

インドネシア共和国

パダン治水計画調査

主報告書

昭和58年12月

国際協力事業団

開二

83-146



インドネシア共和国

パダン治水計画調査

主報告書

昭和58年12月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84.3.-8	108
	61.7
登録No. 10011	SBS

マイクロ  
フィニッシュ

## 序 文

日本国政府は、インドネシア共和国の要請にこたえて西スマトラ州パダン地域の治水計画調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。当事業団は日本建設コンサルタント株式会社小野 寛氏を団長とする調査団を昭和58年1月30日から10月9日にわたり現地に派遣した。

調査団は現地において、インドネシア共和国政府の関係者と意見交換を行なうとともに、調査対象地域である Arau 川、Kuranji 川、Air Dingin 川の現地調査を行ない、治水の全体計画をとりまとめた。さらに、その中で優先度の高いプロジェクトについてフイージビリティ調査を実施し、緊急治水事業計画を策定した。帰国後、全ての作業を終了し、ここに報告書提出の運びとなった。

本報告書が、同地域の経済の発展と民生の安定、福祉の向上に寄与し、さらに日本、インドネシア両国間の友好と親善に貢献することを願うものである。

終りに、この調査に積極的なご支援とご協力を賜ったインドネシア共和国政府、在インドネシア日本国大使館ならびに関係各位に対し、ここに深甚なる謝意を表する次第である。

昭和58年12月

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔



# 伝 達 状

東京，昭和58年12月

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔 殿

日本政府とインドネシア共和国との間で合意された事項に従い、パダン治水計画調査の最終報告書を提出いたします。

本計画は、西スマトラ州の州都であるパダン市の市街地およびその周辺地域の洪水防御を目的とし、同地域を貫流するArau川，Kuranji川，Air Dingin川および市内排水を含めた治水全体計画の策定と，当面実施すべき事業としての緊急治水計画の策定を行なうものであります。

私共調査団は昭和58年1月30日から10月9日にわたり現地において必要な現地調査を完了させ，帰国後引き続いて国内作業を行ない，この度その最終報告書を取りまとめ，ここに提出の運びとなったものであります。

本報告書を作成するにあたり，現地調査および国内作業に対し，多大なご援助とご協力を頂きました貴事業団を始め，在インドネシア日本大使館，外務省，作業監理委員会の関係各位およびインドネシア国政府に対し，心から感謝の意を表するものであります。

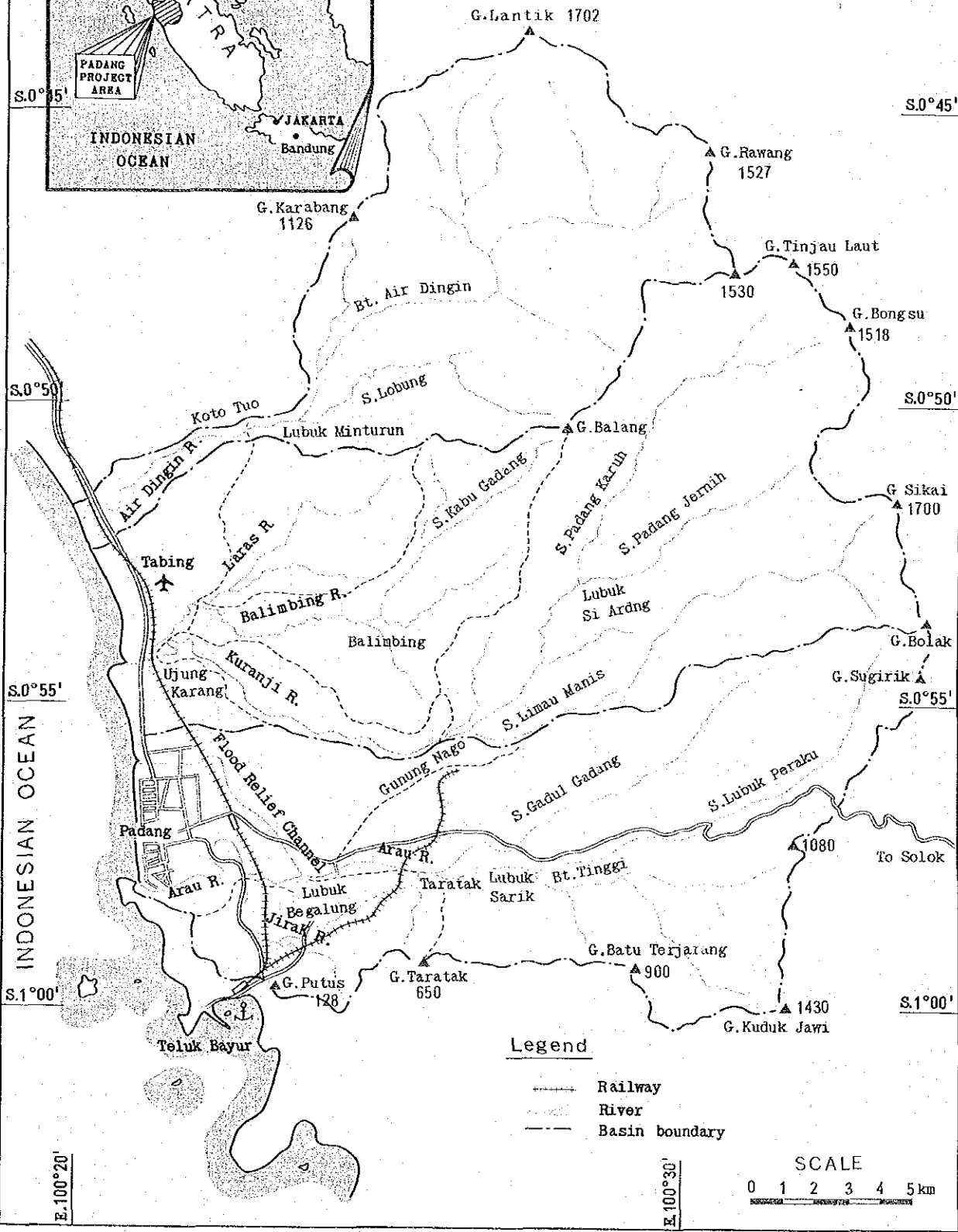
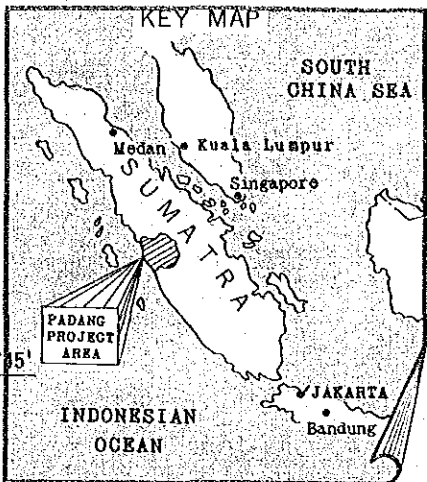
パダン治水計画調査団

団長 小 野 寛



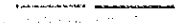
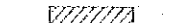




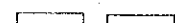


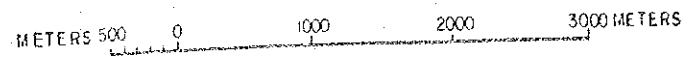
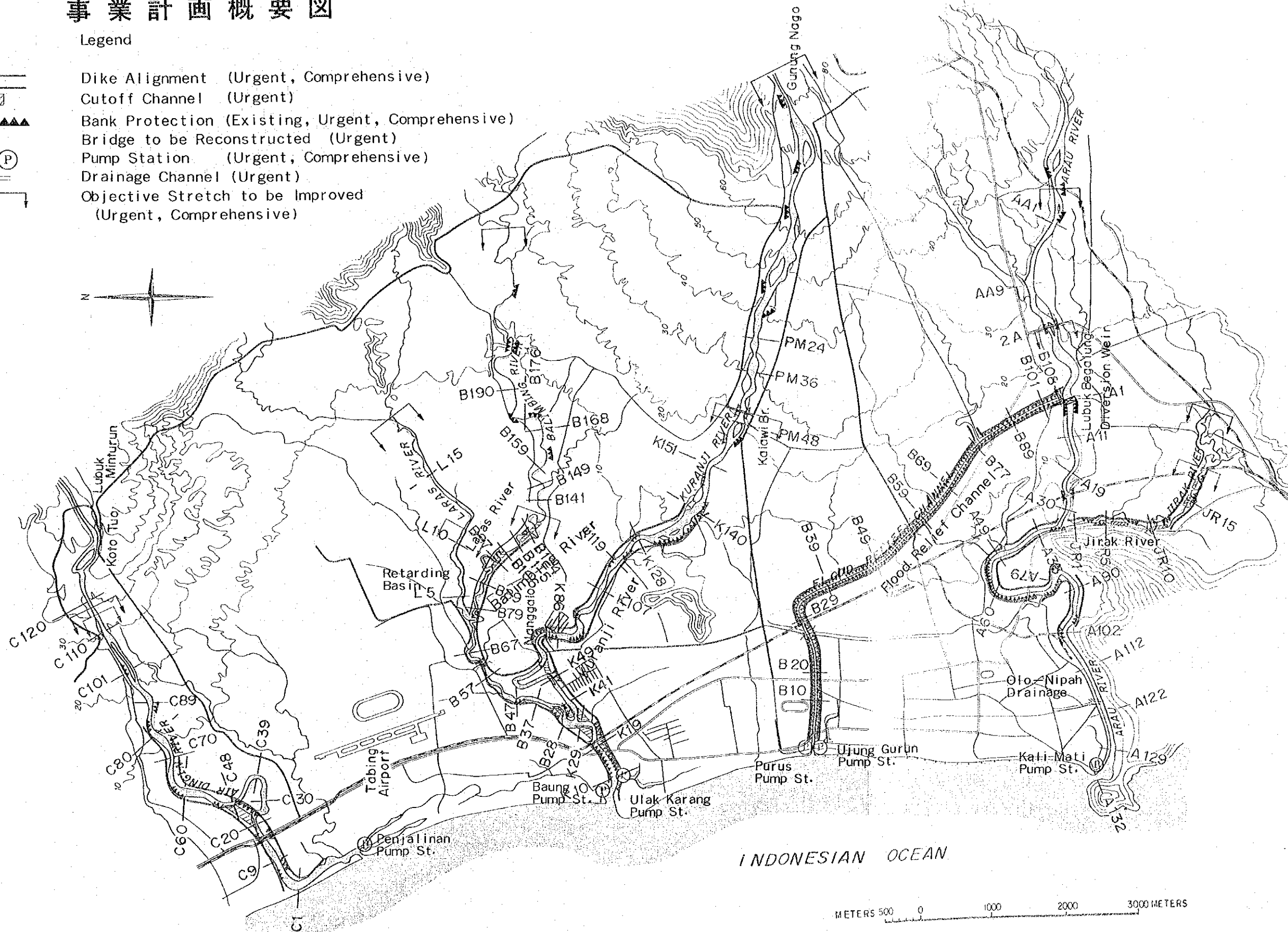
# 計画地域概要図



# 事業計画概要図

Legend

-  Dike Alignment (Urgent, Comprehensive)
-  Cutoff Channel (Urgent)
-  Bank Protection (Existing, Urgent, Comprehensive)
-  Bridge to be Reconstructed (Urgent)
-  Pump Station (Urgent, Comprehensive)
-  Drainage Channel (Urgent)
-  Objective Stretch to be Improved (Urgent, Comprehensive)





## 要 約

### 1 概 要

この最終報告書（以下報告書と称す）は、国際協力事業団とインドネシア共和国公共事業省水資源総局との間で、1982年11月1日に合意された Scope of Work に従い、作成されたものである。報告書は、治水排水全体計画に関する調査と、事業化すべき緊急治水計画に関するフィージビリティ調査の内容について記述されている。

### 2. バダン地域の現況および治水対策の必要性

バダンは西スマトラ州の州郡であり、交通運輸の要所に位置し商業中心地として繁栄している。

調査対象地域はバダン市街地とその周辺の Arau 川、Kuranji 川、Air Dingin 川によって形成された沖積地から成立している。行政的には、調査対象地域は西スマトラ州バダン市に属する。バダン市の総人口は1981年時点で494,000人、面積646 km<sup>2</sup>であり平均人口密度は765/km<sup>2</sup>である。

Arau 川、Kuranji 川、Air Dingin 川の流域は西スマトラの Barisan 山脈の西斜面に位置し、それぞれ172 km<sup>2</sup>、213 km<sup>2</sup>、131 km<sup>2</sup>の流域面積をもっている。Arau 川はバダン市の南側を、Kuranji 川は中央を、Air Dingin 川は北側を貫流している。Arau 川と Kuranji 川の間には、Arau 川より分派している放水路がありインドネシア海へ注いでいる。

地域の気候はモンスーンに支配される。年平均降雨量は約4,200 mm であり、雨期は10月、11月、12月と4月および5月である。

バダン市とその周辺地区は毎年洪水による浸水被害を被っており、同地域での治水対策として、放水路が1918年に建設された。しかしこの地域の治水排水施設はまだ十分ではなく、最近10年間に5回も大きい洪水を受けている。特に1972年と1980年に発生した洪水被害は甚大であった。

一方、バダン市においては、市街化は急速に拡っており、市街地は現在の市街地周辺の低地部まで発展している。洪水によるこれらの地区の社会経済的被害は年々増加している。

これらの洪水被害を防止するため、治水対策の遂行が強く望まれている。将来(2003年目標)の都市開発を目的としたバダン市マスタープランは作成されているが、治水排水全体計画はまだ作成されていない。そこで本調査では、現在および将来のバダン市街地を洪水から守ることを目標とした治水排水全体計画をまず作成したが、現況の開発状況の段

階で、その経済効果はそれほど高くない。また、治水排水全体計画のような大規模事業を行なうには多額の資金が必要であり、この計画を実施することは時期尚早である。しかしながら、パダン市とその周辺地域は毎年大きな洪水被害を受けており、もはや見過しておくことができない状態であり、現市街地の治水対策として緊急治水事業の実施が必要である。このような理由により事業の技術的、経済的効果と同様に、治水対策の緊急性を考慮して、直ちに実施すべき事業として緊急治水計画を検討した。

### 3. 治水排水全体計画の調査

#### 3.1 全体計画

現地調査と調査対象地域の現況調査の結果に基づき、既往調査をレビューのうえ、考える治水排水全体計画の代替案を立案検討し、その代替案比較検討結果をもとに全体計画を策定した。

本調査では、治水排水全体計画は現在および将来のパダン市街地を洪水から守ることを目標とし、計画洪水規模は、インドネシア国内の他の治水事業で実際に採用されている計画洪水規模の状況と、パダン市のマスタープランを勘案して、本川50年、支川25年、市内排水10年の各確率年を採用した。

