(4) Gemas 地区の土地の特性

Gemas Riverの低平地は、Gemas River沿いに位置している。図 8.2.10 には、標高23m、25m、27mの等高線を示している。

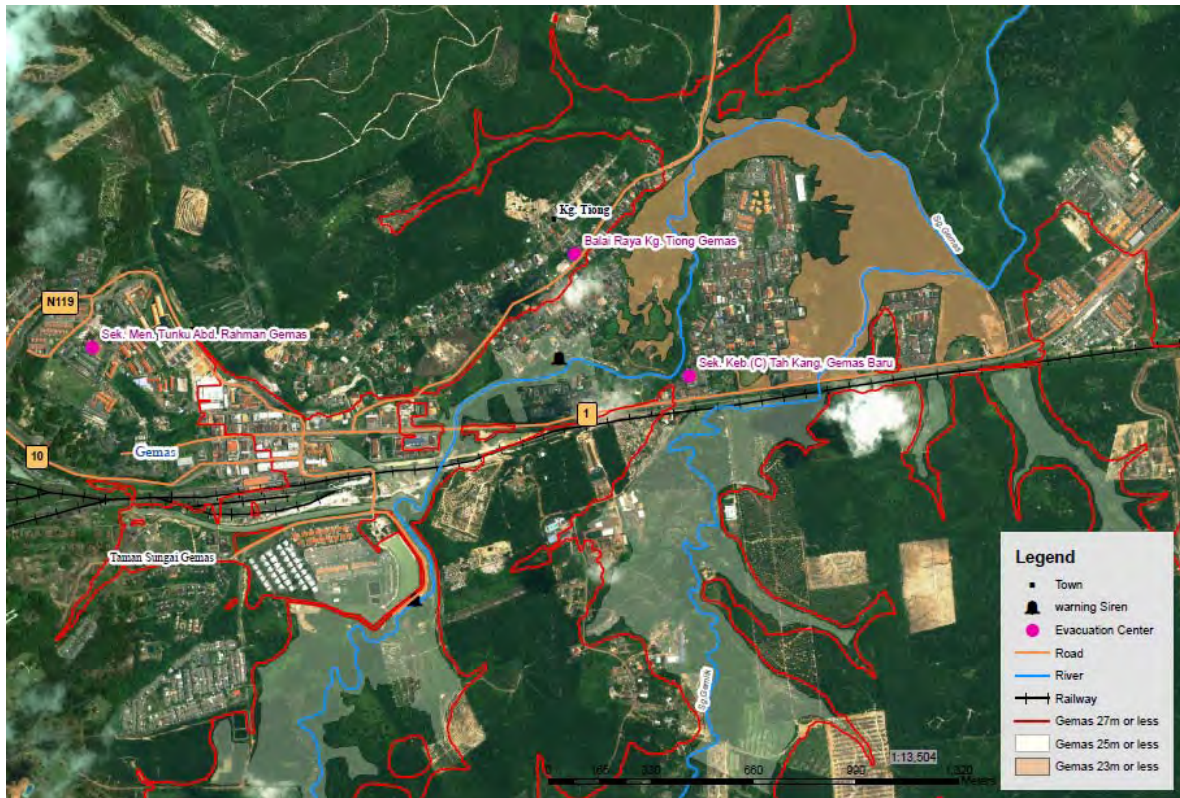


図 8.2.10 等高線 23m、25m、27m と避難センターの位置

- 図によると、標高23mのゾーンは、下流域、特にKg. Tiong付近のGemas Riverに沿いにある。この区域は、2006年の洪水で被災した区域でもある。
- 被災区域である、Taman Sg. Gemasは、標高25mの区域にある。この区域では、Gemas Riverの氾濫があり、これにより浸水したものである。
- 標高27mは、2006年洪水の水位にほぼ相当する水位であるが、Gemas駅付近の商業区域はほぼこの位置にあり、浸水が発生している。
- Gemasの避難センターは、標高で27m以上にあるが、Gemas Baruの避難センター(Sek. Keb.(C) Tah Kang, Gemas Baru)は、標高26mの位置にあり、洪水水位より、やや低い位置にある。

以上から、Gemas地区の土地特性は以下のように整理される。

- Gemas駅付近の商業区域はほぼ標高27mの位置にあり、2006年洪水では、浸水が発生している。この付近は、2006年洪水規模の水位では、浸水の可能性がある。
- この浸水実績から、主要な構造物における設計水位は、27mとすることが必要である。

- Gemas Baruの避難センター(Sek. Keb.(C) Tah Kang, Gemas Baru)は、標高26mの位置にあり、実績の洪水位よりやや低い位置にある。この避難センターを高い標高にある別の施設に移すことが必要である。

8.2.3 Gemas 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) 洪水警報システム

- 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。これについては、定期的な確認を実施し避難時に役立つようにしておく必要がある。つまり、洪水期前の定期的な点検、管理が必要である。さらにGemas Baru側には、現在サイレンが設置されていないため、新たなサイレンの設置が必要である。
- 対象地区には、水位計が設置されていない。今後において、洪水時の河川水位観測の必要性から、観測所を設置する必要がある。

(2) 洪水管理救援活動

- Gemas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。
- 2006年の洪水においては、Gemasで325人の避難者があった。これに対して、収容能力は、1日当たり最大で400人である。今後、十分な収容能力を確保する必要がある。
- Gemasの洪水ガイドラインによると、ここには、洪水時の支援基地となる、フォワードベース(FB)が設置されていない。FBは、洪水時における災害支援基地となるものであり、Gemas規模の町には設置される必要がある。

(3) 洪水実績図、ハザードマップ

- DID TampinとSegamatによって、主要洪水の氾濫実績図が作成されている。
- 洪水ハザードマップは作成されていない。今後においては、被害軽減、人命損失防止の観点から、洪水ハザードマップを作成する必要がある。

(4) 洪水への耐水化住宅（高床式住居）

- Gemas川沿いの低平地には、住宅が集中している。相続等により、古くから住んでおり、経済的理由や他の理由のためにこれらの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) 土地利用とマレーシア鉄道(KTM)軌道の嵩上げ

- Gemas川沿いには、椰子畑やゴム園、湿地等が広がっている。これらは低平地にあり、洪水時においては、保水、遊水機能を有している。
- 2006年の洪水を受けて、マレーシア鉄道(KTM)は、周辺の鉄道軌道の嵩上げを計画し、現在その関連工事が進行中である。これに伴い、現在の駅は、東側に移動する予定となって

いる。さらに、現在の駅の西側から、駅に南側に通じる道路(フライオーバー)が建設され、Tamang Sg. Gemasの道路と通じることとなる。これらの道路は、標高29m以上で建設される。

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と対策

Gemas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しやすい。

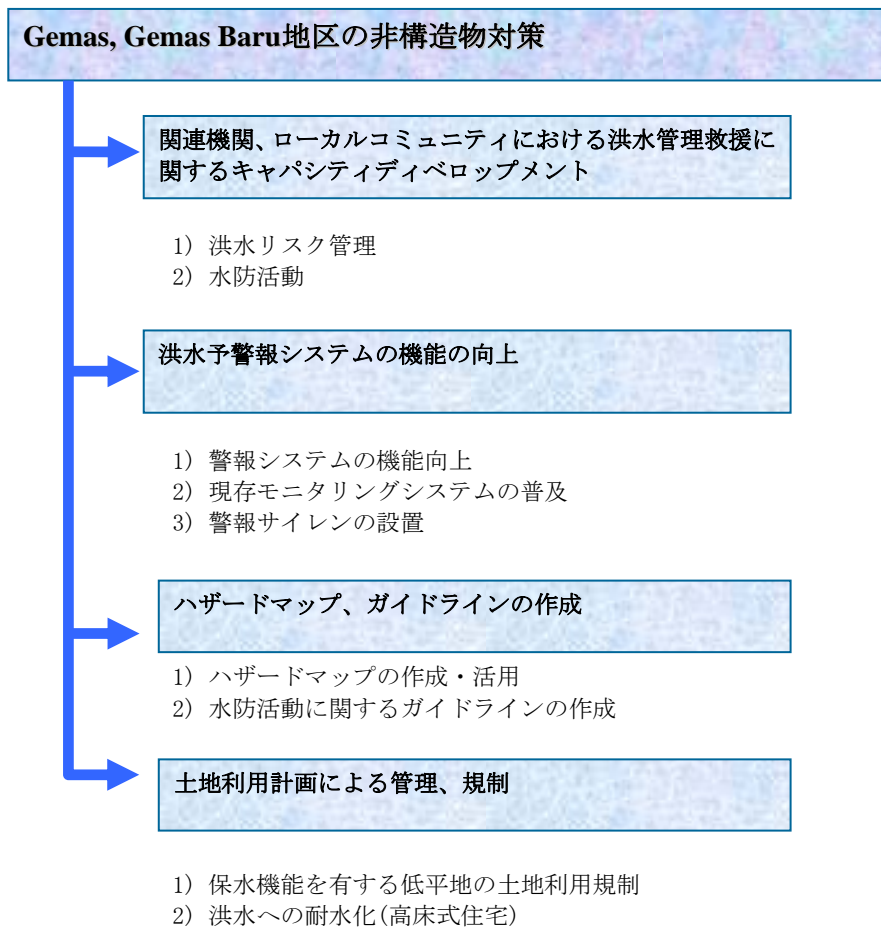


図 8.2.11 対象地域における非構造物対策

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を図るものとする。

(2) 非構造物対策コンポーネント

提案する各種非構造物コンポーネントについて以下に述べるものとする。

(a) 洪水管理救援活動

8.2.1で述べたように、Gemas地域においては、救援避難活動は、良く実施されていると見て良い。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、災害管理コントロールセンター（DOCC）や避難センターが準備されているものの、洪水被害軽減の観点から以下のような課題があり、改善や新設が必要である。

