

インドネシア共和国

北スマトラ諸河川洪水防御計画調査報告書

ウラール河洪水防御のフイージビリテイ調査、タナ
イタムウル農園、ボロン河（シバレパレ、タンジュ
ン、ガムブス）及びシロウ／アサハン河の踏査

昭和46年3月

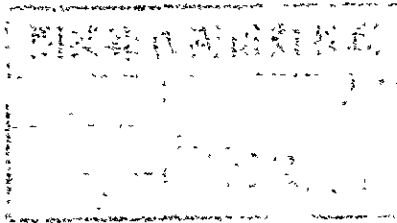
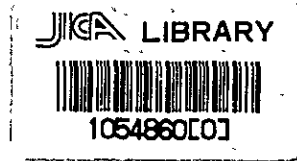
委託者 海外技術協力事業団

受託者 日本建設コンサルタント株式会社

インドネシア共和国

北スマトラ諸河川洪水防御計画調査報告書

ウラール河洪水防御のフィージビリティ調査, タナイタムウル農園, ポロン河(シバレバレ, タンジュン, ガムブス)及びシロウ/アサハン河の踏査



昭和46年3月

委託者 海外技術協力事業団

受託者 日本建設コンサルタント株式会社

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3.16	108
登録No. 00620	61.7
	KE

UNITS CONVERSION RATES, ABBREVIATIONS AND ACRONYMS

Currency Equivalents

1 US\$ = Rp 378

1 Rp = US\$ 0.0026

Weights and Measures (Metric System)

1 metric ton = 1,000 kilograms

= 2205 pounds

1 kilometer = 0.62 miles

1 meter = 3.28083 feet

1 millimeter = 0.04 inches

1 hectare = 2.47 acres

1 square kilometer = 0.386 square miles

Abbreviation

ton = metric ton

kg = kilogram

lb = pound

km = kilometer

m = meter

mm = millimeter

ft = foot

in = inch

Initials and Acronyms

DPUTL : Departmen Pekerdjaan Umum Dan Tenaga Listrik
(Department of Public Works and Power)

DPUPSU: Dinas Pekerdjaan Umum Propinsi Sumatera Utara
(Department of Public Works, North Sumatra
Province)

DPPSU : Dinas Pertanian Propinsi Sumatera Utara
(Department of Agriculture, North Sumatra Province)

PNP : Perusahaan Negara Perkebunan
(Government-owned Estate Enterprise)

BCU-PNP: Badan Khusus Urusan PNP
(Special Arrangement Agency for PNP)

RISPA: Research Institute of the Sumatran Planters
Association (the former name AVROS)

BAPPENAS: An Organization in National Economic Planning
and Development Board, Indonesia

IBRD: International Bank for Reconstruction and
Development

IDA: International Development Association

ADB: Asian Development Bank

ECAFE: Economic Commission for Asia and the Far East

OTCA: Overseas Technical Cooperation Agency, Japan

ECFA: Engineering Consulting Firms Association, Japan

IRRI: International Rice Research Institute

目 次

緒 言

v

第 1 編

ウラール河緊急洪水防御計画

第 1 章 総 括	2
第 2 章 一般的背景	7
1 概 況	7
2 農 園	8
3 一般農業	9
第 3 章 流域概況	11
1 地 形	11
2 地 質	11
3 降雨および潮位	14
第 4 章 平地部の河道現況	29
1 河道と堤防	29
2 河川縦横断	31
3 河床材料	35
第 5 章 洪水による被害	38
1 土地利用と公共施設	38
2 洪水記録	41
3 洪水による被害	41
第 6 章 緊急治水計画	53
1 緊急治水計画に関する基本的概念	53
2 暫定計画流量	53
3 緊急治水計画	58
(1) 計画方針	58
(2) 河口堆積の影響	59
(3) ウラール橋と鉄道橋の背水の影響	59
(4) ウラール橋から上流の河道	62

(5) 計画河床と計画河道断面	64
(6) 工 事	64
(7) 工事の施工	69
(8) 工事費	71
第7章 費用と便益	74
第 2 編	
そ の 他 河 川	
第1章 タナイタムウル農園	78
第2章 ボロン河：シバレバレ，タンジュン，ガムブス	83
第3章 シロウノアサハン河	87
第 3 編	
資 料	
資料1 ウラール河および流域の概況	93
資料2 雨量，気温，湿度に関する資料	94
資料3 農園と一般農業に関する資料	102
第 4 編	
附 記	
附記1 水理計算公式	115
1 不等流（背水）計算公式	115
2 掃流砂公式（佐藤，吉川，芦田公式）	116
3 収縮部における常流公式（Kindsvader-Carter-Tracyの 公式）	117
附記2 参考文献	120

緒 言

本報告書はインドネシア国政府の要請により、日本の海外技術協力事業団によつて編成、派遣された調査団の北スマトラ河川洪水防御に関する調査報告である。

この調査団の目的は、日伊両国政府の合意に基づき、ウラール河に重点を置いた北スマトラ諸河川の洪水防御に関する調査を行うことであつた。

調査団は下記に示す6名の専門家により編成された。

佐藤清一	団長	工学博士 日本建設コンサルタント株式会社、 専務取締役
本間俊郎	顧問	建設省 河川局、都市河川対策室長
脇治雄	河川計画	工学博士 日本工営株式会社、理事
大平純久	設計	東京建設コンサルタント株式会社、常務取締役
大野欽一	経済調査	日本建設コンサルタント株式会社、開発委員、 副技師長

阿部勝久 水 文 株式会社建設技術研究所、技術課長

水資源開発総局との5日間に亘る討議の後、調査団は27日間北スマトラに滞在し、種の現場状況検討のため広範囲に亘る現地踏査を行い、DPUDSUと討議するため頻りに会議を開いた。メダン滞在中、公共事業省水資源総局の河川部長、ir.Sudarjokoよりタナイタムウル農園の修復プロジェクトの調査を、又、北スマトラ省公共事業部長、ir.Sipahutarよりシロウ/アサハン河口の浚渫プロジェクトの調査を、夫々依頼された。本報告書には、これら二つのプロジェクトならびにバーボロン河の調査が含まれている。これらのプロジェクトの地理的位置は、Fig.1 および Fig.2 に示す。

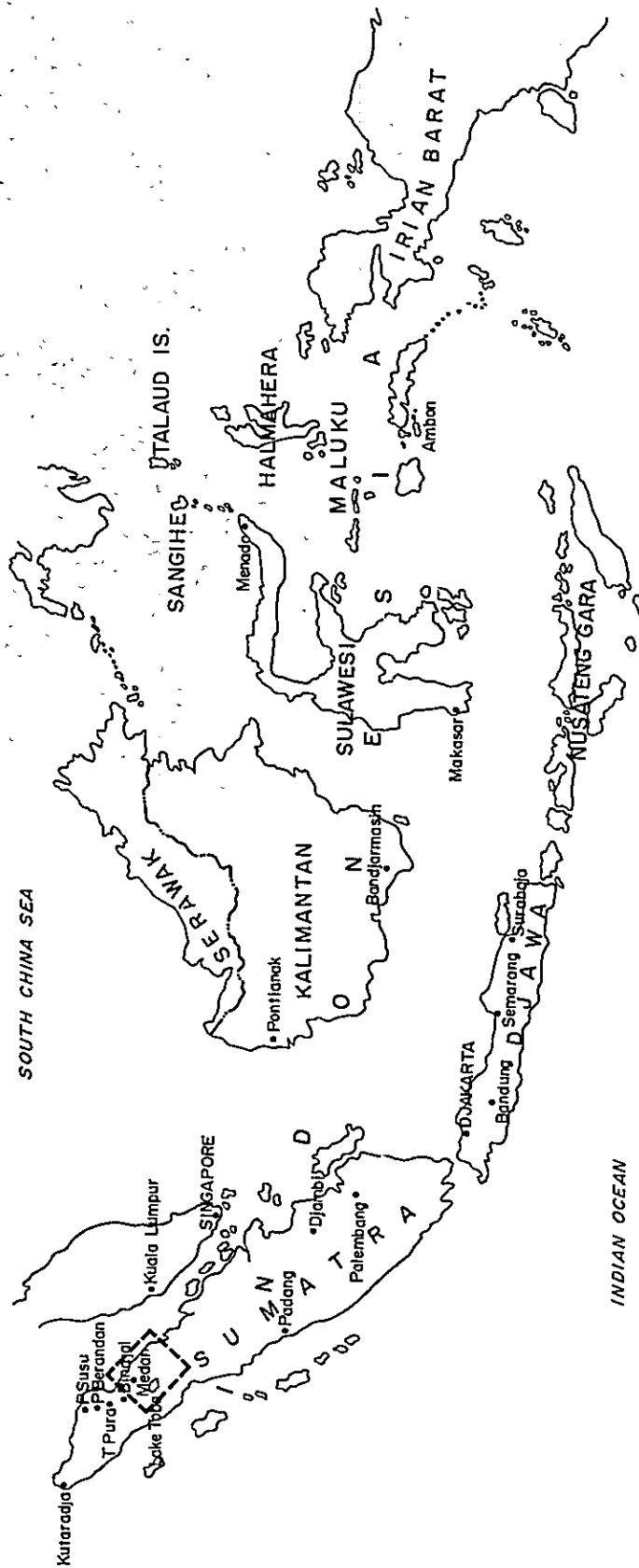
中間報告はジャカルタで作製し、水資源総局長のir. Sujono Sosrodarsonoに提出済みである。この最終報告書は帰国後東京において、若干の調整と修正を加えて作製されたものである。

調査団は、ir.Sujono Sosrodarsono, General Director of Water Resources Development, ir.Nainggolan, Assistant Director General, ir.Sudarjoko, Director of River, ir.Boesono, Director of Planning & Programming, ir. M.Sipahutar, Kepala DPUPSU, ir.Kasim Siregar, Kepala Bahagian Perairan DPUPSU 諸氏の御歓迎、御援助並びに御激励に対して深く感謝の意を表します。

さらに有益な資料の提供と、心からの協力に対して、調査団は、Mr. Sukanto, Assistant Director of Programming, DPUTL, ir. Kusdarjono, Chief of River Division, ir. Bambang Sumantri, Assistant Director of River, Drs. H. Attamimi, Assistant Programming Officer, ir. A. Situmorang, Kepala Rehabilitasi/Pembaangunan Sungai/Rawa, DPUSU, ir. Limbong, Kepala Teknik, ir. G. Harahap, Kepala Rehabilitasi/Pembaangunan Irigasi, ir. H. Siahaan, Kepala Projek Khusus Pengerukan, Mr. Nainggolan, Mr. A. Gultom, Mr. B. Tampubolon, Mr. Murtolo, Chief Engineer of Port Belawan, Mr. Maman Salman, PN-Perkebunan VI, Mr. M. Barus Siregar, Assistant Wedana Ketjamatan Air Putih Kab. Asahan の諸氏に、深く感謝申し上げます。

最後に、在ジャカルタ日本大使館、在メダン日本領事館の方々の御指導並びに御援助に対して感謝の意を表します。

Fig. 1 Location Map (I)



第 1 編

ウラル河緊急洪水防御計画

第 1 章 総 括

スマトラはカリマンタンに次いでインドネシア第2の島であり、その面積は周辺の島嶼を合わせて473,606km²におよぶ。スマトラ島は赤道を中心に土約5°，東経110°を中心に土約5°の範囲を西北から東南に走り、西北ではマラッカ海峡、東南ではインド洋に接している。島のインド洋側はバリサン山脈が縦走して山地部をなすが、マラッカ海峡側は平低地である。山地部の地質は火成岩を伴った前第三紀層であるに反し、平低地は砂泥質であり肥沃な農耕適地と沼沢地からなっている。

スマトラの気候は熱帯性で、月平均気温は所によつて多少の差はあるが約27℃であり、一年を通じて2℃前後の差しかない。また平均年雨量は約2,300mmであるが山地部ではかなり多く、平地部では少い。スマトラの南北で多少の差はあるが、雨期は一般に9月から1月まで乾期は4月から6月までである。

スマトラは石油、ボーキサイト、錫などの豊富な鉱物資源をもっているばかりでなく熱帯性の農業林業漁業においても大きな生産力を持つている。ことにパームオイル、ゴム、タバコ、コーヒー、ココアなどの農園産物はインドネシアの重要な輸出品であり、石油と共に外貨獲得の重要産物である。さらに米は住民の食料源をなし、重要な農産物となっている。

スマトラは約19,000,000の人口を擁し、8つの省からなる。その中で北スマトラ省はスマトラ島のほぼ北端に位置し、面積70,787km²，人口5,914,000を擁して、スマトラでは人口密度の最も高い省である。同時にまた、政治、文化、産業、交通の面からもスマトラでの最重要地区をなしている。

北スマトラの農業の主なものは農園と稲作であるが、その中で国営農園の面積は約200,000ha，水稻および陸稲の面積は約500,000haに及ぶ。また国道、省道その他を合わせて約2,200kmにおよぶ道路をもっている。

インドネシアの農園の主体は国営農園であり、全国で28のPNPに分かれている。その中の10がスマトラにあり、しかもその中のまた8つが北スマトラにある。これらの農園ではオイルパーム、ゴム、タバコ、コーヒー、ココア、茶などが作られている。その産額はパームオイル、ゴム、タバコだけで、1967年の統計によると、年に394,500ton金額にしてUS\$106,080,000にのぼっている。

北スマトラにおけるその他一般農業としては、米、とうもろこし、さつまいも、ピーナ

ツ、大豆などがあげられるが、この中で米が一番重要である。1967年の統計によると、北スマトラの米の需要が172,000 tonであつたのに対し、北スマトラ省自体からの供給が60,000 ton、アチュー省からの調達に24,000 ton、中央政府からの補助が35,000 ton、輸入が27,000 ton、合計して146,000 tonの供給に止つた。結局これは北スマトラ省だけでの自給自足ができないばかりでなく、供給量の絶体不足を示している。

さて、ウラール河は流域面積約1,000 km²の小さい河であるが、上述の北スマトラ内でも農業生産の最重要地域のほぼ中心を貫流する河である。その流域は北スマトラ省の省都メダシの存在するデリセルダン県とシマルングン県の2県にまたがり、その流域内および周辺には農園や稲作がよく発達している。

河口から約40 kmの地点で、ほぼ等しい流域面積をもつ2つの河、ブアヤ川とデナイ河、が合流してウラール河となるが、この地点での流域面積は約1,000 km²である。ほぼこの地点から下流部は河道の兩岸に連続した堤防があり、支川の流入もないから、この地点から下流の流域面積は河道面積そのものとなる。

また河口から上流約13.6 kmの地点でスマトラ縦貫国道と縦貫鉄道とがこの河を横断している。

ウラール河の水源はトバ湖の外輪山およびそれに続く標高約1,200 mの高原であり、幾多の小河川の水を合わせて北東に流れ、メダンから東方約30 kmの地点でマラッカ海峡に注ぐ。

河川の全延長は115 km、2河川の合流点から下流の河床勾配は約1/700～1/1,000である。雨期になるとスコール性の雨が毎日続いて河は逐次増水し、時としておとずれる強雨がこれに重なって洪水を起す。洪水をよって氾濫の起る地域は、河口から上流約35 kmに位置するガランの町から下流の地域で、その面積は25,000 haをこえる。しかもこの様な長水は殆んど毎年、しかも時には一年間に数回起って巨額の損害をもたらしている。

ウラール河の洪水による常習氾濫地帯には農園及び稲作がよく発達している。ここにはPNP II-11, II-12, IV-2, VI-1, K-9, K-13なる国営農園があり、その面積約17,500 haにおいて主としてパームオイル、ゴム、タバコ、を生産している。また水田は約15,000 haに及ぶ。

殆んど毎年起る洪水氾濫によつてもたらされる損害額は農園、米、米以外の農業生産の損害に道路、鉄道、堤防、橋、水路、灌漑施設、人家、家畜、その他の損害を合わせると

年平均Rp182,000,000.00の巨額に達するものと見積られる。この中から内水の影響を除いたウラール河の洪水のみによる損害だけでも平均して毎年約Rp168,000,000に達するものと推定される。これにさらに交通途絶による社会経済活動への障害、浸水の滞留による住民の健康障害、その他直接金額に計上しがたい損害を加えるならば、ウラール河の氾濫による全損害は実に莫大なものとなる。ウラール河の洪水防御こそまことに緊急を要するものといわざるをえない。

ウラール河の洪水は、当初、Project Presentation for Dredging Works in Indonesia に述べられているとおり、河口での土砂堆積による水位上昇が原因であると考えられた。しかるにインドネシア政府から与えられた資料によって検討の結果、ウラール河の場合は、ウラール橋（道路橋）から上流部に存在する異常に高い河床が洪水氾濫発生の主たる原因であると判断された。すなわち、河口から約18.7kmの地点を中心として、局所的に河床が高くなっているところがあり、そのためにこの区域の流過能力が極端に減少することがわかった。そのために河水の溢水または堤防の決壊が起り、これが下流地区の浸水の原因をなしているものと判断された。このことは過去の溢水または堤防決壊がもっぱらウラール橋から上流、特に18.7kmから24.5kmまでの区間で起っていることとも一致する。

従ってこの異常に高い河床を切り下げて、所要の河積と流過能力を確保することがウラール河洪水防御の基本である。

ウラール河の河川改修事業は、本来治水事業のみならず、治山、利水の事業さらには土地開発に至るまで、総合的な河域計画として検討されるべきものと考えられるが、荒廃の復旧を主眼とした今次5ヶ年計画の方針にのっとり、第一段階の緊急治水事業としてウラール橋から上流部の改修に重点をおくものとする。

河口における土砂堆積も決して見のがすことのできない問題である。しかしこの堆積の直接の影響が河口から約3kmまでしか及ばないと判断されることと、浚渫によって作られた新河口河道の維持のためには巨額の河口施設を必要とすることが明らかであることから、第一段階である緊急治水計画には河口浚渫計画はとり上げないことにした。

これに反し、河口から13.6km地点で河を横断しているウラール橋と鉄道橋の方が河の流過能力により悪い影響を与えることがわかった。すなわち、この両橋は横堤で高水敷を横断し、低水路のみを桁またはトラスで渡っているために、250～300mある一般の河巾がここではわずかに64mに狭められているからである。

しかし、ウラール橋および鉄道橋による狭さくの除去は、この河の治水上是非行われねばならぬ重要事の一つであるとはいえ、この実施には周到な用意と巨額の工事費を要すると判断されるため、今次緊急洪水防御計画には取り入れないことにした。

ウラール河の計画流量はおそらく約 $1,300\text{ m}^3/\text{sec}$ から約 $2,300\text{ m}^3/\text{sec}$ の間の値になるものと予想されるが、今次緊急洪水防御計画では前記の2橋を現状のままに止め、河道及び橋にあまり害を与えずに架橋地点を流過しうると判断される最大限の流量をもって暫定の計画流量とした。この流量は $600\text{ m}^3/\text{sec}$ と推定される。

以上述べた方針に基づいて、河道の掘削、浚渫、堤防の嵩上げと補強、および特別に河幅のせまい部分の引堤が計画された。その費用は、所要資機材の購入および技術関係費をも含めて Rp 800,000,000 であり、工事終了時における機械の残存価額を差引けば正味費用は Rp 650,000,000 である。その内訳は第6章1-6-3のとおりである。また、工事期間は2年半と見積られ、工事のための実施設計その他の準備のために工事開始前に2年を要するものと想定する。これは、第6章表1-6-5のとおりである。

治水事業の経済効果には一般に直接効果と間接効果が考えられるが、この計画の便益の見積りには直接効果の中、資産の被害軽減効果と生産減少防止効果のみを用いることにする。その額は前述のように年平均 Rp 168,300,000 と見積られる。この便益が工事終了の翌年から発生するものとし、また工事終了の翌年から約 Rp 925,000 の維持費が発生するものとする。しかる時の便益費用比率は、第7章の末尾に示すように、割引率を3.5%、期間を20年とすれば、2.39となり、また内部収益率は同じく期間を20年とするとき15.3%となる。これらの両者から判断して、この緊急洪水防御計画は充分に有利な事業であると結論することができる。

最後に今後の問題として、次のことからの実施を勧告する。

(1) 今次緊急洪水防御事業が実施された際には、ウラール橋と鉄道橋による狭さくが弱点となるから、本格的な計画洪水流量の検討とあいまって、これらの狭さくを除去する事業をこの緊急事業に引き続き行う必要がある。この場合、計画流量に見合った堤防の強化を必要とすることは論をまたない。

