

インドネシア国
ワヤカタン省各河川
流域調査結果報告書

調査報告書

平成 4 年 3 月

国際協力事業団

社団法人
C.R.C.S.
92-076

JICA LIBRARY



1100910(7)

24318

インドネシア国

ブラワン-パダン統合河川
流域開発計画調査

要約報告書

平成4年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

24318

序 文

日本政府はインドネシア共和国政府の要請に基づき、同国のブラワンパーパダン統合河川流域開発計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成2年5月から平成4年1月までの間、3回にわたり、株式会社建設技術研究所の中広三男氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

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

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

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

平成4年3月

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介

ブラワン-パダン統合河川流域開発計画調査団

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 柳谷 謙介 殿

インドネシア共和国、ブラワン-パダン統合河川流域開発計画調査の最終報告書を提出致します。

本報告書は4分冊で構成されており、各々 (1)概要報告書は調査結果の要約 (2)主報告書は事業形成の詳細と提言 (3)附属報告書は各分野別の技術上の詳述、そして (4)資料集は主に緊急計画についての予備設計図面を収録いたしました。

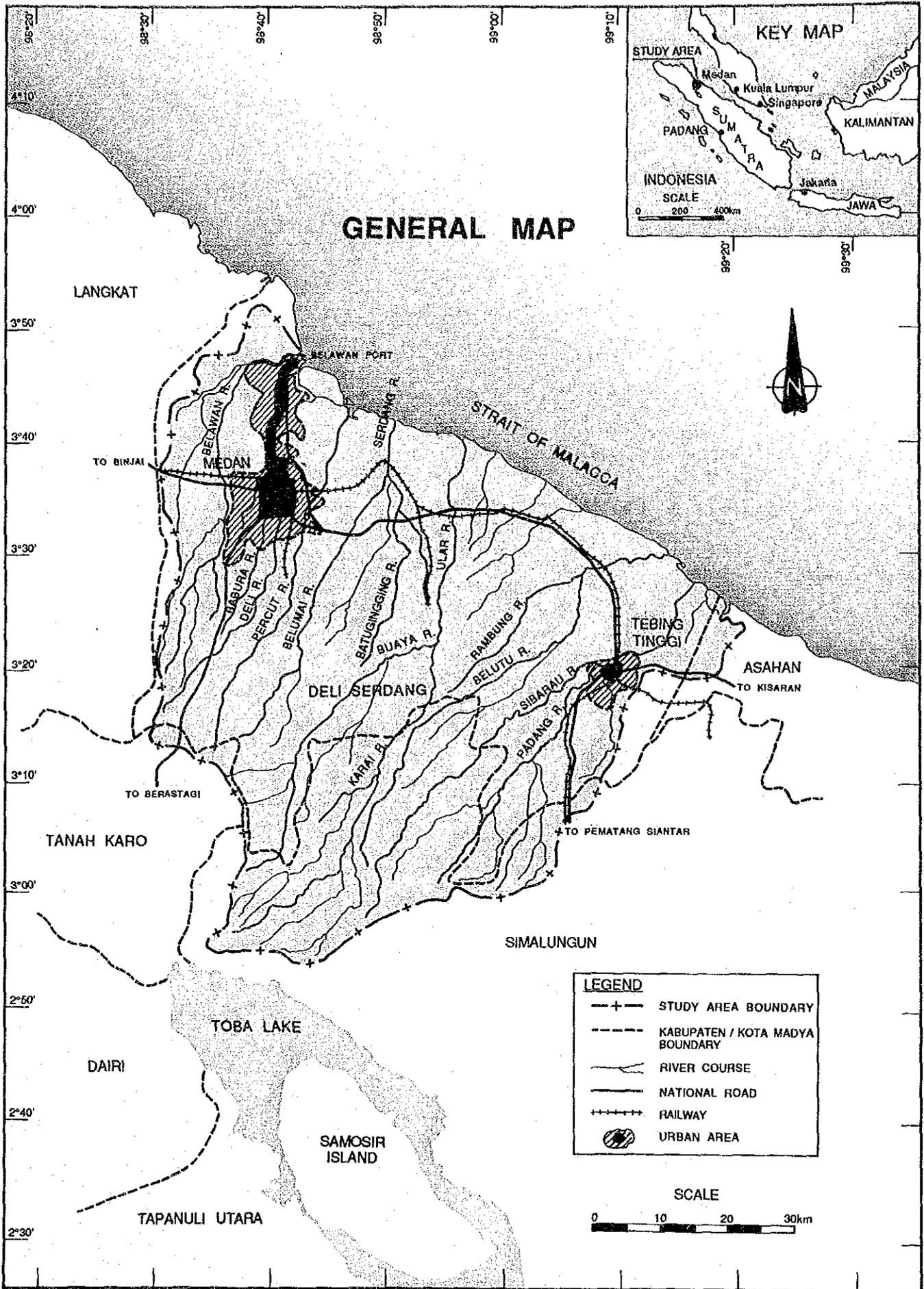
本報告書を提出するにあたり、全調査期間に亘り、多大な御支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、在インドネシア大使館、ならびにインドネシア共和国政府機関の関係各位に対し、心から感謝の意を表すものであります。

本調査の成果がブラワン-パダン統合河川流域の今後の社会開発及び経済発展に向けた事業に資するならば、これに優る光栄はないと考える次第であります。

平成4年3月

調査団長

中広 三男



結 論

1. 調査の目的

本調査の目的は次の2点である。

- (a) 洪水防御と水供給に重点を置き、統合河川流域開発の為のマスタープランを作成する。
- (b) 優先度が高く、緊急な事業についてフィージビリティ調査を実施する。

2. 調査対象地域

調査対象地域は北スマトラ州の北部に位置し、その面積は約 5,800km²に達する。主要7河川（ブラワン、デリ、プルチュット、セルダン、ウラール、ブルトゥ、パダン）とその他の小河川流域からなり、スマトラ島で最大、インドネシアで第3番目の都市メダン市を含む。

3. マスタープラン

3.1 治水計画

マスタープランでの治水計画は、技術的、経済的評価より以下の施設計画が各河川について最適案と結論される。

最適治水計画（マスタープラン）

河 川	治 水 施 設 計 画	備 考
1. ブラワン川	河川改修	延長 21.7km
2. テリ・ガチャット川	河川改修（テリ川）	延長 37.4km
	放水路（テリ・ガチャット）	延長 3.8km
	ナモバタンダム（テリ川上流）	
	河川改修（ガチャット川）	延長 28.0km
	ラウシメメダム（ガチャット川上流）	
3. セルダン川	河川改修	延長 25.4km
4. ウラール川	カライダム	
5. ブルトゥ川	河川改修	延長 32.7km
6. パダン川	河川改修	延長 29.5km

上記計画において、治水計画規模をデリ・プルチュット水系については100年確率とし、他5河川については50年確率とした。

3.2 利水計画

可能な利水施設の経済比較より、次の3施設が計画対象年2010年でのメダン地区（メダン市及び周辺の6行政区）への都市用水供給を充足するものとして選定された。

(a) ラウシメメダム

(b) ナモバタンダム

(c) ブルマイ導水路

3.3 全体計画

マスタープランの治水・利水の施設計画において、ナモバタンダムとラウシメメダムについては、メダン地区に対し治水と利水の2つの機能を有することになる。これら施設を多目的化する事により工事費は約10%減少することが出来る。なお、マスタープランの対象年は2010年、施設の耐用年数はダム、放水路、河川改修について50年、導水路は40年となる。

3.4 プロジェクト評価

対象となる1水系（デリ・プルチュット）と5河川に対するマスタープランの治水・利水及び全体計画の経済評価は以下の通りである。

(1) 治水計画

経済的内部償還率は13.92%、割引率12%で費用-便益比は1.15、純現在価値は34,455百万ルピアとなり経済的にフィージブルとなる。

(2) 利水計画

メダン地区に対する都市用水供給計画について、経済的内部償還率は10.70%となり、水道水源開発計画として十分にフィージブルと考えられる。

(3) 全体計画

治水・利水の全体計画についてデリ・プルチュット水系では経済的内部償還率は13.55%、またこれを含める調査対象地域全体では12.52%となる。

4. 緊急計画

4.1 緊急計画の構成

マスタープランの実施計画に応じて、緊急計画は治水について、デリ・プルチュット水系については治水計画規模30年、パダン川流域については10年を最適案として作成した。利水については、10年確率の渇水年に半旬流量が不足なく都市用水需要を満足することを条件に作成した。これらより緊急計画は次のようになる。

- (1) デリ川改修 : 延長 37.4km, 計画流量 460m³/s(フルティ)
- (2) プルチュット川改修 : 延長 28.0km, 計画流量 300m³/s(トゥバカ)
- (3) 放水路 : 延長 3.8km, 計画流量 120m³/s
- (4) ラウシメダム : ロックフィルタイプ, 高さ 74.5m
総貯水容量 34百万m³
- (5) パダン川改修 : 延長 29.5km, 計画流量 630m³/s(フルール)

4.2 緊急計画の評価

本緊急計画についての経済評価結果を経済的内部償還率を示すと次のようになる。

経済的内部償還率

工 事	EIRR (%)
1. デリ・プルチュット川水系	
全 体	14.35
治 水	17.90
利 水	9.90
2. パダン川流域治水	11.86

ブラウンパダン統合河川流域開発計画調査

概要報告書（案）

	頁
第1章 概 説	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	2
第2章 現 況	3
2.1 自然	3
2.2 社会経済	5
2.3 洪水	7
2.4 水供給	9
2.5 土砂	14
2.6 ダム開発	15
第3章 マスタープラン	16
3.1 治水計画	16
3.2 利水計画	18
3.3 マスタープランの構成	20
3.4 マスタープランの評価	25
第4章 緊急計画	28
4.1 計画作成	28
4.2 河川改修	29
4.3 放水路	30
4.4 ダム貯水池	31
4.5 施工計画と積算	32
4.6 緊急プロジェクトの評価	34
4.7 事業実施計画	35

付図一覧表

<u>図番号</u>	<u>表 題</u>
図 2 - 1	調査対象域地質概要図
図 2 - 2	等年雨量線図
図 2 - 3	確率洪水流量配分図
図 2 - 4	ダム候補地点位置図
図 3 - 1	計画高水流量配分図
図 3 - 2	水供給と水需要
図 3 - 3	マスタープラン実施工程図
図 4 - 1	緊急計画高水流量配分図
図 4 - 2	デリ川緊急河川改修計画（平面、横断図）
図 4 - 3	デリ川緊急河川改修計画（縦断図）
図 4 - 4	プルチュット川緊急河川改修計画（平面、横断図）
図 4 - 5	プルチュット川緊急河川改修計画（縦断図）
図 4 - 6	パダン川緊急河川改修計画（平面、横断図）
図 4 - 7	パダン川緊急河川改修計画（縦断図）
図 4 - 8	最適放水路ルート
図 4 - 9	最適放水路縦断図
図 4 - 10	最適分水路概要図
図 4 - 11	ラウシメメ多目的ダム一般図
図 4 - 12	洪水吐き縦断図
図 4 - 13	緊急事業実施計画

第 1 章 概 説

1.1 調査の背景

本調査対象地域は北スマトラ州の北部に位置し、主要 7 河川、すなわちブラウン、デリ、プルチュット、セルダン、ウラール、ブルトウ及びパダン川といくつかの小河川流域から構成されており、スマトラで最大、インドネシア全国で第三番目の都市メダン市を抱えている。

インドネシア国政府は第 4 次国家開発計画の下、労働力、経済の地域格差の是正、地域開発に必要な水資源開発、開発地域の洪水対策等を積極的に推進しており、特にスマトラ島等外領の開発は国内移住政策と連携して強力に実施されている。

北スマトラ州は、国内移住民の定着率も高く、スマトラ島ではもっとも開発が期待されているところであるが、毎年雨季に発生し甚大な被害をもたらす洪水が開発の大きな阻害要因となっている。また北スマトラ州の州都メダン市は調査地域の総人口 363 万人（1990 年）の約半数を擁する都市であるが、最近における人口増は深刻な水需給の逼迫を招いている。

以上の様な背景より、洪水対策とメダン市等への都市用水供給の為の水資源開発計画に対する技術協力の要請が日本政府になされるに至った。この要請に応じ、国際協力事業団はブラウン-パダン統合河川流域開発計画調査の実施を決定した。本調査は 1990 年（平成 2 年）3 月より始まり 1992 年（平成 4 年）3 月に終了する予定である。

1.2 調査の目的

本調査の目的は次の2点である。

- (1) 洪水防御と水供給に重点を置き、統合河川流域開発の為のマスタープランを作成する。
- (2) 優先度が高く、緊急な事業についてフィージビリティ調査を実施する。

第 2 章 現 況

2.1 自 然

地形・地理

調査対象地域はブラワン川からパダン川流域まで約 5,800km²で、スマトラ島の北スマトラ州の北部（北緯 2° 50′ ~ 3° 50′、東経 98° 30′ ~ 99° 20′）に位置し、北はマラッカ海峡に面している。

地質的には、一般に火山砂におおわれている。これら火山砂は Takur- Takur- Simbolam, Toba 及び Sibayak 山系にそのもとを發しており、主に鮮新-更新世と更新世-完新世期に形成されたものと考えられる。火山砂の主要な部分はトバタフであり、これはトバ火口湖の形成と同時期に形成されたものである。西部の急峻な山地には Bruksah 層が見られ、その後には貫入型の Menden 閃緑岩がある。メダン市周辺には更新世メダン層の堆積層、さらにマラッカ海峡に面する西部地域は完新世の河川堆積物である。調査地域の地質層序を図 2-1 に示す。

調査地域内の主要 7 河川は南部の山地域より北又は北東方向へほぼ平行に流れてマラッカ海峡に注いでいる。これら 7 河川の流域面積は下表の通りである。

調査地域対象河川

河川名	流域面積 (km ²)	主要支川
1 ブラワン	647	
2 デリ	358	バブラ (99km ²)
3 プルチュット	186	
4 セルダン	671	ブルマイ (262km ²) パツギン (343km ²)
5 ウラール	1,081	ブアヤ (440km ²) カライ (573km ²)
6 ブルトウ	500	ランブン (166km ²)
7 パダン	919	シバラウ (224km ²)

気象と水文

スマトラ島の気候は、インドネシアの他地域とは違い、雨季と乾季の間にあまり差がない事で特徴づけられる。これはスマトラ島がマラッカ海峡をはさんでユーラシア大陸の南端に位置し、北東モンスーンや貿易風の影響をほとんど受けないためである。

気温は年平均26°Cで21°C~33°Cの範囲にある。湿度は83%~87%で年平均は85%と高く、また年間蒸発量（計器蒸発量）も1,565mmに達する。北又は北東モンスーンが年間通じてあるが、台風や熱帯低気圧の襲来からは免れている。

降雨量は南部山地域で2,900mm/年、北部海岸平地で1,700mm/年である。季節的には1月から3月が少雨期、9月から12月が多雨期である。等雨量線を図2-2に示す。一般に高度が高い程、雨量も多くなっている。

洪水流量は調査地域内の5ヶ所の自記水位観測所において、欠測が多いものの観測は継続されており、過去10年間の最大洪水流量は以下の通りである。

実績洪水流量

河川名	観測所名	集水面積(km ²)	最大洪水流量(m ³ /s)
1 ブラワン	アムクバツ	209	360 (1989年11月)
2 デリ	シメメ	158	103 (1986年12月)
3 プルチェット	トウンブン	171	178 (1986年12月)
4 セルダン	カブソルダ	671	288 (1987年 6月)
5 ブルトゥ	シラドゥニア	72	27 (1987年12月)
6 パダン	ペンティギ	919	173 (1981年 5月)

また年流況については、降雨量の季節変化が少ないため雨季と乾季で差が小さく、洪水期流出を除き比較的安定している。例えば、流況係数では10前後と小さく、ウラール川では4となっている。

