

No.

国際協力事業団

マレーシア国
総理大臣局経済計画部

マレーシア国

総合都市排水改善計画調査

要約報告書

平成 12 年 8 月

(株) 建設技研インターナショナル
(株) パスコ・インターナショナル

社調二

JR

00-125

国際協力事業団

マレーシア国
総理大臣局経済計画部

マレーシア国

総合都市排水改善計画調査

要約報告書

平成 12 年 8 月

(株) 建設技研インターナショナル

(株) パスコ・インターナショナル

通貨換算率

時点 : 1999年5月
換算率 : 1米ドル = 3.8 マレーシア・リングgit(RM) = 121.4 円

序文

日本政府は、マレーシア国政府の要請に基づき、同国の総合都市排水改善計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成 11 年 1 月から平成 12 年 6 月までの間、3 回にわたり、株式会社建設技研インターナショナルの乙川牧彦氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

また平成 11 年 1 月から平成 12 年 7 月の間、作業監理委員会を設置し、本調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

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

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

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

平成 12 年 8 月

国際協力事業団
総裁 藤田 公朗

伝達状

国際協力事業団
総裁 藤田公朗殿

今般マレーシア国におけるマラッカおよびスンガイ・プタニを対象とした総合都市排水改善計画調査が終了致しましたので、ここに最終報告書を提出いたします。本調査は、株式会社建設技研インターナショナルおよび株式会社パスコ・インターナショナルの共同事業体が貴事業団との契約に基づき、平成11年2月より平成12年7月までの間で実施してまいりました。

本最終報告書では、二つのフェーズによる調査の結果が記述されております。第1のフェーズでは、マレーシア国の中核都市であるマラッカならびにスンガイ・プタニの西暦2020年までの排水改善を目途とした基本構想の策定を実施いたしました。また第2のフェーズでは、選定された四つの優先地区の排水改善に関するフィージビリティ調査を実施いたしました。さらにこの第2フェーズでは、総合都市排水改善を目的とした技術ガイドラインの作成も併せて実施しております。これらの調査に際しましては、マレーシア国特有の排水に係わる課題に十分留意し、それら課題を排水改善事業案の提言および技術ガイドラインの内容に反映するよう努めました。

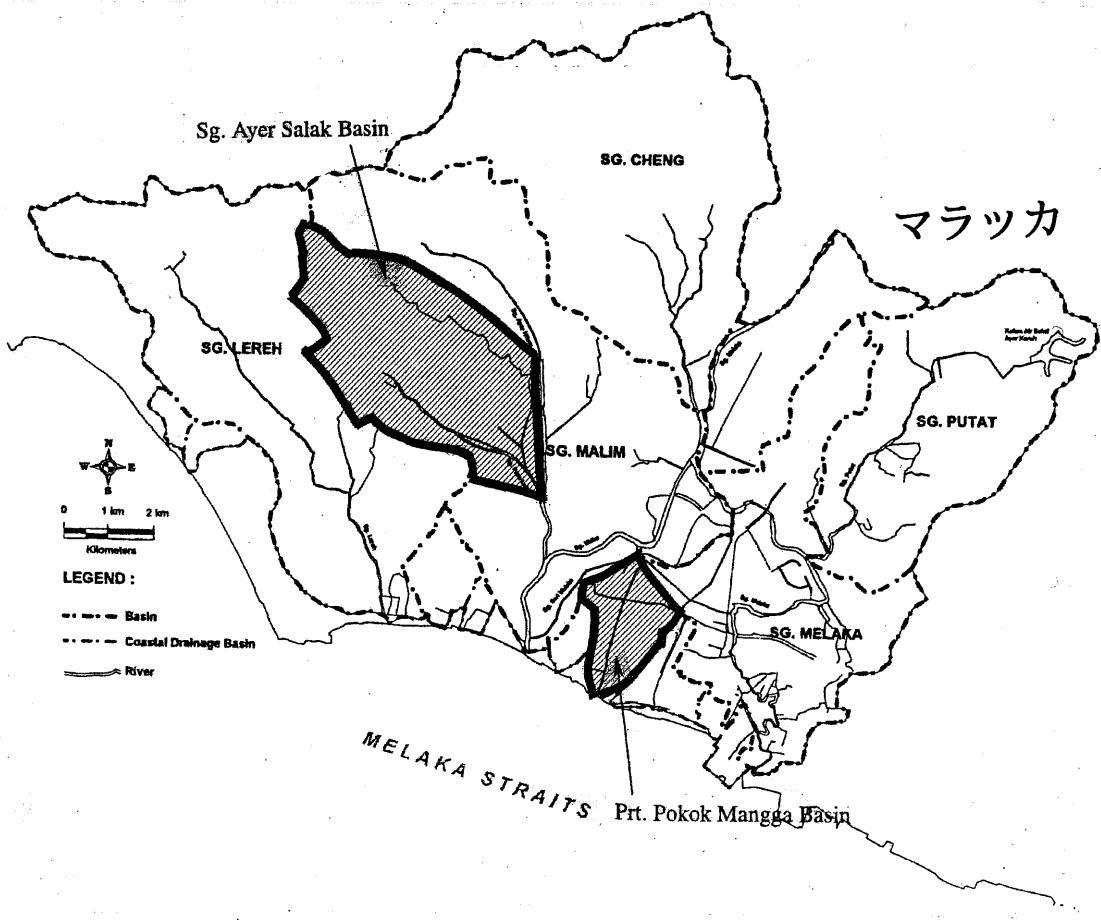
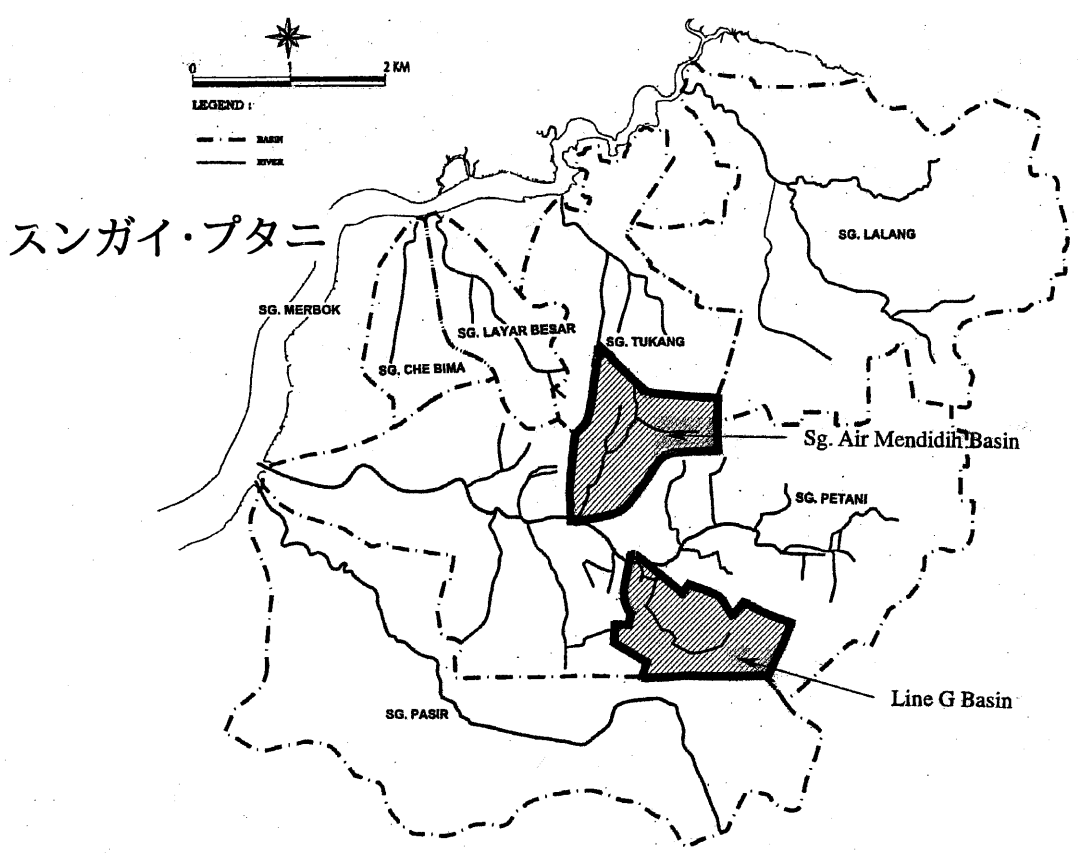
調査の実施にあたって貴事業団を始め、外務省、建設省ならびにその他日本政府関係機関に多大のご理解ならびにご助言を賜り御礼申し上げます。またマレーシア政府関係機関とりわけ総理大臣局経済計画部ならびに農業省排水灌漑部に多大のご協力を賜り深く感謝致します。

終わりに、本報告書がマレーシア国の都市排水改善に貢献できることを切に願う次第です。

平成12年8月

マレーシア国総合都市排水計画調査団
団長 乙川牧彦

優先排水区域位置図



マレーシア国 総合都市排水改善計画調査 概要

調査期間： 1999年1月 2000年7月

受入機関： 総理大臣局経済計画部
農業省灌漑排水局

1. 調査の背景

近年マレーシア国の多くの都市域では、集中豪雨的な降雨による深刻な洪水被害が増大している。都市の洪水被害は、急速な都市化がもたらす洪水流量の増大によって、拡大の一途を辿っている。

こうした洪水被害の増大に対処するため、マレーシア政府はスンガイ・プタニとマラッカという代表的な地方中核都市を選定し、総合的な都市排水計画立案に関する技術協力を日本政府に要請した。この要請を受け、日本政府は「マレーシア国総合都市排水改善計画調査」の実施を決定した。

本調査は二段階に分けて実施され、フェーズ1では西暦2020年を目標年次とした基本構想の策定、フェーズ2では優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査の実施ならびに都市排水の改善を目的とした技術的なガイドラインの作成が盛り込まれている。

2. 調査の目的

本調査の目的は次のとおりである。

- 1) 西暦2020年を目標年次とする都市排水改善に関する基本構想の策定
- 2) 優先プロジェクトのフィージビリティ調査の実施
- 3) 都市排水改善のための技術的ガイドラインの作成
- 4) 本調査を通じたマレーシア側カウンターパートへの技術移転の実施

3. 調査対象地域

調査対象地域は、スンガイ・プタニとマラッカの2地域で、それぞれ地域の中核を成す都市である。スンガイ・プタニは、ケダ州クアラ・ムダ郡(District)に位置し、対象区域は約100km²である。いっぽうマラッカは、マラッカ州マラッカ・テンガー郡に位置し、同じく対象区域は約192km²である。

4. 計画の概要

4.1 基本的アプローチ

基本構想は、西暦2020年を目標年次にした20ケ年の都市排水改善のための長期構想を立案するものである。同時に、より詳細な施設計画案とそれに基づく経済的妥当性を検討するための優先プロジェクトを選定する。この優先プロジェクトは、今後の第8次国家開発計画(2001-2005年)で実施される予定である。

対象区域の雨水排水は、急激な都市化の影響を受けて洪水流出量が著しく増大する傾向にある。一方、本調査区域の河川の大半は流下能力が極端に小さく、生起確率が1/2年の小規模洪水でさえ越水氾濫が発生する状況にある。こうした状況下で排水改善を目的に拡幅・掘削等の排水路改修を実施した場合、改修前は氾濫していた洪水流量が排水路を通じ下流河川へ集中し、河川の氾濫を助長することとなる。こうした特性を考慮すると、洪水調節池等の流域流出抑制施設の建設が地形・地質上可能な場合、これら施設により流域からのピーク流出を抑制し、排水区域内の安全度を高めるとともに下流河川へ排出量を最小限に抑える対策(いわゆる流域対策または発生源対策)が非常に重要となってくる。

4.2 計画の概要

4.2.1 基本構想(長期計画)

基本構想の中では、西暦2020年までの20年間に次のような施設の建設を提案している。

工種	単位	数量		
		スガイ・ポタ	マツカ	計
1.水路改修				
水路数		44	24	68
水路延長	km	42.0	36.5	78.5
土工	1000m ³	651.5	832.3	1,483.8
コンクリート工	1000m ³	145.2	172.0	317.2
ボックスカルバート付替		14	14	28
橋梁付替		101	57	158
2.既設調節池の改良				
調節池数		12	1	13
調節池面積	ha	18.2	2.6	20.8
流域面積	ha	802.7	61.1	863.8
土工	1000m ³	55.2	54.8	110.0
法面保護(芝張、石張)	1000m ²	394.2	33.1	427.3
コンクリート工	1000m ³	6.7	0.2	6.9
水門機器	ton	36.0	2.8	38.8
道路工	1000m ²	39.2	5.7	44.9
3.新規調節池の建設				
調節池面積	km ²	1.8	2.5	4.3
流域面積	km ²	46.0	63.6	109.6
土工	1000m ³	7,141.4	9,869.8	17,011.2
法面保護(石張)	1000m ²	410.8	567.8	978.6
法面保護(芝張)	1000m ³	1,695.0	2,942.6	4,637.6
鉄筋コンクリート構造物	1000m ³	62.4	86.2	148.6
水門機器	ton	207.0	286.0	493.0
道路工	1000m ²	512.3	708.0	1,220.3
4.公共公益施設におけるオンサイト貯留				
公共公益施設敷地面積	km ²	0.3	1.4	1.7
土工	1000m ³	80.2	422.0	502.2
底面保護(芝張り)	1000m ²	267.2	1,406.8	1,674.0
鉄筋コンクリート構造物	1000m ³	4.8	25.3	30.1
水門機器	ton	3.3	17.6	20.9

4.1.2 優先プロジェクト

以下の4排水区域(流域)を優先プロジェクトの対象区域として選定し、フィージビリティ調査を実施した。

- 1) スンガイ・アイル・メンディディ流域，スンガイ・プタニ，排水面積 3.62km²
- 2) ラインG流域，スンガイ・プタニ，排水面積 2.73km²
- 3) パリット・ポコ・マンガ流域，マラッカ，排水面積 4.71km²
- 4) スンガイ・アイル・サラック流域，マラッカ，排水面積 17.20km²

これら4流域は，高い水害危険度を有しており，早期改修を関係行政機関は強く要望している。この優先プロジェクトの概要は次表のとおりである。

工種	単位	数量				計
		アイル・メンディディ	ラインG	ポコ・マンガ	アイル・サラック	
1. 水路改修						
水路数		4	3	5	8	20
水路延長	km	4.4	3.0	10.8	15.7	33.9
土工	1000m ³	90.4	20.0	239.4	443.9	793.7
コンクリート工	1000m ³	5.9	5.3	51.0	-	62.2
ボックスカルバート付替		11	5	6	14	36
橋梁付替		8	-	10	8	26
2. 現況調節池の改良						
調節池数		-	2	-	1	3
調節池面積	ha	-	3.3	-	2.1	5.4
流域面積	ha	-	97.6	-	98.1	195.7
土工	1000m ³	-	32.7	-	12.9	45.6
法面保護	1000m ²	-	37.1	-	18.8	55.9
コンクリート工	1000m ³	-	0.4	-	0.3	0.7
水門機器	Ton	-	2.5	-	1.7	4.2
道路工	1000m ²	-	3.9	-	2.0	5.9
3. 新規調節池の建設						
調節池数		2	2	-	5	9
調節池面積	km ²	3.6	6.1	-	29.4	39.1
流域面積	km ²	139.3	394.6	-	1,176.5	1,710.4
土工	1000m ³	70.2	59.8	-	121.2	251.2
法面保護	1000m ²	31.6	58.7	-	45.2	135.5
コンクリート工(底面舗装)	1000m ³	-	0.4	-	0.4	0.8
鉄筋コンクリート構造物	1000m ³	0.3	0.5	-	1.1	1.9
水門機器	Ton	0.9	0.9	-	2.3	4.1
道路工	1000m ²	4.1	3.1	-	5.7	12.9
4. オンサイト貯留施設の設置						
貯留施設数		3	-	-	-	3
公共公益施設敷地面積	km ²	7.1	-	-	-	7.1
土工	1000m ³	28.1	-	-	-	28.1
底面保護	1000m ²	36.0	-	-	-	36.0
コンクリート工(底面舗装)	1000m ³	0.7	-	-	-	0.7
水門機器	ton	0.6	-	-	-	0.6

