マレイシア国
アロスター下水道排水計画

マスタープラン報告書
(インテリム)

雨水排水施設計画編

1979年 10月

国際協力事業団

JICA
113
613
SDF
LIBRARY

A-4 210×297 NO.T-001

国際協力事業団	
受入月日 '84. 4. 25	113
	61.8
登録No. 03963	3DF

目　次

第1章　序　論

第2章　計画のための関連基礎資料

2.1　調査対象区域の位置と背景

2.2　地理的特性

2.2.1　地形

2.2.2　気候

2.3　土地利用と人口

2.3.1　土地利用

2.3.2　現在人口と分布

2.4　河川，雨水排除および農業灌漑用水路

2.4.1　河川および雨水排除施設

2.4.2　農業灌漑施設

2.5　既成の関連調査報告書

2.5.1　Preliminary Report on Alor Setar Town Drainage.

2.5.2　Alor Setar Master Drainage Plan

第3章　施設計画の検討

3.1　対象区域

3.2　検討事項

3.2.1　雨水排水幹線系統

3.2.2　DMPとPMP

3.3　土地利用将来計画と人口予測

3.3.1　土地利用将来計画

3.3.2　人口予測

JICA LIBRARY
1059511[4]

3.4 設計の基礎

3.4.1 設計地盤高

3.4.2 雨水流出量の算定

3.4.3 管渠施設

3.5 雨水排水計画

3.5.1 既存施設の検討

3.5.2 雨水排除システムの計画案

3.6 雨水排水幹線システムの実施上の留意事項

3.7 建設費および維持管理費

3.7.1 建設費

3.7.2 維持管理費

3.8 便益

3.8.1 概要

3.8.2 浸水被害の減少

3.8.3 地域社会の環境衛生の改善

3.8.4 地価の上昇

3.8.5 便益の妥当性

第1章 序論

調査対象区域は市街地の一部を除いて十分な雨水排除施設がないため浸水問題が頻々に生じている。一般に現状における雨水排水は自然河川を部分的に改修した形で行なっているが、排水路のかなりの部分が土砂で堆積し豪雨のさいの流出水の排水には水路容量が不足している場合が多い。また、各地の開発が急速に進むため、従来雨水貯水池としての役割を果していた湿地帯や水田が失われ、流出のピーク量が増えることが予想されることから、雨水排除設備の早急な整備が要求されるところである。

マレイシア政府はかかる状況に鑑みアロスター地域に対する全体的な雨水排水のマスタープランを1979年に作成した。これにはクアラケダ地区が含まれていない。この地区に対しても十分な雨水排水設備が要求されるところであり、将来の開発計画に備える必要がある。

このプロジェクトでは雨水排除方式に関するマスタープランはクアラケダ地区に限定することにした。

さらに、雨水排除施設に対して優先順位に応じて投資金額の確定についても考慮しておかなければならない。クアラケダの状況はアロスターと関連させておかなければならないので、雨水排除設備についての優先順位と合理的とみられる投資金額は、この地域全体を含めた角度から定める必要がある。したがって、この報告書はマレイシア政府側が作成したアロスター地域における雨水排除のマスタープランを念頭に検討されるべきものである。

第 2 章　計画のための関連基礎資料

2.1. 調査対象区域の位置と特徴

雨水排除方式の基本計画立案のための対象地区であるクアラケダは、ケダ州のコタセタ地区の西端に位置し、アロスターの中心地から約8km西方にひろがっている（図3-1参照）。北部はケダ河に面し、西部はマラッカ海峡に接している。南側と北東側はアロスターへと続く水田がひろがっている。

もともと、クアラケダは漁村として発達してきた。現在はケダ河の流域に沿った道路の西側と町の北部地域に政府による住宅地区と工業用地の開発が進められている。工業用地には水産加工関係の工場が4社すでに操業中である。雨水排除施設に対する検討は総合的な都市計画に関連させて行なうべきである。

2.2. 地理的特性

2.2.1 地形

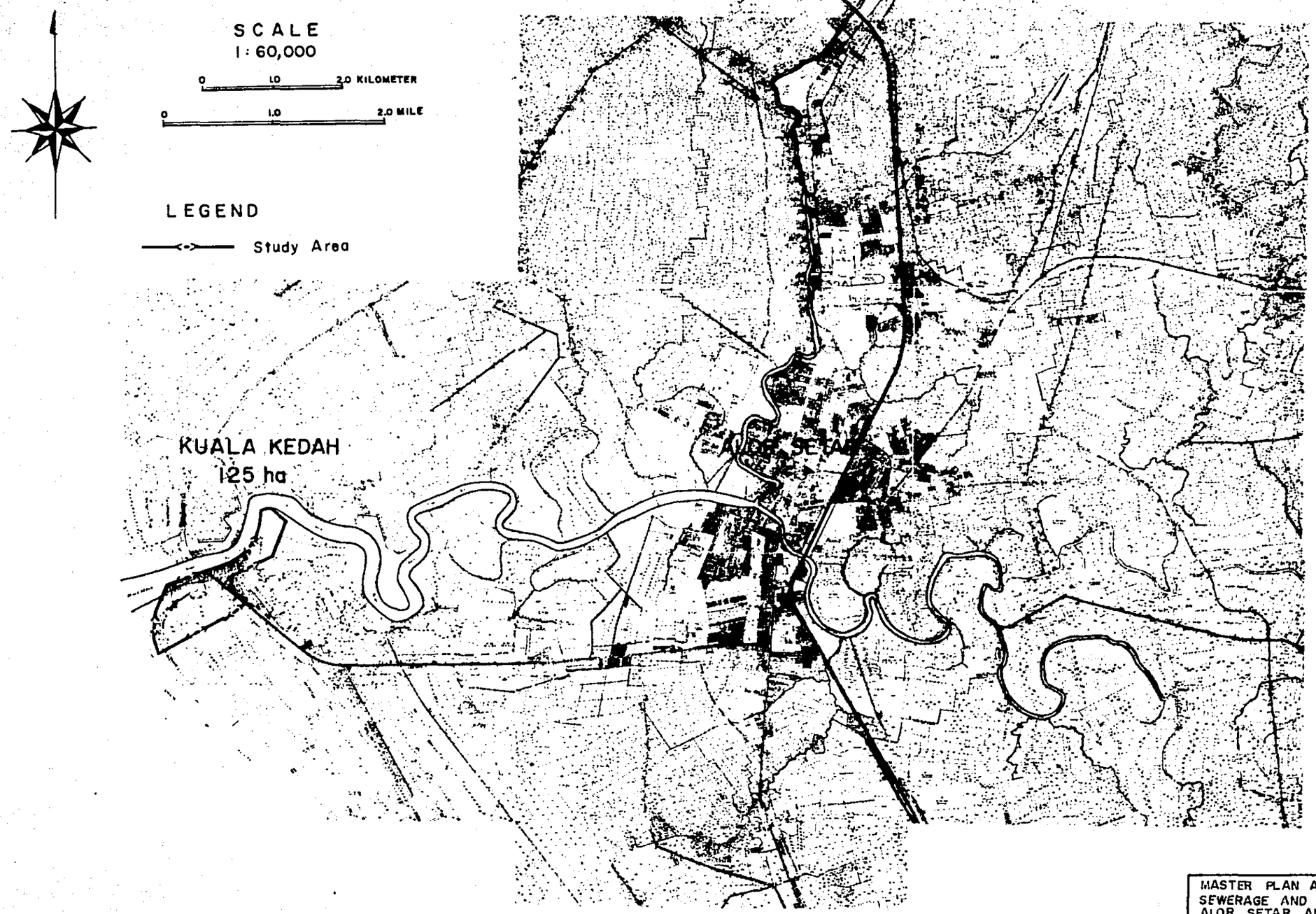
クアラケダの市街地は地盤高の最高は海抜2.6mのきわめて平坦な地域である。

地質に関する資料は十分ではないが、沖積性細砂混合の粘土から成っており、地下水位は平均1mとかなり高い。

このような立地条件であるため湿地帯がかなりあって、雨季には浸水することが多い。さらに、主要な水路は感潮河川であり、水路の現状は勾配がないことと廃棄の不法投棄によって高潮時に氾濫することが多い。

2.2.2 気候

熱帯性気候であり、10月から2月にかけては乾季としての



MASTER PLAN AND FEASIBILITY STUDY FOR SEWERAGE AND DRAINAGE SYSTEM PROJECT IN ALOR SETAR AND ITS URBAN ENVIRONS

LOCATION OF STUDY AREA | FIGURE 3.1

北東モンスーン，4月から9月までは雨季の南西モンスーンである。南西モンスーンでは雨が多く，とくに5月と9月にピークがみられ，北東モンスーンではスマトラ島にさえぎられるために降雨量は少ない。