2.2 社会経済

人口と土地利用

(1) 人口

人口統計調査は過去1961年、1971年、1990年に実施されている。最近の統計（1990年）では、インドネシア全国で179,322,000人、北スマトラ州で10,256,207人を数える。平均人口成長率は1980年から1990年で、インドネシア全国で1.97%、北スマトラ州で2.06%となっている。

調査地域での人口は各々、デリセルダン県、シマルングン県（7行政区のみ）メダン市、テビンティンギ市について、1990年の統計で以下の様になる。

県/市	1990年 人口・人口密度及び世帯数				
	面積 (km ²)	人口	人口密度 (人/km ²)	世帯数	世帯構成員数 (人/世帯)
デリセルダン	4,398	1,602,749	364	316,875	5.06
シマルングン*	1,553	178,254	115	36,597	4.87
メダン	265	1,730,752	6,532	324,084	5.34
テビンティンギ	38	116,767	3,079	21,896	5.33
調査地域	6,254	3,628,522	580	699,452	5.19

資料 : 人口センサス, 1990年

注) * 7行政区のみ

調査地域は全体で54行政区 (Kecamatan)、そのうち、デリセルダン県で33、シマルングン県で7、メダン市で11、テビンティンギ市で3行政区である。

(2) 土地利用

北スマトラ州での土地開発は急激で、40%の原生林が既にプランテーション及び田畑に変換されている。調査地域での土地利用も同様に、その多くはゴム、カカオ、パームオイルの大規模プランテーションで、水田は約90,000ha、全体の17%にすぎない。

地域経済

(1) 地域内総生産

北スマトラ州の地域内総生産は、1988年で7兆5920億ルピアでその成長率は17.1%と非常に高く、電力、ガス、水道では最高の成長率25.1%を1983年～88年の5ヶ年に記録している。またGRDPの36.6%を占める農業では同期間年19.6%の成長率である。

(2) 事業所と就業者

1986年に北スマトラには326,839ヶ所、調査地域では141,273ヶ所の事業所があり、その就業者数は各々675,513人、323,932人である。すなわち調査地域は北スマトラ州の約半数を占めていることになる。同年これらの事業所の分布は調査地域内においてデリセルダン県で45,605ヶ所(32%)メダン市で88,949ヶ所(63%)そしてテビンティンギ市は6,719ヶ所である。

(3) 地方行政の予算

北スマトラ州政府の年支出は会計年度1988/89年で290,356百万ルピアで、1980/81年から1988/89年の年増加率は16%である。この支出の内245,681百万ルピア(85%)は経常支出で44,674百万ルピア(15%)は開発事業支出となっている。実に治水事業には7,100百万ルピア、水資源開発には120百万ルピアが会計年度1988/89年の支出である。

メダン都市開発事業

メダン市都市、住宅、水道など開発事業の調査が1978年から1980年10月まで実施され、その後、公共事業省住宅総局のもと、アジア開発銀行（ADB）から融資を受け、第1次事業が実施されている。引き続き、第2次メダン都市開発事業（MUDP II）も開始されているが、その一部は洪水及び水道水源開発事業調査としてブラワン川からセルダン川までの広範囲の地域を対象としたものである。

2.3 洪水

治水工事

調査地域での洪水氾濫の要因は河川からの溢水と内水の2つに分けられる。河川の溢水は改修の終了しているウラール川を除く6河川の中流から下流において頻発しており、内水の問題はメダン、テビンティンギ両市の市街地及び海岸線付近の低地によく見られる。

これら6河川の洪水疎通能力は極めて貧弱で、各河川の2年確率規模の洪水にも達しない。従って治水工事—そのほとんどは河川改修工事—が従来より実施されているが、被害の大きなメダン市にかかるデリ川に集中しており、その一部はOECFやADBの融資によって実施されている。また改修規模は一律に10年確率であり、主に下流域が中心となっている。

確率洪水

洪水の集中時間は河川流域の大きさ、地形より12時間以内と考えられる。洪水流出には従って日雨量をもとに行うが、ガンベル法による100年確率の流域平均日雨量はデリ川、ウラール川、パダン川で各々143.0mm、206.4mm及び177.2mmである。

この確率日雨量より確率洪水流量を算定すると 100年確率では、デリ川（フルブティア）、ウラール川（プラウタゴール）、パダン川（プロホール）において各々 $690\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1,070\text{m}^3/\text{s}$ 、 $940\text{m}^3/\text{s}$ となる。各河川での確率洪水流量は図2-3に示す。

洪水被害

調査地域の地形が平坦で且つ、北方、海へ向かって一定の傾斜を有してしていることより、溢水した洪水は河道に沿って拡散しながら氾濫し、しかも周辺の微地形によっては部分的に滞留するような形態となる。これらをもとに氾濫計算を行って得た想定最大氾濫域は6河川合計で約 500km^2 、ブラワン川で最も小さく、セルダン川で最大となる。

年平均洪水被害額は次式より算定される。

$$d = \int_{Q_1}^{Q_2} D(Q) P(Q) dQ$$

ここで d = 年平均洪水被害

Q = 洪水流量

$D(Q)$ = 洪水流量 Q による被害額

$P(Q)$ = 洪水流量 Q の生起確率

Q_1 = 無害流量

Q_2 = 計画洪水流量

各河川、各確率年についての年平均被害額は以下の様に算出される。

年平均洪水被害額（百万ルピア）

確率年	(1) ブラワン川	(2) デリ川	(3) カチョット川	(4) セルダン川	(5) ウラル川	(6) カトウ川	(7) バダン川
1 0	324	32,363	2,443	10,919	—	2,019	8,961
2 0	711	35,687	3,059	11,909	460	2,217	9,857
3 0	869	36,919	3,296	12,248	1,080	2,292	10,193
5 0	1,001	37,968	3,491	12,527	1,520	2,354	10,469
1 0 0	—	38,795	3,647	—	—	—	—

2.4 水供給

現在の水源と水利用

(1) 都市／生活用水

メダンの上水道水源はブラワン川及びデリ川の河川表流水、上流山腹の湧水及び地下水である。また水利用については統計で 183,000m³/日が都市／生活用水として使用されている。

都市・生活用水源

水 源	供給量 (m ³ /日)
1. シボランギ湧水	46,000 (530)
2. スンガル (ブラワン川)	90,720 (1,050)
3. デリトゥア (デリ川)	30,240 (350)
4. 深井戸	14,750 (170)
5. ブラワン港よりの送水 (深井戸)	1,420 (16)
計	183,130 (2,116)

()内の単位は ℓ/s

メダン市水道公団 (PDAM Tirtanadi) による水道供給については 1990年現在で使用者数 97,081 人そして使用量は 127,177m³/日である。1990年でのメダン市の人口は約 1.7百万人であることより水道普及率は 30%となる。

テビンティンギ市における水道水源はパダン川の表流水である。取水施設は 1981年ブリアンに設置されており、設計取水量は 60 l/s で現在の供給量は 45 l/s である。一方 8ヶ所の深井戸もあり、この総揚水量は 30 l/s で非生活用水 (工業用水その他) に用いられている。1990年 2月の時点でのテビンティンギ市水道公社の使用者数は 2,400 でこれは約 14,400 人に対応し、普及率としては 12% となる。

デリセルダン県の 14行政区については、河川表流水、湧水、地下水を水源とする簡易水道施設がある。河川表流水はタンジュンモラワがブルマイ川から 10 l/s、セイランパがブルトゥ川から 20 l/s 取水している。他の行政区についてはその水源を全部深井戸による地下水に依存しており総揚水量は 60 l/s となる。

一方、同県にはメダン市の水道公団より水供給を受けている 7行政区 (パンチュールバトゥ、ナモランベ、デリトゥア、スンガル、ラブハンデリ、プルチュット、シボランギ) がある。

(2) かんがい用水

調査地域の主要作物は水稻、陸稻、メイズ、キャッサバ、ごま、甘しょ、ピーナッツなどである。水稻は通常 10月から 11月に作付けされ、2月から 4月に収穫となる。水田については、かんがい方法により 4つの種類に分類される。

かんがい方式と水田面積

種 類	面 積 (ha)	比 率 (%)
1. テクニカルかんがい水田	18,824	24.0
2. 準テクニカルかんがい水田	18,890	24.1
3. 簡易かんがい水田	25,952	33.1
4. 天水田	14,700	18.8
計	78,366	100.0

テクニカルかんがい水田はかんがい施設が完備しており、完全二期作が可能であり（作付度200%）、準テクニカルと簡易かんがい水田については、各々作付度は120%及び100%となる。

(3) 工業、商業及び公共用水

メダン市水道公団の資料では、1990年5月現在で、非生活用水は全体の25%となる。また損失率も25%となっている。

(4) 内水面漁業

内水面漁業での養殖には、ミナ田、コラム及びタムバックの3種類がある。ミナ田とコラムは淡水漁業でタムバックは汽水である。調査地域にはミナ田が280ha、コラムが520haあるが用水はかんがい用水の余剰水及び還元水を用いている。またタムバックについては合計で2,100haあるが、そのうち830haのみ稼働中で、用水は降雨を用いている。

現況水需要

(1) 都市・生活用水

第5次国家5ヶ年開発計画（レプリタV）に示されている上水道供給の基準を用い、都市及び河川流域別の都市・生活用水需要を算定した。合計では372,000 m³/日となり、その内訳は次表の通りである。

都市・河川流域別都市生活用水需要量

都市/河川流域	人 口	需要量 (m ³ /日)
メダン市	1,730,753	315,042
テビンティンギ市	116,767	21,294
ブラワン川	326,930	6,813
デリ川	68,221	1,421
プルチュット川	254,594	5,306
セルダン川	293,365	6,114
ウラール川	391,569	7,951
ブルトウ川	224,470	4,678
パダン川	281,428	3,427
計	3,678,096	372,046

(2) かんがい用水

かんがい用水需要については、ウラール川流域総合開発計画（1978年、JICA）で用いられた用水量単位をもとに算定した。

かんがい用水需要

河川流域	かんがい面積 (ha)	かんがい需要量 (MCM/年)
1. ブラワン	8,242	35.3
2. デリ	4,940	44.1
3. プルチュット	5,356	30.0
4. セルダン	14,879	84.2
5. ウラール	24,296	349.8
6. ブルトウ	11,398	79.9
7. パダン	9,255	31.8
計	78,366	655.1

(3) 河川維持流量

一定の流量については河川の自然状況を急激に変化させないため確保される必要がある。これを河川維持流量というが、調査地域の河川については現在、維持流量は決められていない。

水収支バランス

(1) 水供給可能量

一般に都市・生活用水については、10年に1回程度の渇水についても不足のないように確保されねばならず、かんがい用水についてはそれが5年に1回の渇水に対応する様に考えられている。各河川での水供給可能量を渇水流量より検討した。最も下流に位置する取水可能地点での供給可能量を下表に示す。

各河川流域の水供給可能量

河川	取水地点	集水面積 (km ²)	渇水確率流量 (m ³ /s)			
			20年	10年	5年	平均
ブラワン	ララン	254	5.84	7.39	7.54	8.59
デリ	シメメ	158	5.07	5.70	6.12	7.13
プルチュット	トウンブン*	171	6.06	6.81	7.31	8.52
セルダン	タソソマワ	250	8.18	9.03	10.70	12.19
ウラール	ワウタゴル	1,031	35.67	43.68	45.67	57.82
ブルトウ	セイランパ**	423	12.43	13.02	13.59	15.15
パダン	ティンティンギ	919	32.60	34.13	35.64	39.72

* デリ川シメメ地点の比流量より

** パダン川ティンティンギの比流量より

(2) 現況水収支バランス

実際の取水量、特にかんがい用水について明らかでないため、現況の水需要をもとに水収支バランスを検討した。シミュレーションは1969年から1988年の20年間について行った。対象7河川の内、ブラワン、デリ、プルチュット、ブルトウの4河川について水不足が頻発し、一方セルダン、ウラール、パダンについては余剰が算定される。

2.5 土砂

現在の土砂流出

調査地域では一般に、大規模な崩壊もしくは溪流侵食はなく、上流山地は良好な森林におおわれ、安定しているので大量の土砂生産はない。

しかしながら、セルダン、ウラール、ブルトウ及びパダン川の上流には小規模の表層侵食や表面崩壊が見られる。これらは主に焼畑農業による伐採が原因と考えられる。セルダン川以西のブラワン、デリ、プルチュット川については河岸侵食もなく河道は安定している。バトゥギンギン川（セルダン川の右支川）とブルトウ川はシルトと砂の含有が高く、砂州の発達が見られる。ウラール川とパダン川の上流河道は下方侵食が卓越し深い溪谷を呈している。また河道湾曲部には堆砂が多い。

土砂収支

7 河川の平均土砂生産率は年間約 $430\text{m}^3/\text{km}^2$ でこの量は通常の地理学的変位と考えられる。各河川流域別の土砂収支を下表に示す。

年土砂収支

河川	集水面積 (km^2)	年土砂量 ($1,000\text{m}^3/\text{年}$)		
		生産	堆積	流出*
1. ブラワン	618	200.1	59.9	140.2
2. デリ	358	140.8	43.4	97.4
3. プルチュット	186	61.1	14.2	46.9
4. セルダン	671	383.0	114.4	271.6
5. ウラール	1,081	517.9	124.4	393.5
6. ブルトウ	500	167.6	80.3	87.3
7. パダン	919	413.2	146.5	266.7
計	4,333	1,883.7	580.1	1,303.6

流出は最下流端での値

2.6 ダム開発

可能なダムサイト

8ヶ所の可能ダムサイトが現地調査と 1/5万の地形図より確認された。ウラル川についてはその支川ブアヤ及びカライ川に各 1ヶ所、他 6ヶ所は他の 6 河川の上流に各 1ヶ所である。位置を図 2-4 に示す。

ダム諸元の比較

8ヶ所のダムについて地形上及び経済上の比較を行った。ダムタイプはいろいろな地質条件に対応出来る事からロックフィルとし、有効貯水容量の評価は毎年回復を前提として検討した。経済的に優位なダムとしてはウラル川、ブルトウ川、パダン川上流のダムに期待されるが、水需要の中心であるメダン市からは遠くメダン市への水供給には不利である。メダン市周辺のダムではデリ川上流のナモバタンダム、プルチュット川上流のラウシメメダムが有望である。候補ダムの諸元を下表に示す。

候補ダムの諸元

ダム名	河川名	集水面積 (km ²)	総貯水容量 (MCM)	開発貯水容量 (MCM)	ダム高 (m)	工事費 (億ルピア)
トウバガソ	ブラワン	76	25	14.8	33	762
ナモバソ	デリ	93	15	15.0	41	538
ラウシメ	プルチュット	105	60	20.6	61	600
セルダン	セルダン	159	15	15.0	38	534
ウラル	ウラル	428	48	48.0	19	238
ウラル	ウラル	500	85	85.0	30	288
ブルトウ	ブルトウ	64	45	13.7	18	151
パダン	パダン	370	31	31.0	34	306

第3章 マスタープラン

3.1 治水計画

計画規模と対象地域

(1) 計画規模

治水計画規模はマスタープランについてデリ・プルチュット水系の100年を除き、他5河川は50年とする。デリ・プルチュット両川についてはメダン市を貫流することにより計画規模を大きくした。更にこれら両川は放水路で連結されるため1水系と見なされる。

(2) 対象地域

河川改修の対象区間は100年洪水の溢水による氾濫域内に含まれる区間とする。同様に疎通能力、周辺の土地利用、開発計画も考慮した。対象区間を下表に示す。

河川改修対象区間

河川	対象区間	延長 (km)
1. ブラワン	河口より15km地点から国道	21.7
2. デリ	河口よりティティクニン	37.4
3. プルチュット	河口よりトウンバカウ	28.0
4. セルダン		
(1)セダクとカマイ	河口よりバンダールラブハン	16.5
(2)バクギンソ	ブルマ川との合流点から国道	8.9
5. ウラール	河口からプラウタゴール	31.8
6. ブルトウ	河口からバカラバンバトウ	32.7
7. パダン	河口からシバラウ川合流点	29.5