4.3 非構造的対策の概要

4.3.1 組織機構の確立と責任分担

都市排水改善に関する責任は、現在3レベルの政府組織、すなわち連邦政府、州政府、地方自治体で分担されている。さらに、さまざまな政府関係組織がそれぞれのレベルの下で、都市排水改善に関与している。こうした現状の下、排水改善について一貫した政策を推進するために、排水事業関係機関間の調整組織と関係組織間の役割分担を提案するものである。

(1) 連邦および州レベルにおける排水関係機関間の調整組織

以下の調整機関の創設ならびに既存調整機関の活用を提案する。

- 1) 国家河川評議会の創設（連邦政府レベル）
- 2) 既存の州計画委員会の活用（州政府レベル）
- 3) 州水管理委員会の創設（州政府レベル）

上記のうち「国家河川評議会」ならびに「州水管理委員会」は新規に創設すべき調整機関であり、それぞれ連邦および州政府レベルにおける排水事業関連機関の調整にあたりるとともに連邦レベル～州レベル間の排水事業実施指針の調整にあたる。

一方、既存の「州計画委員会」はこれまで土地の保全ならびに開発に係わる方針を策定してきた。急激な都市化による深刻な洪水流量の増加のテンポに対応した排水改善事業の実施が困難な状況にある。この問題に関し、「州計画委員会」を活用し、都市開発と排水改善事業の調整を計ることを提言する。さらに州灌漑排水局長をこの「州計画委員会」の一員として任命し、河川管理ならびに排水改善の技術的責任を負うことをあわせて提案する。

(2) 排水改善に関する分担

都市排水改善事業は排水施設の計画、設計、施工、維持管理により構成される。さらに対象となる排水施設は河川・排水路ならびに洪水調節池や各種オンサイト洪水貯留施設を含んでいる。現行の排水事業指針によればこれら多種多様の事業の主要実施は灌漑排水局および地方自治体が担当することとなっている。しかしながらこれらの実施機関の具体的な責任分担は明確とはいえず一貫した排水改善事業の実施が困難な状況となっている。この問題を解決するため以下に示す責任分担を提案する。

排水施設	計画・設計・建設	保守管理
1. 広域排水施設		
1) 河道改修	DID	DID
2) 幹線排水路	DID	DID
3) 多目的洪水調節池	DID	LA
2. 小規模排水施設		
1) 二次排水路等	LD/LA	LA
2) 道路側溝（州・国道）	PWD	PWD
3) 道路側溝（市道）	LD	LA
4) 三次排水路等	LD	LA
5) 洪水調節池	LD	LA
6) オン・サイト貯留施設	LA	LA

注：LA：地方自治体、LD：土地開発者、PWD：公共事業省

上記提案では流域全体に影響する広域排水施設に対する計画・設計・建設ならびに保守管理責任は基本的に灌漑排水局(DID)が受け持つこととしている。唯一例外として、多目的洪水調節池の保守管理に関しては、アメニティースペースを持ち地域住民の生活環境に密接した性格をもつことから地方自治体の責任として提案した。

一方、小規模排水施設に関しては、土地造成に起因して発生する排水路、洪水調節池の計画・設計・建設は受益者負担の観点から土地開発の分担責任とするが、保守管理は地方自治体の責任範囲とした。また州・国道等幹線道路の側溝は道路建設・維持管理の一部門であり、現行通り公共事業道路省の責任とした。

4.3.2 事業推進のための財源確保

排水改善事業の各段階および事業実施種別に応じ、それぞれの財源確保の方策を検討し、次表に示すような提案を行った。

排水改善事業	財源負担者	財源確保方策
1. 排水に関する政策，計画のまとめ	連邦・州政府	連邦・州政府の 開発助成金
2. 広域排水施設の実施事業	開発業者	排水負担金
3. 小規模排水施設の実施事業 (1) 二次排水路等 (2) 洪水調節池，三次排水路等 (3) 道路側溝	開発業者，受益住民 開発業者 州政府	排水改善負担金 排水整備負担金 州道路助成金
4. 洪水調節施設の設置・維持管理 (1) 現況調節池の改良，保守管理 (2) オン・サイト貯留施設の設置・保守管理	世帯主等 世帯主等	排水料金 排水料金

4.3.3 排水改善に関する法的措置

排水改善事業に必要な主な新規法律、制度として以下の項目を提案した。

(1) 開発業者により建設される洪水調節池に関するガイドラインの強化

現在のガイドラインによると、10ha 以上の土地の開発に対してのみ、開発業者は洪水調節池の建設を義務付けられている。現在の急激な開発とそれに伴う洪水流量の増大を勘案し、この基準となる 10ha を 1 ha に下げて、指導を強化することを提案した。

(2) 排水路リザーブの確保

自然遊水機能の保全や排水路に近接した土地開発を防止するため、排水路河岸より 15m の幅で、排水路リザーブを確保することを提案した。

(3) 水質汚濁の防止

水質汚濁対策は、基本的に環境局が担当している。長期的に考えると、下水道や工場排水に現在適用されている環境基準(1979 年策定)と同様に、洪水流出に対しても適用すべき水質基準の確立が必要である。さらに、洪水初期流出時に塵芥等を洗い流しそれらが洪水調節池に流入し水質悪化を引き起こしている問題が我が国を初め欧米諸国で指摘され、実際に洪水初期に調節池の SS 等の水質検査を実施している。一方、マレーシアでは調節池の水質調査は非洪水時のみ実施されている。この観点から環境局による水質モニタリングの対象を非洪水時の排水路および調節池の水質から洪水時における調節池の水質にまで広げる必要があるであろう。

(4) 適切な都市廃棄物処理の周知徹底

ほとんどの自治体は、都市廃棄物の投棄を防止するための条例等を持っている。しかし、投棄された廃棄物から原因者を特定することの困難さから、この指導を強化するのはなかなか困難である。灌漑排水局と自治体は、水質汚濁の原因となる廃棄物を適切に処理するよう、住民への教育活動を通して、周知徹底させる必要がある。

5 . 事業費

基本構想に要する事業費の内、工事費合計は 416 百万 RM(133 億円)であり年間維持管理費合計は 5 百万 RM(1 億 6 千万円)と積算される。一方、優先プロジェクトに関しては工事費合計 58 百万 RM(約 18 億 5 千万円)および年間維持管理費 84 万 RM(27 百万円)と積算される。これら積算において通貨換算率は 1999 年 5 月現在(1.00 米ドル=3.8 マレーシア・リングギット(RM) = 121.4 日本円)の値を採用しており、事業費の内訳は次のとおりである。

基本構想

【単位：百万 RM(括弧外値)、百万円(括弧内値)】

項目	スンガイ・プタニ	マラッカ	計
1. 建設費			
排水路改修	46.60 (1,489)	56.35 (1,800)	102.95 (3,289)
既存調節池の改良	5.57 (178)	0.45 (14)	6.02 (192)
新規調節池の建設	120.92 (3,863)	167.11 (5,339)	288.03 (9,202)
オンサイト貯留施設の建設 (公共公益施設)	3.05 (97)	16.04 (512)	19.09 (609)
計	176.13 (5,627)	239.95 (7,665)	416.08 (13,292)
2. 年間維持管理費			
排水路	0.20 (6)	0.22 (7)	0.42 (13)
調節池	1.93 (62)	2.67 (85)	4.61 (147)
計	2.13 (68)	2.89 (92)	5.02 (160)

優先プロジェクト

【単位：百万 RM(括弧外値)、百万円(括弧内値)】

項目	アイル・メンデ・イディ	ライン G	ホ・コ・マソカ	スンガイ・アイヤ	計
1. 建設費					
排水路改修	7.20 (230)	3.22 (103)	14.64 (468)	25.75 (823)	50.81 (1,624)
既存調節池の改良	- (-)	0.54 (17)	- (-)	0.29 (9)	0.83 (26)
新規調節池の建設	1.05 (34)	1.47 (47)	- (-)	3.23 (103)	5.75 (184)
オンサイト貯留の建設 (公共公益施設)	0.54 (17)	- (-)	- (-)	- (-)	0.54 (17)
計	8.79 (281)	5.23 (167)	14.64 (468)	29.27 (935)	57.93 (1,851)
2. 年間維持管理費					
排水路	0.04 (1.3)	0.01 (0.3)	0.05 (1.6)	0.20 (6.4)	0.30 (9.6)
調節池	0.11 (3.5)	0.10 (3.2)	- (-)	0.33 (10.5)	0.54 (17.2)
計	0.15 (4.8)	0.11 (3.5)	0.05 (1.6)	0.53 (16.9)	0.84 (26.8)

6. プロジェクト評価

提案した排水改善計画は、以下に記すように経済的ならびに環境的に実行可能である。

6.1 基本構想における財源的裏付け

連邦灌漑排水局は、次表に示すとおり最近5年間において洪水防御・排水改善に年間平均1億2,700万RM(40億4,500万円)の予算を確保しており、排水関係の機関の中で最も多額の予算を有している。

(単位 百万 RM)

	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	平均
予算額	87	99	140	141	166	127

一方、先に示したとおり基本構想において提案した排水改善施設の工事費は大きく次の4項目に分けることができる。1)排水路改修(102.95百万RM)、2)既存調節池の改良(6.02百万RM)、3)新規調節池の建設(288.03百万RM)、4)オンサイト貯留施設の建設(19.09

百万 RM) である。これらのうち 3) を除く工事費に関しては、排水改善事業として本来政府機関が負担すべきものである。また、3) は新規開発地に関連して、開発業者がそのほとんどを負担すべきものである。したがって、政府機関が負担すべき工事費は、1)、2) および 4) の項目で、総計 1 億 2,800 万 RM(約 40 億 9 千万円)となる。

本調査ではマレーシア政府との合意に基づき、基本構想を通じて提案した全ての施設の完成目標年次を西暦 2020 年に想定している。従って、それら施設の建設期間は 20 年間となる。工事費総計総計 1 億 2,800 万 RM を単年事業費に単純に換算すると 640 万 RM(約 2 億円)となり、先に述べた連邦灌漑排水局における洪水防御・排水改善の年間予算 1 億 2,700 万 RM の 5.0% に相当する。

連邦灌漑排水局が、洪水防御・排水改善のために各州へ配分する予算は、必要性に応じて決定される性格を持っており、事業実施の必要性・緊急性によって変動する。しかしながら、過去に配分された予算を勘案すると、基本構想に要する工事費は、灌漑排水局で十分負担可能な範囲内にあると判断できる。

6.2 優先プロジェクトの経済的実施可能性

提案した優先プロジェクトの経済的內部収益率(EIRR)は、次表のとおりである。

排水区域	EIRR (%)
アイル・メンディディ川	16.8
ライン G	13.8
ポコ・マンガ	25.7
アイル・サラック川	20.8
計	19.6

優先プロジェクトを構成する 4 排水区域それぞれ EIRR が機会費用である 13% を上回っており、経済的にみてこれらの排水改善プロジェクトは実施可能であると判断できる。

6.3 環境影響評価

都市排水改善基本構想の実施は、現在の常習的な水害を軽減し、さらに計画の中に盛り込まれている排水路の浚渫や既存調節池の改修は、有機汚泥を大量に含む堆積汚泥の除去に繋がり、都市域のアメニティ空間の創造や都市景観の改善にも寄与するであろう。このように、基本構想は、都市における生活条件を改善する様々な効果を有している。一方、実施に伴って、いくつかの負の影響の発生が危惧されるが、それらに対してプロジェクト実施前か実施中に適切な対策を講じる必要がある。それらを要約すると次のようである。

- 1) 家屋移転は、詳細な家屋移転計画を立てる際に、極力最小に抑えるよう最大限の努力を払うべきである。
- 2) 次のような点に留意して、水質の保全ならびに改善に取り組むべきである。
 - マレーシア国での一般汚水処理の責任組織である Indah Water Konsortium が進めている分流式下水道の処理地域の拡大により、流域全体に広がる汚濁負荷源を減少させること。

- 提案した洪水調節施設に流入する汚水やゴミによる環境悪化を防止するため、施設内に汚水が滞留しないような施設構造やゴミ除けスクリーンの設置を計画すること。
- 計画施設竣工後には、継続的かつ有効な維持管理を実施すること。
- 適切な浚渫汚泥の処分地を確保すること。

7. 結論および提言

排水改善計画に関連して次の事項を結論し提言する。

(1) 排水改善事業の基本構想と優先排水改善事業の実施

本調査区域の河川の大半は流下能力が極端に小さく、生起確率が 1/2 年の小規模洪水でさえ越水氾濫が発生する状況にある。こうした状況下で排水改善を目的に拡幅・掘削等の排水路改修を実施した場合、改修前は氾濫していた洪水流量が排水路を通じ、下流河川へ集中し、河川の氾濫を助長することとなる。従って、洪水調節池等の流域流出抑制施設の建設が地形・地質上可能な場合、これら施設により流域からのピーク流出を抑制し、排水区域内の安全度を高めるとともに下流河川へ排出量を最小限に抑えることを排水改善事業の基本構想とする必要がある。以上の特性に留意し、さらに各種排水代替案の対費用効果ならびに社会・自然環境へ影響に配慮した結果、西暦 2005 年完成目途に以下の優先地区における排水改善事業の実施を提言する。

優先排水区域	排水改善事業内容
アイル・メンディディ川	1. 幹線水路（4 水路）の水路改修 2. 公共公益施設（2 ヶ所）におけるオンサイト貯留施設の建設 3. 新規洪水調節池（3 ヶ所）の建設
ライン G	1. 幹線水路（1 水路）の水路改修 2. 新規放水路の建設 3. 既設調節池（2 ヶ所）の改良 4. 新規洪水調節池（2 ヶ所）の建設
ポコ・マンガ	1. 幹線水路（3 水路）の水路改修 2. 流域のほぼ中央付近に新川の建設
アイル・サラック川	1. 河道（1 河道）と幹線水路（2 水路）の水路改修 2. 既設調節池（1 ヶ所）の改良 3. 新規洪水調節池（5 ヶ所）の建設

(2) 既存人口密集地の排水改善を目的とした各戸貯留施設の適用

流域流出抑制施設の一手段として各戸貯留施設が挙げられる。しかしながら、この各戸貯留施設については、他の流域抑制手段である洪水調節池及び公有地のオフサイト貯留施設に比して高コストであること、世帯主等からの合意形成が困難と考えられることから、本調査での最適案からは除外している。しかしながら、水文的な洪水調節効果は認められており、さらに、当対策が家屋移転を伴わないこと、貯留した雨水が二次的水源として活用できること等の有利性も備えている。したがって、特に各戸貯留施設以外の代替対策が得られない密集市街地での排水改善に適用することを提言する。この普及に当たっては、世帯主等へのインセンティブを喚起するためにも、補助金制度の確立が肝要である。

(3) 排水施設の環境保全対策の実施

家庭等から排出される生活系の廃棄物は、汚水と同様に、表流水の主要な汚染源になっており、これらが排水施設に堆積し、重大な環境問題を引き起こす可能性がある。また水路や洪水調節池を閉塞させ従前の洪水対策機能が損なわれる可能性もある。こうした問題に対処するため、以下の環境保全対策を勧告する。

- 1) 不完全な処理の汚水の流入が想定される既成市街地を集水域に持つ洪水調節池では、ゴミ除けスクリーンを流入口に持つドライ・タイプの構造とする。このタイプは池内の水質汚濁を招かない。
- 2) 排水施設の維持管理、とくに堆積汚泥やゴミの浚渫を継続的に行う。
- 3) 工場排水の水質を制御するために、工業団地の配置計画や汚染物質を多く排出する業種に対する規制強化を実施する。
- 4) 水路浚渫汚泥は基本的にはコンポスト化、築堤材としての利用価値を高める。但し、この水路浚渫汚泥にあたっては含有される毒性物質の検査を実施し、毒性物質が検出された場合、毒性処理のライセンスを有する企業が浚渫汚泥の処理を行う。

(4) 洪水調節池におけるアメニティ空間の利用ならびに湿地帯の保全

洪水調節池の形式として、晴天時に湛水を許容しない形式(ドライ・タイプ)、晴天時にも湛水を許容する形式(ウェット・タイプ)および自然遊水地形式(ウェットランド)の3形式を提案する。これらの内ウェット・タイプは調節池を常時湛水させ、湛水面周辺にアメニティ空間を創造することができ、多目的利用を可能とする。さらに、ドライ・タイプについても、池底の晴天時の利用が可能となる。さらに、ウェットランドは、現況の湿地等の自然遊水機能を人為的に保全しようとするもので、最小限の施設(放流施設や囲み堤)を計画し、自然の状態を保全しようとするものである。以上洪水調節池による創出されるアメニティ空間とそれに対応した施設は、都市環境の改善に大きく寄与するものと期待できる。さらに、ウェットランドは自然遊水機能の保全と生態系の保全可能にするものであり、こうした方策を今後積極的に導入すべきである。