気温は年間を通じて比較的一定しており，時間気温の変化は約2°Cで低温26°C，高温28°Cである。しかしながら日気温の範囲は直間気温の最大平均は36°C 夜間気温の最低平均は27°Cである。1951年から1977年にかけての過去27年間での平均年間降雨量は約2180mmで，このうちの90%以上が3月から11月にかけて降っている。24時間最大降雨量は1970年の154.7mmであり，これはアロスターの気象観測所でDID が保有する記録である。風は一般におだやかで強度は比較的高い。蒸発量は乾季にとくに多く，雨季には減ってくる。

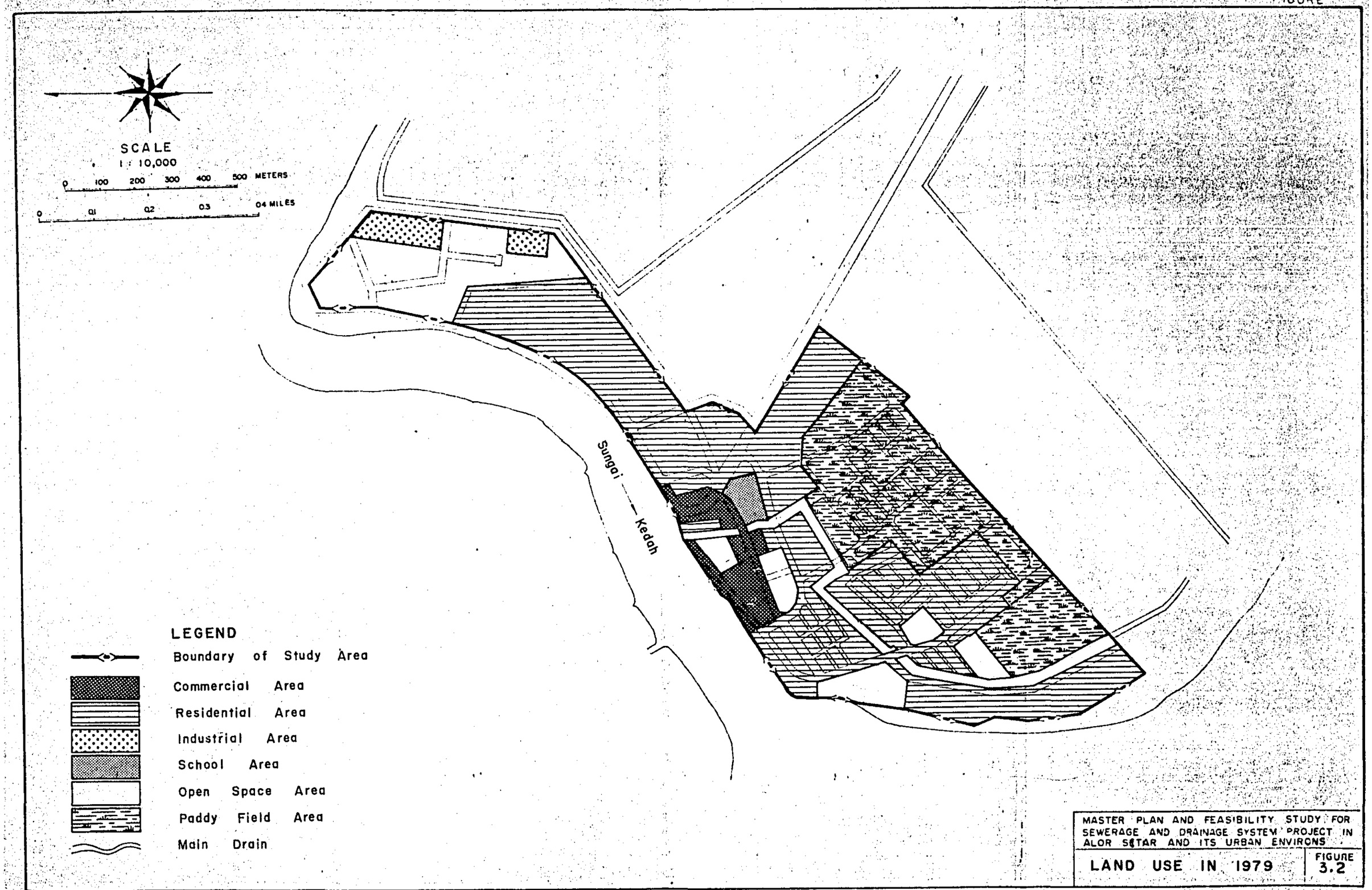
2.3. 土地利用と人口

2.3.1 土地利用

調査結果およびこのプロジェクトに関係のある政府機関の担当者から得た資料に基づいて，対象地区を図3-2に示すとおり，(1) 住宅地域 (2) 商業地域 (3) 工業地域 (4) 学校 (5) 農業地域の5種類に区分した。

このカテゴリーに基づいて現時点での用途別地域の面積を求め表3-1に示した。

現在のところ，市の区域は住宅地域と農業地域から成っているが，工業地域が開発中であり，近いうちにかなり



MASTER PLAN AND FEASIBILITY STUDY FOR SEWERAGE AND DRAINAGE SYSTEM PROJECT IN ALOR SETAR AND ITS URBAN ENVIRONS

LAND USE IN 1979

FIGURE 3.2

土地利用の状態が変った形でにじみでてくることと思われる。

表 3.1 現状における土地利用, 1979

用途	面積, ha	割合 %
住宅地域	56.4	45.1
商業地域	14.0	11.2
工業地域	1.6	1.3
学校	2.6	2.1
農業地域	50.4	40.3
計	125.0	100

2.3.2 現在人口と分布

この地域に関して入手可能な人口統計資料は1970年に実施した国勢調査によるものが関係資料の唯一であって、これに基づいて対象地域の人口を試算すると(その時点では)7665人とみられる。

下水道施設計画報告書で述べておいたとおり、この人口推定はアロスター, クアラケダ地域に用途地域別に人口分布を行なったが、1970年から1979年までの人口の自然増加率をKedah-Perlis Development Study Report, 1978と同様の2.7%とし、さらに工業開発等の社会的な変化による人口流入を考慮して行なった。

これらの調査結果を基にして対象地域での1979年における人口は9105人と試算され、平均人口密度は約73人/haである。

2.4. 河川，雨水排除および農業灌漑用水路

2.4.1 河川および雨水排除施設

調査対象の区域はケダ河の河口に沿って発達している。

このケダ河は東から西へと流下し、アロスター市街を蛇行している。流れは勾配のない感潮河川で曲がりくねっており、河幅も深さもところどころで変っている。ケダ河の堤防は市街地から上流約[illegible]kmのところにある防潮水門のところまで建設されており、市街地を高潮時の浸水から護っていてくれる。しかしながら海抜0.9～2.6mの低地で平坦な地勢のため、市街地のかなりの地域が海水の遡上に関連して浸水を受けやすく、現有の排水路に防潮水扉を設ける必要がある。このような条件にある地域はとくにまだ開発されていない地域に多い。

現存の排水設備は恒久的であるかどうかは別として、主幹線、支枝線、道路側溝を含めて殆んどが用水路である。大部分の主要排水路は基本的には部分的改修を施した自然水路である。これらの殆んどは土砂が堆積し水路断面が減少しており、このため浸水の原因となったりする。この詳細は別に述べる。

一般に、100エーカー以上の面積を対象とした幹線排水路は建設、改修、維持管理ともにSDIDによって行なわれている。市街地域内の主要排水幹線はまだMADAの所管であり、支枝線やそれ以下の規模の排水路はMPKSの管轄である。

2.4.2 農業灌漑施設

下水道施設計画報告書でも述べておいたが、MADAは1970年に設立された政府機関類似のものである。

この我国はKedah州とPerlis州の灌漑用水路計画を進めるものである。この事業は、これらの州の沖積性平野や関連都市を含めた950 km²を対象として、水田に対して灌漑設備として必要な用水路、排水路、付帯設備などから成っている。水田に使用した後の水はDIDの所管である河川または排水路に放流される。

市街地内の排水路で市街地排水路の役割をもってきているが、農業用水路としてMADAの管轄下にあるものが、水田からの流出水がなくなると思われ、いずれDIDに移管され市街地排水路としてのみ用いられることと思われる。

農業用排水は市街地排水路の機能には全く関係しないので今回の調査ではこれは扱わない。

2.5. 既成の関連調査報告

このプロジェクトに関係のあるとみられる主な調査報告をつぎに述べる。

2.5.1 Preliminary Report on Alor Setar Town Drainage

1971年、アロスター市街地に関する雨水排除報告書がMPKSの手身である Government of Majlis Bandaran, Alor Setar のために Messrs. Ganendra, Ahmad & Associates of Kuala Lumpur が作成した。