- Gemas の避難センターについては、500人規模までの拡張が必要である。
- Gemas Baru の避難センターSek. Keb.(C) Tah Kang については、標高 26m の位置にあり、別途により高い地域に避難センターで設置する必要がある。
- 災害時の支援等を円滑に行うために、フォワードベースを Tampin 側の Gemas に設置する必要がある。

(b) 水防活動

水防活動は、Gemas 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、Gemas川沿いに堤防が建設され、それに伴い、堤防の監視、点検等の活動が必要とされる。また、Gemas 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 水防活動の例（日本）

前述したように、Gemas 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) 洪水警報システムの更新、設置

対象区域には、既に2基のサイレンが設置され、警報活動を行っている。これらの吹鳴範囲は、最大でも1km程度である。後述するハザードマップから、Gemas Baru側におけるGemas川の右岸地域でも浸水が予想され、この区域へサイレンを設置するものとする。

また、洪水時における河川水位の観測も重要であり、Segamat方面から来てGemmasに入る前の橋梁地点（対象地域の中流部）に水位計を設置するものとする。

(d) 現存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。本川のムアール川、支川のGemancheh Riverでは、河川水位と雨量がInforbanjirシステムによって時間毎、日毎に必要な応じて更新される。データは、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。

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) 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。

Gemas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、合計、3箇所となっている。(図 8.2.13 参照) 全体の避難センターの収容人員は、500人である。

このハザードマップには、新設される水位計の位置と警報サイレンの位置も示されている。浸水が予想される区域としては、Gemmas川と支川のGemlik川沿いに集中している。

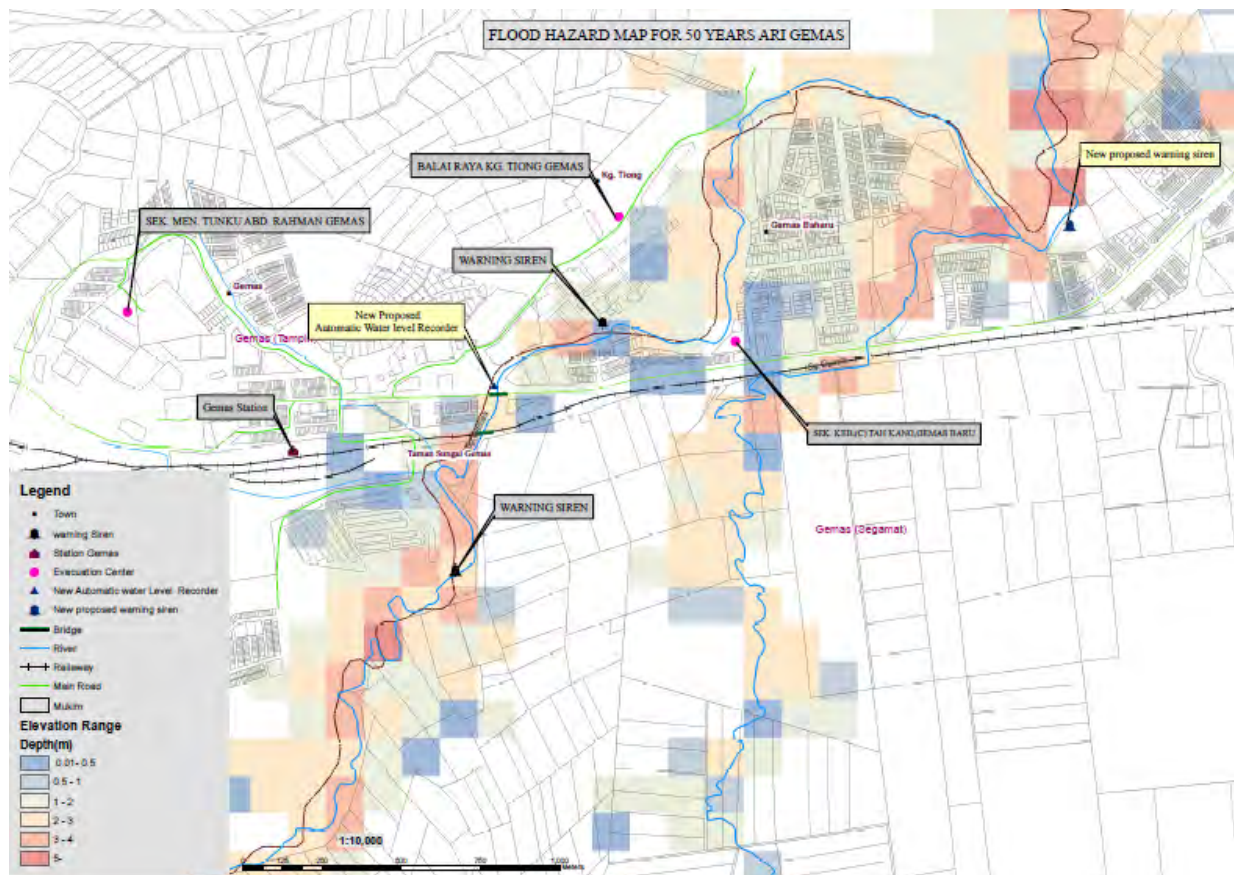


図 8.2.13 ハザードマップ(Gemas, JICA 作成)

作成されたハザードマップについては、Gemas 地域の行政、住民に公開、公表する必要がある。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 (村落) レベルで検討チームを組織し、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。

(f) 家屋の耐水化、高床化(二階建て家屋)

Gemas川沿いにあり、家屋が移転できない地区に関しては、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、Gemasでは標高27m程度まで床面をあげる必要がある。

(g) 低平地における保水、遊水機能の保全確保

洪水物対策(代替案2の場合)の補完対策として、これらの対策が重要となる。図 8.2.14に示されるように、Gemas川には、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、難しくなる。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Gemaspの都市計画上、保水性を低減する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。

Gemas地区の構造物対策の内容が定まり次第、このような都市計画を策定した上で、Negeri Sembilan州(またはJohor州)の関連組織による委員会等により、その計画を公示することが必要である。また宅地開発の折にはMASMAに沿って、調整池を設置し、開発により失われた保水性を確保する必要がある。



図 8.2.14 遊水機能確保のための低平地区域の確保 (代替案 2)

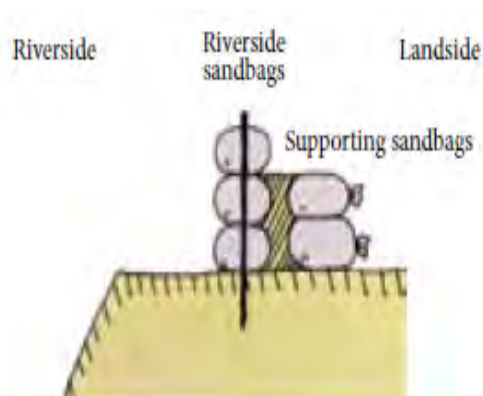
(h) 水防活動のガイドライン、マニュアルの準備

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。

それらの活動のため、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、Gemás地域のコミュニティあるいは、Kampung（村落）レベルで実施することが必要である。



出典: Flood Fighting in Japan, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan

図 8.2.15 水防演習と土のうによる対策工法の例（日本）

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 8.2.4 提案する非構造物対策

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	洪水管理として、 1) Gemás フォワードベースの設置 2) Gemán 避難センターの収容人数増	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	洪水警報システムの改良 1) Gemás 橋梁地点への水位計の設置 2) Gemás Bharu へのサイレンの設置	DID (JPS)
	4	モニタリングシステムの普及	DID (JPS)
III. ハザードマップ、ガイドラインの作成	5	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)
	6	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	7	保水機能確保のための土地利用規制	DTCP, Tampin 地方委員会
	8	耐水化、高床式住宅の採用	Tampin 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、水資源賦存量、洪水、天然資源及び環境、風土病罹患率・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、また強度も強まるであろうと推測している。