もし計画流量の決定がおくれるような場合には、次善の策として、上記2橋による狭さくの除去だけでもこの緊急事業に引続いて行うべきである。

橋梁による狭さくの除去のためには周到な調査を別途必要とするが、これはこの緊急事業の終了前に行われることが望ましい。

特に現存の橋台及び橋脚の基礎については、できるだけ早い機会に、入念な調査を必要とする。

- (2) 河川堤防の管理者は、現在、公共事業機関と国営農園との2者に分かれている。これは河川の管理上望ましいことではないから、今後統一された管理組織に変更すべきである。
- (3) 今次緊急計画の中には、水文資料採取のために、雨量観測所6ヶ所、水位観測所3ヶ所の設置を見込んであるが、これは是非実施さるべきであり、設置後の管理組織を確立すべきである。
- (4) 今後の河床の上昇を検討するために、山地部における土砂生産と河道改修区域への土砂流入を調査する必要がある。さらに、河口附近の地形測量を適当な期間をおいて、実施することが望ましい。

第 2 章 一般的背景

1 概 況

インドネシア共和国は太平洋とインド洋の間に位置し、大小約3,000の島から成立している群島である。その面積は1,900,000 km²であり、人口115,000,000乃至118,000,000人をもつ。現在の人口の伸び率は年間2.4~2.5%である。また、インドネシア共和国のGNPは平均1人当たり約US\$80~90である。

スマトラ島は、カリマンタン[△]に次ぐ、インドネシア第2の大島で、周辺の小島も含めてその面積は473,606 km²である。

スマトラ島はインド洋とマラッカ海峡の間を北西から南東に走っていて、インド洋側の近くに分水嶺があり、マラッカ海峡側は広大な沖積平野をつくっている。このような地形のため、スマトラの諸河川はインド洋に向っては急傾斜をなしているが、マラッカ海峡側の平地部では湿地帯やジャングルを形成して曲流している。地質学的には、スマトラ島の山地部は火成岩を含む第3紀層で、また、沖積平野は火山灰とシルト土でおおわれている。

スマトラ島は赤道上に位置しているため、気候は熱帯性である。気温は場所によって26℃から29℃までの間で変り、平均気温は約27℃である。季節的に気温の高い月は4月、5月および6月である。そして、9月から1月までが雨季で、2月から8月までが乾季である。雨量は山地に多く、低地に少なく地域的には一様ではないが、平均年間2,333 mmである。

スマトラは、8つの省から成り、その総人口は19,000,000人である。そのうち、北スマトラ省は面積70,787 km²、人口5,914,000人を擁し、スマトラ中最も人口が稠密である。

スマトラは石油、ボーキサイト、錫などのような鉱物資源を豊富に内蔵しているばかりでなく、熱帯農業、森林および漁業資源なども豊富であり、インドネシアにおける宝庫島とも呼ばれている。

スマトラの農業は国営農園と住民による一般農業から成っている。そのうち北スマトラ省は約200,000 haが国営農園として、また、約500,000 haが稲および畑作物などの一般農地として利用されている。省内の国道、省道および県道の総延長[△]カリマンタンの面積は539,460 km²である。

は約2,200 km²である。

2. 農園

インドネシアにおける農園は肥沃な土地と豊富な雨に恵まれ、20世紀の始め頃から発達してきた。戦前は、インドネシアの輸出の約60%が農園の産物である。しかし、1964年にはこれが15~20%に減少した。1940年における農園の総面積は約2,500,000 haであったものが、戦後の荒廃により、1961年には1,700,000 haに減じた。スマトラの農園面積は全インドネシア農園面積の約60%である。そして、インドネシア国営農園28PNPのうち10PNPがスマトラにある。現在、農園には国営、省営、民営および外国経営がある。

スマトラにおける1969年の農園面積は次のとおりである。

国 営	1969年				合 計 (ha)
	ゴ ム (ha)	オイルパーム (ha)	タバコ (ha)	その他 (ha)	
アチエ省					
PNP I	11,551	2,078	—	119,562 ^{*1}	133,191
北スマトラ省					
PNP II	19,424	9,061	—	189 ^{*2}	28,674
PNP III	23,972	—	—	—	23,972
PNP IV	29,346	—	—	—	29,346
PNP V	25,777	959	—	—	26,736
PNP VI	—	32,220	—	570 ^{*3}	32,790
PNP VII	1,029	34,171	—	2,116 ^{*4}	37,316
PNP VIII	715	—	—	13,168 ^{*5}	13,883
PNP K	—	—	4,282	—	4,282
小 計 [△]	100,263	76,411	4,282	16,043	196,999
南スマトラ省					
PNP X	16,547	2,037	—	739 ^{*6}	19,323
合 計	128,361	80,526	4,282	136,344	349,513

*1 バインおよびコーヒー *2, *3 ココア *4 繊維 *5 ココアおよび茶 *6 茶
[△] アチエ省及び北スマトラ省にある9PNPの生産物はすべてメダンに本部のある合同販売所(JMO)を通じて輸出される。

外国経営 : 約 90,000 ha

合弁経営 : ゴムとオイルパームで約 30,000 ha

民間経営 : 約 40,000 ha

この他は、小規模ゴム園と未開地が約 200,000 ha ある。一方において無断居住者による国営農園敷地の不法占拠がある。さらに、長い間放置の状態にあった河川の荒廃は、農作物や社会資本に大きな洪水被害を与え、減収の原因となっていた。

北スマトラ省にある農園の主要産物はゴム、パームオイルおよびタバコで、1967年における生産額は次のとおりである。

	生産量 (ton)	生産額 (100万US\$)
国営ゴム	139,100	40.55
民営ゴム	70,800	20.87
パームオイル	141,300	25.44
カーネルオイル	40,600	4.23
タバコ*	2,700	14.99
合計	394,500	106.08

* 民営タバコは国営タバコの1%以下の生産量であり、数字には含まれない。

3. 一般農業

スマトラではゴム、パームオイル、タバコ、茶およびコーヒーなどのような輸出産物の外に、[△]稲、とうもろこし、キャッサバ、さつまいも、落花生および大豆などが作られている。

△ 現在、インドネシアでは7,000,000~8,000,000ha (I R R I の報告では1963年に6,738,000ha) の田地から年間1,000,000tonの米を生産し、約1,000,000tonの米を輸入している。最近米の需要が非常に高く、米の年間一人当りの消費量は95kg/人・年であるが、必要量は160kg/人・年である。米の不足分はタピオカやとうもろこしで補給している。

このうち、稲が最も重要である。北スマトラ省の稲作の現状は省の5ヶ年計画によると次のようである。

水田	500,000 ha (このうち25,122haのみが人口灌漑水田)
米の年産量	1,311,700 ton
米の年間不足量	84,000 ton

もし、灌漑状態がよければ2毛作を行なうことができる。

北スマトラ省の1968年における稲の作付面積および1967年の米の需要量は次のとおりである。

(1) 稲の作付面積(1968年)

水田	330,000 ha
畑	145,000 "
軍によって開墾された水田	3,105 "
農園関係で開墾された畑	1,000 "
合計	479,105 ha

(2) 米の需要量

需要量	172,000 ton
不足量	34,000 "
調達量	146,000 "

(3) 米の調達量の内訳

北スマトラ省の供出量	60,000 ton
輸入量	27,000 "
アチェ省からの移入量	24,000 "
中央政府からの援助量	35,000 "
合計	146,000 ton

その他、北スマトラ省は各種の良質の野菜を生産し、マレーシアやシンガポールへ輸出されている。

第3章 流域概況

1. 地 形

ウラール河流域は州都がメダン市（1968年の調査によると人口約726,300人）である北スマトラ州デリーセルダンとシマルンガンの両県に拡がっている。

ウラール河はFig.1-3-1に示すとおり標高約1,000m～1,200mのブキツトバリサン山脈に水源を発し、トバ湖の流域が2分されるスリブドロクチンクス、ペムブルバ等の村落附近の高原で、数多くの支川を作る流域面積約1,000km²、流路延長115kmの河川である。

高原から流出する幾多の支川は樹枝状を呈する急斜面流域を合流しながら流下し、ガランの南約2.5kmの地点のガランバラットにおいて、ブアヤ河（本川）とデナイ河が合流し、ウラール河を形成したのちルブックバカムの南方5km地点（ウラール橋附近）をとおり、マラツカ海峡に注いでいる。

河道は流路勾配によつて、Fig.1-3-2に示すとおり、明らかに4区間に分けられる。第1区間はチンクス（河口から約97.0km地点）の上流で、平均流路勾配約1/250の高原地帯である。第2区間はチンクス～グヌンメリア（約75.0km地点）の間であり、平均流路勾配約1/250の急傾斜地で、その大部分が原生林の繁茂する未開発地域である。第3区間はグヌンメリア～ガランバラット（41.0km地点）の間で、平均流路勾配が約1/150と多少緩やかになり、まだ未開発地を残している。第4区間はガランバラットの下流で、平均流路勾配約1/800、周辺は農耕地を形成し、よく開発されて、米、パームオイル、ゴムおよびタバコが作られている。しかし、まだ若干の沼沢地を残している。

水源地では、森林地帯全体の約40%が不毛地で、残りは原生林のまま放置されている。僅かに、道路沿いに野菜が栽培されているにすぎない。

2. 地 質

流域上流の丘陵地の地質は第三紀堆石岩を伴つた安山岩、石英粗面岩（流紋岩）質火山岩から成り、また下流平地流域は沖積層から成っている。地質学的に述べると、上流の丘陵地は火砕流堆積物から成り、その下層は砂岩、石英岩（珪岩）、片岩から成る古世層である。

水源地の表層土は火砕流堆積物および比較的大きな石英混りの朱色の小さな土粒子を

Fig. 1-3-1. Ular River

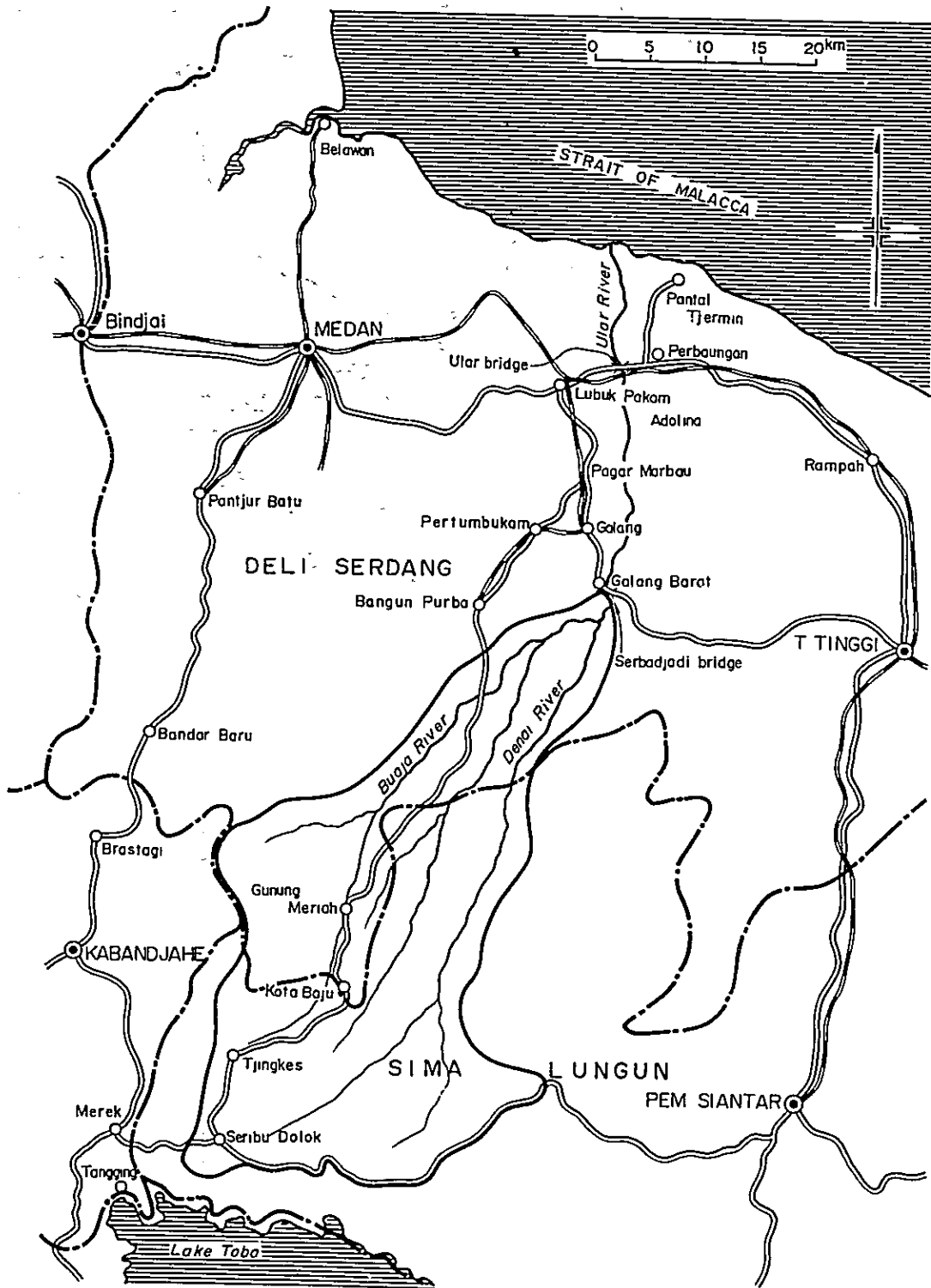
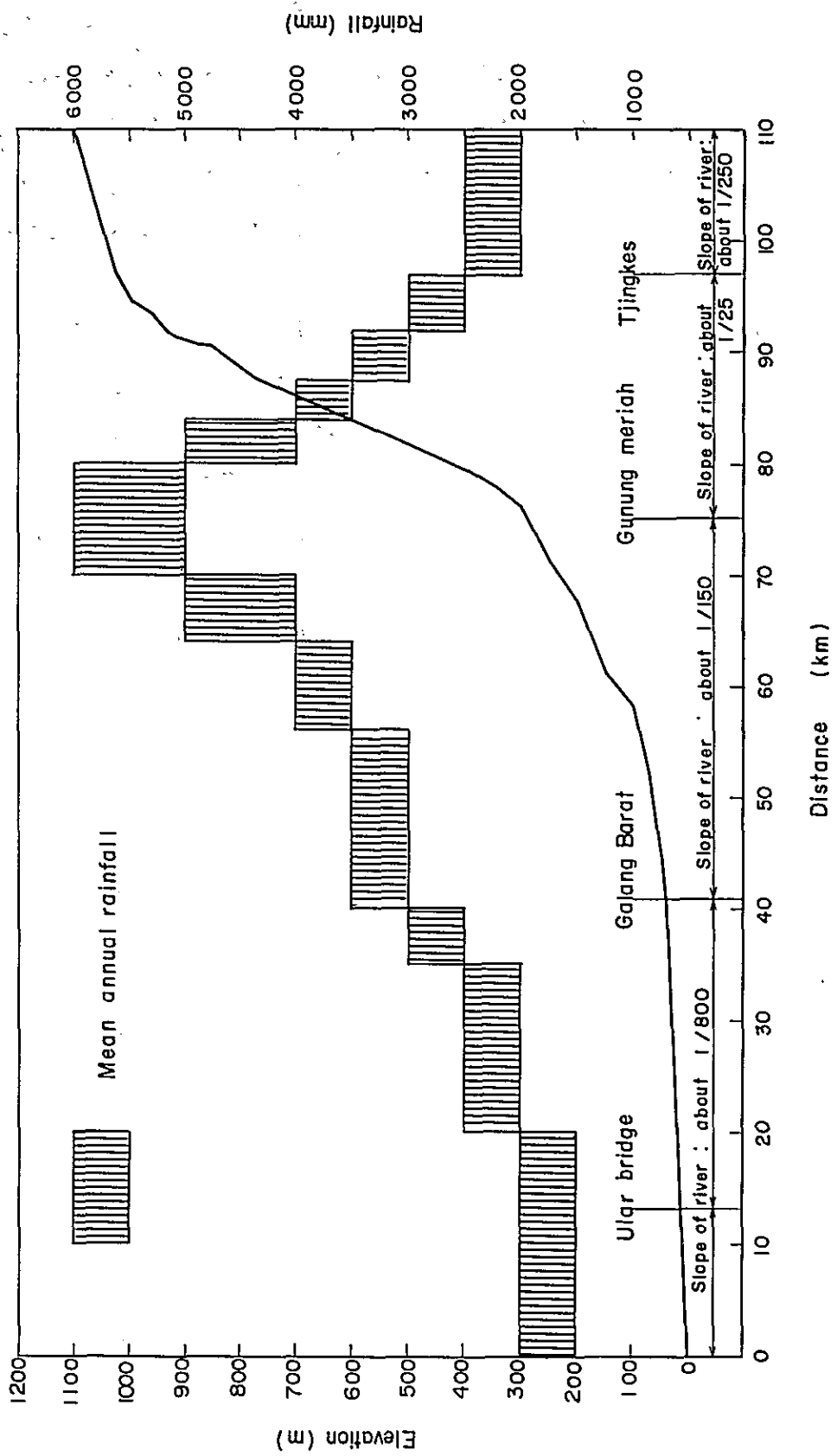


Fig. I-3-2 Profile of the Ular River



含む石英粗面岩質火山岩から成る風化した安山岩であるため、水を含むことによつて容易に分離する。

分離した細砂は流水によつて河口へ運ばれる。また粗砂は流水の掃流力と釣合いながら河川の流路に沿つて堆積している。なお、堆積土量並びに河床堆積の記録は得ることが出来なかつたが、現地踏査において採取した流域土砂および河床材料については比重試験、粒度試験、PH試験を行い後載した。

3. 降雨および潮位

ウラル河の河道計画に当り、計画高水流量を設定すること並びに河口部の河道維持を検討することを目的として、水理水文資料を収集したが、解析上必要とする充分な資料を得ることができなかつた。従つて、流出および汀線漂砂等の諸現象を定量的に解析することができなかつたが、現存する資料によつても、降雨および潮位の定性的特性は把握することができた。

ウラル河流域における雨量観測所は、1945年頃以前までに流域全体を網羅する観測網が設置されていた。治水対策を目的とした場合の観測網としては不十分である。しかし現在では、本流域の流出流域であるガラン上流域には雨量観測所が全くなく、ガラン下流域においてPNPの管理による二十数ヶ所の日雨量観測所があるだけで、本流域近傍では時間雨量観測が行われていない状態である。

降雨成因は、陸と海の比熱差によつて生ずると一般に云われており、2種類の状態が考えられる。一つは大気の小乱渦による場合であり、降雨域が小さく数キロメートルを越えない範囲に降水をもたらす。もう一つは広範囲に亘る上層の薄い雲による場合であり、これは雨量強度が小さく、長時間に亘る降水をもたらす。しかし、後者の成因による降雨の生起頻度は余り多くない。一般に、大降雨は上記2種類の降雨成因が同時に起つた場合に多く起つている。

Fig.1-3-2 に示す Profile of the Ular river および Fig.1-3-3 に示す Mean Annual Rainfall in the Northern District of Sumatra from 1879 to 1942 によると、年雨量と地形の関係が顕著に表われている。すなわち、平均年雨量は下流平地流域（河口～20.0 km）では 1,500 mm～2,000 mm であり、上流に向つて従い、次第に増加し、急斜面流域の山麓（河口から約 75.0 km 附近）で最大となり 5,000 mm～6,000 mm に達する。その上流では雨量は漸次減少し、最上流の高原流域（河口から 95.0 km 上流域）では 2,000 mm～2,500 mm となつている。

1960年から1969年までの10年間において、欠測のないクワラナムおよびセイプテイの両雨量観測所の月雨量の変化を10年間の平均で示すとFig.1-3-4のとおりである。これによると、乾季は1月中頃から4月中頃までと6月中頃から8月終頃までの2期に、また雨季は4月中頃から6月中頃まで（小雨期と名付け、以後これを使用する）と9月初頃から1月中頃まで（大雨期と名付け、以後これを使用する）の2期に明確に分かれている。大雨期の雨量は非常に多く、一般に、年雨量の約50%を記録している。上記の事項は、10年間の平均雨量による比較であつて、単年の月雨量によつてこの傾向を比較した場合、年によつては相当多量の降雨が乾期にもあらわれている。