(5) 連邦および州レベルにおける関係機関間の調整組織の創設

連邦制の政治形態を採るマレーシアでは一貫した排水事業改善を可能にするために、連邦政府レベルならびに州政府での関係機関の調整が必要であり、以下の調整機関の創設ならびに既存調整機関の活用を提言する。

1) 国家河川評議会の創設(連邦政府レベル)

マレーシア国では連邦灌漑排水局を事務局とし、河川管理に係わる国家指針を定める国家河川評議会が最近提案されている。この国家河川評議会を創設し、連邦政府レベルでの最も適切な排水改善について国家指針の調整を計る。

2) 既存の州計画委員会の活用（州政府レベル）

現在各州政府には土地の保全ならびに開発に係わる方針を策定する州計画委員会が存在する。一方、急激な都市化に伴い洪水流量の増加が著しく、これに対応した排水改善事業の実施が困難な状況にある。この問題に対処するため、州計画委員会を活用し、都市開発と排水改善事業の調整を計る。さらに州灌漑排水局長をこの州計画委員会の一員として任命し、河川管理ならびに排水改善の技術的責任の所在を明確にする。

3) 州水管理委員会の創設（州政府レベル）

マレーシア国では州レベルの河川管理ならびに都市排水に関連する政府機関間の調整機関として州水管理委員会が最近提案されている。この州水管理委員会を創設し、州府レベルでの最も適切な排水改善について指針の調整を計る。さらに同委員会は上記の国家河川評議会との調整を通じて、連邦政府と州政府との間で一貫した排水改善政策を採るよう努める。

(6) 灌漑排水局と自治体との責任分担の明確化

都市排水改善事業は排水施設の計画、設計、施工、維持管理により構成される。さらに対象となる排水施設は河川・排水路ならびに洪水調節池や各種オンサイト洪水貯留施設を含んでいる。現行の排水事業指針によればこれら多種多様の事業の主要実施は灌漑排水局および地方自治体が担当することとなっている。しかしながらこれらの実施機関の具体的な責任分担は明確とはいえず一貫した排水改善事業の実施が困難な状況となっている。この問題を解決するため以下に示す責任分担を提言する。

排水施設	計画・設計・施工	維持管理
1. 広域排水施設		
1) 河道改修	DID	DID
2) 幹線排水路	DID	DID
3) 多目的洪水調節池	DID	LA
2. 小規模排水施設		
1) 二次排水路等	LD/LA	LA
2) 道路側溝（州・国道）	PWD	PWD
3) 道路側溝（市道）	LD	LA
4) 三次排水路等	LD	LA
5) 洪水調節池	LD	LA
6) オン・サイト貯留施設	LA	LA

注：LA：地方自治体、LD：土地開発者、PWD：公共事業省

(7) 地方自治体の人的資源不足の解消

上記のとおり、地方自治体は灌漑排水局とならび排水改善事業の主要事業実施機関となる。しかしながら、地方自治体では深刻な排水技術者の人的不足に悩まされており、自治体の中に組織として排水部すら存在しない状況にある。このような人的資源の不足解消を目的とした実際的なプログラムの検討を関係機関が実施することを提言する。

マレーシア国 総合都市排水改善計画調査

要約報告書

目次

第1章	緒言	1
1.1	調査の背景	1
1.2	調査の目的	1
1.3	調査対象地域	1
1.4	調査実施体制	2
1.5	調査工程	2
第2章	基本構想	3
2.1	調査対象地域の現況ならびに将来予測	3
2.1.1	社会経済状況	3
2.1.2	地形	4
2.1.3	土地利用	4
2.1.4	排水状況	5
2.1.5	水文	5
2.1.6	洪水被害	6
2.1.7	土壌条件および浸透能	6
2.1.8	環境	7
2.2	都市排水改善基本構想	7
2.2.1	基本計画フレーム	7
2.2.2	排水改善のための個別対策	7
2.2.3	代替案の作成	8
2.2.4	最適案の検討	8
2.2.5	基本構想における工事数量	10
2.2.6	河川対策	11

2.3	非構造物的対策	12
2.3.1	組織機構の確立と責任分担	12
2.3.2	事業推進のための財源確保	15
2.3.3	排水改善に関する法的措置	15
2.4	基本構想に対する評価	17
2.4.1	概算工事費	17
2.4.2	財源的裏付け	17
2.4.3	環境評価	19
第3章	フィージビリティ調査	21
3.1	緒言	21
3.2	優先区域の現状と将来予測	21
3.2.1	土地利用	21
3.2.2	地形および排水状況	22
3.2.3	水文	23
3.2.4	環境	24
3.3	優先プロジェクトの概要	24
3.3.1	排水改善計画の基本構成	24
3.3.2	計画施設の概要	25
3.3.3	概算事業費	29
3.3.4	実施計画	30
3.4	プロジェクト評価	30
3.4.1	経済評価	30
3.4.2	財務評価	31
3.4.3	環境影響評価	33
第4章	提言および結論	35
4.1	構造物対応による排水改善	35
4.1.1	排水改善事業の基本構想と優先排水改善事業の実施	35

4.1.2	既存人口密集地の排水改善を目的とした各戸貯留施設の適用	36
4.1.3	排水施設の環境保全対策の実施	36
4.1.4	洪水調節池におけるアメニティー空間の利用ならびに湿地帯の保全	37
4.2	非構造物対応による排水改善	38
4.2.1	連邦および州政府レベルにおける調整組織の創設	38
4.2.2	排水改善事業実施に係わる責任分担の明確化	39
4.2.3	地方自治体の人的資源不足の解消	39

付表一覧

表 2-1	浸水常習地域における浸水状況	T-1
表 3-1	現況土地利用	T-2
表 3-2	2020 年における土地利用予測結果	T-4
表 3-3	排水改善のための代替案一覧と最適案の選定結果	T-6
表 3-4	優先プロジェクトの工事費配分計画	T-7

付図一覧

図 2-1	現況土地利用	F-1
図 2-2	将来土地利用	F-3
図 2-3	浸水常習地帯位置図	F-5
図 2-4	各戸貯留システム概念図	F-10
図 2-5	公共公益施設のオンサイト貯留概要図	F-11
図 2-6	洪水調節池概要図	F-12
図 2-7	計画遊水地候補サイト位置図	F-13
図 2-8	都市排水改善のために提案された組織枠組み	F-15
図 3-1	アイル・メンディディ川排水区域の現況土地利用	F-16
図 3-2	アイル・メンディディ川排水区域の 2020 年時点の土地利用予測結果	F-17
図 3-3	ライン G 排水区域の現況土地利用	F-18

図 3-4	ライン G 排水区域の 2020 年時点の土地利用予測結果	F-19
図 3-5	ポコ・マンガ排水区域の現況土地利用	F-20
図 3-6	ポコ・マンガ排水区域の 2020 年時点の土地利用予測結果	F-21
図 3-7	アイル・サラック川排水区域の現況土地利用	F-22
図 3-8	アイル・サラック川排水区域の 2020 年時点の土地利用予測結果	F-23
図 3-9	アイル・メンディディ川排水区域の排水現況	F-24
図 3-10	ライン G 排水区域の排水現況	F-25
図 3-11	ポコ・マンガ排水区域の排水現況	F-26
図 3-12	アイル・サラック川排水区域の排水現況	F-27
図 3-13	氾濫計算による浸水予想区域	F-28
図 3-14	アイル・メンディディ川排水区域の排水改善計画最適案	F-32
図 3-15	ライン G 排水区域の排水改善計画最適案	F-33
図 3-16	ポコ・マンガ排水区域の排水改善計画最適案	F-34
図 3-17	アイル・サラック川排水区域の排水改善計画最適案	F-35
図 3-18	計画水路改修法線及び標準断面 (アイル・メンディディ川排水区域)	F-36
図 3-19	既存洪水調節池の改良案 (タマン・スリ・ワン調節池、スンガイ・プタニ)	F-42
図 3-20	既存洪水調節池の改良案 (タマン・クラヂ調節池、スンガイ・プタニ)	F-43
図 3-21	既存洪水調節池の改良案 (ブキット・ランバイ調節池、マラッカ)	F-44
図 3-22	洪水放流構造物概要	F-45
図 3-23	洪水調節池標準流入・出構造図	F-46
図 3-24	新規洪水調節池設計図 (アイル・メンディディ川排水区域)	F-47
図 3-25	新規洪水調節池設計図 (ライン G 排水区域)	F-49
図 3-26	新規洪水調節池設計図 (アイル・サラック川排水区域)	F-50
図 3-27	プラット・ホーム・レベルの嵩上げ (アイル・メンディディ川排水区域)	F-55
図 3-28	優先プロジェクトの実施計画	F-59

第1章 緒言

1.1 調査の背景

近年マレーシア国の多くの都市域では、集中豪雨的な降雨による深刻な洪水被害が増大している。都市の洪水被害は、急速な都市化がもたらす洪水流量の増大によって、拡大の一途を辿っている。

マレーシア国灌漑排水局(D I D)さらには関係機関は、都市排水の整備に向けて、数々の計画を立案し、対策を実施している。現在まで水路改修が主要な対策として採られており、これのみでは都市排水状況の改善がなかなか進まないのが現状である。こうした洪水被害の増大に対処するため、マレーシア政府はスンガイ・プタニとマラッカという代表的な地方中核都市を選定し、総合的な都市排水計画立案に関する技術協力を日本政府に要請した。

この要請を受け、日本政府は「マレーシア国総合都市排水改善計画調査」の実施を決定した。本調査は二段階に分けて実施され、フェーズ1では西暦2020年を目標年次とした基本構想の策定、フェーズ2では優先プロジェクトに対するフィージビリティ調査の実施ならびに都市排水の改善を目的とした技術的なガイドラインの作成が盛り込まれている。

1.2 調査の目的

本調査の目的は次のとおりである。

- 1) 西暦2020年を目標年次とする都市排水改善に関する基本構想の策定
- 2) 優先プロジェクトのフィージビリティ調査の実施
- 3) 都市排水改善のための技術的ガイドラインの作成
- 4) 本調査を通じたマレーシア側カウンターパートへの技術移転の実施

1.3 調査対象地域

調査対象地域は、スンガイ・プタニとマラッカの2地域で、それぞれ地域の中核を成す都市である。スンガイ・プタニは、ケダ州クアラ・ムダ郡(District)に位置し、対象区域は約100km²である。ここでは、スンガイ・プタニ、スンガイ・ララン、スンガイ・トゥカン、スンガイ・パシル、スンガイ・チェビマおよびスンガイ・ラヤル・ブサールの6河川流域が対象となる。これらの河川はすべて、マラッカ海峡に注ぐスンガイ・メルボックの支川である。

いっぽうマラッカは、マラッカ州マラッカ・テンガー郡に位置し、同じく対象区域は約192km²である。ここでは、スンガイ・マラッカ、スンガイ・マリムおよびスンガイ・レレの3河川流域が対象となり、これらすべてが、それぞれマラッカ海峡に注いでいる。

なお、スンガイとは河川を意味するマレイ語であるため、以下ではスンガイをはずし、例えばプタニ川等と呼ぶことにする。地名のスンガイ・プタニは、この限りではない。

1.4 調査実施体制

日本国政府は、調査の実施を国際協力事業団に委ね、事業団は調査実施のための調査団ならびに作業監理委員会を組織した。調査団は9名の専門家から成り、作業監理委員会による助言を受けながら調査を実施した。いっぽう、マレイシア国政府は、灌漑排水局をカウンター・パート機関に指名し、さらに同国関連政府機関から成るステアリング・コミティーとテクニカル・コミティーを構成し、調査に対する助力および成果に対する評価・提言を行った。

1.5 調査工程

調査は1999年2月に開始され、2000年5月にすべての作業等が終了した。次図は、その間の工程を示したものである。

年月	1999												2000							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
現地調査		■	■	■	■	■			■	■	■	■					■			
国内作業	□													□						□
フェーズ	←			フェーズ			→			←					フェーズ					→
報告書		▲					▲	▲						▲				▲		▲
		IC/R					PR/(1)	IT/R						PR/(2)				DF/R		F/R

IC/R：インセプション・レポート PR：プログラズ・レポート IT/R：インテリム・レポート

DF/R：ドラフト・ファイナル・レポート F/R：ファイナル・レポート

第2章 基本構想

2.1 調査対象地域の現況ならびに将来予測

2.1.1 社会経済状況

近年のマレーシア経済の発展は、第7次国家経済計画(1996-2000年)において、年平均GDPの伸び率8.7%という高い伸びを示している。こうした国家経済の発展は、調査対象地域であるケダとマラッカの両州においても同様である。ケダ州は9.9%、マラッカ州は9.2%という伸びである。両州では、第1次産業依存から第2次・第3次産業へと、経済構造の転換が急速に図られている。こうした経済発展の原動力は、製造業、建設業およびサービス部門に依っている。

スンガイ・プタニの調査対象地域は、ケダ州の経済発展地域に位置している。当地域は、国道1号線、半島を南北に貫く高速道路および鉄道といった交通の要衝である。さらに、バターワースの国際港、ペナン島とアロースターといった輸送基地に近く、その利便性を享受できる地の利を得ている。運輸交通の利便性ばかりでなく、ペナン島の工業発展に伴い、その余波を受けて、当地域は発展してきたといっても過言ではない。当地域は、ケダ州南部全体がそうであるように、ペナン島に比べて、低廉な地価と労賃を提供することができるため、競争力が強く、海外の投資家に魅力のある土地である。

マラッカの調査対象区域は、マラッカ・テンガー郡に位置している。当郡は道路網と工業団地がよく整備された地域として、投資家によく知られているため、マラッカ州の中で開発拠点となっている。2010年までにマラッカ州を工業化するという基本政策と歩調を合わせ、調査対象区域には活発な工業投資がなされている。また調査対象区域は、州の主要な商業中心地でもある。

スンガイ・プタニとマラッカの両調査対象地域は、州の経済発展の核としての地理的好条件から、人口の増加が著しい。次表は両調査対象区域の人口ならびに産業従事者の将来予測結果である。

項目	現在	2010年	2020年
<u>スンガイ・プタニ</u>			
人口	173,727人	277,000人	372,000人
工業従事者人口	23,000人	46,000人	63,000人
商業従事者人口	23,000人	52,000人	79,000人
<u>マラッカ</u>			
人口	332,453人	500,000人	594,000人
工業従事者人口	52,000人	99,000人	120,000人
商業従事者人口	54,000人	102,000人	123,000人

2.1.2 地形

調査対象地域の地形は、低平地と丘陵地に大別できる。一般に、河川は丘陵地に源を発し、低平地を流れ、最終的にメルボック川ないしマラッカ海峡に注いでいる。河川の沖積作用は、河川沿いに厚い沖積土を堆積させるとともに、低平地を形づくっている。

旧市街地は、河川下流部の低平地に立地しており、いっぽう開発は上流部の丘陵地で急速に進められている。数々の湿地帯が低平地に散在しており、こうした地域の一部は水田として利用されている。この湿地帯もいずれ開発され、住宅地域、商業地域や工業地域に変えられる予定である。

2.1.3 土地利用

スンガイ・プタニとマラッカは、ともに、多くの大規模開発プロジェクトが導入され、急速な土地開発が行われている。スンガイ・プタニでは、既成市街地がすでに調査対象地域の約 50%を占めており、2020 年にはほぼ全域が市街化されると予測される。いっぽうマラッカの調査対象地域は、未だに約 70%が未市街地であり、2020 年においても 25%の未市街地が残ると予測される。しかし、この残存が予測される未市街地の約 80%は、2020 年以降も引き続き開発されるであろう区域として分類されている。両調査対象地域の土地利用の現況ならびに将来予測は、次のとおりである(図 2-1 参照)。