全体計画の内容は、

- (1) Arau本川、放水路、Kuranji本川、Air Dingin本川およびこれらの主要支川の総延長55kmの河道改修
- (2) Laras遊水池の建設(1.5km<sup>2</sup>)
- (3) Lubuk Begalung分流堰の改築
- (4) 排水路流末樋管の構築
- (5) 5ヶ所の橋梁の改築
- (6) 総延長43kmの主要排水路の改修
- (7) 6ヶ所の排水機場の建設

からなっている。

全体計画の各水系ごとの概要は下記の通りである。

#### Arau川水系

Arau川水系の改修計画は、本川の延長10.6km、放水路の延長6.7km、Jirak川の延長4.6kmの河道改修からなっている。Lubuk Begalung分流堰は本川側および放水路側の両堰共に改築する。河道改修に関連して、3ヶ所の橋梁、落差工3基、サイフォン2基を改築する。

## Kuranji 川水系

Kuranji 川水系の改修計画は本川の延長 13.5 km, Balimbing 川の延長 9.7 km, Laras 川の延長 4.2 km の河道改修および Laras 遊水池の建設からなっている。河道改修に伴い Kuranji 本川で 1ヶ所, Balimbing 川で 1ヶ所の橋梁を改築する。洪水流量低減のために, Laras 川右岸に面積 1.5 km<sup>2</sup> の Laras 遊水池を建設する。

## Air Dingin 川

Air Dingin 川の改修計画は延長 5.2 km の河道改修である。主要工事は河道の流過能力を増すための現況河道の掘削工事で, 築堤は下流部の延長 2.7 km のみに行う。河口の砂州はそのまま残す。

## 市内排水

市内排水の改良計画は延長 4.3 km の主要排水路の改良と 6ヶ所の排水機場の建設である。

### 3.2 事業費, 便益, 経済評価

事業費は 1983 年 6 月現在の価格で 697 億ルピア (7,182 万米ドル相当) である。この全体計画を現況と将来の開発後の状況の 2 つの開発段階について評価すると, 年平均便益は現状において 82.8 億ルピア/年 (854 万米ドル/年), 将来の開発後の状況で 116.5 億ルピア/年 (1,201 万米ドル/年) と推定され, 内部収益率 (IRR) は現状で 10.5%, 将来で 14.7% である。

## 4. 緊急治水計画のフェージビリティ調査

### 4.1 事業

この緊急治水計画は現市街地と近い将来市街化する地区を洪水から防御することを目的としたものである。

緊急治水計画の計画洪水規模は, その経済効果と地域の社会経済的状況より 3 つの代替案を比較検討し, 本川 25 年, 支川 10 年, 市内排水 5 年の各確率年を採用した。

事業内容は,

- (1) Arau 川, 放水路, Kuranji 川, Air Dingin 川の本川とそれらの支川の総延長約 36 km の河道改修
- (2) Laras 遊水池の建設
- (3) Lubuk Begalung 分流堰の放水路側の改築
- (4) 52ヶ所の排水樋管の構築
- (5) 5ヶ所の橋梁の改築

(6) 総延長 3 km の主要排水路の改良

(7) 3ヶ所の排水機場の建設

からなっている。なお、主要工事の計画諸元は本要約の巻末附表に示す通りである。

緊急治水事業の各水系ごとの概要は下記の通りである。

#### Arau 川水系

Arau 川水系の改修計画は本川の延長 8.5 km, 放水路の延長 6.7 km, Jirak 川の延長 2.5 km の河道改修からなっている。放水路は全体計画と同じ計画諸元で改修し、本川は吊橋から Jirak 川合流点までの区間のみ改修する。Lubuk Begalung 分流堰は放水路側を改築する。本川側の堰は改築しないが、堰本体の安全のために下流側水叩きの補強を行なうとともに連絡橋の補修も行う。河道改修に伴い、放水路で 2ヶ所、Jirak 川で 1ヶ所の橋梁を改築し、放水路の落差工 3 基、サイフォン 2 基を改築する。

#### Kuranji 川水系

Kuranji 川水系の改修計画は本川の延長 7.5 km, Balimbing 川の延長 4.2 km, Laras 川の延長 1.2 km の河道改修および Laras 遊水池の建設からなっている。著しく蛇行している区間はショートカットを行いスムーズな線形にする。河道改修に伴い Nanggalo 橋は 1 スパン拡幅し、Tunggul Hitam 橋は改築する。Laras 川右岸には、洪水流量低減を目的とした Laras 遊水池（遊水池面積：1.5 km<sup>2</sup>）を建設する。

#### Air Dingin 川

Air Dingin 川の改修計画は延長 5.2 km の河道改修である。河道改修は主として現況河道の掘削によって行う。一方、河口から 3 km 上流までの区間には低い堤防を構築する。Muara Penjalinan 橋上流の極端な蛇行区間はショートカットしスムーズな線形とする。現存の河口の砂州は現況のまま残す。

#### 市内排水

Ujung Gurun, Purus, Ulak Karang の各排水区の流末にはポンプ場を建設する。ポンプ場へ継がる排水路の下流部と Olo-Nipah 排水区の水路の延長約 3 km も改修する。

## 4.2 評価

### 事業費

事業費は 1983 年 6 月現在の価格で 697 億ルピア（4.665 万米ドル相当）である。

### 費用および便益

経済評価事業費、年平均便益、維持管理費はそれぞれ、436.8 億ルピア（4.505 万

米ドル), 73.4億ルピア/年(757万米ドル/年), 156百万ルピア/年(16.1万米ドル/年)であり, この事業の内部収益率は14.7%である。

#### 事業の効果と影響

この事業は建設工事期間中に延べ100万人の非熟練労働者の雇用機会をもたらすと共に, 事業完成後には, 約2,600haの土地と21,300戸の家屋が洪水から救われる。さらに800haの空地あるいは湿地が, 洪水軽減により宅地として利用することが可能となる。

#### 4.3 所要資金

事業実施に必要な資金は, 事業の年度別支出計画に基づいて積算した。必要な費用総額は74.9.2億ルピア(7,724万米ドル相当)であり, このうち外貨分は4,375万米ドル, 内貨分は324.9億ルピア(3,349万米ドル)である。

#### 4.4 結論

バダン地域緊急治水事業は地域経済の発展および住民の福祉向上の観点から極めて重要な施策である。この事業は技術的, 経済的両面から検討した結果, いずれも十分に実施可能であることが判明した。従って, 本事業を早急に実施に移すよう勧告する。



パダン地域緊急治水事業概要，建設費および便益

1 治水工事概要

掘削，浚せつ工	33.4 km	17.9万 $m^3$
築堤工	50.5 km	31万 $m^3$
護岸工		
練石積	18.1 km	83,700 $m^2$
空石積	8.8 km	28,300 $m^2$
蛇籠	4.0 km	14,200 $m^2$
水制	0.5 km	10,500 $m^2$
護床工	3ヶ所	
分流堰	1ヶ所	
排水樋管	52ヶ所	
落差工	3基	
サイフォン	2基	
橋梁	5橋	
ポンプ場	3ヶ所	
市内排水路	3.0 km	

2 建設費および便益

建設費	452.5 億ルピア	(4,665万米ドル)
所要事業資金		
外貨	437.5 万米ドル	
内貨	324.9 億ルピア	(3,349万米ドル)
合計	749.2 億ルピア	(7,724万米ドル)
維持管理費	156 百万ルピア/年	(16.1万米ドル/年)
経済評価事業費	436.8 億ルピア	(4,503万米ドル)
年平均便益	73.4 億ルピア/年	(757万米ドル/年)
内部収益率	14.7 %	

# パダン治水計画調査 報告書

## 目 次

	頁
序 文	
伝 達 状	
計画地域概要図	
事業計画概要図	
要 約 .....	( 1 )
第1章 序 言 .....	1
1.1 報告書の目的 .....	1
1.2 調査の経過 .....	2
1.3 専門家およびカウンターパート .....	2
1.4 技術移転 .....	2
第2章 調査背景および目的 .....	3
2.1 調査の背景 .....	3
2.2 調査の目的 .....	4
第3章 計画対象地域の現況 .....	5
3.1 自然環境 .....	5
3.1.1 地 形 .....	5
3.1.2 気 象 .....	5
3.1.3 地質および土質 .....	5
3.2 水 文 .....	6
3.2.1 降 雨 .....	6
3.2.2 河川流量 .....	7
3.2.3 潮 位 .....	7
3.2.4 水 質 .....	7
3.2.5 流 砂 .....	7
3.3 社会経済 .....	8
3.3.1 人口および世帯数 .....	8
3.3.2 地域経済 .....	8
3.3.3 地域のインフラストラクチャ .....	8

3.4	河川および排水施設の現況	9
3.4.1	河川の現況	9
3.4.2	市街地の排水現況	10
3.4.3	治水排水施設	10
3.5	洪水	11
3.5.1	洪水特性	11
3.5.2	過去の主要洪水	12
3.6	洪水被害	13
3.6.1	現況土地利用	13
3.6.2	洪水被害	13
3.7	水害地形分類	14
3.7.1	火山山麓および沖積扇状地	15
3.7.2	海岸平野	16
3.8	現況水収支	17
3.8.1	現況水需要	18
3.8.2	利用可能水量	18
3.8.3	水収支	19
第4章	既往治水事業のレビュー	21
4.1	現況および実施中の治水工事	21
4.2	既往の治水計画調査および関連事業	21
第5章	治水排水全体計画の策定	24
5.1	概要	24
5.2	全体計画の対象範囲	24
5.3	代替案	24
5.3.1	治水の方策	24
5.3.2	代替案	26
5.4	代替案の計画高水規模	27
5.5	代替案の比較検討	27
5.6	治水排水全体計画	28
5.6.1	計画高水流量	28
5.6.2	計画案	28
5.6.3	事業費	29
5.7	経済評価	29

5.7.1	経済評価事業費	29
5.7.2	便    益	29
5.7.3	内部収益率	29
<b>第6章</b>	<b>緊急治水計画</b>	<b>30</b>
6.1	概    要	30
6.2	緊急治水計画の必要性	30
6.3	計画高水	30
6.4	緊急治水計画	31
6.4.1	改修対象区間	31
6.4.2	河川および関連施設の改修計画	31
6.4.3	都市排水路および関連施設の改修計画	32
6.4.4	緊急治水工事	33
6.4.5	土地収用, 家屋補償	34
<b>第7章</b>	<b>緊急治水事業の工事計画および事業費</b>	<b>35</b>
7.1	概    要	35
7.2	工事計画	35
7.2.1	基本的概念	35
7.2.2	工事計画	35
7.3	事業費	35
7.3.1	事業費積算の基本的条件	35
7.3.2	事業費	36
7.4	維持管理費および施設更新費	36
<b>第8章</b>	<b>組織と運営</b>	<b>37</b>
8.1	現在の組織	37
8.2	事業実施のための組織	37
8.3	維持管理のための組織	37
<b>第9章</b>	<b>緊急治水事業の評価</b>	<b>38</b>
9.1	経済評価	38
9.1.1	経済評価事業費	38
9.1.2	便    益	38
9.1.3	事業費 - 便益の比較	38
9.1.4	感度分析	38
9.2	資金計画	38

9.2.1	所要資金	38
9.2.2	年度別支出計画	38
9.3	事業の効果および社会的影響	39
9.3.1	民生の安定	39
9.3.2	住宅地の増加	39
9.3.3	雇用機会の増大	39
9.3.4	家屋移転	39
9.3.5	環境に対する影響	39
9.3.6	Laras 遊水池建設に伴う開発効果	39
9.4	勸告	40
第10章	土地保全	41
10.1	上流域	41
10.1.1	現状	41
10.1.2	勸告	41
10.2	平地部	41
10.3	バダン海岸	42
10.3.1	現状	42
10.3.2	勸告	42
第11章	水資源開発の可能性	43
11.1	かんがい用水の開発	43
11.2	上水道用水および工業用水の需要	43
11.3	小規模水力発電開発	43
11.3.1	バダンの電力供給システム	44
11.3.2	小規模水力発電の可能性	44
11.3.3	電力の利用	45

## 付 表

表 1.1	作業監理委員，担当専門家，カウンターパート	47
表 3.1	気 象	49
表 3.2	Tabing 観測所月雨量	50
表 3.3	Tabing 観測所確率日雨量	51
表 3.4	月平均日流量	52
表 3.5	現況河道流過能力	53
表 3.6	調査対象地域内の現況土地利用	54
表 3.7	確率年別洪水被害額	55
表 3.8	現況水収支	56
表 4.1	治水事業と海岸保全事業の実行予算	57
表 5.1	Arau 川代替案	58
表 5.2	Kuranji 川代替案	59
表 5.3	Air Dingin 川代替案	60
表 5.4	インドネシア国内河川の計画高水流量	61
表 5.5	主要地点の確率高水流量	62
表 5.6	排水路改修延長と計画ポンプ規模	63
表 5.7	全体計画事業費	64
表 6.1	緊急治水事業の改修対象区間	65
表 6.2	用地買収面積と補償家屋数	66
表 7.1	工事費単価	67
表 7.2	緊急治水計画事業費	68
表 9.1	緊急治水事業の費用 - 便益年次配分	69
表 9.2	緊急治水事業の所要資金	70
表 9.3	年度別支出計画	71
表 11.1	年間発電量計算表	72

付 図

図 1. 1	調査組織図	73
図 3. 1	年雨量の等雨量線図	74
図 3. 2	Tabing 観測所月雨量図	75
図 3. 3	月平均日流量図	75
図 3. 4	流域図	76
図 3. 5	河川縦断図	77
図 3. 6	旧市街地現況排水系統図	78
図 3. 7	新市街地現況排水系統図	79
図 3. 8	Lubuk Begalung 分流堰	80
図 3. 9	Lubuk Begalung 堰下流の現況床固め	81
図 3. 10	現況護岸工位置図	82
図 3. 11	現況排水施設位置図	83
図 3. 12	洪水氾濫区域と流向図	84
図 3. 13	現況土地利用図	85
図 3. 14	地質縦断模式図	86
図 3. 15	Kp. Baru 地点の火山山麓	86
図 3. 16	海岸平野縦断模式図	86
図 3. 17	現況かんがい系統図	87
図 3. 18	現況水収支図	88
図 4. 1	パダン地域生活環境改善計画 (KIP) 概要図	89
図 4. 2	旧市街現況排水系統図	90
図 4. 3	旧市街計画排水系統図	90
図 4. 4	パダン市マスタープラン概要図	91
図 5. 1	治水排水全体計画の改修対象区域図	92
図 5. 2	治水排水全体計画の代替案模式図	93
図 5. 3	代替案の計画高水流量配分図	94
図 5. 4	全体計画の計画流量配分図	95
図 5. 5	全体計画の河道法線図	96
図 5. 6	Lubuk Begalung 分流堰改修計画図 (全体計画)	97
図 6. 1	緊急治水計画の計画高水流量配分図	98
図 6. 2	緊急治水計画の河道法線図	99