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 Gemas Town 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、Gemas Town 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10-30%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水文量の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3日雨量の増加の可能性を示す

表 8.3.1 2025年における3日雨量と生起確率

3日雨量(mm)		232.7	218.7	191.9	166.8	149.3	123.8
確率年	現況	100	80	50	30	20	10
	2025 (平均)	71	56	35	21	14	7
	2025 (最大)	52	32	19	11	7	4

確率年		100	80	50	30	20	10
3日雨量 (mm)	現況	232.7	218.7	191.9	166.8	149.3	123.8
	2025 (平均)	256.0 (10%)	240.6 (10%)	211.1 (10%)	183.5 (10%)	164.2 (10%)	136.2 (10%)
	2025 (最大)	279.2 (20%)	262.4 (20%)	230.3 (20%)	216.8 (30%)	194.1 (30%)	160.9 (30%)

Percentages the parenthesis indicate increase relative to current climate condition

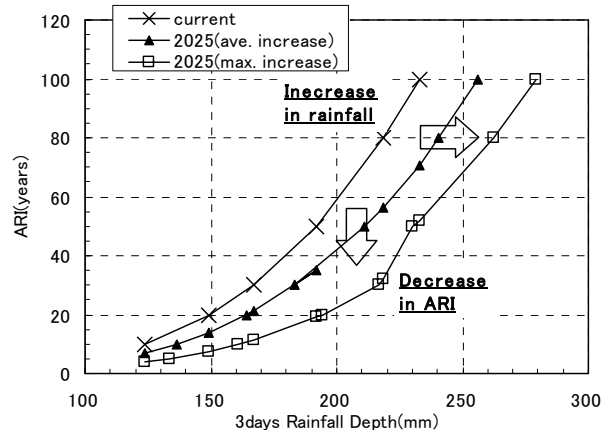


図 8.3.1 2025 年における 3 日雨量と生起確率

ここでは、図 8.3.2 に示す Gemas 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。5 つのゾーンについては、河道、主要道路、鉄道をもとにそれぞれの境界を決定した。

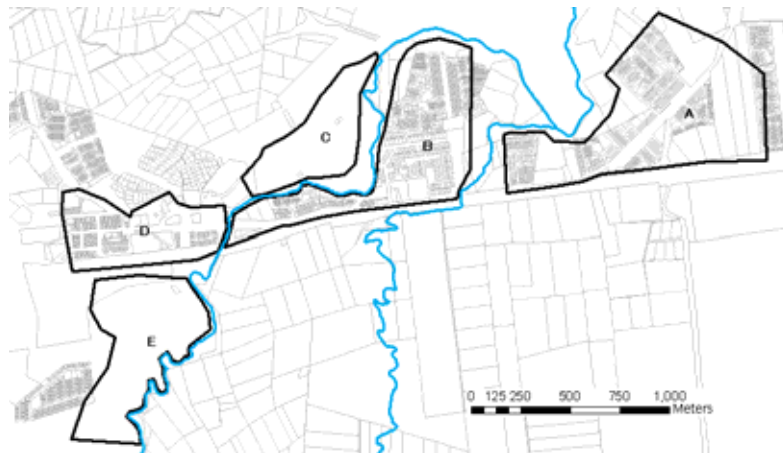


図 8.3.2 リスク評価のためのゾーン分割

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 ²)	住宅個数*	人口**	1 階建家屋の割合***
A	0.62	355	1,658	0.7
B	0.44	391	1,826	0.8
C	0.20	114	532	0.9
D	0.25	188	878	0.0
E	0.33	122	570	1.0
Total	1.83	1,170	5,464	-

* Counted from ortho-image

** Population estimated assuming 4.67 person/ household

***Rough estimate based on field survey

(1) 洪水シミュレーション

現況条件、10%および20%の降雨量増加を想定した3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20-50cmの水位上昇が生じる可能性がみられる。

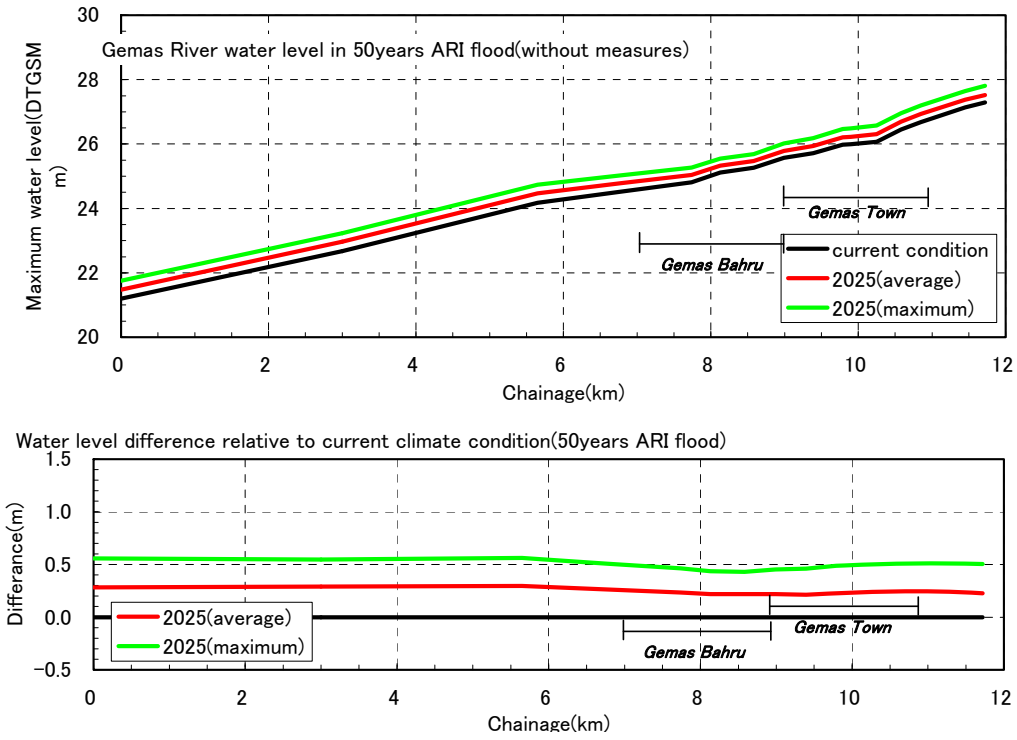


図 8.3.3 現況および 2025 年の 50 年確率規模洪水水位予測結果(上：河川水位、下：現況との水位差)

