

マレーシア国

クランタン川流域治水計画調査

主報告書

JICA LIBRARY



1078739181

20311

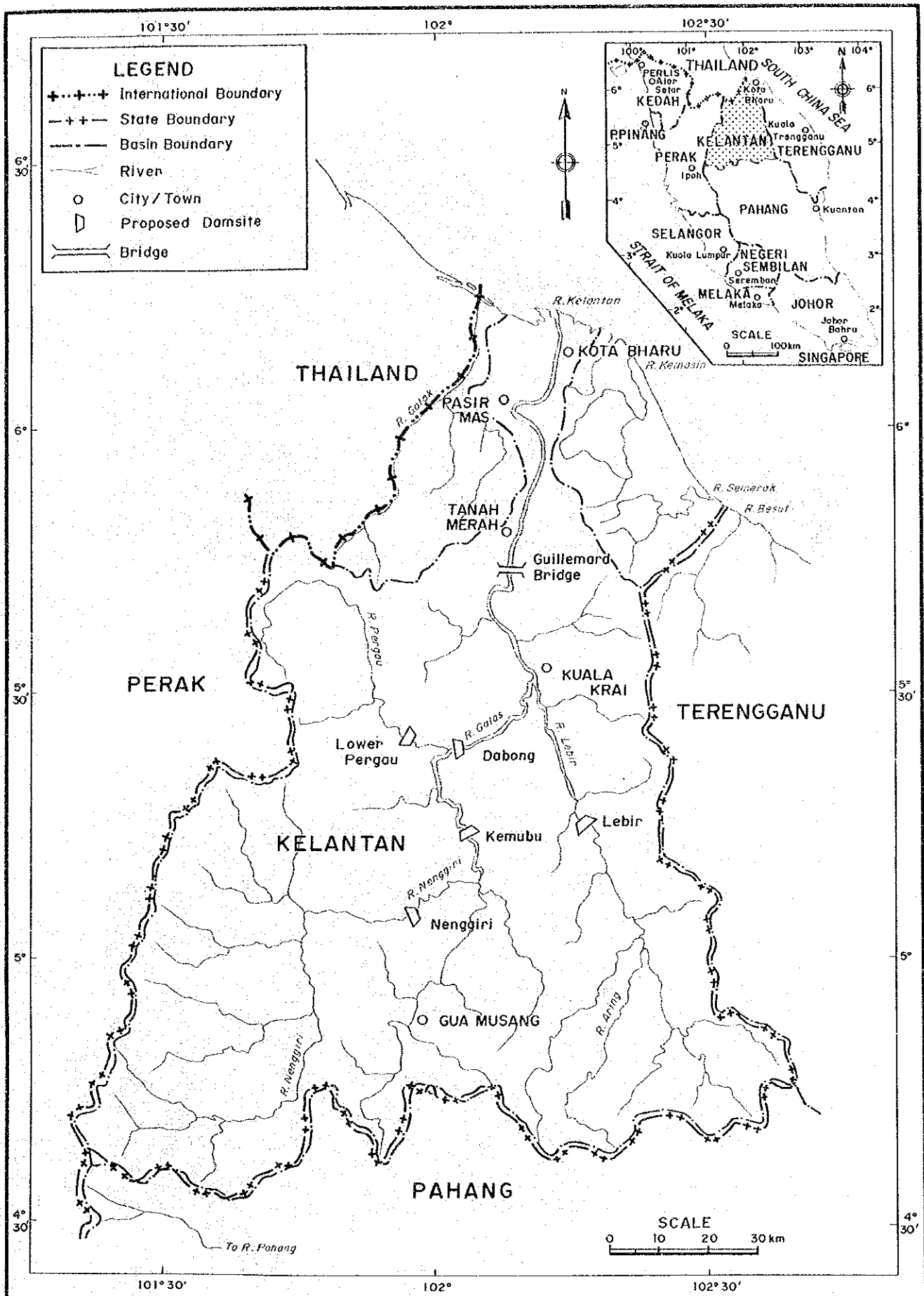
平成元年11月

国際協力事業団



国際協力事業団

20311



調 査 案 内 図

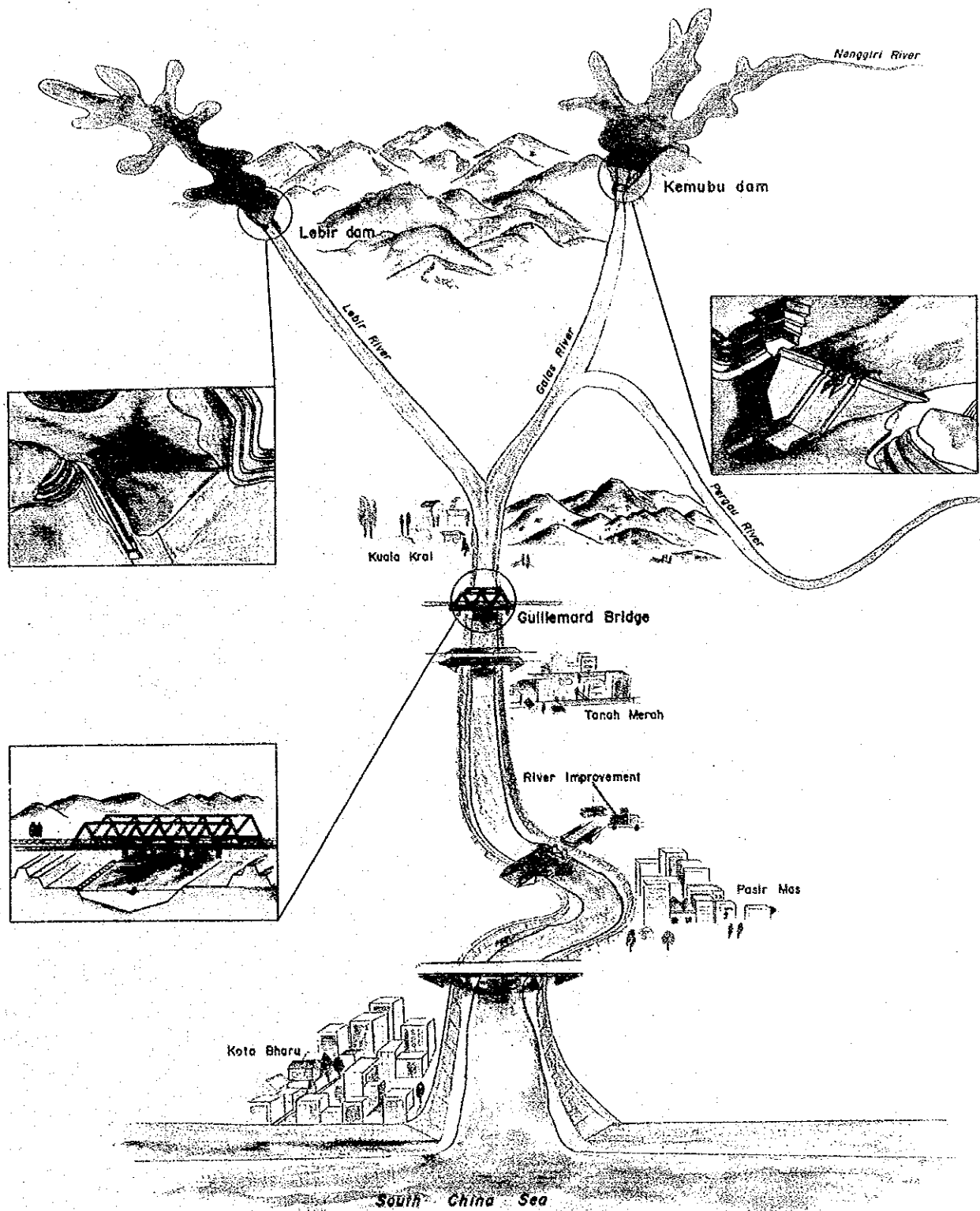
GOVERNMENT OF MALAYSIA
 STUDY
 ON
 KELANTAN RIVER BASIN - WIDE FLOOD MITIGATION
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



ギルマード橋 (1988年11月26日)



コタバル市街 (1988年11月26日)



クランタン流域治水マスタープラン

第一部 クラントン川流域治水計画

目 次

	頁
1. 序 文	
1.1 背 景	1
1.2 調 査 の 目 的	1
1.3 調 査 の 経 緯	2
1.4 レポートの構成	2
2. 調査対象地区の概要	
2.1 クラントン川流域	4
2.2 地域の自然状況	4
2.2.1 気 象 水 文	4
2.2.2 地 質	5
2.3 社会・経済	8
2.3.1 行 政 区 分	8
2.3.2 人 口	8
2.3.3 州 総 生 産	9
2.3.4 農業及び他部門	10
2.4 土 地 利 用	12
2.4.1 現 況	12
2.4.2 将来の土地利用計画	13
2.5 洪水及び被害	15
2.5.1 クラントン川の河状及びその特性	15
2.5.2 過去における洪水及びその被害	16
2.6 既存の治水施設及び治水計画	17
2.6.1 既存の治水施設	17
2.6.2 検討中の治水計画	18
2.7 既存河川構造物及び関連構造物	18
2.8 既存の洪水予警報システム	19
2.9 開発の将来性	19
2.9.1 開発への制約	19
2.9.2 開発の将来性と本調査	20

3. 水資源開発	21
3.1 水利用の現況	21
3.1.1 かんがい用水	21
3.1.2 家庭用水及び工業用水	21
3.2 将来の水需要	23
3.2.1 かんがい用水の需要量	23
3.2.2 家庭用水及び工業用水の需要量	24
3.2.3 河川維持用水	25
3.2.4 総水需要	26
3.3 水需要と供給力とのつり合い	26
3.4 水力開発	27
3.4.1 電力需要	27
3.4.2 水力発電ダム計画	28
3.5 多目的ダム計画	29
3.5.1 発生便益	29
3.5.2 建設費	30
3.5.3 経済評価	30
3.6 ダム及び関連施設の予備設計	31
4. 治水計画策定の基本構想	
4.1 概要	34
4.2 洪水防御地区	34
4.3 洪水防御規模	35
4.4 施設の方策による洪水防御	35
4.4.1 考えられ得る治水方法及びその組合せ	35
4.4.2 ダムによる治水計画	36
4.4.3 河川改修による治水計画	37
4.5 非施設の方策による治水計画	38
5. 治水計画案の策定	
5.1 概要	39
5.2 治水計画の組合せ案	39
5.3 ダム及び河川改修の施設計画	40
5.3.1 ダムの施設計画	40
5.3.2 河川改修の施設計画	41
5.3.3 河口処理	45
5.3.4 コタバル地区の排水計画	45
5.3.5 河川改修の段階施工	46

5.3.6	ピーク流量と河川改修の建設費の関係	47
5.4	治水計画の実施計画	47
5.4.1	実施スケジュール	47
5.4.2	事業費配分スケジュール	47
5.5	最適組合せ案の選定	48
5.5.1	概 要	48
5.5.2	水資源開発を含めた最適組合せ案の選定	48
6.	社会的影響度を最小とする治水計画	
6.1	概 要	49
6.2	治水計画案の策定	49
6.2.1	基本的構想	49
6.2.2	治水ダム地点の選定	50
6.2.3	四ダムに対する社会的影響度の比較	50
6.2.4	治水ダムと河川改修の組合せ案	50
6.2.5	最適治水組合せ案の選定	51
6.3	実施スケジュール	54
6.3.1	概 要	54
6.3.2	実 施 期 間	54
6.3.3	工事実施順序	54
7.	非施設の方策に対する提言	
7.1	概 要	56
7.2	非施設の方策に対する提言	56

付 表 目 次

			頁
表	2. 1	クラントン州の人口	57
表	2. 2	ギルマード橋における年最大洪水ピーク流量	58
表	2. 3	クラントン川の既存橋梁	59
表	2. 4	クラントン川の既存ポンプ施設	60
表	3. 1	既設のかんがい面積及びかんがい用水の需要量	61
表	3. 2	かんがい用ポンプの最大揚水量	62
表	3. 3	かんがい地区への水供給記録	63
表	3. 4	家庭用水及び工業用水に対する最大供給量	64
表	3. 5	家庭用水の使用量	65
表	3. 6	1985年におけるクラントン州の工業用水需要	66
表	3. 7	工業団地への最大供給量	67
表	3. 8	将来かんがい面積及びその需要量	68
表	3. 9	将来家庭用水・工業用水需要量	69
表	3.10	クラントン川の総水需要量	71
表	3.11	1991年における総電力設備容量	72
表	3.12	電力系統における総電力需要量	73
表	3.13	水力発電計画の概要	74
表	3.14	代替火力の概要	76
表	3.15	代替火力の建設費	77
表	3.16	代替火力の特性	78
表	3.17	水力発電計画の便益	79
表	3.18	米の生産価格	80
表	3.19	米の生産費用	81
表	3.20	かんがい計画の便益	82
表	3.21	ダム計画の建設費	83
表	3.22	ダム計画の経済評価	84
表	3.23	ダボンダムに水没する村落	85
表	5. 1	ダム計画の洪水調節効果	86
表	5. 2	余水吐の概要	87
表	5. 3	水資源開発を含めた組合せ案の建設費	88
表	5. 4	組合せ案の費用配分スケジュール	90
表	5. 5	組合せ案の経済比較	91
表	6. 1	ダムと余水吐の規模の関係	92
表	6. 2	貯水ダムの治水効果	93

表	6.3	ダム組合せ案の治水効果	94
表	6.4	ダム組合せ案の建設費及び社会的影響度の大きさ	95
表	6.5	洪水ピーク流量の基本構想を満す組合せ案	96
表	6.6	ギルマード橋地点での治水効果	97
表	6.7	河川改修工事实施のための河道区分	98
表	6.8	クランタン川治水計画案の事業費配分スケジュール	99

付図目次

			頁
図	2.1	クランタン川流域の地形図	100
図	2.2	クランタン川流域の地質図	101
図	2.3	クランタン州の行政区分	102
図	2.4	クランタン州の土地利用	103
図	2.5	コタバル市政区の開発計画	105
図	2.6	クランタン川の特性	106
図	2.7	クランタン川の通水容量	107
図	2.8	1986年11月降雨の等高線図	108
図	2.9	1967年洪水の氾濫域	109
図	2.10	クランタン川の既存治水施設	110
図	2.11	クランタン川の既存河川構造物	111
図	2.12	クランタン川流域の洪水予警報システム	112
図	3.1	かんがい地区及びポンプ場の位置図	113
図	3.2	全国送電網図	114
図	3.3	常時満水位に対する発生電力量	115
図	3.4	レビルダム の位置図	116
図	3.5	レビルダム の湛水面積	117
図	3.6	チークアラブラン道路計画の再計画案	118
図	3.7	レビルダム の貯水池容量曲線	119
図	3.8	レビルダム の基本開発案	120
図	3.9	ダボンダム の位置図	121
図	3.10	既存鉄道の横断図及び平面図	122
図	3.11	ダボンダム の湛水面積	123
図	3.12	ダボンダム の貯水池容量曲線	124
図	3.13	ダボンダム の基本開発案	125
図	3.14	ネンギリダム の位置図	126
図	3.15	ネンギリダム の湛水面積	127
図	3.16	ネンギリダム の貯水池容量曲線	128
図	3.17	ネンギリダム の基本開発案	129
図	3.18	クムブダム の位置図	131
図	3.19	クムブダム の貯水池容量曲線	132
図	3.20	クムブダム の基本開発案	133
図	3.21	ロウアーブルガウダム の位置図	134
図	3.22	ロウアーブルガウダム の貯水池容量曲線	135