図 6.3	Lubuk Begelung 堰改修計画図（緊急治水計画）	101
図 6.4	市内排水計画概要図	102
図 7.1	建設計画工程図	103
図 8.1	治水事業の現況組織図	104
図 8.2	事業実施のための組織図（建設工事段階）	105
図 8.3	維持管理のための組織図	105
図 9.1	緊急治水事業の内部収益率の感度分析図	106
図10.1	パダン海岸の現況模式図	107



## APPENDICES

### APPENDICES

- A 水 文
- B 地質および土質
- C 社会経済
- D 水害地形分類
- E 河川現況
- F 洪水流出および洪水氾濫
- G 洪水被害
- H 既往治水事業のレビュー
- I 市内排水
- J 治水排水全体計画
- K 緊急治水計画
- L 緊急治水事業の工事計画および工事費積算
- M 緊急治水事業の経済評価
- N 土地保全
- O 水資源開発の可能性

### 図面集

- DATA BOOK そのⅠ 降雨, 水位, 流量資料
- そのⅡ 地質, 土質調査資料
- そのⅢ 河川および市内排水路の縦横断面図
- そのⅣ 洪水流出解析の電算結果
- そのⅤ 水理モデル解析の電算結果
- そのⅥ 浸水家屋数

# 第 1 章 序 言

## 1.1 報告書の目的

この報告書は、国際協力事業団（JICA）と公共事業省水資源総局（DGWRD）との間で、1982年11月11日に締結されたパダン治水計画調査に関する Scope of Workに基づき JICA が派遣した調査団によって行なわれた現地調査および国内作業を取りまとめたものである。

この報告書は、治水排水全体計画と直ちに遂行すべき緊急治水計画に関するフィージビリティ調査の内容について記述したものである。

なお、本報告書は主報告書として治水計画調査の基本的事項および結論だけを記載するにとどめ、各専門別の詳細および図面については下記の Appendix および Data Book にそれぞれ取りまとめられている。

Appendix A	水 文
Appendix B	地質および土質
Appendix C	社会経済
Appendix D	水害地形分類
Appendix E	河川現況
Appendix F	洪水流出および洪水氾濫形態
Appendix G	洪水被害
Appendix H	既往治水事業のレビュー
Appendix I	市内排水
Appendix J	治水排水全体計画
Appendix K	緊急治水計画
Appendix L	緊急治水事業の工事計画および工事費積算
Appendix M	緊急治水事業の経済評価
Appendix N	土地保全
Appendix O	水質源開発の可能性
図 面 集	
Data Book その I	降雨、水位、流量資料
その II	地質、土質調査資料
その III	河川および市内排水路の縦横断図
その IV	洪水流出解析の電算結果
その V	水理モデル解析の電算結果
その VI	浸水家屋数

## 1.2 調査の経過

Scope of Workに従い、JICAは調査団を1983年1月30日から派遣した。1983年2月9日には、Inception Reportの草案に関する会議が開かれ、報告の内容を調整した後この調査のためInception Reportを1983年2月10日にインドネシア政府公共事業省水資源総局に提出した。

Inception Reportに記載されている作業工程に基づき2月上旬から3月下旬までインドネシアで、5月中旬から6月中旬まで日本で、また6月中旬から10月上旬までインドネシアで調査が行なわれた。

上記の調査期間にProgress ReportとInterim Reportをそれぞれ3月28日7月25日にインドネシア政府公共事業省水資源総局に提出した。最終報告書草案は調査団の帰国時(10月3日)に同局に提出した。本最終報告書は、上記各報告書に対するインドネシア政府のコメント並びに両国政府と調査団との検討の結果に基づいて取まとめものである。

## 1.3 専門家およびカウンターパート

調査は図1.1に示す組織のもとで行われた。この調査に参画したJICA派遣の作監委員、調査団員およびインドネシア側のカウンターパートの氏名は表1.1に示す通りである。

## 1.4 技術移転

インドネシア側のカウンターパートへの知識および技術移転は主に日常の調査業務を通じて行なわれた。インドネシアにおける調査期間中、専門家とカウンターパートとの技術討論会を2月16日、3月16日、6月22日、8月4日、8月6日および9月2日に行った。さらに1983年11月カウンターパート3名が来日し、約1ヶ月間研修を受けた。

## 第2章 調査背景および目的

### 2.1 調査の背景

パダン市は西スマトラ州の州都であり、交通運輸の要所に位置し商業中心地として繁栄している。

調査対象地域はパダン市街地とその周辺のArau川、Kuranji川、Air Dingin川によって形成された沖積地から成立している。行政的には、調査対象地域は西スマトラ州パダン市に属する。パダン市の総人口は1981年時点で494,000人、面積646km<sup>2</sup>であり平均人口密度は765人/km<sup>2</sup>である。

Arau川、Kuranji川、Air Dingin川の流域は西スマトラのBarisan山脈の西斜面に位置し、それぞれ172km<sup>2</sup>、213km<sup>2</sup>、131km<sup>2</sup>の流域面積をもっている。Arau川はパダン市の南側を、Kuranji川は中央を、Air Dingin川は北側を貫流している。Arau川とKuranji川の間には放水路がArau川より分派しインドネシア海へ注いでいる。

地域の気候はモンスーンに支配される。年平均降雨量は約4,200mmであり、雨期は10月から1月に起り、乾期が5月から8月に起る。平均気温と平均相対湿度は年間を通じそれぞれ26℃と83%である。

パダン市とArau川、Kuranji川、Air Dingin川の沖積地によって形成されたその周辺地区は毎年洪水による浸水被害を被っており、同地域での治水対策としてパダン市街地をArau川、Kuranji川の洪水氾濫水から守るために、放水路が1918年に建設された。しかしこの地域の治水排水施設は十分ではなく、実際この地域は最近10年に5回も大きい洪水を受けている。特に1972年と1980年に発生した洪水被害は甚大であった。

一方、パダン市においてはインドネシアの他の主要都市と同様、市街化は急速に拡充しており、市街地は現在の市街地周辺の低地部まで発展している。洪水によるこれらの地区の社会経済的被害は増加しており、もはや見過しておくことはできない状況である。洪水被害の軽減のため緊急治水対策の実施が望まれている。

このようなことからインドネシア政府は、パダン治水計画調査の技術援助を日本政府に要請した。この要請に応じて、日本政府は調査実施を決定しJICAに委託した。

JICAは矢野洋一郎氏を団長とする事前調査団を1982年11月1日より14日まで派遣し、11月11日にJICAとインドネシア政府公共事業省水資源総局との間で調査に関するScope of Workが合意された。

調査のScope of Workに基づきJICAは1月30日に調査団を派遣し、調査を

開始した。

## 2.2 調査の目的

調査はバタン地域の治水排水全体計画の策定と、直ちに事業化すべき緊急治水計画に関するフィージビリティ調査を行うことを目的とする。調査対象地域はArau川, Kuranji川, Air Dingin川の各流域である。調査は次の事柄を含む。

- (1) Arau川, Kuranji川, Air Dingin川の下流域からなるバタン地域における治水排水全体計画に関する調査。
- (2) 直ちに事業化すべき緊急治水計画に関するフィージビリティ調査。
- (3) 水利用の現況と水資源開発の可能性および土地保全に関する調査。
- (4) 調査期間中のインドネシア側カウンターパートへの知識と技術の移転。

## 第3章 計画対象地域の現況

### 3.1 自然環境

#### 3.1.1 地形

Arau川、Kuranji川およびAir Dingin川の流域は面積が約530 km<sup>2</sup>でその区域は(1)北をBukit Batu Putih山、Bukit Berlimpit山、Bukit Balang山の山々、(2)南をBukit Putus山、Bukit Taratak山、Bukit Sarang Labah山、Bukit Terjarang山の山々、(3)東をBukit Lubuk Begalung山、Bukit Sugirik山の山々とBongsu山、(4)西をインドネシア海に囲まれている。地理的には南緯0°43'から1°01'、東経100°20'から100°33'の間に位置する。

上流の山地流域は厚い原生林に覆われ、山腹は急しゅんで、その谷間にある深い渓谷が支川の源流である。山頂の標高は1,800 mを超える。一方、標高150 mまでの中流域は幅8～12 kmを持つ平坦な耕地であり、標高30 m以下の下流域は主に砂と砂礫よりなる沖積地である。パダン市はArau川とAir Dingin川の間の下流に位置している。

#### 3.1.2 気象

対象地区の気候はスマトラ島の特徴である5～8月の乾期モンスーンと10～12月の雨期モンスーンにより支配される。流域の気象状況をTabingおよびGunung Nagoの2つの観測所の資料で説明することができる。Tabing観測所は海岸部に位置し、Gunung Nago観測所は山地部にある。気象状況は表3.1に示す通りである。

平均気温はTabingにおいて25.9℃であり、Gunung Nagoでは27.0℃である。年平均相対湿度はTabingで83%、Gunung Nagoで91%である。年平均日照時間率はそれぞれ51%と46%である。風速は時速3 km/hrないし4 km/hrで両観測所とも年間を通じてほぼ同じである。年蒸発量はそれぞれ1,500 mm、1,700 mmである。

#### 3.1.3 地質および土質

##### (1) 地質

地質の観点から、調査区域を平地と山地の2つに大きく分類することができる。平地はさらに海岸平野、河川平地、火山山麓に分けられる。

一般的な地質の構成は次の通りである。

- a. 海岸平野(標高10 m以下) : 砂まじり砂礫。
- b. 河川平地(標高10～80 m) : 砂および安山岩の玉石を含む砂礫。
- c. 火山山麓(標高80～150 m) : 主に安山岩と凝灰岩の角礫。
- d. 山地(標高150 m以上) : 礫岩、凝灰岩、安山岩、玄武岩からなる火山性の岩。

## (2) 土質層

海岸線に沿った土質層は3つの異った層から成立っている。すなわち地表面から、厚さ10～15mの砂質土層(第1層)、厚さ約15mの粘性土(第2層)、そして砂および礫層(第3層)である。第2層の粘性土層は海岸から東方へかけて序々に薄くなり、海岸平野と河川平地の境界付近でなくなる。

## (3) 地耐力

全体として、河川平地の地盤は砂および礫層より成立っており、N値が30以上という十分な地耐力がある。海岸平野における構造物設計には、つぎのような基礎処理工が勧められる。

- a. ポンプ場、橋梁のような巨大重量構造物に対して、第3層によって支えられる杭基礎
- b. 排水門に対しての第1層によって支えられる群杭基礎
- c. 堤防に対しての第1層上の直接基礎

## (4) 築堤材料

現地踏査と河床材料の採取試験によれば、下流部の河床材料は築堤材料に適している。中流および上流部の河床材料は、粒径が粗いため常に適用できるとは限らない。試掘坑の調査により海岸平野の河岸の材料は、粘土、シルト、砂、砂礫とそれらの混り合ったものであり、この河岸材料は築堤材料に適している。

## (5) 建設機械の可動性

土質試験および基礎に関する試験より判断すれば、Tabing 空港の東側の後背湿地区域を除く全調査区域で通常の建設機械の稼動が可能である。

## 3.2 水 文

### 3.2.1 降 雨

Arau 川, Kuranji 川, Air Dingin 川流域の年平均降雨量は、図 3.1 のように 3,000～5,000 mm である。流域のほとんどの地域で年平均 3,000 mm 以上の降雨量があり、他の流域と比べるとかなり大きい値である。既往最大日雨量は Tabing で 301 mm, Bandar Buat で 353 mm を記録している。

年間の降雨パターンを知るために、長期間日雨量記録がある Tabing 観測所の平均月間雨量を求めると表 3.2 に示す通りであり、最大値および最小値も併せ月平均雨量の年間降雨パターンを図示すると図 3.2 の通りである。この図より 9 月～12 月の間が降雨が多く、さらに 4 月にも降雨が多いことがわかる。Tabing における日雨量確率および 2 日雨量確率をガンベル法により計算した結果は表 3.3 に示す通りである。

### 3.2.2 河川流量

Lubuk Begalung, Gunung NagoおよびLubuk Minturun 観測所の日流量の月平均値を求めると表 3.4 に示す通りであり、これを図示したものが図 3.3 である。流量が大きい期間は4月と10月～12月の期間であり、この傾向は降雨のパターンと同じである。

### 3.2.3 潮 位

Teluk Bayur の潮位記録をまとめるとつぎの通りである。

朔望干潮位からの潮位

平均 月最高潮位	平均満潮位	平均潮位	平均干潮位	平均 月最低潮位
1.67 m	1.39 m	0.89 m	0.47 m	0.24 m

上記の値は朔望干潮位を基準としたもので潮位変動は1.67 mから0.24 mである。

### 3.2.4 水 質

「パダン水供給事業 (Padang Water Supply Project, 1982年11月)」報告書によれば、Kampung Melayu 地点のKuranji 川の水質は上水道として適していると記述されているがArau 川に関してはふれていない。一方「西スマトラ州Arau 川およびKuranji 川水文・流砂調査 (Pekerjaan Survey Hidrometri dan Sedimentasi Sungai Batang Arau & Batang Kuranji di Propinsi Sumatera Barat, 1981年12月)」報告書ではArau 川, Kuranji 川の水質はかんがい用水として利用できると記述されている。

### 3.2.5 流 砂

「西スマトラ州Arau 川およびKuranji 川水文・流砂調査」報告書にある流砂観測資料と流況曲線を用いて、Lubuk Sarik, Lubuk Begalung, Gunung Nago 地点の年平均流砂量を推定した。結果はつぎの通りである。

河 川	地 点	流域面積 (km <sup>2</sup> )	年 平 均 流 砂 量	
			(ton/年)	(ton/km <sup>2</sup> /年)
Arau	Lubuk Sarik	64	84 × 10 <sup>3</sup>	1,309
放水路	Lubuk Begalung	—	138 × 10 <sup>3</sup>	—
Kuranji	Gunung Nago	120	173 × 10 <sup>3</sup>	1,439



年平均流砂量は、流域の年降雨量と比較してかなり小さいようにみられる。さらに河道の流砂能力を河床材料の粒径分布を用い、現況の河道条件のもとで流砂公式を用いて計算した。この河道の流砂能力縦断分布によると流砂能力は下流部に比較して中流部の方が大きい。

調査団は、蛇行の変遷と縦横断の変化の面より河道の変動状況を調査した。蛇行の変遷は1893年と1974年に作成された地形図をもとにした。Kuranji川とAir Dingin川では大きな変化がみられ、Arau川と放水路では80年間は同じ河道であることが読みとれる。一方、1973年、1979年、1982年、1983年の測量結果を調べると、河道縦横断は特に変化していないが、Air Dingin川の中流部では骨材採取により河床低下をしている。