この調査報告書の目的の概要はアロスター市域内の浸水問題を解消するために現存の排水設備の改修を含めた排水計画を確立することであった。

この報告にはKedah河とAnak Bukit河に関する洪水解析が含まれ、アロスター市街地における雨水排水の計画案に対しての基本設計と降雨の最大強度に基づいた洪水現象の解析に

よって市内の主幹線で必要と考えられるポンプ場能力と同等の滞水池に関してもとりあげている。さらに技術的な点からの勧告として既存の主要排水路の改修に関して施工計画を取りあげている。

さらに、この報告書の追加として1972年にSupplementary Report on Alor Setar Town Drainageが出された。この追加報告書は前の報告書で明確でなかった部分を明らかにするためのものであった。

2.5.2 Alor Setar Master Drainage plan

アロスターに対する総括的な雨水排水施設を確立するため、1978年以来DIDによって前述の基本調査報告書に基づいて進められた調査であって1979年の3月に草案が完成したが、これには基本調査報告書の若干の訂正も含まれている。

この調査にはアロスター地域の3584 haが含まれているが、クアラケダ地域は除かれている。計画したマスタープランでは十分な雨水排水施設の完備と浸水対策がとりあげられている。浸水対策としてはケダ河とアナクブキット河の主要部分についてモンスーン期間中に市内の主要幹線での水位上昇と高潮時によって河川水位が上昇するために生ずる被害から市街地を防ぐため堤防を設置する必要性を勧告している。

ここにみてきたとおり、DIDならびにMPKSによる報告書は両方ともアロスター市街区域を対象とした雨水排除計画であり、クアラケダ市街地については今のところ計画がない。

一方、クアラケダ地区での開発計画が進行中であることから、この地区に対する雨水排除設備の基本計画を樹てるのはきわめて時機を得たものである。

第 3 章　施設計画の検討

3.1. 対象区域

雨水排除施設の基本計画のための対象区域は既に述べてきたとおりの理由によってクアラケダ地域だけとすることが両国政府間によって合意された。

これに基づいて調査対象区域の設定は関係機関、例えばMADA, TCP, DIDなどの担当官との広汎な討議されたものであり、この結果対象面積は125haとなり、図4.1に示すとおり、クアラケダの下水道施設の基本計画区域と一致するものである。さらに、雨水排水計画では調査対象区域外であるが流域として約100haを考慮に入れる必要があった。MADAとDIDとの分担範囲を明確にしたうえで市街地排水としてDIDの管轄に組み入れられた地域である。

したがって、この計画で扱う雨水排水計画の対象区域は約225haとなった。この基本計画では、ここで述べた対象区域を検討するために必要とした流域については施設計画を行なうものではない。

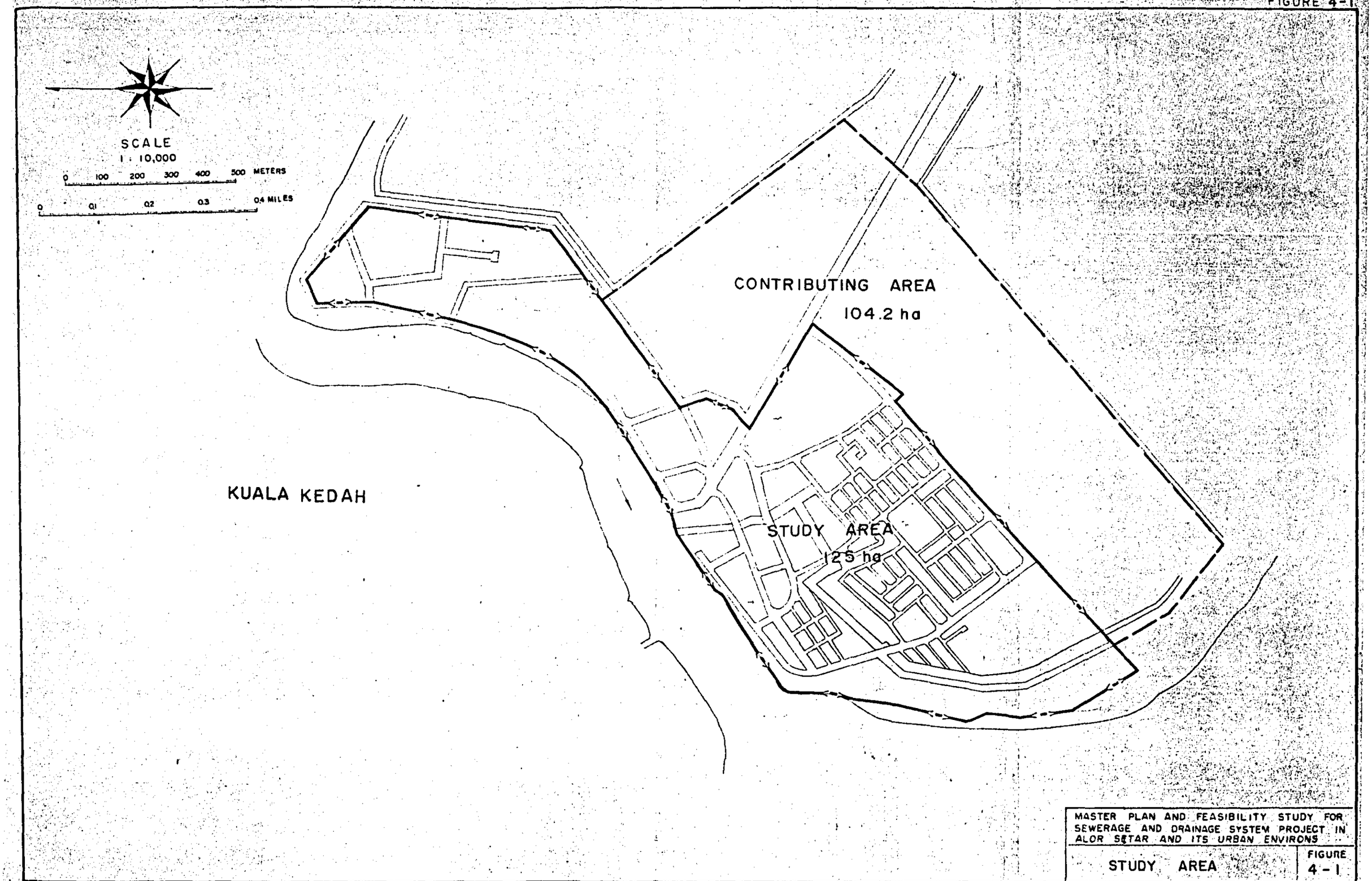
3.2. 検討事項

雨水排除施設の基本計画で必要な主な項目を以下に示す。

3.2.1 雨水排水幹線系統

この基本計画はクアラケダ地区に対して現在および将来降雨での浸水問題を解消するために必要な排水幹線系統を確立するものである。

この幹線は約40haを対象とするもので、これより小さい



MASTER PLAN AND FEASIBILITY STUDY FOR SEWERAGE AND DRAINAGE SYSTEM PROJECT IN ALOR SETAR AND ITS URBAN ENVIRONS

STUDY AREA

FIGURE 4 - 1

区域については枝支線によってまかなわれる。これらの支枝線はフィージビリティ調査で行なわれるものである。

DIDの定義では対象面積4ha程度のものは支枝線とされている。

3.2.2 DMPとPMP

a) デザインマスタープラン(DMP)

この計画は既成の市街化区域を対象とするもので、この地区に対する現存の雨水排水路の問題を解消するため長期計画を総合的に樹てるものである。

b) プリベンティブマスタープラン(PMP)