50年確率規模洪水の氾濫域を図 8.3.4に示す。

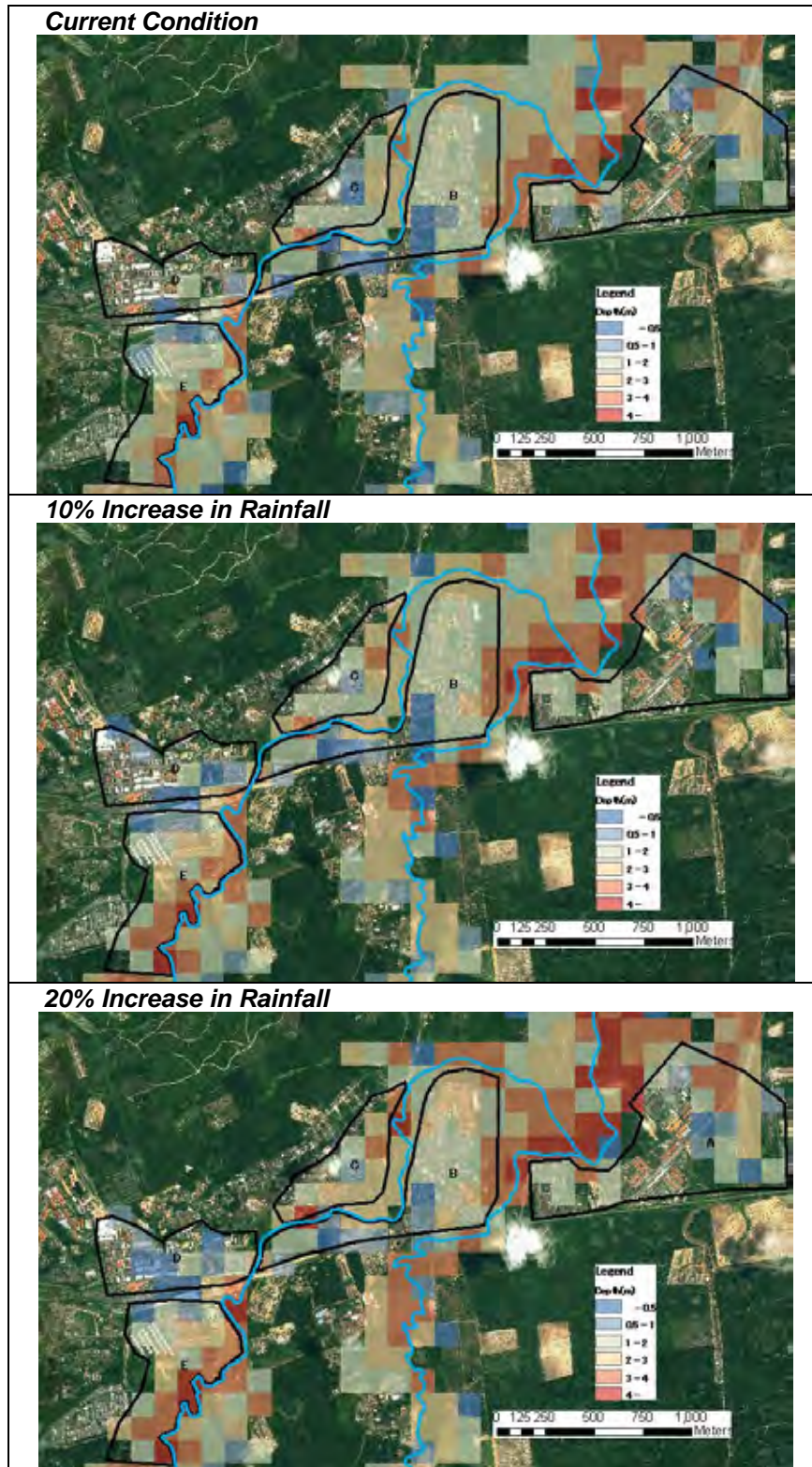


図 8.3.4 50年確率規模洪水による氾濫域(上段：現況、中段：降雨量10%増、下段：降雨量20%増)

(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¹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によって求める。

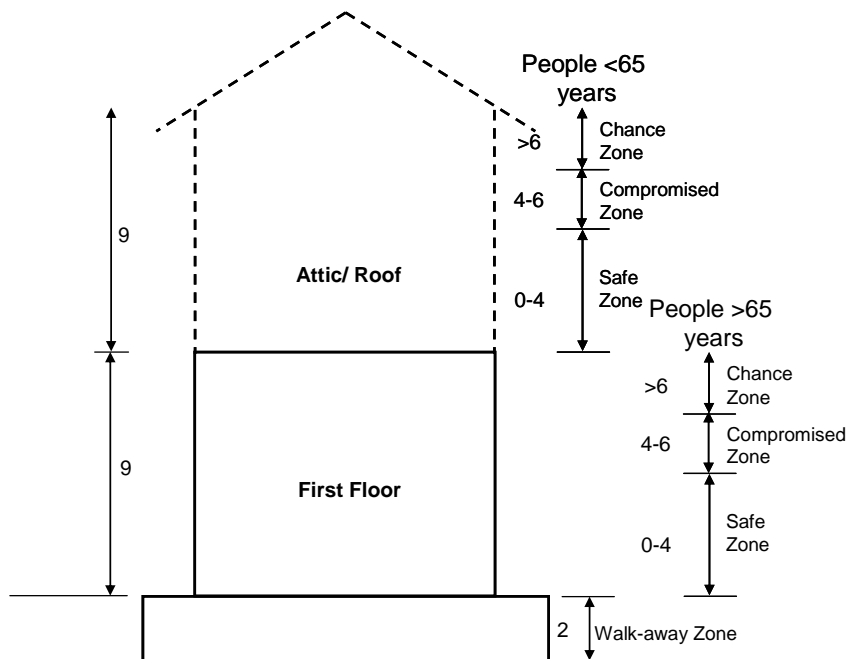


図 8.3.5 浸水深別水位ゾーンの定義

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4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2600人であるが、将来には10-20%程度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。

¹ “Estimating Loss of Life from Hurricane-Related Flooding in the Greater New Orleans Loss-of- Life Modeling Report” May 22, 2006

表 8.3.3 50年確率規模洪水による潜在的リスク

	ゾーン	浸水域(km ²)	浸水家屋数	孤立者数	死者数
現況気象条件	A	0.23	55	257 (51)	0 (0)
	B	0.34	335	1,563 (312)	1 (0)
	C	0.13	51	238 (48)	0 (0)
	D	0.02	12	56 (11)	0 (0)
	E	0.27	115	534 (107)	3 (1)
	合計	0.99	568	2,647 (529)	4 (1)
10%の降雨量増加	A	0.25	83	387 (77)	0 (0)
	B	0.35	340	1,584 (317)	3 (1)
	C	0.13	51	237 (47)	1 (0)
	D	0.04	30	140 (28)	0 (0)
	E	0.28	121	558 (112)	7 (1)
	合計	1.05	625	2,907 (581)	11 (2)
20%の降雨量増加	A	0.29	105	490 (98)	1 (0)
	B	0.37	343	1,595 (319)	7 (1)
	C	0.15	75	349 (70)	2 (0)
	D	0.07	45	210 (42)	0 (0)
	E	0.28	121	553 (111)	13 (3)
	合計	1.16	689	3,196 (639)	23 (4)

Numbers in parenthesis are figures estimated assuming 80% for prior evacuation rate

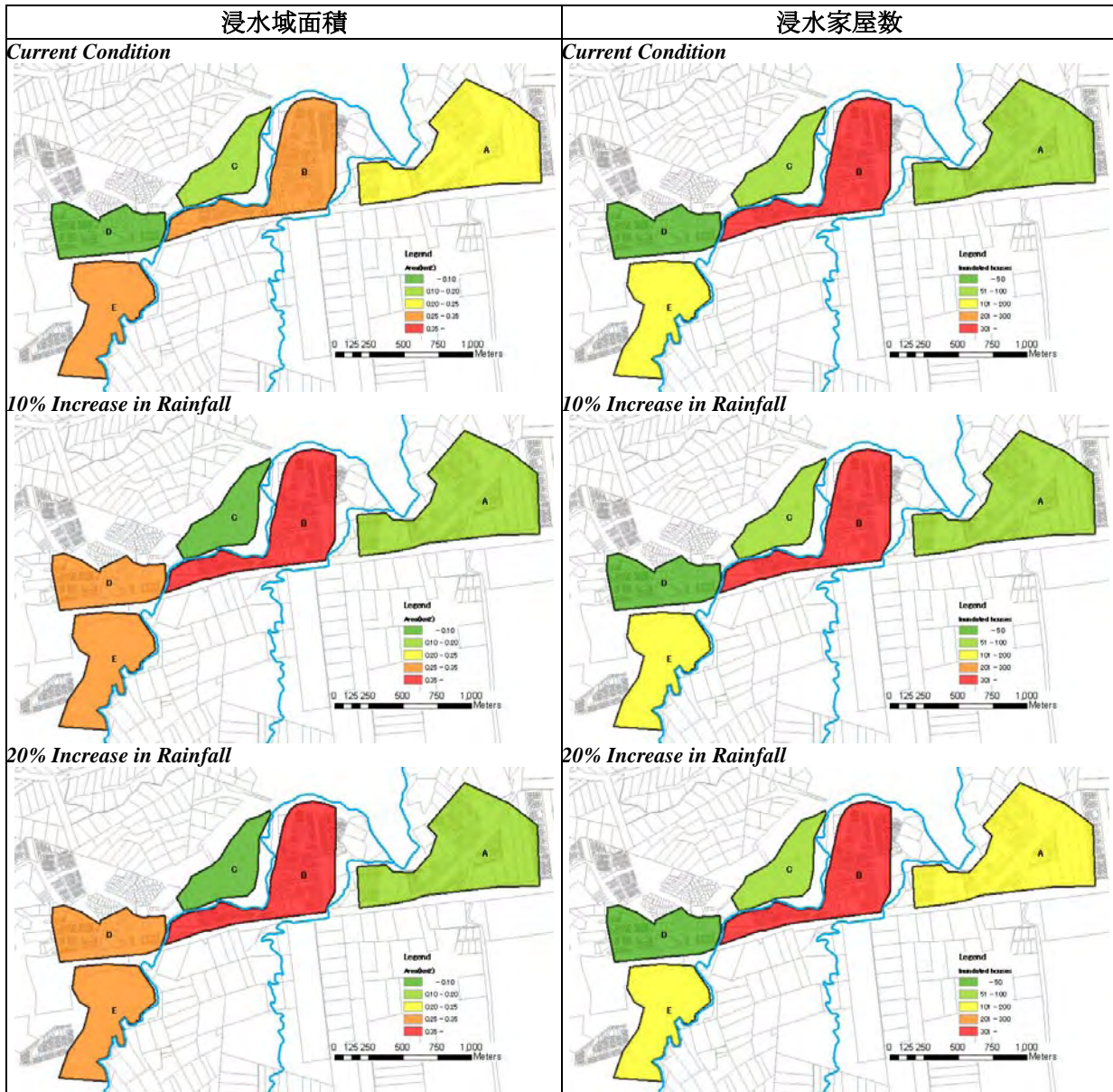


図 8.3.6(1) Gemas Town リスクマップ(浸水域と浸水家屋数)