日雨量、3日雨量および月雨量の相関をFig.1-3-5に示した28雨量観測所からバンドルピナン、バツジンギン、デリムダ、クワラナム、パガルマルbau、セイプテイの6雨量観測所を選び、検討した。

なお、各雨量観測所間の距離は表1-3-1に示すとおりである。

表1-3-1 雨量観測所間の距離

雨量観測所	観測所間距離
Bandar Pinang and Batu Gingging	14
" " Deli Muda	29.5
" " Kwala Namu	29
" " Pagar Marbau	20
" " Sei Putih	9.5
Batu Gingging " Deii Muda	26.5
" " Kwala Namu	19.5
" " Pagar Marbau	12
" " Sei Putih	6
Deli Muda " Pagar Marbau	15
" " Sei Putih	24
" " Kwala Namu	15.3
Kwala Namu " Pagar Marbau	9.5
" " Sei Putih	20.5
Pagar Marbau " Sei Putih	11.5

Fig. I-3-3 Mean Annual Rainfall in the Northern District of Sumatra from 1879 to 1942

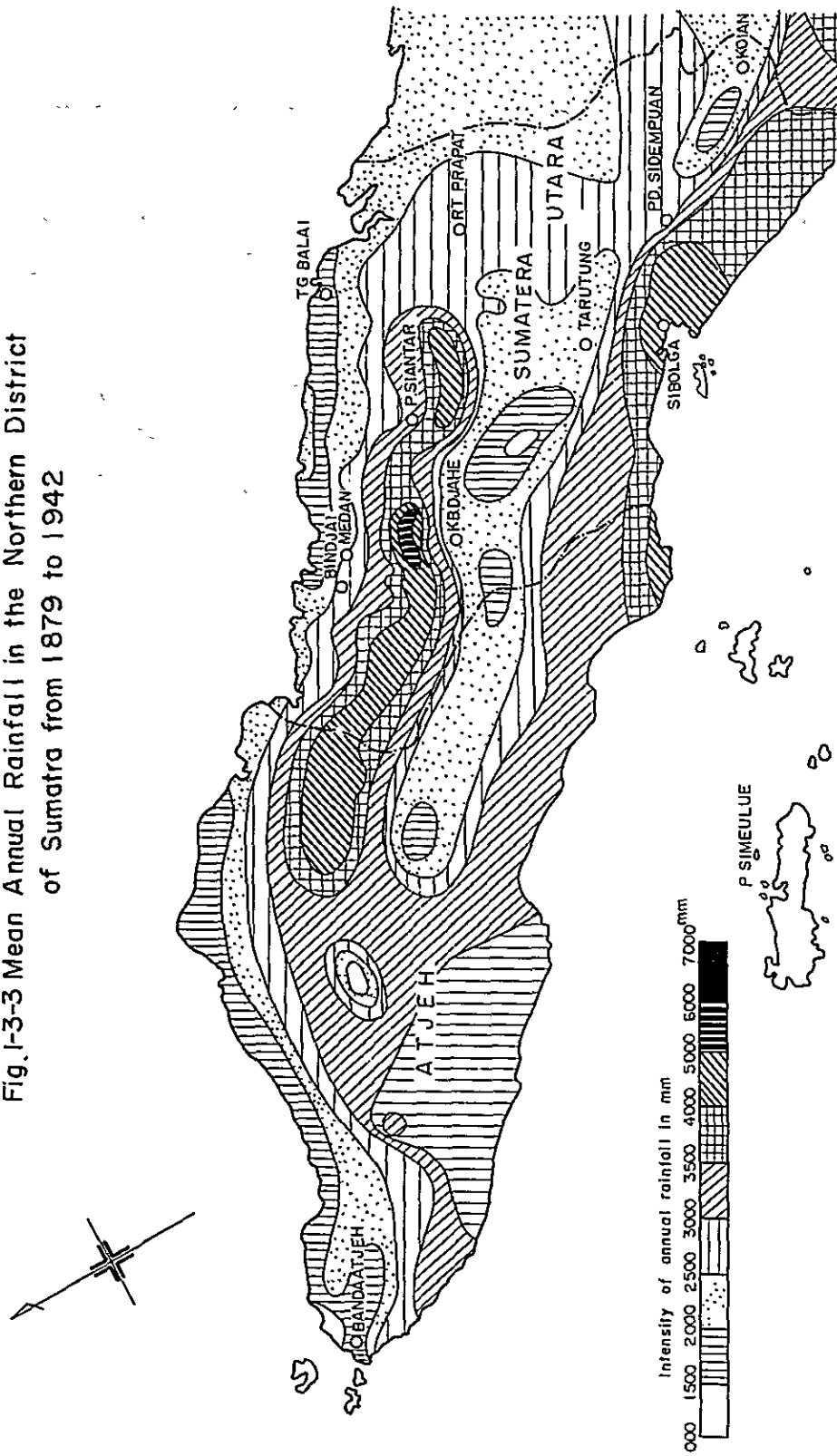


Fig. I-3-4 Mean Monthly Rainfall and Rainfall days from 1960 to 1969.

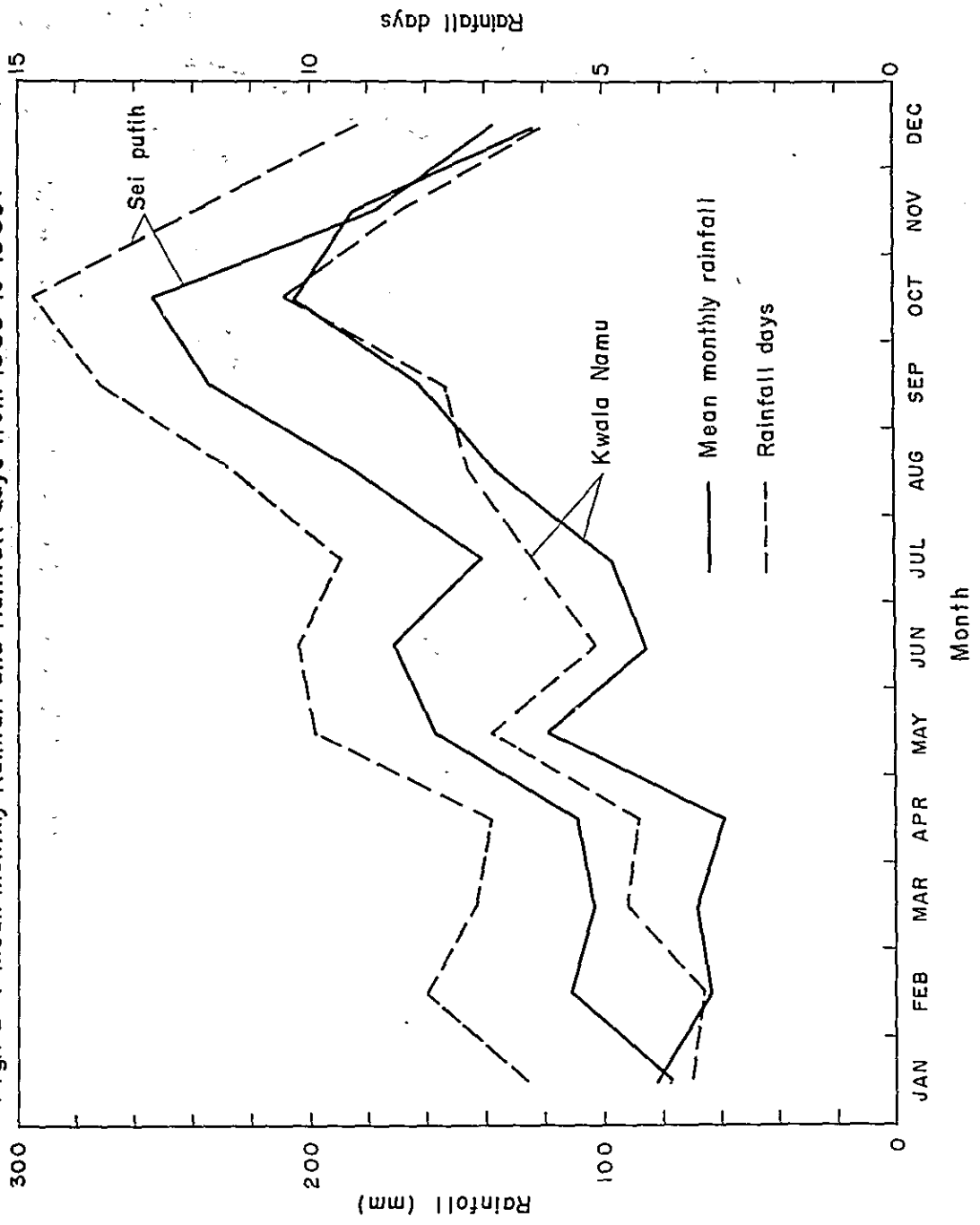
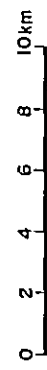
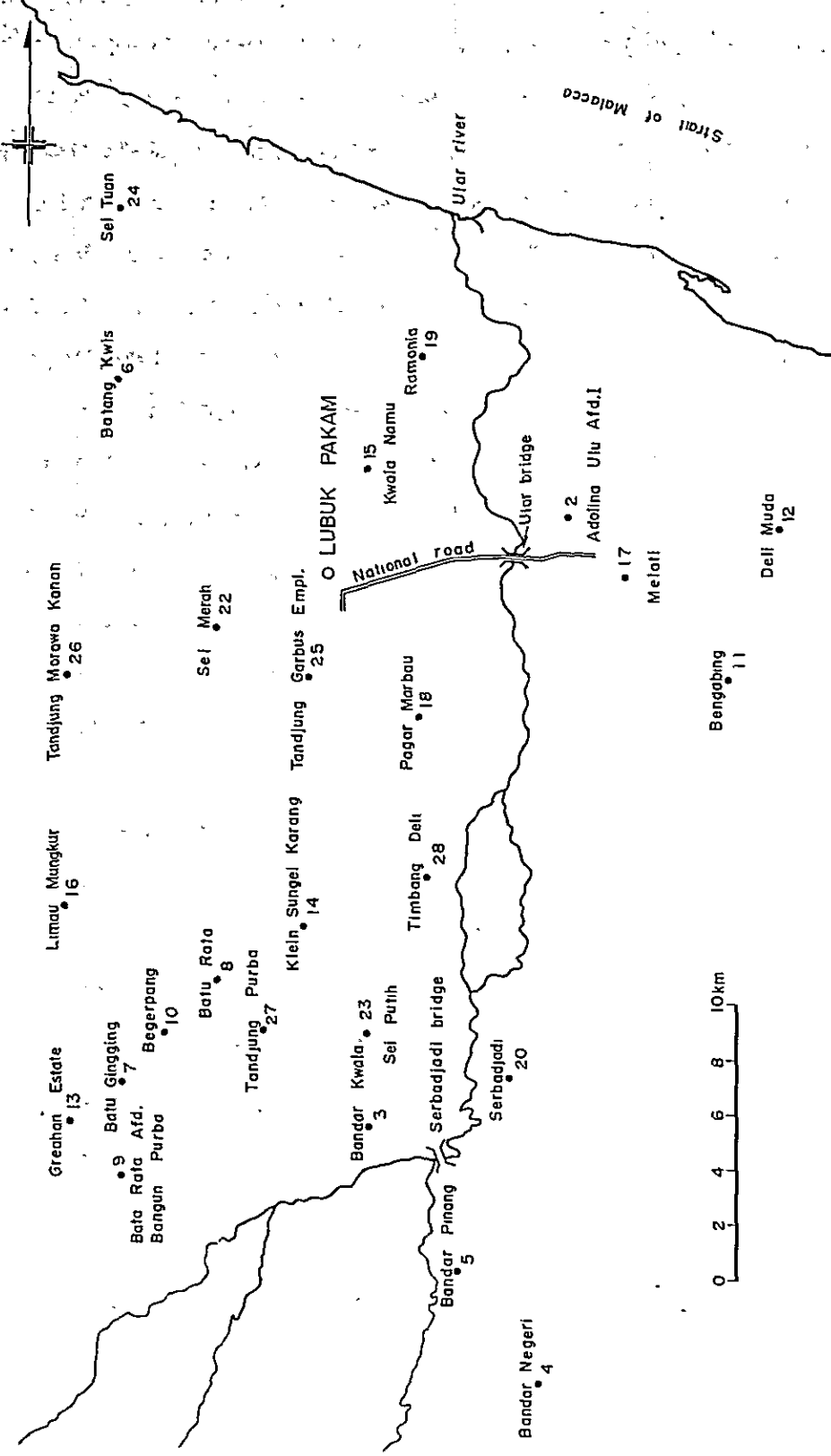


Fig. 1-3-5 Location of Rainfall Gauge Stations in the Lower Basin.



各雨量観測所間の雨量相関は Fig.1-3-6a~Fig.1-3-8b に示すとおりであり、月雨量の場合には若干の相関が認められるが、日雨量および3日雨量ではわずか6%程度離れたバツジギンとセイブテイ間でさえ、相関が全くない状態である。

本流域近傍における時間雨量は全く観測されていないため、この附近の降雨の時間分布形を直接、知ることが出来ないが、ジャワ島の時間雨量についてコロポブランエキスパート谷本修志氏の研究がある。スマトラ島とジャワ島は両島共、熱帯モンスーン地帯に属していること、並びに類似した地形であることを考慮すると、ジャワ島の時間雨量によつて、本流域の時間分布形を推定することが可能と考えられる。谷本修志氏の研究によると、ジャワ島における降雨の時間分布は、一般に、一日の中、15、16時頃に集中する3時間雨量によつて形成され、日雨量の約95%がこの3時間に降水となる。

従つて、この附近の雨量は地域的にも、また、時間的にも非常に集中度の高いものであると考えられる。一方、大出水の大部分は雨期において起つておる。これらの事項から大出水の流出機構は次の様に考えることができる。表面水は雨期の頻度の多い雨量によつて、山地部河道に次第に貯留され水位の上昇が起り、基底流量は増加する。このとき、たまたま、集中的大降雨が起り、これが大出水につながっていると考えられる。

メダン市における気温および相対湿度は1959年~1963年の5ヶ年間の統計によると、Fig.1-3-9およびFig.1-3-10に示すとおりである。月平均気温は年を通じて余り大きな変化がなく、5月に最高気温が表われ27.7°Cとなり、1月に最低気温が表われ25.6°Cとなつている。これに比べて、気温の時間変化は比較的大きく最高気温が14時に表われ31.9°Cを示し、最低気温は6時に表われ22.6°Cを示している。

月平均相対湿度は季節による変化がはつきり表われていて、9月~1月では約85.5%、2月~8月では約81.5%となつており、大雨期の多雨を説明している。また、相対湿度の時間変化は最高が6時の96.5%、最低が12時の58.6%であり、相対湿度の時間変化は相当大きく、季節によつても余り変りがない。

本河川河口部には検潮所がないため、近傍にあるベラワン港の驗潮記録を収集整理した。1969年1月~1970年8月のベラワン港の月最高満潮位および月最低干潮位は表1-3-2に示すとおりであり、1969年における朔望平均満潮位は2.732m、朔望平均干潮位は0.808mである。なお、潮位の基準はベラワン驗潮所零位である。

計画高水流量の検討において、水理水文資料すなわち雨量、水位、流量等が非常に重

要であることは云うまでもないことである。

従つて、本流域においては、水理水文資料の不足から計画高水流量の決定に至らなかつた事を考えると、諸種の観測記録の充実を計る必要がある。

なお、現象解析では、一般に、長期間の観測記録を必要とすることから、すみやかに各種の観測機器を設置し、観測することが望ましい。

Fig.1-3-6a Correlation of Daily Rainfall (): Distance between two gage stations.

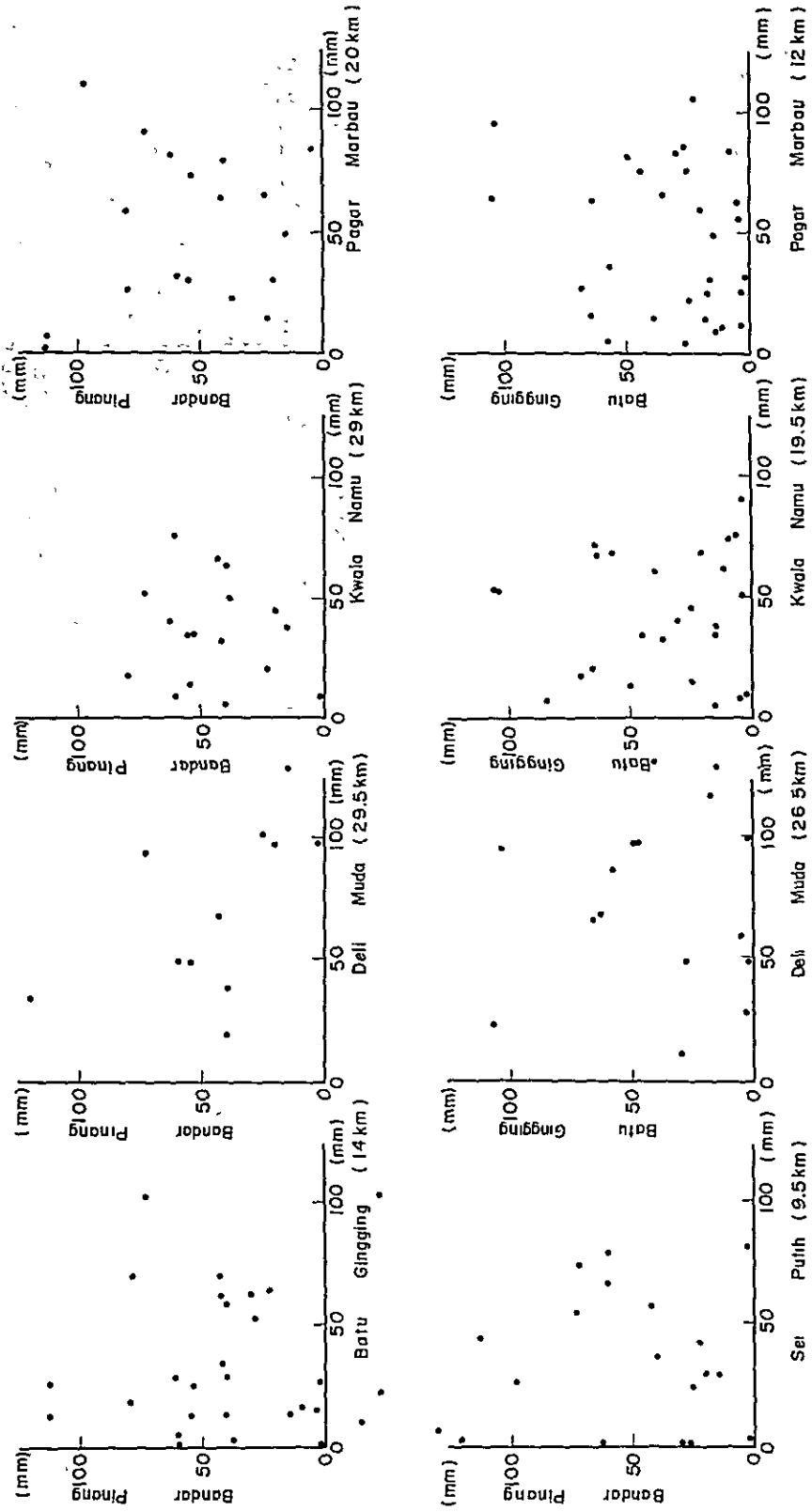


Fig.1-3-6b Correlation of Daily Rainfall.