この計画の目的は将来市街化区域として開発されることで発生するとみられる雨水排水問題を防ぐため未開発地区において排水計画の方針を定めることである。

3.3. 土地利用将来計画と人口予測

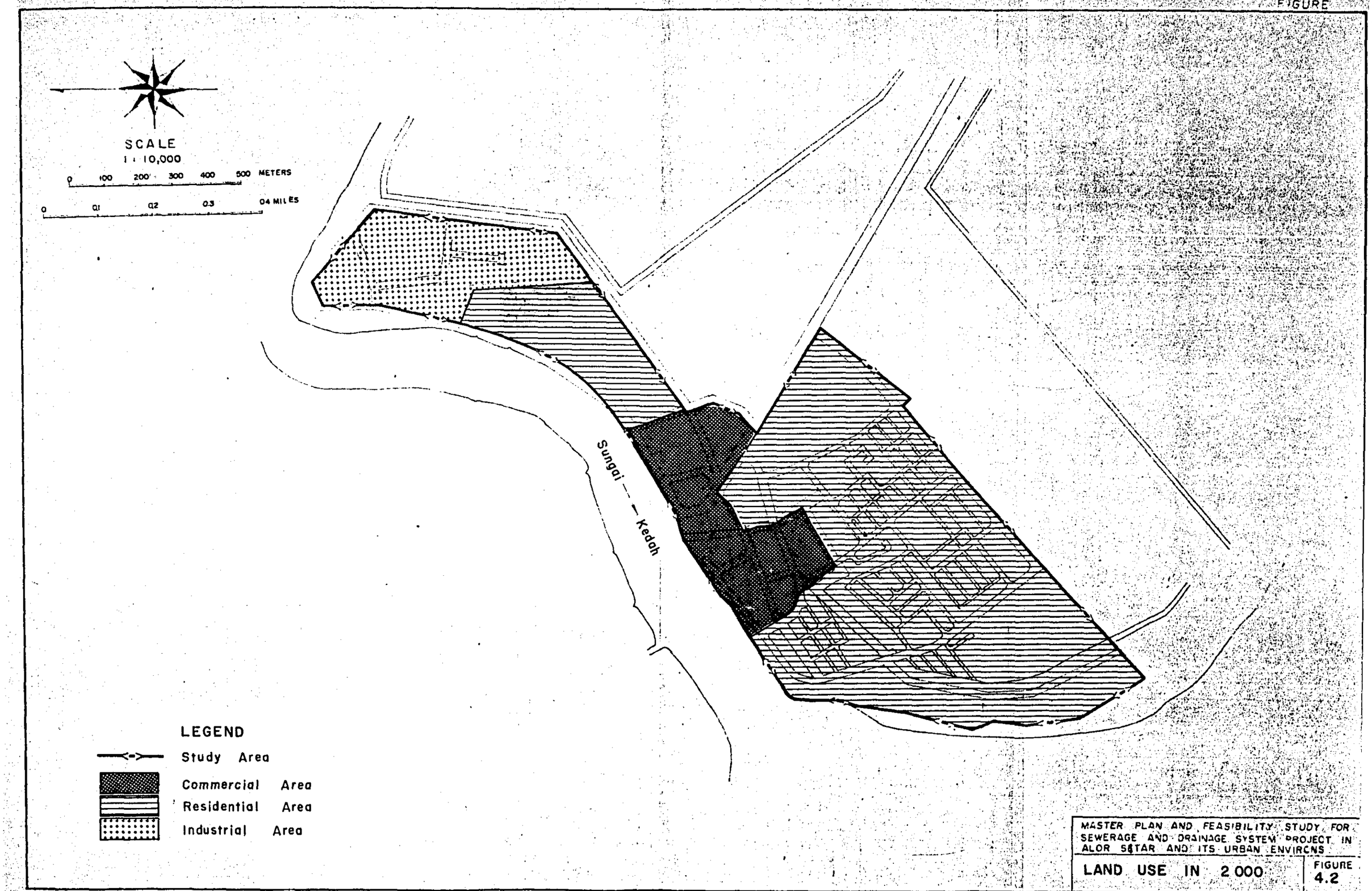
3.3.1 土地利用将来計画

雨天降排水はその地域の利用特性によって引っぱって大きく影響される。

現時点では調査対象区域内には多くの水田が残っており、市街地排水路に流入する若の雨水排水を貯える役割を果している。

しかしながら、将来時点では市街地として開発され、住宅地、商業地、工業地帯になると考えられ、市街地の雨水排水路での雨水排水の流入が増加してくるとみられる。

雨水排除施設の設計には2000年次での土地利用形態



MASTER PLAN AND FEASIBILITY STUDY FOR SEWERAGE AND DRAINAGE SYSTEM PROJECT IN ALOR SETAR AND ITS URBAN ENVIRONS

LAND USE IN 2000

FIGURE 4.2

を考慮したうえで技術的な検討を加える必要がある。

現時点での土地利用状況に基づいて土地利用の将来について TCP と協議してまとめたものを表4.1, 図4.2に示した。

この調査に用いる土地利用の形態は基本的には市街化区域として開発されるもので, 2000年次には農地は残らないものとして考えている。したがって, 目標年次には現在の農地は, すべて さきに示した用途 すなわち 住宅地, 商業地, 工業地域に転換されるものとして計画を樹てた。

表 4.1 2000年次における土地利用

	面積, ha	比率 %
住宅地域	89.0	71.0
商業地域	18.0	14.5
工業地域	18.0	14.5
計	125.0	100

3.3.2 人口予測

前章で述べたとおり、1970年, 1979年における調査対象区域の総人口はそれぞれ7665人, 9105人と推定された。これに基づいて, 2000年次における土地利用形態において人口を予測し12,900人とした。この人口予測には下水道施設基本計画書で示したとおり、アロスター および クアラケダ地区を含めた人口予測を考慮して定めたものである。

3.4. 設計の基礎

ここに示す設計基準は基本的にはDIDが用いている"Planning and Design Procedure NO.1, Urban Drainage Design Standards and Procedures for Peninsular Malaysia"に準拠している。

つぎに、この調査報告書で用いた設計基礎について述べる。

3.4.1 設計地盤高

この報告書で用いた資料は Malaysian Survey Ordinance Datum で定められたもので、1912年に定められた基準である。

ここでの地盤高は Survey Ordinance Datum のゼロ基準に一致させた RL でもって示しているが、これらのすべての値は Malaysian Survey Ordinance Datum によるものである。

雨水排除計画の設計のための基準は

HHWL (既往最高潮位)	SOD +2.23 m
HWL (既往高潮位)	+1.68 m
MHWL (平均水面)	+1.53
LWL (低潮平均潮位)	−0.46 m

SOD: Survey Ordinance Datum の略で Swettenham 港で1912年に築された平均潮位で

平均潮位 (1912) --- SOD +0.00

と示される。

さらに雨水排水に必要な規模をきめて実際に設計するためには地盤高を定めなければならないが、これは以下によった。

a). 降雨流出に対する雨水排水幹線をチェックするために平均水面 +1.53m の潮位で検討する。

b) 初期降雨に対する雨水排水幹線の設計には HWL +1.68m を採用する。

c) 潮汐の影響に関連して滞水池を設計するにはつぎのことを仮定した。

・満潮汐は12時間とした。

・潮汐の上潮、落潮はサイン曲線とする

・HWL は +1.68m で LL は −0.46m とした。

d) 土地埋立のための地盤高は既往の最高潮位 R.L. +2.23m によった。

3.4.2 雨水流出量の算定

雨水排除施設の設計の基礎である流出量はできる限り正確に推定するべきで、これに基づいて種々の計算が進められる。流出量の算定はつぎによった。

1) 合理式

合理式は流出量を算出するために、現在実際に広く用いられている。ここでは前述の DID 計画設計手法 No1 に準拠した合理式の修正した次式を用いた。

$$Q = \frac{1}{360} C_s C I A$$

ただし

Q: ピーク流量, m^3/sec

I: 平均降雨強度, mm

A：流域面積，ha

C：流出係数

Cs：次式で得られる貯留係数

$$C_s = \frac{2t_c}{2t_c + t_d}$$

t_c：流達時間，min

t_d：排水路での流下時間，min

この調査対象区域は殆んど平坦で低地から成るため貯留係数によって修正した式を適用するのがよい。

アレイヒアで用いられている規準の Cs, t_c, t_d の関係については，理論的な実測値ではなく，実際にクアラルンプールの雨水排水区で得た例から導びいたものである。t_c と t_d の関数として導びかれる Cs は アレイヒア農業および地域開発省から発行されている水理手法 No16 "アレイヒア島における市街化区域での洪水試算" に示されている。貯留係数 Cs の合理式についてみれば 上述した式を用いることになる。

2) 降雨頻度

原則として，雨水排水路は対象となる地域によって予想される最大降雨量による流出量が排除できるように設計できる筈であるが，排水設備の実際の設計は可能とされる範囲での施工費を考慮し，平均降雨頻度をもってされるべきである。この点から設計には降雨頻度をきめる必要がある。

市街化区域内での降雨頻度については 住宅地域では確率年 2年，商業および工業地域では確率年 5年とした。これらの値は，調査対象地域のような比較的小さな流域

を持つ排水路に適用される。しかしながら、主排水路については100年降雨確率を考慮した。基本的には雨水排水路の設計は確率年を2年または5年とする場合の初期降雨による浸水防止と確率年を100年とするような豪雨による洪水が生じないことを考えた。