図	4.1	洪水防御地区	136
図	4.2	クランタン川の氾濫地区区分	137
図	4.3	治水ダム開発地点	138
図	5.1	河川改修単独案	139
図	5.2	ネンギリ+河川改修案	140
図	5.3	クムブ+河川改修案	141
図	5.4	ダボン+河川改修案	142
図	5.5	レビル+河川改修案	143
図	5.6	レビル+ネンギリ+河川改修案	144
図	5.7	レビル+クムブ+河川改修案	145
図	5.8	レビル+ダボン+河川改修案	146
図	5.9	洪水時における河口の流出機構	147
図	5.10	堤防の標準図	148
図	5.11	特殊堤	149
図	5.12	河川改修A, B, C案	150
図	5.13	河川改修D案(ショートカット)	151
図	5.14	河口砂州の有無による水位変化	152
図	5.15	流量と河川改修費の関係	153
図	5.16	各治水案に対する実施スケジュール	154
図	6.1	5 m堤と7 m堤の比較	155
図	6.2	クランタン川の通水容量	156
図	6.3	計画高水と堤高の関係	157
図	6.4	可能治水ダム地点	158
図	6.5	可能治水ダム地点の縦横断関係	159
図	6.6	ダボン, ローアープルガウ及び クムブダム計画の水位と水没家屋の関係	160
図	6.7	ネンギリ及びレビルダム計画の水位と水没家屋の関係	161
図	6.8	水位と道路の関係	162
図	6.9	水位と鉄道の関係	163
図	6.10	クムブ, レビル, ネンギリダム高と社会影響度との関係	164
図	6.11	水位と社会影響度との関係(クムブ)	165
図	6.12	L ℓ とL ℓ' の余水吐の諸元比較	166
図	6.13	水位と社会影響度との関係(レビル)	167
図	6.14	土地補償の基本概念	168

図	6.15	50年洪水における湛水面積	169
図	6.16	25年洪水における湛水面積	171
図	6.17	レビルダムの段階開発案	172
図	6.18	クランタン川流域治水計画のマスタープラン	173
図	6.19	建設実施のための河川区分	174
図	6.20	クランタン川の平均通水容量	175
図	6.21	クランタン川治水計画の実施スケジュール	176
図	6.22	各河道の洪水防御に対する安全度の向上	177

1. 序 文

1.1 背 景

マレーシア半島の北東部に位置するクランタン川は隣接するペラック州境の山脈よりその源を発生している（位置図参照）。その流域面積は13,100km²である。クランタン川は上流及び中流部において北方向に蛇行し、ブルガウ、レビル等の支流が合流した後、クランタン州の最も人口の集中している下流平野部に流下している。

クランタン川はかんがい、発電及び上水源として沿岸住民に多大の貢献をして来たが、一方流域下流部の住民は常習的な洪水氾濫に悩まされている。特に1967年に発生した集中豪雨はクランタン川はもとよりその支流等で越水し、クランタン州の北部の大部分を冠水させている。1967年の洪水記録によると、冠水地域はクランタン州全面積の約20%に相当する3,000km²にも及び州人口637,000人の約85%に相当する540,000人が何らかの被害を受け、そのうち125,000人が避難を余儀なくされている。

さらに1968年11月と12月に大洪水が引き続いて発生し、36,800人の住民が避難を余儀なくされ19人の死者を出している。調査によると、この洪水による被害額は27百万マレーシアドルにのぼっている。

この様な状況に鑑み、マレーシア政府は日本政府に対しクランタン川流域の治水計画策定に対する技術援助要請をして来た。これを受けて日本政府は1987年11月に調査団を派遣し、両政府は日本側の技術支援のもとにクランタン川流域の治水計画を策定する事に合意した。

クランタン川流域の治水計画調査はマレーシア政府のかんがい排水局（DIDD）の協力のもとに1988年4月より国際協力事業団（JICA）により開始された。

1.2 調査の目的

調査の目的は以下の事項より成る。

- (i) クランタン州のクランタン川流域の治水計画を策定する。
- (ii) 流域治水のマスタープランより選定された主要施設に対するプレフィジビリティスタディを実施する。

クランタン川流域の治水計画策定に対し2つの手法より検討が行われた。即ち治水

及び水資源の両目的をそなえた治水計画案を検討する事、及び治水案のみに主眼をおいて検討を行う事の2案とした。両手法による治水案では社会的影響、治水効率、予算上の制約及び経済効果等が配慮されている。

さらに調査の目的として技術移転があるが、その方法として調査を通じての技術移転及び日本における研修等が実施された。

クランタン川流域の治水計画基本方針は、JICA及びDIDの主催のもとに1988年11月に実施された治水についてのセミナーでも発表されている。

1.3 調査の経緯

調査は1988年4月より開始されインセプションレポートに対する説明協議の後、本格調査が行われた。

調査団は現地コタバルに乗り込み調査検討に必要な資料の収集、解析を行いこれに基づいて治水計画検討を行った。現地調査期間中進捗報告書が1988年7月及び9月にそれぞれ作成提出された。調査団は1988年9月に帰国し本格的な治水計画策定を行った。1989年3月に検討結果をとりまとめた中間報告書を作成、マレーシア政府に提出された。

中間報告書の説明協議において、ダム案において貯水池設置に伴う社会的影響を極力おさえた治水案検討要請がなされた。この要請をうけて社会的影響を最小限とする事に主眼をおいた進捗報告書が作成された。この報告書ではレビル及びクムブダム及び河川改修計画を組み合わせた治水案を最適案として選出し、1989年5月における現地での説明協議において同案が受け入れられた。

引き続きこの治水案に対するプレフィジビリティスタデイが実施された。この最終報告書はクランタン川流域治水のマスタープラン及び選出された治水案に対するプレフィジビリティ調査結果が述べられている。

1.4 レポートの構成

この調査計画に対するレポートは5部より構成されている。第1部は流域治水計画に対する主報告書及びその付属報告書である。

第2部はマスタープランで選出されたレビル及びクムブダム及び河川改修の組合せ案についての治水案に対してのプレフィジビリティスタデイに関する主報告書及びその付属報告書である。将来実施すべき河口調査についての技術仕様書は、第2部のANNEX VII

に述べられている。

第3部は1988年の洪水に関する調査報告書であり、第4部はクムブ及びダボンダムに対する地質調査報告書である。第5部はデータ集で、河川に対する測量結果がおさめられている。

2. 調査対象地区の概要

2.1 クラントン川流域

クラントン川はマレーシア半島の北東部に位置し、その流域面積はクラントン州の85%に相当する13,100km²である。流域は西部はタイ国及びペラック州に接し、南部はパハン州に接している。又、東部はテレンガヌー州、北部は南シナ海に面している。

クラントン川は、河口より約100kmに位置するクアラクライ市の上流部でガラス川及びレビル川に分かれている。ガラス川はさらにネンギリ川及びプルガウ川に分かれている。ネンギリ川はクラントン州の南西部の中央山脈よりその源を発し、北東方向に流下しその下流部でガラス川と名を変えている。

ガラス川はダホン付近でプルガウ川と合流し、東方向に流下した後タバ山脈よりその源を発したレビル川と合流している。合流部ガラス川はクラントン川と名を変えて北方向に流下し、クラアフライ、タナメラ、バッシールマス、コタバル等の市部地域に沿って流下した後、コタバル付近で南シナ海に注いでいる。その河川延長は約360kmである。

2.2 流域の自然状況

2.2.1 気象、水文

(1) 気象

クラントン州の気象は、季節毎のモンスーンによって特色づけられている。年間のうち10月より12月にかけて北東モンスーンが発生し、流域内に集中豪雨を発生させている。流域下流での年間雨量2,700mmのうちその50%はこの3ヶ月のモンスーンによりもたらされており、この集中豪雨により洪水氾濫が引き起こされている。流域上流部では雨期の期限が明確でなく南西モンスーンが5月より9月にかけて発生している。

コタバル市における年平均気温は1月の26.7℃及び5月の27.9℃となっている。年間の気温差は日中の時間帯によって異なり、午前6時の23℃より午後2時の30℃となっている。月平均気温は年間を通じて大きな変化はない。コタバル市における年平均相対湿度は81%で3月における79%より11月の86%と変動している。日平均日照日はコタバル市で約7時間となっている。又、年蒸発量は1,749mmとなっている。

(2) 水 文

クランタン川は年間を通じて水量も豊富で河口より約65km上流に位置するギルマード橋での平均流量は540.6m³/secとなっている。これは1,411.3mmの流出高に相当する。流量の年間変動をみると4月にその最低値を示し282.2 m³/secとなっており、北東モンスーンの発生する11月より12月にかけては1121.8m³/secとなっている。7月より8月にかけては315m³/secである。

2.2.2 地 質

クランタン川流域に分布する地層は、図2.1に示すように南北方向の走向を有している。流域の分水嶺の内、東南部はテレンガヌー州、西部はペラック州に、そして北部はタイ国に接しており、それぞれ高い山地を形成している。

クランタン川流域の地質図を図2.2に示すが、南部の高山地の地質は主として古生代から新生代第三紀に貫入した塊状、硬質な花崗岩から成っており、急崖を形成している。

一方、クランタン川の中流域は、古生代から中生代の砂岩、頁岩、石灰岩、凝灰岩や火山岩類で構成されており、これらはしばしば変成作用を受けて千枚岩や粘板岩あるいは結晶片岩に変化している。花崗岩の貫入による熱変成で生成されたホルンフェルスも流域の所々で見られる。特に千枚岩、粘板岩、片岩は割れ目や葉状構造が発達しているため、風化の影響が地山深部まで及んでいる。

石灰岩は、特徴ある尖塔状の地形を成し、内部にいくつかの空洞が存在する。ただし、物理的風化に対しては強い性質を有している。中流域における花崗岩類の貫入は、小規模で局所的である。

しゅう曲軸や主断層の方向は、主として南北又は北西-南東方向に延びており、この方向は地層の走向と概ね一致するが、北東-南西方向の別系統の断層も所々に存在する。

下流域40kmには平地部が発達しており、主として砂、シルト、粘土よりなる沖積層で構成されており、粘土、シルトの分布しているところでは軟弱地盤となっている。海岸部10kmの幅にわたって沿岸流で運ばれて堆積した粗粒砂からなる砂丘が存在しており、これらは特にクランタン川河口で発達している。

クランタン川流域の上、中、下流域における地質概要は以下の通りである。

(1) 上流域

上流域の大部分は花崗岩からなる高山地を形成しており(図2.1、図2.2参照)南部地域のみが中、古生層の岩石で構成されている。花崗岩は塊状、硬質であり、急崖を形成している。急崖部には滝や急流が存在する。

花崗岩の活動時期は、Rb/Sr年代測定によれば少なくとも4回の時期に分けられる。最初の活動は古生代石炭紀(2.8~3.0億年前)、二度目の活動は中生代の三畳紀初期(2.3億年前)、三度目は三畳紀後期(1.99億年前)、最後は第三紀初期(7.5千万年前)である。第三紀初期での活動は小規模で岩脈ないしは岩株で貫入したものが多し。

花崗岩はしばしば破碎を受けたり、片麻状になっており、特に他の岩石との接触部ではこの傾向がはげしい。一般に破碎部の方向は南-北方向で主断層の方向と一致している。花崗岩の風化はほとんど認められないが、中流域との境界部付近の緩斜面部にはマサ化した花崗岩がかなり厚く分布している。

(2) 中流域

中流域を形成する丘陵地は、古生代二畳紀、中生代三畳紀の千枚岩、粘板岩、頁岩、石灰岩、凝灰岩、火山岩類及び変成岩より成る。広域的な変成作用により大部分の岩石は軽い変質を受けており、生成年代の古い岩石ほど変成の程度は大きい。これらの岩石の分布は複雑であるが、走向はほとんど同じ南-北又は南西-北東方向を示す。

古生代二畳紀の岩石は砂質系統の堆積岩、泥質系統の堆積岩、火山岩類、変成岩より成る。変成岩は葉状構造の発達した片岩を主とし、ダボンの南20kmのテェロワングの近傍からクアラクライ下流30kmのクナメラまでの範囲に分布している。これらの片岩は“タク片岩”とよばれ、雲母-ガーネット片岩、石英片岩及び角閃石片岩より成る。

火山岩類は、酸性、塩基性の火山岩類より成る。酸性火山岩類は凝灰岩、集塊岩、流紋岩で中流域の南東部に分布している。塩基性の火山岩類は主として凝灰岩、安山岩、集塊岩より成り頁岩層をはさんでおり、丘陵地の西部に細長い形で分布している。

砂質系統及び泥質系統の堆積岩は、石英岩とともに丘陵地の中央部に分布しており変成作用を受けて多くの葉状構造が発達している。

石灰岩はレビル川とガラス川にはさまれた地域に分布しており、垂直あるいはオーパーハング状の崖を形成している。又、花崗岩との接触部付近では、石灰岩が大理石に変化している。

一方、三疊紀の岩石は、頁岩が主体であるが、砂岩、変砂岩、礫岩、凝灰岩、石灰岩等が局所的に認められる。頁岩は灰色～黒色で、全体的に薄い葉理が発達し強いはく理性を示す。

石英ひん岩、アプライト、ヘグマタイト及び細粒花崗岩の小規模な岩脈は、片岩や堆積岩の中に局所的に存在する。これらは、塊状で硬質である。

主要な断層は、南―北又は北西―南東にのびており、北西―南東方向にのびている他の系統の断層と交差している。レビルダムの右岸に存在する断層は、北―南ないしは北西―南東方向へのびており、河川の方角と一致している。

(3) 下流域

下流域は、図2.1と図2.2に示すように、クアラクライからクムブの間の低丘陵地とクムブから河口までの低地に分けられる。低丘陵地には中流域同様、二疊紀、三疊紀の堆積岩や花崗岩が分布する。