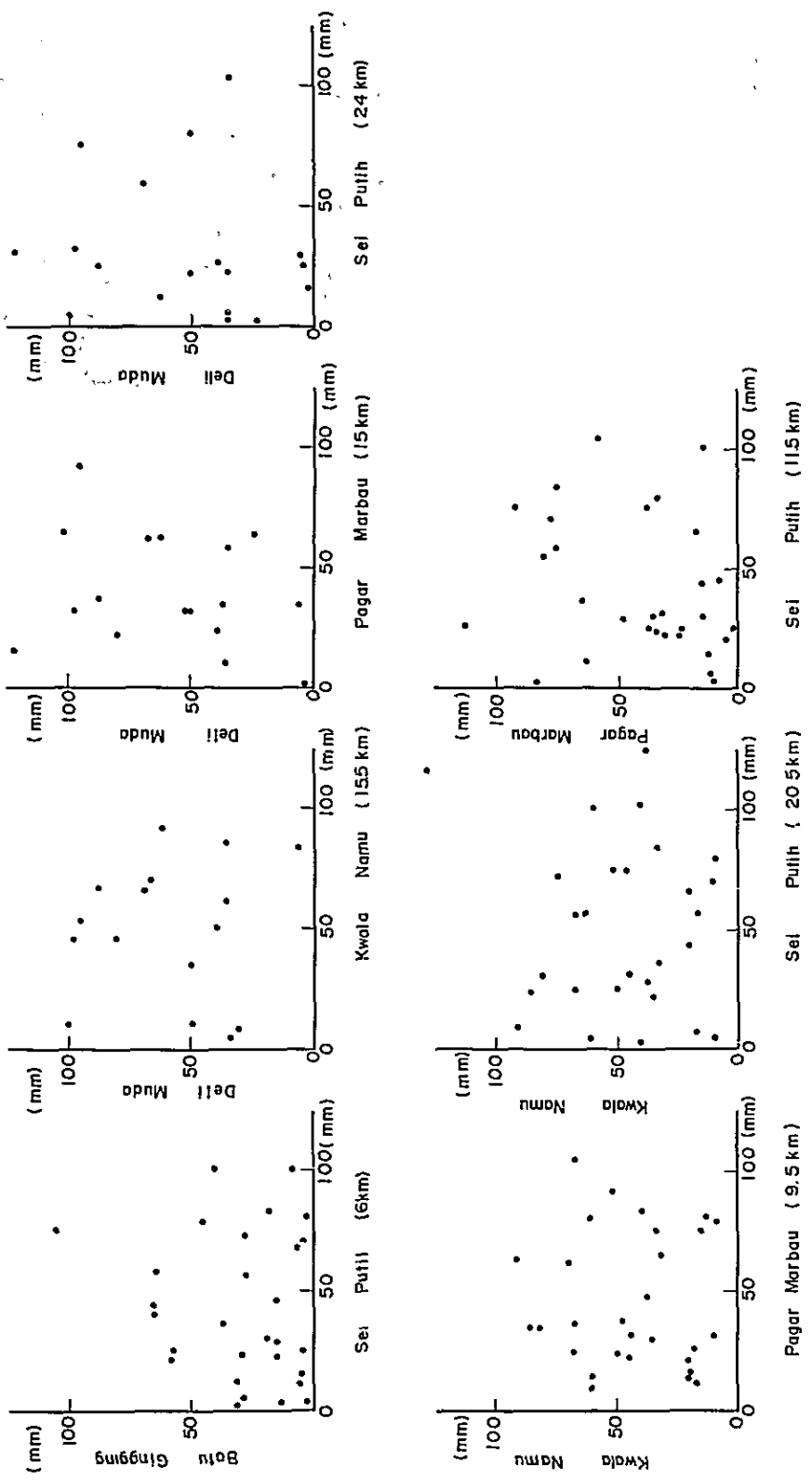


Fig. 1-3-7a Correlation of Three-Day Rainfall.

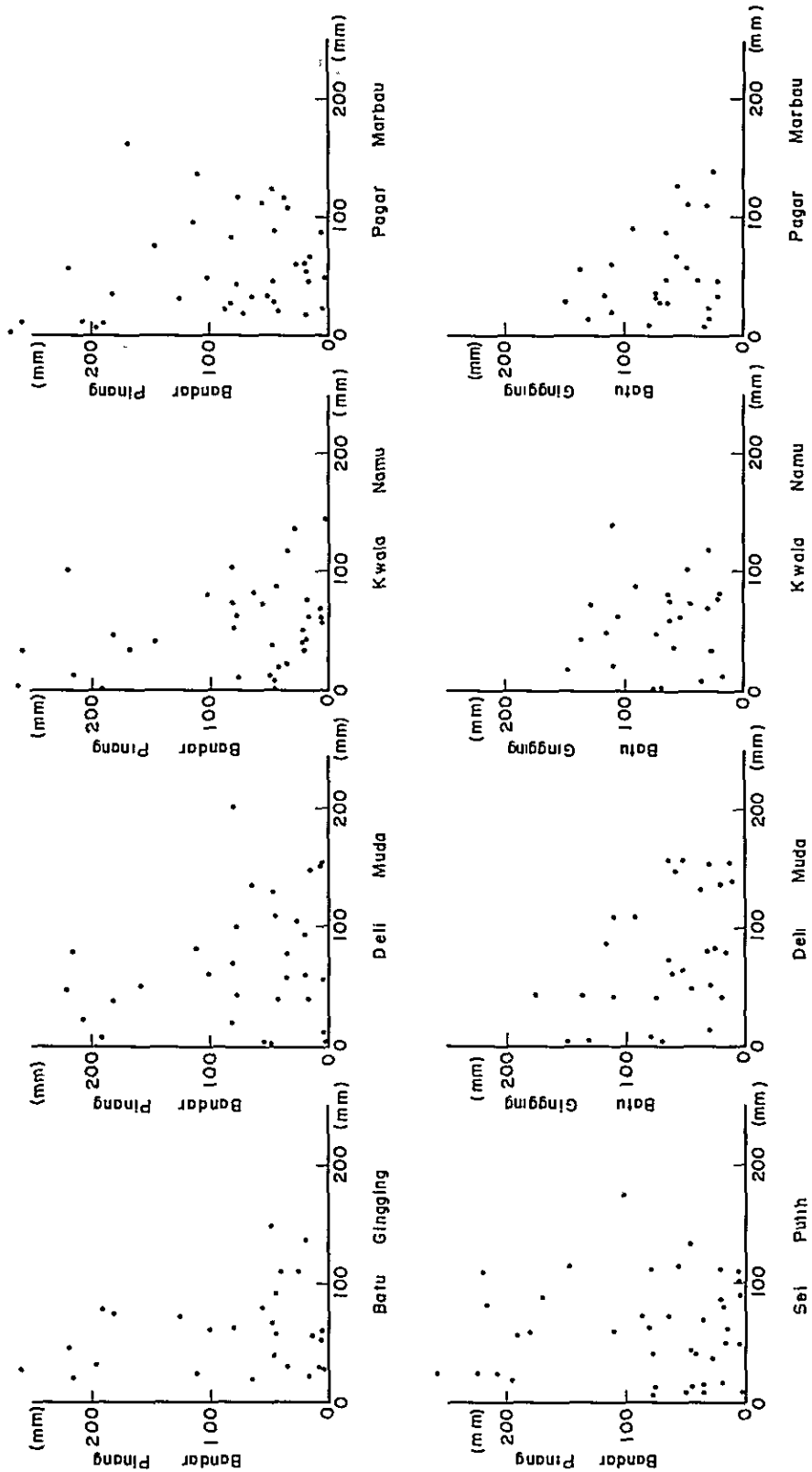


Fig.1-3-7b Correlation of Three-Day Rainfall.

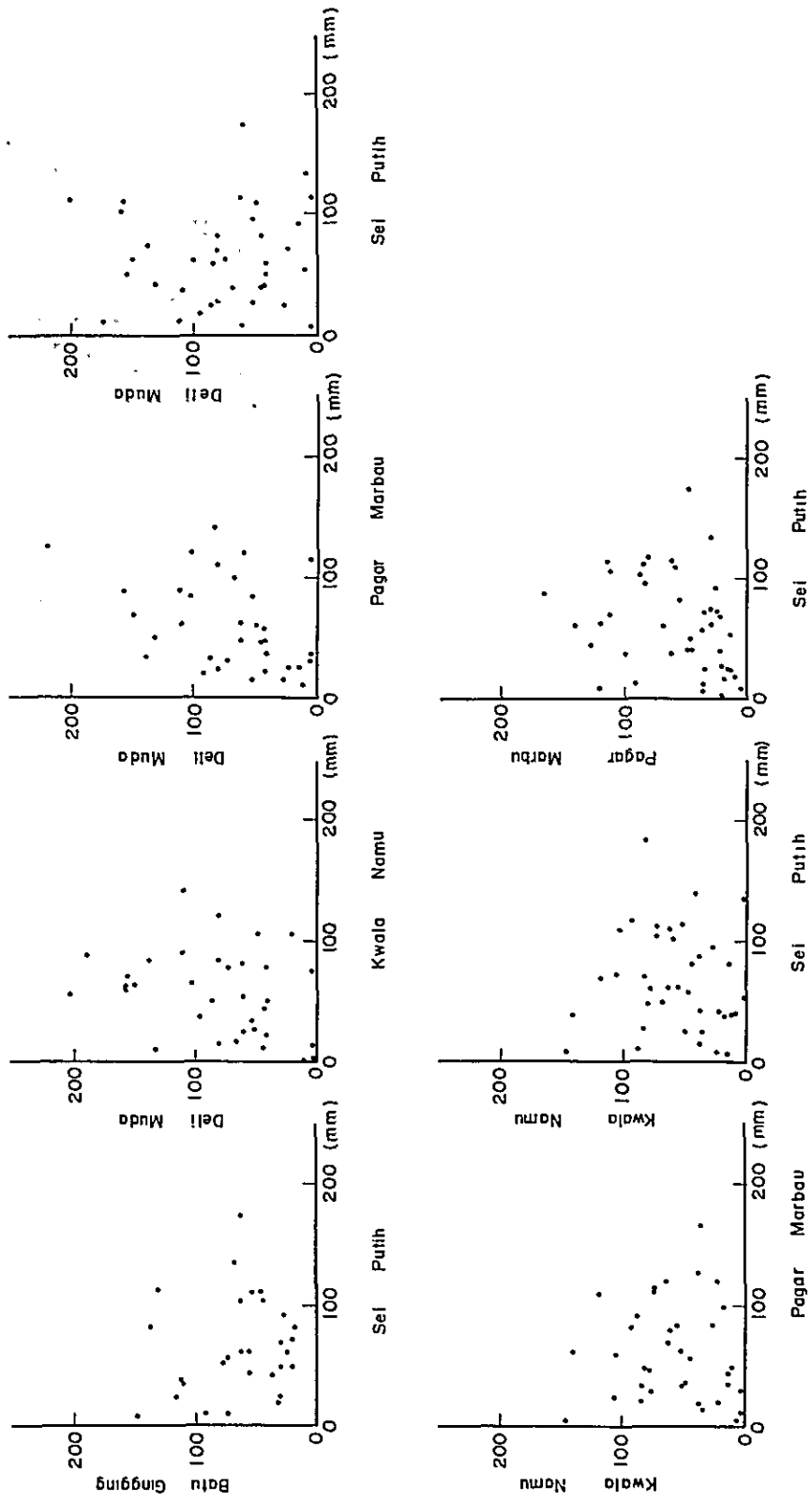


Fig.1-3-8a Correlation of Monthly Rainfall.

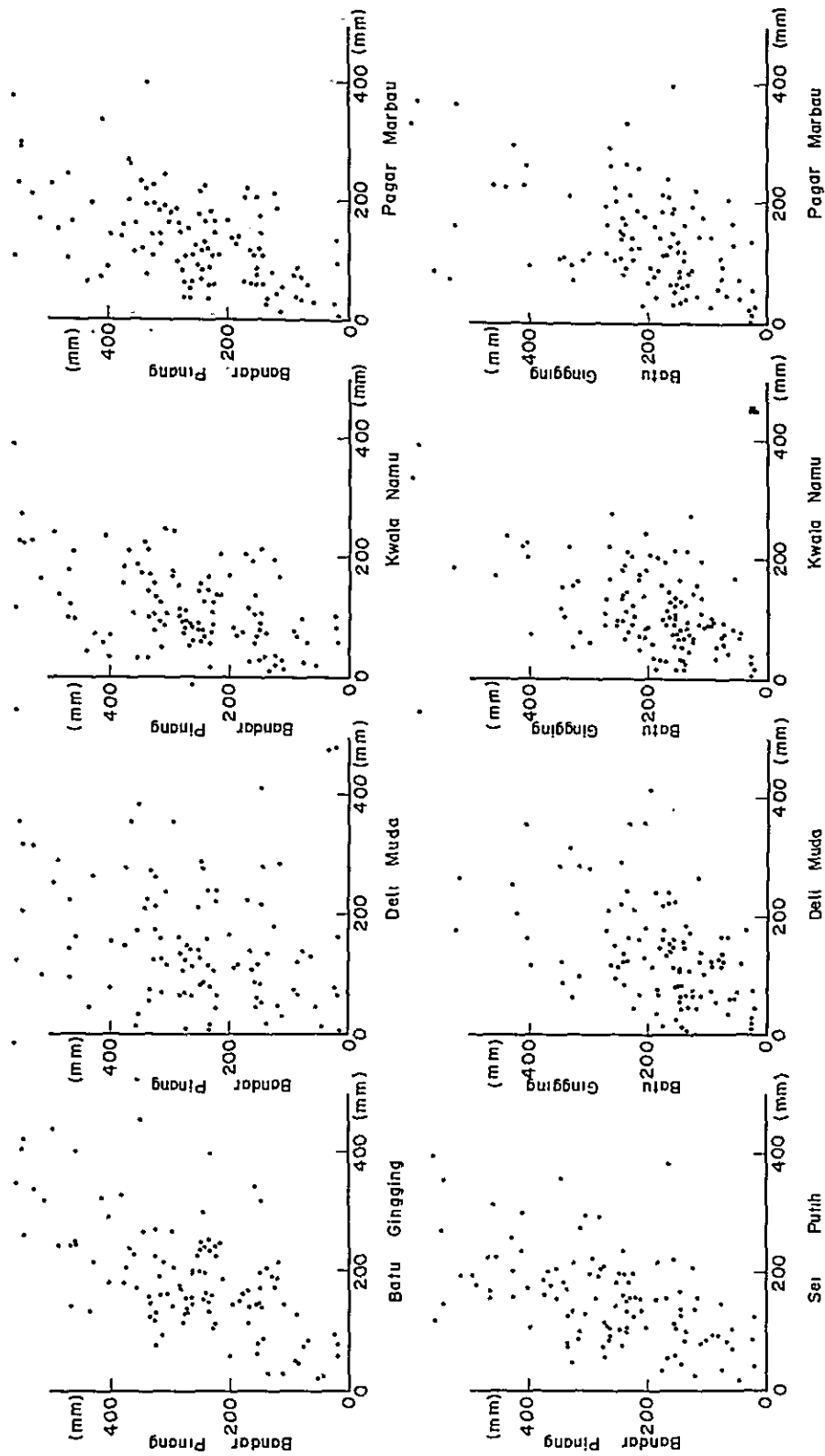


Fig. 1-3-8b Correlation of Monthly Rainfall.

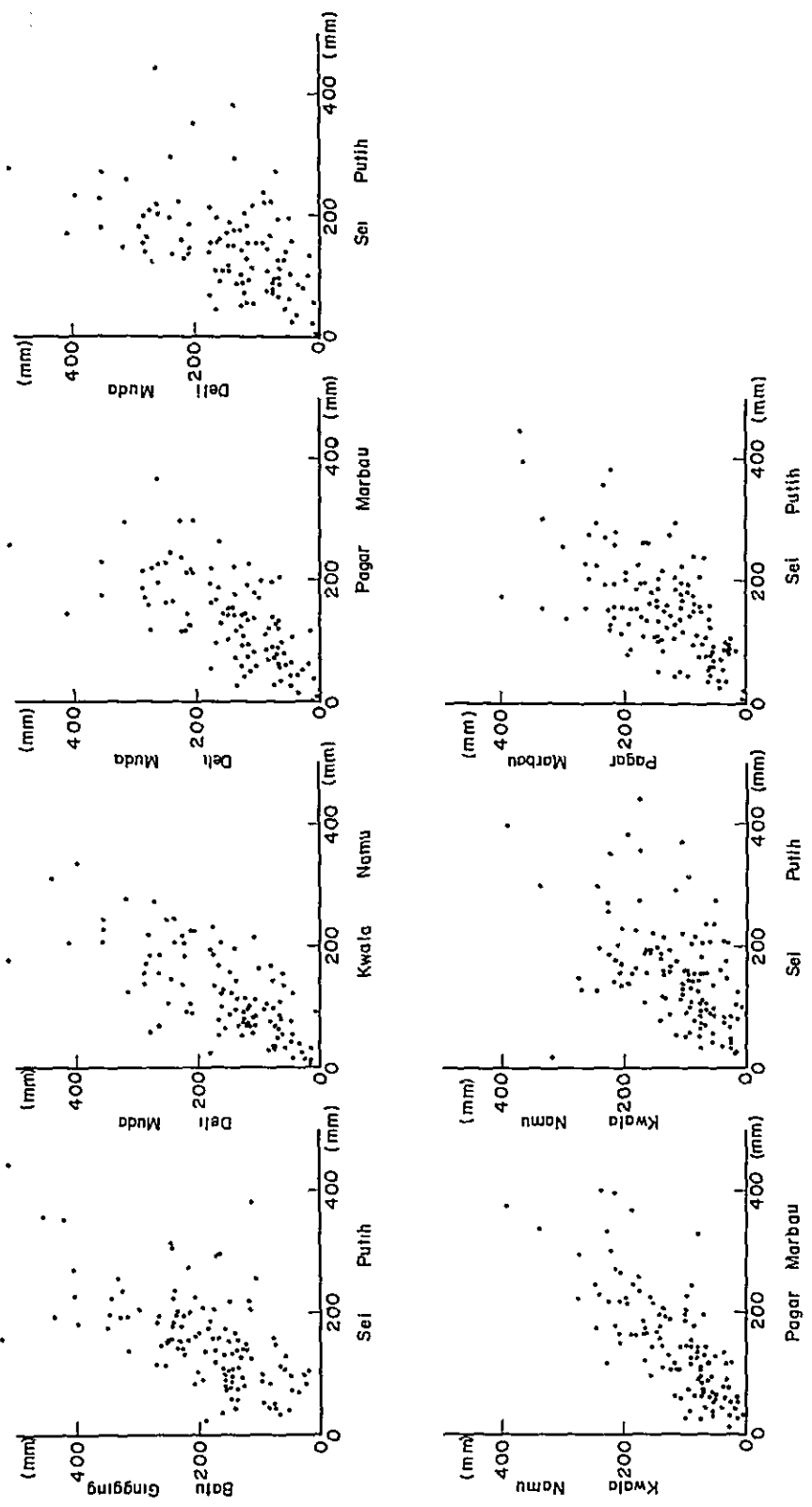


Fig. I-3-9 Monthly Temperature and Relative Humidity in Medan.