最適治水計画

本マスタープランでは、治水計画の可能な施設について最適組合せを設定した。まず河川改修計画と策定し、それと放水路との組み合わせ、さらにダムとの組み合わせについて経済的比較を行う。

(1) 河川改修計画

河川改修の基本方針として、法線形は極端な蛇行を避け、さらに計画洪水位を地盤高または既存の堤防高以下とする。原則として横断面は広い複断面を採用する。しかしながら、市街地内においては用地買収、家屋移転を少なくするため、単断面とする。土堤防を採用するが、法勾配が1：2より急な場合または湾曲部については練石積護岸を採用する。調査地域の地形的特性より、一般には平坦で浅い下流河道には広い複断面構造、急勾配で深い中流／上流河道には単断面構造が有効である。

(2) 放水路計画

地形条件及び土地利用の特性より、デリ川の洪水を分水してプルチュット川へ放流する放水路が可能である。工事費の比較より放水路の採用はデリ川フルプティア地点の洪水流量が $500\text{m}^3/\text{s}$ 以上で経済的に有利となる。

(3) 治水ダム計画

8ヶ所の候補ダムについて、治水専用の重力式コンクリートダムを仮定し比較した。河川改修単独と河川改修とダムの組合せとの比較の結果、デリ・プルチュット水系については河川改修とダムの組合せが、ウラール川についてはダム単独が、その他河川については河川改修単独の場合に経済的に有利であるとの結果を得た。

以上の結果をもとに、最適治水計画を以下の表の様に決定した。計画高水流量配分を図3-1に示す。

最適治水計画（マスタープラン）

河川	治水施設計画	備考
1. ブラワン川	河川改修	延長 21.7km
2. テリ・ガチョット川	河川改修（テリ川）	延長 37.4km
	放水路（テリ・ガチョット）	延長 3.8km
	ナモバタンダム（テリ川上流）	
	河川改修（ガチョット川）	延長 28.0km
	ラウシメメダム（ガチョット川上流）	
3. セルダン川	河川改修	延長 25.4km
4. ウラール川	カライダム	
5. ブルトウ川	河川改修	延長 32.7km
6. パダン川	河川改修	延長 29.5km

3.2 利水計画

将来水需要

1995年から2010年までの5ヶ年毎の人口を調査地域について予測した。

2010年における予測人口を下表に示す。

2010年の人口予測（千人）

地域	人口予測
調査地域	5,681
テリセルダン県	2,626
メダン市	2,680
テビンティンギ市	173
シマルンゲン県*	202

#調査地域内に含まれる7行政区のみ

この人口予測とレプリタVにおける住宅総局の基準より算定した都市域並びに各河川流域における都市・生活用水の需要量は下表のようになる。

都市・生活用水需要量

都市/流域	人口(千人)	需要量(m ³ /日)
メダン市	2,679	597,723
テビンティンギ市	173	38,639
ブラワン川	536	24,811
デリ川	112	5,177
プルトチュット川	417	19,322
セルダン川	481	22,264
ウラール川	586	27,117
プルトウ川	360	16,675
パダン川	261	12,074
計	5,605	763,802

最適利水計画

(1) 計画規模と対象地域

利水計画規模は一般に渇水の生起確率をもとに決められる。かんがい用水供給に比べ都市・生活用水の供給についてはその不足の許容度がよりきびしくなっている。そこで、これらを併に取り扱うため計画渇水確率を10年とする。対象地域は河川表流水による上水道水源の開発ということで、メダン市及び周辺の6行政区(メダン市水道公団より水供給を受けている7行政区のうちシボランギを除いたもの)―これをメダン地区とする―と、テビンティンギ市とする。他の行政区については深井戸によって十分に安価な水道水源が得られる程需要が小さいので、これを除くものとする。

(2) 最適施設計画

2010年のティンギ市の都市用水需要量21,300m³/日はパダン川の表流水で十分にまかなわれる。メダン地区の770,000m³/日について新規水源の開発が必要である。最適な施設計画を検討するため、下表に示す5つの施設についてその開発コストを比較した。

新規水源の開発コスト

新規水源施設	開発水量 (MCM/年)	工事費 (百万円)	開発コスト(円/m ³ ・年)
トウナルダム	79	90,000	1,139
ナモバタンダム	52	46,000	885
ラウシメダム	117	124,700	1,066
カマの導水路	82	39,200	478
ウラル 導水路	192	207,100	1,079

これらの開発コストの比較より以下の3つの施設がメダン地区の上水道水源として妥当である。

- (a) ラウシメダム
- (b) ナモバタンダム
- (c) ブルマイ導水路

上記の3施設によって、2010年のメダン地区の都市用水需要は充足され得る。

都市用水供給計画は図3-2に示す通りである。

3.3 マスタープランの構成

全体計画

(1) 多目的開発

治水及び利水計画の施設の中で、ナモバタンダム並びにラウシメダムは、

治水利水の両方に共用出来る。貯水容量ならびにその費用は各々目的別及び総合化によって以下の表の様になる。

ダム貯水池容量と建設費用

ダム名	治 水		利 水		総 合	
	容量 (MCM)	費用 (百万円)	容量 (MCM)	費用 (百万円)	容量 (MCM)	費用 (百万円)
ナモバタン	2.64	23,339	11.00	46,035	14.60	63,554
ラウシメメ	2.80	21,182	29.50	124,652	33.40	141,344

上記の様に、多目的ダムとした時の建設費用はナモバタン、ラウシメメ両ダムについて各々治水、利水単独ダムの建設費用の合計より8%~10%小さくなり、計画の多目的化は経済的に有利となる。

(2) 対象年

治水利水各々の計画で設定されたように、マスタープランの対象年は2010年、ダム及び放水路の耐用年数は50年、導水路のそれは40年となる。

実施計画

マスタープランの実施計画は各コンポーネントの施工順位を以下の条件に従って設定して、作成した。

- (a) 洪水被害の軽減及び都市用水需要の緊急性
- (b) 実施によるより高い経済効率
- (c) インドネシア政府による実施中の事業を強化推進する。

治水計画において、第一の優先度はデリ・プルチュット水系に、次にはパダン川流域にかかわる工事が、当該河川がティンギ市を貫流している事より第2位となる。同様に北スマトラ公共事業局(DPUP)のセルダン川改修

の強化推進を行うために、セルダン川流域が第3位となる。

これらに続きブルトウ川流域についてその治水安全度が極めて低い事により、更にブラワン川、ウラール川 という順で施工の優先順位が与えられる。

以上の事より、治水計画のマスタープランにかかわる施工計画はその期間を1991年から2010年迄の20年とし、以下の様になる。

治水施設の施工計画

工 事	施 工 期 間	
	年	期 間
1. ブラワン川	3	2008 - 2010
2. デリ・プルチュット川	10	1995 - 2004
3. セルダン川	5	2003 - 2007
4. ウラール川	3	2008 - 2010
5. ブルトウ川	5	2006 - 2010
6. パダン川	7	1996 - 2002

一方、利水計画においては、同様にラウシメメダム、ナモバタンダム並びにブルマイ導水路を2010年のメダン地区の都市用水需要を充足する様に組み合わせる。

3つの施設のうち、ラウシメメダムの建設が最も優先される。これはメダン地区の現在の水不足を解消するために急がれるものである。次にナモバタンダム、ブルマイ導水路の順となる。

以上により水道水源施設の施工計画は以下の様になる。

利水施設の施工計画

工 事	施 工 期 間	
	年	期 間
1. ナモバタンダム	4	2001 - 2004
2. ラウシメメダム	4	1995 - 1998
3. ブルマイ導水路	5	2003 - 2007

以上の優先順位より実施計画を作成した図 3 - 3 に示す通りである。

工事費の積算

建設事業費は以下の条件のもとで行なう。

- (a) 基準物価は1991年9月のものとする。
- (b) 物価上昇は内価に対してのみ年8%とする。
- (c) 予備費は工事費及びコンサルタント費の10%とする。
- (d) 通貨交換率を1米ドル= 136円=1,950 ルピアとする。
- (e) 補償費は用地買収と家屋移転の費用でメダン市の統計を用いる。
- (f) 管理費は建設総工事の7%とする。

以上より建設事業費（物価上昇を含めない）は次表のようになる。

建設事業費のまとめ (百万ルピア)

河川名 工事名	工事費	管理費	コンサルタント費	補償費	予備費	合計
1. フラツ川						31,261
河川改修	20,960	1,467	3,144	2,848	2,842	31,261
2. テリ・カチョット川						403,130
テリ川改修	76,652	5,366	11,498	14,310	10,782	118,608
マモタンダム	42,401	2,968	10,288	2,120	5,777	63,554
メダン放水路	21,380	1,497	3,207	3,039	2,912	32,035
カチョット川改修	29,003	2,030	4,350	7,880	4,326	47,589
ラツメダム	102,234	7,156	16,861	2,244	12,849	141,344
3. セルダン川						153,850
河川改修	68,752	4,813	10,313	20,372	10,425	114,675
カマイ導水路	28,782	2,015	4,317	499	3,562	39,175
4. ウラール川						16,076
カライダム	8,977	628	4,309	700	1,462	16,076
5. プルトウ川						56,401
河川改修	34,897	2,443	5,235	8,699	5,127	56,401
6. パダン川						100,544
河川改修	69,792	4,885	10,469	6,257	9,141	100,544
合計	503,830	35,268	83,991	68,968	69,205	761,262

3.4 マスタープランの評価

経済評価

経済評価は経済的内部償還率（EIRR）、純現在価値（NPV）そして、便益－費用比（B/C）によって表される。経済的耐用年数は施設の完成後50年とし、維持管理及び交換費は耐用年中必要とする。

(1) 治水計画

経済評価解析の結果はEIRRで表すと下表の様になる。

経済的内部償還率（％）						
確率年	アラツ川	テリ・プルチュット川	セルダン川	ウラル川	バルウ川	パダン川
10	—	20.03	11.02	—	2.94	11.54
20	0.84	18.49	11.20	8.79	3.14	10.82
30	1.20	18.09	10.96	6.54	3.12	10.36
50	1.33	17.66	10.59	8.92	2.95	9.66
100	—	16.80	—	—	—	—

上記6河川の治水事業の内、テリ・プルチュット川、パダン川そしてセルダン川については10年から30年の確率規模についてEIRRは10%を越える。更にテリ・プルチュット川はその中で最も高い経済的フィージビリティを有する。

統合河川流域全体の治水計画のマスタープラン（テリ・プルチュット川については100年、その他河川は50年）についてはEIRRで13.92%、そして割引率12%でB/Cは1.15、NPVは34,455百万ルピアとなり、全体計画としても、フィージブルと判断される。

(2) 利水計画

利水計画の経済評価も原則的には治水のそれと同様であるが、現計画には水源開発のみで蛇口までの処理施設、配水施設の計画が含まれていない。そこで経済評価は原水の生産における便益と費用の比較より行う。経済評価解析の結果を下表に示す通りである。

経済的内部償還率

施 設	E I R R (%)
1. ラウシメダム	9.69
2. ナモバタンダム	12.12
3. ブルマイ導水路	14.77
4. 全 体	10.70

これらの結果は他の同様の水道事業と比べても十分に高いEIRRを示しており、従ってこれらの事業は経済的にフィージブルであると判断される。

(3) 総合計画

治水利水の両計画を総合したマスタープランに対する経済評価を治水計画規模100年のデリ・プルチュット川水系と統合河川流域全体で行った結果を下表に示す。

総合計画の経済的内部償還率

事業範囲	E I R R (%)
デリ・プルチュット川水系	13.55
統合河川流域	12.52

これから明らかな様に、総合計画についてのデリ・プルチュット水系もしくは統合河川流域の両方について経済的にフィージブルであると結論できる。

社会・環境影響

計画の立案においてすべての施設もしくは河川改修計画は国もしくは地方政府によって決められた、自然保護地域に影響を与えない様に考えられている。ラウシメダムとナモバタンダムの貯水池地域は現在水田やプランテーションなどの生産活動に使用されている土地ではなく、灌木林となっている。更に湛水地域内にはほとんど住居は無く、河川改修計画も出来得る限り移転家屋数や買取用地を少なくするように立案した。

一般に調査地域は植生が豊富でなく、野生動物もプランテーションの広範囲な発展で極めて少ない。それ故、マスタープランの実施が調査地域に与える現在の自然環境への影響は極めて少ない。一方実施による次のような自然及び社会に与える良好な影響が期待出来る。

- (a) 洪水被害の軽減は経済活動を活発にし、衛生的な生活環境をもたらす。
- (b) 水道施設の完備は水生病の発生を抑制する。
- (c) 河川維持流量の確保は河川水質を改善するだけでなく、河川景観の向上を促す。

第 4 章 緊急計画

4.1 計画作成

計画規模

(1) 治水

緊急計画はデリ・プルチュット川について30年確率、パダン川について10年確率とする。計画高水流量配分を図4-1に示す。

(2) 利水

都水用水水源開発の計画規模としては前述した如く、マスタープランと同様に10年確率の渇水に対して対応出来るものとする。すなわち、半旬流量での都市用水需要を満足するものとする。

施設計画

緊急計画におけるデリ・プルチュット川の計画洪水流量はマスタープランのそれと比べ大差がない。従って緊急計画実施にあたってはマスタープランの流量に対して改修を行う事が工事の2重化を避けるため経済的に有利となる。

以上の事より緊急計画における施設計画は以下の様になる。

- | | |
|---------------|---|
| (1) デリ川改修 | : 延長 37.4km, 計画流量 460 m^3/s (フルティイ) |
| (2) プルチュット川改修 | : 延長 28.0km, 計画流量 300 m^3/s (トウバカウ) |
| (3) 放水路 | : 延長 3.8km, 計画流量 120 m^3/s |
| (4) ラウシメメダム | : ロックフィルタイプ, 高さ 74.5m
総貯水容量 34百万 m^3 |
| (5) パダン川改修 | : 延長 29.5km, 計画流量 630 m^3/s (カホ-ル) |

4.2 河川改修

改修計画

(1) デリ川

計画平面及び代表断面を図4-2に計画縦断を図4-3に示す。6ヶ所の極端な蛇行部分のうち、工事費の比較の結果次の2区間について棲水路を採用する。

計画棲水路

区 間	河道延長 (m)	
	現況	棲水路
1. DE. 27+350-DE. 27+930	580	220
2. DE. 29+30 -DE. 29+ 70	730	140

河口からティティパパンまでの下流区間は引堤の上、新規築堤とし、ラブハンデリからシカンビン川合流点まではDPUPによって、買収された用地内に新規河道を設定する。メダン市街地区間は単断面とする。築堤についてはDE. 12から DE. 30の区間を除きその法勾配を1:2とする。護岸は上記法勾配が1:1.5の区間及び湾曲部に設置する。

(2) プルチュット川

計画平面及び代表横断面を図4-4に計画縦断を図4-5に示す。

計画平面は現況河道に沿って河巾約80mとし、複断面を採用する。複断面区間は河口からティティボブロック橋となる。しかし、これより更に上流にある放水路合流部までは広い単断面とする。堤防の法勾配はすべて1:2である。

(3) パダン川

計画平面及び代表横断面を図4-6に計画縦断を図4-7に示す。

棲水路がシバラウ川との合流部蛇行区間に採用された。改修法線は出来る限

り現況に沿って設定した。引堤及び拡巾が計画洪水位を低くするため用いられている。また、引堤については工事費を小さくするため、現況堤の補強及び嵩上げを主に左岸堤に用いている。

河口より国道までは複断面としその上流シバラウ川の合流点まで、テビンティンギの市街地区間を単断面とする。堤防の法勾配はすべて1：2で、市街地の一部及び湾曲部については護岸を設ける。