河口における堆砂問題に関しては、Arau川の河口港の水路維持のために定期的な浚せつが必要と思われる。

### 3.3 社会経済

#### 3.3.1 人口および世帯数

1981年のパダン市の人口と面積はそれぞれ494,000人と646km<sup>2</sup>である。パダン市の人口密度は765人/km<sup>2</sup>で、1971年から1981年にかけての最近10年間のパダン市の平均人口増加率は年平均約3.4%であり、南パダン区、西パダン区、東パダン区で構成される旧市街地(Padang Lama)は同時期に2.3%の増加率であるのに反して、旧市街地の北に位置する北パダン区、Nanggalo区の新市街地の人口増加率はそれぞれ7.6%、9.7%と高い値を示している。

#### 3.3.2 地域経済

パダン市では商業、工業、農業といった種々の経済活動が営まれている。1981年時点でパダン市には商業に関連している会社が2,900社、商品を取扱う倉庫が1,000ありその延べ面積は約136,000m<sup>2</sup>である。また同年パダン市では424件の製造業者が登録されている。主な工業はゴム加工、食品・飲料の生産、そして織物工業である。約14,000haの耕地からは約58,300tonの米が1981年に生産された。米の年平均生産高は4.2ton/haである。

#### 3.3.3 地域のインフラストラクチャ

パダン市の道路の総延長は1980年時点で621kmで、その内訳は国道43km、州道29km、地方道160km、村道259km、その他130kmである。しかし舗装率は全道路網の40%と低い。1981年時点総電力供給量は440億キロワット時であり、上水道消費量は600万m<sup>3</sup>である。

### 3.4 河川および排水施設の現況

#### 3.4.1 河川の現況

##### (1) 河川水系

調査対象地域には、Arau川、Kuranji川、Air Dingin川があり、それらは西スマトラ州のBarisan山脈の西斜面に位置し、それぞれ流域面積は、172 km<sup>2</sup>、213 km<sup>2</sup>、131 km<sup>2</sup>である。三河川の流域とその縦断図を示すと図3.4、図3.5の通りである。

##### (2) Arau川

Arau川はBolak山にその源を発し、深く峡谷を流下し山脈の西側の急斜面を南西方向に流れる。Lubuk Sarik地点で、同川と同規模のTinggi川と合流する。その後、Arau川は西方に流れ、Taratak地点で、Gadul Gadang川と合流する。Taratak地点より下流では、地形は山地から平地へと変わる。Lubuk Begalung地点で分流堰があり放水路が本川より分流している。本川はこの堰の下流、Jirak川が鉄道橋下流500 m地点で左岸より合流している。その後本川はパダンの市街地を蛇行しながら流下し、インドネシア海に注いでいる。

##### (3) 放水路

放水路は1918年にArau川の洪水を分流する目的で造られた。河道はLubuk Begalungの分派堰から西北へ流れ、そしてKp.Pinang Balik地先で西へ向きを変え、最後はインドネシア海に注いでいる。Lubuk Begalungから海までの河道延長は6.7 kmである。流路の中間部には3基の落差工がある。現在放水路の改修工事が上流より州政府によって行なわれている。

##### (4) Kuranji川

Kuranji川はBungsu山の西斜面にその源を発し、急勾配の峡谷を南西に流れる。その後山間部を流れ、Gunung Nago地点で、Limau Manis川と合流する。この合流点より下流には1973年に構築されたかんがい用の堰がある。Gunung Nago下流では、周囲の地形は山地から平地へと変化する。Gunung Nagoから流路は西方へ向きを変え、沖積平野を蛇行しながら流れ、Ujung Karang地点で、Balimbing川と合流する。そしてKuranji川はインドネシア海に注いでいる。

##### (5) Air Dingin川

Air Dingin川はLantik山の南斜面にその源を発し、急勾配の峡谷を南西に流れる。Minturun道路橋の下流Koto Tuo地点にはかんがい用の堰があり、周囲の地形は山地から平地へと変化する。その後、沖積平野を蛇行しながら西方へ流れ、インドネシア海に注ぐ。河口には砂州がみられる。この砂州によって流路は海へ流入する前で向きが南へ向いている。

(6) 河道での砂利採取

Arau川, Kuranji川, Air Dingin川では砂, 砂利の採取が盛んに行なわれており, 特に各河川の中流部では玉石の採取が盛んである。3河川の年平均採取量は約11万 $m^3$ と推定される。

(7) 河道の流下能力

Arau川, 放水路, Kuranji川, Balimbing川, Air Dingin川の現況河道の流下能力を不等流計算により求めた。結果は表3.5に示す通りである。

3.4.2 市街地の排水現況

パダンの市街地は約20 $km^2$ で海岸平野の上に位置する。今回の調査では, 市街地を2つに区分した。即ち, (1)Arau川と放水路に挟まれた旧市街地, (2)放水路とAir Dingin川との間の新市街地である。

旧市街地の現況排水系統は図3.6に示す通りであり, その排水面積は約10 $km^2$ である。主な排水系統は, (1)Jati及びAnak Jati排水区, (2)Kali Mati排水区, (3)Olo I及びII排水区, (4)Bandar Purus及びPurus Kebun排水区である。これらの排水現況は一般に, 維持が悪く, その排水能力は低い。

新市街地は急速に市街化しており, 新居住地, 工業, 商業区域は, 以前の農地にとって替っている。現況排水系統は図3.7に示す通りである。この地域の排水計画案は未だ作成されていない。

次に示す低地部の排水区では, 十分な流末排水施設が備っておらず, これらの地区では, 河川の高水および高潮位時には背水の影響を受けている。

- a. Kali Mati 排水区
- b. Bandar Purus - Purus Kebun 排水区
- c. Purus 川排水区
- d. Ulak Karang 川排水区
- e. Baung 川排水区
- f. Penjalinan 排水区

3.4.3 治水排水施設

(1) Lubuk Begalung 分流堰

分流機能を確実にするために, 放水路堰を放水路側に, 本川堰を本川側に, 1918年放水路の建設と同時に造られた。堰はAran川河口より約7.5 $km$ 上流に位置する。本川堰は, 巾総延長65 $m$ で7門の開口部と4門の排砂門からなっており, 放水路堰は5門の開口部からなっている。これらは図3.8に示す通りである。本川堰には左端の開口部を除いて角落しがあるが, 角落し昇降施設がなく, またその角落しが非常に重いので, 洪水時

の制御は困難と考えられる。4門の排砂門はそれぞれ木製の門扉が備わっている。この門扉は1982年に新しいものと取替えられた。

本川堰の鋼桁は極度に腐蝕しており、橋脚の上部コンクリートは所々はく離している。しかし床版はさ程磨耗していない。本川堰直下の河床は洗掘により著しく低下している。このため1979年に図3.9に示すような水制と蛇籠からなる床固めを2箇所にした。

現況の本川堰の安定状況を知るために、滑動と転倒に対する堰の安定性を検討した。検討の結果、現在の角落しが設けられた状態でも滑動と転倒に対して安定である事を確認した。

ソロ川水理試験所において、1982年に行なった水理模型実験の結果によれば、現況における分流流量と、その分流率は次の通りである。

分流前流量 (%)	本 川		放 水 路	
	流 量 (%)	比 率 (%)	流 量 (%)	比 率 (%)
1.排砂門 全閉時				
500	293	59	207	41
700	427	61	273	39
2.排砂門 全開時				
500	329	66	171	34
700	444	63	256	37

## (2) 護岸工

蛇籠が護岸工として主に用いられている。護岸工の位置とその延長は、図3.10に示す通りである。

## (3) 河川堤防

河川堤防は、放水路左右岸にあるのみで他の河川にはない。

## (4) 排水施設

現況の流末排水施設はゲートがないか、あってもほとんど機能していない。放水路およびArau川沿いの構造物の位置および諸元は図3.11に示す通りである。

## 3.5 洪 水

### 3.5.1 洪水特性

対象河川流域は、モンスーン多雨地域に位置し、急河川勾配の地形状況を呈している。

このような多雨は、流域の低地部にしばしば浸水をもたらす。スマトラは2種類のモンスーンの影響を受ける。即ち、10月から4月までの北西モンスーンと5月から9月までの南西モンスーンである。西スマトラでは、主たる雨期モンスーンは10月から12月に発生し、4月と5月に降雨の2番目のピークが発生する。パダン地区では洪水は、通常雨期の後半の11月、12月とモンスーンの遷移期にあたる4月、5月に発生する。

洪水のピークの継続時間とその波形のシャープさからみて、対象3河川は短期流出型と呼べる。山間部で豪雨が発生すると中流部と同様下流部でも水位が急速に上昇し、流下能力以上の洪水は河岸を溢水する。更に、洪水時の氾濫水は、たびたび高潮位により排水不良を引き起している。

したがって平地部の氾濫は、次の要因により発生すると考えられる。

- a. 河道の流下能力不足による洪水の溢流
- b. 排水路の能力不足
- c. 河道の高水位と高潮位による背水の影響

Arau川とKuranji川との間の市街地では、上記要因の2つ以上の組合せにより、甚だしい浸水が起っているものと思われる。図3.12は洪水氾濫区域と代表的な洪水氾濫の流向を示したものである。

### 3.5.2 過去の主要洪水

西スマトラ州公共事業部と現地調査期間中地域住民より聞き込みによって得られた情報によれば過去の著名洪水は、1972年5月洪水、1979年4月洪水、1980年11月洪水、1981年11月洪水、1982年12月洪水である。これらの洪水時の降雨量と浸水面積は次の通りである。

項 目	単 位	洪 水				
		1972年 5 月	1979年 4 月	1980年 11月	1981年 11月	1982年 12月
2日雨量						
Tabing	mm	393	264	314	212	128
Gunung Nago	mm	—	298	301	—	—
浸水面積	ha	3,942	2,809	3,340	1,444	1,281

1972年5月洪水と1980年11月洪水は、上表より大洪水であった事がわかる。

### 3.6 洪水被害

#### 3.6.1 現況土地利用

報告書\*によれば、1981年時点のパダン市の現況土地利用は、14.5%が市街地、36.0%が農地、49.5%が山林である。Arau川、Kuranji川、Air Dingin川3河川の平地の現況土地利用を調べた。1974年測量の1/5,000地形図を1981年撮影の航空写真により修正し、現況土地利用図を作成した。これは図3.13として示す通りである。これによると、1981年時点の平地の現況土地利用は、27%が居住地、48%が水田残り25%が他の耕地、道路、水路等である。これらは表3.6に示す通りである。

#### 3.6.2 洪水被害

洪水の被害額は、氾濫区域内の資産額に、氾濫状況に応じた被害率を乗じて推定した。被害額は、家屋資産、家庭用品、商店および倉庫、農作物、公共施設等に対しそれぞれの被害額を求めた。この場合の浸水面積、浸水深、浸水継続時間等の氾濫状況は、Appendix Fに示されている氾濫シミュレーション解析結果を用いた。

全ての金額は、1983年6月初め時点の経済価格で表現してある。外貨、内貨の交換レートは、1米ドル=240円=970ルピアと仮定した。

##### (1) 確率規模別想定洪水被害額

想定洪水被害額は、それぞれ2年、5年、10年、25年、50年、100年の確率洪水について、現在の開発状況に対して確率規模別に推定した。

被害額は次の8つのブロックに分類し推定した。

##### a. Arau川水系

- ブロック1. Arau川本川および放水路
- ブロック2. Jirak川
- ブロック3. 内水地区

##### b. Kuranji川水系

- ブロック4. Kuranji川本川
- ブロック5. Balimbing川およびLaras川
- ブロック6. 内水地区

##### c. Air Dingin川水系

- ブロック7. Air Dingin川本川
- ブロック8. 内水地区

洪水被害額は、各確率年、各ブロック毎に求めた。推定した洪水被害額は表3.7に示

---

\*: Rencana Inauk Kota Padang (パダン市概要), 1982

す通りであり、各確率年の洪水被害額総計は次の通りである。

確率年 (年)	洪水被害額 (単位:百万ルピア)			
	Arau 川	Kuranji川	Air Dingin 川	総 計
2	9 2 0	5 7 0	2 4 0	1, 7 3 0
5	9, 5 1 0	1, 7 5 0	3 6 0	1 1, 6 3 0
10	1 6, 1 1 0	3, 5 2 0	7 1 0	2 0, 3 4 0
25	2 2, 8 0 0	4, 7 9 0	1, 6 9 0	2 9, 2 7 0
50	2 3, 5 9 0	5, 4 9 0	3, 0 7 0	3 2, 1 6 0
100	2 5, 0 0 0	6, 2 2 0	3, 1 6 0	3 4, 3 8 0

(2) 年平均想定洪水被害額

年平均想定洪水被害額は、各確率規模別洪水被害額にそれに対応する生起確率を乗じ、無被害流量から100年洪水までの被害額を累計し求めた。

年平均想定洪水被害額は次の通りである。

a. Arau 川水系

ーブロック1	Arau 川本川及び放水路	2, 6 3 0 百万ルピア/年
ーブロック2	Jirak 川	8 0 百万ルピア/年
ーブロック3	内水地区	2, 5 1 0 百万ルピア/年
ー 小 計		5, 2 2 0 百万ルピア/年

b. Kuranji 川水系

ーブロック4	Kuranji 川本川	6 8 0 百万ルピア/年
ーブロック5	Balimbing 川及びLaras 川	3 9 0 百万ルピア/年
ーブロック6	内水地区	3 8 0 百万ルピア/年
ー 小 計		1, 4 5 0 百万ルピア/年

c. Air Dingin 川水系

ーブロック7	Air Dingin 川本川	4 6 0 百万ルピア/年
ーブロック8	内水地区	3 0 百万ルピア/年
ー 小 計		4 9 0 百万ルピア/年

d. 総 計

7, 1 6 0 百万ルピア/年

3.7 水害地形分類

Arau 川, Kuranji 川, Air Dingin 川およびそれらの流域の形態を、航空写真の

判読と、現地調査を通して明らかにした。

3 河川の中流部および下流部に位置する平地は、現世紀時代の洪水時に河川によって運ばれた砂および砂利によって形成されたものと、洪積世時代の火山噴火による岩屑、溶岩等によっても形成されている。

平地が形成された過程において、地形は地殻変動と大陸氷河の変化に対応する世界的水位変化によって影響を受けた。この平地の地形分類的要素は、火山山麓、沖積扇状地、海岸平野に分けられる。この地域の地形形態縦断面図を図示すると図 3.1 4 に示す通りである。

治水計画策定にあたっては、洪水から守るべき地域の自然環境を詳細に知る必要がある。地域の地形を知る為、「西スマトラ州パダン市水害地形分類図」を作成した。この地形図により、過去の洪水のみならず将来の洪水の浸水範囲、洪水の主たる流動方向、河道の変遷、侵蝕、堆積の可能性等氾濫の状況を想定することができる。