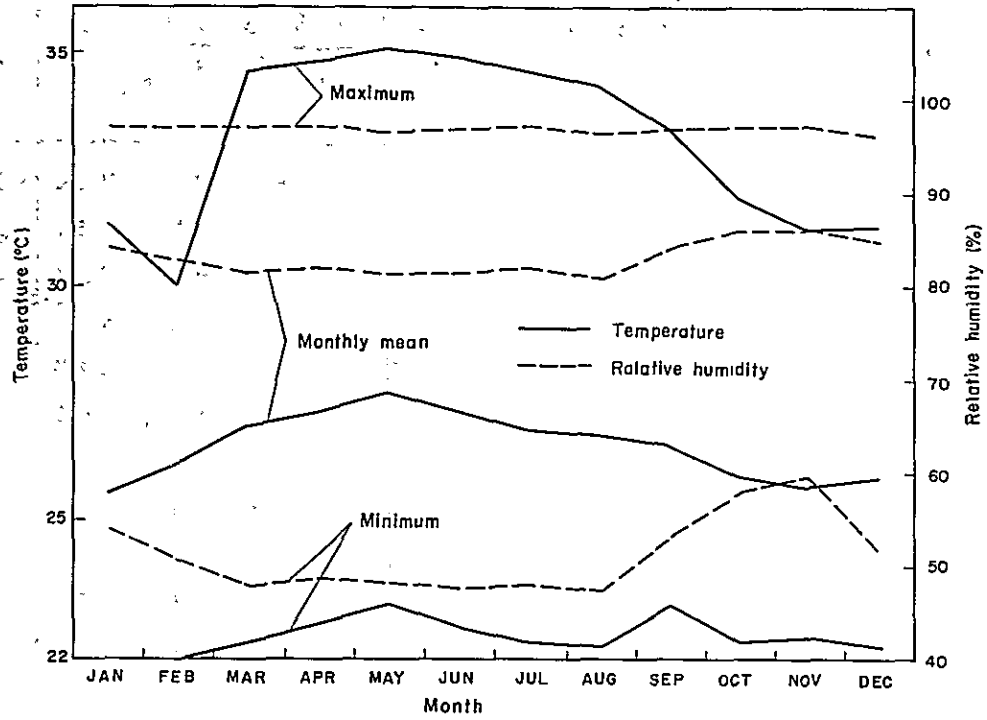


Fig I-3-10 Hourly Temperature and Relative Humidity in Medan

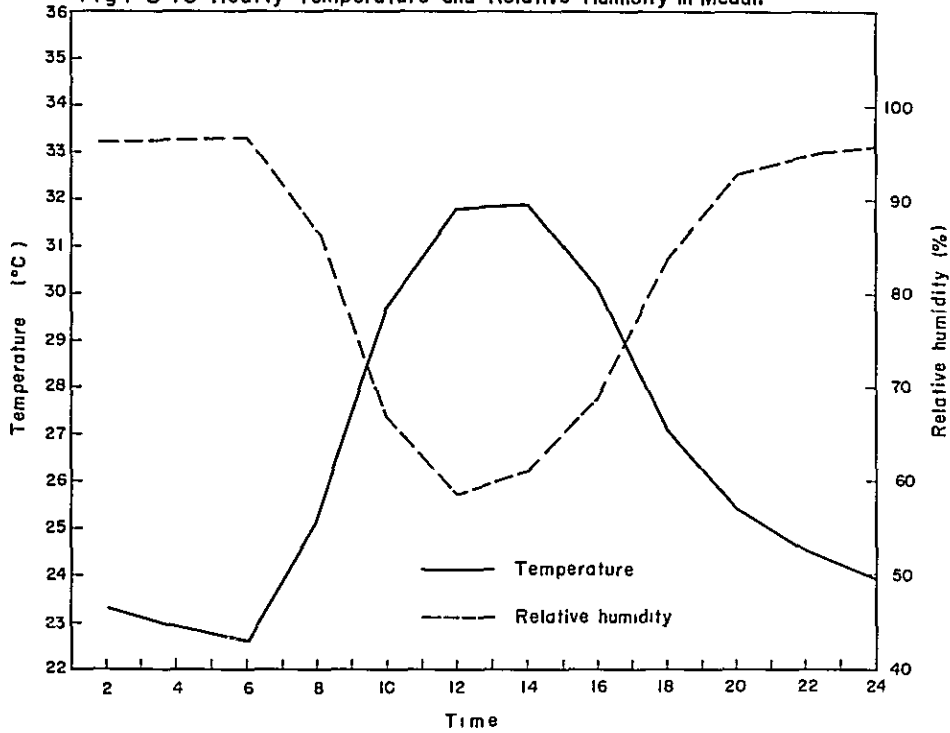


表1-3-2 ベラワン港潮位

年	月	月最高満潮位		月最低干潮位		月平均潮位 (m)
		日時	潮位 (m)	日時	潮位 (m)	
1969	JAN	20 3	2.74	19 9	0.01	1.51
	FEB	17 2	2.57	17 9	0.00	1.45
	MAR	19 15	2.57	6 9	0.12	1.45
	APR	4 15	2.75	3 8	0.26	1.54
	MAY	31 14	2.90	3 21	0.42	1.65
	JUN	1 14	2.86	1 21	0.46	1.69
	JUL					
	AUG	29 15	2.80	28 21	0.17	1.60
	SEP	26 2	2.96	14 23	0.43	1.68
	OCT	12 2	2.88	13 9	0.50	1.66
	NOV	11 2	2.82	11 9	0.42	1.64
	DEC					
1970	JAN	9 3	2.84	10 9	0.12	1.49
	FEB	9 3	2.74	8 10	0.02	1.42
	MAR					
	APR					
	MAY	5 13	3.04	22 21	0.60	1.82
	JUN	21 15	2.97	20 21	0.56	1.81
	JUL	20 15	2.96	21 22	0.29	1.83
	AUG	17 14	3.08	18 21	0.30	1.79

年最高満潮位 (1969)		年最低干潮位 (1969)		年平均潮位 (1969)	
月日時	潮位 (m)	月日時	潮位 (m)		
9 26 2	2.96	2 17 9	0.0	1.59	
朔望平均満潮位 (1969)		2.732 (m)	朔望平均干潮位 (1969)		0.808 (m)

基準面 : ベラワン港陰潮儀零位

第4章 平地部の河道現況

1. 河道と堤防

ブアヤ河とデナイ河が Fig. 1-3-1 に示すとおりガランバラットの上流約 5 km 地点で合流してウラル河となつている。

ウラル河は Fig. 1-4-1 に見られるようにガランバラットから下流は兩岸に堤防が築かれている。しかし、河口から、その上流約 8 km 地点までの区間の右岸側は無堤となつている。河口からの距離 1 3.6 km から 1 8.6 km の区間は河巾が著しく変化し、屈曲が多い。

ガランバラットから河口までの約 3 2 km の区間には、支川の流入はないので、流入流域の増加は河道面積以外にはない。

全延長約 6 7.3 km の堤防は D P U T L と P N P に属し、この両者に属する堤防 (D P U T L が 3 5 km, P N P が 3 2.3 km) は夫々が維持管理している。河巾は河道の各地点で異つており、一貫した河道の改修計画もない。

現在の堤防は一般に天端巾が 1.5 m 乃至 3.0 m で、地盤からの高さが約 1.0 m 乃至 2.5 m であり、法勾配が 1 : 1 となつている。法面は殆んど芝で覆われており、堤防沿いの石やコンクリートの護岸は全く見られない。僅かに木造の水制が幾つかの屈曲部で見られる。この水制は約 5 m 乃至 1 0 m の長さのもので、下流に向けて作られている。

国道のウラル橋が河口から約 1 3.6 km の地点でこの川を横断しており、また其の他の橋としてスルバジャデイ橋がブアヤ河とデナイ河の合流点から約 5 km 下流のガランバラットでこの河を横断している。鉄道橋がウラル橋の上流約 8 0 m にかかつている。これらの 3 橋の明細は表 1-4-1 のとおりである。

表 1-4-1 橋梁の型式と形状

橋 名	河口からの距離	全 長	型 式	径 間 (m)
ウラル橋	1 3.5 5 km	6 4.3 m	I 型鋼	16.0+16.15+16.75+15.4
鉄 道 橋	1 3.6 3	約 6 3.0	トラス	約 4 0.0+2 3.0
スルバジャデイ橋	3 5.7 0	約 6 2.0	トラスと I 型鋼	約 4 7.0 (トラス)+ 約 3 × 5.0 m

Fig. I-4-1 The Ular River

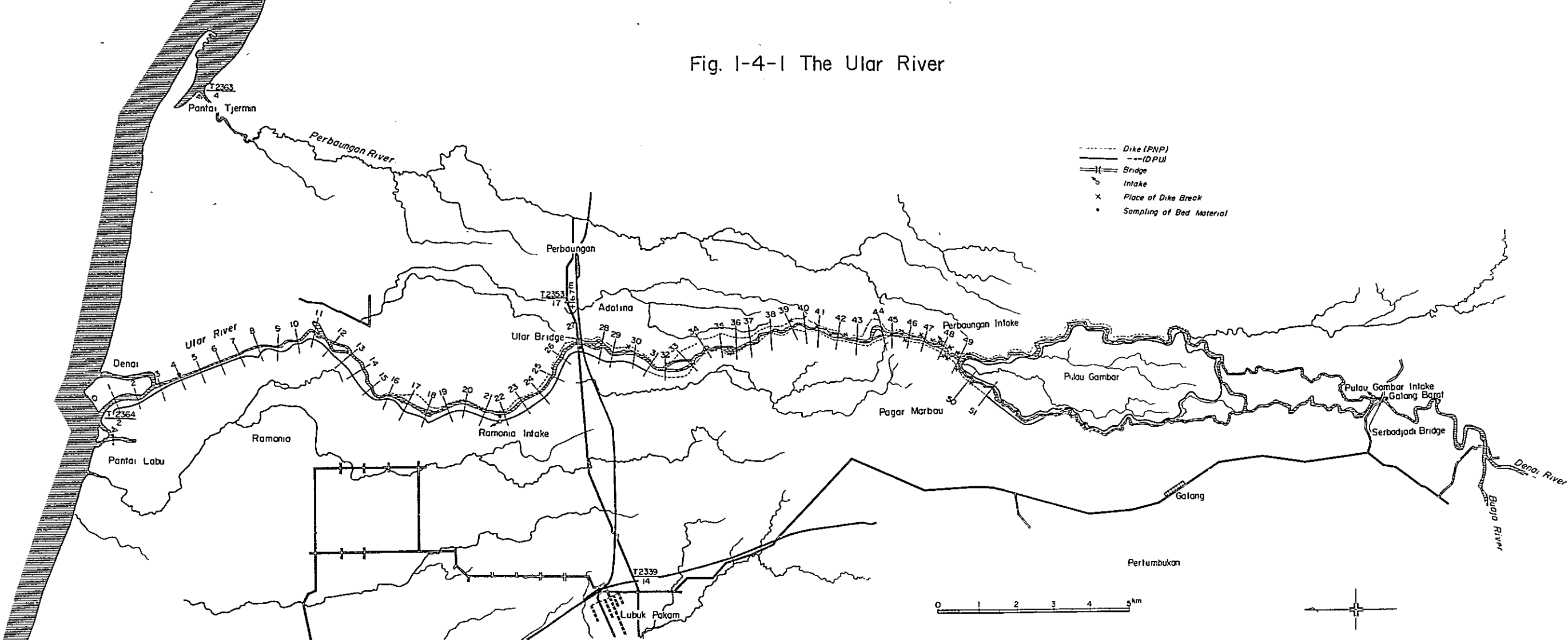


Fig.1-4-1に示すようにガランバラツトから河口までの河道に沿つて灌漑用の3つの取水口がある。上流の取水口は、ガランバラツトにあり、ガランバラツトのすぐ下流の輪じゆう堤により囲まれたブラウガンバル地区の面積1,100 haを灌漑しているブラウガンバル取水口と呼ばれている。

中間の取水口は、ブラウガンバル輪じゆう堤のすぐ下流にあり、ブルバウンガン取水口と呼ばれ、右岸側下流の面積5,000 haを灌漑している。下流の取水口は、ルブクバカムの近くにあるラモニア取水口で、左岸側の2,500 haの水田を灌漑している(表1-4-1)。

その他小さな幾つかの取水口がウラル河上流域に見られる。

表 1-4-2 取 水 口

取水口の名称	位 置	灌 漑 面 積
ラ モ ニ ア	1 1.050 km	2,500 ha
ブルバウンガン	2 3.360	5,000
ブラウガンバル	3 5.480	1,100

2. 河川縦横断

河川の現況を示した縦断図及び横断図は正確なものはないが、国营建設公社ワスキタカリヤにより、1968年から1969年の期間に測量された局所的な縦横断図がある。1つは河口から約1.7 km上流地点と河口までの範囲の図面で、もう1つは13.6 km地点のウラル橋と河口から上流24.9 km地点までの範囲の図面である。

これら2つの図面は基準面が異つている。スマトラ基準面^{△1}が前者に使用されており、一方後者には仮基準面^{△2}が使用されている。吾々は水準測量によりこれら2つの関係を結びつけ、Fig.1-4-2に示すように河口から24.9 km地点までの範囲のウラル河の縦断図を作成した。

国营建設公社ワスキタカリヤにより作られた横断図を用い、又Fig.1-4-1およ

△1 この基準面はブラワン港の検潮器の零点に等しい。

△2 ウラル橋の右岸橋台の沓座高を25 mと仮定した。

び Fig.1-4-2 を勘案して横断面を作成した。それを Fig.1-4-3 に示す。

Fig.1-4-2 によると、河口からガランバラットのスルバジャデイ橋までの平地部の河床平均勾配は約 $1/700 \sim 1/1,000$ である。

しかし、河床の局所的な異常勾配が 13.6 km から 21.2 km までの区間に見受けられる。 13.6 km から 18.7 km までの下流の半分は、特に急勾配が見られるのに対し、 18.7 km から 21.2 km までの上流の半分は殆んど水平である。

河床の異常な縦断形は、たとえいくらかの測量誤差があるとしても、水準測量の結果の相対関係はそれほど悪くなるとは思われない。しかしその異常は早い機会に調査されるべきである。

ウラル河の河床は過去20年間に全体的に2乃至4 m 上昇したと云われている。しかしこの上昇を証明する資料を得ることはできなかつた。鉄道橋の橋脚における床版の現在状態を考える時、そのような2乃至4 m の上昇は考えられない。上述の河床の局所的な異常は沈澱堆砂の結果と思われる。それは、堤防溢流の大半が表1-4-3 に示すように 18.6 km から 21.9 km の区間だけに起つており、その結果河川の流れはこの地点附近で掃流力を失い、この場所から下流に沈澱を増進させたものと考えられる。

河巾は表1-4-4 のとおりであり、ウラル橋から下流部は約300 m で殆んど一定の巾である。しかし、ウラル橋から上流部はその変化が大きい。低水路は約50 m 乃至60 m の巾で殆んど一定である。

表 1-4-3 堤 防 溢 流 地 点

年	1955	1965	1968	1969
堤 防 溢 流 地 点	8月 23.5 km	4月 23.4 km	19.6 km	14.8 km
	23.8		22.7	18.7
			23.2	19.6
			23.6	20.5
				22.7
				23.0
				23.2
				23.4
				23.6
				12月 22.2
			8月 24.4	

Fig. I-4-2 Longitudinal Profile of the Ular River

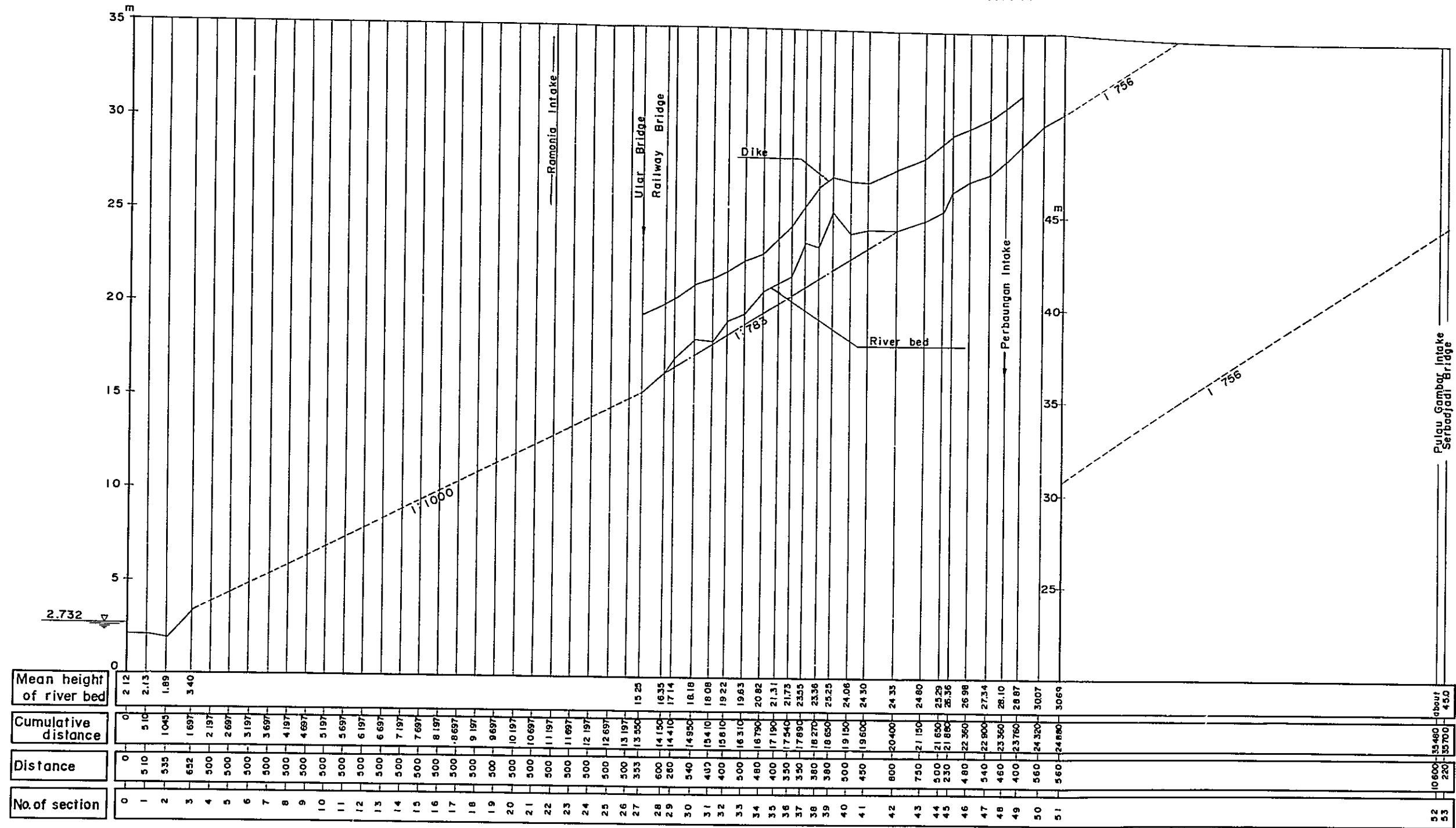


Fig. 1-4-3 Example of Cross-sections

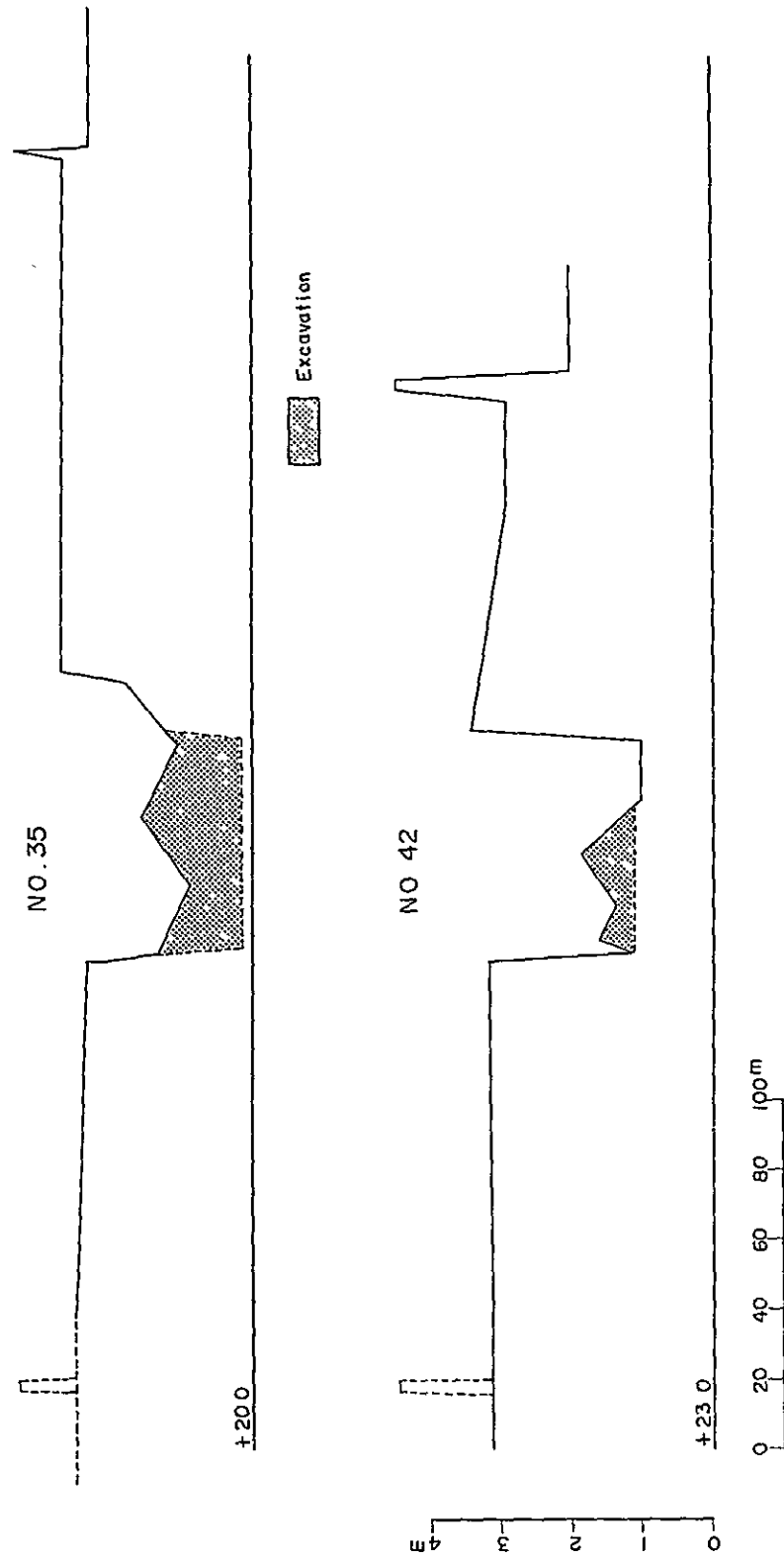


表 1-4-4 ウラル河の勾配と河巾

区 間	種 別	河 床 勾 配	河 巾 (m)	低水路巾 (m)
0.0 km (河口) ~13.6 km (ウラル橋)		約 1/1,000	約 300	約 60
15.6 km ~ 18.7 km		約 1/550	250 ~ 500	約 50
18.7 km ~ 21.9 km		約 1/2,500	150 ~ 400	約 50
21.9 km ~ 24.9 km		約 1/700	約 150	約 50