低地部は沖積世の堆積物からなり、海成と河成の堆積物に区分できるが、かならずしもこれらの区分は容易ではない。沖積層の下位に分布する基岩は主として二疊紀の堆積岩と花崗岩である。沖積層の厚さはクランタン川河口で100～200 mで上流に行くにつれて、徐々に浅くなっている。

海成の堆積物は、粗粒砂からなり、貝殻片を含んでいる。海岸砂丘や海岸の砂の盛り上がりは、西方向へ流れる海岸流によるものである。クランタン川河口周辺には砂丘の後背部に多くの湿地が形成されており、軟弱地盤となっている。

一方、河成の堆積物は礫、砂、シルト、粘土及びこれらの互層からなる。礫をまじえた中粒砂は河床あるいは中州において認められるが、粘性の強い粘土、シルト、腐植土等が広い範囲に分布している。これらの軟弱層の分布は複雑である。

2.3 社会・経済

2.3.1 行政区分

329,745km²の領土をもつマレーシアは半島マレーシアとサバ、サラワクの二地区より成る。半島マレーシアはさらに北部、中部、東部及び南部地区に区分され、クランタン州は半島マレーシアの11州の一つとして東部地区に属す。

クランタン州は通常北部と南部に分けられ図2.3に示される様に10の行政区より成る。コタバル、マッチャン、パッシールマス、パッシールプティ及びトゥンパット行政区が北部クランタンに属し、タナメラ、ジュリ、グアムサン及びクアラクライが南部に属す。各行政区はそれぞれいくつかの小行政地区 (Daerah) に区分され、その数は州全体で67である。小行政地区はさらに徴行政地区 (Mukim) に細分される。

コタバルはクランタン州の州都であると共に、北部クランタン開発の中心地でもある。一方、グアムサンは南部開発の中心地である。クランタンにおける他の主要市街地はパチョック、マッチャン、パッシールマス、パッシールプティ、タナメラ、ランタウパンジャン、ジュリ、トゥンパット、チク等である。

2.3.2 人口

クランタン州の人口は表2.1に示される通り1988年現在1,091,756人と推定されている。地域別にみると、コタバル行政区は州全体の約2/3に相当する32.8%を占め357,995人となっている。そのうち、コタバル市政区内の人口は1988年現在224,719人であり、州全体の人口の約1/5に相当する20.6%を占めている。第二位の人口を持つのはパッシールマス行政区であり、142,867人を有している (州全人口の13.1%)、第三位はトゥンパット行政区であり、104,492人の人口を有している (州全人口の9.6%)、グアムサン行政区は最も人口が少なく、州人口の2.8%に相当する28,198人が居住している。ジュリ行政区は二番目に人口が少なく州人口の34%に相当する37,120人が居住している。

クランタン州の人口は国勢調査が行われた1970年と1980年の10年間に年率2.6%で増加している (表2.1参照)。一方、国全体の年平均増加率は1980年以後2.5%である。

年平均増加率2.5%を用いると、州全体の人口は1980年の893.8千人から1990年に1,147.0千人、2000年に1,468.3千人、2010年に1,879.5千人に増加すると予想される。

人口の伸び率は行政区ごとでかなり差違があり、ジュリ行政区においては1980年以後5.4%の率で成長している。グアムサン行政区においても4.8%とかなり高い率で成長

している。南クランタンの全行政区は州平均より高い率で成長しており、1980年から1988年の8年間に於いて3.8%の率で増加している。

一方、コタバルを除く北クランタンの全行政区は州平均より低い率である2.2%で成長している。特に、マツチャン及びパッシールプティの増加率はここ20年間に於いてそれぞれ1.5%、1.6%と低い率になっている。コタバル行政区に於いては2.8%の率で成長しており、市政区内に於いては2.8%よりわずかに高く2.9%になっている。

行政区及び小行政区の人口増加予想は、1970年及び1980年の国勢調査に基づき小行政区ごと求められた。北クランタンの人口は1988年の859.4千人から2010年には1,354.4千人に増加すると予想され、一方南クランタンに於いては1988年の859.4千人から2010年に1,354.4千人に増加するものと想定される。コタバル行政区内に於いては1988年の358.0千人が2010年には658.2千人まで達すると考えられる。同期に於けるコタバル市街地内の人口は224.7千人から429.6千人にまで増加するものと思われる。

2.3.3 州総生産

1988年に於けるクランタン州の総生産(GDP)は市場価格に於いてM\$2,684.4百万である。一方、同年に於けるマレーシア全体の総生産はM\$78,458百万である。したがって、州総生産は国全体の総生産の3.4%である。この比は人口比の6.4%及び面積比の4.5%と比べてかなり小さく、マレーシアに於ける開発途上州と言えるであろう。

部門別にみると、農業、林業及び漁業が州総生産の28.8%を占め、1988年にM\$772.3百万であった。第二位は政府サービス部門であり、M\$677.9百万(25.2%)を生産した。第三位及び四位に続くのは銀行、保険、不動産部門及び運輸、レストラン部門であり、それぞれの付加価値はM\$334.0百万(12.4%)及びM\$273.3百万(10.2%)であった。製造業部門のクランタン州の経済への貢献度はわずか4.5%である。

要約すると、クランタンの産業構造は1988年に於いて第一次産業が28.8%、第二次産業が11.0%、第三次産業が60.2%を占めている。同年に於ける国全体の占有をみると、第一次産業が21%、第二次産業が37%、第三次産業が42%である。このことからクランタン州の二次産業は一次産業に比して低水準にあるといえる。

第一次産業の雇用への貢献度は28.8%の経済的貢献度にもかかわらず、48.3%である。これは第一次産業の労働生産性がかなり低いことを意味している。第二次産業においても同様に15.5%の雇用をもちながら、GDPへの貢献度は11.0%であり、労働生産性が低い。一方、第三次産業は36.2%の労働力に対して州全体のGDPの60.2%に相当する付加価値を生んでいる。

単的に言えば、クランタンの経済において、第一、第二産業とも低生産性水準にあると言える。

過去をふり返ってみると、クランタン州の経済は1970年から1980年の10年間に於いて年9.4%の成長率をもってM\$ 679.9百万からM\$ 1,668.6百万に成長した。同期におけるマレーシアの経済も国際的に良好な経済環境に支えられ急成長した。現在の経済環境はきびしいものであり、過去の経済成長を望むことは不可能である。

第5次マレーシアプランによると、州経済は1980年から1990年の10年間に年平均6.25%で成長し、M\$ 1,668.6百万からM\$ 3,060.0百万に達すると予想されている。本調査団は1990年以後年平均成長率が6.0%程度であると想定して、1988年のM\$ 2,684.4百万から2010年にM\$ 9,816.8百万になると推定した。

1人当りのGDPにおいてクランタンの生活水準は1988年価格でM\$ 2,459と計算され、US\$ 1.00=M\$ 2.50とするとUS\$ 1,000に相当する。この数値はASEAN諸国の1人当りのGDPと比較して高い値となっているが、マレーシア全国平均の約半分である。そして、1人当りのGDPは1988年のM\$ 2,459から2010年にはM\$ 5,233にまで成長するであろう。

2.3.4 農業及び他部門

(1) 農業部門

人口の70%、労働力の50%、GDPの30%及び州面積の20%を用いた農業部門は州経済の重要な役割を担っている。この重要性は今後も変わらないであろう。

農業の主生産品は米、タバコ、ゴム及びオイルパームの四品である。米作は70,000 haの面積で行われ、生産は200,000トンにも達し、国全体の生産量である1.5百万トンの13.5%を占めている。米は州内で消費されるのみならず、他州へ移出されている。

タバコ生産は連邦政府の指導のもとに行われ、7~9百万トンの葉タバコが10,000 haの面積から生産されている。そして、この生産量はほぼ国全体で生産されている10百万トンの80%を占めている。

ゴムは州の伝統的な生産品である。現在ゴムの木の植えかえが進んでおり、130,000 haの約60%がすでに植えかえられた。州における生産は45,000トンにも達し国全体の約3%を占めている。

オイルパームはゴム同様に輸出用産品である。ここ20年オイルパームの植樹面積は年率24%で増加して、60,000haにも達した。1988年における生産量は84,000トンであり、国全体の1.2%を占めている。

米及びタバコは北クランタンで生産されている。一方、ゴム及びオイルパームは南クランタンの産品である。その他の主要産品はココナッツ、ココア、落花生、野菜、果物等である。

その他一次産業に属する畜産等は農家にとって補助的な収入源であり、1988年にマレーシア全土の15%に相当する130,000頭の牛を飼育している。このための牧草地として4,178haが開発されている。

(2) 工業及び商業・サービス部門

1988年においてクランタンの生産業は23,954人に雇用機会を与え、M\$120.9百万の付加価値を生んだ。上記数字は国全体の雇用率において7.3%、GDPにおいて4.5%を占めた。

クランタン州の生産業は主に農業を基盤としたものであり、製材業、ゴム、食品、タバコ等である。そして、一次加工が主であり、付加価値の点において高いとは言えない。

州内における生産業に属する事業所は1988年において624であり、平均従業員は25である。家内工業も含めるならば、事業所数は5,000になり、事業所当りの従業員数は5になる。

クランタンの商業・サービス業における付加価値は50,537人の労働力により1988年にM\$824.5百万であった。卸売業、小売業、運輸、鉄道、銀行、不動産業等が商業サービス業に含まれ、州内のGDP及び雇用においてそれぞれ30.7%及び15.4%を占めている。この部門に属する事業所数は8,854であるので、事業所当りの従業員数は6である。

(3) 社会基盤

社会基盤の質的及び量的な不整備が州経済発展のおくれの主原因になっている。この様な状況のもと、州政府は社会基盤整備を最優先項目として取り上げている。

1987年における総道路延長は2,004kmであり、この内1,225kmが州道路であり、74kmが連邦政府道路である。特筆すべき事項としてクアラクライーグアムサンークアラリピス道路、ジュリーダボングアムサン道路、そして東西道路がここ数年内に開通した。ク

アラクライーグアムサンークアラリス道路は南部地区を北部地区に結び付け、他州への交通も便利になった。ジュリーダボンーグアムサン道路の開通はプルガウ川及びガラス川沿いの地区を南部の中心地であるグアムサンと結び付けた。又、東西道路は半島マレイシアの北部西海岸地区と東海岸地区を結び付けた。

鉄道はトゥンパットからグアムサンに向けクランタン川沿いに南下する。その縦延長は 207kmである。道路、鉄道のほか、航空路がコタバルと他の主要都市を結んでいる。

州人口のうち、216,000人が都市人口である。このうち65.2%に相当する人々が1985年現在水道供給を受けている。同様に789,480の農村人口のうち、24.0%に相当する189,392人が供給を受けている。1人当りの日消費量は137ℓであり、水源として地下水及びクランタン川の水に頼っている。

クランタン州における電化率は1985年現在62.8%であり、消費者数は1987年現在186,110である。

2.4 土地利用

2.4.1 現況

現在の土地利用は図2.4に示される様に1988年現在州の74.4%に相当する1,504,009haが森林で覆われており、21.3%に相当する土地が農地として利用されている。即ち、州全体面積の95.7%が森林及び農地に属している。

1988年における農業地320,583haのうち129,431ha、即ち40.4%がゴム園であり、71,248ha(22.2%)が稲作地である。そして、61,261ha(19.1%)がヤシ園である。これら三大作物の総合面積は261,922haで全農業面積の81.7%を占めている。

1966年から1981年の期間においてゴム園の面積は91,285haから年率3.0%で142,209haまで広がった。しかし1981年以後面積の増加はとまり、現在古い木を新しい木に変えることにより収量を上げることに重点が置かれている。州内の全ゴム園のうち60%の面積ですでに植えかえが完了している。ゴム園はクランタン州全域に広がるとしても、特に南クランタンのクアラクライ、タナメラ及びグアムサンの三地区に集中している(州全体のゴム園面積の65%)。

1966年から1988年の過去22年間において、オイルパーム園の面積は497haから61,261haまで広がった。この傾向は今後も続くであろう。地区別にみると、全オイルパーム面積のうち74.6%がグアムサン地区に集中しており、南クランタンの占める割合は96.9%に達している。

稲作は林業や畜産同様に州の農業経済において重要な役割をはたしている。稲作面積は統計上減少している。これは近代化農業により既存の水田を集中的に使用しようとする政策によるものである。水田はクランタン州の全域に広がっているが、パッシールマス、コタバル、パッシールプティの三地区に特に集中している（10,000ha）。この北クランタンの稲作面積は州全体の稲作面積の89.5%を占めている。

タバコは通常稲作地帯に植えられ、1988年現在 8,219haである。タバコの作付け面積は年々変わるが、上昇の傾向にある。地区別に言うと、バチョック、パッシールプティ及びパッシールマスが 1,000ha以上の面積を持っている。北クランタンの作付け面積は全作付け面積の95.8%を占めている。

クランタン政府は畜産の開発に努力しており、1988年現在牧草地は4,178haまで広がった。この内、2,385ha(57.1%)はパッシールマス地区にある。又、北クランタンの所有する牧草地は全牧草地の89.9%を占めている。

農業用地は概して南北クランタンに一律に広がっているが、南北それぞれの地区の役割は違っている。農業用地は1966年から1988年の22年間に年率 1.9%でのびている。

森林は草地や湿地と共に1966年以後年率 0.6%で減少している。この傾向はクランタンの経済発展と共に続くであろう。1988年現在、南クランタンは全森林面積の95.6%を保有しており、このほとんどがグアムサン地区内にある。

市街地地区は1988年現在 5,365haであり、州全面積の 0.4%を占めている。市街地面積は1966年から1981年の期間に年率 2.2%で増加した。この率が1981年以後も続いているとすると、同期の人口増加率 2.5%よりわずかに低くなっている。このことは都市部における人口密度が上昇していることを意味する。地区別にみると、2,381haの面積をもつコタバル地区が州全体の市街地面積の44.4%を占めている。

2.4.2 将来の土地利用計画

(1) 都市開発

市街地はより良い雇用機会を求める農村地区からの移動と市街地内人口の自然増加によりふえ続けるであろう。

コタバル市政区 (MPKB) は1978年にバタン、クムニン、パンジ、ハンダン及び

コタの5つの小行政地区を吸収して広がった。この市政地区は同時に州の開発の中心地として開発されることが宣言された。

図2.5に示される西暦2000年に向けたMPKBの開発案はコタバル、クバンクリア及びペンカラランチュバの三つの開発中心地とそれを結ぶ道路から成っている。

コタバルは商業の中心地であると共に、これら三つの開発中心地の基軸をなす。

クバンクリアの開発は王宮を含む住居地区とマレイシア科学大学のキャンパスより成っている。一方、ペンカラランチュバの開発は工業団地、飛行場及び陸軍の基地より成っている。