土地利用区分	スンガイ・プタニ				マラッカ			
	現況		2020		現況		2020	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
1. 市街地								
1.1 住宅地	2,758	27.4	5,130	51.0	3,007	15.7	8,255	43.1
1.2 商業地	245	2.4	1,111	11.0	246	1.3	649	3.4
1.3 工業地	853	8.5	1,350	13.4	1,221	6.4	2,818	14.7
1.4 公共・公益地	634	6.3	647	6.4	556	2.9	1,066	5.6
1.5 レクリエーション	103	1.0	622	6.2	236	1.2	743	3.9
1.6 道路	415	4.1	938	9.3	518	2.7	868	4.5
小計	5,008	49.8	9,798	97.3	5,784	30.2	14,399	75.2
2. 未市街地								
2.1 自然地	601	6.0	266	2.6	563	29.3	265	1.4
2.2 農業地	4,359	43.3	0	0.0	9,233	48.2	3,811	19.9*
2.3 その他	97	1.0	0	0.0	3,577	18.7	682	3.6
小計	5,057	50.2	266	2.6	13,373	69.8	4,758	24.9
合計	10,063	100.0	10,063	100.0	19,157	100.0	19,157	100.0

*：将来開発予定地

2.1.4 排水状況

調査対象地域において、集水区域面積 4 km² 未満の水路を幹線排水路、4 km² 以上の水路を河川と慣用的に定義する。これには、もちろん例外も含まれる。この定義に従うと、現存水路のうち 70 本が幹線排水路、7 本が河川に分類できる。

こうした幹線排水路のうち、約 90% が 2 年確率相当以下の流下能力しか持たず、5 年確率相当以上の流下能力を有する幹線排水路は全体の 10% に満たない現状である。このように、幹線排水路の流下能力が非常に低いため、年に数回の氾濫・湛水が発生している。

さらに、既存の 21 基の洪水調節池(スンガイ・プタニで 20 基、マラッカで 1 基)は、その約半数が 5 年確率降雨に対して有効な調節容量を持っていることが現地調査等から明らかにされた。しかし、流入・放流施設の計画設計および維持管理に問題があり、これらがうまく機能していないため、非洪水時に湛水しており、洪水調節容量の減少に繋がっている。さらに、非洪水時に家庭雑排水等の汚水の流入を受け入れているため、湛水した水の悪臭や汚泥の堆積により、環境面でも問題が生じている。

幹線排水路は、主として次のような河川に流入している。スンガイ・プタニでは、ラン川、トゥカン川、プタニ川およびパシル川の 4 水系、マラッカでは、レレ川、マリム川およびマラッカ川の 3 水系である。マリム川とマラッカ川を除く河川は、ほとんど河川改修が実施されておらず、自然河川に近い状態で、さらに感潮区間の堤防は、ほとんどが朔望平均満潮位以下の高さしかない状態である。こうした状況のため、ほとんどの河川の流下能力は極めて低く、2 年確率程度の洪水に対しても溢水氾濫を起こす程度である。深刻な洪水は、通常、満潮と洪水がぶつかった時に発生している。

本格的な河川改修は、マリム川とマラッカ川で実施されているのみである。マリム川では、本川下流ならびに支川アイル・サラック川が改修されており、5 年から 100 年確率相当の流下能力を有している。マラッカ川の下流部も、河川改修とともに放水路(マリム川)の建設により安全度が向上しており、ほぼ 50 年確率に相当する整備水準となっている。

2.1.5 水文

今後の急激な都市化は、流域の降雨流出機構に多大な影響を及ぼすものと考えられる。この観点から、都市化による洪水流出への影響を十分な精度で評価できる準線形貯留型モデルを採用し、これを用いて洪水流量を算定した。この結果、とくにラン川、チェ・ビマ川、チェン川およびマラッカ川(マリム川との分派点より上流)の各流域で、洪水流量の増加が著しい。これらの流域は、既成市街地の外縁部に位置しており、今後の急激な開発が見込まれている地域である。次表は、5 年確率洪水の推算結果である。

スンガイ・プタニ			マラッカ		
流域名	最大流出量 (m ³ /s) *1		流域名	最大流出量 (m ³ /s) *1	
	現況	2020		現況	2020
1. ララン	209	393(+88%)	1. レレ	172	299(+74%)
2. トウカン	81	91(+12%)	2. マリム	261	538(+106%)
3. ラヤ・プサール	62	69(+11%)	3. チェン	184	333(+81%)
4. チェ・ピマ	33	78(+136%)	4. プタット	171	192(+12%)
5. プタニ	259	277(+7%)	5. マラッカ(1)*2	221	408(+85%)
6. パシル	194	231(+19%)	6. マラッカ(2)*2	211	262(+12%)

*1：各河川の最下流端における5年確率の最大流出量

*2：マラッカ(1)は分流堰より上流、マラッカ(2)は分流堰より下流

2.1.6 洪水被害

調査対象地域内の水害常習地域は表 2-1 および図 2-3 に示すとおりである。こうした水害は、現地踏査等から、次のような要因によることが明らかとなった。

- 1) 現在の排水路・河川の流下能力ならびに洪水調節池の洪水調節機能は、前述のように極めて不十分である。
- 2) 上流部における開発は洪水流出量の増大を引き起こし、ひいては下流低平地の水害を激化させている。
- 3) 低平地や窪地といった地形的に水捌けの良くない場所で、水害が発生している。

2.1.7 土壌条件および浸透能

スンガイ・プタニとマラッカでは、低平地(海岸平野)と丘陵地ともに土壌の構成要素が非常に似通っている。海岸平野では、透水性の低い未固結の砂混じり粘土が、土壌を主として構成している。さらに、海岸平野では地下水位が高く、標高-0.3 から 1.2mに達している。これら透水性の低さと高い地下水位によって、当地域に降った豪雨は地下に浸透しづらいという特性を有している。

いっぽう、丘陵地の大部分は、ラテライト土壌でできており、この土壌は、高い空隙率と大きめの細孔構造によって、高い浸透能を有している。しかし、ラテライト土壌の層厚は、スンガイ・プタニで1m以下、マラッカで1-2mと比較的薄い。表層のラテライト土壌の下には、多色彩の層や淡い色の層が認められ、これらは塊状構造を示し、粘土・シルトによって形成されているため、透水性は低い。現在丘陵地での開発は、表層のラテライト土壌を剥ぎ取り、下位のこうした不透水層を露出させながら進められており、豪雨後には、地面に多くの水たまりを発生させている。

2.1.8 環境

河川ならびに幹線排水路の流水，さらには洪水調節池に溜まっている水は，かなりの程度汚染が進んでいる。とくにプタニ川の河川水の汚濁が深刻であり，その水質は INWQ(水質指標)のクラス III に該当している。主要な汚濁源は，ゴミ，家庭の浄化槽からの排水，工場から排水および栄養塩を含んだ農業排水である。洪水調節池に湛水した汚水は，藻やホテイアオイの繁殖を促している。こうした汚濁水は，幹線排水路や河川に有機物汚濁をもたらし，結果として水系全体の水質を悪化させているのが現状である。

2.2 都市排水改善基本構想

2.2.1 基本計画フレーム

都市排水改善基本構想は，西暦 2020 年を目標年次として，この時点の土地利用予測をもとに，5 年確率相当の洪水に対して安全な対策を立案する。これら計画条件のうち，目標年次は事前調査段階におけるマレイシア政府との合意に基づく事項である。いっぽう，計画規模については，マレイシアの排水計画事例や諸外国の整備事例を参考にして決定した。

2.2.2 排水改善のための個別対策

排水改善対策は，排水路改修による流下能力の増強(洪水の早期排出)か，あるいは洪水調節施設による洪水貯留(発生源対策,流域対策)により実施することができる。さらに，洪水調節施設による洪水貯留は，下流河川の洪水流量をも低減させるため，流域全体の水害軽減にも寄与できる。しかしながら，洪水調節施設は地形的な制約からその可能貯留容量に限界があるため，排水路改修なしでは計画排水目標を達成することは事実上困難である。こうした観点から，次のような対策の組み合わせが考えられる。

排水改善策	説明
1. 排水路改修	水路改修は水路法線の修正, 拡幅, 河床掘削を行う。
2. 既設調節池の改良	既設調節池の中で, 改良する 13 の調節池を選定し, 洪水調節機能を最大限活用する。
3. 新規洪水貯留施設の建設	
(1) 各戸貯留	横に小さな排水口の開いた貯留タンクを各戸に設置し, 屋根からの雨水を集め, タンクからの排水量を調節する。標準的な設備は屋根面積 100m ² , 敷地 200m ² の家屋に対し, 2 m ³ の貯留量を持たせる。(図 2-4 参照)
(2) オンサイト貯留 (公共公益施設)	公共施設のオープンスペースを高さ 30cm の低い壁と排水路で囲み, 公共施設内の雨を排水口に集め, オープンスペースからの排水量を調節する。標準的な施設は貯留スペース 4,000m ² を含む公共施設 20,000m ² につき, 1,200m ³ の貯留量を持たせる。(図 2-5 参照)
(3) 洪水調節池	調節池は新規開発地の下流端に建設し, その地区の洪水流出を調節する。標準的な施設は, 土地開発 10ha につき 4,000m ³ の貯留量を持たせる。(図 2-6 参照)

2.2.3 代替案の作成

前出の表に示した三種類の洪水調節施設のうち、各戸貯留施設は他に比して容量が小さいが、既存の家屋に設置することができる。したがって、新規の開発地よりも、むしろ既成市街地に有利な対策といえる。

公共公益施設におけるオンサイト貯留施設は、三者のうち中間的な容量を持っており、用地費が不要なことから廉価な工事費で設置できる利点があるが、いっぽう校庭や駐車場といった一定の広がりを持つ公共公益施設に対して設置可能であるため、場所的な制約を受けざるを得ない。

洪水調節池については、最も大きな容量を確保できるが、広い用地の確保・購入も必要となる。現在のマレーシアのガイドラインによると、10ha以上の土地を開発する業者は、洪水調節池を設置することが義務づけられている。過去の開発資料をもとに、過去の開発動向を調査してみると、10ha以上の開発規模の区域は、全開発区域のほぼ80%を面積的にカバーしていることがわかった。したがって、今後、開発が同様な傾向で進むとすると、全開発面積の80%に相当する区域に洪水調節池が設置されるであろうと推定できる。

こうした洪水調節施設の特性を考慮し、排水路改修と種々の洪水調節施設の組合せから成る次のような代替案を設定した。

洪水調節施設	対象地区	対象地区を対策がカバーする比率					
		代替案 1	代替案 2	代替案 3	代替案 4	代替案 5	代替案 6
各戸貯留	既成住宅地	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	100 %
オンサイト貯留 (公共公益施設)	計画公共施設	0 %	0 %	100 %	0 %	100 %	100 %
洪水調節池	計画市街地 (公共施設を除く)	0 %	50 %	50 %	80 %	80 %	80 %

注：各代替案は基本的に排水路の改修、既設調節池の改良を前提としている。

2.2.4 最適案の検討

上記の6代替案の比較検討を行い、以下の観点から代替案5を最適案として選定し、これを都市排水改善の基本構想とする。

(1) 下流の河道への影響が最も少ないこと

洪水調節施設の普及無しに、排水路改修を積極的に進めれば進めるほど、従来小さな水路に沿って遊水していた洪水を集めてくるために、下流河道への洪水の集中を促し、洪水流量は増大の一途を辿る。さらに宅地開発の進行は、洪水到達時間や流出率等の流域の流出機構を変え、同じく洪水流量を増大させる。現実問題として、こうした洪水流量の増大

が危惧されるにも拘らず、下流の河道のほとんどは極めて低い流下能力しか持たず、流下能力を増強する対策を即座に実施することは実質的に困難な状況にある。

こうした河道および急激な宅地開発の進行を勘案すると、最適案選定の最も重要な要素は、排水改善計画は洪水流量の増加を最小限に抑え、下流河道の負担を最大限に軽減する方策を採ることであると判断できる。

水文解析結果によると、オンサイト貯留施設と洪水調節池は、洪水流量の低減にかなりの効果があることが認められる。いっぽう、各戸貯留施設は、オンサイト貯留施設と洪水調節池に比べ洪水調節効果がそれ程大きくなく割高であり、また世帯主からの合意形成が困難であると考えられる。この結果、代替案5が下流への影響を最も効果的に減少させる方策であると判断できる。

5年確率洪水による現況と将来(2020年)の洪水流量の変化と、選定した代替案5による低減効果を次表に示す。

(単位：m³/s)

流域名	現況	2020年	
	(改善対策無)	改善対策無	改善対策有
スンガイ・ブタニ			
1. ララン	209	393 (+88%)	187 (-11%)
2. トukkan	81	91 (+12%)	63 (-22%)
3. ラヤ・ブサール	62	69 (+11%)	55 (-11%)
4. チェ・ピマ	33	78 (+136%)	36 (+10%)
5. ブタニ	259	277 (+7%)	216 (-17%)
6. パシル	194	231 (+19%)	168 (-13%)
マラッカ			
1. レレ	172	299 (+74%)	203 (+18%)
2. マリム	261	538 (+106%)	326 (+25%)
3. チェン	184	333 (+81%)	202 (+10%)
4. プタット	171	192 (+12%)	163 (-5%)
5. マラッカ	221	408 (+85%)	244 (+10%)

注：上記の洪水流量は途中水路で氾濫せず流域流出量が全て最下流端に集中した場合想定される流量である。

(2) プロジェクト実施に要する財源を保証していること

10ha以上の土地を開発する業者は、その開発区域内に洪水調節池を設置する義務を負っている。最適案は、この洪水調節池を基本施策として取り込んでいるため、最適案の事業費の大部分は、開発業者が負担することとなる。

(3) 急激な開発に対して流出量の増分を吸収できること

新規の開発地域において、宅地開発等と期を一にして設置される洪水調節池は、流域の流出機構の変化に対して、洪水流量を低減させる機能を発揮する。このため、最適案は、

最悪の場合、当該排水路の改修が遅れた場合にも、当該流域内の排水能力を悪化させることもなく、さらに下流河川の安全度の低下も引き起こさない。

(4) 社会的な負の影響を最小化できること

洪水調節池は新規開発地に建設されるため、既存家屋の撤去等はほとんど問題とならない。いっぽう一般的に幹線排水路は、通常、既成市街地を流下しており、その改修には既存家屋等の撤去を伴う。こうしたプロジェクトの実施に伴う社会的な負の影響を、最小限に留めるのが最適案であると考えられる。

2.2.5 基本構想における工事数量

基本構想における建設工事数量を、予備設計に基づいて以下の通り算定した。

工種	単位	数量		
		スガイ・ブタ	マラッカ	計
1. 水路改修				
水路数		44	24	68
水路延長	km	42.0	36.5	78.5
土工	1000m ³	651.5	832.3	1,483.8
コンクリート工	1000m ³	145.2	172.0	317.2
ボックスカルバート付替		14	14	28
橋梁付替		101	57	158
2. 既設調節池の改良				
調節池数		12	1	13
調節池面積	ha	18.2	2.6	20.8
流域面積	ha	802.7	61.1	863.8
土工	1000m ³	55.2	54.8	110.0
法面保護（芝張、石張）	1000m ²	394.2	33.1	427.3
コンクリート工	1000m ³	6.7	0.2	6.9
水門機器	ton	36.0	2.8	38.8
道路工	1000m ²	39.2	5.7	44.9
3. 新規調節池の建設				
調節池面積	km ²	1.8	2.5	4.3
流域面積	km ²	46.0	63.6	109.6
土工	1000m ³	7,141.4	9,869.8	17,011.2
法面保護（石張）	1000m ²	410.8	567.8	978.6
法面保護（芝張）	1000m ³	1,695.0	2,942.6	4,637.6
鉄筋コンクリート構造物	1000m ³	62.4	86.2	148.6
水門機器	ton	207.0	286.0	493.0
道路工	1000m ²	512.3	708.0	1,220.3
4. 公共公益施設におけるオンサイト貯留				
公共公益施設敷地面積	km ²	0.3	1.4	1.7
土工	1000m ³	80.2	422.0	502.2
底面保護（芝張り）	1000m ²	267.2	1,406.8	1,674.0
鉄筋コンクリート構造物	1000m ³	4.8	25.3	30.1
水門機器	ton	3.3	17.6	20.9

2.2.6 河川対策

前述のように、排水改善のための基本構想によれば、将来の流域開発による洪水流量の増大を最小限に抑えることができ、こうした流量増に起因する下流の河道での溢水氾濫を防止することができる。しかし、これら洪水調節施設は、流出増を抑制することができても、現状の河道流下能力以下に洪水流量を低減させるわけではない。したがって、河道から溢水する現在の状況は、将来とも改善はされず、何らかの河道改修が必要となる。現在の河道の流下能力は、一部の河川を除いて極めて低く、市街地の拡大は現在の浸水常習地域まで及ぶと予測され、河道溢水に対する対策の必要性が現在以上に増大する。