現在流過能力は異常河床附近で特に小さい。Fig. 1-4-2に示すように河床勾配を $1/783 \sim 1/756$ で、低水路の粗度係数を 0.025 、高水路の粗度係数を 0.045 と仮定した場合、No. 40, 42の地点でわずかに約 200 m/sec である。

3. 河床材料

ウラル河の河床材料は Fig. 1-4-1 及び表 1-4-5 に示されている 5 地点で採取され、RISPA で分析された。その結果は表 1-4-5 及び Fig. 1-4-4 の通りである。Fig. 1-4-5 は河口からスルバジャデイ橋までの区間の粒径が殆んど一定であることを示している。そしてそれは約 1 mm である。

また、ウラル河の上流流域と中流流域の土壌が RISPA で分析された。その結果は表 1-4-6 のとおりである。

Fig.1-4-4 Accumulation Curve of Grain Size

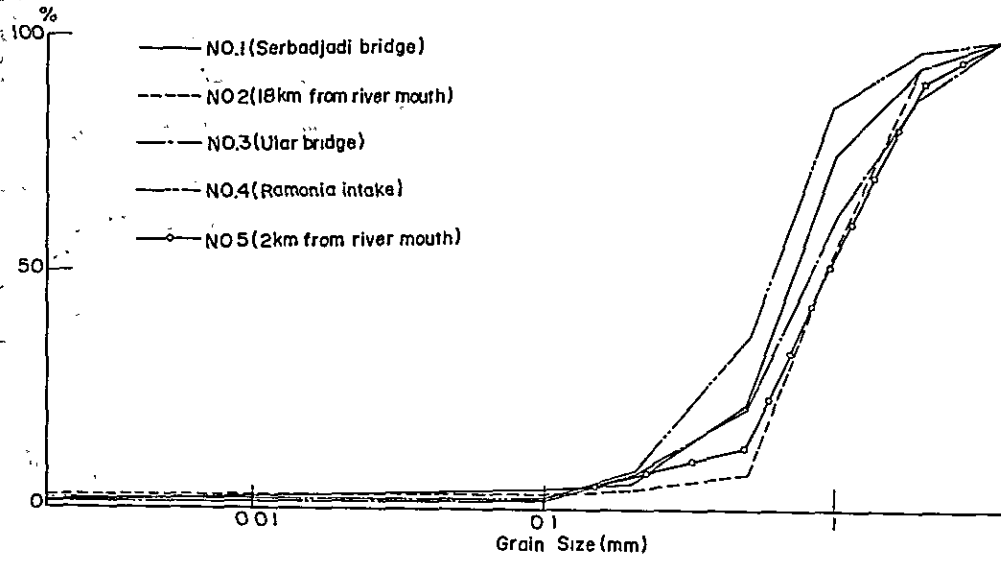


Fig.1-4-5 Grain Size and Specific Gravity of Bed Materials in the Ular River

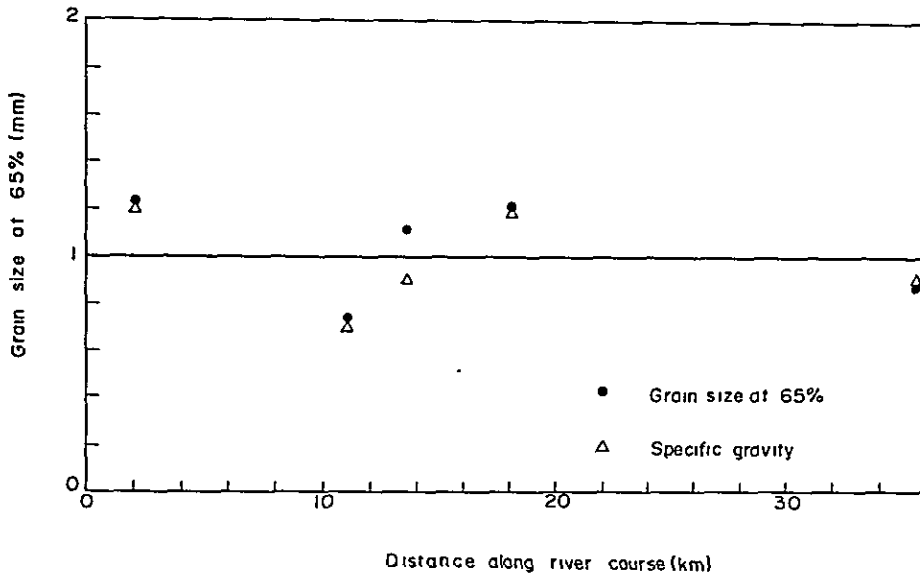


表1-4-5 ウラールの河床材料

資料番号	採集地点	PH	比重	粒度 (mm)								粒度試験に使用された砂量(gr)
				2	2-1	1-0.5	0.5-0.2	0.2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	<0.02	
				%	%	%	%	%	%	%	%	
1	3 5.7 km (Serbadjadi)	6.80	2.59	5.59	19.12	52.17	17.11	1.55	0.01	2.47	1.54	408.46
2	1 8.0 km	6.65	2.62	5.46	40.66	46.06	3.50	1.04	0.01	0.15	2.00	615.10
3	1 3.6 km (Ular bridge)	6.75	2.59	11.89	26.87	39.22	14.76	4.89	0.05	0.34	1.69	675.93
4	1 1.0 km (Ramonia intake)	6.80	2.57	2.32	11.57	49.40	28.58	5.70	0.10	0.36	1.79	1402.40
5	2.0 km	6.68	2.62	9.79	35.59	40.78	8.39	3.23	0.03	0.53	1.51	1168.86

表1-4-6 流域の土砂構成

資料番号	採集地点	PH	比重	粒度 (mm)								粒度試験に使用された砂量(gr)
				2	2-1	1-0.5	0.5-0.2	0.2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	<0.02	
				%	%	%	%	%	%	%	%	
6	Upper basin of the Ular (about 110 km from river mouth)	5.93	2.25	3.40	6.92	23.06	2.05	39.63	4.40	17.13	3.69	100.00
7	Middle basin of the Ular (about 50 km from river mouth)	5.55	2.56	2.75	5.23	20.68	2.43	17.56	2.63	15.24	3.687	100.00

第 5 章 洪水による被害

1. 土地利用と公共施設

ウラール河流域は、北スマトラ省のデリセルダン、シマルングンの両県に属している。しかし、毎年洪水によって被害をうける下流域はデリセルダン県の中にある。

デリセルダン県は北スマトラ省の首都メダンをもち、北スマトラ省の中でも最も人口密度の高い県であり、総面積 $4,824 \text{ Km}^2$ 、人口 $1,766,200$ 人 (1968)、人口密度 366 人/Km^2 で 1971 年にはこれを超えるものとみられる。

ウラール河の洪水によって、毎年被害をうけている区域はガランより下流の平地部であり、それは 4 つの郡にまたがる。すなわち、ブルバウガン、ルブクバカン、パンタイチルミンおよびガランである。この区域は北スマトラ省の中でも最も国営農園の発達した地域の一つであり、国営農場 P N P II - 1 1 (タンジュンガルブス)、P N P II - 1 2 (メラチ)、P N P IV - 2 (スルバジャデイ)、P N P VI - 1 (アドリナ)、P N P IX - 9 (クアラナム) および P N P IX - 1 3 (バガルマルポー) があり、その総面積は約 $17,500 \text{ ha}$ で、おもにパームオイル、ゴム、タバコなどが生産されている。(Fig. 1-5-1)。

また、この区域は水田がよく開発され、その総面積は $15,000 \text{ ha}$ と推定される。おもな取水口はブラウガンバル、ブルバウガンおよびラモニアで、ウラール河本川より取水し、それぞれ $1,100 \text{ ha}$ 、 $5,000 \text{ ha}$ および $2,500 \text{ ha}$ の面積の水田を灌漑している。このうちブラウガンバルおよびブルバウガンの取水口からとられた水は、さらに有効に利用されるために D P U P S U の手によって用水路を建設中である。建設中の用水路が完成した際には、ブラウガンバルおよびブルバウガンからの取水による灌漑面積はそれぞれ $2,000 \text{ ha}$ および $6,800 \text{ ha}$ になる。

また、この区域には、スマトラ縦貫道路および縦貫鉄道が東西に走っていて、交通上極めて重要な地域でもある。この区域の保有する国道および国有鉄道の延長はそれぞれ約 25 km および 26 km である。

この洪水氾濫区域の面積はおよそ $35,000 \text{ ha}$ に達し、そのうちわけは図 1-5-1 に示すとおりである。

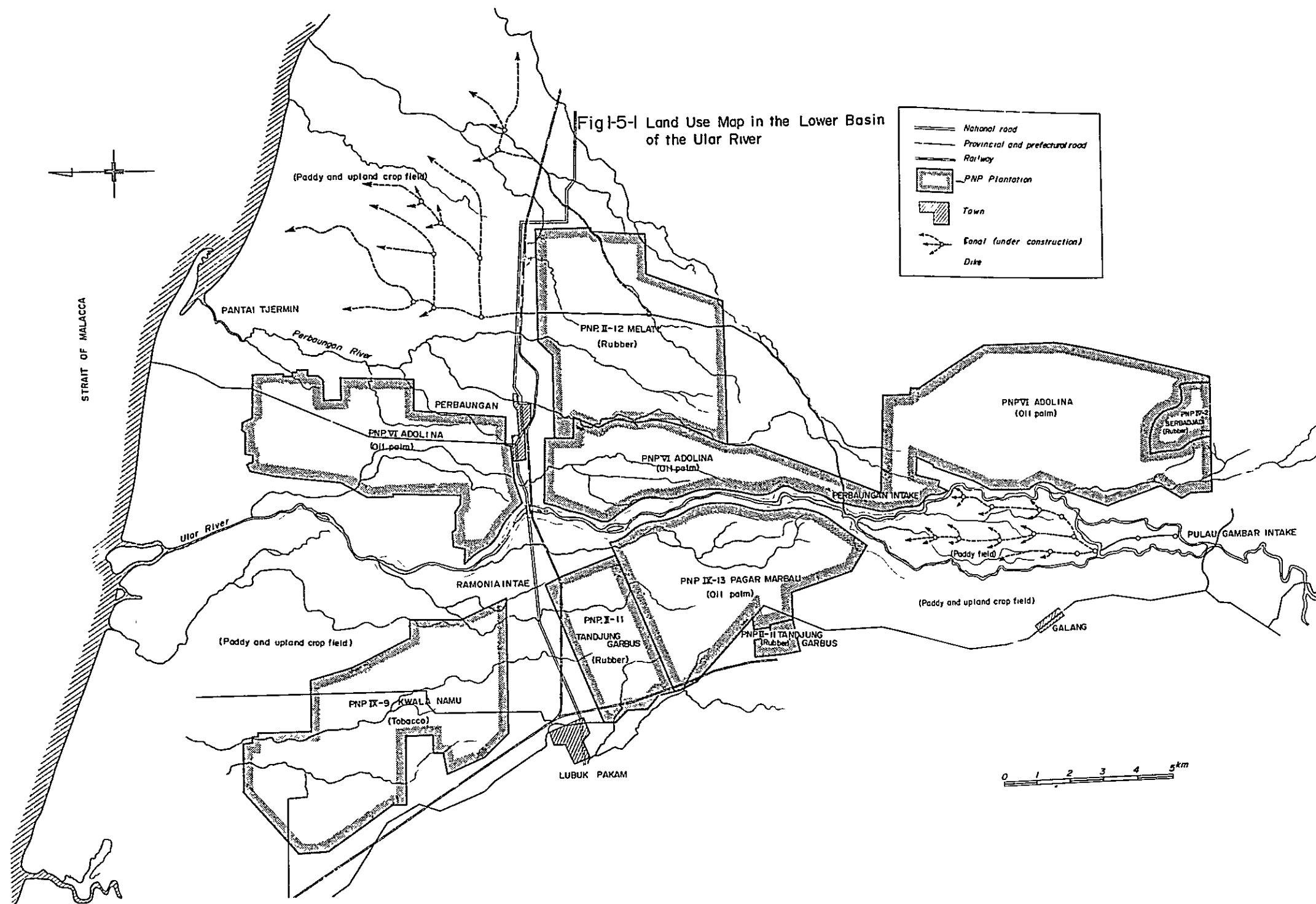


表1-5-1 洪水氾濫区域内の土地利用
並びに公共施設

(1) 土地利用

種 別	A. 面積 (ha)	B.植付面積 (ha)	$\frac{B}{A}$ 植付率 (%)	摘 要
オイルパーム	7,180	4,535	63	PNPVI, PNPX
ゴ ム	3,380	2,860	85	PNPH
タ バ コ	3,740	950	25	PNPX
水 田	14,200	14,200	100	
陸稲, 畑作地	1,600	1,600	100	
町	300			ルブクバカム, プルワンガン
沼沢地, 空閑地	4,700			沼沢地: 2,200ha 空閑地: 2,500ha
合 計	35,100	24,145		

(2) 公共施設

種 別	延 長(km)	摘 要
国 道	25	国道および国鉄
州 道	18	
県 道	10	
国有鉄道	26	
農園鉄道	14	
橋 梁	約 20 橋	
堤防(DPU)	35	
堤防(PNP)	32.3	

2. 洪水記録

ウラール河の洪水はその大部分がウラール橋とウラール橋から上流約10kmの間におきている。洪水はほとんど毎年おきているが、1950年以来約20年間におきた洪水のうち最大のものは1954年および1955年の洪水である。詳細な記録は明らかでないが、1954年の洪水はウラール河の左岸側の堤防の決壊によるもので、浸水区域はウラール橋より下流域の左岸一帯に及び、P N P K-9クアラナムの北部において、最大浸水深2m、浸水日数1ヶ月以上に及んだといわれている。1955年の洪水は右岸側2ヶ所の堤防の決壊によるもので、河口から約7km上流の右岸地域において、最大浸水深2.5m、浸水日数3ヶ月に及び、多数の死者も出たと云われている。また、国道、国鉄の通過する交通の要衝であるところのブルワンガン町においては、最大浸水深約1.4m、浸水日数約1週間に及び、道路修理に4ヶ月もかかったため、交通に著しい障害をきたしたと云われている。P N P V アドリナ構内においては、産物および材料を運搬する構内鉄道が浸水したため、作業能率が著しく低下し、著しい減収をきたしたと云われている。

最近では1968年に4ヶ所、1969年に9ヶ所の地点で堤防の決壊あるいはオーバートップングがおきている。堤防の決壊あるいはオーバートップングの回数が近年になつて増加の傾向にあることが認められ、その地点が中流部の3~4kmの区間に集中している。この原因については後章で説明する。

3. 洪水による被害

D P U P S U は1958年以来のおもな洪水による公共施設等の被害状況を報告している(表1-5-2)。

表 1 - 5 - 2 洪水による公共施設等の被害額

	8/9 Dec. 1958		19 NOV. 1961		25/26 NOV. 1964		27 NOV. 1965		5 Dec. 1968		14 Sept. 1969	
		Amount (Rp1,000)		Amount (Rp1,000)		Amount (Rp1,000)		Amount (Rp1,000)		Amount (Rp1,000)		Amount (Rp1,000)
National Road	km 150	30,000	11.8	23,600	15.6	* 31,200	10.5	21,000	8.9	17,800	13.2	26,400
Provincial Road	km 7.5	* 7,500	3.78	3,780	7.2	7,200	3.47	3,470	2.3	2,300	2.6	2,600
Canal	km 15	* 13,000	3.6	7,200	1.0	2,000	0.97	2,000	3.46	3,500	2	2,000
Irrigation Facilities	5	* 10,000	4	4,000	2	4,000	2	4,000	1	2,000	3	6,000
Dikes	km 0.7	2,000	5.4	* 12,000	0.75	1,500	5.96	6,500	5.06	6,500	6.2	11,000
Bridges	4	12,000	2	4,000	2	6,000	4	10,000	2	2,000	4	* 12,000
Houses	256	* 2,816	27	270	156	15,600	-	-	12	120	5	110
Buses & Cars	138	* 1,370	34	340	59	5,900	4	40	8	80	-	-
Livestock	326	* 325	193	193	129	12,900	-	-	-	-	-	-
Total Amount		79,011		55,343		54,179		47,010		34,100		60,110

△ D F U P S U による報告

これによると、一洪水の公共施設等の被害額は Rp 30,000,000 から Rp 80,000,000 の間にあり、平均被害額は約 Rp 55,000,000 である。しかし、この中には農園、農地の被害は含まれていない。実際、農園、農地の洪水による被害調査資料はほとんどないと云つてよい。従つて、吾々は若干の被害資料を得るために、現地ききこみによつて浸水深および浸水日数を調査した。

調査地点は合計 52 点で、洪水単位は 1 年を単位とした（1 洪水ではない）。しかし、この調査資料から各年の浸水図を作成するのに充分とは云い難い。従つて、浸水図は比較的資料の多い 1969 年について作成し（Fig 1-5-2）、さらに、1969 年を含めて 1954 年以來の全洪水についての資料をもとに、最大可能浸水図を作成した（Fig. 1-5-3）。

これらの図並びに表 1-5-1 の植付率を考慮して植付地の浸水面積および最大可能浸水面積を推定すると次のとおりである（表 1-5-3, 1-5-4）。

表 1-5-3 浸水面積（1969） 単位：ha

浸水深(m)	0.0~0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~	合計
オイルパーム	674	340	195	365	76	1,650
ゴム	816	748	68	0	0	1,632
タバコ	28	30	0	0	0	58
水田	1,480	1,380	1,170	450	420	4,900
陸稲, 畑作地	200	100	0	0	0	300
合計	3,198	2,598	1,433	815	496	8,540

表 1-5-4 最大可能浸水面積 単位：ha

浸水深(m)	0.0~0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~	合計
オイルパーム	605	195	655	1,310	284	3,049
ゴム	638	1,198	400	178	0	2,414
タバコ	168	290	180	62	0	700
水田	1,990	3,740	450	2,120	1,950	10,220
陸稲, 畑作地	200	150	150	0	0	500
合計	3,601	5,573	1,835	3,670	2,234	16,883