都市計画局よりの情報によると、クランタン川沿いに発達したパッシールマス、タメラ及びクアラクライの町々には現在の所明確な都市開発計画案はない。

(2) 農村開発

クランタン政府の首尾一貫した政策はクランタン州と他州間に存在する生活水準の差をつめることにある。

農業及び林業部門は他州との社会、経済における均衡を得る上で中心をなす部門である。北クランタン開発の重要事項は農地の高度利用と多角化経営である。南クランタン開発は農地の広範な利用と森林の保存と利用に対してもっと合理的な手法を用いることであろう。

マレイシア政府の政策として、稲作は穀倉地帯のみで行われる。即ち、クランタン州内の稲作はKADA地区内のみで行われるということである。第五次マレイシアプランにおけるKADA地区の政策目標はha当りの年収量を0.1トン増加させることであり、さらに稲作面積を年当り500haずつ増加させることである。

南クランタンにおけるオイルパームの開発はガラス及びレビル川沿いで行われ、2010年には最大開発可能面積の140,013haまで開発することを予定している。この目標が達成されるとオイルパームの作付け面積は州全体面積との比において4.1%から8.0%に増加する。

2.5 洪水及び被害

2.5.1 クラントン川の河状及びその特性

クラントン川は、ガラス川とレビル川の合流後常襲氾濫地域である平野部に流下する。この地域での河床勾配は約1/6,000である。河道は常断面で水深は5～15mでその詳細は以下の通りである（図2.6参照）。

区 間	河道幅 (m)	水 深 (m)
河口～パッシールマス	600から900	5 から10
パッシールマス～タナメラ	500	10から12
タナメラ～クアラクライ	300	10から15

クラントン川の通水容量を今回の調査で実施された1 km間隔の河川横断図をもとに不等流計算により求めた。結果は図2.7に示されているが、パッシールマスより下流部に5000m³/sec以下となっている。主要地区における通水容量は以下の通りである。

河 道 部	通水容量 (m ³ /sec)
コタバル	4,500
パッシールマス	6,600
タナメラ	10,200
ギルマード橋	11,000
クアラクライ	10,500

一方、ギルマード橋における1941-1986年間の最大洪水ピーク流量（表2.2参照）に対する確率流量は以下の通りである。

確率 (年)	確率流量 (m ³ /sec)
200	20,700
100	18,500
50	16,300
30	14,700
20	13,400
10	11,000
5	8,700
2	5,100

上記の確率流量と克蘭タン川での通水容量を比較した結果、克蘭タン川流域ではほぼ2年に一度の割合で洪水が発生している事が明らかとなっている。

1986年11月から12月と発生した降雨に対する雨量等高線図が図2.8に示されているが、この図より下流域における洪水氾濫は河道からの越水の他に下流域での局地的な豪雨に起因している事がわかる。

2.5.2 過去における洪水及びその被害

5,000m³/sec以上の洪水が流域下流部に2年に一度の割合で発生しているが、その他1967年及び1983年に発生した洪水は大きな洪水被害を発生させている。

1967年1月2日に集中豪雨が発生し、克蘭タン川下流部全域に1月7日まで降り続いた。記録によると日最大雨量はコクバルで585mmにも達した。洪水流量はシェガールアタスで3,400m³/sec、ダボンで8,700m³/sec、トウアランで4,200m³/sec、ギルマード橋で16,000m³/secにも達した。1月4日に洪水流量は克蘭タン川を越水し下流全流域が氾濫し、コクバル市は1月4日以後ほぼ全域水没した。1967年における洪水被害は単に社会基盤施設の破壊のみならず、家屋、財産、人災にも及んでいる。洪水氾濫域は州全体面積の20%によも及ぶ300,000ha（図2.9参照）にも達した。洪水記録によると537,000人が洪水により何らかの被害をうけており、低地部に住む125,000人が避難している。又、洪水に伴う死者も38人に達している。この洪水による被害は約M\$3千万にも及んでおり、そのうち農業被害はM\$14百万となっている。流域内17,400haのうちその16%に相当する2,800haが冠水している。

一方、1983年12月1日に豪雨が発生、12月15日まで継続した。最大降雨は12月3～5日間に発生し、日最大雨量がマチャンで290mm、クアラクライで270mmであった。12月5日にクランタン川は越水し、コタバル市は同日冠水した。洪水流量はシュガールアタスで1900m³/sec、ダボンで6,000m³/sec、トゥアランで4,000m³/sec、ギルマード橋で12,000m³/secであった。

1983年12月に発生した洪水は同様に流域下流部に甚大なる被害をもたらした。洪水記録によると冠水面積は60,700haにも及び27,000人が洪水被害をうけている。洪水被害はM\$11.4百万にもなっている。

1988年11月及び12月に発生した洪水に関して別冊のレポートに詳細が記載されている。

2.6 既存の施設及び治水計画

2.6.1 既存の治水施設

クランタン川下流部地域は河道よりの越水により常襲的な氾濫にさらされている。このような氾濫に対処するためD I Dは図2.10に示される各所で治水工事を実施している。

1971年にクランタン川沿岸のクムブポンプ場より下流右岸で約10.5km区間に対し堤防が建設された。この堤防は河川よりの道路を建設するため一部切断されたが全般的にみてほぼ十分安全な状況にある。この工事に引き続き、1972年にパッシールマス市を守るため約1.8kmの護岸が建設された。この地区は大きな水衝部となっており、この護岸は極めて有効な治水施設となっている。

1984年にコタバル市の対岸部約3kmに亘りレマールかんがい地区を洪水より防御するための約3kmの堤防が建設された。1986年クダイプロ地区を河岸浸食より守るための護岸工事が実施された。又、1987年コタバル市の下流左岸の延長3～4kmの砂質河岸を防御するため砂袋による緊急護岸工事が実施された。

クランタン川河口部は砂連による閉塞により西方に移動している。舟運路を確保するため1983年に延長200mの水路建設がD I Dにより実施されたが現在西方向の海岸流により埋没している。

2.6.2 検討中の治水計画

過去流域内でいくつかの治水計画が提案されている。1977年に E N E X により流域治水計画が実施された。この計画において、治水のためのダム地点が選定されて、いくつかのダムの組合せに対する治水効果が検討された。下流域での洪水被害を減少させるために高さ約60mのダボン多目的ダム及び河口より上流約60kmに亘る堤防建設が提案された。但し、計画洪水規模ダム及び河川改修による治水効果は未定である。

1982年全国マレーシア水資源開発計画が河川水のかんがい、発電、都市用水への有効利用を目的として J I C A により実施された。この計画でクランタン川流域での治水計画が策定され、ダボン及びレビルダムが下流域の治水策として提案された。

一方、発電計画もガラス川及びレビル川を対象に検討された。1986年 N E B によりネンギリダムによる発電及び治水を目的としたフィジビリティスタディが実施された。一方、レビル川では J I C A により発電及び治水を含むダム計画のフィジビリティ調査が行われている。但し、コタバル地点までのネンギリ、レビル及びダボンダムによる治水効果は明確にされていない。

コタバル市を越水による被害より守るため、延長約44kmにも及ぶ堤防案が D I D により検討されている。この計画概要は以下に示す通りである。

計画洪水流量	;	10,000m ³ /sec
堤防位置	;	河口部よりクムブ村地点
堤防型式	;	土盛り堤防
堤防内容	;	法勾配1:2~1:3及び天端幅3mの台形
余裕高	;	0.9 m
工事費	;	約M\$77.3百万

この計画ではダボン及びレビルダムが早期に建設される事を前提としている。

2.7 既存河川構造物及び関連構造物

橋梁、ポンプ場、小型漁船用突堤等の構造物が図2.11に示す様にクランタン川及びその支流に位置している。

クランタン川及びレビル川を横断する3ヵ所に橋梁がある。鉄道橋は現在パッシールマス付近で建設中である。J K R では現在ダボン付近でガラス川を横断する鉄道橋計画を検討中である。

クランタン川及びその支流部に4ヵ地点の鉄道橋がある。その内訳はギルマード橋及びレビル、ガラス、ネンギリ川でのそれぞれ1橋となっている。これらの橋梁の諸元は表2.3に示されている。

かんがい用水補給のため、4ヵ地点でポンプ場が設置されている(図2.11参照)。ポンプ場の諸元は表2.4に示されている。

河口部付近には漁業用の木製突堤が設置されている。又、コンクリート製突堤が漁業開発局により建設中である(図2.11参照)。漁船の航路確保のための浚渫工事が幅90m、水深5mをもって実施中である。

2.8 既存の洪水予警報システム

クランタン川流域の既存治水施設状況よりみると洪水被害軽減策の有効手段の一つとして、氾濫対象地区よりの緊急避難が考えられる。この対策として1971年に洪水予警報システムが導入されており、図2.12に示す様に1986年にシステムの改善がなされている。

洪水記録によると避難のための警報はシステム設置後8回実施されており、沿岸住民は警察の指示に従い安全な場所へ避難している。

2.9 開発の将来性

2.9.1 開発への制約

クランタン川の第5次マレイシア計画では以下の様に述べられている。

(i) クランタン州の開発は他州に比べ依然として不均衡な状況にある。

(ii) クランタン州では北部と南部間の開発において不均衡状況にある。

(iii) 社会経済開発のための基盤整備がおくれている。

(iv) 州政府は開発計画を支援するための予算上の余地がない。

以上の記述を要約すると、クランタン州は依然として開発途上の経済状況にあると言える。

2.9.2 開発の将来性と本調査

クラントン州は人的、農業、漁業、鉱業、観光資源等が豊かな将来性を備えている。但し問題はこれらが適切にしかも十分に開発されないところにある。

連邦及び州政府は一貫して州の社会基盤の質的、量的なレベルの向上をめざして来た。その結果、同州と他州間の較差も急速に縮まっている。

しかしながらクラントン川では洪水の問題が依然として大きな障害として残されている。流域下流部地域の常襲氾濫は農業、工業、商業部門の発展を阻害させ、又人的及び農作物等に大きなロスを生じさせている。洪水氾濫による経済上の被害は直接的な被害以上に大きなロスをもたらしている。即ち、農家は従来 of 低生産性を打破するための新しい農業手法の導入に対し消極的となり、又一方投資環境の観点からみると、この様な常襲氾濫地区への投資を差し引かえる傾向にある。この様な状況を打破するため、治水計画を前提とした長期的な工業及び経済開発が最も望まれる。

3. 水資源開発

3.1 水利用の現況

3.1.1 かんがい用水

クランタン川の水は図3.1に示される様に下流域に広がるクムブ、サロール及びレマール及びパッシールマスの四つのかんがい計画で利用されている。これらの計画は、1951年から1973年にかけて、二期作により収量を上げるためにD I Dにより開発された。維持管理は、計画の完成後、K A D Aに移された。現在のかんがい面積は31,800にも及び、表3.1に示される様に全域で二期作を実現すると最大で72m³/secの水を必要とする。

取水は図3.1に示される様にギルマード橋の下流に位置する四つのポンプに頼っている。ポンプの最大揚水量は、表3.2に示される様に当初52.3m³/secで設計されていたが、施設の老朽化によりかなり揚水量が落ちている。K A D Aによって実施された揚水試験によると、表3.2に示される様に現在の揚水量は約35m³/secである。

現在稲の主作は10月から11月に田植され、3月の終りに収穫される。一方、従作は4月から5月に田植され、9月までに収穫される。そして、クランタン川へのピーク需要は5月から6月に起こっている。供給されている地区は、ポンプの揚水能力により全かんがい可能面積の60~70%にとどまっている(表3.3参照)。したがって、K A D Aは、1990年までに全かんがい地区で、二期作を実現させるために既存のポンプ施設およびかんがい施設の改修を行っている。

3.1.2 家庭用水及び工業用水

(1) 最大供給量

地下水は、1982年まで水道用水の唯一の水源であった。その後、クランタン川及び他の表流水が、地下水の量及び質的制限から水道水の需要に見合うように水源として求められた。

コタバル、パッシールマス、マッチャン、バチロック、パッシールプティ及びクアラクライの地区を含むクランタン川の下流地区での最大需要は現在、日量134百万ℓである。この需要は表3.4に示される様に地下水(日量72百万ℓ)、クランタン川(日量43百万ℓ)及び他の表流水(日量19百万ℓ)によって賄われている。

クランタン川の水は、図3.1に示される様に、現在2つのポンプ場より取水され

ている。一つは、パッシール地区のクラール村に位置し、揚水量は日量22.7百万ℓである。他の施設は、タナメラ地区に位置し、揚水量は日量22.7百万ℓである。

(2) 家庭用水の日平均使用量

1982年に始まった最大供給量の増強により、表3.5に示される様に1980年の日量39百万ℓから、1985年の日量36百万ℓに増加した。1985年における日平均家庭用水の使用量は最大供給量の57%に達した。克蘭タン川からの供給量は1980年に零であったが、1985年に日量24百万ℓ（総需要の32%）まで達した。

供給量の増加により水道水の供給を受けられる人は、1980年における147,000人から、1985年に230,000人まで増加した。1980年現在における一人当りの消費率は137ℓ/日であり、現在の消費量はもっと高いと推定されるが、データ欠損により推定出来ない（表3.5参照）。

1980年における消費率（137ℓ/日/人）は、200ℓ/日/人と比べてかなり低い値と考えられるが、この値は表3.5に示される様に48.7%にもなっている供給ロスに起因すると思われる。

(3) 工業用水の使用推定量

1985年における工業用水の使用推定量は、以下の情報にもとづき算定された。

- 貨幣価値によって表されている1985年現在の州全体の工業生産量
- 各工場当りの水使用率

表3.6に示される様に、実際の工業生産量は、1985年にM\$ 300百万であり、使用水量は日量16百万ℓに相当すると推定される。

1982年以後に増強された水道供給網から判断して、現在及び将来における工業用水は克蘭タン川から取水されるであろう。実際表3.7に示される様に、克蘭タン州には五つの工業団地があり、使用水は克蘭タン川に頼っている。

(4) 家庭用水及び工業用水の総使用量

1985年における家庭用水及び工業用水の平均使用量は日量92百万ℓと算定された。内訳は家庭用水として日量76百万ℓ、工業用水として日量16百万ℓであった。この使用水量は最大供給能力の70%に相当する。

使用水量の水源地は、次の様に分割される。

- クラントン川：日量24百万ℓの家庭用水及び日量16百万ℓの工業用水を供給する。
- 他の水源地：日量52百万ℓ

現在のクラントン川からの取水量は日量40百万ℓであり、クラントン川からの最大供給能力の90%に相当する。

3.2 将来の水需要

3.2.1 かんがい用水の需要量

クラントン川の水を水源とするかんがい用水の需要量は、表3.8に示される様に、現在における最大使用水量 $35\text{m}^3/\text{sec}$ から2010年には50,000haの地区において、二期作が行われるものとして、 $85\text{m}^3/\text{sec}$ にまで増加すると推定されている。