地方中核都市における近年の河川改修計画は、2000年から2005年を目標年次として、50年から100年確率対応での整備が試みられている。さらに、灌漑排水局は、特別の支障がない限り、将来の河川改修計画に関して100年確率対応の整備水準で策定する方針である。こうした背景を勘案し、河川改修については100年確率対応の整備水準を設定する。

河川改修の方策としては、(1)河道の拡幅や河床掘削による河積の増大または放水路等のバイパス河道の建設、(2)遊水地やダムによる洪水調節に大別できる。

計画整備水準は前述のように100年確率対応であるが、いっぽう調査対象地域のほとんどの河道現況流下能力は5年確率相当以下である。この大きなギャップを埋めるには、現況河道に比して、かなり大きな河道断面を必要とする。さらに、実施に当たっては、下流への過度の洪水集中を避ける意味から、下流から上流に向かって、工事を進めなければならない。下流河道のかなりの部分は、既成市街地を流下しており、用地の取得が困難となることが十分予想できる。

こうした用地取得の困難性を考えれば、洪水調節による方策が有利と考えられ、これの適地については、地形図を用いた図上選定と現地踏査によって吟味した。この結果、まず洪水調節用のダムについては、調査対象地域が丘陵性の地形のため、適地がないことが確認された。いっぽう遊水地については、図2-7に示すような4地区が適地として認められた。これらの適地は、河川沿いの低平な湿地か草地であり、中流域から下流域に位置し、流域面積も十分であり、有効な洪水調節が期待できるサイトである。

こうした観点から、適地の詳細な地形測量を実施し、期待し得る洪水調節容量を算定した後、計画洪水流量の算定ならびに河道および遊水地の施設計画を実施すべきであろう。これらと同時に、遊水地建設と河川改修に関する用地取得と補償のための地籍調査も併せ実施する必要がある。

2.3 非構造的対策

2.3.1 組織機構の確立と責任分担

都市排水改善に関する責任は、現在3レベルの政府組織、すなわち連邦政府、州政府、地方自治体で分担されている。さらに、さまざまな政府関係組織がそれぞれ同様なレベルの下で、都市排水改善に関与している。こうした現状の下、排水改善について一貫した政策を推進するために、関係機関間の調整組織と各関係機関の役割分担を提案するものである（図2-8参照）。

(1) 連邦・州政府レベルの調整機関

連邦政府レベルならびに州政府での排水改善事業関係機関の調整が必要であり、以下の調整機関の創設ならびに既存調整機関の活用を提言する。

1) 国家河川評議会の創設（連邦政府レベル）

マレーシア国では洪水調節ならびに都市排水を含む包括的な河川管理に係わる国家の方針の吟味と策定を目的に、連邦灌漑排水局を事務局とする国家河川評議会が最近提案された。

この提案に対し、農業省は関係機関との議論の結果、この国家河川評議会の新設を見合わせ、それに代わり既存の国家水資源評議会もしくは現在その創設を検討中の天然資源評議会を河川管理（洪水管理を含む）に係わる国家方針策定のための調整機関として提案した経緯がある。しかしながら、本調査では以下の観点からこれら二つの評議会による河川管理に係わる国家指針策定の調整は非常に困難であると評価し、全ての州に対して一貫した排水改善方針を策定するための最適な連邦政府レベルの調整機関として国家河川評議会を再考する事を提案する。

- 国家水資源評議会はその事務局を公共事業局に置いており、その主たる機能は上水供給ならびに州を跨る送水に係わる方針の策定にある。従って、この評議会は水資源開発に係わる国家指針の調整機関としては適当であるが、都市排水改善を含む洪水管理に係わる調整機関としては不適當である。同様に、天然資源評議会は土地、鉱物、森林、海洋等の天然資源の保全・開発に関する政策や規則を調整する機関であり、洪水管理に係わる調整機関としては不適當である。このように、国家水資源評議会および天然資源評議会は共に洪水管理とはかけ離れた課題に係わる組織である。
- 洪水管理ならびに都市排水改善には洪水流出・流下に係わる包括的な水理・水文分野の理解が必要となる。この観点から同分野に豊富な経験を持つ灌漑排

水局が都市排水改善を目的とした関連組織調整の事務局として最適である。

- 今回目的とする関連組織の洪水管理調整は、灌漑排水局、公共事業局、環境局、市町村局ならびに自治局等の様々な機関が対象となる。従って、上記の国家水資源評議会や天然資源評議会が元々求められていた機能に加え、このような新たな調整機能を受け持つことは困難である。

2) 既存の州計画委員会の活用（州政府レベル）

現在各州政府には土地の保全ならびに開発に係わる方針を策定する州計画委員会が存在する。急激な都市化による深刻な洪水流量の増加のテンポに対し、排水改善事業の進捗が間に合わない状況にある。この問題に関し、州計画委員会を活用し、都市開発と排水改善事業の調整を計ることを提言する。さらに州灌漑排水局長をこの州計画委員会の一員として任命し、河川管理ならびに排水改善の技術的責任を負うことをあわせて提言する。

3) 州水管理委員会の創設（州政府レベル）

マレーシア国では州レベルの河川管理ならびに都市排水に関連する州政府機関間の調整を目的として州水管理委員会の創設が最近提案されている。本調査ではこの州水管理委員会の創設を実現し、州政府灌漑排水局ならびに地方自治体から提案される各種排水改善案を調整し、一貫した排水改善事業の促進に努めることを提言する。同時に州水管理委員会は先の国家河川評議会と協議し、連邦レベルと州レベルの間に一貫した排水改善の施策が採られるよう努めることを提言する。

(2) 排水改善に関する責任分担

都市排水改善事業は排水施設の計画、設計、施工、維持管理により構成される。さらに対象となる排水施設は河川・排水路ならびに洪水調節池や各種オンサイト洪水貯留施設を含んでいる。現行の排水事業指針によればこれら多種多様な事業の主要実施は灌漑排水局および地方自治体が担当することとなっている。しかしながら、これらの実施機関の具体的な責任分担は明確とはいえず、一貫した排水改善事業の実施が困難な状況となっている。この問題を解決するため以下に示す責任分担を提言する。

排水施設	計画・設計・施工	維持管理
1. 広域排水施設		
1) 河道改修	DID	DID
2) 幹線排水路	DID	DID
3) 多目的洪水調節池	DID	LA
2. 小規模排水施設		
1) 二次排水路等	LD/LA	LA
2) 道路側溝（州・国道）	PWD	PWD
3) 道路側溝（市道）	LD	LA
4) 三次排水路等	LD	LA
5) 洪水調節池	LD	LA
6) オン・サイト貯留施設	LA	LA

注：LA：地方自治体、LD：土地開発者、PWD：公共事業省

上記提案では流域全体に影響する広域排水施設に対する計画・設計・建設ならびに保守管理責任は基本的に灌漑排水局(DID)が受け持つこととしている。唯一例外として、多目的洪水調節池の保守管理に関しては、アメニティースペースを持ち地域住民の生活環境に密接した性格をもつことから地方自治体の責任として提案した。

一方、小規模排水施設に関しては、土地造成に起因して発生する排水路、洪水調節池の計画・設計・建設は受益者負担の観点から土地開発の分担責任とするが、保守管理は地方自治体の責任範囲とした。また州・国道等幹線道路の側溝は道路建設・維持管理の一部門であり、現行通り公共事業道路省の責任とした。

現在、排水改善のための政府予算は連邦政府、州政府ならびに地方自治体からの財源をもとに灌漑排水局および地方自治体が行っている。しかしながら、これら政府予算の支出区分は必ずしも明確とは言えず、国家指針に基づいた一貫性のある予算の執行が困難な状況にある。この問題に関連して、上記で提案した排水事業実施の責任区分ならびに国家河川評議会による排水改善関連予算編成の調整を通じて政府予算の支出区分を明確にし、一貫性のある予算執行を実現することを提言する。

上記で提案した排水事業責任区分によれば、地方自治体は排水改善事業に関する主要実施機関の一つであり、地方自治体独自の財源を基に小規模排水施設の維持管理を目的とした予算を支出することとなる。一方、灌漑排水局は河川、幹線排水路、多目的洪水調節池等の広域排水施設の建設ならびに維持・管理を受け持ち、その結果排水事業改善予算の大半を灌漑排水局が受け持つこととなる。

灌漑排水局の予算は、連邦政府規定第 82 条に述べられているように事業内容に応じて、連邦政府もしくは州政府の財源により確保される。すなわち、灌漑排水局の排水改善事業が連邦政府の方針に基づき連邦政府直轄事業として承認された場合、その財源は連邦政府により確保される。その他の場合は州政府の財源によることとなる。

しかしながら、現在の連邦政府直轄事業の予算編成は、総理大臣局経済計画部(EPU)および財務局により実施されており、明確な排水改善事業関連組織の責任区分がなく、さらに関連組織の間の調整が不十分なため、必ずしも一貫性のある国家指針に基づいた予算執行がなされているとはいえない。この問題に関連して、本調査で提案した排水事業の責任区分が一貫性ある予算執行に寄与することが期待できる。さらに総理大臣局経済計画部(EPU)および財務局により連邦政府直轄の予算が決定される前に、上記で提案した国家河川評議会を通じて、連邦政府予算編成に関する十分な吟味・調整を行うことを提言する。この提言の実施により一貫性のある国家指針に基づいた予算編成が可能となる。

2.3.2 事業推進のための財源確保

現在のマレーシアにおける法ならびに規制によれば、排水改善事業における財源確保の方策は、大きく二種に分かれる。まず、州道助成金等の連邦や州政府による助成金であり、もう一つは、開発業者や排水改善による受益者からの料金徴収によるものである。これには、次のような徴収形態がある。

- 1) 開発に伴って生じる洪水流量の増大に対し、補填するために開発業者に課せられる「排水負担金」
- 2) 排水改善事業による受益者や開発業者から徴収する「排水改善負担金」
- 3) 世帯主等から徴収する「排水料金」
- 4) 開発事業に伴う排水路整備に対し、開発業者から徴収する「排水整備負担金」

以上を踏まえ、排水改善事業の各段階および事業実施種別に応じ、それぞれの財源確保の方策は次のようになる。

排水改善事業	財源負担者	財源確保方策
1.排水に関する政策、計画のまとめ	連邦・州政府	連邦・州政府の開発助成金
2.広域排水施設の実施事業	開発業者	排水負担金
3.小規模排水施設の実施事業 (1)二次排水路等 (2)洪水調節池、三次排水路等 (3)道路側溝	開発業者, 受益住民 開発業者 州政府	排水改善負担金 排水整備負担金 州道路助成金
4.洪水調節施設の設置・維持管理 (1)現況調節池の改良, 保守管理 (2)オン・サイト貯留施設の設置・保守管理	世帯主等 世帯主等	排水料金 排水料金

2.3.3 排水改善に関する法的措置

排水改善事業を円滑に進めるにあたり、次のような法制度面での強化案が考えられる。

(1) 開発業者により建設される洪水調節池に関するガイドラインの強化

現在のガイドラインによると、10ha 以上の土地の開発に対してのみ、開発業者は洪水調節池の建設を義務付けられている。換言すれば、開発業者は 10ha 未満の土地の開発であれば、洪水調節池の設置を免れることとなる。現在の急激な開発とそれに伴う洪水流量の増大は著しく、いっぽう下流の幹線排水路や河道の流下能力は、依然として極めて低い状態にある。こうした状況を勘案すると、開発地域からの洪水流量の増大を可能な限り抑制していくことが、下流の浸水被害を軽減する上で肝要と考えられる。この観点から、基準となる 10ha を 1 ha に下げて、指導を強化することを提案する。

(2) 排水路リザーブの確保

マレーシアにおいては、水法(Water Act 1920)に規定されているように、河岸から 50 フィート(15m)以内には、如何なる建造物も許可されていない。この規定に基づくと、灌漑排水局は、河岸から 15m の範囲を河川リザーブないし排水路リザーブとして提示することができる。この区域は、自然遊水機能を保全していくのに有効である。こうした洪水対策上の有効性に拘らず、河川リザーブ等は未だ定められておらず、調査対象地域においても河岸付近に多くの家屋等が建てられているのが現状である。

このような好ましからざる状況を改善するためには、リザーブの区域を国土法(National Land Code, Clause 62)に基づいて公示すべきであろう。また、灌漑排水局がそのための担当部局であることも併せて規定すべきである。さらに、こうした区域は、都市計画で指定し、公共用地として収容すべきである。河川リザーブにおいては、遊水機能を保全できるピロティー形式等、特定の様式の建造物以外は認めない方針を確立すべきである。

(3) 水質汚濁の防止

水質汚濁対策は、基本的に環境局が担当している。長期的に考えると、下水道や工場排水に現在適用されている環境基準(1979 年策定)と同様に、洪水流出に対しても適用すべき水質基準の確立が必要である。さらに、洪水初期流出時に塵芥等を洗い流しそれらが洪水調節池に流入し水質悪化を引き起こしている問題が我が国を初め欧米諸国で指摘され、実際に洪水初期に調節池の SS 等の水質検査を実施している。一方、マレーシアでは調節池の水質調査は非洪水時にのみ実施されている。この観点から環境局による水質モニタリングの対象を非洪水時の排水路および調節池の水質から洪水時における調節池の水質にまで広げる必要があるであろう。

(4) 適切な都市廃棄物処理の周知徹底

家庭等から排出される生活系の廃棄物は、汚水と同様に、表流水の主要な汚染源になっており、時には水路を閉塞させ洪水の原因にさえなっている。ほとんどの自治体は、都市廃棄物の投棄を防止するための条例等を持っている。しかし、投棄された廃棄物から原因者を特定することの困難さから、この指導を強化するのはなかなか困難である。灌漑排水局と自治体は、水質汚濁の原因となる廃棄物を適切に処理するよう、住民への教育活動を通して、周知徹底させる必要がある。

2.4 基本構想に対する評価

2.4.1 概算工事費

基本構想に要する工事費及び年間維持管理の合計は 1999 年 5 月現在の通貨換算率 1.00 米ドル = 3.8RM = 121.4 円を適用して、それぞれ約 416 百万 RM(133 億円)及び 5 百万 RM(1 億 6 千万円)と積算される。以下にこれら事業費の内訳を示す。

【単位: 百万RM(括弧外値)、百万円(括弧内値)】

項目	スンガイ・プタニ		マラッカ		計	
1. 建設費						
排水路改修	46.60	(1,489)	56.35	(1,800)	102.95	(3,289)
既存調節池の改良	5.57	(178)	0.45	(14)	6.02	(192)
新規調節池の建設	120.92	(3,863)	167.11	(5,339)	288.03	(9,202)
オンサイト貯留施設の建設 (公共公益施設)	3.05	(97)	16.04	(512)	19.09	(609)
計	176.13	(5,627)	239.95	(7,665)	416.08	(13,292)
2. 年間維持管理費						
排水路	0.20	(6)	0.22	(7)	0.42	(13)
調節池	1.93	(62)	2.67	(85)	4.61	(147)
計	2.13	(68)	2.89	(92)	5.02	(160)

2.4.2 財源的裏付け

前述の工事費と維持管理費に対する財源的裏付けは、次のように評価できる。

(1) 工事費

灌漑排水局が洪水防御ならびに排水改善のために確保した最近 5 年間の年平均予算は以下に示すとおり約 127 百万 RM であり、他の関連政府機関の予算を圧倒している。したがって本調査を通じて提案される排水改善施設の工事費負担を最も期待しえる財源といえる。

行政	平均年間予算 (万 RM)	備考	
連邦灌漑排水局	12,700	年間予算は増加傾向にある。	
州灌漑排水局	ケダ	70	年間予算は増加傾向にある。
	マラッカ	226	年間予算は多少変動があるが、ほぼ一定で推移している。
地方自治体	スンガイ・プタニ	65	年間予算は一定で推移している。
	マラッカ・テンガ	648	年間予算は、大きく変動している。

注： 中央排水灌漑局の予算は 1994～1998 年の期間の平均値、一方州排水灌漑局、地方自治体の予算は 1995～1999 年の期間の平均である。

しかも連邦灌漑排水局の洪水防御・排水改善事業予算は次表に示す通り、年々増加の傾向にあり 1994 年予算額の 87 百万 RM から 1998 年には 166 百万 RM の予算額に達している。