河川構造物

河川改修に伴う関連構造物の移転及び新設は下表に示す通りである。

移転及び新設河川構造物

河 川	橋 梁	堰	樋 管	配水管
デリ	19(32)	0(0)	5(0)	97(0)
プルチュット	13(15)	1(1)	5(0)	56(0)
パダン	6(6)	1(1)	4(3)	14(0)
放水路	7(1)	0(0)	0(0)	0(0)
計	45(54)	2(2)	14(3)	167(0)

(注) カッコ内は既存構造物の数

4.3 放水路

最適ルート

経済的に最適な放水路ルートについて、その平面計画を図4-8、縦断計画を図4-9に示す。

分土工

分土工の最適計画は次の2条件より設定した。

- (a) デリ川の30年確率洪水流量 $320\text{m}^3/\text{s}$ の40%にあたる $120\text{m}^3/\text{s}$ をプル
チュット川に確実に分水する。
- (b) 常時には、デリ川固有流量が放水路に分水する事なく下流へ流下する。

これら機能を満足するものとしてはデリ川本川堰をオリフィス付の固定堰、放水路への越流には固定堰とする構造が最も適している。また、堰上流の湛水区間は流量の安定化による確実な分水を目的としてこれを確保する。最適分土工案のレイアウトを図4-10に示す。

4.4 ダム貯水池

ダム貯水池

ラウシメメダムの基本諸元は：

目的	：	洪水調節と都市用水供給
ダムタイプ	：	中央コアのロックフィルタイプ
高さ	：	74.5m
クレスト長	：	195m
クレスト標高	：	EL. 256.5m
堤体積	：	1,750,000 m^3

貯水池は：

集水面積	：	105 km^2
湛水面積	：	1.7 km^2 (サーチャージ水位)
堆砂容量	：	550,000 m^3
都市用水容量	：	29,500,000 m^3
洪水調節容量	：	3,900,000 m^3
総貯水容量	：	33,950,000 m^3

関連施設

関連施設の位置並びに基本諸元を図4-11に示す。

(1) 洪水吐

洪水吐はダムサイトの左岸側に設置される。基本諸元は次の様になる。

(図4-12参照)

設計洪水流量	:	360m ³ /s (200年確率の20%増)
型式	:	横越流方式
越流部横断	:	14.4m(NWL) と30.6m(SWL) の2段式

(2) 転流工

ダム建設中の転流についてはトンネル方式を採用し、ダムサイトの左岸の地山を掘削する。基本諸元は次の様になる。

転流工流量	:	180m ³ /s (20年確率)
型式	:	標準馬蹄形
内径	:	6m
延長	:	500m

(3) 取水施設

計画取水量は都市用水供給にかかわる 3,700ℓ/sとなる。取水施設は取水塔形式とし、転流工トンネルを導水路として用いる。

4.5 施工計画と積算

施工計画

緊急プロジェクトの施工計画は目標完成年を2000年とし、対象事業をデリ・プルチュット水系とパダン川流域の2地域に分けて作成する。デリ・プルチュット水系が対象地域にメダン市を包含していること、洪水被害がより大きく、水需要も逼迫していることから優先度は高い。

デリ・プルチュット水系の施設計画の内、プルチュット川の改修が上流側にある施設の建設に先だって完成される必要がある。更に、ラウシメメダムは、少なくともメダン放水路と同時又は早く完成する必要がある。これは放水路によって運ばれるプルチュット川への洪水流量増加分をラウシメメダムによって相殺するためである。

パダン川の改修はマスタープランの枠内での緊急部分の工事となる。
各々の施設の工事期間より施工計画は次の様になる。

- (a) デリ川改修 : 1995年-2000年 (6年間)
- (b) プルチュット川改修 : 1995年-1997年 (3年間)
- (c) メダン放水路 : 1995年-1998年 (4年間)
- (d) ラウシメメダム : 1995年-1998年 (4年間)
- (e) パダン川改修 : 1995年-2002年 (5年間)

積 算

緊急プロジェクトの事業費は下表にまとめた。

緊急プロジェクトの事業費 (百万ルピア)

工 事	外貨	内貨	計
1. 建設基礎工事費			
1.1 デリ川改修	43,924	32,915	76,839
1.2 メダン放水路	13,233	8,118	21,351
1.3 プルチュット川改修	20,348	8,729	29,077
1.4 ラウシメメダム	67,246	34,988	102,234
1.5 パダン川改修	33,503	15,955	49,458
2. 1.の小計	178,254	100,705	278,959
3. コンサルタント費	36,966	6,404	43,370
4. 補償費	0	34,226	34,226
5. 管理費 (1.の7%)	0	19,527	19,527
6. 3.から5.の小計	36,966	60,157	97,123
7. 物価上昇分 (内貨の8%)	0	92,470	92,470
8. 予備費 (6.及び7.の10%)	21,521	25,333	46,854
9. 付加価値税 (6.から8.の10%)	0	51,541	51,541
総 計	236,741	330,206	566,947

4.6 緊急プロジェクトの評価

経済評価

デリ・プルチュット水系については30年確率規模の治水及び都市用水供給計画、パダン川流域については、10年確率規模の治水計画について経済評価を行う。経済評価は、マスタープランと同様施設の耐用年数を完成後50年とし、便益並びに維持管理費を勘案した。河川改修については工事期間中も工事費に比例する便益が生ずるものとした。

経済評価解析結果を下表にまとめた。

経済的内部償還率	
工 事	E I R R (%)
1. デリ・プルチュット川水系	
全体	14.35
治水	17.90
利水	9.90
2. パダン川流域治水	11.86

感応度解析

治水計画のE I R Rは事業費の10%増加又は便益10%減少に対しても、10%以上を維持し、都市用水供給計画についても同様の条件で9%を維持する。

環境影響評価

ラウシメダムに関する環境上の問題は、29種におよぶ植生、20種の野生動物並びに37種の鳥類である。これらのうち数種については政府条令により保護されているが、絶滅に及ぶものはない。メダン放水路の予定ルート周辺の土地

利用は一部水田の他は灌木林である。集落が付近に多いため完成後の維持管理が問題となる。デリ、プルチュット、パダン川の改修にともなう環境上の問題としては水生動植物に対する影響がある。15種の植物と14種の魚類が確認されているが保護対象となっているものはない。社会的には1,500戸の家屋移転が必要となる。

以上をもとにマトリックス手法で解析した環境影響評価結果を下表に示す。

工 事	環境基礎解析			環境重要度 の変化
	資源重要度	環境条件	対応難易度	
ラウシメメダム	5	5	3	-1 (-15%)
メダン放水路	5	4	3	-1 (-12%)
デリ川改修	5	4	3	-1 (-19%)
プルチュット川改修	5	4	3	-1 (-14%)
パダン川改修	5	4	3	-1 (-17%)

(注) スケールは1～5の5段階で5が最も高いものを表す。
()内はスケールを5分割して百分率で表したものの。

4.7 事業実施計画

実施計画

緊急計画の対象地域はデリ・プルチュット水系とパダン川流域となる。前者についてはデリ・プルチュット水系治水利水事業、後者はパダン川改修事業として定義づけられる。

総事業費はデリ・プルチュット水系について493,373百万ルピア、パダン川流域については567百万ルピア(1991年の価格レベル)、となる。これより年平均概算事業費は950億ルピアとなり、これは調査対象地域の地域内総生産額(GRDP)の2.2%に対する。ちなみに北スマトラ州政府の1991年における全開発事業支出は4,500億ルピアである。従って同緊急計画の実施にあたって

は、外国資金の導入が必要となる。

ところで、緊急プロジェクトの内、デリ川改修については前述の様に MUDP II の中に含まれており、政府による改修事業の実施設計に対するレビューの後、1992年初頭より改修工事が始まる予定である。同工事については1991年9月にデリ川の支川バブラ川合流点までの約25kmについての工事契約に対する予備審査公告が出されている。この条件により、デリ・プルチュット水系治水事業はデリ川改修とその他、プルチュット川改修、メダン放水路建設、ラウシメダム建設に分けられる。

前者の事業費は 226,630百万ルピア、後者は 226,743百万ルピアとなる。従ってデリ川改修を除くデリ・プルチュット水系治水事業の年平均概算事業費は約 380億ルピア、メダン川改修事業については約 120億ルピアとなる。

実施計画の方針は、既述のようにデリ・プルチュット水系治水事業がメダン川改修事業より優先される事になり、本調査終了後直ちに実施設計が行われるという前提で、当該事業の完成は2000年となる。実施計画の詳細については図4-13参照。

緊急計画推進に対する提言

(1) 環境と観光の開発

トバ湖はメダン市及びその周辺のみでなく、インドネシア全国あるいは世界的に有名な観光名所となっている。しかしながら、距離的にメダン市より遠いため、メダン市と周辺の住民にとっては、ある程度家計に余裕のある者のみがその恩恵を享受することが出来る。本調査で提案されているラウシメダムは、メダン市の中心より約30kmと近く、周辺も動植物を含め豊富な自然環境と優れた景観を有している。従って、当地でのダム貯水池の建設は、人造湖をうみ、釣りやキャンプ、水泳、ボート漕ぎ等の水辺のリクリエーション環境を創出することが期待される。このような特質とメダン市よりの近さより地元住民にとっての容易なリゾートとして、また北スマトラ全体の観光開発の一助となり得る。従って、当該事業の実施と平行して、ダム周辺環境整備と開発の可能性を検討されるのが望ましい。

(2) 民間からの参加

インドネシアにおける大規模な都市用水開発事業においては、一般に、水源開発は中央政府、特に公共事業省の水資源開発総局によって、多目的水資源開発の一部として行われている。

水源から上水道用水についてはある一定の原水価で水道事業の管轄を行なっている住宅総省または地方政府に分水される。

その後、地方水道局が浄水及び配水施設の建設を行い、その運用維持管理が地方水道公団（PDAM）へ移管される。水道公団は運用維持管理費や拡張施設建設費については、その経営で得られた利益を投入する事になる。ラウシメメダム貯水容量の内 29,000,000 m³ 即ち、全貯水容量の90%は水道用水水源として使われる予定である。

以上のようにラウシメメダムはメダン市と周辺地域に対する洪水防御及び都市用水供給という機能を有しており、またこれら機能の他にメダン市を始め周辺住民の観光開発やリゾート地としての2次的機能も期待されている。

従って、事業完成後の運用維持管理のみではなく、事業実施についても、その事業の周辺もしくは間接的効果の増大を図るため民間の参加が期待される。

(3) 今後の調査

(a) 測量

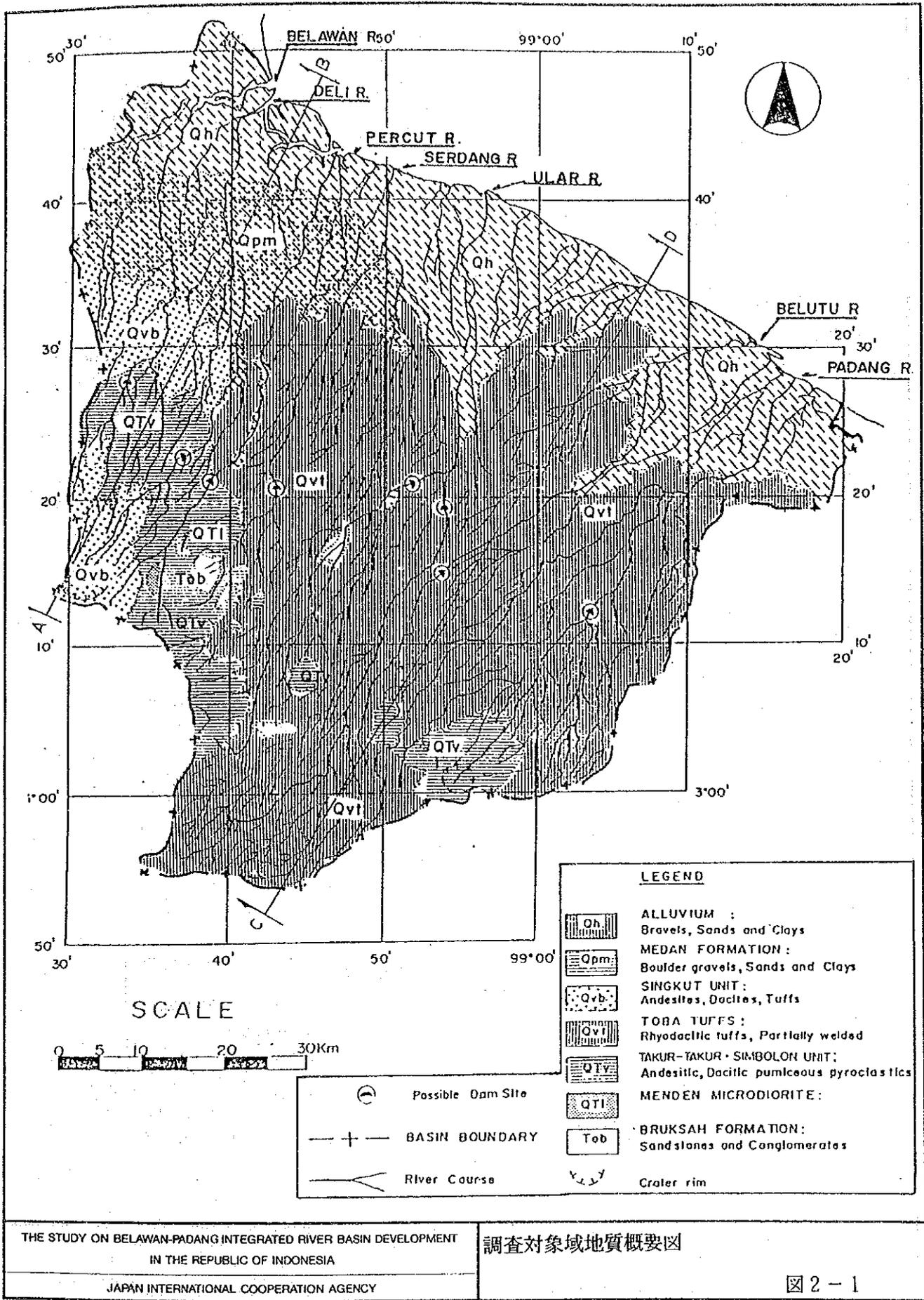
放水路計画については縮尺 1/5,000の地形図によってその検討がなされた。実施設計を行うにあたり、詳細な地形測量及び河川測量が必要である。ラウシメメダムについてはダムサイトには縮尺 1/500、原石山や土取場については縮尺 1/5,000の地形図が重要となる。

(b) 地質調査

本調査では、合計 150mのコアボーリング、現場透水試験及び一軸圧縮試験がラウシメメダム調査のため実施された。今後実施にむけ、ダムサイト及び貯水池鞍部での追加コアボーリング調査と築堤材料やコア材料についての地質・土質調査が不可欠である。

(c) 環境調査

本調査のフィージビリティ対象事業について環境影響調査が実施された。今後当該の環境調査結果をもとにした地方及び中央の環境経営計画（Environmental Management Plan）と環境監視計画（Environmental Monitoring Plan）を作成する。必要がある。