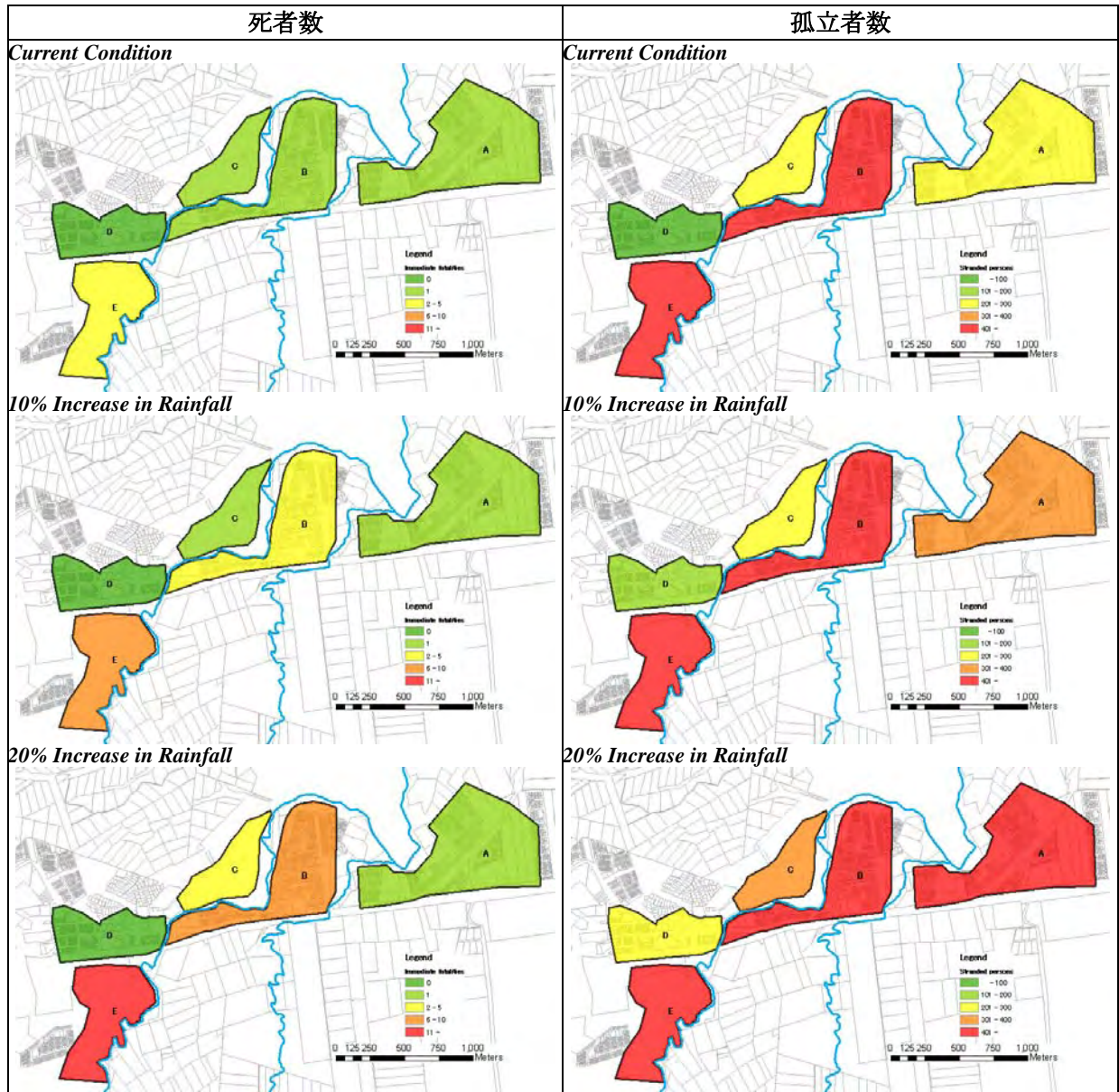


図 8.3.6(2) Gemas Town リスクマップ(死者数と孤立者数)

(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年までに最大で30%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	1.32	1.14	1.18	1.2	1.3	93%(14/15)
	2050	1.37	1.24	1.31	1.3	1.4	93%(14/15)
	2090	-	1.11	1.34	1.2	1.3	86%(12/14)

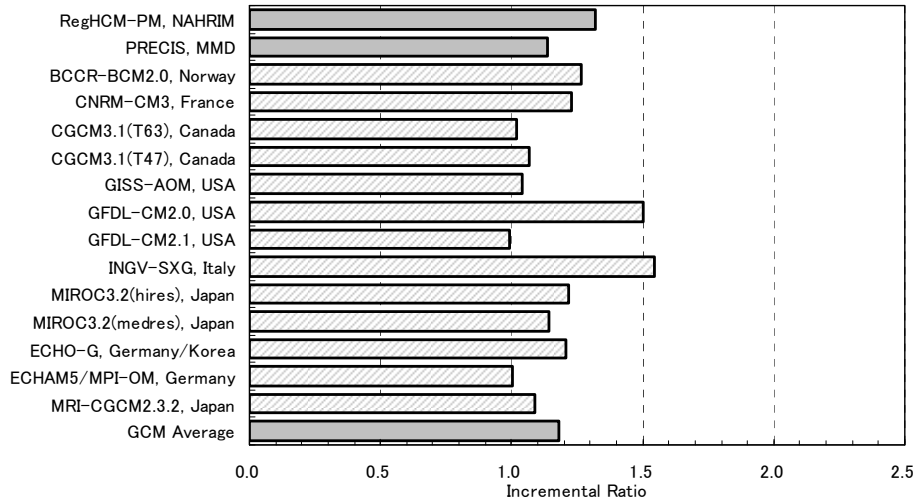


図 8.3.7 現況と比較した 10 年確率規模の 1 日雨量増加率 (2025)

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30-50%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

代替案1						
小流域	最大流量(m ³ /s)			総流出量(1000m ³)		
	現況	20%増加	30%増加	現況	20%増加	30%増加
11	11.2	14.9	16.7	26.7	36.5	41.5
12	3.5	4.4	4.8	5.4	7.1	8.0
13	11.6	14.8	16.3	38.8	51.6	58.2
Total (11+12+13)	21.7	28.6	31.9	70.9	95.3	107.7
2	15.0	19.0	20.9	31.1	41.4	46.6
3	9.3	11.8	13.1	26.9	35.8	40.3
4	14.4	19.5	22.0	80.7	110.3	125.3
5	5.3	6.9	7.7	12.7	16.9	19.1

代替案2							
小流域	最大流量(m ³ /s)			総流出量(1000m ³)			
	現況	20%増加	30%増加	現況	20%増加	30%増加	
11	12.3	16.1	17.9	45.0	60.7	68.8	
12	28.0	37.3	41.9	248.5	335.5	339.9	
13	131	11.2	14.9	16.7	26.7	36.5	41.5
	132	3.5	4.4	4.8	5.4	7.1	8.0
	133	11.6	14.8	16.3	38.8	51.6	58.2
	Total	21.7	28.6	31.9	70.9	95.3	107.7
14	15.0	19.0	20.9	31.1	41.4	46.6	
15	5.7	7.5	8.3	20.9	28.3	32.0	
16	8.3	10.5	11.6	24.9	33.1	37.3	
Total (11+12+13+14+15+16)	64.0	84.6	97.2	441.4	594.3	672.3	
2	11.3	15.1	16.8	28.8	39.1	44.3	
3	14.4	19.5	22.0	80.7	110.3	125.3	
4	5.3	6.9	7.7	12.7	16.9	19.1	

*Volume under existence of proposed 1m³/s drainage pump

表 8.3.6 は本検討で提案した調節池の容量と、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、本検討で提案した調節池は、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 調節池容量と貯留必要量

小流域	調節池容量(1,000m ³)	貯留必要量 (1,000m ³)		
		現況	20%増	30%増
11(131)*	64.6(below EL 32.0m)	26.7	36.5	41.5
12(132)*	11.8(below EL 31.0m)	5.4	7.1	8.0
13(133)*	35.8(below EL 25.5m)	22.5	30.5	34.7
2(14)*	50.5(below EL 24.0m)	31.1	41.4	46.6
3(16)*	57.3(below EL 23.0m)	26.9	35.8	40.3

*ID in alternative e2

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、Gemás River 流域においては、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

適応策の一つとして構造物対策におい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 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	
越流崩壊対策	河川区域の確保	A	将来の堤防拡張のため
	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難い

(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10%から20%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3倍から4倍増加する。さらに、立ち往生する人々の人数は10%から20%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) 対象地域周辺への対策導入