設計での降雨平均頻度は以下に示すとおり土地利用区分によって変えた。

住居地区	確率年 2年
商業,工業地区	確率年 5年

3) 降雨強度－継続時間－頻度曲線

降雨強度は、強度－継続時間－頻度曲線の形で表わされる。本調査ではDIDの手法と他の実例から次式を用いることにした。

2年確率 $I_2 = \dfrac{6.270}{t+32}$

5年確率 $I_5 = \dfrac{8.070}{t+30}$

100年確率 $I_{100} = \dfrac{13,940}{t+33}$

4) 流出係数

流出係数は、調査対象区域の地表形態で変わってくる。ここでは土地利用区分によって表4.2に示すとおりとした。

表4.2 流出係数

土地利用区分	流出係数
住宅地域	0.65
商業地域	0.85
工業地域	0.65

5) 流達時間

流達時間の概念は与えられた降雨頻度に対し降雨継続時間の関係曲線から導びかれるピーク流出量の算定に用いる。

流達時間は雨が地表面を流れて一番遠い点から雨水渠に到達するまでの時間で次式によって示される。

$$t_c = t_0 + t_d$$

ただし

t_c：流達時間，min

t_0：流入時間，min

t_d：管内流下時間，min

管内流下時間は管渠の水理特性によって異なり、流入時間は対象として考える地域の状況でそれぞれ求められねばならない。

3.4.3 管渠施設

この調査では設計に必要な基礎的事項としてつぎのことを示す。

1) 雨水排水路

(a) 開渠と暗渠

調査対象地域では既存の雨水渠は殆んど開渠である。この特長としては維持管理の簡便さ、マンホール設置に伴なう問題のないこと，掘削深度が浅くてすむことなどがあげられる。この掘削に関しては分流式を採用する場合に管渠同志が交叉しなければならないときに一方が開渠の場合には掘削深度が浅くてすむことになる。これらのことから建設費，維持管理費ともに開渠の方が安くつくので、ここでは原則として

開渠を採用する。

(b) 開水路の水理計算

開渠の水理計算は、次のマニング公式を用いる。

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

ここで

V：流速，m/s

n：粗度係数

R：径深，m

I：勾配

n値として次の値を採用した。

現場打コンクリート渠	0.015
工場製コンクリート渠	0.013
石積み渠	0.025
素掘り渠	0.030

管渠の諸元の選定は現場の状況を考慮してきめるが経済性と現実に使用可能なものでなければならない。例えば素掘り形式がもっとも経済的にすぐれているが、掘削や法面などを考えると矩形渠の方が必要な土地が少なくなり、用地費を含めて検討する必要がある。市街地内では石積み製，コンクリート製の矩形渠が望ましい。また小断面のものは施工における工期短縮なども含めて鉄筋コンクリート製のU字溝が望ましい。

(c) 流速

雨水渠内での土砂類の堆積を防ぐため 0.6 m/sec 以下の流速は避ける。

各管種別の最小,最大流速はつぎのとおりとする。

種類	設計流速, m/sec 最小	最大
コンクリート製	0.6	3.0
石積み製	0.6	2.5
グラス張り製	0.6	2.2 (1)
素堀り	0.6	1.0 (2)

注: (1) DID設計手法

(2) Portier & Siolay

2) 滞水池

雨水を貯留しようとすればかなりの面積が必要となるが,雨水流出量のピークを下げるには きわめて効果的な方法である。未開発地区などで土地の取得が可能な場合には実際計画に取り入れるべきである。未開発地域で将来開発が行なわれたときに,開発による流出水量の増分を下流域に流さないように滞水池を設けるべきである。また排水システムの建設費を考えるとき,上流域の流出量を1部カットするため下流域の水路規模を縮少できるなどの利点もある。

滞水池容量はつぎによって求める。

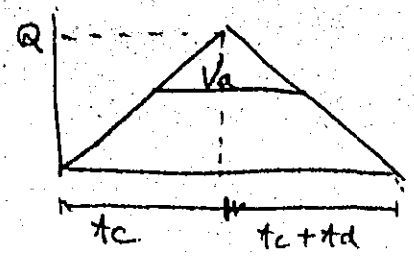
流入ハイドログラフの作成

許容される流出量の設定

滞水池の貯留量の算定

流入ハイドログラフは一般に $t_c > t_e$ と $t_c < t_e$ の2とおりが考えられる。これは以下の方法で比較して必要容量を定める。

(a) $t_c > t_e$



許容される流出量

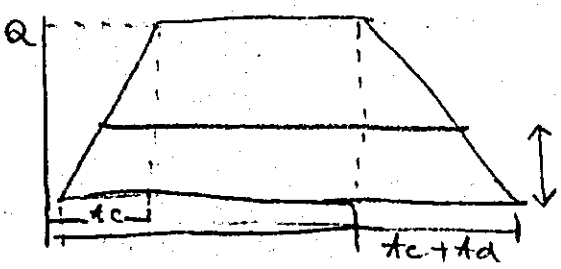
ただし　V_a：所要貯留量

t_c：流達時間，min

t_e：降雨継続時間，min

t_d：管内流下時間，min

(b) $t_c < t_e$



許容される流出量

ただし　V_b：所要貯留量

t_c：流達時間，min

t_e：降雨継続時間，min

t_d：管内流下時間，min

この計算によって V_a と V_b を比較して，大きい値を採用する．

(3) ポンプ場

堤防またはゲートにより河川や海からの洪水の影響を断ちポンプで排水を行なう方法は一般的である．ポンプを設置するかどうかの判断材料としては使用頻度があげられる．洪水の影響を受けて頻繁に浸水の起こる低地域にポンプを設けることは合理的であるが，めったに起こることのない洪水対策には十分な検討が必要である．ポンプ場の建設には，輸入部品，輸入

機器の調達を含めて、多額の初期投資が必要である。さらに年々の維持管理費も無視できない。

多額の建設費、維持管理費を要し、その操作もむずかしいため、ポンプ場の設置については、他の施設よりも慎重に検討されなければならない。

3.5. 雨水排水計画

調査対象地区に対する最適の雨水排水施設を計画するためには既存の雨水排水設備の検討と現状に対する評価が先づ必要である。

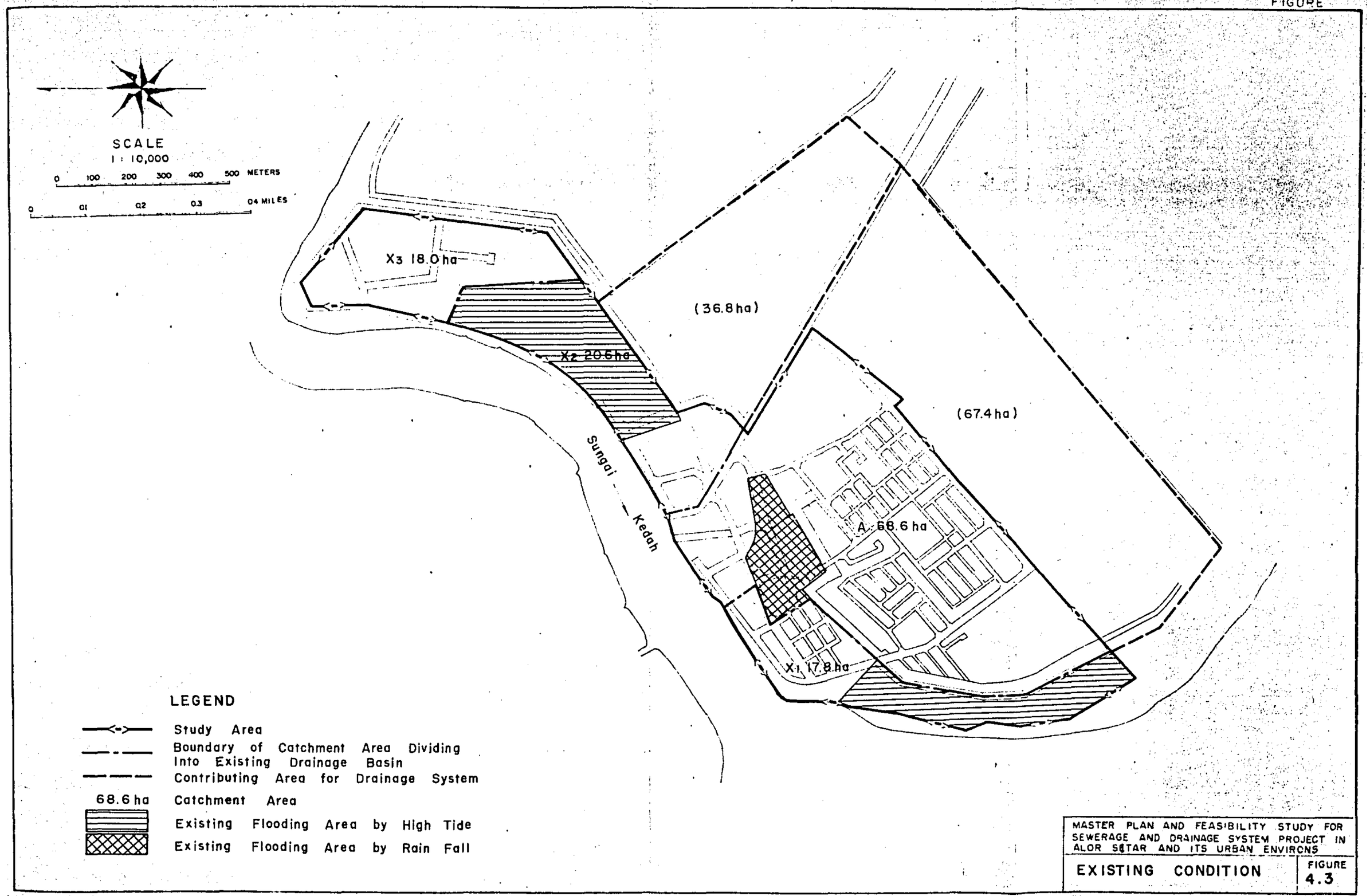
現地踏査および関係機関担当者の情報および聞き取り検討から、雨水排水設備の改良、拡張など必要な場所をきめて対策を樹てなければならない。