### 3.7.1 火山山麓および沖積扇状地

#### (1) 平地の地形分類的要素

火山噴火などで、大きな崩壊が起きた場合、沢山の岩屑、溶岩、火山灰等が斜面や渓谷に流れ出し、山裾に堆積し、火山山麓を形成する。そして噴火などの火山活動が停止した時、降雨や流水によって斜面の侵蝕が始まる。そしてこの斜面は、地殻の隆起によって形成されるものと同じ開析された斜面に変化する。

火砕流段丘（火山山麓）は Air Dingin 川沿いでよく発達しており、沖積扇状地は特に Kuranji 川沿いで顕著である。そして小さな沖積扇状地は Air Dingin 川の下流部と Arau 川の中流部にみうけられ、Arau 川の下流部ではみうけられない。

扇状地地形は、3つの地形分類的要素、既ち沖積扇状地、微高地、そして狭長な堆積扇状地からなる。Arau 川の扇状地は小さく、この扇状地は Baru Pulau Air 地点の峡谷の上流で見うけられ、その下流にはない。Air Dingin 川沿いの扇状地は火山山麓の末端から海岸の砂州まで伸びている。Air Dingin 川と Arau 川の扇状地には、沢山の旧河道痕跡が残っている。

海岸から内陸へ 1.6 km から 3 km の区域が海岸平野である。この区域は、微高地の砂丘と後背湿地から成立っている。Tabing 空港と火山山麓の裾野の間には、大きな湿地がある。Kuranji 川の河口にはサンゴ礁があり、その表面は砂で覆われている。

#### (2) 平野の形成過程

サンゴ礁の形成された時期は、ウルム氷河期の最後の間氷期に形成されたものと考えられる。当時の Kuranji 川の河口は現在の河口とは位置が異なり、大きな潟がサンゴ礁の後に控えていた。その後、Kuranji 川の扇状地の基部は、火山の大噴火により平地へ



流下した火砕流によって形成された。この火砕流は、5 m～1.0 mの厚さで砂および砂利に覆われ、旧扇状地を形成した。いつの時期にこの旧扇状地が形成されたかは不明ではあるが、大陸氷河の変化に対応する世界的水位変化により海水面が現在より100 m程度低かった時期、すなわち今より18,000年前のウルム氷河期と思われる。

その後、約六千年前、海水面は世界的水位変化により現在より4～6 m上昇した時期があり、このとき旧扇状地および火砕流の一部が侵蝕され、新扇状地が形成された。その後砂州が形成され、海面の低下と砂の堆積により砂丘の列は海の方へ増加した。Arau川およびAir Dingin川の流域形成の過程はKuranji川の場合と異なる。

### (3) 3河川の流水活動の比較

Kuranji川の扇状地が張出したことにより、Arau川はBaru Pulau Air地点で狭くなっている。このため図3.15に示すような小さな溪谷が形成され、遷急点が存在している。この遷急点を境として上流と下流とでは河川の流水活動が大きく異なる。河床材料の種類、粒径、丸み度の解析結果と河川沿いの地形より、遷急点の上流では堆積物が大きく、下流では小さい事が推定される。溪谷の遷急点によって、かなりの量の砂および砂利は停滞し、小さい砂利のみが遷急点を流下する。溪谷では大きい砂利は両岸より供給されるだけでなく、河床からも供給される。そして大きい砂利の最大粒径は増大する。しかし遷急点を通過し下流へ流下する砂および砂利の量は少く、Arau川下流部の堆砂は、3河川の中で最も少ない。

Kuranji川の扇状地、特に上流部では、Kuranji川本川のみならず、扇状地上の小河川によって開析されている。Air Dingin川の場合は、火砕流と段丘の侵蝕が明確である。火山山麓と砂丘との間の新扇状地は、上流で侵蝕された砂および砂利で形成されている。扇状地上の河道はたびたび流路が変わっている。

### 3.7.2 海岸平野

海岸平野は、Kuranji川とAir Dingin川の河口の間の海岸線に沿って発達している。この平野は図3.16に示すように、海岸砂丘の微高地と低地部の後背湿地の特徴を示している。

海岸線に沿った海岸砂丘は砂だけで形成されている。しかし内陸部の海岸砂丘は厚さ約50 cmの腐植土で覆われており、後背湿地もまた同じ腐植土で覆われている。内陸部の海岸砂丘は海岸線に沿った海岸砂丘よりも早い時期に形成されたもので、内陸部の砂丘が形成された時期には、海面は現在よりも若干(数m)高かったものと推定される。

全ての砂丘および後背湿地は海岸線に並行している。これらの地形はこの地域の自然排水を困難にさせており、人工水路の建設が必要と考えられる。パダン市の市街化により家屋が海岸砂丘の上のみだけでなく後背湿地にも建てられるようになってきた。

#### (1) 砂の供給とその動向に関する地形形態面からの検討

海岸の砂は河川より補給され、沿岸流により運搬され、波動により海岸へ打上げられる。前述のように Kuranji 川が 3 河川のうち、その堆積が著しい。サンゴ礁があるために、Kuranji 川の河口は若干北に向いている。このため、Kuranji 川によって運ばれて来た土砂は、Kuranji 川河口の北に分布されている。

沿岸流の主流向は、Air Dingin 川河口が南へ向いている事と、Kuranji 川からの土砂がこの河口の南でみられる事により、北から南への方向と推定される。

#### (2) 海岸侵蝕に関する地形形態面からの検討

Kuranji 川と Air Dingin 川の間では、侵蝕より堆積傾向が優っている。Kuranji 川河口右岸に砂州がある事が 1883 年作成の地図から読みとれる。この地図と地質分類図とを利用すると、1883 年時の海岸線を知る事ができ、当時は現在より海岸線が約 200 m 前進していた事がわかる。当時の Air Dingin 川河口は海岸線に対して直角であった。しかし 1982 年の地図によれば、河口は南方へ向き、インドネシア海へそそいでいる。この事は Air Dingin 川やその他の北方の川でかなりの土砂流出があった事を示している。

Kuranji 川と Air Dingin 川の間を除けば、パダンの海岸平野は現在、堆積よりも侵蝕傾向が優っている。海岸侵蝕の大きい理由の一つは、河川からの土砂の供給に関連している。3 河川によって供給される土砂量はそれ程大きくないものと考えられる。何故ならばこれらの土砂は、上流の山間部から流出するものでなく、扇状地および火砕流より運ばれて来たものであるからである。特に、Arau 川より運搬されて来る量は少ない。海岸侵蝕は、河川、特に Arau 川の自然の形態のみならず、堰の建設、河道からの骨材採取等、河道に対しての人工的な行為も関係していると考えられる。

### 3.8 現況水収支

現況に於ける表流水の利用可能水量と需要水量を明らかにするため、Arau 川、Kuranji 川、Air Dingin 川に対して水収支の検討を行った。現況水需要は、現在のかんがいシステムの所要水量と、現況上工用水取水量との和として求めた。かんがい所要水量は、稲の成育度を考慮のうえ各週毎に求めた。

表流水に関しては、流量記録が乏しいことから、流況を求めるための統計解析ができず、まず月流量資料より 1/5 確率の流出量を求めたもので、この流出量は、Tabing の 1/5 確率の月雨量から水収支検討地点での雨量と流出の関係を用いて推定した。一方、流量資料にもとずき、月平均流量と各月の最小 10 日平均流量との関係を調べた。月平均流量とこの 10 日流量の関係を用いて、各月平均流量より最小 10 日平均流量を求めた。

そして最後に水需要と、10日平均流量とを各々比較した。

### 3.8.1 現況水需要

Arau川, Kuranji川, Air Dingin川とそれらの支川の表流水は、主にかんがい用水, 上工業用水そして水力発電に用いられている。現在, 10.8%がかんがい用水, 0.5%が工業用水, 0.2%が上水道として, 総計11.5%の表流水が必要とされている。各河川の月毎の水需要は表3.8に示す通りで, これをまとめると下表の通りである。

河 川	水 需 要 (単位:%)			
	かんがい用水	工業用水	上水道	総 計
Arau	1.167	0.487	—	1.654
Kuranji	5.901	—	0.220	6.121
Air Dingin	3.755	—	—	3.755
総 計	10.823	0.487	0.220	11.530

上表によるとかんがい用水が現況水需要のなかで大部分を占めている, なお上表のかんがい用水量は, 図3.17に示す現況かんがいシステムより推定したものである。Arau川には, PLTA Rasak Bunga, Kuranji川にはPLTA Kuranjiの2つの水力発電所がある。これらの発電所では, 1.80%, 2.55%の水をそれぞれArau川, Kuranji川より取水しまた各河川へ還元している。これらは上表の水需要には含まれていない。

### 3.8.2 利用可能水量

流量観測所と取水施設の位置を考慮して, 次の地点を水収支検討のために選定した。

河 川	バランスポイント	流域面積 (km <sup>2</sup> )
Arau	Lb.Sarik観測所	64
Kuranji	Gunun Nago堰	120
Balimbing	Sungai Guo堰	11
Air Dingin	Lb.Minturun観測所	116

表流水の観測期間が短いために, 各バランスポイントにおける利用可能水量は, 各バランスポイントでの月平均流量とTabing観測所での月雨量の相関関係を用いてTabing観測所の雨量資料より推定した。Tabing観測所では1948年から降雨記録がある。

相関解析結果によれば, 各バランスポイントでの月平均流量は次に示すように月雨量

で表現できる。

- a.  $Q = 0.0273R = 1.12R \cdot A / 2,630$  : Lb.Sarik 観測所
- b.  $Q = 0.0461R = 1.01R \cdot A / 2,630$  : Gunung Nago 堰
- c.  $Q = 0.00422R = 1.01R \cdot A / 2,630$  : Sungai Guo 堰
- d.  $Q = 0.0391R = 0.89R \cdot A / 2,630$  : Lb.Minturun 観測所

ここで、Q : 各バランスポイントでの月平均流量 ( ㊦ )

R : Tabing 観測所での月雨量 ( mm / 月 )

A : 流域面積 ( km<sup>2</sup> )

である。

Lubuk Sarik と Lubuk Minturun 両観測所での利用可能な流量資料を基に、月平均流量と各月の最小10日平均流量との比率について検討した。月平均流量と最小10日平均流量の比率の平均は68%である。各バランスポイントに於ける月平均の利用可能水量は前節に求めた月雨量と月流量の関係を用いて、Tabing観測所の降雨資料より推定したもので、各月の最小月平均流量は、月平均の利用可能水量に0.68を乗じて求めた。この10日流量を各月の利用可能水量とした。計算結果は表3.8に示す通りである。

### 3.8.3 水収支

バランスポイントに於ける水需要と利用可能水量は表3.8および図3.18に示す通りで、最大需要と最小利用可能水量の水収支をまとめると次の通りである。

河 川	バランスポイント	最大水需要 ( ㊦ )		最小利用可能水量 ( ㊦ )	
		Q <sub>r</sub>	Q <sub>a</sub>	Q <sub>r</sub>	Q <sub>a</sub>
Arau	Lb.Sarik	1.65	3.08	1.59	2.34
Kuranji	Gunung Nago	4.97	5.20	4.69	3.95
Balimbing	Sungai Guo	1.16	0.48	1.09	0.36
Air Dingin	Lb.Minturun	3.76	4.41	3.53	3.35

〔注〕 Q<sub>r</sub> : 水需要量, Q<sub>a</sub> : 利用可能水量

前節での検討内容はあくまで予備調査レベルではあるが、現況の水収支についてまとめると次の通りである。

- a : Arau川の水量は、現在の水需要に対しては十分であると判断される。
- b : Kuranji川本川とAir Dingin川の水量は、最渇水時を除き、現在の水需要に対して十分である。

c : Sungai Guo 堰地点の水量は、現在の所要かんがい水量に対し十分ではない。  
これは、取水地点の流域面積がかんがい区域に対し小さいためである。

## 第4章 既往治水事業のレビュー

### 4.1 現況および実施中の治水工事

パダン地域はオランダ統治時代から洪水氾濫を被っており、放水路（地元ではBan-jir Kanalと称す）の建設以前もArau川、Kuranji川の両河川の洪水によって氾濫がひきおこされていた。これはArau川の流過能力が不足していることもあり、Kuranji川の洪水はJati川やその他のかんがい水路を通してパダンの市街地へ流入していた。放水路はArau川の洪水を分流し、パダン市をKuranji川の洪水から守り、両河川からの流出を直接海へ排除するように計画された。放水路の建設と分流堰の構築は1911年に開始し、1918年に完成した。この放水路とLubuk Begalung地点の分流堰が現在の治水施設のなかで最も重要なものである。

今まで、西スマトラ州公共事業局とその関連機関によって、パダン市を洪水から守るための努力がなされた。表4.1は、1969/1970年度からのArau川、Kuranji川、Air Dingin川の治水事業予算とパダン海岸保全事業予算を示したものである。

今まで行なわれてきた工事は、主に放水路の局所的な護岸工および維持改修工事とパダン海岸侵蝕防止のための突堤の工事である。これらの工事は適切に行なわれ、機能が期待通り働いているようにみうけられる。しかしこれらの工事は限られた予算での災害復旧工事であり、流域全体の治水計画に基づいて実施されている訳ではない。

### 4.2 既往の治水計画調査および関連事業

#### (1) パダン地域洪水防御に関する調査

この調査は1973年から1975年の間、水資源総局の発注でP.T. Indah Karyaによって行なわれた。調査結果は一連の報告書にまとめられている。この調査が現在のパダン地域の治水に関する調査のはじまりであった。

これらの報告書のうち、最初の報告書「パダン地域洪水防御に関する予備調査報告書」は治水の基本方針として次のことを提案している。

- a. 植林およびチェックダム（階段状のダム）により上流域の流出を遅らせること
- b. 河道改修およびショートカットにより下流部での洪水をすみやかに排除すること
- c. 河川兩岸の築堤や、放水路、流域分離等による洪水流出量の低減および洪水氾濫の防止
- d. 排水路の建設、改修により局地豪雨の排除
- e. 洪水被害額を軽減するため土地利用を規制すること

さらに報告書は当面の対策として次の治水工事を行うことを提案している。

- a. 河川改修および築堤
- b. Arau川, 放水路とそれに関する治水施設の修復
- c. 排水路および排水門の修復, 構築

(2) 西スマトラ州設計部報告書

この報告書は1977年から1981年にかけて, 英国の海外開発局(Overseas Development Administration)より派遣されたコンサルタント, Sir William Halcrow & Partners の技術協力のもとで西スマトラ州公共事業局設計部により作成されたもので, 報告書のほとんどが Technical Notes と呼ばれるものである。

(3) バタン生活環境改善事業(バタンKIP)

当計画は1980年に「中規模7都市の市街地開発計画」の一部として, 公共事業省住宅都市総局のもとでFENCOコンサルタントにより作成されたもので, このバタンKIP事業は対象面積が258haで次に示す4段階に分けて実施されている。(図4.1参照)