(単位 百万 RM)

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	平均
予算額	87	99	140	141	166	127

一方、先に示したとおり基本構想において提案した排水改善施設の工事費は大きく次の 4 項目に分けることができる。1)排水路改修(102.95 百万 RM)、2)既存調節池の改良(6.02 百万 RM)、3)新規調節池の建設(288.03 百万 RM)、4)オンサイト貯留施設の建設(19.09 百万 RM)である。これらのうち 3)を除く工事費に関しては、排水改善事業として本来政府機関が負担すべきものである。また、3)は新規開発地に関連して、開発業者がそのほとんどを負担すべきものである。したがって、政府機関が負担すべき工事費は、1)、2)および 4)の項目で、総計 1 億 2,800 万 RM(約 40 億 9 千万円)となる。

本調査ではマレーシア政府との合意に基づき、基本構想を通じて提案した全ての施設の完成目標年次を西暦 2020 年に想定している。従って、それら施設の建設期間は 20 年間となる。工事費総計総計 1 億 2,800 万 RM を単年事業費に単純に換算すると 630 万 RM(約 2 億円)となり、先に述べた連邦灌漑排水局における洪水防御・排水改善の年間予算 1 億 2,700 万 RM の 5.0%に相当する。

連邦灌漑排水局は、洪水防御・排水改善のためにケダならびにマラッカ両州への連邦予算配分を、第 5 次国家開発計画(1986-1990 年)では総額の 33.3%、第 6 次国家開発計画(1991-1995 年)では 22.2%としている。こうした配分比率は、必要性に応じて決定される性格を持っており、事業実施の必要性・緊急性によって変動する。しかしながら、過去に配分された予算は、本基本構想の実現に必要な 5.0%を大きく上回っている。さらに、連邦灌漑排水局の予算は、前出の表に示したように増加傾向にあり、5.0%という比率自体が今後相対的に下がっていくと思われる。こうしたことを勘案すると、基本構想に要する工事費は、灌漑排水局で十分負担可能な範囲内にあると判断できる。

(2) 維持管理費

全体費用の主要部を占める調節池の維持管理費は、スンガイ・プタニとマラッカの地方自治体(Municipal Council)が負担することとなる。基本構想による年間の調節池の維持管理費用は、スンガイ・プタニで 193 万 RM(62 百万円)、マラッカで 267 万 RM(85 百万円)と推算される。いっぽう、近年、両自治体はそれぞれ 35 万 RM(11 百万円)と 220 万 RM(70 百万円)をこうした目的で予算措置している。したがって、必要な維持管理費は現在の自治体の予算を上回っており、とくにスンガイ・プタニでその傾向が顕著である。これは、スンガイ・プタニでは、今まで大規模な幹線排水路等が建設されていなかったためである。

上記のように、現在の予算規模では、基本構想に基づく維持管理費用を捻出することはできないため、自治体は今後次のような方策を講じて予算を確保していく必要がある。

- 1) 自治体の予算の主要な部分は、連邦政府の基金に依っている。そこで、自治体は連邦政府機関(例えば住宅・地方政府省)に、維持管理に必要な予算の措置を要請すべきである。
- 2) 既存の法体系の中で「街路排水建築法(Street Drainage and Building Act)」「地方政府法(Local Government Act)」等の関連法を運用して、自治体の権限を強化する。具体的には、排水改善料金や排水料金を創設して、歳入を増やすことが考えられる(Sector III: Institutional Setup Plan, Supporting Report on Drainage Structure Plan を参照)。

2.4.3 環境評価

都市排水改善基本構想の実施は、現在の常習的な水害を軽減し、さらに計画の中に盛り込まれている排水路の浚渫や既存調節池の改修は、有機汚泥を大量に含む堆積汚泥の除去に繋がり、都市域のアメニティ空間の創造や都市景観の改善にも寄与するであろう。このように、基本構想は、都市における生活条件を改善する様々な効果を有している。いっぽう、実施に伴って、いくつかの負の影響の発生が危惧されるが、それらに対してプロジェクト実施前か実施中に適切な対策を講じる必要がある。それらを要約すると次のようである。

- 1) 家屋移転は、詳細な家屋移転計画を立てる際に、極力最小に抑えるよう最大限の努力を払うべきである。
- 2) 次のような点に留意して、水質の保全ならびに改善に取り組むべきである。
 - マレーシア国での現在家屋自治省下水局の監督下で一般污水处理の実施を担当している組織(マレーシア名で「Indah Water Konsortium」と呼称)が進めている分流式下水道の処理地域の拡大により、流域全体に広がる汚濁負荷

源を減少させること。

- 提案した洪水調節施設に流入する汚水やゴミによる環境悪化を防止するため、施設内に汚水が滞留しないような施設構造やゴミ除けスクリーンの設置を計画すること。
- 計画施設竣工後には、継続的かつ有効な維持管理を実施すること。
- 適切な浚渫汚泥の処分地を確保すること。

第3章 フィージビリティ調査

3.1 緒言

基本構想策定作業の一環として、以下のような4排水区域が優先プロジェクト区域として選定された。スンガイ・プタニとマラッカそれぞれ2排水区域ずつ選定されている。

排水区域	地域	水系	集水面積
アイル・メンディディ川	スンガイ・プタニ	プタニ川	3.62 km ²
ラインG	スンガイ・プタニ	プタニ川	2.73 km ²
パリット・ポコ・マンガ	マラッカ	独立(直接海域に接続)	4.71 km ²
アイル・サラック川	マラッカ	マリム川	17.20 km ²

これらは、いずれも高い洪水被害の危険性を持ち、早期改善が要望されている区域である。さらに、これらの排水区域は、地形特性と土地利用状況がそれぞれ異なっており、排水改善のための方策も自ずから異なってくる。したがって、本調査結果は、併せて作成したガイドラインとともに、マレーシア国における今後の排水改善計画立案作業の指導書的な役割も担えらる。と考えられる。

3.2 優先区域の現状と将来予測

3.2.1 土地利用

優先区域の現況ならびに将来の土地利用は表 3-1 から 3-2 および図 3-1 から 3-8 に示すとおりであるが、これらを集計し、市街化率を整理したものが次表である。

優先排水地区	流域面積 (km ²)	市街化率(%)	
		1999年	2020年
1.アイル・メンディディ(スンガイ・プタニ)	3.62	65.8	99.7
2.ラインG(スンガイ・プタニ)	2.73	41.0	98.2
3.ポコ・マンガ(マラッカ)	4.71	50.4	99.5
4.アイル・サラック(マラッカ)	17.20	26.5	99.3
計	28.26	36.9	99.3

パリット・ポコ・マンガ(以下略してポコ・マンガと呼ぶ)排水区域を除く3区域は、いずれも既成市街地が下流低平地に立地し、急激な市街化が上流丘陵地で起きている。ポコ・マンガ排水区域では、全体面積の約半分を農地が占め、流域の中央部にそれらは分布している。これらの農地も、2020年までには完全に市街化される見込みである。

3.2.2 地形および排水状況

対象排水区域の地形条件と排水条件は次のとおりである。

(1) アイル・メンディディ川排水区域

排水区域全体がプタニ川に向かって緩やかな傾斜をしており、幹線の谷に沿って 50m から 500m の幅で谷底平野が広がっている。当排水区域には、4本の幹線排水路が発達ないし人工的に建設されている。これらは、アイル・メンディディ川、ラインN、ラインOおよびラインPである(図 3-9 参照)。ラインNとラインPは、ともに区域全体の約 35% ずつの排水を受け持ち、両排水路が合流した後、名称をアイル・メンディディ川と変える。ラインOはラインPの支川であり、全体の5%に相当する区域の排水を受け持っている。

各幹線排水路の規模は極めて小さく、これは2年確率に相当する洪水さえも安全に流下し得ない規模である。さらに、道路を横断するために設けられているボックス・カルバートの規模も小さく、流下能力のボトルネックとなっている。

(2) ラインG排水区域

排水区域は、丘陵地と緩やかな傾斜を持った斜面に大別される。丘陵地は北東部に広がっている。当区域の排水を受け持つ幹線排水路はラインGであり、この丘陵地に源を発している(図 3-10 参照)。幹線排水路は、下流部でコンクリート構造、最下流部および上流部は素掘水路である。コンクリート水路は総延長が約 640m で、このうち下流の 240m の区間は、その直上流の 400m 区間に較べて、かなり小さな断面を有している。それぞれの流下能力は、下流 $2\text{ m}^3/\text{s}$ 、上流 $16\text{ m}^3/\text{s}$ であり、こうしたアンバランスが下流部で洪水被害を引き起こす要因ともなる。ラインGも総じて流下能力が低く、2年確率相当の流下能力に達していない。

排水区域内には、2基の既設調節池が存在する。これらは、集水区域であるタマン・クラディ(クラディ団地)とタマン・スリ・ワン(スリ・ワン団地)の造成時にそれぞれ建造されたものである。これらの調節池の諸元は次のとおりである。

調節池名	流域面積(ha)	有効貯水容量(m^3)
タマン・クラディ	69.7	36,050
タマン・スリ・ワン	28.1	7,300

(3) ボコ・マンガ排水区域

排水区域全体が、低平で地下水位が高い典型的な海岸平野に立地している。洪水は2本の幹線排水路、ボコ・マンガ、ブサール・リンボンガンを伝ってマラッカ海峡に排水される。さらに、内陸部には幹線排水路マリムが横断しており、これはかつての農業用水路で

ある(図 3-11 参照)。しかし、地形勾配が非常に緩であるため、幹線排水路の流下能力は極めて低く、とくに満潮時に豪雨が襲来した場合、深刻な氾濫湛水が発生する。

(4) アイル・サラック川排水区域

排水区域は、北部の丘陵部と南部の海岸・谷底平野部に大別できる。当区域の排水は、アイル・サラック川と A B 1 および A B 11 の 2 本の幹線排水路で受け持っている。なお、アイル・サラック川は、マリム川の右支川である(図 3-12 参照)。アイル・サラック川は、北西部の丘陵部に源を発しているが、その付近は現在急激な開発が進行しており、それに伴う洪水調節池も建設途上にある。アイル・サラック川の河川改修がほぼ完了しており、その改修規模は 25 年確率対応とされている。これと較べて、支川である A B 1 と 2 次支川 A B 11 両者の流下能力は極めて低く、2 年確率対応の流下能力すらない状態である。プキット・ランバイ工業団地は、A B 11 の上流域に立地しており、ここに既設調節池が 1 基設置されている。

3.2.3 水文

水文資料の補足、新たに測量して作成した縮尺 1:2,000 の地形図および再検討を加えた土地利用図を用いて、流域流出に関するシミュレーションを実施した。さらに、詳細な地形情報が得られたため、氾濫シミュレーションも併せて実施した。

以上のシミュレーションの結果、5 年確率の洪水流量による氾濫区域は現況と将来で次のように変化することが明らかになった(図 3-13 参照)。

排水区域	5 年確率洪水氾濫面積	
	現況土地利用	将来土地利用(2020 年)
アイル・メンディディ	40 ha	47 ha
ライン G	14 ha	23 ha
ポコ・マンガ	268 ha	320 ha
アイル・サラック	340 ha	427 ha

こうした氾濫のために、河道の洪水流量は、上流から下流へとなかなか伝播できず、結果として洪水流量が低減する。氾濫を防除するために水路を改修した場合、どの程度洪水流量が増大するかを見たものが次表である。

排水路名	流域面積 (ha)	5 年確率洪水流量(流末地点)			
		現況土地利用		将来土地利用(2020 年)	
		氾濫あり	氾濫なし	氾濫あり	氾濫なし
アイル・メンディディ	362.4	33	76	38	112
ライン G	272.8	18	79	25	99
ポコ・マンガ	470.9	6	37	21	51
アイル・サラック	1721.0	59	81	102	170

3.2.4 環境

以下は、水質と生態系に関する現況を整理したものである。

(1) 水質

4排水区域で合計20試料を採水し、水質調査を実施した。この結果、既存の幹線排水路と洪水調節池において、懸濁物質と有機物質が卓越的な汚濁負荷であることが明らかとなった。チッソ、リンの無機化合物による富栄養化も、もう一つの水質汚濁形態として検知された。この富栄養化は、藻類の異常繁殖を引き起こす。水質調査結果の概要を以下に示す。

指標	スンガイ・プタニ		マラッカ	
	アイル・メンディディ	ラインG	ポコ・マンガ	アイル・サラック
Ph	4.5 - 6.7	5.8 - 6.8	6.5 - 7.6	3.9 - 6.8
BOD	3 - 35	2 - 26	2 - 42	4 - 17
COD	13 - 139	13 - 104	10 - 141	13 - 96
SS	10 - 90	12 - 52	8 - 932	10 - 602

注：重金属を含む有害物質は発見されていない。

(2) 生態系

対象とする排水区域は、既成市街地内か近接しているため、概して生態的に不毛に近いレベルといえる。着目すべき唯一のものは、プタニ川下流沿川に広がるマングローブ林であり、豊かな生態系を育んでいる。マングローブは、アイル・メンディディ川やラインGとプタニ川の合流点付近から下流に繁殖しており、これら2排水区域の排水改善事業が、マングローブの生育に影響を与える可能性もある。

3.3 優先プロジェクトの概要

3.3.1 排水改善計画の基本構成

排水改善計画の最適案は、基本構想で述べたように(2.2.2 参照)、排水路改修(洪水の早期排出)と洪水調節施設による洪水流量の低減(発生源対策)を組合せた代替案の中から選定する。排水路改修には、通常の改修に加えて放水路の開削やポンプ施設の設置も含まれる。いっぽう、洪水調節については、遊水地を含むさまざまなタイプの調節池、公共公益施設におけるオンサイト貯留施設や各戸貯留施設を含んでいる。

上記の基本方針に沿って、詳細な地形測量成果ならびに水文条件に基づいて施設の位置と構造を検討し、これに基づいて代替案を作成した。代替案は、事業費、移転家屋数、そ

その他の社会的影響および環境的影響を考慮して比較検討した。それぞれの排水区域において、選定した最適案の構成を次表に掲載する(表 3-3 および図 3-14 から 3-17 参照)。

排水区域	最適案の改修方法
アイル・メンディディ川	1. 幹線水路(4水路)の水路改修 2. 公共公益施設(2ヶ所)におけるオンサイト貯留施設の建設 3. 新規洪水調節池(3ヶ所)の建設
ラインG	1. 幹線水路(1水路)の水路改修 2. 新規放水路の建設 3. 既設調節池(2ヶ所)の改良 4. 新規洪水調節池(2ヶ所)の建設
ポコ・マンガ	1. 幹線水路(3水路)の水路改修 2. 流域のほぼ中央付近に新川の建設
アイル・サラック川	1. 河道(1河道)と幹線水路(2水路)の水路改修 2. 既設調節池(1ヶ所)の改良 3. 新規洪水調節池(5ヶ所)の建設

選定した最適案の妥当性は次のとおりである。

- 1) 最適案は、代替案の中で工事費が最小である。
- 2) 最適案は、代替案の中で移転家屋数が最も少なく、社会的影響として事業実施上で最も重要となる問題を最小化している。
- 3) 洪水調節施設による洪水流量の低減効果は、排水路改修の規模を最小化しており、河床の浚渫等に起因する堆積汚泥の処理量を減少させ、環境への影響を極力抑制するよう機能している。

上記 3)項については、ポコ・マンガで選定された最適案では、必ずしも排水路改修規模を最小化させるものではない。すなわち前出の表に示すように、ポコ・マンガでは、洪水調節施設なしの排水路改修単独の案を選定している。これは、低平で地下水位が高いという地形的制約から、有効な容量を持つ調節池の建設は困難であり、オンサイト貯留施設単独では、水路改修の方がコスト的に有利になるためである。さらに、ポンプ排水についても検討したが、これもコスト的に有利とならないため、海域へ直接重力排水する新水路開削も含む排水路改修案を選定した。

3.3.2 計画施設の概要

最適案を構成する計画施設の概要は次のとおりである。

(1) 幹線排水路の改修

対象とする排水区域の幹線排水路は、現況流下能力が極めて低いため、ほぼすべての区

間に対して改修を計画する(図 3-18 参照)。改修の基本は、合流点等の河床高の整合や潮位との高さ関係の制約を考慮しながら、可能な限りの掘削を行い、拡幅に伴う用地買収と家屋移転を最小に抑えることとする。さらに、改修断面は、可能な区間では、都市内の自然の保全および景観改善を目的に、自然河岸(土堤・芝張り)による改修を試みる。しかし、既に市街化されておりコンクリート水路が敷設されている区間、家屋が密集して用地買収が困難と判断される区間、勾配が緩く自然河岸方式では水路幅が広くなりすぎ用地買収も困難が予想される区間では、コンクリート擁壁タイプを選定した。これらの概要は次表のようである。