現況施設に対する踏査結果から浸水問題を解消するための緊急および将来計画について以下に記す。

3.5.1 既存施設の検討

対象地域の地域的特性については既に述べてきたとおりであるが、一般に低地でかつ平坦であり Kedah 河と海岸線に接した地域では潮汐の影響を受けやすい。このため降雨の激しいときと大潮での高潮位が一致すると浸水の範囲も広がってくる。

浸水の原因としては地盤高の低いことが主な原因であるが、雨水排水路が不十分なことや現有排水路の維持管理が不適当なことも大きく影響している。現状での浸水被害が多くみられる地域を図示すると図-4-3のとおりである。



MASTER PLAN AND FEASIBILITY STUDY FOR SEWERAGE AND DRAINAGE SYSTEM PROJECT IN ALOR SETAR AND ITS URBAN ENVIRONS

EXISTING CONDITION

FIGURE 4.3

一般に既存の排水幹線や支線は比較的よく機能しているが、開発が急速に進むため、雨天時の流出量も増加し、つまりは現存施設の能力では不足してくると考えられる。流域の上流部の開発は洪水問題を軽減する役割を担っていた農地が転用されて行くことを意味し、その地域に対して一段の浸水問題を引き起こす恐れがある。かかる見地から、雨水排水施設に対する対策が必要であり、とくに対象地区に対して地形学的を加味して定める排水区について将来計画を樹てなければならない。

現状の雨水排水システムは対象区域の大きさ等を勘案して4地区に分割するのが適当とみられる。したがって図4.3に示すとおりBasin A, X1, X2, X3とし、以下にその概要を記す。

(1) Basin A

この排水区の流域面積は136 haであり、調査対象地区での市街化地区のほとんどを含んでいる。しかし、設定された調査対象地区に含まれる流域は68.6 haで残りの面積は調査対象地域外の主として水田地帯が含まれる。この水田地帯はMADAの所管に属する。

この排水区で市街化地区は主として住宅地域であり約40%が占められている。さらにTCPの計画によれば住宅、商業地区としての開発が進められる筈である。さらに関係当局の説明によれば排水区に含まれる水田地帯は将来市街化区域として政府による開発が予定されている。

市街化区域での地盤高は平均標高2mの平坦地帯であっても比較的高く浸水が起りがたい地域である。しかし、市街化区域はカンプーンで囲まれており、これらのカンプーン地域は地盤高1m程でかつ海に接していたため頻繁に浸水被害を受けている。

とくに，さきに述べたとおり強雨と満潮が一致すると浸水は一層著るしいものがある。

この排水区の現状は幹線が1本でこれに多くの枝線が設けられている。幹線は南西の水田地帯から始まり市街地を経て北西部にあるKedah河につながる。今のところ，この排水路は雨水排除と農業灌漑用に供され，MADAの所管とされている。この水路は本質的には自然水路であり，流下能力は5m³/sec～6m³/secとみられ降雨確率年を2年とした場合の流出量には現在の土地整備状況では十分に対応できるものとみられる。現在のところ，この水路は上流域では農業用水の確保のため水位は防潮水門によって1.3mに保たれており，潮位による背水は操作を適当にすることで防いでいる。TCPが進めている開発計画では，現存の排水路を主幹線として拡張することを考えており，さらに主幹線専用貯水池の構想をもって20m～30mの水路幅とすることを計画に含めている。これは主要排水幹線の将来計画の設計にきわめて有用である。一般に，排水区内の市街化地区では枝支線も殆んど布設されているが，降雨流出を排除するには流下能力の不足するところもあって浸水の原因にもなっている。

(2) Basin X1

この排水区の流域面積は17.8haで調査対象区域の西部に位置し，Basin Aの流域と海岸線で囲まれている。

この地区は現在のところ殆んどが水田地帯であるが，Kedah河に沿った北側の地区は住居地域と小規模な商業地域として既に開発されている。TCPの計画ではこの排水区は将来住居地域および商業地域として開発される予定である。

開発された地域では地盤高は2m以上であり、浸水問題は殆んど経験していない。しかしながら、南側の約9haはマレー式の高床家屋の集落があり、標高は1m以下の低地帯であって、高潮位による浸水が多い。

この排水区の既存の雨水排水システムはコンクリートまたは素掘りの小規模な側溝から成っている。これらの多くは直接海に注いでいる。排水路の能力は現状の土地利用状態では降雨時の流出を排除するのに十分な容量を有しているが、堆積した土砂の除去と保守管理を一層よくする必要があろう。

(3) Basin X2

この流域は調査対象地域の北東部に位置するBasin X3の中の工業地区の境界と西側ではSungai Kedah通りに接しているが、大部分はKedah河および水田地帯に接している。流域面積は67.4haで低地帯のカンポーンが含まれる。流域面積の20.6haが住居地域、商業地域であり、調査対象区域に含まれているが残りは対象区域外で水田地帯である。

非公式な情報ではあるがこれらの水田地帯は市街化開発地域として開発される見込みだといわれる。

この排水区での調査対象区域は13.2haでKedah河に沿って地盤高は1m以下の低地帯であるため屢々浸水被害を蒙っている。その他の地域の地盤高は約1.8mで比較的高めになっているので大きな浸水はない。これらの地区は既存の排水路も貧弱なので、強雨と高潮のための浸水に悩まされている。排水路の大部分は自然水路であり、将来土地利用計画のためには多額のこと

現状においても改修される必要がある。

(4) Basin X3

この流域は18haでKedah河に沿って調査対象地域の北東部に位置している。この排水区の全体は工業地区として開発されることが政府の方針で定められている。

現状では流域は地盤高2m以上の道路で囲まれており，この道路が堤防の役割を果たし河の氾濫を防いでいる。道路に囲まれた面積の大部分は2m以下で開発が行なわれない限りは空地として残っている。一方，ある地域では土地造成も終わり4工場がすでに稼動してきている。造成地の地盤高は道路標高と同じで2m以上であり，河の氾濫から避けられるようになっている。

この地域の大部分はまだ未開発であって，既存排水路としては上述した工場が設けられている沿道の道路側溝だけである。この排水路で排除される雨水はKedah河に直接自然流下によっている。その他の地域では今のところ未開発なためもちろん排水設備は全くない。