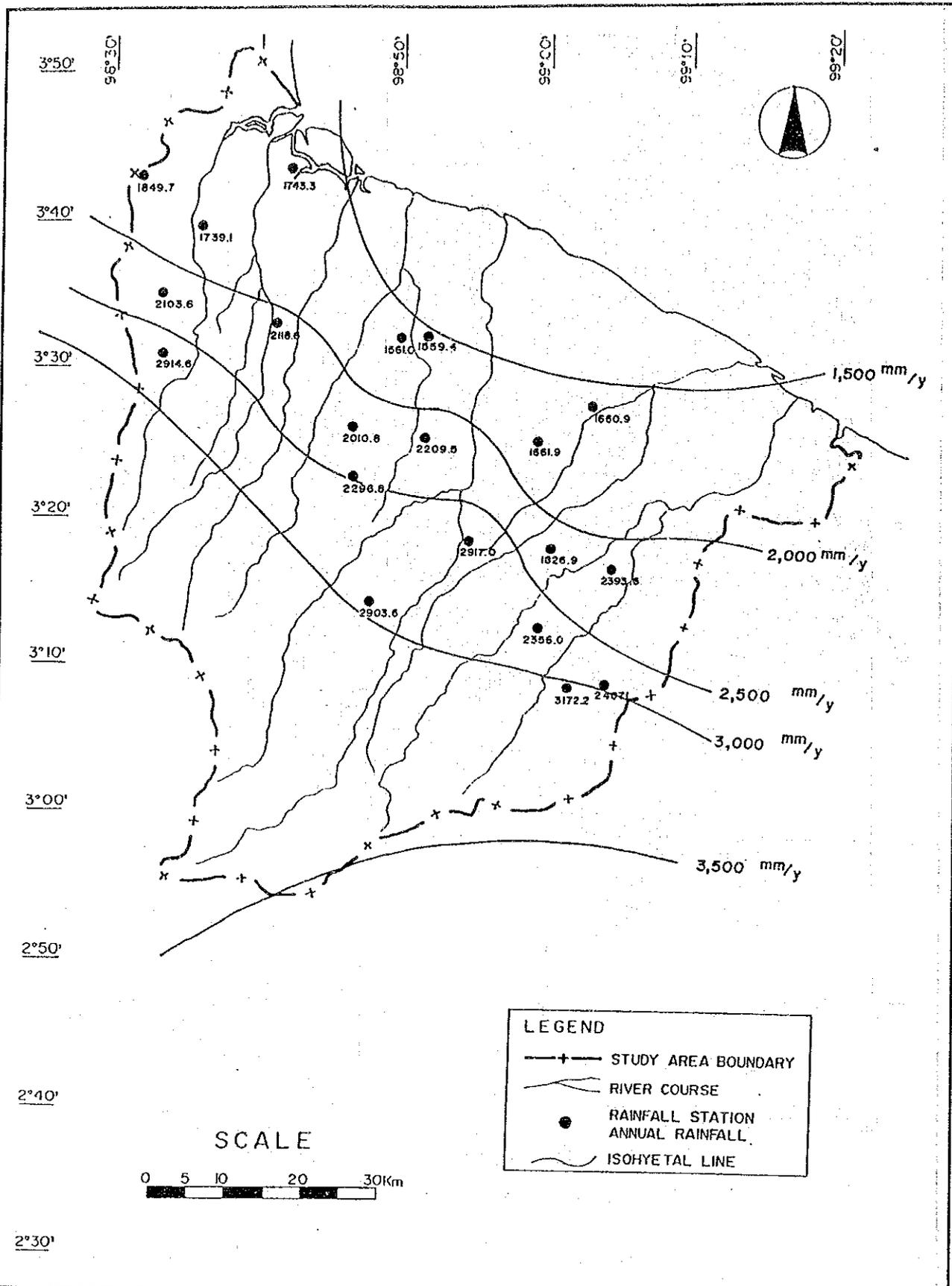


THE STUDY ON BELAWAN-PADANG INTEGRATED RIVER BASIN DEVELOPMENT
IN THE REPUBLIC OF INDONESIA

調査対象域地質概要図

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 2-1

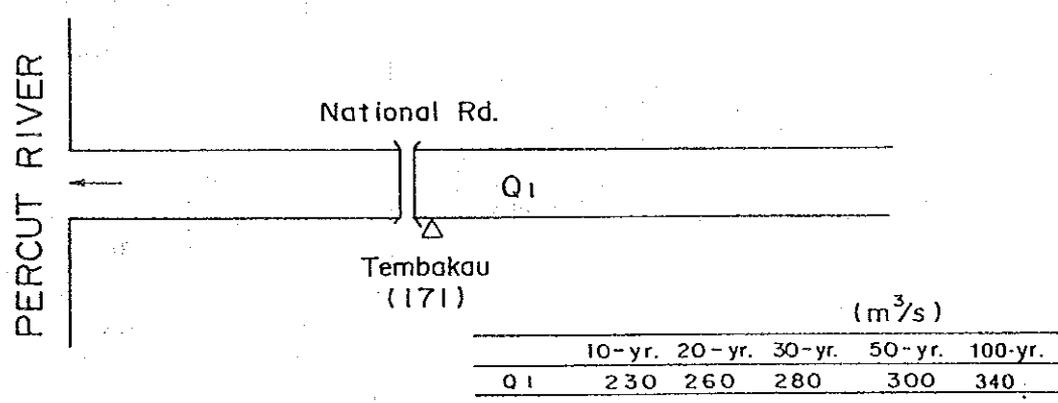
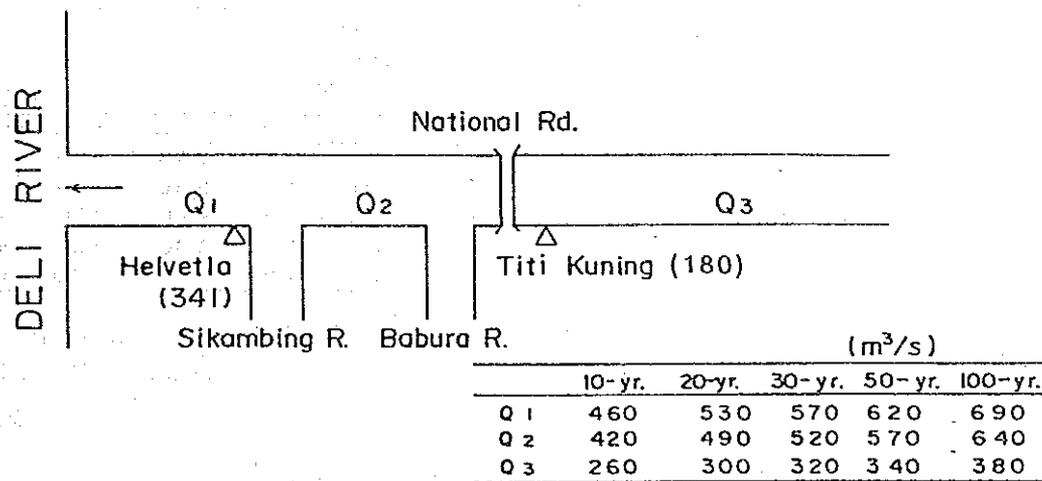
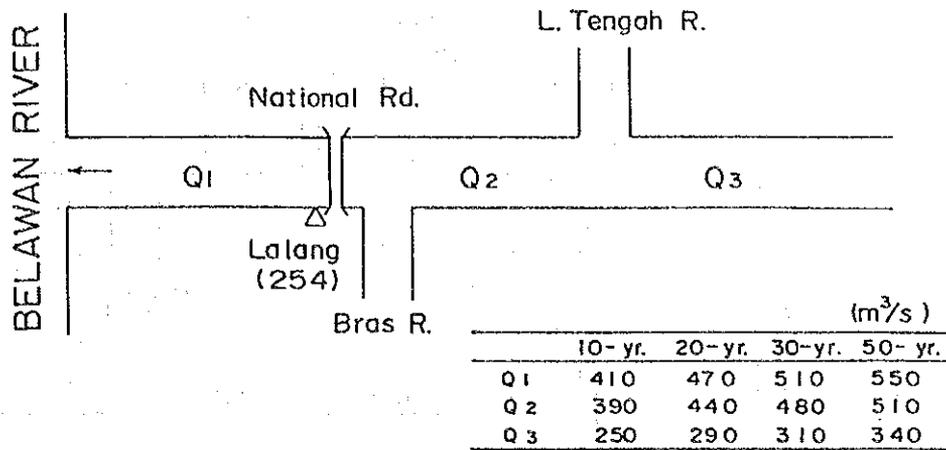


THE STUDY ON BELAWAN-PADANG INTEGRATED RIVER BASIN DEVELOPMENT
IN THE REPUBLIC OF INDONESIA

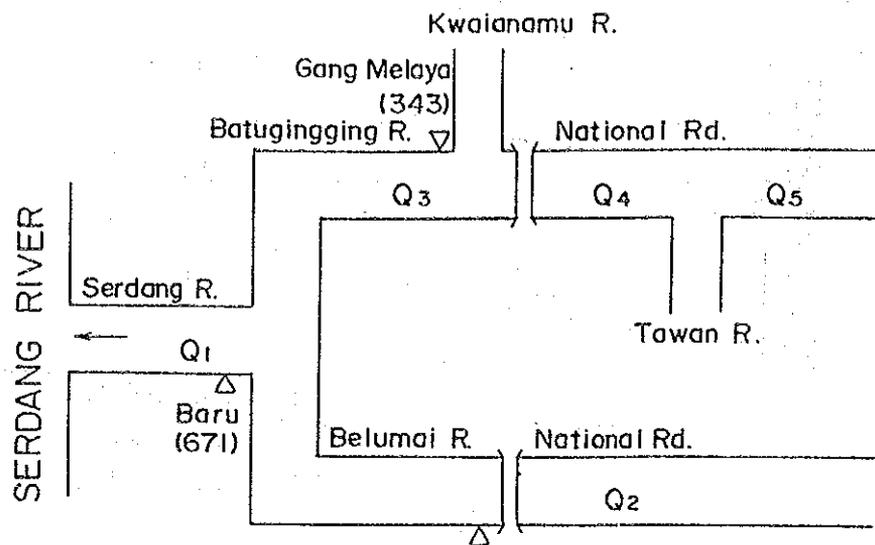
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

等年雨量線図

図 2-2

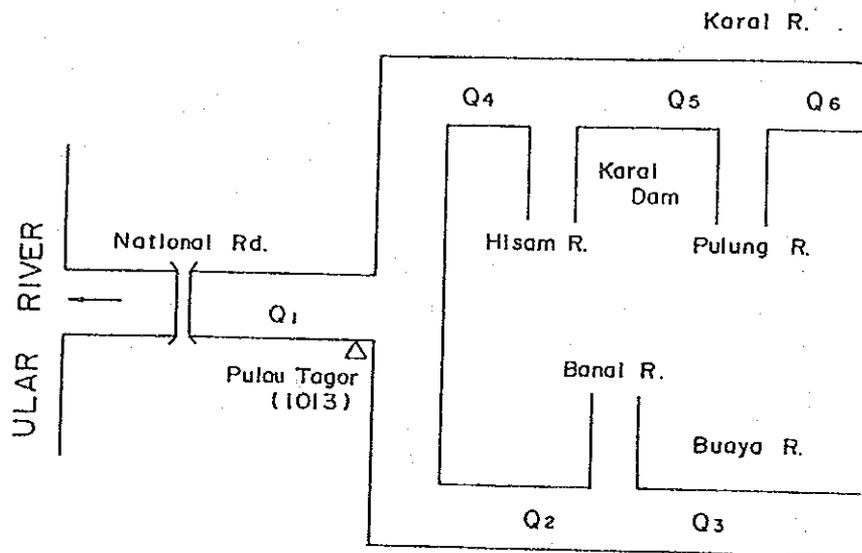


LEGEND
 └┘ River Course
 Δ Reference Point
 (000) Catchment Area (km²)



Buntu (262)

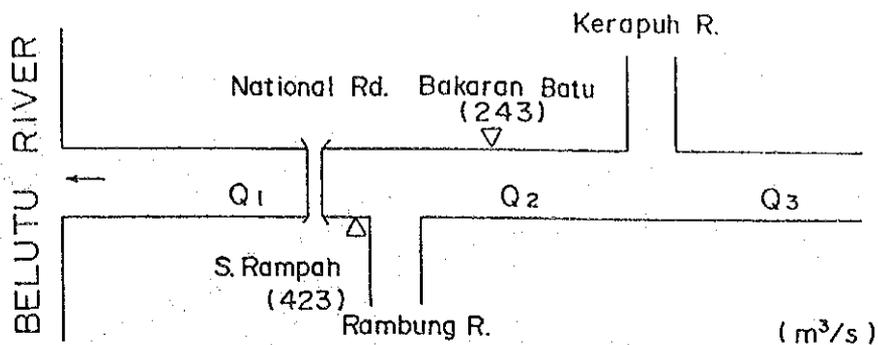
	(m ³ /s)			
	10-yr.	20-yr.	30-yr.	50-yr.
Q1	680	750	800	850
Q2	270	290	310	330
Q3	390	420	450	480
Q4	310	340	360	380
Q5	100	110	120	130



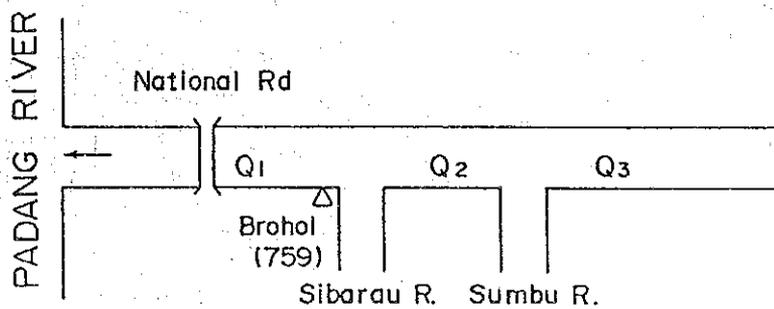
Buaya Dam

	(m ³ /s)			
	10-yr.	20-yr.	30-yr.	50-yr.
Q1	710	820	890	970
Q2	310	360	390	420
Q3	210	240	260	290
Q4	410	470	510	550
Q5	370	420	450	500
Q6	230	260	280	310

LEGEND
 River Course
 Reference Point
 (000) Catchment Area (km²)

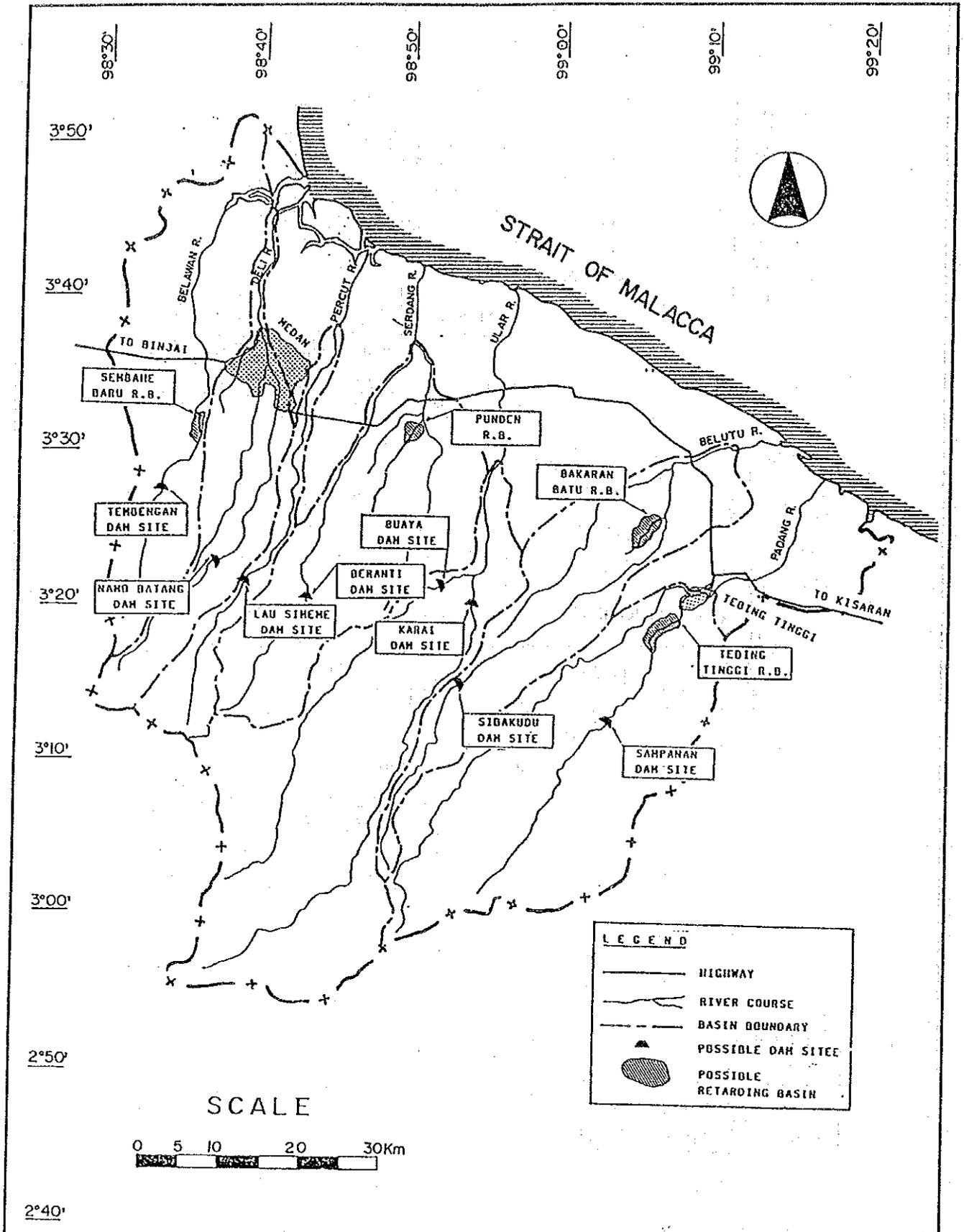


	(m ³ /s)			
	10-yr.	20-yr.	30-yr.	50-yr.
Q1	260	290	310	340
Q2	160	180	190	210
Q3	80	90	95	100