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

Gemas 洪水緩和事業に関する事業費の総括を下表に示す。事業費の算定方法については第7章に示している。

表 8.4.1 Gemas 洪水緩和事業に関する事業費

項目	詳細項目	費用 (RM 百万)	費用 (RM 百万)
		Alt. 1	Alt. 2
建設費	全体コスト	42.10	57.55
	直接費	34.87	47.66
	間接費	5.23	7.15
	雑費	2.00	2.74
用地買収費		9.82	6.15
建設費と用地買収費合計		51.92	77.37
運営費		3.63	4.46
コンサルティング費		6.74	9.21
事業費総計		62.29	72.45
維持管理費		0.21	0.27

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

建設項目	詳細	単位	数量
築堤		m ³	372,677
洪水壁		m ³	1,060
調節池-1	掘削	m ³	12,630
	排水施設設置	nos	1
	ポンプ場	nos	1
調節池-2	掘削	m ³	17,520
	排水施設設置	nos	1
調節池-3	掘削	m ³	4,000
	排水施設設置	nos	1
調節池-4	掘削	m ³	4,000
	排水施設設置	nos	1
調節池-5	掘削	m ³	52,500
	排水施設設置	nos	1
調節池-6	掘削	m ³	91,500
	排水施設設置	nos	1
河川ゲート		nos	1
樋門・樋管		nos	2

(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た。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	平均降雨日数 (2006-2009)	月	平均降雨日数 (2006-2009)
1	15	7	11
2	11	8	14
3	19	9	15
4	16	10	20
5	11	11	22
6	12	12	19
		合計	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

作業項目	日曜日	祝祭日	雨天時作業中止日	年間作業日数
土工	52	21	92	200
コンクリート工事	52	21	92	200
道路工事	52	21	92	200

(c) 作業生産性

(i) 土工

建設機械の能力については、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。この建設機械の能力に基づき、土工の建設期間を算出した。大量の土工量のため、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

土工内容	機器	作業生産性	適用
Common Excavation	Bulldozer (32t)	146 m ³ /hr	
Loading	Backhoe (1.0m ³)	104 m ³ /hr	
Hauling	Dump Truck (10t)	30.8 m ³ /hr	Distance: 0.5 km.
	Dump Truck (10t)	8.0 m ³ /hr	Distance: 8 km.
	Dump Truck (10t)	6.7 m ³ /hr	Distance: 12 km.
Grading & Compaction	Bulldozer (21ft)	100 m ³ /hr	Disposal site, Road work
Compaction of Embankment	Tamping Roller	55 m ³ /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

作業項目	日作業量	適用
Concrete Work	60 m ³ /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。

表 8.4.8 Gemas 洪水緩和事業の工事実施計画

Gemás			Year 1		Year 2				Year 3				Year 4				Year 5															
Working Item	unit	Qunacity	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		█																													
(1)Embankment	m3	372,677	█																													
(2)RC Wall	m3	1,060	█																													
(3)Regulation Pond-1			█																													
①Excavation	m3	12,630	█																													
②Outlet Structure	nos	1	█																													
③Pump Station	nos	1	█																													
(4)Regulation Pond-2			█																													
①Excavation	m3	17,520	█																													
②Outlet Structure	nos	1	█																													
(5)Regulation Pond-3			█																													
①Excavation	m3	4,000	█																													
②Outlet Structure	nos	1	█																													
(4)Regulation Pond-4			█																													
①Excavation	m3	4,000	█																													
②Outlet Structure	nos	1	█																													
(5)Regulation Pond-5			█																													
①Excavation	m3	52,500	█																													
②Outlet Structure	nos	1	█																													
(6)Regulation Pond-6			█																													
①Excavation	m3	91,500	█																													
②Outlet Structure	nos	1	█																													
(7)River Gate	nos	1	█																													
(8)Drainage Structure			█																													
(9)Site Clearance/Cleaning	L.S		█																													
Demobilization	L.S		█																													
Completion	L.S		☆																													

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 8.4.1 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。

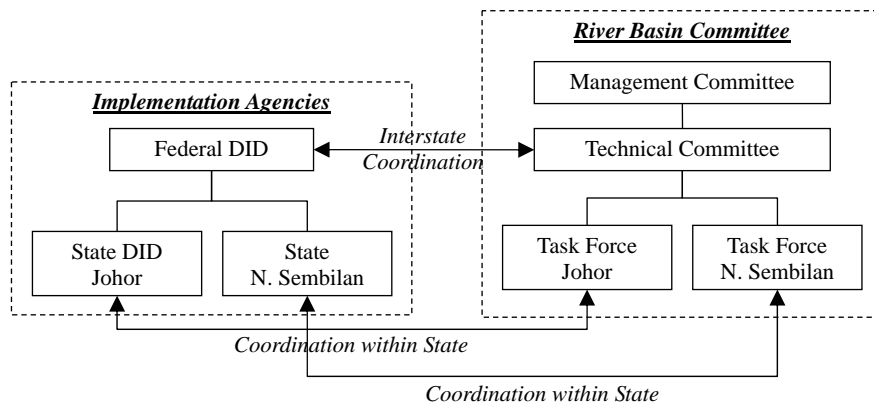


図 8.4.1 提案事業（構造物対策）の実施体制

Johor州及びNegeri Sembilan州ともに、UPENと州DIDが議長を務めるタスクフォースを設置している。タスクフォースは州政府機関の調整を行い、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 8.4.9の通りである。

表 8.4.9 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 8.4.10 非構造物対策の実施体制

戦略	対策	実施機関
I. 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
II. モニタリングシステムの強化	警報システムの改善	DID
	モニタリングシステムの普及	DID
III. 洪水ハザードマップ・ガイドライン・マニュアルの整備	洪水ハザードマップの作成および利活用	DID
	水防活動に関するガイドライン	DID
IV. 土地利用規制	農地及び森林の土地利用規制	TCPD (Federal&State), Land Office (State) Local Authority
	高床住居の奨励	Local Authority

- 洪水管理に関するキャパシティ・ディペロップメント：
 - Gemas においては、特に洪水管理としてフォワードベースや避難センターの増設が必要であり、このような施設の運営をコミュニティにおける防災活動を通じて実施していく必要がある。また、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、通常字の施設管理の面からも水防活動を計画・実施すべきである。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。対象地域においては特に Local Authority が Land Office 等のアドバイザー機関と協力して Local Plan で設定した土地利用を管理・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。
- モニタリングシステムの強化
 - 水位計やサイレンの設置は DID の所管である。
 - モニタリングシステム(inforbanjil)は連邦 DID の管轄化である。よってモニタリングシステムの普及は DID が実施すべきである。また、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、Johor州のGemmas Sub-districtとNegeri Sembilan州のGemmas 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 8.4.11 人口及び住宅／商店数の予測

	2009	2025
人 口	12,600	17,700
住 宅	2,700	3,800
商 店	900	1,300

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 8.4.12 経済的費用（代替案 1）

(単位：RM '000)

項目	経済的費用
工事費	
(a) 堤防	14,935
(b) 洪水防御壁	3,590
(c) 遊水池	8,809
(d) 可動堰	8,452
建設費計	35,787
用地費	8,344
建設管理費	3,089
コンサルティング費	5,726
初期投資計	52,945
維持管理費（1年あたり）	179

表 8.4.13 経済的費用（代替案 2）

(単位：RM '000)

項目	経済的費用
工事費	
(a) 堤防	12,258
(b) 洪水防御壁	379
(c) 掘削工	8,991
(d) ポンプ場	3,750
(e) 可動堰	22,786
(f) 水門	749
建設費計	48,914
用地費	5,228
建設管理費	3,790
コンサルティング費	7,826
初期投資計	65,758
維持管理費（1年あたり）	245

(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 8.4.14 2025 年における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	31,713,882	22,592,650	9,121,232	4,560,616	0.500	2,280,308
5	49,021,976	33,357,757	15,664,218	12,392,725	0.300	3,717,818
10	60,331,185	37,807,960	22,523,225	19,093,722	0.100	1,909,372
20	87,964,889	54,365,082	33,599,807	28,061,516	0.050	1,403,076
30	103,961,832	63,220,831	40,741,000	37,170,404	0.017	619,507
50	119,395,926	68,519,643	50,876,283	45,808,642	0.013	610,782
100	145,400,702	145,400,702	0	25,438,142	0.010	254,381
年平均被害軽減期待額			10,795,244			

(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 8.4.15 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				1,789				1,789	0	-1,789
2013	11,929	8,344	1,419	1,312				23,004	0	-23,004
2014	11,929		835	1,312				14,076	0	-14,076
2015	11,929		835	1,312				14,076	0	-14,076
2016					179			179	3,673	3,494
....
2064	2064					179			179	9,176
2065	2065					179		-5,777	-5,598	9,176
Total	35,787	8,344	3,089	5,726	8,947	23,107	-5,777	79,222	427,603	348,380