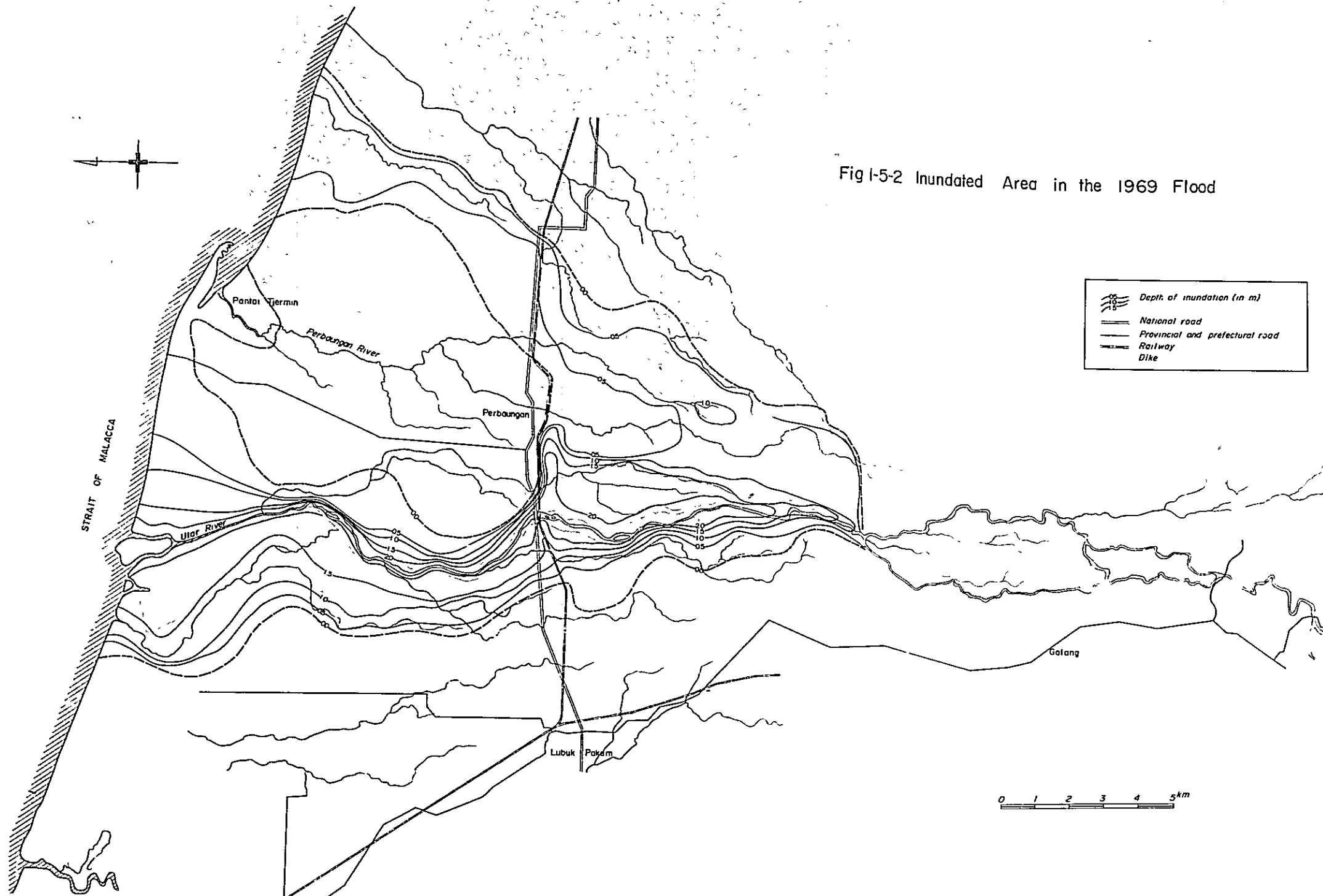
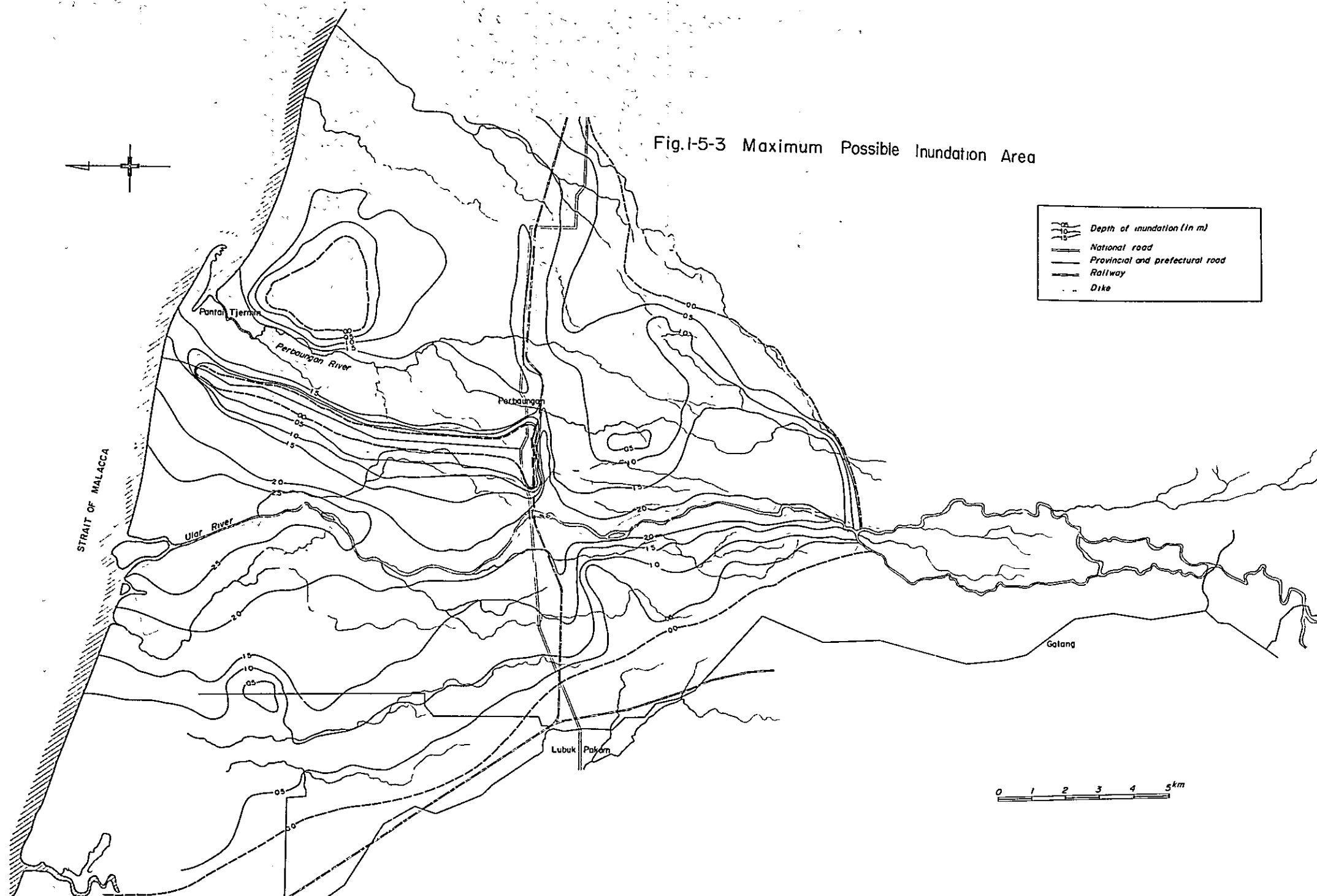


Fig I-5-2 Inundated Area in the 1969 Flood

Fig.I-5-3 Maximum Possible Inundation Area



一般に、洪水による農作物の被害額は洪水時における農作物の生育状態、浸水深および浸水日数が関係する。しかし、この場合は資料収集に限界があるため、事柄を単純化することとした。すなわち、現地きまこみによつて得られた資料から表1-5-5にみられるような浸水深と浸水日数の関係を得た。これを利用して被害額を推定する。

表1-5-5 浸水深と浸水日数の関係

浸水深 (m)	浸水日数 (日)
0.5	3~20
1.0	5~30
1.5	7~50
2.0	10~60

パームオイル：

オイルパームの収穫は乾季よりも雨季の方が多し。しかるに、雨季は比較的洪水が多く、収穫に影響するところが大きい。

オイルパーム農園が洪水をうけると、浸水時には収穫ができないばかりでなく、肥料の流出や生産施設の破損などの被害もうけて著しい生産の低下をきたす。また、オイルパームの根は水に対してあまり強くなく、水につかつて20日間位経過すると腐蝕がはじまり、遂には立枯れするものもあらわれる。

しかし、浸水による樹木の立枯れや収穫減を正確に把握することは甚だ困難なことである。吾々が現地で得た情報をもとに推定すると、洪水による減収率は年間およそ25~30%程度である。ここでは、減収率を30%として、表1-5-3および表1-5-4の浸水面積に対する減収額を求めらる。

資料3の表D-1から、パームオイルのha当りの生産額および生産コストは、それぞれ、Rp 119,200/ha および Rp 46,700/ha であり、その差額はRp 72,500/haであるから、オイルパームの年間減収額は次のようになる。

1969年の減収額

$$= \text{Rp } 72,500 / \text{ha} \times 1,650 \text{ ha} \times 0.30$$

$$= \text{Rp } 35,887,500$$

最大可能浸水の場合の減収額

$$= Rp 72,500 / ha \times 3,049 ha \times 0.30$$

$$= Rp 66,315,750$$

ゴム :

ゴムは、水に対して比較的強く、浸水によつて根が腐蝕し、樹木が立枯れする割合は、オイルパームより少ない。しかし、浸水時は収穫はなく、また、水が引いた後当然の間は生産施設、道路および排水路などの復旧に労力を費されるため収穫減をきたす。

これらのことを考慮し、表 1-5-5 を参照して、浸水深に対するゴムの減収率を次のように仮定した。

浸水深 (m)	減収率 (%)
0.0~0.5	10
0.5~1.0	15
1.0~1.5	20
1.5~2.0	30

この表を用い、表 1-5-3、表 1-5-4 の浸水面積に対するゴムの減収額を求める。資料 3 の表 D-1 から、ゴムの ha 当りの生産額および生産コストは、それぞれ、Rp 114,000 / ha および Rp 47,600 / ha であり、その差額は Rp 66,400 / ha であるから、ゴムの年間減収額は次のようになる。

$$1969 \text{ 年の減収額} = Rp 66,400 / ha \times (816 \times 0.10 + 748 \times 0.15 + 68 \times 0.20) ha$$

$$= Rp 13,771,360$$

最大可能浸水の場合の減収額

$$= Rp 66,400 / ha \times (638 \times 0.10 + 1,198 \times 0.15 + 400 \times 0.20 + 178 \times 0.30) ha$$

$$= Rp 21,706,160$$

タバコ :

タバコは水に極めて弱く、2~3日間位の冠水で収穫は殆んどゼロになる。このことから、表 1-5-5 を参照し、タバコの減収率を次のように仮定する。

浸水深 (m)	減収率 (%)
0.0～0.5	50
0.5 以上	100

この減収率を用いて、表1-5-3、表1-5-4の浸水面積に対するタバコの減収額を求める。

資料3の表D-1から、タバコのha当りの生産額および生産コストは、それぞれ、Rp 162,000/ha および Rp 64,800/ha であり、その差額は Rp 97,200/ha であるから、タバコの年間減収額は次のようになる。

1969年の減収額

$$= \text{Rp } 97,200/\text{ha} \times (28 \times 0.50 + 30) \text{ ha}$$

$$= \text{Rp } 4,276,800$$

最大可能浸水の場合の減収額

$$= \text{Rp } 97,200/\text{ha} \times (168 \times 0.50 + 290 + 180 + 62) \text{ ha}$$

$$= \text{Rp } 59,875,200$$

水稲：

DPPSUによると、洪水によつて浸水された水稲の収穫はおおよそ2/3に減少するということである。吾々は現地で得られた情報などもを参考にして、浸水深別に次のような減収率を仮定した。

浸水深 (m)	減収率 (%)
0.0～0.5	20
0.5～1.0	60
1.0 以上	100

これから、表1-5-3、表1-5-4の浸水面積に対する水稲の減収額を求める。

資料3の表D-1から、水稲のha当りの生産額および生産コストは、それぞれ、Rp 71,250/ha および Rp 32,000/ha であり、その差額は Rp 39,250/ha

であるから、水稻の年間減収額は次のようになる。

1969年の減収額

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 39,250 / \text{ha} \times (1,480 \times 0.20 + 1,380 \times 0.60 + 1,170 + \\ &\quad 450 + 420) \text{ ha} \\ &= \text{Rp } 124,187,000 \end{aligned}$$

最大可能浸水の場合の減収額

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 39,250 / \text{ha} \times (1,990 \times 0.20 + 3,740 \times 0.60 + 450 + \\ &\quad 2,120 + 1,950) \text{ ha} \\ &= \text{Rp } 281,108,500 \end{aligned}$$

陸稻および畑作物：

陸稻および畑作物の洪水による浸水深に対する減収率は上記水稻の場合と同じであるとして、表1-5-3、表1-5-4の浸水面積に対する減収額を求める。

資料3の表D-1から、陸稻および畑作物のha当り生産額および生産コストは、それぞれ、Rp 41,000 / ha および Rp 16,000 / ha であり、その差額はRp 25,000 / ha であるから、陸稻および畑作物の年間減収額は次のようになる。

1969年の減収額

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 25,000 / \text{ha} \times (200 \times 0.20 + 100 \times 0.60) \text{ ha} \\ &= \text{Rp } 2,500,000 \end{aligned}$$

最大可能浸水の場合の減収額

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 25,000 / \text{ha} (200 \times 0.20 + 150 \times 0.60 + 150) \text{ ha} \\ &= \text{Rp } 7,000,000 \end{aligned}$$

以上の各農作物の減収額および公共施設等の被害額を集計したものを表1-5-6に示す。

表 1-5-6 1969年の洪水による被害額および
最大可能浸水の場合の被害額

種 別	被 害 額	
	1969年 (Rp)	最大可能浸水 (Rp)
パームオイル	35,887,500	66,315,750
ゴ ム	13,771,360	21,706,160
タ バ コ	4,276,800	59,875,200
水 稻	124,187,000	281,108,500
陸稻, 畑作物	2,500,000	7,000,000
公共施設等	60,110,000	90,151,000 [△]
合 計	240,732,660	526,156,610

浸水による農作物の被害には、一般に、洪水による被害のほか、内水による被害が含まれる。ウラール河下流の平地部は肥沃な沖積平野を形成し農業生産に適している。反面、土地が低く湛水しやすい。従つて、湛水しているところへ洪水があつた場合、あるいは、洪水時に内水による浸水があつた場合は、浸水深、深水日数および浸水面積には洪水ばかりでなく内水によるものも含まれている。

そこで、内水の影響を除いた、洪水のみによる被害額を求めるために、この地域にある雨量観測所の雨量資料を用いて、1969年洪水時における内水による浸水量を推定する。

ウラール河下流の内水区域に関係ある雨量観測所はいくつかあるが、その中でクアラナム雨量観測所は浸水区域のほぼ中央に位置しているうえ、1960年～1969年の間欠測がないことから、内水量の推算にはこの雨量観測所の資料を使用した。また、内水被害は大雨期に集中していること、並びに、洪水の直接被害を過少に見積ることが治水経済の分析上安全であると考え、洪水による浸水期間を一週間と仮定し、大雨期にお

△ この数字は表1-5-2にもとづいて、被害をうけた各施設毎に、1958年から1969年までの最大値の総和をとつたものである。すなわち、表1-5-2の・印の総和を示すものである。

けるクアラナムの年最大一週間連続雨量の平均値を使用した。1960年～1969年の間における年最大一週間連続雨量の平均は136mmである。資料2の第4節からわかるように、この区域の平均雨量はクアラナム観測所の約70%であるから内水区域の平均一週間連続雨量は約90mmとなる。このうち、内水量となる雨量は蒸発並びに地中損失を除いたものである。日蒸発量を35mmおよび地中損失率を10%と見積ると内水量となる雨量は60mmとなる。これが1969年洪水の浸水に含まれるものとして、表1-5-3の浸水面積から内水分を取り除き、洪水のみによる浸水面積を推定すると約7,940haになる。これは浸水面積全体の約93%にあたる。この被害額は約Rp164,200,000と見積られ、これに公共施設等の被害額を加えると約Rp224,400,000になる。これは表1-5-6に示された総被害額Rp240,932,660の約93%に相当する。

次に、最大可能浸水面積について、表1-5-4から、内水分を除き、洪水のみによる最大可能浸水面積を求める。最大可能浸水面積は1954年から1969年までの間の洪水時の浸水面積を全て含括したものである。この洪水時における内水量の推算には1969年洪水と同様の考えから、洪水による浸水期間を1週間と仮定し、クアラナムにおける1960年～1969年の間の大雨期における1週間連続雨量の最大値(1966年9月, 179mm)を用いた。これについて流域雨量換算係数(0.7), 蒸発量(3.5mm/day)および地中損失率(10%)と仮定すると、内水量となる雨量は約90mmとなる。この雨量による内水を除いた洪水浸水面積を概算すると約15,800haになる。これは表1-5-4に示された全浸水面積の約94%に相当し、農業被害額約Rp399,000,000と見積られる。これに公共施設等の被害額を加えると約Rp489,000,000となる。これは表1-5-6に示された総被害額の約93%に相当する。

1958年から1969年の12年間に公共施設等の被害が調査されている洪水は表1-5-2に示されている6洪水である。これから1洪水の平均被害額は約Rp55,000,000と勘定される。これに対し1969年洪水の被害額は約Rp60,000,000で、平均値を少し上まわる。しかし、洪水は屢々、1年間に数回起こることを考慮に入れて、1969年洪水の被害額約Rp60,000,000をもつて1969年度における公共施設等の被害額とみなすこととする。

一方、農産物については、被害統計が少ないので、比較的資料の得られやすい1969

年の洪水被害について調査を行なった。その結果、農産物の被害額は、表1-5-6からわかるように、約Rp 18 1,000,000と推定され、これに公共施設等の被害額を加えれば、1969年度の合計被害額は表1-5-6の如く、約Rp 24 1,000,000に達するものと推定される。

また、6洪水の起きた年以外の年の年平均被害額が1969年の被害額に等しいと仮定した場合および全く被害がなかったと仮定した場合には、1958年から1969年にいたる12年間の年平均被害額は1969年の被害額のそれぞれ100%および50%である。

また、表1-5-2の6洪水は1958年から1969年の12年間に起きた洪水のうち、比較的規模の大きな洪水であると想像されるが、実際には、洪水はほとんど毎年起つているから、この6洪水の起きた年以外にも洪水は起きていると見るべきである。このことを考慮し、1969年被害額の75%をもつて年平均被害額とする。これからさらに内水の影響を除けば、洪水のみによる被害額は次のように算出される。

$$\begin{aligned} \text{年平均洪水被害額} &= \text{Rp } 224,400,000 \times 0.75 \\ &= \text{Rp } 168,300,000 \end{aligned}$$

後章にのべる費用便益の分析にはこの額を用いた。

上記被害額には民間農園の被害、交通停止による社会、経済活動の停滞被害および浸水のよどみによつておこる住民の健康障害などは含まれていない。もし、これらの被害をも含めれば、年平均被害額はRp 170,000,000よりさらに大きな額になることが期待される。さらにまた、可能はんらん区域が約25,000 haに達することをも考えれば、ウラール川下流域の防洪対策事業が社会的にも経済的にも必要且緊急のものであると断ぜざるを得ない。

第 6 章 緊急治水計画

1. 緊急治水計画に関する基本的概念

ウラール河は、ガラン、バラットより河口に至るまで、その兩岸に堤防が続き、その間に支川の流入はない。上述のとおりパガルマルバウから海岸に至る下流兩岸の堤内地域は、雨季毎に見舞われる常習的浸水による深刻な被害に悩まされている。

この浸水原因として次の二つのことが考えられる。1つはパガルマルバウとウラール橋間に頻発する河水の越水、あるいは、堤防決壊による洪水であり、もう1つは降雨による堤内地内水の浸水である。

この地域を常習的浸水から救うためには、次の基本的手段が効果的な治水の方法として考えられる。

- a 越水又は堤防決壊の予防
- b 河道および河口の必要横断面の確保
- c 上流からの流砂による河床の上昇を防ぐための砂防工事等による河道の維持
- d 雨季の内水浸水に備えた堤内地排水の改良

上記4項目のうち、最初の2項はこの計画に採択された。その理由は、第一は河水の溢水あるいは堤防決壊による洪水は浸水の最大原因をなし、洪水の予防は堤内地過剰内水の排水改良をもたらすものと期待されること。第二は荒廃した河道は、開発5ヶ年計画に従って、復旧されるべきであることによる。

このような見地から、我々は緊急治水計画を第一段階として選択した。

この緊急計画に関する計画流量を暫定計画流量と呼ぶことにする。

2. 暫定計画流量

一般に、計画流量は治水計画の規模を決定する重要な要素である。計画流量を決定するにあつてもつとも望ましいことは次の如くである。(1) 全流域にわたる日雨量、時間雨量の資料および水位や流量の記録などを用いて流出を解析する。(2) 洪水の生起確率の研究をする。(3) 治水工事の費用をそれによつてもたらされる便益との関係を洪水流量の確率との関連において検討することである。しかし今度の場合、このような資料が手に入らないので、流量の検討には実験的方法を用いざるをえない。

Dredging of rivers in Indonesia , Project description, D P U T L
によると、E C A F Eの水資源開発局(Water Resources Development Divi-

tion) はインドネシア諸河川の最大洪水流量を算出する式として次式を提案している。

$$Q = 70 \sqrt{A}$$

ここに $Q =$ 最大洪水流量 (m^3/sec)

$A =$ 流域面積 (km^2)

この式によると、ウラール河の場合は $A = 1,000 km^2$ であるから最大洪水流量は

$$Q = 2,200 m^3/sec$$

と見積られる。

また E C A F E Secretariat が Water resources, Series No.30, 1966 に発表している見解によると、修正 Myer 公式 $Q = C \sqrt{A}$ は、流域面積の非常に大きい河および非常に小さい河にはともに過大な Q を与え、一方それらの中間の流域面積をもつ河に対しては過少の Q を与えると主張し、各流域面積に対する最大記録流量を包括した式を提案している。すなわち、E C A F E が集めた東南アジアおよび極東における洪水資料の中から Cambodia, Main-land China, Indonesia, Laos, Malaysia および Thailand の資料を 1 群として検討した結果次の実験式を提案している。

$$Q = 0.35 A^{1.8A^{-0.05}}$$

これによると $A = 1,000 km^2$ の場合には

$$Q = 2,300 m^3/sec$$

となる。

上の実験式はインドネシアから中国本土に至る、かなり広大な地域を一つの群とみなしており、一群としては広すぎるように思われる。そこでインドネシアのみの資料をひろい出してみると表 1-6-1 および Fig. 1-6-1 に示す如くである。ウラール河の流域面積は $1,000 km^2$ であり、この面積に最も近い流域面積をもつ河を表 1-6-1 の中から拾い出すと、それは Tjimanuk の $1,608 km^2$, Kali Brantas の $1,618 km^2$ である。これらに対する比流量はともに $0.57 m^3/sec/km^2$ であり、また係数 C の値はともに 2.3 である。

そこでウラール河の場合においても比流量が 0.57 であると仮定すれば洪水のピーク流量は

$$Q = 570 m^3/sec$$

と見積られ、また $C = 2.3$ と仮定すれば修正 Myer 公式により洪水ピーク流量は

Fig. I-6-1 Relation between Peak Discharge per Unit Area and Drainage Area in Indonesia and Malaysia.