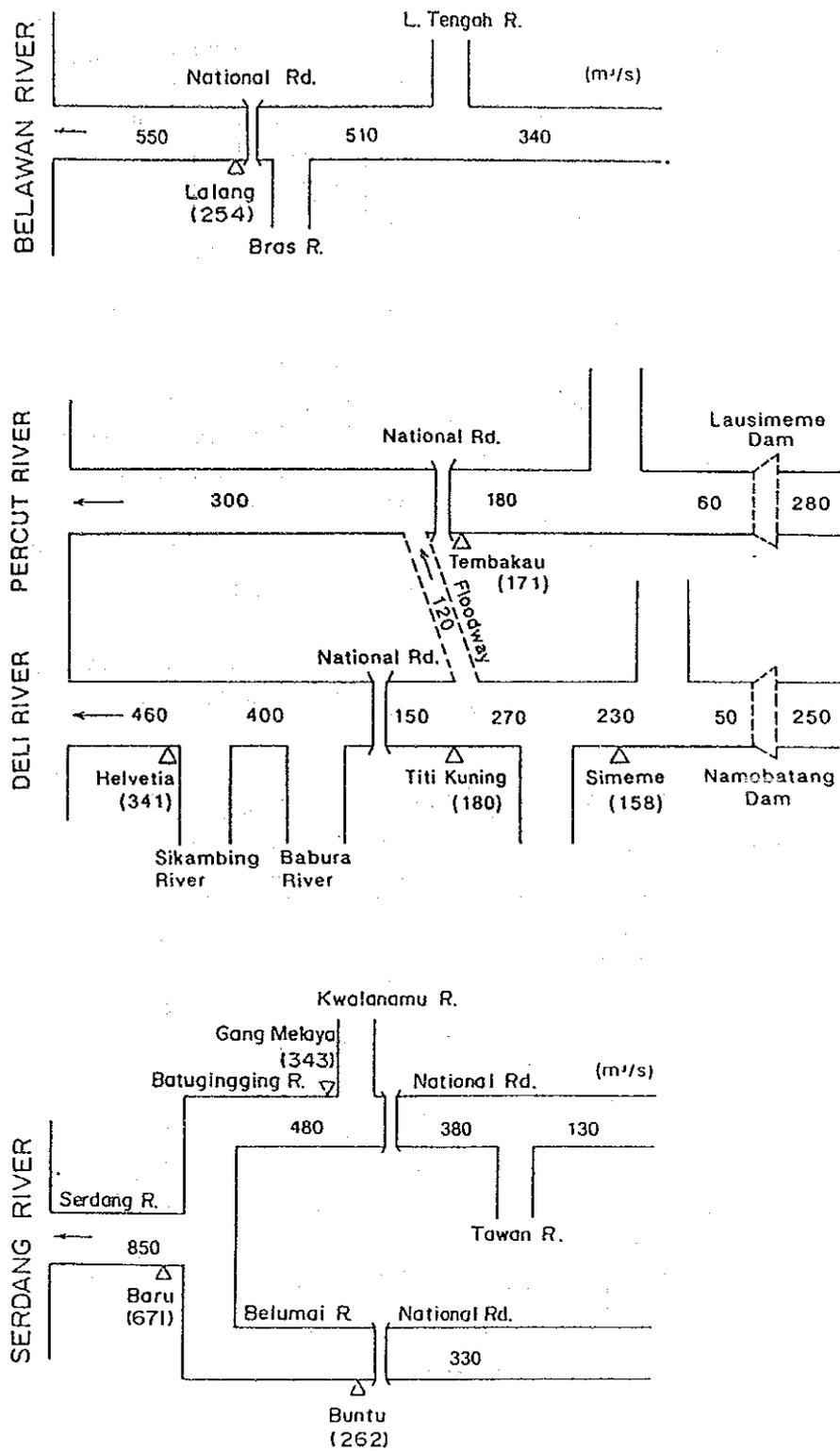
	(m ³ /s)			
	10-yr.	20-yr.	30-yr.	50-yr.
Q1	620	720	770	840
Q2	480	550	580	630
Q3	380	440	470	510

LEGEND	
	River Course
	Reference Point
	Catchment Area (km ²)



THE STUDY ON BELAWAN-PADANG INTEGRATED RIVER BASIN DEVELOPMENT
 IN THE REPUBLIC OF INDONESIA
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

ダム候補地点位置図
 図 2 - 4

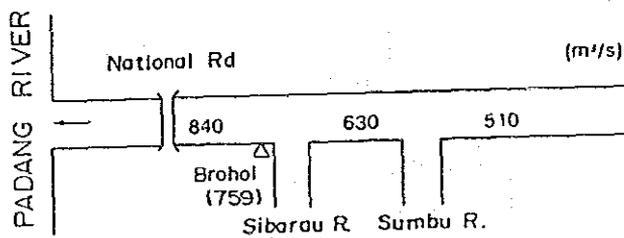
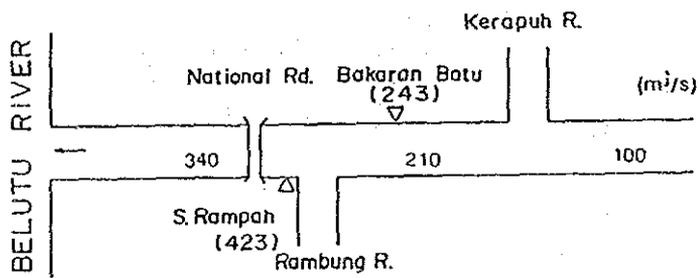
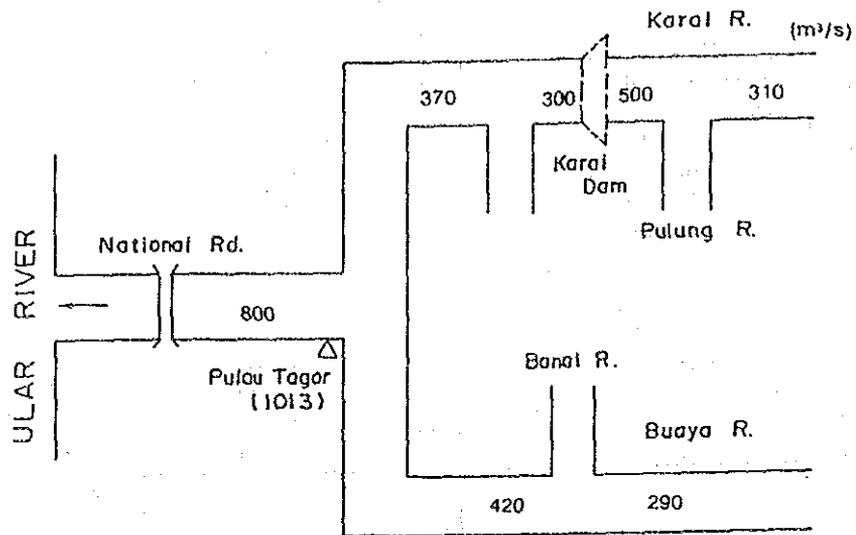


THE STUDY ON BELAWAN-PADANG INTEGRATED RIVER BASIN DEVELOPMENT
IN THE REPUBLIC OF INDONESIA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

計画高水流量配分図

図 3 - 1 (1/2)

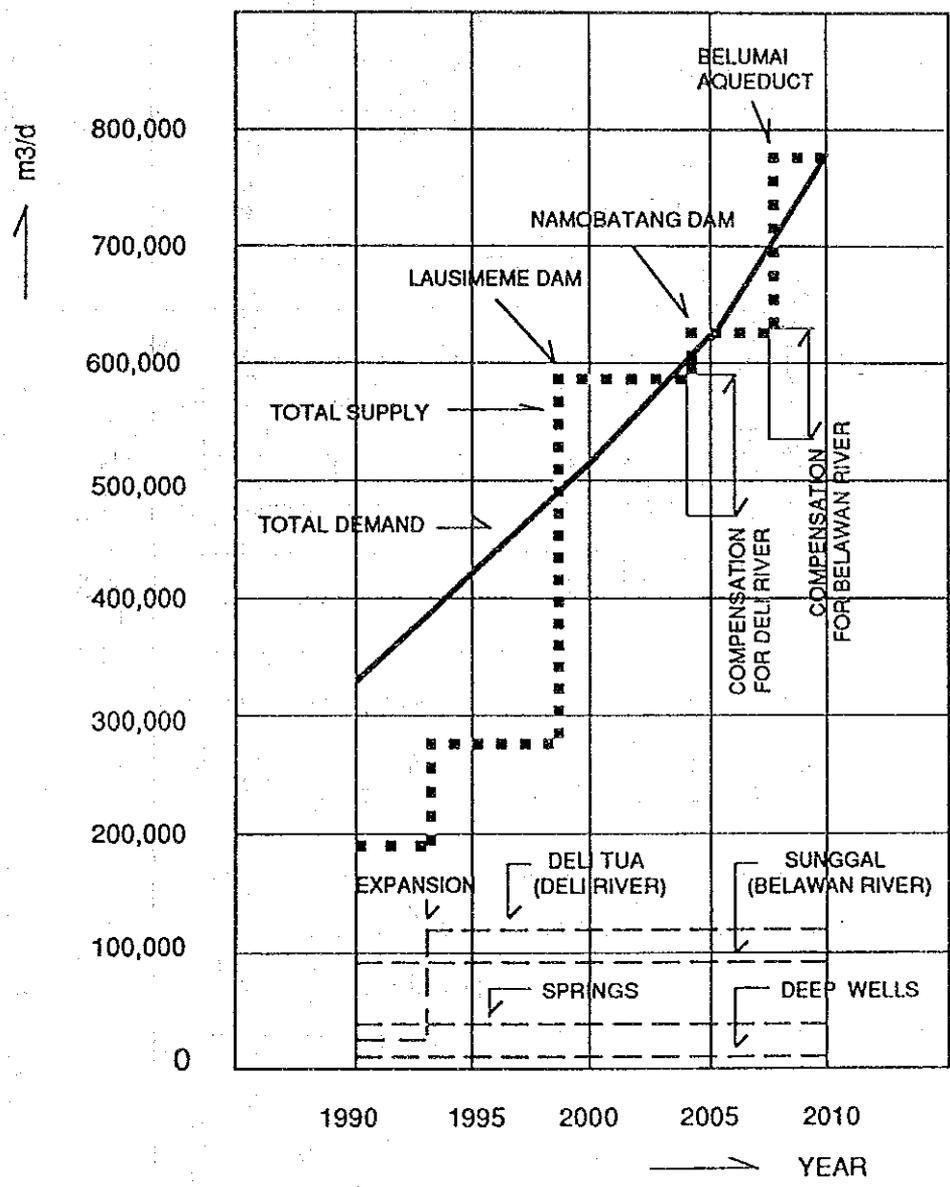


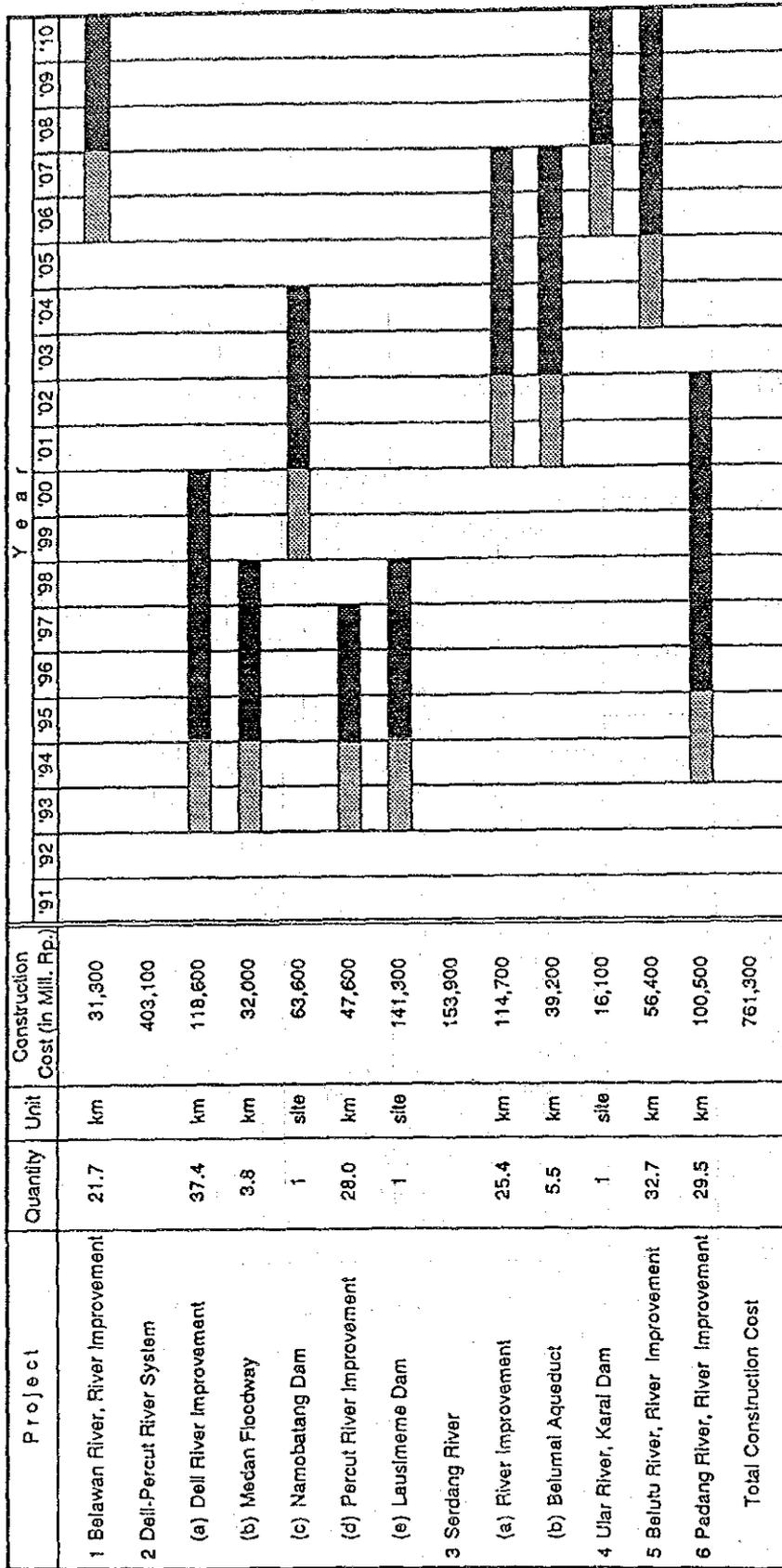
THE STUDY ON BELAWAN-PADANG INTEGRATED RIVER BASIN DEVELOPMENT
IN THE REPUBLIC OF INDONESIA