表 8.4.16 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				2,446				2,446	0	-2,446
2013	16,305	5,228	1,507	1,794				24,833	0	-24,833
2014	16,305		1,141	1,794				19,240	0	-19,240
2015	16,305		1,141	1,794				19,240	0	-19,240
2016					245			245	3,673	3,428
....
2064					245			245	9,176	8,931
2065					245		-12,355	-12,110	9,176	21,286
Total	48,914	5,228	3,790	7,826	12,229	49,420	-12,355	115,051	427,603	312,551

(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 8.4.17 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 (%)	10.71	10.29	9.90	10.27	9.81
B/C	1.09	1.03	0.99	1.03	0.98
NPV (RM '000)	3,755	1,587	-580	1,400	-956

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 8.4.18 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 (%)	8.72	8.32	7.95	8.30	7.87
B/C	0.86	0.82	0.78	0.82	0.77
NPV (RM '000)	-7,700	-10,441	-13,181	-10,056	-12,441

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について】費用が10%上昇または便益が10%下落した場合においては、EIRR、B/C、NPVの計算結果は事業が必ずしも効率的ではないことを示している。しかし、例えば、内部収益率についてみると依然として9.8%以上あるため、そうした否定的な影響は限定的である。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。これらの要因を考慮すれば、提案された事業は限定されているとはいえ効率的であるといえる。

【代替案2について】EIRR、B/C、NPVの計算結果は基本ケースにおいてさえ「効率的」と判断される水準に達していないことが示されている。しかしながら、こちらの場合も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。これらの要因を考慮すれば、提案された事業が実施可能であると判断される余地はある。

上述の、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 8.4.19 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	42,102	√	√(租税を除く)
コンサルティング費	6,736	√	√(租税を除く)
用地費	9,816	√	
建設管理費	3,634	√	
維持管理費(1年あたり)	211		

円借款について下記の条件を想定している。

表 8.4.20 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 8.4.21 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		1,895					0
2013	12,631	1,389				0.19	0.19
2014	12,631	1,389			215	0.33	215.05
2015	12,631	1,389			429	0.47	429.91
2016					644	0.61	644.77
2017					644	0.61	644.77
2018					644	0.61	644.77
2019				105	644	0.61	750.02
2020			702	182	644	0.60	1,528.90
2021			1,403	260	632	0.58	2,295.84
2022			2,105	337	608	0.55	3,050.85
2023			2,105	337	573	0.52	3,015.02
2024			2,105	337	537	0.48	2,979.20
2025			2,105	337	501	0.45	2,943.38
2026			2,105	337	465	0.42	2,907.56
2027			2,105	337	429	0.38	2,871.74
2028			2,105	337	394	0.35	2,835.92
2029			2,105	337	358	0.32	2,800.10
2030			2,105	337	322	0.28	2,764.28
2031			2,105	337	286	0.25	2,728.46
2032			2,105	337	251	0.21	2,692.64
2033			2,105	337	215	0.18	2,656.82
2034			2,105	337	179	0.15	2,621.00
2035			2,105	337	143	0.11	2,585.18
2036			2,105	337	107	0.08	2,549.36
2037			2,105	232	72	0.05	2,408.28
2038			1,403	154	36	0.02	1,593.59
2039			702	77	12	0.01	790.82
合計	37,892	6,063	37,892	6,063	9,985	9.40	53,948.44

支払額が最大になるのは2022年の3.05百万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。Johor州とNegeri Sembilan州の人口の合計は、マレーシア

国全体の15.5%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15.5%は2,213百万RMである。したがって、3.05百万RMは2,213百万RMの0.14%に相当する額に限られ、財務状況への影響は少ない。

表 8.4.22 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)

Segamat及びTampin 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に対して支援の検討する必要がある。

表 8.4.23 Segamat 及び Tampin District DID の維持管理予算

(Unit: RM '000)

District	2006	2007	2008	2009	Average
Segamat	1,660	1,735	2,184	119	1,424
Tampin	525	490	571	521	527
合計	2,185	2,225	2,755	640	1,951

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 に示している。

表 8.5.1 構造物対策による Gemas 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、河道改修、調節池、洪水壁、ポンプ場、ゲート
代替案-2	堤防、放水路、遊水池、ポンプ場、ゲート
代替案-3	構造物なし

8.5.2 環境初期調査 (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の確認

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表 8.5.2 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(Gemas)

項目	記述	
プロジェクト名	Gemas 洪水緩和プロジェクト	
社会環境	地域住民	Gemas 地区のムキムの人口は13,634人、市街地の人口はネグリシンプラン州の Gemas で2,306人、Johor州の Gemas・バルで560人である。(Population and housing census of Malaysia 2000より) 人種はマレー系、中国系およびインド系が主体であるが、Gemas ではマレー系が、Gemas バルでは中国系の人種が多い。
	土地利用	<ul style="list-style-type: none"> ほとんどは、建物が密集したエリアからなる。一部の川沿い農地が分布する。 一方、放水路沿いは、概ねパームおよびゴムの木のプランテーションからなる。
	経済/交通	<ul style="list-style-type: none"> マレーシアの国鉄である KTM は次の2つの主要路線を持っている。一つはマレーシアの東海岸沿いのタイとの国境に位置するコタバルを出発して、マレーシアの内陸を南下する路線である。もう一方は、タイの国境を通過し、クアラルンプールを通過してさらに南下する路線である。これら2つの路線は、Gemas 駅で合流する。それから、マレーシア最南端の Johor バルや国境を越えてシンガポールまで続いている。 国道1号線も Gemas 市街を通過する。このように Gemas は鉄道および交通の要所である。
自然環境	地形・地質的特性	<ul style="list-style-type: none"> Gemas 地区の地形は、川沿いの平坦面からなる。Gemas 川の左岸には3～4段の平坦面が分布する。右岸側には1～2段の平坦面が分布する。住宅地はこれらの平坦面上に造成されている。 プロジェクト地域の平坦面の標高は約33mである。 Gemas 地区の地質は、中生代三畳紀に形成された堆積岩および変成岩類からなる。 一般に平坦面の地表部は風化し、粘土化している。
	河川周辺	計画堤防建設地点付近は平坦面からなる。
	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"> 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。プロジェクト地区ではほとんどの場合、河床と最も低い平坦面の標高差が1mである。 Gemas 市街を国道が通過する。これは騒音の発生源となっているものと考えられる。しかし、顕著な騒音の発生源はない。
	上記状況に対する対応	上記に対する具体的な対応はされていない。
その他、特別な項目	付近では洪水に関する既存資料はあまりない。しかし、2006年洪水報告によると2006年の洪水時にはGemas市街で浸水が1～2週間継続したとのことである。安定した経済活動と開発のためには洪水に対する緊急の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 8.5.3 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、各環境項目に関してほぼ同等の評価であると判断される。

表 8.5.3 スコーピング結果

影響	評価		簡単な記載	
	代-1	代-2		
社会環境への影響				
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25日に実施した。
3	非自発的住民移転	B	B	代替案-1で2軒、代替案-2で1軒の住民移転が必要である。
4	雇用や生計手段等の地域経済	B	B	提案される構造物の建設に伴う農地への影響が考えられる。
5	土地利用や地域資源利用	B	B	堤防や放水路建設(代替案-2の場合)に伴って、一部の農地での土地利用に影響が起ることが考えられる。
6	社会観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	D	代替案-1の場合、1箇所の予備発電施設の移動が必要となる。
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	D	特に影響はない。
13	公衆衛生	D	D	特に影響はない。
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。
自然環境への影響				
17	地形・地理的特性	B	B	Topographical alteration can be considered.
18	土壌浸食	B	B	堤防や調節池などの建設に伴う土工や地形変化は、土壌浸食の引き金となることが考えられる。代替案-1では堤防、調節池の建設および河道改修などの土工を伴う。また、代替案-2では、堤防や放水路の建設などの土工を伴う。これらの構造物の表層部の土壌浸食や土砂流出が考えられる。
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	ほとんどの地域が住宅地などの建物が密集した地域や農地からなる。特に放水路建設予定地点は大部分がパームの森林からなる。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	高さ3mの堤防の建設は景観に影響を与えることが考えられる。代替案-1は、住宅地に近接して堤防の替わりに高さ4m程度の洪水壁が建設される。これは景観に影響を与えることが考えられる。また、住宅地の近傍に調節池が建設されるため、これも景観に影響を与える可能性がある。
25	地球温暖化	D	D	-
公害				
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CO2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。
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-2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-1では、調整池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。また、代替案-2では、放水路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。
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	B	D	代替案-1の河道改修に伴って低質の攪乱が起る可能性がある。
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。A

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: 影響は度合いは分からない(検討が必要、調査の進行に伴って影響がはっきりする)
- D: 影響はほとんど無い

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 8.5.4 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 8.5.4 スコーピング・マトリックス