3.5.2 雨水排除システムの計画案

既存施設の状況から雨水排除システムは浸水問題を解決することを目的とするもので、基本的にはつぎのことを検討する必要がある。

(a) 既存排水路の改修または新設

(b) 下流地区を洪水から護るため遊水池を設ける

(c) 防潮水門などで背水を防ぎ必要に応じてポンプ設備を設ける

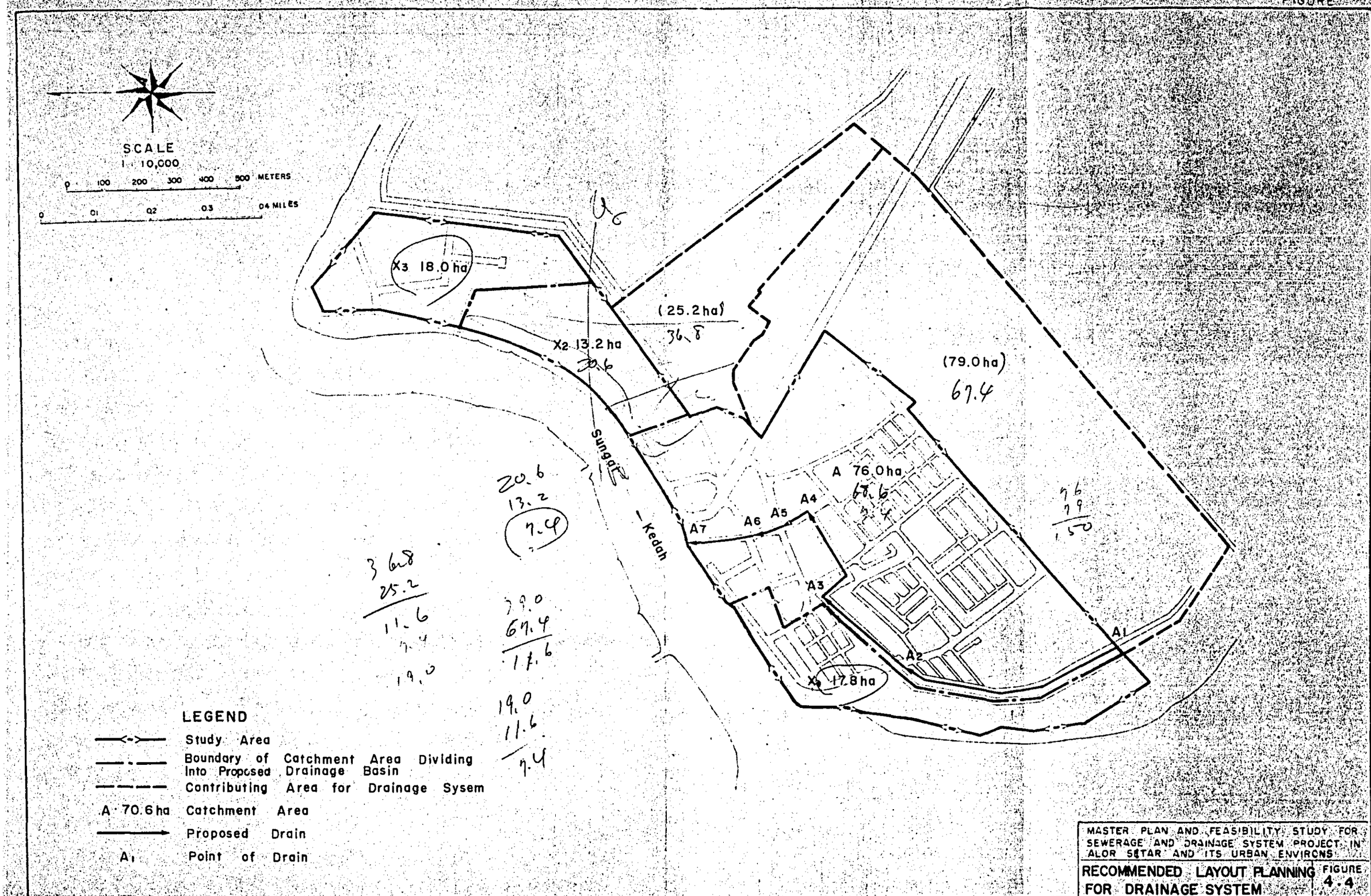
(d) 埋立てによって盛土する

これらを検討した上で調査対象地域に対して最適の雨水排除システムを選定する

1) 各排水区別の計画案

雨水排水区の設定は基本的には現況の雨水排水区と同じであるが、現状の雨水排水を勘案して定めた。Basin X2は政府の開発計画に応じて徐々に土地が整備されていくのに対応してBasin Aに組み入れて行き、雨水排水設備も段階的に設けられるため開発に歩調を合わせることができる。Basin X2がBasin Aに組み入れられた地域はKedahすに沿った商業地区とSungai Kedah通りに沿って存在する家々のある流域である。

この構想の概要は表4.3および図4.4に示す。雨水排水区は1つの大排水区と3つの小排水区に分かれる。大排水区は主幹線の設置を考える。小排水区は枝支線の検討が必要であるが、これはフィーシビリティの範囲でないのでここでは除外する。各排水区の概要をつぎに示す。



MASTER PLAN AND FEASIBILITY STUDY FOR SEWERAGE AND DRAINAGE SYSTEM PROJECT IN ALOR SETAR AND ITS URBAN ENVIRONS

RECOMMENDED LAYOUT PLANNING FOR DRAINAGE SYSTEM

FIGURE 4.4

表 4・3　設定した雨水排水区

排水区名称	調査対象区域内での排水面積	調査対象区域外の排水面積（流域内）	計
A	76.0 ha	79.0 ha	155 ha
X1	17.8 ha	—	17.8 ha
X2	13.2 ha	25.2 ha	34.8 ha
X3	18.0 ha	—	18.0 ha
計	125.0 ha	104.2 ha	229. ha

(1) Basin A

この排水区は155 haと流域面積となるもので、主幹線を設置する必要がある。このうち76 haは市街化区域であり、枝線についても計画しなければならない。流域を対象とした流出量の算定は開発計画に合わせたものとする。

この排水区の開発された区域は地盤高が2.0m以上であるが、未開発の地域も開発時には埋立てで同様な地盤高になると予想される。

この標高の地盤になると降雨確率年を5年とした場合でもMHWL 1.5mの潮位が重なっても、雨水排除設備を完備することで浸水の恐れはなくなる。この地域ではポンプ場や滞水池の設ける必要がない。開発区域に対しては、高潮記録の2.2mに対応するため2.4mの地盤高になるように造成することを提案する。

(2) Basin X1

この排水区は約18 haの流域面積の小さい区域である。この地区での排水システムは主幹線が設けられない場合、枝支線を十分

に整備することでよいと考えられる。

雨水排除は支線を直接に海に出すことで十分に対応できる筈である。全地域は造成による開発が原則であり、最高潮位から波れるように標高2.4mの盛土が必要である。

(3) Basin X2

この排水区は約35haの流域を対象とし、Kedah河に沿ったカンプーンが存在している。浸水対策は河川堤防とポンプ場を設けなければ解消しない。しかし、この地区は政府によって開発中であり、土地造成が進む筈である。これが完成すれば前述したポンプ場は不必要であるが、地盤高は2.4mとすべきである。

(4) Basin X3

この排水区は全域18haの工業地区である。雨水排除システムは枝線の整備が主体であり、これは政府による工業地区の開発計画の進展に応じて進められる。現状では未開発の地域が殆んどであり、開発にあたっては、地盤高2.4mまでの盛土が必要であり、これに伴って雨水排除のための枝線を十分に整備する必要がある。

2) 雨水排除施設案

雨水排除方式に関する検討の結果、この対象地区では主要幹線としてはBasin Aを通るものだけがあれば十分であり、開発進行中の地域では盛土による造成を行なえば、ポンプ場や滞水池などの特別な対策を必要とせずに浸水問題を解消できる。以下に雨水排除のために選定した案を示す。

(a) 主要幹線

主幹線の設計は DMP に準拠して扱われる。

幹線計画案の概要は図-4に示した。幹線のルート案は基本的には既存の自然河川と同じであるが、幅については流下能力と将来の土地開発計画を考慮して必要な長さをきめなければならない。

排水路の種類は (1) 砕石壁の梯形渠 (2) 工場製コンクリート矩形渠 (3) 素掘り が考えられるが、実施にあたっては付録に示したように費用関数を求めておき、最も経済的なものを選定した。地形条件が平坦で勾配を設けられないため、雨水渠の断面積が大きくなり、水利特性、経済性、美観などを含めて検討した結果、砕石壁のモルタル塗装の幹線案を採用することにした。この断面図の概要は付録 B.2 に示した。

(b) 小規模排水路（枝線）

この調査報告書の目的とする基本計画の立案では主幹線に関する全体計画案を作成することであるので、枝線計画は含まれないが、事業効果をあげるためには枝線の整備が必要である。とくに事業費試算のために開発計画案をもとにした代表的な排水網を念頭に検討しておく必要がある。

原則的には "U" 字溝 や 砕石壁排水渠を用いる。

3.6 雨水排水幹線システムの実施上の留意事項

将来における市街化開発計画の実施時期が明らかでないので、主幹線の実施は慎重に行なわなければならない。したがって、原則的には主幹線の実施は市街化計画の開発に応じて行なうべきである。

現状では既存の幹線排水路を計画量に対応して改修すれば、流出量の排除には十分に適応できる。その意味からみれば市街化開発計画が進まない限りは事業化実施のための優先性は殆んど見当らない。

既存の排水路には上流での水位調整のための防潮水門があり、高潮時の背水を防いでいる。また、これによって農業灌漑用として水位を適当な高さに保っている。

開発計画を実施されることになれば、高潮時や強雨のさいにも浸水から逃れられるように盛土されるため、防潮水門は農業灌漑水の確保の目的だけに限られてくる。

したがって、主幹線の実施計画にあたっては以上に述べてきたことを念頭におき、実施順位は開発計画による土地造成に伴う枝線排水路の整備にとくに配慮しておくべきであり、これに対応して幹線の整備が必要になろう。

3.7. 建設費および維持管理費

3.7.1 建設費

建設費はこの事業を遂行するために必要な費用の総計として定義し、直接経費と間接経費に大別し、土木工事、装置類、施工業者の利益および諸経費などのほか関連した作業が含まれる。以下にこれらの概要を示す。