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

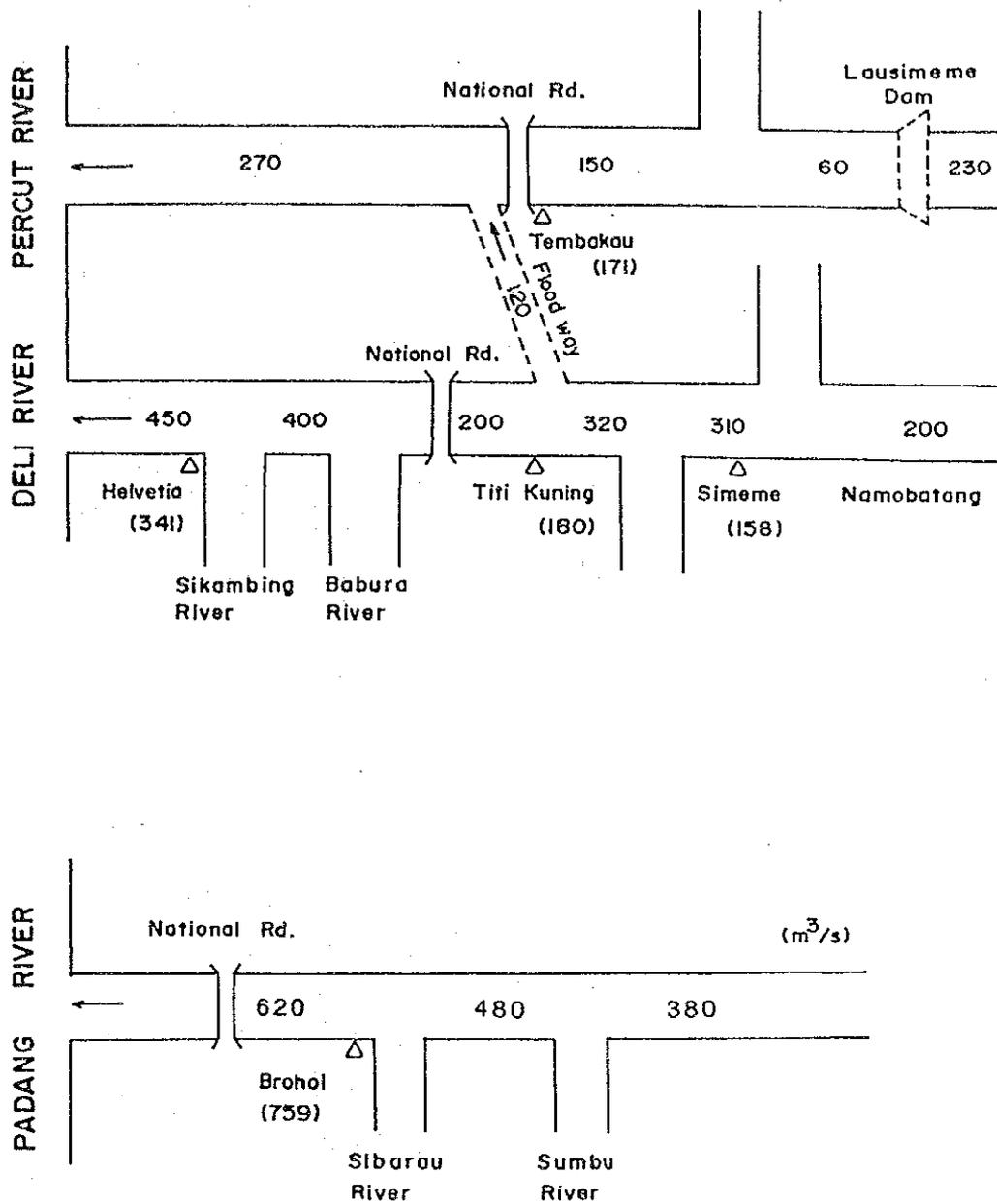
計画高水流量配分図

図3-1 (2/2)





Detailed Design
 Construction

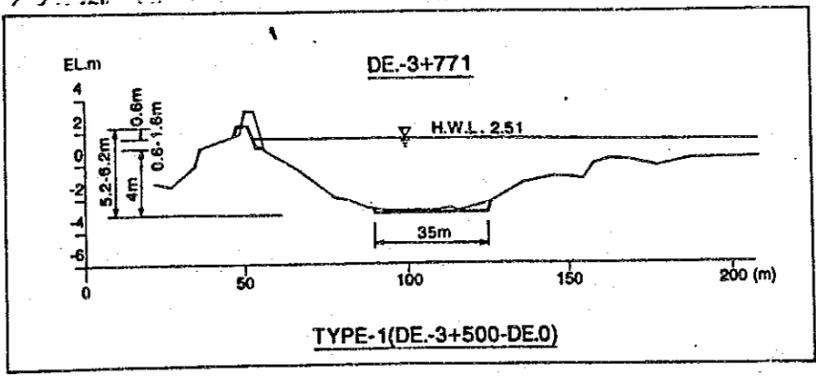
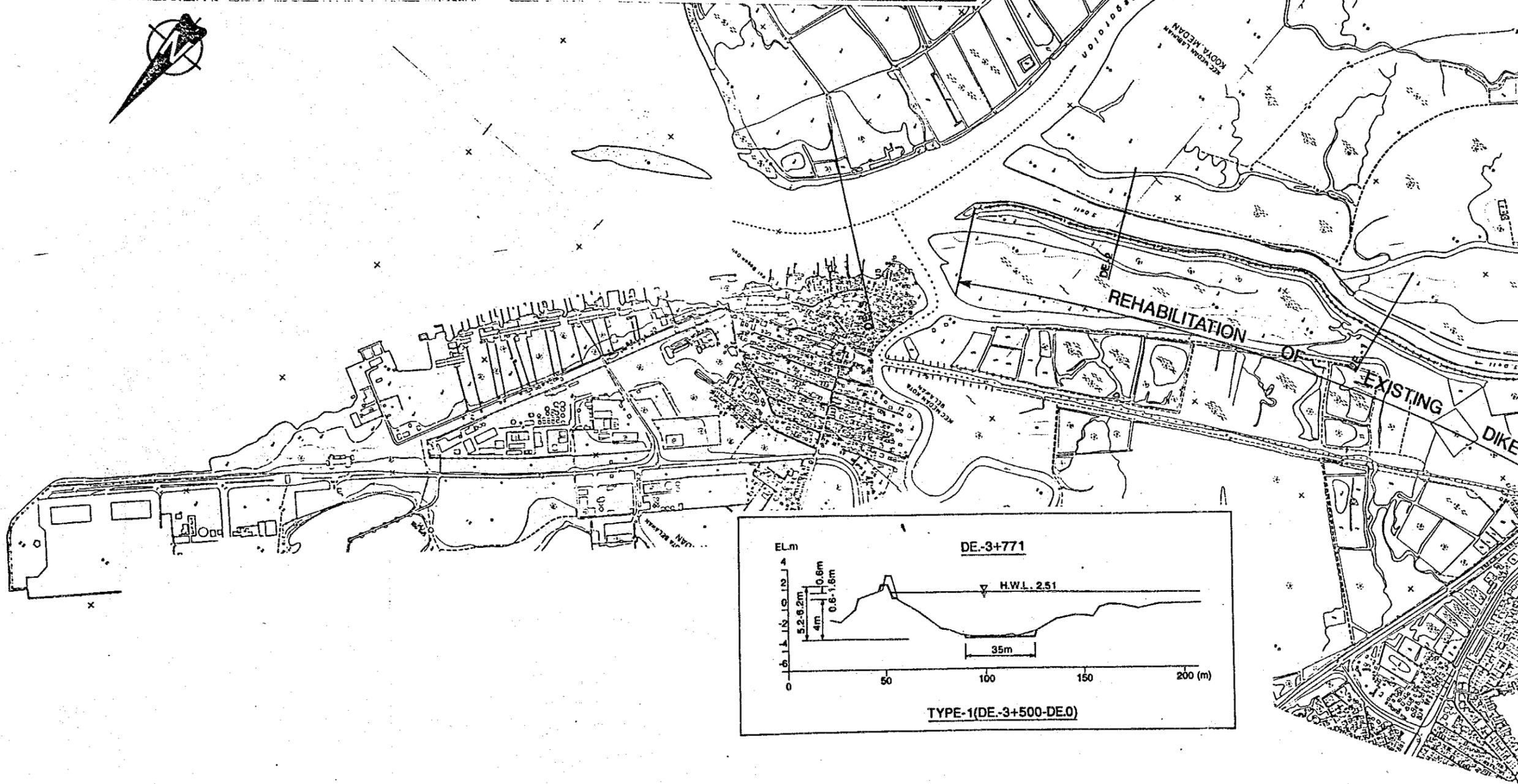
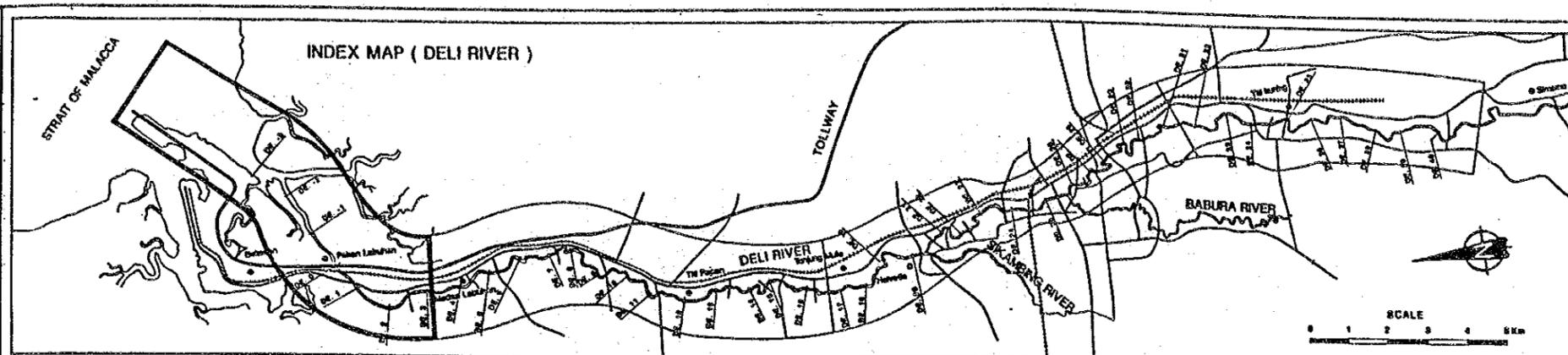


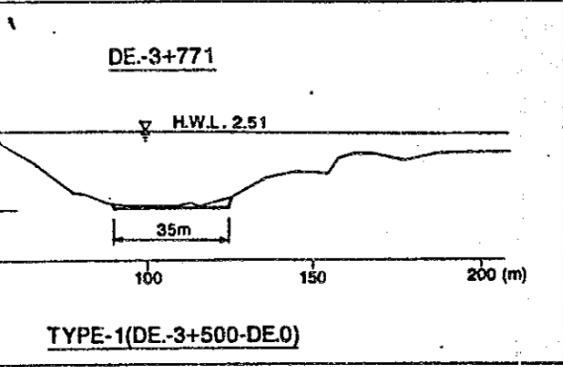
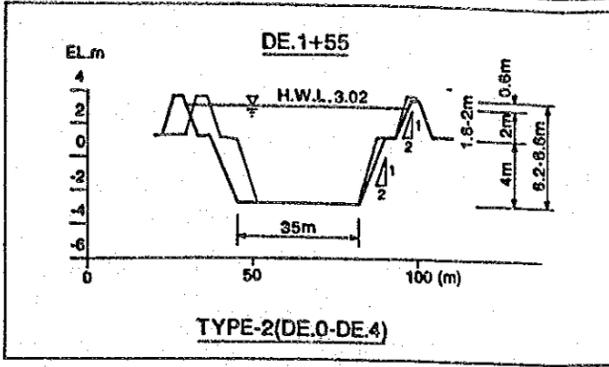
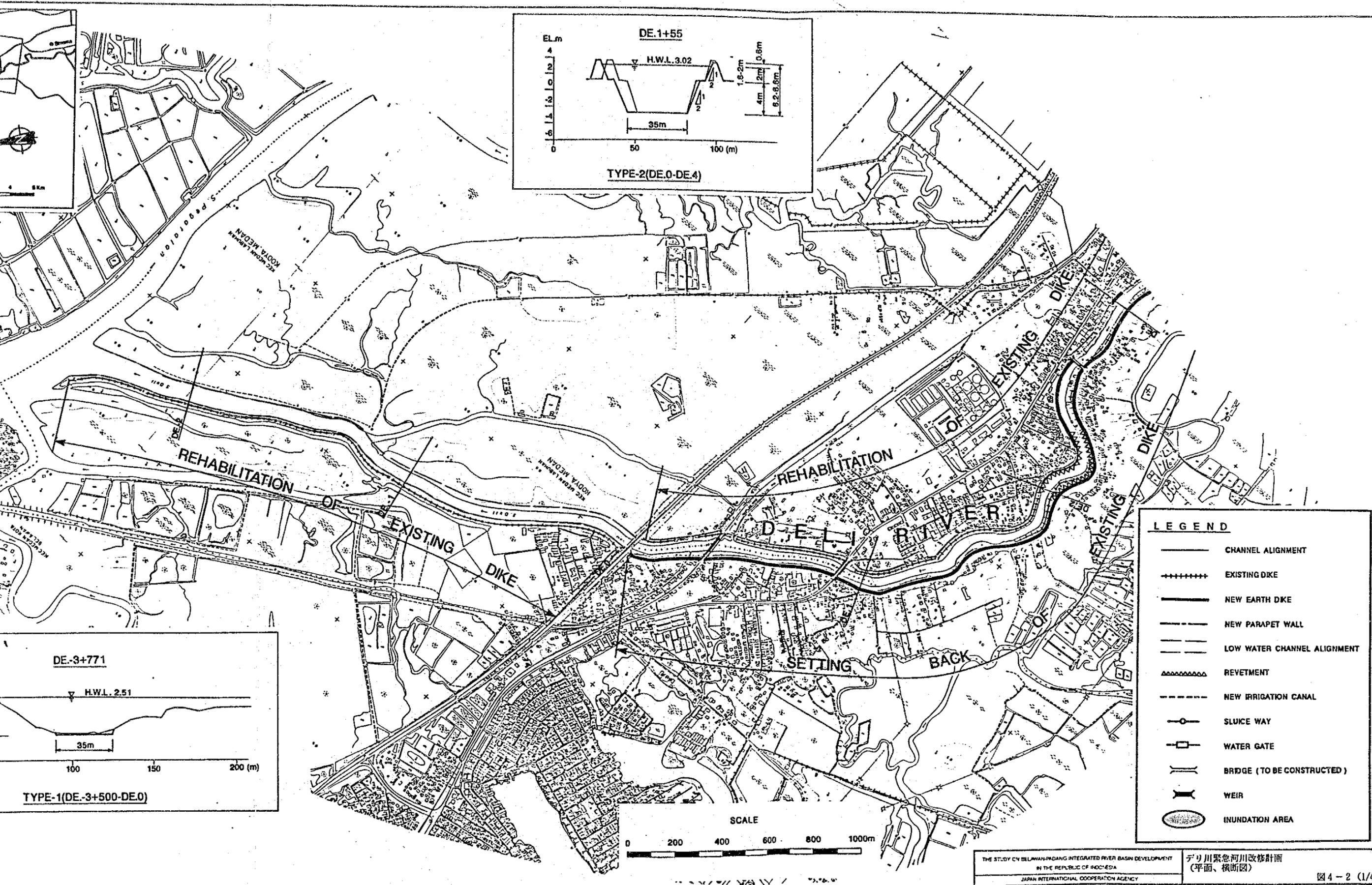
THE STUDY ON BELAWAN-PADANG INTEGRATED RIVER BASIN DEVELOPMENT
IN THE REPUBLIC OF INDONESIA