ここに仮定されたかんがい開発計画は以下の通りである。

(1) KADAかんがい地区の改善

既存の31,800haのかんがい地区において、1990年までに既存かんがい施設の改善により、二期作が行えるものとする。かんがい施設の改善として表3.2に示されるようにポンプ施設の改良もしくは、取り替えにより現在の $35\text{m}^3/\text{sec}$ から $43\text{m}^3/\text{sec}$ まで揚水力が増強されることが考慮されている。さらに、 $37\text{m}^3/\text{sec}$ の揚水能力を持つ新規ポンプ場が、既存のクムブポンプ場の近くにDIDにより建設されることも考慮されている。したがって、1990年までには全揚水量は $80\text{m}^3/\text{sec}$ まで増加する。

総二期作におけるピーク需要は、四月に起こるとされ、 $72\text{m}^3/\text{sec}$ まで達すると推定されている。

(2) クマシんかんがい計画

クマシんかんがい計画は、1990年までに完了する様に建設中であり、3,775haの地区が新規クムブポンプ場から取水されることが予定されている。ピーク需要は5月に起こるとされ、需要量は $54\text{m}^3/\text{sec}$ である。

(3) スマラックかんがい計画

クマシんかんがい計画に引き続いて、スマラックかんがい計画が1995年から2000年

にかけて開発されることが予定されている。完成時には 7,745ha の地区がかんがいされ、 $10.4\text{m}^3/\text{sec}$ の需要量はクランタン川から補給される。

(4) 他のかんがい計画

次の地区が2005年までにクランタン川を水源として開発される。

- 現在一期作が実施されており、将来二期作が行われるとされる3,620ha
- 2,940ha のかんがい面積をもつウル、バガンII地区

ピーク需要は四月に起るとされ、 $3.2\text{m}^3/\text{sec}$ と算定されている。

3.2.2 家庭用水及び工業用水の需要量

(1) 家庭用水の需要

家庭用水の総需要は人口増加、供給率の増加、単位使用水量の増加とともに増加する。この増加率は1980年の国勢調査、第5次マレーシアプラン等に基づいて推定された。

(イ) 人口増加

人口の年増加率は、1970年から1980年までの期間において2.6%であった。1990年以後2.5%で増加すると推定されている。その結果、1980年に850,000人であったクランタン下流域の人口は、表3.9に示されるように2010年には、1,680,000人まで増加すると予想される。

(ロ) 給水率

第5次マレーシアプランによると、西暦2000年までに給水率100%を達成させることを目標としている。1985年現在給水率は26%であるが、1982年以後給水率はとみに改善されているので、上記目標を達成することは困難なことではないであろう。

(ハ) 単位使用水量

単位使用水量は、システムロスを含め1990年に $200\ell/\text{日}/\text{人}$ に達すると想定されている。1990年以後生活水準の向上により、単位使用水量は毎年1.0%ずつ増加するものとする。さらに、システムロスを加えると、家庭用水の使用量は表3.9に示される様に、1980年の日量44百万 ℓ から2010年には日量576百万 ℓ まで増加すると推定される。

上記需要に対して、2010年には総需要の84%に相当する日量 485百万ℓがクラントン川から取水されると推定される。検討結果は、表3.9に一覧表として示されている。

(2) 工業用水の需要

工業用水の将来需要は、1985年に使用推定量が州総合工業生産の増加率にしたがって増加するものとして推定した(表3.6参照)。GDPは1985年から1990年にかけて年6.25%、1991年以後6.0%で成長すると推定されている。一方、工業部門のGDPに占める割合は、表3.9に示されるように、1985年の12.9%から2010年の14.7%に増加されるものと推定されている。2010年における工業用水の需要は日量80百万ℓになると推定され、水源としてクラントン川に求められる。

3.2.3 河川維持用水

クラントン川の河口処理を含む河川改修を無計画に進める事は塩水遡上の可能性を起こす事にもつながる。

河川流量が極端に小さい場合、満潮時において河口から約24km地点まで塩水は遡上すると推定された。河川取水地点は、この地点より上流部にあるが、河口から約10kmの地点に位置するコタバル地区の地下水に塩水が入り込む可能性がある。

過去の飲料水試験によると、地下水の塩水濃度は41ppmから15.5ppmであり、飲料水としての基準をみたしている。この様に低い塩水濃度は河口部の堆砂による閉塞や流水抵抗力によるものであろう。この意味で、必要河川維持用水量を決める検討が行われ、以下の表に示される様な検討結果が得られた。

河川流量 (cm ³ /sec)	塩水くさび長、(km)
100	6.9
90	9.0
80	9.0
70	9.0
60	11.0
50	11.0

70m³/secの流量が塩水遡上を河口から10kmの地点に位置するコタバルまでにおさえると算定された。

3.2.4 総水需要量

クランタン川の水に頼る総水需要量は表3.10に示される様に、1985年の $105.5\text{m}^3/\text{sec}$ から2010年の $161.1\text{m}^3/\text{sec}$ まで増加すると算定された。総需要の内訳は家庭・工業用水の $6.5\text{m}^3/\text{sec}$ 、かんがい用水の $84.6\text{m}^3/\text{sec}$ 及び河川維持用水の $70.0\text{m}^3/\text{sec}$ であり、かんがい用水は4月に需要量にピークが現われる。一方、家庭・工業用水及び河川維持用水の必要量は年内を通して必要とされる。

3.3 水需要と供給能力とのつり合い

水需要と供給能力とのつり合いの検討は下記事項を考慮の上、2010年を目標年次として行われた。

- ダムあり及びなしの場合の確率最小流量
- 前節3.2.4で想定されたクランタン川に頼る将来水需要

ダムありの場合、レビル、ダボン及びネンギリのダム計画が代替案として考慮の対象となった。

確率最小流量は、ギルマード橋地点での1961年から1984年までの24年間の年最小及び半年最小15日流量を用いて推定された。

年最小流量は $69.7\text{m}^3/\text{sec}$ から $344.9\text{m}^3/\text{sec}$ の範囲で分散しており、平均で $177\text{m}^3/\text{sec}$ であった。年最小流量は従作期の4月に頻発している。

年及び半年ベースの確率最小流量は、ガンベル法によると、5年渇水に対して各々 $114.7\text{m}^3/\text{sec}$ 及び $114.5\text{m}^3/\text{sec}$ であった。一方、10年渇水に対しては、各々 $92.1\text{m}^3/\text{sec}$ 及び $90.8\text{m}^3/\text{sec}$ 、20年渇水に対しては $76.9\text{m}^3/\text{sec}$ 及び $74.8\text{m}^3/\text{sec}$ 、50年渇水に対しては $63.7\text{m}^3/\text{sec}$ 及び $60.8\text{m}^3/\text{sec}$ であった。

ダム開発計画は、安定した水道用水の供給や水力発電のために年間を通して放流出来る保障流量を確保することを目的として作られる。この保障流量の検証地点として、ギルマード橋地点が選ばれた。

レビルダムが $55\text{m}^3/\text{sec}$ の保障流量をもつ計画として開発された場合、ギルマード橋地点における年ベースの確率最小流量は、ガンベル法によると5年渇水に対して $140\text{m}^3/\text{sec}$ 、10年渇水に対して $12.5\text{m}^3/\text{sec}$ 、20年渇水に対して $140\text{m}^3/\text{sec}$ 及び50年渇水に対して $102\text{m}^3/\text{sec}$ であった。次節3.4で述べられている通り、水力発電用の保障流量は

レビルダムにおいて $55\sim 80\text{m}^3/\text{sec}$ 、ダボンダムにおいて $160\sim 240\text{m}^3/\text{sec}$ 、ネンギリダムにおいて $75\sim 90\text{m}^3/\text{sec}$ の範囲で得られた(表3.13参照)。

前節においてすでに想定された様に、2010年における家庭用水及び工業用水の需要は $6.5\text{m}^3/\text{sec}$ である。 $70\text{m}^3/\text{sec}$ の河川維持用水を加えると、年間を通して必要とされる需要量は $76.5\text{m}^3/\text{sec}$ である。さらに、 $84.6\text{m}^3/\text{sec}$ の年最大かんがい水需要量(4月)を加えると、2010年における総需要は最大で $161.1\text{m}^3/\text{sec}$ である。

上記需要に対する不足量を算定する為に、水供給は次に示す優先順位に従って行われるものとした。

- 優先順位第1位 : 2010年まで想定された河川維持用水及び家庭・工業用水
- 優先順位第2位 : 1990年まで想定されたかんがい用水
- 優先順位第3位 : 1991年から2010年までに必要とされるかんがい用水

2010年における家庭・工業用水及び河川維持用水に対する不足量は、ダムがない場合20年に一度起こる。一方、いずれかのダムが建設されるならば、水不足はなくなる。

2010年におけるかんがい用水は、ダムなしの場合2.2年に一度の頻度で $12\text{m}^3/\text{sec}$ 不足する。いずれか一つのダムが開発されたならば不足量 $5\text{m}^3/\text{sec}$ の発生頻度は3年に一度以下に改善される。

かんがい用水の不足量に対する許容発生頻度は、5年に一度以下とするならば、レビンダムで $75\sim 80\text{m}^3/\text{sec}$ 、ダボンダムで $160\sim 240\text{m}^3/\text{sec}$ もしくはネンギリダムで $75\sim 90\text{m}^3/\text{sec}$ の保障流量を確保する必要がある。

3.4 水力開発

3.4.1 電力需要

クランタン州は図3.2に示される様に、275kVAの全国送電網より電気の供給を受けている。

国家電力庁(MEB)は表3.11に示される様に、1991年までに4,899MWの設備容量をもつ。そのうち、74%が火力発電であり、ベース負荷を受け持っている。一方ピーク負荷を受け持つ水力発電(7つの貯水型発電所)の設備容量は、全設備容量の36%である。

NEBは、1986年に2,268MWのピーク電力を系統に供給した。ピーク需要と設備容量を比較すると、系統は十分な設備力を持っている。しかし、表3.12に示される様に電力需要は、年率6～7%で伸びると予測されるので、1995年には、ピーク需要は設備容量の85%にまで達し、2000年以前に設備容量を越えると想定される。

この様な需要の伸びに対応する為に、1990年代の後半に新規発電設備を投入することが必要である。クランタン川流域内で開発されるネンギリ、プルガウ、レビル水発電計画は新規開発案件として最もふさわしいものの一つであろう。

上記三水力計画のフィージビリティ調査は1986年、1987年、1989年にすでに完了している。

3.4.2 水力発電ダム計画

本調査の主目的はクランタン川の上流部に作られるダムによる下流域の治水計画であるが、ダムの建設は水力開発をも可能にする。

本調査の主目的を考慮しつつ、水力開発の可能性を検討した。レビル、ダボン及びネンギリの3ダムが対象計画として取り上げられた。

年間発生電力量は、図3.3に示される様に常時満水位と保障流量の関数として求められ、その結果は表3.13にまとめられた。以下にその概要を示す。

ダム計画	常時満水位 (El. m)	必要貯水量 (百万ℓ)	保障発生電力 (MW)	年間発生電力量 (Gwh)
レビル	65 - 90	145 - 1650	60 - 150	240 - 430
ダボン	54 - 67	410 - 1520	140 - 270	630 - 940
ネンギリ	135 - 160	250 - 550	170 - 280	580 - 790

3.5 多目的ダム計画

3.5.1 発生便益

(1) 発生便益

水力開発より得られる便益は、水力発電と同等の開発規模をもつ代替火力の建設費として算定される。最適代替火力を求める上で、表3.14に示される石油火力、石炭火力、コンバインドサイクル及びガスタービンが考慮の対象となった。

二つのタイプより組み合わせ案を作る場合、ピーク運転用プラントとしてガスタービンが考えられ0.1の運転率が仮定された。一方、ベース負荷用として石油火力、石炭火力及びガスタービンが考えられるが、運転率として0.7が仮定されている。

代替火力の単位建設費は表3.15に示される様に、固定費及び変動費に分けて算定された。固定費及び変動費は以下の費用より成っている。

- 設備費、運転維持費及び燃料費（表3.15参照）
- それぞれの代替火力の耐用年数、建設期間、建設費配分及び電力ロスは表3.16に示される。

上記仮定に基づき、水力開発計画の便益は表3.17に示される様に常時満水位の関数として求められた。そして、コンバインドサイクルとガスタービンの組み合わせ案が最小費用を与えるので、代替火力の最適案とされた。

(2) かんがい便益

ダムからの放流が必要かんがい用水の不足量をへらすことが可能であり、この不足量をへらすことがかんがい計画における便益と算定される。

かんがい便益はダムがある場合とない場合における純生産量の差として算定される。経済便益を算定する上で、以下の仮定がなされた。

- (1) 米の平均生産量は、1986年におけるクラントン州における実績から3.6トン/haとされた（49,407haの作付面積に対して収穫量は175,720トン）。米の生産価格は、1988年価格でM\$ 457/トンである（表3.18参照）。

米の平均生産量と生産価格から単位面積当りの総生産価値は、M\$ 1,645.2 /haになった。さらに、米の生産コストは表3.19に示される様にM\$ 1,314.4 /haと算定

された。単位純生産価値は総生産価値と生産コストの差として、M\$ 330.8 /haと算定された。

- (2) 単位供給量当りのかんがい面積は、1990年における総かんがい面積(35,697ha)をピーク供給量(72.7m³/sec)で割ることによって得られ、491ha /m³/sec となった。そして、491ha /m³/sec の率でかんがい水を供給することにより、かんがい面積が増加するものとした。

上記仮定のもと、かんがい便益は表3.20に示されるごとく各ダム計画ごと算定された。

3.5.2 建設費

レビル、ダボン及びネンギリダムの建設費は、多目的開発計画の最適開発規模を求める為に見積られた。前節3.4.2ですでに述べた通り、クムブダムは治水計画の単目的ダムとして開発されるので、建設費の見積りは五章において検討される。

最適開発規模を算定する上で、レビル及びネンギリダム計画のダム型式としてロックフィルが採用された。一方、ダボンダムにおいて重力式コンクリート型がダムサイトの地形及び地質条件を考慮の上、採用された。

建設費はケニール、ケネリングダム等の建設価格を参考の上、各項目ごとに算定された。さらに、ネンギリダム計画におけるコストとも比較した。

建設費は1988年の年央価格をマレーシア・リンキット(M\$)で表示した。外貨分の積算には1米ドル=M\$2.55の外貨交換率が用いられた。

水没地域の補償は家屋、プランテーション等を移転させるために必要なコストとして算定された。したがって、補償費は最適開発規模を求める上で、経済費用の一つとして算定されている。