プロジェクト名			ゲマス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	よる地形改変	切土、盛土、掘削、トンネル等に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新設	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				
	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・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	D											
	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				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	B									B		
	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、調査が進むにつれて明らかになる場合も十分に考慮にいれておくものとする）
 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Gemasa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に、相手国側がブ

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 8.5.5 にまとめている。

表 8.5.5 社会環境への影響

環境項目	記述		
	代替案-1	代替案-2	代替案-3
非自主的住民移転	2軒の住民移転が必要である。大規模な住民移転は発生しない。	1軒の住民移転が必要である。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	提案される構造物建設予定地点にある農地への影響が考えられる。しかしながら、雇用や生計等の地域経済に顕著な影響を与えるとは考えられない。		影響はない。
土地利用と地域資源の活用	一部の農地は、堤防建設や河道改修に伴って土地利用に変更が必要である。全体で 32.27ha 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)。	一部の農地は、堤防建設や放水路の建設に伴って土地利用に変更が必要である。全体で 61.5ha 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	1つの発電施設 (sub-power plant) の移転が必要である。	既存インフラに対する顕著な影響はない。	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 8.5.6 にまとめている。

表 8.5.6 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	堤防および調整池の建設に伴う地形変化が考えられる。	堤防および放水路の建設に伴う地形変化が考えられる。	影響はない。
土壌浸食	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。	堤防および放水路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。 t
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、生物多様性	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	4～5 mの高さの堤防ないしは洪水壁の建設は景観に影響を与える可能性がある。本代替案では、堤防、洪水壁および調整池が住宅地に近接して建設される。	4～5 m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。	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 8.5.7にまとめている。

表 8.5.7 プロジェクト実施により発生の可能性のある公害

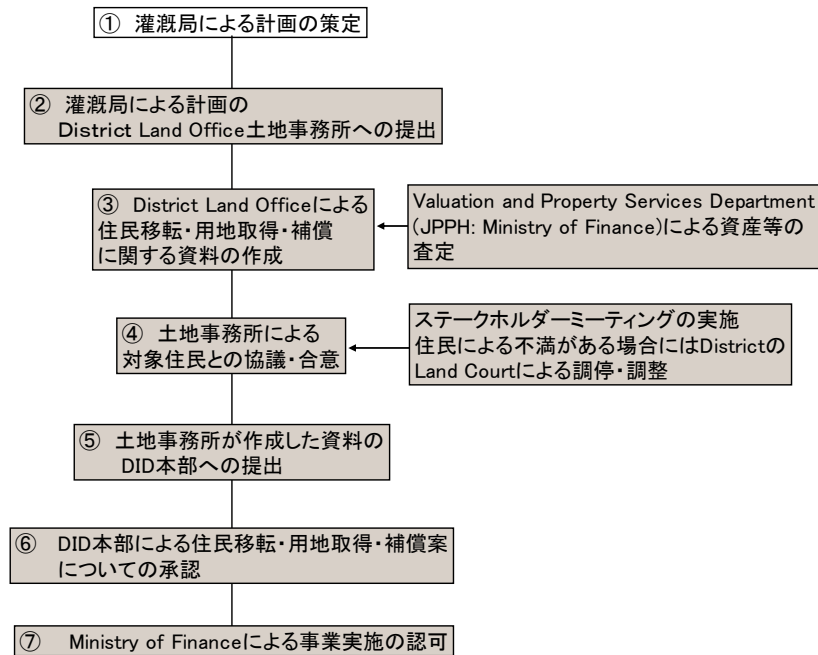
項目	記述		
	代替案-1	代替案-1	代替案-3
大気汚染	建設中の重機の使用や掘削作業に伴って埃や排気ガスが一時的に増えることが考えられる。		影響はない。
水質汚染	堤防、河道改修および調節池の建設に伴う土壌浸食による水質汚濁が建設中および建設後に発生することが考えられる。また、建設工事の油脂類の河川への流出が水質汚染の引き金となることが考えられる。プロジェクト実施による水質汚染の主な原因は土壌浸食であると考えられる。	堤防および放水路の建設に伴う土壌浸食による水質汚濁が建設中および建設後に発生することが考えられる。また、建設工事の油脂類の河川への流出が水質汚染の引き金となることが考えられる。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。本代替案の場合、調整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。本代替案の場合、放水路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。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。	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。また、本事業の実施による移転家屋数は少ないためコミュニティへの影響は小さ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・フィ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

EIA の必要性について JICA 調査団は DID と協議を行った。

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

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、それ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ように施設配置が立案されている。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 8.5.8 に示している。

表 8.5.8 社会環境への影響に対する緩和策

項目	影響	緩和策
非自発的住民移転	代替案-1：2軒 代替案-2：1軒 大規模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資産の算定を行う。それについて JPPH は妥当性の評価を行う。
雇用や生計手段等の地域経済	雇用や生計手段とうの地域経済に顕著な影響は発生しない。	影響を受けるパームやゴムの木農園については、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	堤防や放水路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	補助発電施設の移設が必要である。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。	施設の適切な移設や補償が必要である。 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 8.5.9 に示している。

表 8.5.9 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改変が考えられる。	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。

項目	影響	緩和策
土壌浸食	堤防、河道改修、放水路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。 - Protection of Wild Life Act 1972 (Act76) - National Forestry Act 1984 (Act 313) - Fisheries Act 1985 (Act 317) and Regulations 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	4～5mの高さの堤防ないしは洪水壁の建設は景観に影響を与える可能性がある。代替案-1では、堤防、洪水壁および調整池が住宅地に近接して建設される。	堤防や洪水壁と人家の距離を可能な限りとする配慮が必要である。また、堤防や洪水壁と人家の間、または堤防の斜面や調整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 8.5.10 に示している。

表 8.5.10 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。	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。 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。 - Environmental Quality (Clean Air) Regulations 1978 - Environmental Quality (Control of Emission from Diesel Engines) Regulations 1995 - Environmental Quality (Control Emission from Petrol Engines) Regulations 1995 - EHS Guideline (Environment, Health and Safety Guideline, IFC 2007)
水質汚染	堤防、河道改修および調整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。プロジェクト実施による水質汚染の主な	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池の設置・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。 工事車両や重機からの油脂類の流出を防止するために

項目	影響	緩和策
	原因は土壌浸食であると考えられる。	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。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。 - Environmental Quality (Water Pollution Control) Regulations 1998 - EHS Guideline (2007)
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。	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。土壌汚染に関する特別な法令や法規は今のところ無い。
廃棄物	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 代替案-1 および 2 では、調節池や放水路建設に伴って発生する土砂を堤防建設に転用できる。	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。
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。住宅地に近接して工事が実施される代替案-1 では騒音に関する影響は代替案-2 よりも大きい。	環境スタンダードに準拠する必要がある。夜間の工事は避けるべきである。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。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。 - The planning guidelines for Environmental Noise Limits and Control - The planning guidelines for Vibration and Control in the Environment. - Guidelines for Noise labeling and Emission Limits of Outdoor Sources - Factory and Machinery (Noise Exposure) Regulations 1970(DOSH) - Environmental Quality (Motor Vehicles Noise) Regulations 1987 - EHS Guideline (2007)
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。	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。安全看板やその他を適切な場所に設置し、注意を促す。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。

(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DOE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 8.5.11から表 8.5.13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 8.5.11 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において2軒、2において1軒の住民移転が必要である。大規模な住民移転は発生しない。	これらの影響についてのモニタリングに関する特別な標準はない。通常、地方土地事務所が影響を受ける住民に対するモニタリングを実施している。
雇用や生計手段等の地域経済	顕著な影響は発生しない。	同上

表 8.5.12 自然環境に対するモニタリング計画

項目	影響	モニタリング計画
土壌浸食	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 8.5.13 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。	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。 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。 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。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 260μm^3 of TSP ・ 全浮遊粒子(TSP): 260μm^3 ・ 窒素酸化物 as NO₂: 320μm^3 ・ 硫黄酸化物 as SO₂: 105μm^3 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。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 粒子状物質 PM_{2.5}: 10μm^3 anual mean 25μm^3 24-hour mean ・ 粒子状物質 PM₁₀: 20μm^3 anual mean

		<p>50μm^3 24-hour mean</p> <ul style="list-style-type: none"> 窒素酸化物 as No^2 : 40μm^3 annual mean 200μm^3 1-hour mean 硫黄酸化物 as SO^2 : 20μm^3 24-hour mean 500μm^3 10minute mean
水質汚染	<p>堤防、河道改修および調整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。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。</p>	<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 BOD₅ : 3mg/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 MPN 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	<p>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。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>	<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</p> <p>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) モニタリング位置および頻度

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および図 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 8.5.14には各々のモニタリング実施項目をまとめている。

表 8.5.14 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 支流の工事区間の上流
- ③ 支流と本流の合流点下流

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）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 8.5.15のように想定する。

表 8.5.15 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	1.9百万	0
防御対象地区における 50年確率以下の洪水による死者数	人	4	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。