期別	会計年度	対象地区	総面積(ha)	人口(人)
I	1980/81	Purus I	44	8,751
II	1981/82	Ujung Gurun, Purus II	55	14,430
III	1982/83	Alang Lawas, Pasar Gadang, Pondok	77	16,093
IV	1983/84	Seberang Padang, Parak Gadang	82	15,205
総計			258	54,479

第I期および第II期の工事は既に完了し, 第III期および第IV期の詳細設計, 工事が現在実施中である。KIP事業に含まれている排水路改良は一般に小規模なもので, 三次水路の改修が主である。

(4) バタン排水改良事業

P.T. Indah KaryaはDHVコンサルタントより技術顧問を得て, 住宅都市総局のもとでバタン排水改良事業の詳細設計を現在行っている。この目的は, 放水路とArau川, インドネシア海に挟まれた旧市街地の浸水被害を軽減するための排水改良工事事業の詳細設計で, 排水路に溜るゴミ処理の対策も含まれている。(対象区域約1,000ha, 図4.2参照)

設計業務は1982年8月に始まり現在実施中である。今までに中間報告書Iが

1983年5月に作成され、中間報告書Ⅱは1983年11月初めに提出される予定である。

今までの調査結果によれば現況および計画の排水系統は図4.2および図4.3に示す通りであり、Damar排水区とJati I/II排水区には新水路の建設を計画しており、その代替案として現在の水路系統に従った計画が立案されている。

対象排水系統区のなかでOlo-Nipah排水区が事業実施のための最優先区として選ばれ、計画流量の算定、排水路の平面縦横断計画図の作成などの予備設計が実施されている。

(5) その他の調査

「パダン都市圏水資源開発計画 ( Studi Perencanaan Pengembangan Sumber-Sumber Air Wilayah Metropolitan Padang )」に関する調査が水資源総局のもとで1981年にP.T. Virama Karyaによって行われた。「パダン水供給事業」のフェージビリティ調査と詳細検討が住宅都市総局のもとで1982年11月にLahmeyer Internationalコンサルタントによって行なわれた。「パダン市マスタープラン ( Rencana Induk Kota Padang 1983-2003 )」は1983年1月にパダン市によって作成された。(図4.4参照)

パダン海岸に関しては「パダン海岸の問題に関する事前調査 ( Prestudy Masalah Pantai Padang )」が1971年に西スマトラ州公共事業電力局によって作成され、また「パダン海岸の突堤による堆積効果に関する調査最終報告書 ( Final Report on Pekerjaan Pengamatan dan Penelitian Krib Terhadap ( Pengaruh ) Endapan Pantai Padang )」が1983年に西スマトラ州公共事業局の発注でC.V.Tri Udaya Saktiによって作成された。

上記の調査検討結果も、パダン治水計画調査の参考とした。



## 第5章 治水排水全体計画の策定

### 5.1 概要

現地調査の結果と調査対象区域の現況調査を基に、また既往調査のレビューの結果を考慮して、治水排水全体計画の代替案について検討した。そしてその代替案の比較検討を基に、計画案を策定した。比較検討の結果と策定された全体計画案について本章で述べる。

### 5.2 全体計画の対象範囲

パダンの市街地は Arau 川と Air Dingin 川とに挟まれた海岸平地に発達している。しかし最近の市街地の一般傾向は、現市街地の東方へ伸びている。西暦 2003 年を目標とした将来都市開発に関する、パダンの都市計画に依れば、新都市区域は図 4.4 に示すように主に現市街地と東方の山裾までの区域が計画されている。

3 河川の流域内での、パダンの将来市街地は約 130 ㎓であり、本調査では、現在および将来の市街地 130 ㎓を洪水より救うために治水排水全体計画を策定した。

### 5.3 代替案

#### 5.3.1 治水の方策

治水の方策としては、地形、流域面積の大きさ、洪水流出の形態、氾濫状況等の河川流域の地域特性を考慮した最適な方策を採用しなければならない。一般に治水の方策としては、次のものがある。

上流：貯水池による洪水調節

中流：遊水地による洪水調節および河道改修による洪水防御

下流：放水路による洪水分流および河道改修による洪水防御

#### (1) 上流における治水の方策

Arau 川、Kuranji 川そして Air Dingin 川の上流部は河川勾配が 1/40 以上と非常に急流である。それ故洪水流出は到達時間約 5 時間の短期型である。このような河川の有効な治水対策は、上流で貯水池により洪水流出を貯留することである。当流域の上流部においては、河川が急勾配の狭谷を形成しているために適当なダムサイトが非常に少なく、Kuranji 川流域内の Limau Manis 川上流にある Danan Keing 地点以外には見あたらない。この Limau Manis ダムの流域面積は 17.5 ㎓である。このダムによる洪水調節効果の検討は、Appendix F に説明されている洪水流出シュミレーションモデルにより行った結果、50 年確率高水に対するピーク流量の低減は約 10% であった。河道改修計画案との比較においても当ダム案は工費が高く、洪水調節ダムとしては得策ではないと判断

される。しかし、石油獲得が困難な状況で天然資源を開発するという観点に立てば、当ダム案が将来水力発電と併せた多目的事業として取り上げられる可能性はある。

既往の P.T. Indah Karya の調査報告書での提案されている Arau 川と Kuranji 川の上流部に連続な階段状のダム（チェックダム）を設けるという案について、調査団は Appendix F に述べてある洪水流出計算のシミュレーションモデルを用い、階段状ダムによる尖頭流量の低減効果を検討した。計算の結果階段状ダムによる尖頭流量の低減は次の理由により非常に小さい事がわかった；(1)洪水流量を低減するための有効貯留域をとるには河川勾配が急すぎる。(2)河床勾配をゆるやかにする事は局所的であり、洪水到達時間の遅れは小さい事。それ故、階段状ダム案は得策ではない。

3.7 節で述べた通り、Arau 川の新鉄道浜付近には勾配遷急点があるため、上流からの流砂量が多いにも拘らず、かなりの部分がここで止められ、小粒径のものだけが下流へ移動している。そのため、Arau 川下流の流砂量は少ない。一方、Kuranji 川については、Gunung Nago 堰により、堰下流の河床低下が著しいのが現状である。これらの事実から判断すると、砂防ダムによって、上流からの流砂量を低下せしめる必要性はない。

造林および森林の維持を行うことは、上流域の流出を減ずるために必要であり、実施する事を勧める。しかし、このような流域管理事業の効果は長時間の努力を継続した後に期待できるものである。一方、Andalas 大学は演習林の建設計画を持っている。この計画の概要は、Appendix C に示してあるがこの計画は、上流域の森林保全の観点からは、促進されるべきものである。

## (2) 中流における治水方策

3 河川の中流域のほとんどの平地部は農地もしくは宅地として開発されている。遊水池としての適地は、Laras 川の右岸の小さい地域のみである。そこは雨期に湿地となるために未だ開発されていない。この区域は遊水池として考えられる。中流部の現河道は、Balimbing 川、Laras 川を除いては、ほとんどの区間で十分な流下能力があるので、全区間に亘る連続堤は必要でない。それ故、築堤および河道掘削による河道改修は、中流部の対策として得策である。

## (3) 下流域の治水方策

河川の下流に於ては、現況河道は、全区間に於て流下能力が充分ではない。現河道の改修もしくは放水路の建設を考えなければならない。放水路に関して、現河道の洪水流量を低減するために、次の2案を検討した。

- a. Lubuk Begalung 堰上流地点から Teluk Bayur 港へ Arau 川の洪水流量を分流する延長 4.7 km の新放水路の建設
- b. Kuranji 川より Balimbing 川を分離させ直接海へ放流する 2.4 km の水路の建設

工費を積算した結果、上記の建設費は現河川改修費よりも高くなる事がわかった。更に、Arau川の新放水路案の場合、Teluk Bayur港へ堆砂問題を持込むことになる。

他の考える治水方策は現河道の改修であり、これは、下流部に於ける一般的な治水対策である。対象3河川の下流部に於ては、他の方策は見出せない。それ故、この方策しかないと考えられる。

### 5.3.2 代替案

全体計画の河道改修区間を策定するにあたり、水害地形分類調査の結果を踏まえて、改修上流端を決定した。すなわち、Arau川については勾配遷急点のある新鉄道橋、Kuranji川についてはGunung Nago堰、Air Dingin川についてはKoto Tuo堰までをそれぞれ上流端とした。すべての対象河川について示すと以下の通りである。

河川名	距離 (km)	区間
1. Arau川	10.6	河口—新鉄道橋
2. jirak川	4.6	本川合流点—新鉄道橋
3. 放水路	6.7	全区間
4. Kuranji川	13.5	河口—Gunung Nago堰
5. Balimbing川	9.7	本川合流点—Lolong Kanan橋2km上流
6. Laras川	4.2	Balimbing川合流点—Air Pacah村
7. Air Dingin川	6.1	河口—Koto Tuo堰

上記区間は図5.1に示されている。

現状の河道状況を考えると、必要とされる河道改修は、築堤および嵩上げ、河道の掘削、またこれらの組合せにより流下能力を増加させることである。水害地形分類調査によると、扇状地の形成はKuranji川のGunung Nago堰～Kalawi橋の区間およびAir Dingin川中流部において著しく、流路の変遷も数多く認められる。従って、この区間では河道改修のための築堤は行わないこととした。なお、Laras川流域での遊水池も一つの代替案として取上げた。市街地の排水に関しては、排水路の流末樋管は本川の河道改修の一環として考慮した。低地部の排水路流末にはポンプ場も考慮した。このようにして設定した考える代替案は表5.1～表5.3と図5.2に示す通りである。

#### 5.4 代替案の計画洪水規模

現在、インドネシアに於ける治水事業では、20年ないし50年の洪水規模が実際に採用されており、これは表5.4に示す通りである。この状況とパダン市の現状と将来の開発計画案を踏まえて、対象河川の治水排水全体計画の計画洪水規模を次のように設定した。

河 川 名	確率年
a. Arau川, 放水路, Kuranji川, Air Dingin川	50-年
b. Jirak川, Balimbing川, Laras川	25-年
c. 市街地内排水施設	10-年

洪水流出解析結果は、表5.5に示す通りであり各代替案の計画洪水流量は図5.3に示すように決定した。

#### 5.5 代替案の比較検討

必要とされる直接工事、用地買収および補償を各代替案毎に積算した。建設費は直接工事費と、用地買収費、補償費とからなる。直接工事費は、工事量と単価を掛合せて計算した。積算した工事費はAppendix Jに示す通りで、これをまとめると次のようである。

河 川 名	建 設 費 (百万ルピア)		
1. Arau川	A-1 案	A-2 案	A-3 案
	25,141	25,266	24,033
2. Kuranji川	K-1 案	K-2 案	
	16,404	15,955	
3. Air Dingin川	D-1 案	D-2 案	
	5,579	6,278	

技術的にかつ最小費用の観点から、比較検討を行った結果、次の事がわかった。(1) Arau川に関しては、A-3案がA-1、A-2案と比較して安い費用となっている。(2) Kuranji川に関しては、2つの案の差は僅かではあるが、K-2案がK-1案よりも安い費用を示している。(3) Air Dingin川に関しては、D-2案の方がD-1案よりも高い費用となった。更にこのD-2案は、河口維持のために維持費が付け加わる事となる。それ故、治水排水全体計画としてA-3案、K-2案、D-1案を選択した。

## 5.6 治水排水全体計画案

### 5.6.1 計画洪水流量

全体計画の計画流量配分は図 5.4 に示す通りである。

### 5.6.2 計画案

全体計画の内容は、

- (1) Arau 本川, 放水路, Kuranji 本川, Air Dingin 本川 およびこれらの主要支川の総延長 5.5 km の河道改修
- (2) Laras 遊水池の建設
- (3) Lubuk Begalung 分流堰の改築
- (4) 排水路流末樋管の構築
- (5) 5ヶ所の橋梁の改築
- (6) 総延長 4.3 km の主要排水路の改修
- (7) 6ヶ所の排水機場の建設

からなっている。計画された河川の河道法線形は図 5.5 の通りである。全体計画案の概要は次に示す通りである。

#### (1) Arau 川

Arau 川水系の改修計画は、本川の延長 10.6 km, 放水路の延長 6.7 km, Jirak 川の延長 4.6 km の河道改修からなっている。Lubuk Begalung 分流堰は本川および放水路の両堰共に改築する(図 5.6)。河道改修に関連して、3ヶ所の橋梁, 落差工 3基, サイフォン 2基を改築する。

#### (2) Kuranji 川

Kuranji 川水系の改修計画は、本川の延長 13.5 km, Balimbing 川の延長 9.7 km, Laras 川の延長 4.2 km の河道改修および Laras 遊水池の建設からなっている。本川および Balimbing 川の下流部, Laras 川の中下流部においては、河道改修は築堤によって行う。河道改修に伴い Kuranji 本川で 1ヶ所, Balimbing 川で 1ヶ所の橋梁を改築する。洪水流量低減のために、Laras 川右岸に Laras 遊水池を建設する。

#### (3) Air Dingin 川

Air Dingin 川の改修計画は延長 5.2 km の河道改修である。主要工事は河道の流下能力を増すための現況河道の掘削工事で、築堤は下流部のみに行う。河口の砂州はそのまま残す。

#### (4) 市内排水

市内排水の改良計画は延長 4.3 km の主要排水路の改良と 6ヶ所の排水機場の建設である。計画された排水路改修延長とポンプ場の容量は表 5.6 に示す通りである。

### 5.6.3 事業費

事業費は、直接工事費、用地買収および補償費、予備費並びに技術管理費からなる。直接工事費は、工事数量に単価を乗じてこれを求めた。技術管理費は直接工事費、用地買収および補償費の合計の15%と仮定した。予備費は上記費用の10%として計上した。全体計画の事業費は表5.7に示すように696.62億ルピアと積算した。

## 5.7 経済評価

### 5.7.1 経済評価事業費

全体計画の経済評価事業費は、総事業費のルピア貨分より、租税と、施工業者の利益を減じて積算した。この租税と施工業者の利益はそれぞれ、4%と10%と仮定した。経済評価事業費は、670.56億ルピアと見積った。

### 5.7.2 便 益

便益は、私有財産、農作物、公共土木施設等の洪水被害軽減期待額と雨期に利用できなかった土地の開発効果に対するものである。全体計画を評価するために、2つの状況のもとでの便益を算定した。即ち、7年後に事業が完了した時点（現況と定義）での状況とパダン市の都市計画に基づいた将来開発された状況である。年平均便益は現況で82.83億ルピア、将来開発状況で116.45億ルピアと推定した。

### 5.7.3 内部収益率

以上述べた経済評価事業費と便益にもとづいて、また事業の耐用年数を50年と仮定して、全体計画の内部収益率を計算した。その結果、現況で10.5%、将来で14.7%の内部収益率となる。