緊急計画高水流量配分図

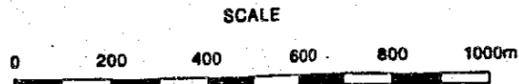
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

図 4 - 1



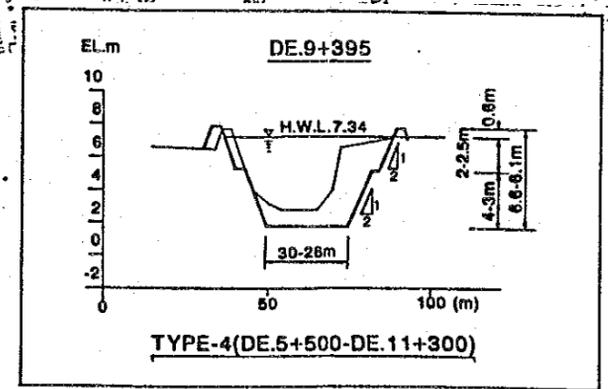
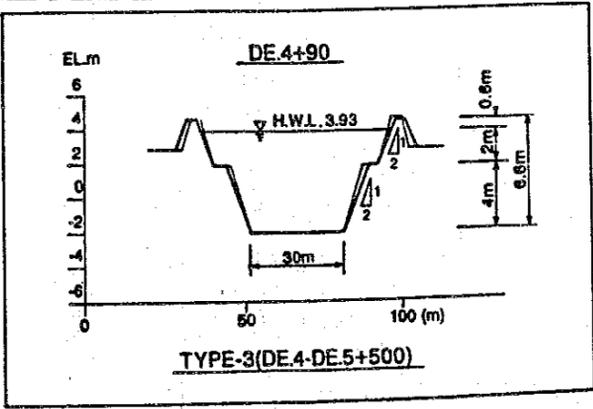
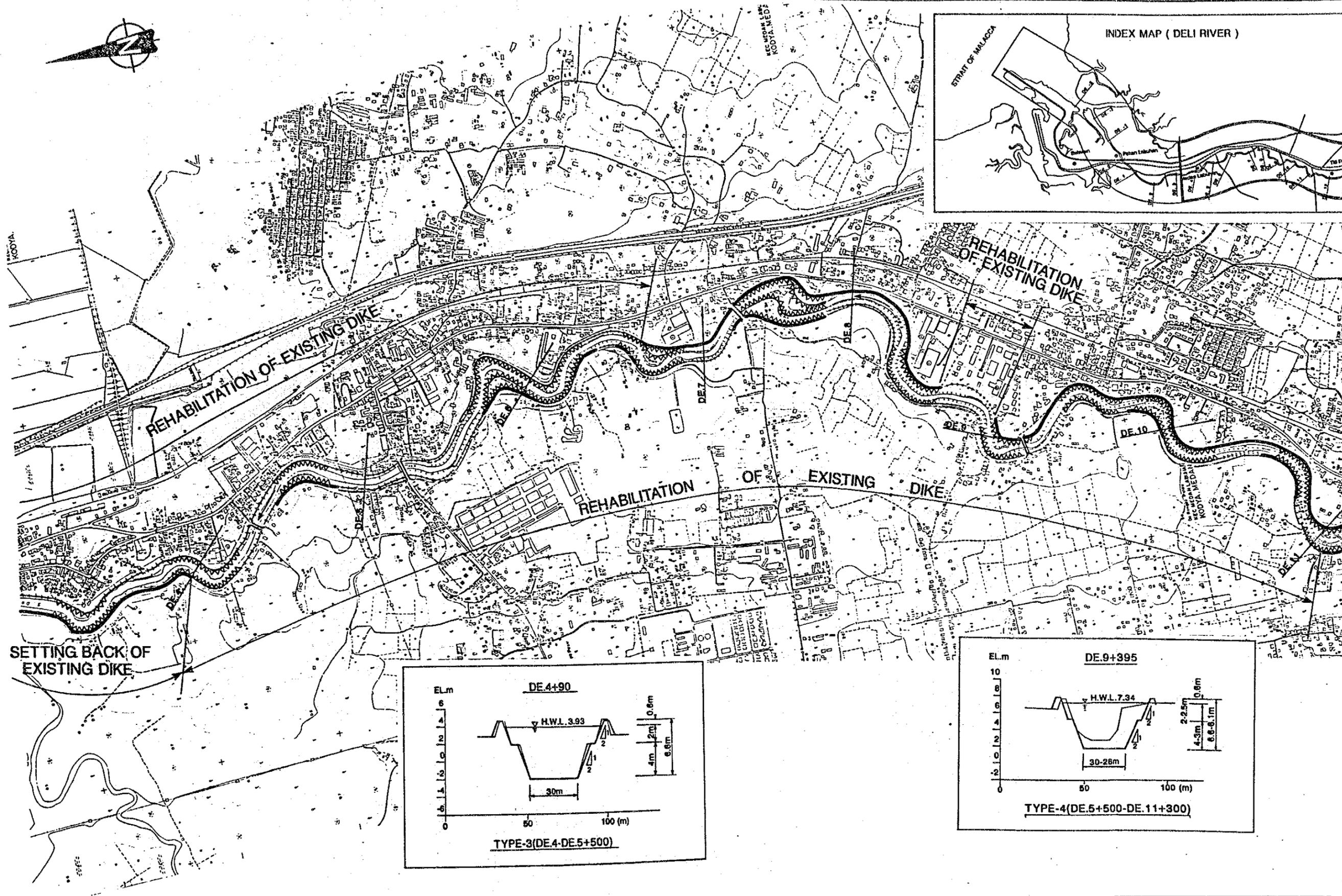
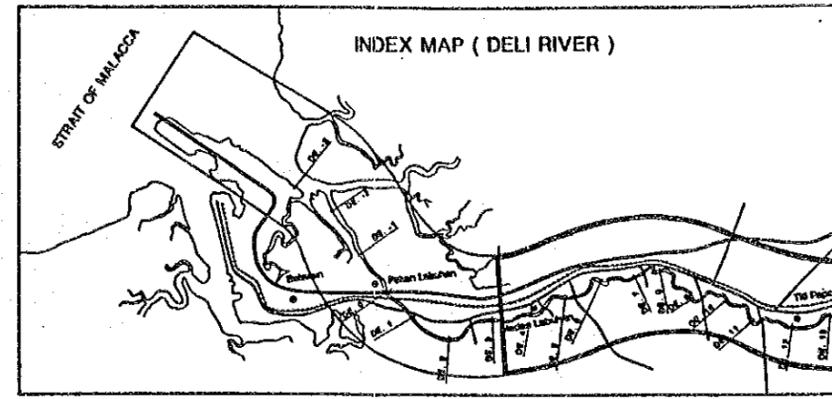


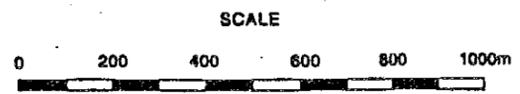
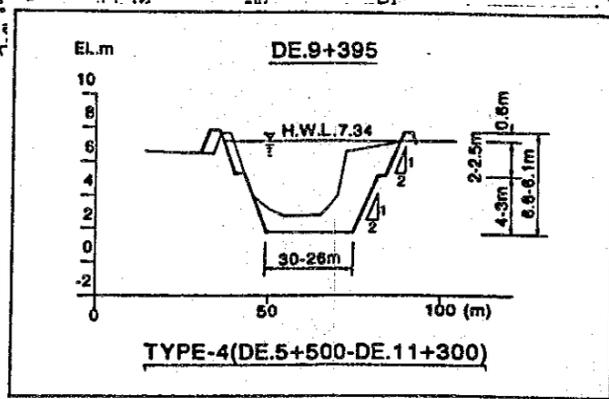
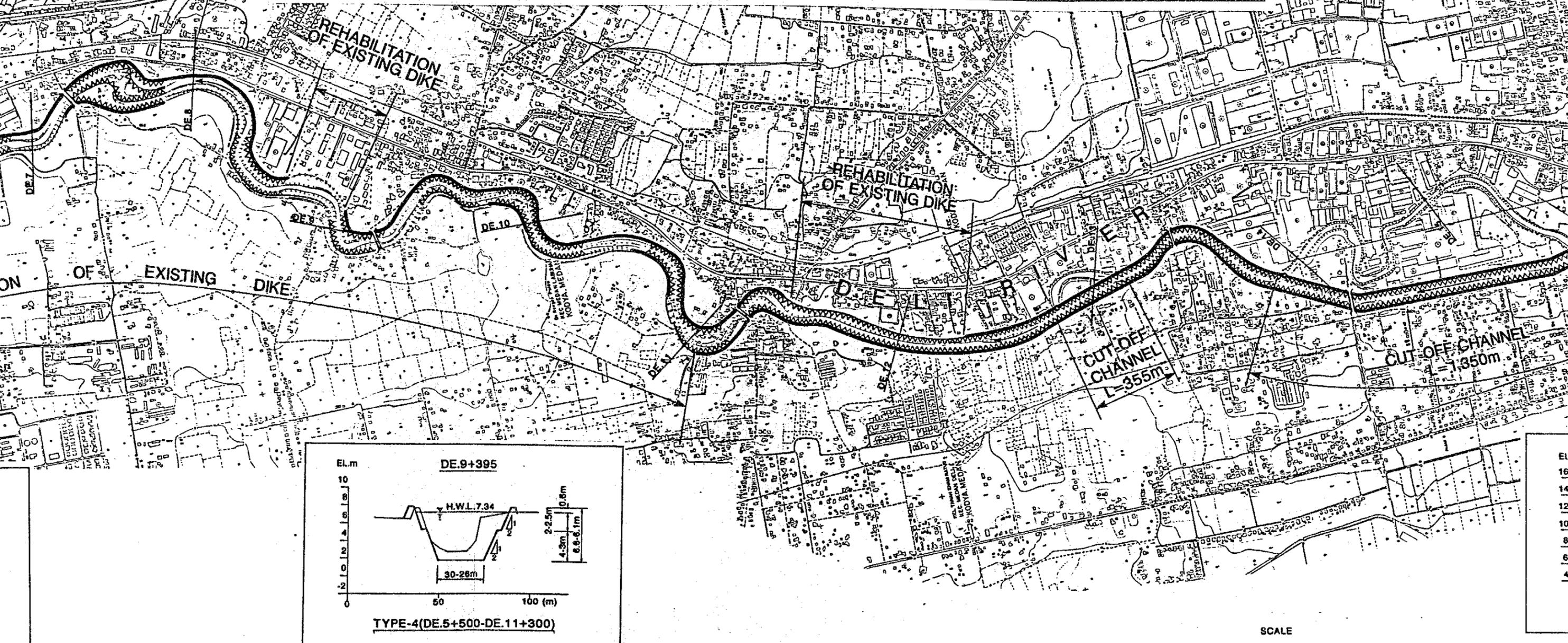
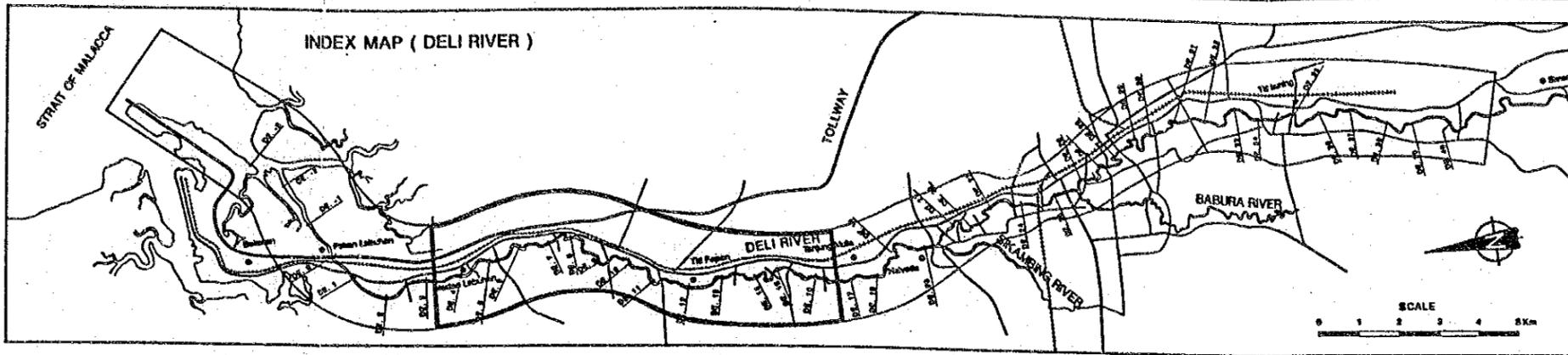
LEGEND	
	CHANNEL ALIGNMENT
	EXISTING DIKE
	NEW EARTH DIKE
	NEW PARAPET WALL
	LOW WATER CHANNEL ALIGNMENT
	REVETMENT
	NEW IRRIGATION CANAL
	SLUICE WAY
	WATER GATE
	BRIDGE (TO BE CONSTRUCTED)
	WEIR
	INUNDATION AREA



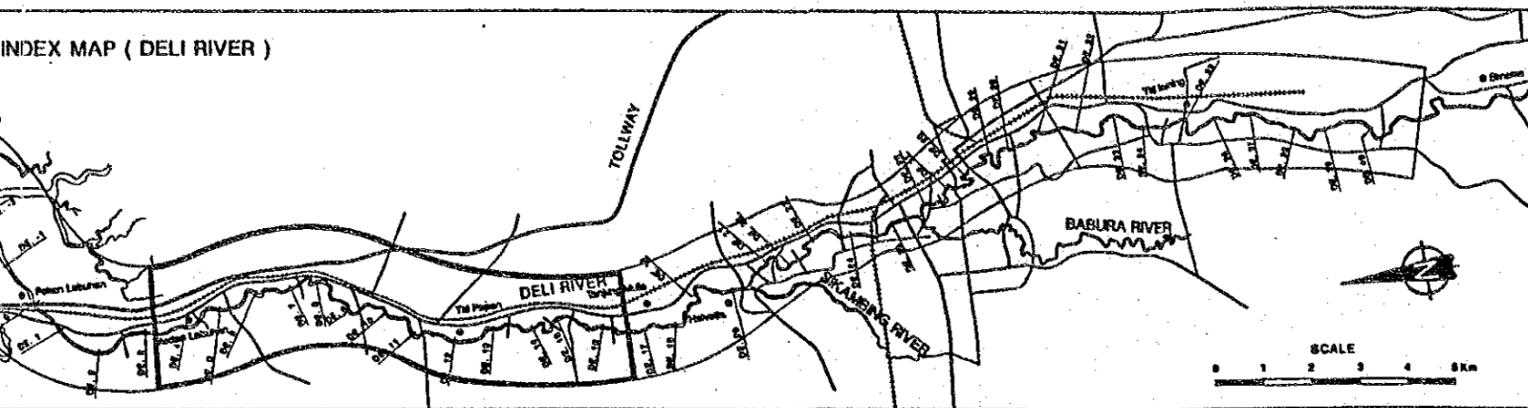
THE STUDY ON BELIMAU-PADANG INTEGRATED RIVER BASIN DEVELOPMENT
IN THE REPUBLIC OF INDONESIA
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

デリ川緊急河川改修計画
(平面、横断図) 図4-2 (1/4)





INDEX MAP (DELI RIVER)



LEGEND

- CHANNEL ALIGNMENT
- EXISTING DIKE
- NEW EARTH DIKE
- NEW PARAPET WALL
- LOW WATER CHANNEL ALIGNMENT
- REVETMENT
- NEW IRRIGATION CANAL
- SLUICE WAY
- WATER GATE
- BRIDGE (TO BE CONSTRUCTED)
- WEIR
- INUNDATION AREA