レビル、ネンギリ及びダボンダム計画のいくつかの開発規模に対する建設費は表3.21に示されている。

3.5.3 経済評価

経済評価はそれぞれのダム計画における生産費用と便益の比較においてなされる。生産費用は資本投資と運転・維持費から成る。生産費用のコスト流れ図を作成するに当り

建設費は7年間に亘り、0.05、0.10、0.25、0.25、0.20、0.10及び0.05の比率で配分された(表3.16参照)。そして、ダムの耐用年数はダムの完成後50年とした。さらに、年間維持費は水力発電計画において単位設備容量当りM\$13/kW、かんがい計画において単位ポンプ容量当りM\$0.06百万/m³/年とした。

便益は3.5.1節で述べた方法により求められた。年平均便益は、ダムの完成後直ちに発生するものとした。便益及びコスト流れ図に基づき、経済評価は表3.22に示される通り、経済的内部収益率(EIRR)、便益・コスト比(B/C)及び純便益(B-C)により求められた。

表3.22に示される様に、どのダム計画においてもダム高を上げるにしたがい、経済的内部収益率が増加した。そして、各ダム計画の最大内部収益率は、レビルダムにおいて6.0%、ダボンダムにおいて15.1%、ネンギリダムにおいて17.4%となった。

3.6 ダム及び関連施設の予備設計

レビル、ネンギリ及びダボン計画は、多目的ダムとして開発される。一方、クムブ及びロウアップルガウダムは治水ダムとして開発される。これらのダム計画の予備的設計が以下に示される。

(1) レビルダム計画

レビルダム計画はENEX及びJICAにより実施された全国水資源開発調査によって選定された。水力開発を目的としたフィージビリティ調査はすでに完了している。

ダム地点はガラス川との合流地点より約40km上流、もしくはガラス川に架かる道路橋の約3.5km上流に位置する。ダム地点の川幅は広いが、レビル川においては相対的に良い地点である。しかし、図3.4に示す通り右岸にサドルダムを建設する必要がある。

1980年初期にグアムサンーコタバル道路が開通後、レビルダム地域の開発は急速に進んでいる。現在計画中のチークアラブラン道路が開通すると、地区の開発はさらに進むであろう。これらの開発は、KESEDAR及びFELDAによりオイルパーム及びゴム園として道路沿に開発されている。これらの開発はレビルダム計画の開発にとって大きな制約となる。図3.5はレビルダムの湛水面積及びオイルパーム及びゴム園の開発地区を示す。レビルダムが完成すると、計画中のチークアラブラン道路は水没するので、再計画が必要である。図3.6はその一例を示す。

レビルダムの貯水池容量曲線は、図3.7に示される。ダムはロックフィル型として開発され、基本開発案は図3.8に示される。

(2) ダボンダム計画

ダボンダム計画案は、E N E X及びJ I C Aにより選定された。ダム開発地点は図3.9に示される様に、レビル川との合流地点より約3.3km上流、もしくはブルガウ川との合流地点より約5km下流に位置する。

開発地点はクランタン川流域のほぼ中心にあり、集水面積は流域全体の集水面積の60%に当たる7,480km²である。故に、ダボンダムは水力発電のみならず、クランタン川下流の治水計画においても大きな効果を発揮する。

ブルガウ川流域はすでに開発が進んでいる。ダボンダムの開発は、この地区を水没させるので、この問題がダボンダム開発上大きな制約となる。さらに、ガラス川沿いに走る鉄道も移設する必要がある。既存の鉄道横断面図及び平面図は、図3.10に示される。一方、ダボンダムの湛水面積は、図3.11に示される。表3.23はダボンダムの開発によって水没する村落の状況を示す。

ダボンダムの貯水池容量曲線は図3.12に示される。開発地点は狭窄部に位置しているのでコンクリート型の建設に理想的である。ダボンダムの基本開発案は図3.13に示される。

(3) ネンギリダム計画

ネンギリダム計画は、E N E X及びJ I C Aにより選定された。そして、フィージビリティ調査は水力発電を目的としてすでに1986年にE L Cの手により実施された。開発地点は図3.14に示される様に降雨量の少ないクランタン川流域の西端に位置しているので、下流域の洪水に対する治水効果は少ない。

開発地点はガラス川との合流地点から30km上流、グアムサンの北22kmに位置している。ネンギリダムの開発において、社会的制約はレビル及びダボンダム計画に比べて少ない。ネンギリダムの湛水面積は図3.15、貯水池容量曲線は図3.16に示される。ロックフィル型として開発される基本開発案は、図3.17に示される。

(4) クムブダム計画

クムブダムは治水効果は少ないが、社会的制約条件を少なくする目的で検討されたダボンダムの代替案である。

開発地点は図3.18に示される様に、クムブ村の鉄道橋より18km上流に位置する。この地点はブルガウ川を水没させない事、及び鉄道の移設を少なくすることが出来ることからダボンダム代替案として最適である。

貯水池容量曲線は図3.19に示される。重力式コンクリートダムとして開発されるクムブダム基本開発案は図3.20に示される。

(5) ロウアーブルガウダム計画

図3.21に示されるENEXにより選定された、ガラス川との合流地点より10km上流に位置する開発地点は、ダム工学上及び社会環境上から判断して建設地点としてふさわしくない。

もし建設するとなれば、ダム工学上建設出来るダムはアースフィル型でせいぜい20mの高さまでであろう。貯水容量曲線は、図3.22に示される。

4. 治水計画策定の基本構想

4.1 概要

洪水氾濫はクラントン川の下流域の広大な地域で発生している。この様な広大な氾濫地域に対し完全な治水工事を実施する事は経済性及び財政上の観点より實際上不可能である。従って施設の方策及び非施設の方策を適用し実際の程度まで洪水被害を軽減する事が考えられる。

施設の方策は地域住民の生活の安全性、及び社会的緊急要請等を考慮して適用される。施設の方策の適用に当ってはより高い安全度を採用する事が施設の安全性、地域住民の生活の長期的な安全等を考えると望ましいものと考えられるが、一方このためには多額の工事費及び長期間に亘る工事等の問題が発生する。治水計画をより早急に実現し社会的緊急要請に対処するためには段階的治水計画を考える必要がある。

一方非施設の方策は施設の方策に対する補助的手段及び施設の方策の適用が経済的に引き合わない地区に対し適用される。

次期に実施されるプレフィージビリティスタディは施設の方策に対して実施される。

4.2 洪水防御地区

約50年確率洪水に相当する1967年の洪水に対する調査報告によると、氾濫はクアラクライの上流部にも発生しているがその被害は全体被害の1%程度のものとされている。従って洪水防御対象地区はクアラクライより下流地域に設定するものとする。

1967年の洪水氾濫図（図4.1参照）によるとクラントン川より越水した河水はゴロック川の右岸にまで達している。クラントン川とゴロック川の間での氾濫地区の境界はタナメラーパッシルマス間の鉄道及びレベックートランパット間の道路網より分割する事とした。

マチャーンブキットマックリパへと北方向への低山岳帯及びグノンティモールよりジェラワットを經由した海岸部までの北東方向の低分水線がクラントン川とスマラック川の分割部となっている。メロウルージェラワット間の道路網がクラントン川とスマラック間の氾濫地区の境界として採用されている。

1967年の洪水ではクランタン川より越水した河水はクマシン川下流部全域に及んでいる。従ってこの全流域をもクランタン川の氾濫地区とした。

図4.2は以上の設定に基づいて区分されたクランタン川の50年確率洪水に対する氾濫地区を示す。これに示された氾濫地区を今回の治水防御対象地区とした。

4.3 洪水防御規模

クランタン川流域の治水計画においては段階的開発によって策定する事としている。計画策定に当たっては、2000年を最終開発完了目標年とした。又流域の社会経済状況を考慮し河口よりクアラクライ間の非都市部を20年確率洪水より防御する事としコタバル、パッシルマス、タナメラ及びクアラクライ等の都市部を、50年確率洪水より防御する事を第一条件とし最終的に全区間を50年確率洪水に対処できる治水案とする事とした。50年確率洪水に対応し得る治水工事が全区間に亘って実施された場合クアラクライより下流部は1967年規模の洪水に対し十分安全なものとなる。

4.4 施設的方法による洪水防御

4.4.1 考えられ得る治水方法及びその組合せ

流域内の治水計画に対し河状、氾濫状況、地形等を考慮し以下の治水手法が考えられている。

- 河道の拡幅
- 河床の浚渫
- 堤防建設
- 河口処理
- 治水ダムの建設

洪水氾濫域に沿ったクランタン川の通水容量はほぼ2年に一度の洪水頻度に相当する5,000m³/sec前後程度である。従って例え河道の拡幅、河床浚渫及び堤防建設等の河川改修を実施したとしても通水容量増は、3,000m³/sec程度であろうと考えられる。50年確率洪水に対処するため高堤防の建設又は大規模な河道拡幅等は実際上不可能である。このため河川改修に治水ダムを組合せる事等を考える必要がある。

50年確率洪水により河口よりクアラクライ間の河岸部を防御するための河川改修、治水ダムの組合せ最終案が一旦決定したのち、非都市部を20年確率洪水より防御するための治水案が策定されよう。

各組合せ案に対し流量配分図が設定されるが、これに基づいた、ダム及び河川改修計画案を策定、工事費が積算される。ダム計画は発電及びかんがい用水、都市工業用水及び河川維持用水供給等の多目的ダムとして策定されるが、最適案の選定は純便益が最大となる条件に基づいてなされる。純便益は治水、水資源開発による便益とこれらの開発に要する費用との差分として積算される。

4.4.2 ダムによる治水計画

クランタン川流域の南部は山岳部より成るためいくつかの治水ダム案が考えられる。そのうち水資源開発及び治水を含む多目的ダムとして以下のものがあげられる。

(i) ダボンダム；ダボンダム地点はガラス川に位置し河口より約 132km、レビル川との合流部より上流30km地点にある。集水面積は約 7,480km²である。

(ii) クムブダム；クムブダムはダボンダムの貯水位の関連において相対立するものであるが河口より約 167km地点のガラス川に位置している。集水面積は約 5,630km²である。

(iii) ネンギリダム；ネンギリダムは河口より約 210km地点のネンギリ川に位置している。集水面積は約 3,690km²である。

(iv) ロウアーブルガウダム；ロウアーブルガウダムはダボンダムの貯水位の関連において相対立するものであるが、ガラス川との合流部より上流10km地点のブルガウ川に位置している。集水面積は約1,280 km²である。

(v) レビルダム；レビルダムは河口より約 138km、ガラス川との合流部より約10km上流のレビル川に位置している。集水面積は約2,480 km²である。

流域下流部に対する治水案に対し以上の5ヵ地点のダムと河川改修との組合せ案が考えられる。図4.3はこれらダム地点の位置図を示す。

ダムによる治水案は以下の基準に基づいて策定された；

(1) 最適な貯水容量は水資源開発規模に基づいて決定される。水資源開発より策定されたダム高が地形的に許容しうる最大高より高い場合はまず治水及びダムの安全に必要な容量と地形的に許容し得る最大高以下に設定される。しかる後、残りの貯水容量が水資源開発として設定され、水資源用に対する容量が設定できない場合は治水用の単目的として開発される。

(2) 余水吐は2断面により構成される。即ち、ダム自体安全のためのPMFを安全に流下しうる堰と下流部の治水のための溢流堰に分けられる。通常の溢流堰を設定するには2つの方法が考えられる。即ちNHWL下に通常の溢流堰を設置し、ゲートにより水位を調整する方法とゲートなしでNHWL上に溢流堰を設置する方法である。

NHWL以下に溢流堰を設定した場合の貯水池水位計算では、雨期においても溢流堰により低下させた水位はNHWLに回復しない可能性が高い事が証明されている。従って溢流堰はNHWL上に設置される必要がある。溢流堰の規模は貯水池流入ピーク流量と流出ピーク流量との調整比を変化させて、その中より最適案を選出するものとする。

(3) ダムの安全上の堰の規模は、PMFが通常の溢流堰及びダムの安全上のための堰により安全に流下しうるものとして決定される。ダム高はPMFによる洪水位上に余裕高を加算して決定される。

(4) 下流のある地点におけるダムよりの流下流量による確率洪水流量は洪水追跡計算により決定される。これらの確率洪水流量に基づいて河川改修案が策定され工事費が積算される。余水吐の最適規模は水資源開発を含む便益とそれに要する費用の比較によって決定される。

4.4.3 河川改修による治水計画

ダムの余水吐よりの各確率洪水に対する流出流量に基づいて河口よりクアラクライ間の河道に対する河川改修計画が以下の基準のもとに策定される。

- (1) ある流量を流下させるための洪水位は極力低下させる。
- (2) 河道拡幅は著しく狭い河道部にのみ適用される。
- (3) 現在の河床勾配を大幅に変化させる事は河道の安定上望ましくないので、河床浚渫は河川断面を整形する程度に止める。
- (4) 堤防高は堤防よりの漏水を極力避ける事及び内水排除の観点より極力低いものとする。

50年確率洪水に対処するためダム及び河川改修の組合せによる治水最適案を決定した後、非都市部を20年確率洪水より防御するための治水案が策定される。

4.5 非施設的方法による治水計画

流域の経済、住民の安全性、社会的要請度等を考慮して下流部での洪水被害を軽減させる一手段として非施設的方法案が考えられる。方策として以下のものがあげられる。

- 洪水予警報システム
- 洪水地区設定
- 規制
- その他

洪水予警報システムは下流部での洪水よりの逃難をより早く容易にするために導入されている。

洪水地区の設定は洪水被害を軽減させるために洪水に対する浸水頻度の高い地区を専有する事に対しこれを規制するものである。又規制は洪水常襲氾濫地区での開発を規制する事にある。

洪水に対する個々の防御、土地利用の変更及び住民の移転等も非施設的方法の手段として考えられる。

5. 治水計画の策定

5.1 概要

治水計画は二段階で設定される。第一段階で河口よりクアラクライ間を対象に50年確率洪水より防御するためのいくつかの有望な組合せ案が策定される。第二段階として、非都市部を20年確率洪水より防御する治水案を第一段階で選出された組合せ案に対し検討するものとする。

5.2 治水計画の組合せ案

4.4.2章で述べた様に5ヵ地点のダム（図4.3参照）が治水及び水資源開発用の多目的ダムとして提案されている。

治水計画の組合せ案検討に対しダムによる治水効果が検討された。検討対象洪水として50年確率洪水が選定された。

水文解析の結果は表5.1に示されているが現況河道でのギルマード橋で16,400m³/secとなる。この地点とクアラクライ間での氾濫を河川改修で防御した場合、ピーク流量は17,400m³/secとなる（図2.7参照）。