## 第6章 緊急治水計画

### 6.1 概 要

治水排水全体計画は、現況の市街地およびマスタープランによる将来開発地域を洪水から守ることを目標としている。従って現況の開発状況の段階でこの計画を実施することは時期尚早で、その効果はそれほど高くない。さらに、治水排水全体計画のような大規模事業を行なうには多額の資金が必要である。しかし前述のようにパダンとその周辺地域は毎年大きな洪水被害を受けており、もはや見過しておくことができない。そこで現市街地の治水対策として緊急治水事業の実施が必要である。このような理由により事業の技術的、経済的効果と同様に治水対策の緊急性を考慮して、直ちに実施すべき事業として緊急治水計画を検討した。この緊急治水計画は現市街地と近い将来市街化する地区を洪水から防衛することを目的としたものである。

### 6.2 緊急治水計画の必要性

パダン市および周辺の Arau, Kuranji, Air Dingin の3川による沖積地は治水排水施設が不十分なため、いまだ毎年のように浸水被害をうけている。実際、この10年間に5回も大被害をうけたが、その中でも1972年および1980年の洪水被害は特に著しい。

一方、パダンの市街地は毎年著しく拡大しており、市街地周辺の低地といえども住宅化しているのが現状である。そのため当域における氾濫による社会的、経済的な被害も年々増加している。この洪水被害に対処するため、緊急に治水対策を実施することが望まれている。

### 6.3 計画高水

緊急治水計画の計画高水規模を決めるにあたり、次のような計画高水規模の異なった3つの代替案について検討した。

河 川	確 率 (年)		
	A 案	B 案	C 案
本 川	1 0	2 5	5 0
支 川	5	1 0	2 5
排 水 路	2	5	1 0

上記3案を比較した結果は以下の通りである。

代替案	年平均便益 (百万ルピア)	経済評価事業費 (百万ルピア)	便益/費用 比 (割引率12%)
A案	5.694	37.383	1.19
B案	7.415	43.678	1.24
C案	8.320	66.500	0.90

上記の表から、B案が他の代替案と比較して高い経済効果を持つことがわかる。尚、治水便益を算定するに当っては、現存の私財、農作物、公共施設に対する洪水被害軽減のほか、事業に付随して将来期待できる土地の開発効果も考慮に入れた。

以上の経済効果の検討結果、ならびに当地域の社会経済状況を考へて、25年確率の計画高水を緊急治水計画の対象とした。

一方、洪水被害調査によると、1972年5月、1976年10月、1979年4月、1980年11月、および1981年11月洪水がパダン市における著名な洪水であり、とりわけ1972年5月洪水は1960年以来最大の洪水で、その再現期間は23年である。従つてこの緊急治水計画による河川改修実施後は、1960年以来最大の洪水が流過可能となる。緊急治水計画の計画高水流量配分は図6.1に示す通りである。

## 6.4 緊急治水計画

### 6.4.1 改修対象区間

計画策定にあたり、その改修対象区間は、現況の常襲氾濫域および現況河道流過能力等から判断して決定した。また、河道掘削ならびに築堤箇所の上流端は計画高水位と現況の河岸高を比較し、決定した。

緊急治水計画の改修対象区間は表6.1に示す通りである。

### 6.4.2 河川および関連施設の改修計画

現況河道および全体計画をもとに、緊急治水計画の河道並びに関連施設の設計を行った。

事業内容は、(1) Arau川、放水路、Kuranji川、Air Dingin川の本川とそれらの支川の総延長約36kmの河道改修、(2) Laras遊水池の建設、(3) Lubuk Begalung分流堰の放水路堰部分の改築、(4) 5ヶ所の排水樋管の構築、(5) 5ヶ所の橋梁の改築、(6) 総延長3kmの主要排水路の改良、(7) 3ヶ所の排水機場の建設



からなっている。計画法線形は図 6.2 に示す通りである。各河川および関連施設の改修計画の概要については以下に示す。

#### (1) Arau 川

Arau 川水系の改修計画は、本川の延長 8.5 km、放水路の延長 6.7 km、Jirak 川の延長 2.5 km の河道改修からなっている。放水路は全体計画と同じ計画諸元で改修するが、本川は吊橋から Jirak 川合流点までの区間のみ改修する。Lubuk Begalung 分流堰は放水路堰部分を改築する。本川側の堰は改築しないが、堰本体の安全のために下流側水叩きの補強を行なうとともに連絡橋の補修も行う。堰の改築概要図は図 6.3 に示す通りであるが、改築の計画諸元は、今後水理模型実験により決定することを勧告する。河道改修に伴い、放水路で 2ヶ所、Jirak 川で 1ヶ所の橋梁を改築し、放水路の落差工 3基、サイフォン 2基を改築する。

#### (2) Kuranji 川

Kuranji 川水系の改修計画は、本川の延長 7.5 km、Balimbing 川の延長 4.2 km、Laras 川の延長 1.2 km の河道改修および Laras 遊水池の建設からなっている。現況河道は築堤および掘削により改修する。著しく蛇行している区間はショートカットを行いスムーズな線形にする。河道改修に伴い Nanggalo 橋は 1スパン拡幅し、Tunggul Hitam 橋は改築する。

Laras 川右岸に計画した遊水池の貯水面積は約  $1.5 \text{ km}^2$  であり、その貯水容量は平均水深 1 m で約 100 万  $\text{m}^3$  と推定される。この遊水池の周囲には、敷地境界を示すためと、貯水容量を増加させるために低い堤防を建設するものとした。

#### (3) Air Dingin 川

Air Dingin 川の改修計画は延長 5.2 km の河道改修である。河道改修は主として現況河道の掘削によって行う。一方、河口から 3 km 上流までの区間には低い堤防を構築する。Muara Penjalinan 橋上流の極端な蛇行区間はショートカットしスムーズな線形とする。現存の河口の砂州は現況のまま残す。

### 6.4.3 都市排水路および関連施設の改修計画

#### (1) 主要排水路の改修計画

全体計画の中で、緊急に改修すべき主要排水路を、その都市化度、湛水状況、あるいは住宅都市総局による調査結果によって付けられた優先順位などをもとに選定し、緊急工事に含むことにした。

緊急を要すると思われる排水路およびその計画流量は以下の通りである。

排水路	改修区間延長 (m)	計画流量 (%)
1. Olo - Nipah	590	2.5 ~ 1.4
2. Ujung Gurun	810	1.8 ~ 1.0
3. Purus	580	1.3
4. Ulak Karang	1,030	6.5 ~ 2.5

上記の改修範囲を図示すると、図 6.4 の通りである。

## (2) 排水路流末施設計画

Ujung Gurun, Purus, Ulak Karang の各排水路流末にはポンプ場が必要であるとの判断が、調査により明らかにされた。ポンプ容量については水理解析ばかりではなく、経済的な観点からも検討が加えられた。その詳細は Appendix I に記述されている。調査結果を示すと以下の通りである。

ポンプ場	: Ujung Gurun	Purus	Ulak Karang
ポンプ容量 (%)	: 3.5	2.0	3.5

## 6.4.4 緊急治水工事

立案した改修河道計画に基づく緊急治水事業の工種および数量は以下に示す通りである。

### (1) Arau本川およびJirak川

- a. 掘削/浚せつ および 築堤
- b. 練石積護岸および蛇籠
- c. 排水樋管
- d. 橋梁架替え
- e. 床固め

### (2) 放水路

- a. 掘削/浚せつ および 築堤
- b. 練石積および空石積護岸
- c. 排水樋管, ポンプ場
- d. 落差工, 橋梁, サイフォン, 分流堰の改築
- e. 排水路改修

### (3) Kuranji, Balimbing, Laras川およびLaras遊水池

- a. 掘削/浚せつ および 築堤
- b. 練石積および空石積護岸, 蛇籠, 水制
- c. 排水樋管, ポンプ場

- d. 橋梁架替え
- e. 床固め
- f. 排水路改修

(4) Air Dingin 川

- a. 掘削および築堤
- b. 練石積護岸, 蛇籠
- c. 排水樋管
- d. 床固め

以上の工事を工種毎にその数量をまとめると以下の通りである。

河川改修工事

掘削/浚せつ	1,789 × 10 <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
築堤	310 × 10 <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
護岸		
練石積護岸	83,700	m <sup>3</sup>
空石積護岸	28,300	m <sup>3</sup>
蛇籠	14,200	m <sup>3</sup>
水制	10,500	m

分流堰改築	1	ヶ所
橋梁架替え	5	橋
落差工改築	3	基
サイフォン改築	2	基
床固め	3	ヶ所
排水樋管	52	ヶ所

排水路改修工事

ポンプ場	3	ヶ所
排水路改修	3.0	km

6.4.5 土地収用, 家屋補償

計画の立案にあたっては, 移転家屋が最小限にとどまる様に配慮した。工事に伴う土地収用, 家屋移転問題の対処には, バタン市が実際に対応することになるが, その数量は表 6.2 に示す通りである。また, 総数を示すと, 以下の通りである。

項目	河川改修工事	排水路改修工事	計
土地収用 (ha)	106	9	115
家屋補償 (戸)	244	58	302

## 第7章 緊急治水事業の工事計画および事業費

### 7.1 概要

建設工事としては、水路改修のための掘削/浚せつ、築堤、護岸をはじめとして、分流堰、排水樋管、橋梁、落差工などの関連構造物に対する諸工事および市街地を流れる主要排水路の改修、ポンプ場の建設などがある。

今回の調査では工事計画として2つの代替案について検討を行った。1つは7年計画で事業を行う案で、主要工事期間が5年であり、他の案は5年計画で事業を行い、主要工事を3年で完了させるものである。結論として、7年計画案が妥当であると判断された。次にこの採択された7年計画案について説明する。

### 7.2 工事計画

#### 7.2.1 基本的概念

事業実施のための工事計画をたてるにあたり、次のことを考慮に入れた。

- a. 降雨記録をもとに、年間稼働日数を180日と仮定した。
- b. 工事は大まかにArau川、放水路、Kuranji川、Air Dingin川、都市排水の5つに分けて行う。
- c. 当事業の大きさ、インドネシアにおける過去の実績をふまえ、工事はすべて請負い方式で行う。原則として、主要工事は機械力で行うものとするが、雇用機会を増やすために人力もできる限り活用する。

#### 7.2.2 工事計画

7年計画案は図7.1に示す通り、工事に5年を費やし、約2年を準備期間とするものである。概要を示すと以下の通りである。

- a. 資金準備、事業実施組織の設立なども含め、事業開始を1984年4月とする。
- b. 詳細設計は1985年4月に開始し、1986年6月までに終了する。その直後に入札を開始し、1987年6月には終了する。
- c. 土地収用、家屋補償は工事に先立ち、1985年に開始する。
- d. 主要工事は1987年7月から1991年9月までの5年間で完了する。

### 7.3 事業費

#### 7.3.1 事業費積算の基本的条件

事業費は直接工事費、用地費および補償費、技術管理費、予備費とからなる。事業費の算定にあたっては次のことを仮定した。

- a. 算定には1983年6月の単価を用いる。
- b. 外貨交換率は次の通りとする。  
1米ドル=970ルピア=240円
- c. 単価は外貨分と内貨分に分けて算定する。
- d. 工事はすべて請負い方式で行い、工事に必要な資機材は請負い業者側で用意する。
- e. 技術費はコンサルタントによる設計、施工監理の費用をもとに算定する。管理費は工事費、用地費および補償費の内貨合計の10%とする。
- f. 予備費は全工事費の10%とする。物価上昇に対する予備費は9章で述べることとし、ここでは考慮しない。

### 7.3.2 事業費

工事費、用地費および補償費は単価をもとに積算した。工事単価は直接費に加え現地経費20%、経常経費および利潤の15%、税金5%とした。主要工事に対する工事単価は表7.1に示す通りである。

事業費は約450億ルピアに達し、そのうち外貨分は約3100万ドル、残りの約150億ルピアが内貨分である。事業費の内訳は表7.2に示す通りであるが、概要を示すと以下の通りとなる。

内 訳	外 貨 (千ドル)	内 貨 (百万ルピア)	合 計 (百万ルピア)
直接工事費	22,779.8	9,627.1	31,723.7
用地費及び補償費	—	1,819.9	1,819.9
管 理 費	—	1,144.7	1,144.7
技 術 費	5,680.8	940.6	6,451.0
予 備 費	2,846.4	1,353.7	4,114.7
合 計	31,307.0	14,886.0	45,254.0

### 7.4 維持管理費および施設更新費

維持管理費は年間あたり、直接工事費の0.5%とした。金額で表示すると、1億5千万ルピアほどである。

施設の中でも、とりわけスルースゲートやポンプなどの鋼構造物は他の施設に比べてその耐用年数が短く、本事業の耐用年数50年中に更新する必要がある。耐用年数を平均25年と仮定すると、施設更新費は約36億ルピアである。以上の維持管理費、施設更新費の総計は約117億ルピアである。

## 第 8 章 組 織 と 運 営

### 8.1 現在の組織

Arau 川, 放水路, Kuranji 川, Air Dingin 川とそれらの支川の維持管理は, 現在西スマトラ州公共事業局の管轄で, 上記河川の全ての治水工事は同局水資源部によって行なわれている。河川施設の維持管理もまたこの水資源部のもとで行なわれている。パダン地域における治水事業の現在の組織は図 8.1 に示す通りでありパダン治水事業のための組織は, 現在この事業が調査段階であるのでまだ設立されていない。

### 8.2 事業実施のための組織

公共事業省が事業実施に伴う一切の責任および関連機関との調整などを行うものとする。パダン治水事業の実施に当っては, まずパダンにプロジェクト事務所を設立することが必要であり, 事業実施組織は図 8.2 に示すような組織とすることを勧告する。

水資源総局が事業実施の機関となり, この水資源総局の監督下で同総局河川局が事業実施において, 他の政府関連機関および地方庁との調整を行う。

プロジェクトマネージャーは公共事業省より任命され, 事業実施に関し全ての責任を負う。図 8.2 に示すスタッフ(職員)はプロジェクトマネージャーを補佐し, 測量および計画, 詳細設計, 建設工事の仕様書と入札書類の作成, もし必要であれば材料および予備部品を含む機械の仕様書と入札書類の作成, そして土地収用の実行の補佐をする。事業実施を補助するため外国のコンサルタントが雇用され, 詳細設計, 施工監理を行う。

### 8.3 維持管理のための組織

緊急治水事業によって建設, 改良された施設の維持管理組織は図 8.3 に示すような組織とすることを勧告する。治水施設の維持管理は公共事業省より西スマトラ州へ委託される。

## 第 9 章 緊急治水事業の評価

### 9.1 経済評価

#### 9.1.1 経済評価事業費

事業費の内貨分から税金分 4%，請負い業者の利潤分 10%をそれぞれ差引いて経済評価事業費を求めた。その総額は約 436 億ルピアである。

#### 9.1.2 便 益

一般資産、農作物、公共施設などに対する洪水被害の軽減額、現在雨季の間は利用することができない地区に対する開発効果も考慮して本事業の便益を算定した。本事業を評価するにあたり、便益は工事完了後に発生するものとした。年平均便益は約 73 億ルピアである。