1) 単価

雨水排除施設の建設費を求めるため資材および労賃に関する資料の収集に努めたが、情報源は主として次によった。

MPKS (Alor Setar)
P.W.D (〃)
E.D, MPPP (Penang)
施工業者および製造者

関連単価はマレイシアの1979年価格で表わしている。情報収集は現地業者の施工能力および資材類の調達可能性についても含めている。各種資材の単価については表4.4に要約した。

更に、小規模の排水渠の建設費については開発地域での計画道路網に基づいて基本計画を樹て、簡単な設計によって試算した。このため代表的な住居地区、商業地区、工業地区をとりあげて管網計画を立案したが、詳細は付録に示した。ここで選定した排水溝はU字側溝と砕石壁暗渠であって、経済性と施工の容易性が優れている。建設費は付録に示した費用関数から求めたが、これには掘削、水揚え、埋戻し、残土処分、建設資材および労賃、施工業者の利益と諸経費までを含んでいる。

この結果，単位面積，haあたりでの建設費はつぎのとおりであった。

住宅地区	18,000 M円/ha
商業地区	24,000 M円/ha
工業地区	24,000 M円/ha

(2) 排水施設の建設費

主要幹線についての建設費は選定した排水施設の種類によって求めた建設単価を用いて，必要な規模を乗じて試算した。枝線等については示節で述べた面積あたりの建設単価によって別途求めた。

主幹線の方式にはボックスカルバートも含まれているが，この算出も付録に示しておいたが費用関数によった。

この費用には用地費を除いて，資機，労賃，予備費，技術料などを含めている。予備費は建設費の20%，技術料は合計の10%とした。技術料は設計料と工事管理費から成りそれぞれ同額とした。

これらの結果の総計はM円4,111,000で表45に示したとおりである。これから判るとおり，未開発地域での側溝等は，すべて開発造成業者によって負担されるものと仮定した。

一方，40ha以上の流域についての幹線は政府負担とした。開発造成地区での枝線等は約30%が不足するものとして試算した。

Table 4.4 Schedule of Unit Construction Costs

(1) Basic Price of Material

Nominal Size	Price per 0.61 m (2') including transporting
U shape	
350 mm (12")	3.50 M$
380 mm (15")	4.80
460 mm (18")	6.20
610 mm (24")	8.50

Box culvert	Price per 1.22 m (4') including transporting
610 x 455 (24" x 18")	183.84 M$
760 x 610 (30" x 24")	217.00
915 x 760 (36" x 30")	251.50
1,220 x 760 (48" x 30")	324.60
1,220 x 915 (48" x 36")	342.70
1,830 x 1,220 (72" x 48")	665.80
1,830 x 1,525 (72" x 60")	742.30
1,830 x 1,830 (72" x 72")	802.00

(2) Unit Construction Cost

Item	Description	Unit	Cost (M$)
Concrete	1 : 2 : 4	m^3	156.90
	1 : 3 : 6	"	124.20
Reinforced Concrete	1 : 2 : 4	m^3	313.70
Mortar	1 : 2	m^3	186.50
	1 : 3	"	182.10
Trench Excavation (by hand)	depth		
	0 - 1.5 m	m^3	4.70
	1.5 - 3.0	"	8.60
	3.0 - 4.5	"	11.50
	4.5 - 6.0	"	15.10
	6.0 - 7.5	"	18.90
	7.5 -	"	22.50
Excavation (by machine)	Irrespective of depth	"	2.30
Backfilling and Compaction		m^3	3.00
Form Works		m^3	8.20
Masonry Works		m^3	71.00
Dewatering		hr	3.00

Table 4.5 Construction Costs for Proposed Drainage Facilities (1,000 M$)

	Description	Basin A	Basin X1	Basin X2	Basin X3	Total
Main Drain (Government Construction)	(A) Main Drain	1,190	-	-	-	1,190
	(B) Contingency	240	-	-	-	240
	(C) Engineering Fee Design	70	-	-	-	70
	Supervision	70	-	-	-	70
	Sub-Total	1,570	-	-	-	1,570
Smaller Drain in Built-up Area (Government Construction)	(A) Network of Smaller Drain	178	68	0	0	240
	(B) Contingency	36	14	0	0	50
	(C) Engineering Fee Design	11	4	0	0	15
	Supervision	11	4	0	0	15
	Sub-Total	225	86	0	0	311
Smaller Drain in Developing Area (Private Construction)	(A) Network of Smaller Drain	872	16	371	432	1,691
	(B) Contingency	174	3	74	86	337
	(C) Engineering Fee Design	52	1	22	26	101
	Supervision	52	1	22	26	101
	Sub-Total	1,150	21	489	570	2,230
	Total	2,945	107	489	570	4,111

Note: (B) = (A) x 0.20

(C) = [(A)+(B)] x 0.05

3.7.2 維持管理費

現状から判断して、既存排水路の維持管理はMADA, DIDおよびPWDによって行なわれている。MADAは例えばBasin Aで述べておいたとおり、主要排水路を所管し、道路側溝はPWDの管轄となっている。一方、防潮水門はDIDによって管理されてきている。

将来計画を含めて考えれば、主要排水幹線はDIDの管轄とし、MPKSは側溝などの小規模な施設を管理するのが妥当であろう。PWDは道路側溝について必要に応じて所管する。

維持管理作業の主体は水路に堆積した土砂類の除去と運搬処分であり、破損施設の修復も含まれる。

以下にこれらの費用を算出した。

1) 単価

排水施設に堆積した土砂類の除去と運搬処分に関する費用は建設費を試算したと同様に求めた。主幹線での堆積土砂の除去は機械除去とし、小規模な排水路については人夫作業によるものとした。運搬処分費は掘削残土の処分費と同じとした。

この結果、主幹線では3.2M円/cum、小規模排水路では5.6M円/cumと試算された。

土砂類の堆積量は年間あたりでみると排水流下断面の約10%と仮定した。幹線断面は12m²であり、約1.2cum/mとみられる。一方、小規模管路では管渠容量を110cum/haとしたので堆積量は11cum/haとなる。

一方、年間の維持費は建設費の1%とした。

又に、これらの維持管理のために、掘削用クレーン、ダンプ車、その他の

装置類の整備が必要であるので考慮しておくべきである。

これらの装置類の購入は行政の対象となる地域全体について検討した上で、その必要台数を定めるべきであり、ここでは維持管理費には含めなかった。

2) 維持管理費

維持管理のために必要な作業量はつぎによって求める。

主要幹線の延長　1,721 m

枝管部の設置面積　125 ha

前述した単価から、雨水排水施設の維持管理費を表4.6に示すとおりとした。

表 4.6 維持管理費 (千円/年)

項目	幹線部分	枝管部分	計
維持土砂除去費	6,600	7,700	14,300
修理	11,900	24,700	36,600
計	18,500	32,400	50,900

3.8. 便益

3.8.1 概要

雨水排水施設が建設され効果的に維持管理されていく場合には、これによって得られるものは計数化して示せるものと計数化できないものがあり、一般にはつぎのようなことがあげられる。

(a) 浸水による被害の軽減

(b) その地域社会に対する環境衛生上の改善

(c) 土地価格の増加

3.8.2 浸水被害の減少

市街地の局所的な浸水は適切な排水施設の整備により解消される問題である。この施設の整備は道路の冠水をなくし、住人の財産を浸水から救う等、人々の生活環境の改善に大きく寄与する。浸水防止による利益の算定は浸水の被害額と同値であるとみなせるが、その資料が存在しないため、ここでは示せない。しかし、もし施設が整備されなければ、洪水被害の復旧に要する費用は公、私にかかわらず、毎年必要となり、しかもそれは年々増加する傾向をもつものであることを認識しなければならない。

3.8.3 地域社会の環境衛生の改善

このことについては例えば洪水によってし尿を含む各種の汚水が流出し、伝染病等の発生が考えられることなどを想定するときわめて理解しやすい。

雨水排水施設は下水道施設と同様に衛生上の改善にきわめて有効であり、特にバケット方式やピット式便所を用いている人達にとっては喜ばしいものがある。

3.8.4 地価の上昇

排水設備を含む基幹設備の整備により、私的、公的を問わず、地域開発は進むであろうし、地価も高騰するであろう。この排水設備によって付加される価値は、全開発費に占める排水設備費の率に等しいか、それ以上の率で地価高騰分に寄与している。

地価の高騰は、通貨の動きの増大をもたらし、経済に好影響を与えるし、公的には税の増大、ひいては歳入の増加になる等、その効果は大きい。

3.8.5 便益の妥当性

上述してきたとおり、雨水排水施設の整備による利益の主なものは金額的に計数化して表わすのが難かしい。

それにも拘らず、この施設を完成することで得られる利益が大きいことは疑いのないところであり、浸水問題の解消、生活環境の向上、地域社会生活の快適化などに大きく貢献するものである。