現況河道の通水容量が5,000m³/sec前後であり、一方計画流量が17,400m³/secである事より単に河川改修のみによる治水案は必ずしも有効な手段とは考えられない。但し、河川改修単独案も治水案の一手段として残されるべきと考えられる。

ネンギリダムと河川改修の組合せ案ではダム地点が治水対象地区よりかなり離れた上流部に位置しその集水面積が3,690km²程度である事、又ダム流域内の降雨が比較的少ない事等により、下流部に対する治水効果は極めて小さい事がわかる。従ってネンギリダムの開発目的の一つとして治水を組み入れる事は効果的でないと考えられる。

クムブダムは貯水容量が小さい事より治水単目的として、開発される。このダムによる治水効果はピークカット比40%で13,900m³/secである。クムブダムによる治水効果が小さい事は貯水規模が小さい事に起因している。

ロウアーブルガウダムと河川改修の組合せ案は集水面積が小さい事、貯水効果の低い事により治水効果は極めて小さい。最低限の治水効果を期待するためには標高72m程度のダムが必要となるが、地形上許容しうる最大ダム標高は50mである。この事より下流部治水計画検討よりこのダム案は除外された。

レビルダムと河川改修の組合せをみるとギルマート橋では12,500m³/secとなっている。下流域治水計画に対し有望な案と云える。

ダボンダムと河川改修の組合せではギルマード橋でピーク流量は10,600~10,800m³/secに低下している。

以上の事から以下の組合せ案に対する段階開発が考えられる(図5.1から5.8参照)。

組合せ案	段階開発	
	暫定計画	最終計画
1 河川改修単独R/I	R/I	R/I
2 ネンギリ+R/I	ネンギリ+R/I	R/I
3 クムブ+R/I	クムブ+R/I	R/I
4 ダボン+R/I	ダボン+R/I	R/I
5 レビル+R/I	レビル+R/I	R/I
6 レビル+ネンギリ+R/I	レビル+ネンギリ+R/I	R/I
7 レビル+クムブ+R/I	レビル+クムブ+R/I	R/I
8 レビル+ダボン+R/I	レビル+ダボン+R/I	R/I

注) R/Iは河川改修を意味する。

組合せ案-1は河川改修単独案で非都市部では14,400m³/sec、都市部では17,400m³/secの洪水ピーク流量を対象とした河川改修が必要となる。さらに最終案で非都市部に対し増加ピーク流量 3,000m³/secを流下させるための河川改修が必要となる。

組合せ案-2~5はダムと河川改修の組合せ案である。組合せ案-6~8は2つのダムと河川改修の組合せ案である。このうち組合せ案-8は暫定案で河川改修は都市部のみとしている。最終案で対象洪水を20年より50年確率洪水に増加させるために非都市部で1200m³/secの増加流量に対処する河川改修が必要となる。

5.3 ダム及び河川改修計画の施設計画

5.3.1 ダムの施設計画

水力発電計画に主眼をおいたダムの最適案検討がネンギリダムについて行われた。その結果NHWLを高くする程純便益も大きくなる事が判明した。従ってダム高は地形的に許容しうる最大高である標高 169mに設定した。しかる後、PMFに対処するための余

水吐高を50年確率洪水を流下させるための水位に一致させる事により設定した。水資源開発のためのNHWLはそれぞれのピークカット比に相当する余水吐の堰高と一致させ、それぞれ標高150.7, 152.9, 155mに設定した(表5.2参照)。PMFを流下させる余水吐幅として、フィジビリティスタディでは75mが選定されている。

クムブダムは治水単独ダムとして開発される。ダム高は地形的に許容しうる最大高として標高82mに設定した。しかる後、ネンギリダムのケースと同様治水のための余水吐の堰高をピークカット比40, 30, 20及び15%に相当する標高53, 58, 4, 63及び65.7mに設定した。クムブダムは地形、地質上よりコンクリートダムとした。

ダボンダムは地形、地質上よりコンクリート重力式とした。水資源開発に対する最適化検討の結果NHWLを高くする程、純便益が大きくなる事が証明された。従ってダム高は地形的に許容しうる最大高の標高80mに設定した。しかる後、NHWLはピークカット比80, 70, 60及び50%に相当する標高76.3, 77.9, 79.3及び80mに設定した。

レビルダムはロックフィルダムとして計画した。PMFに対応する余水吐幅はフィジビリティスタディと同様150mとした。

レビル、ダボン及びネンギリダムの工事費は発電、かんがい等の多目的開発として積算した。クムブダムに対してはそれぞれのピークカット比に相当するNHWLをもつダムについて、工事費を積算した(表5.3参照)。

5.3.2 河川改修の施設計画

(1) 計画条件

クランタン川下流域に対する洪水防御のため、ダムと河川改修による方法の組合せ案を先に5.2で述べた。それぞれの組合せ案において河川改修が分担する流量は5,000m³/secから17,500m³/secの範囲にある。また河川改修計画案立案上、次のような条件があげられる。

(i) 河口部の網状川の卓越流

クランタン川の河口には網状河道や大きな砂州が発達している。雨期には、河川水のほとんどは北方向に流れ、部分的に西側の網状河道を流れる。乾期には、本川水の流速が比較的小さくなるので閉塞しがちである。

本計画調査では、網状河道より上流側の地域を防御対象とするが、その上流の高水位は網状川の流出条件によって変わる。洪水時、最も卓越した流出形状と上流側の洪水位との関係をゴロック川河口にあるゲテング地点の潮位とコタバルでの洪水位及びギルマード橋での流量を用いて検討した。検討は1988年11月発生した洪水記録を用い不等流計算でおこなった。

この結果、図5.9に示すように、洪水時の流水のほとんどはスリ川を通過しており、この区間の河道粗度係数は0.025であることがわかった。

河道の安定と維持の点からは、できるだけ河道を直線にすることが望まれる。図5.9に示すような流出機構はこの要求に適っている。以上より、本計画では、トンパットに向かっている網状河道は無視するものとする。

(ii) 堤防

次のような理由から、堤防は土堤を原則とする。

- 築堤か所付近に、大量の建設材料を容易に取得可能であり、これはひいてはコストの節減にもつながる。
- 段階施工を考えるならば、かさ上げ拡幅が比較的容易である。
- 修復が容易である。

堤防は、堤体の安全を考え低水路より少くとも50m以上離れた所に設けるものとする。

図5.10に堤防の標準図を示す。堤防ののり勾配は盛土の安定と洪水継続期間を考慮して1:3とする。また、浸透流によるのり先の崩壊を防止するためにドレーンを設ける。一方、堤防の天端幅と余裕高は次の基準による。

ピーク流量 (m^3/sec)	天端幅 (m)	余裕高 (m)
10,000未満	6.0	1.5
10,000以上	7.0	2.0

コタバルのように、河岸まで開発が進んでいるために、用地の取得が容易でないところでは、図5.11に示すようなコンクリートでつくられた特殊堤を考える。

(iii) 河川構造物

本川沿いの築堤によっておこる内水は水門や樋管のような構造物を通して排除する。また、パシールマスから下流では著しく浸食された河岸が見うけられるが、こういうところには護岸を設ける。

(2) 河川改修計画の比較検討

クラントン川下流部の河川改修の手法とし次のようなものがあげられる。

- (i) 洪水を一定幅に閉じ込めるための築堤
- (ii) 河道の疎通能力を増すための河道拡幅
- (iii) 河道の疎通能力を増すための河床掘削
- (iv) 河道の疎通能力を増すために河道短縮や河床勾配を大きくするための蛇行部のショートカット

今回実施したクラントン川の横断及び縦断測量結果を参考にして、上記の手法の組合せを考えた。その結果、最適案を決めるため次の4案を比較案とした。

(i) 比較案-A

河道は現況のままとして、大規模な築堤のみを行う。

(ii) 比較案-B

中程度の築堤と河道整形と狭さく部の拡幅を行う。

(iii) 比較案-C

現況平均河道幅程度に、洪水河道を拡幅整形する。また小規模な築堤も行う。

(iv) 比較案-D

上述の3比較案のうちの最適案と、その案にパシールマスの蛇行部のショートカット案を加えた案を比較する。

以上の比較検討はピーク流量 $12,000\text{m}^3/\text{sec}$ を対象とする。

検討結果を図5.12に示す。これより、各案の水位、土工量及びコストは次のようである。

項 目	比較案-A	比較案-B	比較案-C
1. 高水位			
・ 比較案-Bの水位は、ほとんど比較案-Aと同じであるが狭さく部の拡幅を行うことから十数cm低くなる。			
・ 比較案-Cの水位は、比較案-A及びBよりも数十cmから1.5m程低い。			
2. 土工量(百万m ³)			
掘削工	-	2	58
築堤盛土工	17	14	9
3. コスト(百万M\$)	138	118	400

比較案-Cの水位は顕著に低下するが、これは約70km区間の河道の大規模な掘削と拡幅による。特に河口付近の掘削量は、全掘削量の44%を占める。その結果、比較案-Cのコストは、比較案-A及びBの約4倍である。さらに比較案-Cは計画断面の維持の難しさや乾期中の塩水の侵入の問題をもたらすことが予想される。

比較案-Bのコストは比較案-Aとほぼ同じであるが、水位は比較案-Aより低い。したがって、比較案-Bを最適案として選定した。

次に、比較案-Bと比較案-Dを比較した(図5.13参照)。土工量及びコストは次のようになる。

項 目	比較案-B	比較案-D
1. 高水位		
ショートカット部から上流40kmの区間の水位は、比較案-Dが比較案-Bより3m程低い。		
2. 土工量(百万m ³)		
掘削量	2	52
築堤盛土工	14	8
3. 土工コスト(百万M\$)	118	352

以上より、比較案-Dはコストが高いばかりでなく、掘削工の処理や現存するかんがい施設の再構築の問題をもたらす。さらに、上流側で洗掘された河床材が、下流側のコタバル区間に堆積しがちになる。以上の検討結果より、比較案-Bを最適案とする。

5.3.3 河口処理

強力な西方向への沿岸潮流と河口流速が小さいことから、クランタン川河口に大規模な砂州が発達している。乾期には、低流量が続くため河口部は閉塞しがちであり、舟航上困難をきたしている。

河口の砂州の洪水への影響を確認するため、砂州の有無による水位の変化を不等流計算によって求めてみた。図5.14はピーク流量11,100 m^3/sec を対象とした時の結果である。この図より、河口部の砂州を除去するだけでは洪水水位が効果的には降下しないことがわかる。効果的な水位降下を期待するには、河口から数km上流までの川床の浚渫が必要である。その浚渫量は数百 m^3 におよび年間維持費も多大になろう。したがって、治水上の河口部の形状は現状にならったものとする。

クランタン川の河口は常にその位置を変化しており舟航上困難をきたしている。河口やその上流河道を安定維持するには、導流堤を含むいくつかの方法が考えられる。しかしながら、河口処理計画立案のためにはいろいろな技術上の問題を解決しなければならない。すなわち、河口の向き・長さ、河口部の浸食と沿岸潮流との関係、河口付近の河道変遷、雨・乾期の河口流量と沿岸潮流との関係などである。このためには、長期間にわたって、次のようなデータの収集をする必要がある。

- 潮位および波高
- 大縮尺な河口海岸付近の地形図
- 漂砂の量と方向
- 風向と風速
- 低質材料の粒径分布
- 飛砂

さらに、河口部の水理模型実験は処理工の効果を確認するに、有効な方法の1つである。

5.3.4 コタバル地区の排水計画

コタバルの現況雨水排水システムは3つの排水区に分けられる。すなわち、集水面積23.4 km^2 を有する南西区、12.5 km^2 を有する南東区、74.9 km^2 を有する北方側の沿岸区である。コタバルの中心部は沿岸区に位置する。局地的集中豪雨による流水は、コタバルの下流域においては北東方向に向うブングクランチェバ川を通じて南シナ海に出る。また、上流域の流水は北方向に流れるルボックムロング川を通じて南シナ海に出る。

クランタン川からの越流によっておこる浸水と局地的集中豪雨による浸水との関係を明確にするために、1965年—1986年間の記録より、コタバルでの比較的強い雨の発生回数とギルマード橋地点での同時点での洪水ピーク流量との関係を検討した。

Annex II 水文表 II 5.5 に示したように、1,000mm以上の5日雨量と同時期の洪水ピーク流量は下表のようである。

時 期	五日雨量 (mm)	ピーク流量 (m ³ /sec)
1967年1月	1,385	16,000
1981年11月	1,123	2,028
1986年12月	1,463	6,901

コタバル区間の現況河道能力は約 5,000m³/secである。州D I D作成の洪水レポートによると、コタバルは1981年の豪雨の際洪水の発生は記録されていない。又、1981年11月の5日雨量は約15年確率規模である。このことは、現況排水システムは局地集中豪雨によっておこされる15年確率程度の流出を排除できる能力をもっており、コタバルの浸水はクランタン川からの越流がないかぎりめったにおこらないことを示していると思われる。

コタバルの都市雨水排水検討をさらに進めるには、現況排水路網の調査や、強雨が発生したときの水理条件の調査が必要である。しかしながらこれらの調査検討は、洪水防御計画が実施されたあとの浸水条件を十分に確認してからおこなうべきである。

5.3.5 河川改修の段階施工

5.2で述べられたように、段階的に河川改修を実施する場合、次のようなステップで築堤をおこなう。

1) 前 期

- 河川区間KL 2, KL 4, KL 7, KL 10及びKL 11の非都市部を20年確率洪水から守るための連続堤防を建設する。
- コタバル (KL 3)、パッシールマス (KL 5)、タナメラ (KL 8)、トマンガラマとバル (KL 9) 及びクアラクライ (KL 12) の都市部を50年確率洪水から守るため連続堤防を建設する。

2) 後 期

非都市部での防御水準を20年確率洪水から50年確率洪水に上げるため、堤防のかさ上げ拡幅をおこなう。

5.3.6 ピーク流量と河川改修の建設費の関係

ギルマード橋地点での5つのピーク流量 6,000、9,000、12,000、15,000、18,000 m³/secを想定し、これらに対する河川改修費をもとめた。

図5.15に示されるこれらのコストは流域内の類似のプロジェクトで用いられている値を参考にした。

5.4 治水計画の実施計画

5.4.1 実施スケジュール

考えられ得る8ケースの治水案に対する実施スケジュールをマレイシア5ヵ年計画を考慮し以下の条件のもとに設定した。

(1) 工事期間及び費用配分は以下の通りである。

ダボン、レビル及びネンギリダムに対しては工事期間は7ヵ年と仮定、各年の費用配分は0.05, 0.1, 0.25, 0.25, 0.20, 0.1及び0.05とする。クムブダムに対しては3年の工事期間を仮定、各年の費用配分は0.2, 0.5及び0.3とする。