排水区域	幹線排水路/河川	改修延長(m)		
		自然タイプ	コンクリートタイプ	計
アイル・メンディディ川	1.アイル・メンディディ川	1,310	-	1,310
	2.ラインN	430	660	1,090
	3.ラインO	-	630	630
	4.ラインP	-	1,410	1,410
	小計	1,740	2,700	4,440
ラインG	ラインG	-	3,020	3,020
ポコ・マンガ	1.ポコ・マンガ	-	3,260	3,260
	2.ブサール・リンボンガン	-	920	920
	3.マリム	-	3,230	3,230
	4.ロロン・パンダン	-	1,870	1,870
	小計	-	9,280	9,280
アイル・サラック川	1.アイル・サラック川	4,780	-	4,780
	2.A B 1	3,910	-	3,910
	3.A B 1 1	2,950	-	2,950
	4.支川	4,100	-	4,100
	小計	15,740	-	15,740
計		17,480	15,000	32,480

(2) 新たな幹線排水路の開削

ポコ・マンガ排水区域には、マラッカ海峡に排水する幹線排水路が2本(ポコ・マンガおよびブサール・リンボンガン)があるが、いずれも流下能力は極めて低い。当排水区域は、排水先である海域の潮位に制約されるため、改修は拡幅が主体とならざるを得ない。しかし、既存幹線排水路は、道路に隣接していたり、密集市街地を流下しているため、拡幅には多大な家屋移転を伴い、困難が予想される(表 3-3 参照)。こうした状況を打開するため、新たな幹線排水路を、現在市街化されていない流域中央部を縦断するような法線形で計画する(図 3-18(3/4)参照)。この幹線排水路の新設により、既存の幹線排水路の改修負荷が軽減されるのみならず、中央部に点在する奥まった凹地の湛水も容易に排水されることが期待できる。

区間	流域面積 (ha)	計画流量 (m ³ /s)	水路延長 (m)	平均 河床勾配	平均河道幅 (m)	平均水深 (m)
0 - 1.1k	267	33	1,100	1/3,060 (0.0327%)	13.0	1.8
1.1 - 2.0k	180	21	900		8.5	1.8
2.0 - 2.55k	114	16	550		7.0	1.8
計	561	70	2,550			

(3) 新たな放水路の開削

ラインGの下流部の不自然な法線形および流下能力の縦断的不整合の両者を解消するため、直線的な法線で放水路を開削する(図3-18(2/4)参照)。この放水路ならびに残存する旧水路の諸元は次のとおりである。

項目	ラインG放水路の諸元	
	延長(m)	流域面積(ha)
新規放水路	280	255
現況水路(最下流部)	400	17
計	680	272

(4) 既設調節池の改良

ラインG排水区域の2基、アイル・サラック川排水区域の1基、合計3基の既設調節池の改良を計画する(図3-19~3-21参照)。これらの調節池は、現在は湛水を許容するタイプであり、流入する汚水の湛水によって、池内の環境は極めて劣悪な状態となっている。洪水調節能力を増強するための容量の増大とともに、こうした状況を改善するため、1)ゴミ除けスクリーンの設置を含む流入口の改良、2)晴天時の流入水を排水する小水路の敷設、3)小水路と高さの整合のとれた放流口の新設を計画する。現況および計画の調節容量は、次のとおりである。

排水区域	調節池	有効貯水容量(m ³)	
		現況	改修後
ラインG	1.タマン・クラディ	36,050	63,000
	2.タマン・スリ・ワン	7,300	16,800
アイル・サラック	3.ブキット・ランバイ	15,850	59,000
計		59,200	138,800

(5) 新規の洪水調節池の建設

開発に伴う洪水調節池は、目的そのものに問題はないが、開発区域それぞれに調節池を建設していく方式を採っていることから、池の数が増えるにつれ、維持管理面が煩雑となる。灌漑排水局および自治体は、維持管理が徹底できないことを危惧している。これを解消するため、本調査では統合的な調節池の設置を提案している。自然遊水機能を持つ湿地の保全等を兼ねて、大規模な施設を建設し、開発業者は、工事費に対し応分の負担をして

いくシステムをである。

ポコ・マンガを除く3排水区域で、新規の洪水調節池の建設を計画する（図 3-24～3-26 参照）。調節池の形式は、晴天時に湛水を許容しない形式（ドライ・タイプ）、池を併用した形式（ウェット・タイプ）および自然遊水地形式（ウェットランド）の3形式を集水域および立地地形の特性を勘案して選定する。ドライ・タイプは、前述の既設調節池の改良で述べたような方式で、晴天時に未処理に近い汚水の流入が予想される集水域に計画する。ウェット・タイプならびにウェットランドは、集水域が新規の開発区域であり、汚水処理が十分なされると判断できる集水域に計画する。ウェット・タイプは、掘削等によりドライ・タイプと同様な形式を持つが、さらに池のように水を湛水させることにより、積極的に多目的利用を推進しようとする意図を持つものである。さらに、ウェットランドは、現況の湿地等の自然遊水機能を人為的に保全しようとするもので、最小限の施設（放流施設や囲み堤）を計画し、自然の状態を保全しようとするものである。

ウェット・タイプは、湛水面周辺にアメニティ空間を創造することができ、多目的利用を可能とする。さらに、ドライ・タイプについても、二段式等により池底の晴天時の利用が可能となる。新規の洪水調節池の概要を以下に示す。

排水区域	調節池	流末幹線排水路	タイプ	有効貯水容量 (m ³)	備考
アイル・メンディイ	1.ホリス・フタ	ラインP	ウェット・ポンド	48,700	多目的利用
	2.アッパー・ラインP	ラインP	ドライ・ポンド	8,900	
	3.ラインN	ラインN	ドライ・ポンド	16,000	
ラインG	1.アッパー・ラインG	ラインG	ウェット・ポンド	24,640	
	2.ミドル・ラインG	ラインG	ドライ・ポンド	17,000	多目的利用
アイル・サラック	1.タンジユン・ミヤック (1)	アイル・サラック	ウェット・ポンド	63,560	
	2.アッパー・アイル・サラック	アイル・サラック	ドライ・ポンド	19,920	
	3.タンジユン・ミヤック (2)	AB1	ウェット・ポンド	70,370	多目的利用
	4.ミドル・AB1	AB1	ウェット・ポンド	29,280	
	5.ミドル・AB11	AB11	ドライ・ポンド	54,150	多目的利用
計				352,520	

(6) 公共公益施設におけるオンサイト貯留施設の設置

アイル・メンディイ川流域に、適当な公共公益施設が存在するため、2基のオンサイト貯留施設の設置を計画する。この概要は次のとおりである。

調節池	流末幹線排水路	流域面積 (ha)	調節池面積 (ha)	水深 (m)	貯水容量 (m ³)
セック・メン・サイン	ラインN	15.0	4.4	0.2 - 0.4	16,600
I KM	ラインN	7.4	1.1	0.3	3,300
計		22.4	5.5		19,900

(7) 低平地地盤嵩上げ

排水路沿いに新規住宅団地、工業団地ならびに商業地の開発を目的とした土地造成地が存在するが、それらの一部は地盤高が排水路の計画高水位より低く雨水排水が困難な状況にある。土地造成者はこのような低平地の造成に際して埋立てによる地盤の嵩上げが求められることとなる。この問題に関連して、本調査ではこのような排水路沿いの地盤嵩上げを必要とする低平地の範囲ならびに嵩上げ後の必要地盤高を推定した。

このような地盤嵩上げを目的とした埋立ては雨水排水に寄与すると同時に、本調査で提案した事業実施に伴い発生する浚渫・掘削残土の捨て場としての利用が期待できる。ただしこの土捨て場としての利用には、事業実施に伴う残土のうち毒性有害物質を含まない物のみに限定することが条件となる。提案した上記埋立て地の範囲は図 3-27 に示す通りとなる。また各排水区域毎の必要埋立て土量と事業実施に伴う必要残土処理量は以下の通り推定される。

(単位：千 m³)

排水区域	必要埋立て土量	必要残土処理量
1. スンガイ・プタニ地区		
1.1 アイル・メンディディ	42.2	186.1
1.2 ライン G	170.5	62.3
小計	212.7	248.4
2. マラッカ地区		
2.1 ポコ・マンガ	262.7	239.4
2.2 アイル・サラック	1,097.8	568.5
小計	1,360.5	807.9
総計	1,573.2	1,056.3

上記の推定の通り、スンガイ・プタニ地区の場合、必要埋立て量を上回る浚渫・掘削残土量が期待される。従って、土地造成者は埋立て土材料の全量を本事業の残土から賄うことが期待できる反面、本事業実施者は約 35.7 千 m³ の余剰残土の捨て場を確保する必要がある。この余剰残土の処理方法に関しては後述の 3.4.3(3) に述べる通りである。一方、マラッカ地区に関しては、必要埋立て土量が事業実施に伴う浚渫・掘削残土量の総量を約 483.1 千 m³ 上回るため、土地造成者この不足土量を本事業残土とは別途のソースに求める必要がある。

3.3.3 概算事業費

1999 年 5 月時点価格での工事費は 58 百万 RM(18 億 5 千万円)、年維持管理費は 84 万 RM(27 百万円)と見積もられる。その詳細は次のとおりである。

【単位: 百万RM(括弧外値)、百万円(括弧内値)】

項目	アイル・メンディディ	ラインG	ポコ・マンガ	スガイヤラ	計
1. 建設費					
排水路改修	7.20 (230)	3.22 (103)	14.64 (468)	25.75 (823)	50.81 (1,624)
既存調節池の改良	- (-)	0.54 (17)	- (-)	0.29 (9)	0.83 (26)
新規調節池の建設	1.05 (34)	1.47 (47)	- (-)	3.23 (103)	5.75 (184)
オンサイト貯留の建設 (公共公益施設)	0.54 (17)	- (-)	- (-)	- (-)	0.54 (17)
計	8.79 (281)	5.23 (167)	14.64 (468)	29.27 (935)	57.93 (1,851)
2. 年間維持管理費					
排水路	0.04 (1.3)	0.01 (0.3)	0.05 (1.6)	0.20 (6.4)	0.30 (9.6)
調節池	0.11 (3.5)	0.10 (3.2)	- (-)	0.33 (10.5)	0.54 (17.2)
計	0.15 (4.8)	0.11 (3.5)	0.05 (1.6)	0.53 (16.9)	0.84 (26.8)

3.3.4 実施計画

優先プロジェクトの実施計画ならびに事業費の配分は図 3-28 および表 3-4 に示すとおりである。

3.4 プロジェクト評価

3.4.1 経済評価

提案した優先プロジェクトの経済的內部収益率(EIRR)は、次表のとおりであり、優先プロジェクトを構成する4排水区域それぞれEIRRが機会費用である13%を上回っており、経済的にみてこれらの排水改善プロジェクトは実施可能であると判断できる。

排水区域	EIRR (%)
アイル・メンディディ川	16.8
ラインG	13.8
ポコ・マンガ	25.7
アイル・サラック川	20.8
計	19.6

上記経済的內部収益率の計算にあたっては以下の条件を想定している。

- (1) 経済便益として事業実施による家屋資産に対する直接洪水被害の軽減ならびに交通麻痺による経済流通損失等の間接被害軽減を見積もった。
- (2) 経済便益は西暦 2020 年までの土地造成による家屋数の増加に応じて、増加していくものと仮定した。
- (3) 工事実施期間中も工事費投資金額に比例して部分的な経済便益が発生するもの

と仮定した。

- (4) 排水改善事業の経済費用は、相当する財務費用に含まれる費用エスカレーション項目分を除き、さらにその他項目の現地通貨分に対し以下の変換率を乗じることにより推定した。

費用項目	変換率	変換率推定根拠
建設費（建設資材及び機材費）	0.89	SCR x (1-TP)
労務費	0.87	SCR x (1-TP) x OC-Land
土地収用費	0.80	SCR x (1-TP) x OC-Labor
管理費・技術費	0.89	SCR x (1-TP)
予備費（但しエスカレーション分は除く）	0.89	SCR x (1-TP)

Note: SCR = 標準変換率（0.90 と仮定）

TP = 平均税率（0.10 と仮定）

OC-Land = 土地機会費用調整率（0.90 と仮定）

OC-Labor = 賃金調整率（0.97 と仮定）

- (5) 提案した施設の建設期間およびプロジェクト・ライフはそれぞれ5年ならびに50年と仮定した。

3.4.2 財務評価

(1) 設計・工事費

優先事業の全体設計・工事費は先に述べた通り57.9百万RM(18億5千万円)であり、この内新規土地造成に伴い開発業者が負担すべきオフサイト調節池が以下の通り5箇所あり、これらの設計・工事費の合計は2.5百万RM(80百万円)となる。したがって、政府機関が負担すべき費用は55.4百万RM(17億7千万円)でありこの主要部分は灌漑排水局の負担となる。本調査では、この優先事業のための設計・工事費は第8次国家5ヵ年計画対象期間である2001年～2005年に支出されると想定している。

調節池名	排水区名	調節池タイプ	工事費（万RM）
1. アッパ° -- ライン P	アイル・メンデ° イディ	ドライ・ポンド°	32.9
2. アッパ° -- ライン G	ライン G	ウェット・ポンド°	46.7
3. タンジュン・ミヤック (1)	アイル・サラック	ウェット・ポンド°	60.5
4. アッパ° -- アイル・サラック	アイル・サラック	ドライ・ポンド°	55.9
5. ミドル・AB1	アイル・サラック	ウェット・ポンド°	53.7
計			249.7

一方、最近 5 カ年間（1994 年～1998 年）において連邦灌漑排水局が洪水防御・排水改善のために確保した予算は 633 百万 RM(202 億円)である。従って、上記の政府機関が負担すべき予算 55.4 百万 RM(17 億 7 千万円)はこの最近 5 カ年間の予算の 8.8%に相当する。

先の第 4 章 4 節 2 項で述べたとおり、灌漑排水局はこれまで優先事業実施の対象となるケダ州ならびにマラッカ州に対し洪水防御・排水改善予算として第 5 次国家開発計画（1986-1990 年）では総予算の 33.3%、また第 6 次国家開発計画(1991-1995 年)では 22.2%を配分した実績をもつ。こうした配分比率は、事業実施の必要性に応じて特別予算として計上される性格をもち、必ずしも一定の値を確保できるとはかぎらない。しかしながら、過去に配分された予算は優先事業の実施に必要な 8.8%を大きく上回っている。さらに連邦灌漑排水局の予算は年々増加の傾向にあり 8.8%と比率自体が今後相対的に下がっていくと思われる。こうしたことを勘案すると優先事業に要する設計・工事費は灌漑排水局により十分負担可能な範囲内にあると判断される。

(2) 維持管理費

年間維持管理費は先に示す通り、スンガイ・プタニの排水区に対し 0.25 百万 RM(8 百万円)およびマラッカの排水区に対し 0.58 百万 RM(18.5 百万円)が必要となる。

維持管理者	対象施設	年間維持管理費（百万 RM）		
		スンガイ・プタニ	マラッカ	計
灌漑排水局	河道・幹線排水路	0.04	0.25	0.29
地方自治体	洪水調節池・ワザット貯留施設	0.21	0.33	0.54
	総計	0.25	0.58	0.83

上記の維持管理費に比較して、1994 年～1998 年の最近 5 カ年の期間に灌漑排水局な及び地方自治体が洪水防御および排水事業のために確保した平均予算は以下のとおりとなる（第 2 章 4 節 2 項参照）。

連邦灌漑排水局	: 126.66 百万 RM (4,046 百万円)
ケダ州灌漑排水局	: 0.70 百万 RM (22 百万円)
マラッカ州灌漑排水局	: 2.26 百万 RM(72 百万円)
スンガイ・プタニ地方自治体	: 0.65 百万 RM(21 百万円)
マラッカ地方自治体	: 6.48 百万 RM(207 百万円)