#### 9.1.3 事業費－便益の比較

経済評価事業費および便益をもとに、表 9.1 に示す様に本事業の耐用年数を 50 年とし、本事業の内部収益率を計算した。計算の結果、内部収益率は 14.7%に達し、割引率 12%の条件では、その便益、事業費比は 1.24 であった。

#### 9.1.4 感度分析

本事業の内部収益率算定に対する感度分析を行った結果、事業費 20%増、或いは便益 20%減の条件下でも、内部収益率が 12%を上回ることが明らかとなった。これらを図示すると、図 9.1 に示す通りである。

### 9.2 資金計画

#### 9.2.1 所要資金

本事業の実施に必要な資金を算定するにあたり、次の様な仮定を設けた。すなわち年平均物価上昇率は過去 5 年間の実績をふまえ、内貨分に対して 15%，外貨分に対して 6%とする。

算定の結果、物価上昇に対する費用も含めて、事業に必要な資金は合計で約 750 億ルピアでそのうち内貨分が約 330 億ルピア、残りの約 4400 万米ドル（約 420 億ルピア相当）が外貨分である。これらを整理した結果は表 9.2 に示す通りである。

#### 9.2.2 年度別支出計画

上記資金に対する年度別支出計画は表 9.3 に示す通りである。

### 9.3 事業の効果および社会的影響

#### 9.3.1 民生の安定

現在、毎年の様に洪水被害が発生し、多くの家屋、農地が多大な被害を被っているが、本事業が実施されると2640haの土地、21330戸の家屋が洪水から守られることになる。

さらに、直接的に便益として換算することは難かしいが、生活環境の改善、民生の安定などが、本事業の実施により大いに期待される。

#### 9.3.2 住宅地の増加

本事業により、洪水被害が減少し、未利用の土地が改善されるために住宅地が増加すると思われる。推定によると約840haの未利用地が住宅地として利用可能となる。

#### 9.3.3 雇用機会の増大

本事業により、事業対象地域内外に住む労働者および土地を持たない農民に対して雇用機会が与えられる。工事期間中に必要な未熟練労働者は100万人・日と推定される。

#### 9.3.4 家屋移転

本事業により、約300戸の家屋移転が必要があり、それに伴い約10haの住宅地が必要となる。一方、本事業が実施されると、約20haの土地が新たに生じることとなり、これを住宅地として供することが可能である。

#### 9.3.5 環境に対する影響

通常、大規模な事業が実施されると近隣の環境が悪化するものであるが、パタン治水事業の内容は現況河道の改修を主とするものであり、このような事業が現在の環境を大きく変化させることはない。

塩水遡上に関しては、現在河口付近で地下水を利用しているが特に問題を生じていない。対象河川の勾配が急であることと乾期の河川流量がある程度あるので、現在の塩水遡上の範囲は河口付近に限られている。今回の計画河道は現況河道を充分尊重して策定されたものであるため、塩水の遡上距離の増加は少なく、塩分遡上による悪影響がこの事業実施によって生じることはないと思われる。

以上より、本事業の環境に対する影響は、前節で述べた家屋移転の問題を除けばほとんどないものと判断される。

#### 9.3.6 Laras 遊水池建設に伴う開発効果

Laras遊水池の建設によって、遊水池周辺の土地は洪水を免れ、住宅地として開発することができる。また非洪水時、遊水池を有効に利用するため遊水池内を公園化して周辺住民の憩いの場とすることが望まれる。



#### 9.4 勸告

事業実施に先立って以下のことを内貨で実施することを勧告する。

- (1) パダンにプロジェクト事務所を設立すること。
- (2) 測量、土質調査等の準備作業を行うこと。
- (3) この事業の建設工事着手は早くとも1987/88年度になるものと見られるので、少しでも洪水被害を軽減するため洪水被害の最もひどい地区の一つであるArau川下流部Sebarang Padang 橋より下流側800m区間の河道改修工事を先行して実施すること。

## 第 10 章 土 地 保 全

本章では Arau 川, Kuranji 川, Air Dingin 川流域の土地保全に関する現地踏査結果を述べる。今回の調査は現地の土地保全の問題点を把握し, それらに考察を加えることを目的としたものである。

ここでは説明が便利なように, 調査地域を上流域, 平地部, パダン海岸の 3 地域に分けた。すなわち, 上流域は耕地のない山間部で, 対象河川の上流に位置し, 平地部は火山山麓, 沖積扇状地, 海岸平野上の耕地で, パダン海岸は Arau 川河口から Air Dingin 川河口に延びた海岸地帯である。

### 10.1 上 流 域

#### 10.1.1 現 状

上流域は主に第 3 紀の火山岩で成っており, Arau 川流域の Indarung 周辺では第 3 紀以前の変成岩がみられ, 所々で岩が露出している。上流域の植性は相当よいように見受けられ, 山の斜面には崩壊は見られない。森林のほとんどは, 自然環境保全林か保護林として森林局により指定されている。河床は火山噴火により運ばれてきたと考えられる巨大な玉石によって覆われ, 河道は安定しているものと見られる。

#### 10.1.2 勧 告

山間部には崩壊地はなく生産土砂量も多くない。したがって上流域における崩壊地対策の必要性は認められない。平地部における治水の観点からは, 現在の森林は流出を貯留する効果を発揮しており, 流出量のピークの低減に寄与している。もしこの森林が荒廃すれば, 平地部の洪水氾濫は今まで以上に大きくなると思われる。上流域の土地保全および水保全の機能を維持するため, 適切なる土地利用規制による森林保護が必要である。この規制は土地侵蝕と有害な泥流を防止するため, 開発される平地部に隣接する私有林に対して必要である。Andalas 大学は演習林の建設計画を持っており, 森林保全が促進されることが期待されている。

### 10.2 平 地 部

平地部は火山山麓, 沖積扇状地, 海岸平野からなる。火山山麓の河道は網状かもしくは平担で幅が広い。さらに主流路は, その位置が変動しやすい。一方沖積扇状地および海岸平野内の河道は, 所々で河岸が侵蝕されており流路は蛇行している。河川勾配が緩かなため, 上流より流出した洪水はこの平地でしばしば溢流する。海岸平野では波により形成された砂州が自然排水を妨げている。

沖積扇状地では、河床の低下が目立ち、Arau川のKp.Baru地先、Air Dingin川のKp.Koto Tuo地先ではその傾向が著しい。河川構造物の被害防止とかんがい用水、上水道用水、工業用水の安定供給の確保のため、河床は安定させておかなければならない。平地部における問題点は河岸侵蝕と土地流失である。これらの対策は治水計画関連の章で述べられている。

### 10.3 バタン海岸

#### 10.3.1 現 状

バタン海岸の現状の概要は図10.1に示すとうりである。

##### (1) Arau川と放水路間の海岸

1978年に西スマトラ州公共事業局で作成された「バタン海岸の問題点」によると、この区間の海岸侵蝕は放水路の完成後生じたもので、海岸線は今までに約60m後退したと記述されている。最新の測量によれば、1983年の海岸線は1977年と比較すると南部と北部が前進し、中央部が後退している。この区間の海岸は全体としては、突堤の効果により現在は安定しているものとみられる。

##### (2) 放水路とKuranji川間の海岸

Kuranji川の河口左岸付近を除き全区間で海岸線は後退しているとみられる。Kuranji川河口左岸付近にはサンゴ礁が露呈しており、これが海岸線を安定させている。現地の間込みによれば、最近20年～35年の間に約20m海岸は後退したといわれている。

##### (3) Kuranji川とAir Dingin川間の海岸

現地での間込みと現地踏査によれば、この区間の海岸は全体としてかなり前進しているとみられる。この区間の南半分には新居住区が発展している。

#### 10.3.2 勧 告

現在のところバタン海岸の保護対策工事により設けられた突堤群は十分に機能しているとみられる。しかし海岸が後退傾向を示している限りは、断え間なく維持に努めなければならないと思われる。

海岸保護工の計画と設計は、侵蝕のメカニズムに関する調査を行い、この結果を十分に考慮して行なわなければならない。海岸に関する問題は多くの要因に左右されるので、メカニズムは非常に複雑である。このため種々の調査検討が必要となる。

西スマトラ州公共事業局は既にいくつかの調査を行い報告書にまとめられている。しかし、波の観測はまだ行われていない。これは波動特性などを調べるために必要であり、海岸問題の解決のために最も重要で基本的なものである。そこで波の観測を行い波高、波長、周期、波向等の季節変化とそれらの波動特性の資料を収集することを勧告する。

## 第 11 章 水資源開発の可能性

### 11.1 かんがい用水の開発

対象流域内の都市域を除いて、かんがい可能な平坦地のほぼ全域が現況のかんがいシステムに組み込まれている。また、新しいかんがいシステムも、既存のシステム拡張も現在のところ考慮されていない。

一方、都市域に近隣する農地は最近になって住宅地、商工業地へと転換している。従って、パダン市の水田は年々減少する傾向を示しており、1983年の「パダン市マスタープラン」調査によると2003年までにはGunung Nago右岸及びLubuk Minturunかんがいシステムに組み込まれているものを除くほとんどの農地が宅地等に転用されることになっている。

上記の状況から判断すると、当地域における将来のかんがい用水開発に対する需要はほとんどないと結論することができる。それに対し、流域内の現況水利用の大部分を占めているかんがい用水は、農地から宅地、工業用地への土地利用変化と歩調を合わせて、将来逐次他の上水道用水、工業用水へとその利用目的が変化していくであろう。

### 11.2 上水道用水および工業用水の需要

上水道用水、工業用水の将来需要については、パダン水供給事業報告書(1982年11月)を参考にした。この調査によると、2005年には年間約1.7%の上水道用水が必要となる。これに対応するため、新たに0.25%をKuranji川から、残り1.2%をAir Dingin川から取水する計画があり、そのための上水道施設の建設も計画されている。

上記上水道用水のほか、工場では河川から直接取水した未処理水を利用する必要がある。しかし、現在その水量は明らかではない。また、西スマトラ州では、Jati川などの都市排水路の維持用水のために、Kuranji川から3%取水する計画を持っていることも考慮に入れなければならない。

今のところ、上水道用水および工業用水の需要は、都市化の影響を受けて次第に減少しつつあるかんがい用水のそれと比較してもまだまだ少ない。従って、パダンにおける上水道用水および工業用水開発のための新たな水資源は必要ではないと考えられる。

### 11.3 小規模水力発電開発

村落の電化に供するため、急勾配かんがい水路の落差を利用した小規模水力発電開発の可能性についての予備調査を行った。まず現在および将来におけるパダン市の電力供給

システムを調査したうえ、選定されたかんがい水路に対して水力発電の可能性を調査した。

### 1.1.3.1 パダンの電力供給システム

パダン地域の電力は主に国家電力省により供給されているが、その供給域は今だ都市部に限定されており、殆んど村落には供給されていない。いくつかの村落では、独自のディーゼル発電機で小規模ながらその需要をまかなっているのが現状である。また、工場、ホテル、企業などは、国家電力省のシステムの他に、独自の発電システムを保有している。しかし、これら私有のシステムは逐次国家電力省のシステムに転換されつつあるのが現状である。

パダンにおける公共事業電力省による発電は、Simpang Haruのディーゼル発電所によって行われてきたが、1983年3月にはBandar Buatのガスタービン発電所が開所し、さらに1983年末までには、Danau Maninjauの水力発電所が送電を開始する予定である。これら3つの発電所は互いに一体となり、パダン市およびその近郊に送電することになっている。これら発電所の概要は下記の通りで、パダン周辺の電力事情は1983年末までには十分に改善されることになる。

項 目	S.Haru	B.Buat	D.Maninjau
出力(メガワット)	30	42	68
発電方式	ディーゼル	ガス	水力
開始年	稼働中	1983年3月	1983年9月(一部) 1983年12月(全部)

### 1.1.3.2 小規模水力発電の可能性

#### 候補地の選定

かんがい用水量および各水路のかんがい面積から判断すると、1.0%以上の流量があるのは(a) Limau Manis, (b) Gunung Nago左岸, (c) Gunung Nago右岸, (d) Sungai Latung, (e) Koto Tuo左岸, (f) Koto Tuo右岸の6カ所だけである。

これら6カ所のかんがい水路網を踏査した結果、Sungai Latung, Koto Tuo左右岸については、水路の勾配が小さく、水力発電には不適であると判断された。さらに、調査団による水路縦断測量結果により、勾配が $1/50$ 以上であり短距離で高い落差が得られる候補地として次のものを選定した。

- a. Limau Manis - 1
- b. Limau Manis - 2
- c. Gunung Nago 左岸
- d. Gunung Nago 右岸

## 水力発電量

かんがい用水を発電に使用するにあたり、Tabingにおける年降雨量を調査した結果、1982年が1975年以降の7年間で最大渇水年であることが明らかになった。従って、1982年のかんがい水路の流況を発電用水の流況とした。また75日流量を、最大発電量に対応する最大流量と考え計画に用いた。

水路縦断および発電用水の流況をもとに、最大出力と年間発電量を表1.1.1に示す通り推定した。それらをまとめると以下の通りである。

項 目	L.Manis-1	L.Manis-2	G.Nago 左岸	G.Nago 右岸
導水路長(m)	217	358	250	301
導水管				
長さ(m)	21	20	10	13
直径(m)	0.50	0.50	0.85	0.90
全水頭(m)	11.6	11.0	5.2	6.8
最大出力(kw)	105	97	128	194
年間発電量(MWh)	385	357	462	640

### 1.1.3.3 電力の利用

Limau Manis-1および2の周辺には、Kel. Jawa Gadut という全世帯数170の村落があるが、いまだ電化されていない。しかし、近い将来、パダン市によるBantuan Desa (Bangdes) 電化事業(1983/84)によりディーゼル発電所が建設され、この村落に送電されることになっている。この発電出力は15KWで予算は140万ルピアである。さらに、最近建設された国家電力省のBandar Buat発電所から、わずか4kmの距離にある。

また、Gunung Nago 左岸かんがい水路沿いにある村落(Kel. Pasar Baru)はすでに電化されている。さらに、Gunung Nago 右岸発電所候補地のそばにある対岸の村落(Kp. Kuranji)には1500世帯が居住しているが、村役場の話によると現在電化の具体案がないにも拘らず、電力省のBandar Buat 発電所が2km先にあるため電力省のシステムにより電化が可能であるとのことであった。

以上の状況から判断して、これらの地域に対する小規模水力発電事業は現在のところ見込みは薄い様である。しかし、石油取得の難しい条件のもとでの天然資源開発の観点に立てば、当事業も将来においては、家庭同様、農作業の電化のために取り上げられるかも知れない。