(2) 河川改修に対する工事期間は堤防の盛り立て量年間2百万m³をもとに設定する。各年の工事支出は均等とする。

(3) 最終案に対する河川改修は暫定案実施が完了した後、開始するものとする。

(4) 工事期間中の工事費は極力各年均等に支出するものとする。

(5) 工事实施前にフランビリティスタディ、工事資金調達、詳細設計等を行う。

図5.16に以上の条件に基づいた8ケースの治水案に対する実施スケジュールを示す。

5.4.2 事業費配分スケジュール

前記の実施スケジュールに基づき工事期間中における費用配分スケジュールを表5.4に示す様に作成した。

5.5 最適組合せ案の選定

5.5.1 概要

発電及びかんがい計画よりもたらされる便益は6章に述べられている。ダム及び河川改修のための工事費は前章で述べられている。組合せ案に対する経済評価は以下の基準に基づいて行われる。

- (1) 計画耐用期間は工事完了後より50年間とする。
- (2) ダム及び河川改修の工事期間及び各年の工事費配分は前節の通りである。
- (3) 経済工事費は積算工事費の85%とする。
- (4) 河川改修に対する年維持費は直接工事費の0.5%とする。ダムに対する維持費は発電が考えられる場合は年kW当たりM\$13とする。
- (5) 河川改修工事は下流より上流に向け施工されるものとし、これによる便益は当該地区が完了後直ちに発生するものとする。

5.5.2 水資源開発を含めた最適組合せ案の選定

前記の条件に基づいて、内部収益率による経済評価を行った。結果を表5.5に示す。この結果よりみるとダボンダムと河川改修の組合せ案が最も高い収益率を示す。従って水資源開発計画を含めた治水組合せ案ではダボンダムと河川改修の組合せ案を最適案として提案する。

一方ダム建設によるマイナス要因も考えられる。Annex IVの表IV 3.1にその要因が記述されている。この表ではダボンダム建設が最も大きなマイナス要因を発生させる事が示されている。その内訳は7,400件の家屋の移転、37,200人の住民移住、約55kmの鉄道移設、57kmにもものぼる国道の移設及び21,000haにもものぼるダム及びオイルパーム農園の移設があげられる。

6. 社会的影響度を最小とする治水計画

6.1 概要

前述の様に水資源開発を含めた治水計画案ではダボンダム及び河川改修の組合せ案が最適案と考えられるが、一方社会的影響度も極めて大きなものとなっている。このため、マレーシア政府は社会的影響度を最小とする事に主眼をおいた治水計画案策定を要請して来た。この要請に応えるべく以後に述べる検討を行った。

6.2 治水計画案の策定

6.2.1 基本的構想

治水計画策定のための基本構想は以下の通りである。

(1) 治水計画は50年確率洪水を対象とする。

(2) 河川改修単独案では17,400 m^3/sec の洪水流量を流下させるために約7 m高の堤防を必要とする。堤防は予期せぬ破堤による莫大な被害を考えた場合なるべく低くする事が望ましい。従って治水計画では治水ダムによる水位低下を計画し堤防高を極力押さえる事とする。

(3) ダムはその高さを低くし、社会的影響度を少なくするため治水単目的として計画する。但し発電計画を含ませても貯水容量及び治水効果が不変である場合は治水及び発電のダムとして計画する。

(4) 以下に述べる理由により上流部に作られるダムによりギルマード橋地点でピーク流量を11,000 m^3/sec 以下に制御するものとする。

— 築堤高は最大でも5 m以内とする (図6.1参照)。

— クランタン川の通水能力はコクバル地点で4,500 m^3/sec 、ギルマード橋地点で11,000 m^3/sec 程度である (図6.2参照)。11,000 m^3/sec の計画洪水流量は堤防高において最大で5 m程度であるので、築堤にとって大きな負担とはならないと考えられる。

— 既存もしくは建設中の橋のかけかえは出来るだけ避けるものとする (図6.3参照)。

— クランタン川からの背水による支川の処理は常識的な範囲内でおさえるものとする。

- 既存かんがい施設への影響は出来るだけ少なくするものとする。
- 非算定要素として、築堤による地域社会の分断を避けること及び、局所的気象変化を出来るだけ少なくするものとする。

6.2.2 治水ダム地点の選定

治水ダム検討のためダム地点をクアラクライより上流 150kmの区間に集中し選定作業を行った。これより上流部は河床勾配が急となり治水ダムに必要な貯水容量は確保できないと考えられる。

選定作業は1/63,360の地形図に基づいて行い、図6.4に示す様な15地点と確認した。15ダム地点を示す河川縦断図を図6.5に示す。

治水計画に適したダム地点の選定のスクリーニングをそれぞれのダム組合せ案による治水効果、経済性等を指標として行った。その結果ダボン、クムブ、ネンギリ及びレビル地点が選出された。

6.2.3 四ダムに対する社会的影響度の比較

ダムによる貯水池設置のため水没する諸施設の大きさを検討するためダム高と移転すべき施設の関連を1/10,000地形図に基づいて検討した。結果を図6.6から6.9に示す。図6.6ではダボンダム高を23m程度と押さえても公共施設の全んどが水没する事が示されている。又、鉄道移設を避けるものとする、ダム高は20m以下におさえる必要がある事を示している。図6.10はクムブ、レビル、ネンギリダム高と社会的影響度との関係を示すが、この図よりクムブダム建設はレビル、ネンギリダムに比べ水没家屋が多い事を示す。又レビルダムはダム、オイルパーム等の農園に対する影響が大きい。

6.2.4 治水ダムと河川改修の組合せ案

選定された4ダムに対しその治水効果を検討するため大、中、小のダム高をもつダムを想定した。小ダムは社会的影響を極力小さくしたダムでダム高は貯水池堆砂面を余水吐の堰高と一致させたものとした。大ダムは水資源開発を組み込んだダムで前記で提案されたものと同じである。中ダムは大小ダムの中間ダムとした。

表6.1はダム及び余水吐の規模、貯水池規模及び洪水ピーク流入量、流出量の関係を示す。一方ダム及び余水吐規模及びギルマード橋でのピーク流量の関係を表6.2に示す。

以上の単ダム案の他にいくつかのダムを複数組合せた以下の案も検討した。

- (i) ダボンダム+レビルダム
- (ii) ダボンダム+レビルダム+ネンギリダム
- (iii) クムブダム+レビルダム
- (iv) レビルダム+ネンギリダム

上記の組合せ案に対し、それぞれに先の3種の高さをもつダムを検討した。従って単一ダム、複数ダムと河川改修の組合せ案は48ケースとなった。内訳は単一ダム案12ケース及び上記(i)～(iv)の複数ダム案の各々に対し9ケースとなっている。又、上記(ii)の組合せで小ダム案のダボンダムのケースのみを検討した。これは同ダムの中、大ダム案のDFWLがネンギリダムの河床高より高くなる事による。

クムブ及びネンギリダム案ではその小ダム案でもクムブダムのDFWLがネンギリダムの河床高より高くなる。但し、ネンギリダムのTWLがEL65.5mであり、又クムブダムのTWLが標高65.7mである事から考えると例えクムブダムが建設されても発電目的のネンギリダムの建設は可能と云える。但し、クムブダムの貯水位がネンギリダムのロックフィルダム下流部の法面より高くなる可能性も高いのでこれに対する適切な処置が必要と言えよう。

表6.3に48ケースの組合せ案に対する治水効果の結果を示す。表6.4に各組合せ案に必要な工事費、社会的影響度の大きさ及び各組合せ案についての経済評価を示す。

6.2.5 最適治水組合せ案の選定

先に示した基本構想に基づいてギルマード橋での洪水ピーク流量が11,000m³/sec以下となる組合せ案を選出した。その結果表6.5に示す様に15の組合せ案が選出された。この15ケースに対し社会的影響度を考慮し以下の2つのグループに分割した。

- (a) 水没家屋数が1,000～2,000の場合
- (b) 水没家屋数が5,000～7,500の場合

家屋数が5,000以上のケースは社会的影響度が大きすぎる事より検討より除外された。その結果 $K_s + L_s + R/I$ 、 $K_m + L_l + R/I$ 及び $K_l + L_l + R/I$ の3ケースが水没家屋数を相対的に少ない1,500軒以下とする事が可能であるものとして選定された。クムブダムの治水効果の変化は K_s から K_l に変化させてもわずかであり(表6.2参照)、 K_s 案は移転家屋を少なくすることが出来ることから、 K_s をクムブダムの開発案とした。その計画概要は以下の通りである(表6.11参照)。

ダムクレスト標高	73.4m
計画洪水水位	71.4m
サーチャージ水位	
50年確率洪水	63.1m
25年確率洪水	62.3m
常時満水位	55.0m
水没家屋数	1,000
水没プランテーション、ha	
サーチャージ水位 (25年確率洪水)	430
サーチャージ水位 (50年確率洪水)	450
ダムクレスト標高	970
水没する森林、ha	
サーチャージ水位 (25年確率洪水)	750
サーチャージ水位 (50年確率洪水)	790
ダムクレスト標高	1,910

一方、レビルダムは最大開発規模 (L ℓ) が最適とされた。最大規模でレビルダムを開発すると水没地域が大きくなることを考慮し、最大開発規模と同じ治水効果をもたせながらダム高を低くする検討がなされた。ダム高を下げ最大開発規模と同じ治水効果を得る方法として常用洪水吐が設けられた。検討結果としてL ℓ' が提案された。社会環境問題に関するL ℓ とL ℓ' の比較は下表に示される (表6.12参照)。

項 目	L ℓ, m	L ℓ', m
ダムクレスト標高	91.1	84.9
計画洪水水位	87.6	81.4
サーチャージ水位		
50年確率洪水	84.9	78.0
25年確率洪水	84.4	77.2
常時満水位	80.0	70.0
水没家屋数	165	156
水没プランテーション、ha		
サーチャージ水位 (25年確率洪水)	12,200	8,300
サーチャージ水位 (50年確率洪水)	12,450	8,700
ダムクレスト標高	17,130	12,450
水没する森林、ha		
サーチャージ水位 (25年確率洪水)	6,800	5,000
サーチャージ水位 (50年確率洪水)	7,000	5,300
ダムクレスト標高	8,600	7,000
ギルマード橋地点でのピーク流量、m ³ /sec	10,720	10,650

L ℓ' 案はL ℓと同等の治水効果を持ちながら、社会環境への影響を少なくすることが可能であるので(図6.13参照)、L ℓ' をレビルダムの計画案とした。よって、K s + L ℓ' + R / I の組合せ案をクランタン川流域治水計画の最適案とした。

L ℓ' 案では貯水池水位は50年に1度の割合で標高78mまで上昇する。換言すると、標高78mまでの水位上昇は極めてまれな事より標高78m以上の地区での農業活動は許容しうるものと考えられる。但し標高78mよりダム天端高までの地区における家屋及び一般公共施設の建設は規制される(図6.14参照)。図6.15はL ℓ' 案のダム天端標高及び50年確率洪水に対する貯水位での水没面積を示す。又図6.16に25年確率洪水に対する貯水位での水没面積を示す。

プレフィジビリティスタディはレビルダム、クムブダム及び河口よりクアラクライ間の河川改修の組合せ案を対象として実施するものとする。レビルダムに対しては将来発電に対処できる様なダム高を検討するものとする(図6.17参照)。クランタン川流域治水計画のマスタープランは概念的に図6.18に示されている。

6.3 実施スケジュール

6.3.1 概要

工事実施スケジュールは工事費及び、工事費の大きさ等を考慮し、より現実的なスケジュール設定を心がけた。特に事業費配分では極端な予算負担増をさけるため極力均等な配分をする様配慮した。

6.3.2 実施期間

マレイシア5ヵ年計画での予算及び当プロジェクトの工事費の大きさを考慮し工事期間を6次-9次マレイシア5ヵ年計画に一致させるべく20年間で実施することとした。

6.3.3 工事実施順序

工事実施順序はダム及び河川改修工事のそれぞれに分けて検討した。

(1) ダム工事の実施順序

クムブ及びレビルダムの工事実施順序を検討するため、それぞれのダムによる治水効果を検討した(表6.6参照)。検討結果ではギルマード橋でのピーク流量がクムブダムの場合15,800m³/sec、レビルダムの場合12,900m³/secとなる。この事よりダムによる治水効果をより早くあげるためにはレビルダムを先行して建設する事とした。

(2) 河川改修工事の実施順序

計画洪水流量10,650m³/secに対する平均堤防高は4.3mとなっている。

クランタン川沿いの都市部地域は非都市地区に点在している。都市部に対する高い投資効率を考慮し、河川改修工事は都市部、非都市部に分けて実施するものとする。クランタン川の河川改修対象区間を都市部区間、非都市部区間のそれぞれの工事量、投資効率等を考慮し図6.19の様に分割した。

区分された地域内の人口密度、洪水被害ポテンシャルを求めた。結果を表6.7に示す。これによると下流域及び都市部での単位洪水被害ポテンシャルが高い事がわかる。一方クランタン川での平均通水容量を図6.20に示す。平均通水容量は下流より上流に向けて増加している。以上の状況より河川改修工事は下流より上流方向に実施するものとした。

(3) 治水工事全体実施スケジュール

治水ダム及び河川改修工事の実施スケジュールを図6.21に示す。

都市部及び非都市部の河川改修工事は一連の関連作業、即ちフィジビリティスタディ、資金調達、詳細設計、入札等の後に1993年より開始される。都市部に対する河川改修工事は2000年までに完了させる。一方非都市部の河川改修工事はその完成を2010年とする。

レビルダム工事は1993年に開始し1998年に完成させる。一方クムブダムは6次及び7次マレイシアプランにおける財政負担増を避けるため2010年までに完成させる。

各年の事業費配分スケジュールは工事実施スケジュールに基づいて作成された。結果を表6.8に示す。一部財政負担増が6次及び7次マレイシアプランに発生する事が考えられる。

工事実施の進捗につれて洪水に対する安全度も増加する。その状況を図6.22に示す。一例を示すとコタバル地区では現況の2年確率洪水に相当する河道が河川改修による1996年までには8年確率洪水に相当する河道にまでその安全度もあがる。さらに安全度は1998年のレビルダムの完成により20年確率洪水相当分まで増加する。2010年のクムブダムの完成によりその安全度は最終目標である50年確率洪水相当分に達する事になる。

他の地区においてもレビルダムの完成によりその安全度も急激に増加している。この様な事から流域における治水上レビルダムの早期着工が提案される。