上記の通り、スンガイ・プタニ地方自治体を除くすべての関連組織が分担すべき維持管理

費は、第7次国家開発計画において確保された予算の10%以下であり、従って十分に負担可能な範囲にあると判断される。しかしながら、スンガイ・プタニ地方自治体に関して言えば、負担すべき維持管理費が過去の全体予算の32%を占めており、財政的にこの維持管理費を確保することは難しいといえる。自治体の予算の主要な部分は連邦政府からの補助金に依っている。そこで今後スンガイ・プタニ地方自治体は連邦政府機関（すなわち住宅・地方政府省）に維持管理に必要な予算補助の措置を要請する必要がある。

3.4.3 環境影響評価

提案した排水改善のための優先プロジェクトに関連する環境影響項目をスクリーニングし、負の影響が考えられる項目に対し対策案を検討し、その方策を計画に盛り込むものとする。

(1) 家屋移転

優先プロジェクトの実施に関連して、移転すべき家屋数は次のとおりである。

排水区域	移転家屋数
アイル・メンディディ	30
ラインG	0
ポコ・マンガ	29
アイル・サラック	38
計	97

この数量は、今回の測量成果に基づいて算定したものであり、今後の都市化を考えると、移転家屋数はさらに増加するものと想定できる。したがって、早急に用地取得・家屋等の補償作業に取り掛かる必要がある。さらに、円滑な実施に向けて、次のような対策が有効である。

- 1) 排水改善計画の実施に要する区域を公示し、さらに自治体の都市計画の中にその区域を盛り込んでいくこと。
- 2) 排水改善プロジェクトの必要性を住民等に周知し、実施についての住民の合意と協力を得ること。

(2) 洪水調節池の改良および新設に関する課題

既設の調節池の水質は、家庭雑排水ないし工場排水の流入があるため汚濁が著しい。公共下水道の改善のために、マレイシア政府は、この部門を民営化し Indah Water Konsortium(Indah Water)を設立した。Indah Water は、分流式下水道のサービス区域の拡張に取り組むとともに、新規の開発地に対しても分流式下水道と活性汚泥法等の小規模な

処理施設の設置を指導している。こうした動向から、今後の開発区域においては洪水調節池への家庭雑排水の流入がなくなること、さらに、幹線排水路や河川の表流水の水質も徐々に改善されていくであろうことが予測される。

しかし、現時点では、調査対象地域のほとんどが浄化槽による処理に依存しており、今後の公共下水道の普及については、管の敷設に多大の時間と費用を要するため、既成市街地の汚水流出を改善するのにかなりの年月を要するであろう。さらに、工場排水の制御も現状ではかなり難しいと考えられる。したがって、しばらくの間は、分流式下水道の敷設区域は、新規に開発される区域に限定されると考えてよかろう。こうした状況を踏まえれば、洪水調節池の建設ならびに維持管理について、次のような環境面での配慮が必要となる。

- 1) 不完全な処理の汚水の流入が想定される既成市街地を集水域に持つ洪水調節池では、ゴミ除けスクリーンを流入口に持つドライ・タイプの構造とする。このタイプは池内の水質汚濁を招かない。
- 2) 排水施設の維持管理、とくに堆積汚泥やゴミの浚渫を継続的に行う。
- 3) 工場排水の水質を制御するために、工業団地の配置計画や汚染物質を多く排出する業種に対する規制強化を実施する。さらに、汚水排出を削減する技術や、工程内処理等の導入・開発に努める。

(3) 排水路改修に関する課題

河道・水路浚渫は、流下能力の増大策の最も重要な工種である。同時に、有機汚泥の除去による河道・水路の清掃も兼ねる。しかし、工事中的悪臭の問題や、浚渫汚泥の処分の問題が生じることとなる。適切な処分がなされない場合には、新たな環境汚染にも繋がりがねない。

したがって、魚類や水棲動植物への影響を最小限に抑えるよう、浚渫方法を検討すべきである。さらに、毒性物質が、汚泥に含まれていないかどうかの検査も重要である。毒性物質がなければ、沖合い投棄も可能かもしれない。浚渫汚泥のコンポスト化、築堤材としての利用も検討の価値がある。但し、この水路浚渫汚泥にあたっては含有される毒性物質の検査を実施し、毒性物質が検出された場合、毒性処理のライセンスを有する企業が浚渫汚泥の処理を行う必要がある。

さらに、自然タイプの水路改修を十分配慮して、可能な限り適用していくべきである。この結果、生態系の保全や都市景観の改善にも寄与する。

第4章 結論および提言

4.1 構造物対応による排水改善

4.1.1 排水改善事業の基本構想と優先排水改善事業の実施

施設対応による都市排水改善は一般的に(a)「排水路改修により流下能力を増やす手段(洪水の早期排出対策)」と(b)「流域洪水貯留施設によりピーク洪水流出量を減らす手段(発生源対策)」の組み合わせにより実施することができる。マレーシアではこれまで後者の発生源対策よりは前者の洪水の早期排水対策に主眼が置かれてきた。しかしながらこの洪水の早期排水対策には以下の問題が内在している。

- 1) 本調査区域の河川の大半は流下能力が極端に小さく、2年に一回程度発生する小規模な洪水によってさえ越水氾濫が発生する状況にあること。
- 2) こうした状況下で排水改善を目的として排水路の拡幅や掘削等の改修をすることにより、より深刻な河川の氾濫を引き起こす可能性があること。
- 3) さらに本調査区域では急速な市街化によるピーク流出量の増加もまた、排水路の氾濫のみならず下流の河川氾濫を助長する一因となっていること。

従って、洪水調節池等の流域流出抑制施設の建設が地形・地質上可能な場合、これら施設により流域からのピーク流出を抑制し、排水区域内の安全度を高めるとともに下流河川への排出量を最小限に抑えることが可能な**発生源対策を排水改善事業の基本構想とする必要がある。**

この基本構想に基づき、さらに各種排水代替案の対費用効果ならびに社会・自然環境への影響に配慮した結果、西暦2005年完成を目途とした**優先地区の排水改善事業案(計画洪水規模1/5年)として以下のように提言する。**

優先排水区域	排水改善事業内容
アイル・メン ディディ川	1. 幹線水路(4水路)の水路改修(水路総延長:4,440m) 2. 公有地(2ヶ所)におけるワサワサ貯留施設の建設(総貯留容量:19,900m ³) 3. 新規洪水調節池(3ヶ所)の建設(総貯留容量:73,600m ³)
ラインG	1. 幹線水路(1水路)の水路改修(水路総延長:3,020m) 2. 新規放水路の建設(水路総延長:680m) 3. 既設調節池(2ヶ所)の改良(総貯留容量:79,800m ³) 4. 新規洪水調節池(2ヶ所)の建設(総貯留容量:41,640m ³)
ポコ・マンガ	1. 幹線水路(3水路)の水路改修(改修総延長:8,280m) 2. 流域のほぼ中央付近に新川の建設(水路総延長:2,550m)
アイル・サラ ック川	1. 河道(1河道)と幹線水路(2水路)の水路改修(水路総延長:15,740m) 2. 既設調節池(1ヶ所)の改良(総貯留容量:59,000m ³) 3. 新規洪水調節池(5ヶ所)の建設(総貯留容量:237,280m ³)

提案された各種流域洪水調節施設により排水路改善規模ならびに下流河道へのピーク排水流量は最小限に抑えることが可能となる。ただし、ポコ・マンガ排水区に限っては、典型的な海岸低平地にあり高い地下水位を有するために、流域洪水調整施設の建設が困難であり、上記の効果は期待できない。このように流域の自然条件によっては、必ずしも流域洪水調節施設に基づく発生源対策が都市排水改善に寄与出来ない場合がある。

4.1.2 既存人口密集地の排水改善を目的とした各戸貯留施設の適用

流域流出抑制施設の一手段として各戸貯留施設が挙げられる。この各戸貯留施設は家屋敷地内に設置した雨水貯留タンクに屋根からの雨水を一旦貯留し、タンク側面低部に設けた小さな流出口を通じて流出させることによりピーク雨水流出量を調節する機能を持つ。

標準的な施設規模として、確率 1/5 年の計画雨量強度に対し屋根面積 100m² および敷地面積 200m² の家屋に対し 2m³ のタンク貯留容量を設計した。またこの標準施設の設置費用は一戸あたり約 2,600RM と積算される。

本調査では、この各戸貯留施設については、下記の観点から本調査での優先排水区域の排水改善案からは除外する結果となった。

- 1) 他の流域流出抑制施設である洪水調節池及び公有地のオンサイト貯留施設に比して高コストである。
- 2) 世帯主等からの合意形成が困難である。

しかしながら、水文的な洪水調節効果は認められており、さらに、当対策が家屋移転を伴わないこと、貯留した雨水が二次的水源として活用できること等の有利性も備えている。したがって、**特に各戸貯留施設以外の代替対策が得られない密集市街地での排水改善に適用することを提言する。この普及に当たっては、世帯主等へのインセンティブを喚起するためにも、補助金制度の確立が肝要である。**

4.1.3 排水施設的环境保全対策の実施

4 排水区域で合計 20 試料を採水し、水質調査を実施した結果、下表に示す通り既存の幹線排水路と洪水調節池において、懸濁物質と有機物質が卓越的な汚濁負荷であることが明らかとなった。チッソ、リンの無機化合物による富栄養化も、もう一つの水質汚濁形態として検知された。この富栄養化は、藻類の異常繁殖を引き起こす。

指標	スンガイ・ブタニ		マラッカ	
	アイル・メンディディ	ラインG	ポコ・マンガ	アイル・サラック
Ph	4.5 – 6.7	5.8 – 6.8	6.5 – 7.6	3.9 – 6.8
BOD	3 – 35	2 – 26	2 – 42	4 – 17
COD	13 – 139	13 – 104	10 – 141	13 – 96
SS	10 - 90	12 - 52	8 – 932	10 – 602

注：重金属を含む有害物質は発見されていない。

家庭等から排出される生活系の廃棄物が上記水質汚染の源になっており、これらが排水施設に堆積し重大な環境問題を引き起こす可能性がある。また水路や洪水調節池を閉塞させ従前の洪水対策機能が損なわれる可能性もある。**こうした問題に対処するため、以下の環境保全対策を勧告する。**

- 1) **不完全な処理の汚水の流入が想定される既成市街地を集水域に持つ洪水調節池では、ゴミ除けスクリーンを流入口に持つドライ・タイプの調節池の構造とする。このタイプは池内の水質汚濁を招かない。**
- 2) **排水施設の維持管理、とくに堆積汚泥やゴミの浚渫を継続的に行う。**
- 3) **工場排水の水質を制御するために、工業団地の配置計画や汚染物質を多く排出する業種に対する規制の強化を実施する。**
- 4) **水路浚渫汚泥は基本的にはコンポスト化、築堤材としての利用価値を検討の価値がある。但し、この水路浚渫汚泥にあたっては含有される毒性物質の検査を実施し、毒性物質が検出された場合、毒性処理のライセンスを有する企業が浚渫汚泥の処理を行う必要がある。**

4.1.4 洪水調節池におけるアメニティ空間の利用ならびに湿地帯の保全

本調査では、洪水調節池の形式として3形式を提案した。

- 1) 晴天時に湛水を許容しない形式(ドライ・タイプ)
- 2) 晴天時にも湛水を許容する形式(ウェット・タイプ)
- 3) 自然遊水地形式(ウェットランド)

上記形式の内、ドライ・タイプは、晴天時に未処理に近い汚水の流入が予想される集水域に計画し調節池の水質悪化を最小限に抑えることを目的としている。ウェット・タイプならびにウェットランドは、集水域が新規の開発区域であり、汚水処理が十分なされると判断できる集水域に計画する。

ウェット・タイプは調節池を常時湛水させ、湛水面周辺にアメニティ空間を創造することができ、多目的利用を可能とする。さらに、ドライ・タイプについても、池底の晴天時の利用が可能となる。さらに、ウェットランドは、現況の湿地等の自然遊水機能を人為的に保

全し、最小限の施設(放流施設や囲み堤)を計画し、自然の状態を保全しようとするものである。

以上洪水調節池により創出されるアメニティ空間とそれに対応した施設は、都市環境の改善に大きく寄与するものと期待できる。さらに、ウエットランドは自然遊水機能の保全と生態系の保全を可能にするものであり、こうした方策を今後積極的に導入すべきである。

ポコ・マンガを除く 3 優先地区の排水改善計画においては以下に示す通り 5 つのドライ・タイプ調節池、4 つのウエット・タイプ調節池ならびに 1 つのウエット・ランドの合計 10 の洪水調節池を提言する。

排水区域	調節池	流末幹線排水路	タイプ
アイル・メンデ・イェイ	1. ホリス・フタン	ライン P	ウエット・ポイント
	2. アッパ - ライン P	ライン P	ドライ・ポイント
	3. ライン N	ライン N	ドライ・ポイント
ライン G	1. アッパ - ライン G	ライン G	ウエット・ポイント
	2. ミドル・ライン G	ライン G	ドライ・ポイント
アイル・サラック	1. タンジ・ユン・ミヤック (1)	アイル・サラック	ウエット・ポイント
	2. アッパ - アイル・サラック	アイル・サラック	ドライ・ポイント
	3. タンジ・ユン・ミヤック (2)	AB1	ウエット・ポイント
	4. ミドル・AB 1	AB1	ウエット・ポイント
	5. ミドル・AB11	AB11	ドライ・ポイント

4.2 非構造物対応による洪水排水改善

4.2.1 連邦および州政府レベルにおける調整組織の創設

連邦制の政治形態を採るマレーシアでは一貫した排水事業改善を可能にするために、連邦政府レベルならびに州政府での関係機関の調整が必要であり、以下の調整機関の創設ならびに既存調整機関の活用を提言する。

1) 国家河川評議会の創設 (連邦政府レベル)

マレーシア国では連邦灌漑排水局を事務局とし、河川管理に係わる国家指針を定める国家河川評議会が最近提案されている。この国家河川評議会を創設し、連邦政府レベルでの最も適切な排水改善について国家指針の調整を計る。

2) 既存の州計画委員会の活用 (州政府レベル)

現在各州政府には土地の保全ならびに開発に係わる方針を策定する州計画委員会が存在する。一方、急激な都市化に伴い洪水流量の増加が著しく、これに対応した排水改善事業の実施が困難な状況にある。この問題に対処するため、州計画委員会を活用し、都市開発と排水改善事業の調整を計る。さらに州灌漑排水局長をこの州計画委員会の一員として任命し、河川管理ならびに排水改善の技術的責任の所在を明確にする。

3) 州水管理委員会の創設（州政府レベル）

マレーシア国では州レベルの河川管理ならびに都市排水に関連する政府機関間の調整機関として州水管理委員会が最近提案されている。この**州水管理委員会を創設し、州府レベルでの最も適切な排水改善について指針の調整を計る。さらに同委員会は上記の国家河川評議会との調整を通じて、連邦政府と州政府との間で一貫した排水改善政策を採るよう努める。**

4.2.2 灌漑排水局と自治体との責任分担の明確化

都市排水改善事業は排水施設の計画、設計、施工、維持管理により構成される。さらに対象となる排水施設は河川・排水路ならびに洪水調節池や各種オンサイト洪水貯留施設を含んでいる。現行の排水事業指針によればこれら多種多様の事業の実施はおもに灌漑排水局および地方自治体が担当することとなっている。しかしながら、これらの実施機関の具体的な責任分担は明確とはいえず一貫した排水改善事業の実施が困難な状況となっている。**この問題を解決するため以下に示す排水改善事業の実施に係わる責任分担を提言する。**

排水施設	計画・設計・建設	保守管理
1. 広域排水施設		
1) 河道改修	DID	DID
2) 幹線排水路	DID	DID
3) 多目的洪水調節池	DID	LA
2. 小規模排水施設		
1) 二次排水路等	LD/LA	LA
2) 道路側溝（州・国道）	PWD	PWD
3) 道路側溝（市道）	LD	LA
4) 三次排水路等	LD	LA
5) 洪水調節池	LD	LA
6) オン・サイト貯留施設	LA	LA

注：LA：地方自治体、LD：土地開発者、PWD：公共事業省

4.2.3 地方自治体の人的資源不足の解消

上記のとおり、地方自治体は灌漑排水局とともに排水改善事業の主要事業実施機関となる。しかしながら地方自治体では深刻な排水技術者の人的不足に悩まされており、自治体の組織に排水部すら存在しな状況にある。関係機関によりこのよう**人的資源の不足解消を目的とした実際的なプログラムを検討することを提言する。**