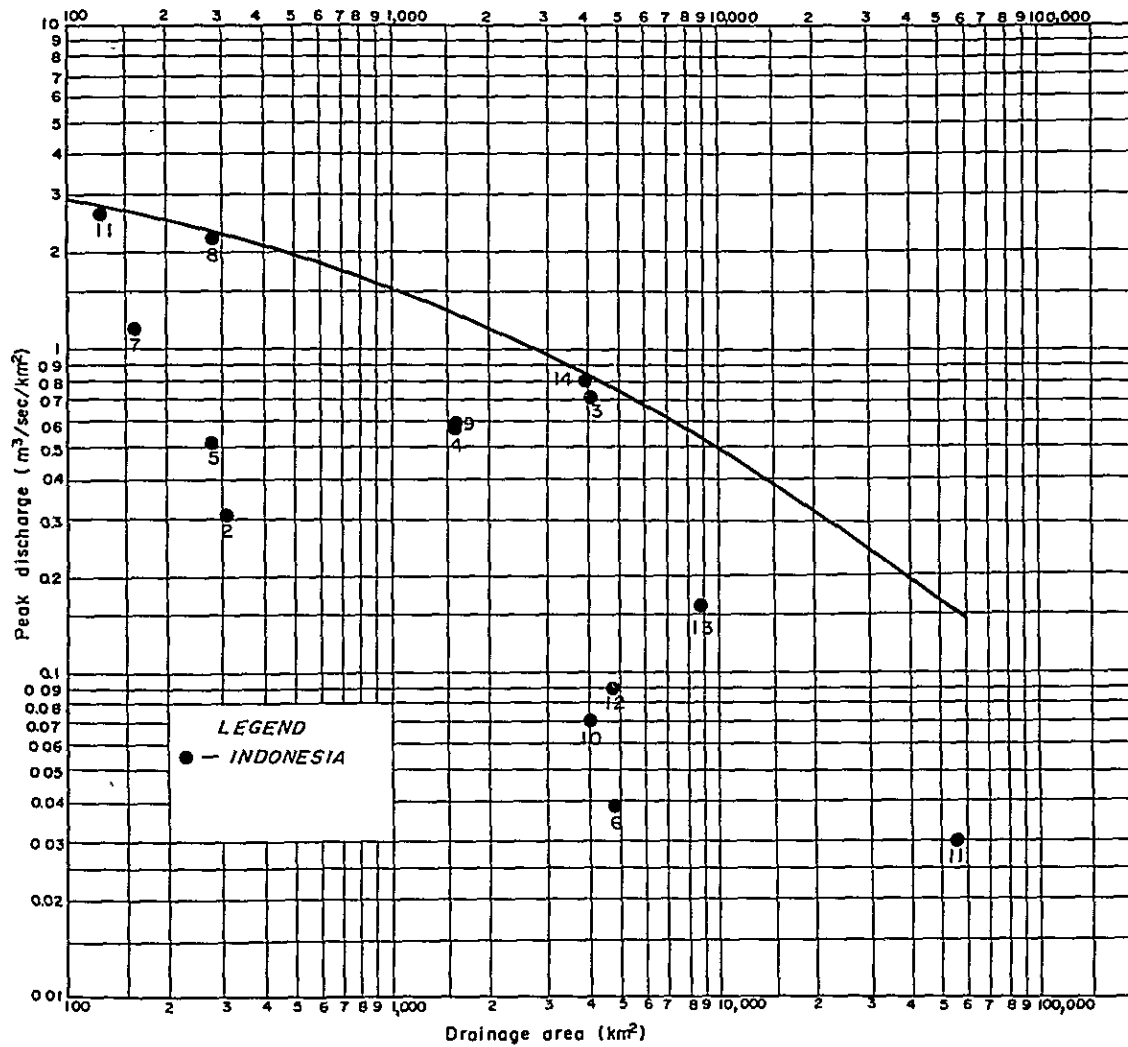


表1-6-1 インドネシアにおけるピーク流量

Name of River	Drainage area at gauging station (km ²)	Peak discharge (m ³ /sec)	$C = \frac{Q}{\sqrt{A}}$	Discharge per unit area (m ³ /sec/km ²)	Date
1. Tjisadane-Masing	129	335	30.0	2.6	
2. Tjiliwung-Rawajati- Djatinegara	318	100	6.0	0.31	
3. Tjitarum-Palumbon	4,150	2,930	46.0	0.71	
4. Tjimanuk-Tjidjeunding	1,608	910	23.0	0.57	
5. Kali Tuntang- Padasmalang	291	149	9.0	0.51	
6. Kali Tanggulangin	4,968	181	3.0	0.04	
7. Tjilaki-Tjiheulang	163	188	15.0	1.15	
8. Tjibuni-Tanggeung	289	640	4.0	2.21	
9. Kali Brantas- Sengguruh	1,618	920	23.0	0.57	
10. Asahan	4,000	237	4.0	0.06	
11. Musi	55,584	1,400	6.0	0.03	
12. Sakampaeng	4,839	460	7.0	0.09	
13. Brantas	8,900	1,390	15.0	0.16	
14. Marangin	3,900	3,130	50.0	0.8	

Sources: 1. ECAFE Flood Control Series No. 14.

2. Sain, K., and Schellekens, J.P., Determination of design
floods in the Lower Mekong River Basin.

$$Q = 726 \text{ m}^3/\text{sec}$$

と見積られる。

また、インドネシアの洪水資料のみを包括した実験式を考えれば、それは Fig. 1-6-1 に示す如き曲線であり、これから $A = 1,000 \text{ km}^2$ に相当する比流量を求めると、 $Q/A = 1.5$ であるから、洪水ピーク流量は

$$Q = 1,500 \text{ m}^3/\text{sec}$$

と見積られる。

前にも述べたように、ブワヤ河とデナイ河の合流点から下流約 5 km の地点にスルバジヤディ橋が架けられており、この地では近年堤防を溢水した形跡がない。そこで、河床勾配を Fig. 1-4-2 に示す如く $1/756$ 、粗度係数を $n = 0.025$ と仮定して、橋の桁下一ばいまでの流量を見積ると

$$Q = 1,300 \text{ m}^3/\text{sec}$$

となる。

この河の流量としては、以上の如く、種々な流量が考えられるがこの河の最大洪水流量はおそらく

$$Q = 1,300 \sim 2,300 \text{ m}^3/\text{sec}$$

の間にある流量であろうと推定される。その推定には今後の調査を必要とするが、計画流量としては、おそらく $1,300 \text{ m}^3/\text{sec}$ を少し下まわる流量から約 $2,300 \text{ m}^3/\text{sec}$ の間の流量がとられるべきものと推測される。

一方、河口から 13.6 km の地点で道路橋ウラール橋と鉄道橋が河を横断しており、しかも長い横堤を河川敷内に突き出して極端な狭さく部を形成している。この狭さく部は、後に述べるように、大きい流量に対しては大きな障害となるので治水計画としてはこれらの横堤は除去すべきものである。しかし今これを除去し河の全幅にわたつて橋を架けることにすると非常に大きな費用を必要とすることは明らかである。今度の計画は 5 ヶ年計画に合わせた、荒廃の復旧を主体とした緊急事業計画である。したがつて今回はこの橋の架けかえを行わずに、狭さく部を余り支障を起さずに流れ得る最大の流量をもつて緊急治水計画の計画流量、すなわち暫定計画流量とすることにした。この流量は、後に述べる検討により

$$Q = 600 \text{ m}^3/\text{sec}$$

と見積られる。

橋による狭さく部は、治水の観点からは、是非取り除かれるべきである。今後の計画流量の検討と相まって、この事業に引続き第2段階として橋の架けかえが行われるべきものである。

3. 緊急治水計画

(1) 計画方針

計画の方針は次のとおりである。

- a. Project Presentation for Dredging Works in Indonesia によると、ウラール河の問題は河口での土砂堆積による氾濫であると考えられていた。しかしわれわれの調査の結果、河口浚渫の効果はそれ程上流までは影響せず、むしろ上流18.7km地点附近の異常に高くなっている河床が、それより上流河道の水位を上昇させ、常習的な溢水又は破堤を惹起しているものと判断された。従つて、先ずこの異常に高い河床を浚渫または掘削して河床の低下を計り、もつて所要の河積を確保することとした。
- b. 13.6km附近にある国道橋と鉄道橋が河道を狭搾しており、後の項で述べるとおり流量が大きくなるにつれて、その流れを阻害する度合は大きくなっている。従つて、この両橋梁は架替える事が望ましい。しかし第1段階である緊急洪水防御計画としてはこの現在の両橋梁地点を安全に流れ得ると思われる最大限の流量をもつて緊急工事のための暫定計画流量とし、全川に亘つてこの流量を安全に流し得る河道とする。この場合念のため、両橋梁地点の河床が深掘れすることを防ぐために、護床工を設置することとした。
- c. 河床が安定であるためには流砂量が各断面でほぼ等しくなることが望ましいので、掃流砂量ができるだけ連続であるような河道を計画することとする。
- d. 河川断面は河道の安定を考慮して複断面の形状を採用するものとする。
- e. 20.4kmから上流部は、その下流の河巾がほぼ250mであるのに対して、約150mとかなり狭くなっている。従つて、河巾をほぼ250mとなるように引堤することとする。
- f. ウラール橋から下流の河道は、暫定計画流量に対してほぼ1mの堤防余裕高をもっているため、堤防の局部的補強の外は現況のままとする。
- g. これは暫定計画であるが、将来工事に手戻りが生じないように設計されねばならない。

(2) 河口堆積の影響

一般に、上流から搬送されてきた土砂は、水流の急激な掃流力の減少によつて最終的には河口附近に沈澱し、その後波浪、沿岸潮流、潮汐等により、附近の海岸に分散される。上流から運ばれた土砂は河口の上昇、海岸への分散等を通して、必然的に海岸線の前進を伴い、河床を上昇させるものと推測される。

ウラル河のように河口部が低湿地で附近に堤防がない場合には一時的な河口部堆積と波浪のためにしばしば顕著な蛇行現象が河口附近に見られる。

ウラル河の河口は、従前よりかなり蛇行していたので、1968年4月より、1969年6月の間に深い河道で海へショートカットするために約1,153,000 m³の浚渫工事が行なわれた。しかしながら、1970年10月の吾々の踏査によりその河道は浚渫以前とほぼ同じ高さの河床まで土砂が沈積していたことが判明した。この事は、主に海からの作用が影響したものと推察される。

水位計算^{∠2}は浚渫前後の両河床について行なわれた。これは計算の便宜上河口近くまで河道に沿つて堤防があると仮定したものである。その結果は Fig. 1-6-2 に示される。それによると河口およびその附近には容易に土砂沈澱を生じ、この影響は河口より上流約3 km地点まで達するが、その上流には直接影響しない事を示している。

従つて河口の浚渫計画は行なわないこととした。その理由は、(1)もし河口において浚渫河道維持のための大規模な対策が行なわれなければ河口で浚渫された河道は浚渫後間もなく容易に土砂堆積を起す。(2)河口における土砂堆積は河口から約3 km以上の上流域には直接影響はないと推察され、また、上流域がその影響を受けるには非常に長い日時を要する。

上流域の改修が完成し、河口附近一帯が十分に開発された時に、河口の工事を実施すべきであると考えらる。

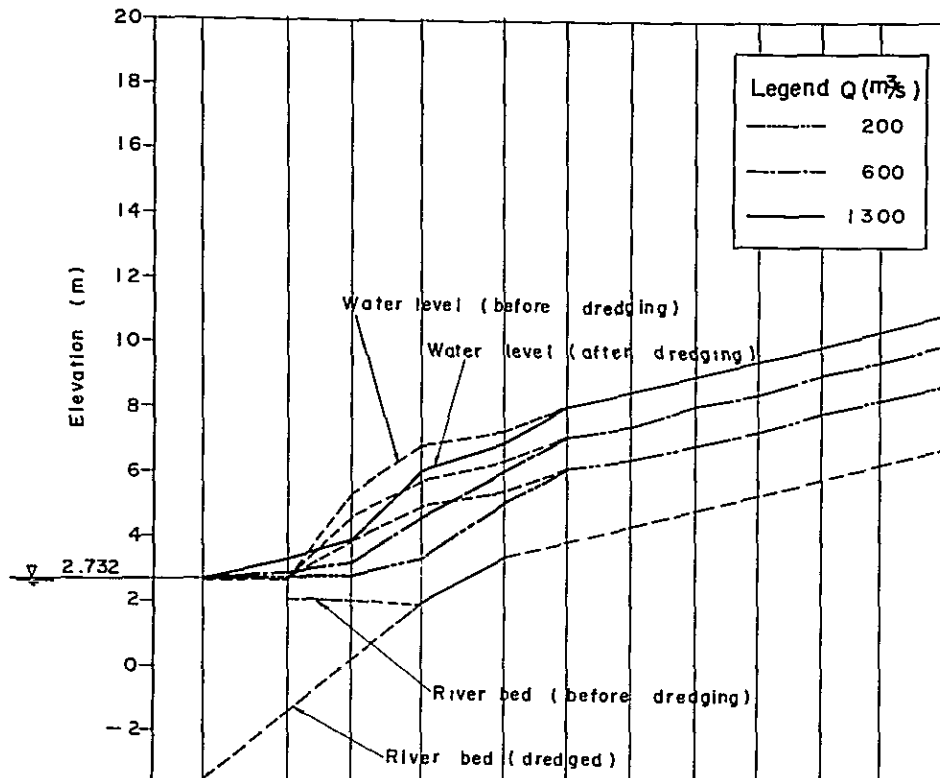
(3) ウラル橋と鉄道橋の背水の影響

ウラル橋は、河口上流1,355 mの地点にあり、ここからわずか80 m上流に鉄道橋がかかっている。両橋とも、河巾約250 mのうち、長い取付横堤で高水敷を横切り、僅か64 mの橋梁で河川を横断している。洪水時には流れの急縮現象が考え

∠¹ 参考文献 P.N. Waskita Karya の報告書参照

∠² 附記1参照

Fig. 1-6-2 Water Level on the Lowest Reaches of the Ular.



Section number	Distance	River bed (before dredging)	River bed (dredged)	Water level					
				Before dredging			After dredging		
				Q = 200	Q = 600	Q = 1300	Q = 200	Q = 600	Q = 1300
-1	-672		3.45	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732
0	0	2.12	1.42	2.732	2.732	2.732	2.747	2.861	3.329
1	510	2.13	0.20	3.954	4.678	5.477	2.803	3.212	3.970
2	1045	1.89	1.89	4.925	5.760	6.854	3.399	4.603	6.001
3	1697	3.40	3.40	5.419	6.308	7.350	5.089	6.077	6.950
4	2197			6.089	7.086	8.028	6.089	7.086	8.027
5	2697			6.412	7.461	8.499	6.412	7.461	8.488
6	3197			6.851	8.050	8.971	6.851	8.050	8.971
7	3697			7.338	8.441	9.470	7.338	8.441	9.470
8	4197			7.835	9.050	9.969	7.835	9.050	9.969
9	4697			8.335	9.441	10.469	8.335	9.441	10.469
10	5197			8.834	10.050	10.969	8.834	10.050	10.969

られ、その収縮の影響を検討した。

狭搾^{∠2}を伴う不等流^{∠1}の水位計算を次の仮定で行った。

- (1) 堤防の法勾配と橋台はすべて垂直である。
- (2) 両橋とも水流の法線方向で川を横切っている。
- (3) 二橋が一緒になつて一つの狭搾を形成している。
- (4) 両橋は落りにはならない。
- (5) 狭搾の地点に杭、橋脚等がある。
- (6) 最大狭搾地点通過後、流水は広がりはじめ、ウラール橋の下流約100mの区間に達するまで水流は次第に変化し、そこで完全巾河道になり、等流状態となる。
- (7) 河道勾配は Fig. 1-4-2 に示すように1/1,000である。

これらの仮定に従つて、狭搾に関する公式の諸係数の値は、Kindsvader, Carter, Tracy によつて行なわれた実験結果から次のように推定される。

$$C = 0.86$$

$$K_T = K_W = K_\phi = K_x = K_\theta = K_t = 1$$

$$K_y = 0.89, K_j = 0.95$$

K_t はウラール橋の断面における Froude 数の関数として表わされる。

計算の結果は表 1-6-2 に示される。狭搾による背水結果は大きい流量の場合に看過できないし、又、狭搾地点の平均流速は600 m³/secより大きい流量に対しては、3 m/secを越える可能性がある。

表 1-6-2 狭搾附近の水位、ならびにウラール橋断面 (No.27) の流速

流量 (m ³ /sec)	水位 (m)			平均流速 No.27(m/sec)
	No.27-700m	No. 27	No.27+140m	
200	17.59	17.67	17.93	1.39
400	17.95	18.08	18.60	2.36
600	18.64	18.73	19.30	2.86
800	18.84	18.94	19.79	3.58
1,000	19.03	19.04	20.34	4.37
1,300	19.49	19.35	21.13	5.23

∠1 附録 1 を参照のこと。

∠2 // 2 //

ウラール河のように、河床材料が砂質の場合、一般に、約 3 m/sec をこえる平均流速では、河道維持は難しい。河床に余分の損傷を生ずることなく狭槽を通過する流量は最高で $600\text{ m}^3/\text{sec}$ と考えられる。この両橋による狭槽は $600\text{ m}^3/\text{sec}$ を越える流量に対しては取り除かれるべきである。

(4) ウラール橋から上流の河道

ウラール橋から上流の河道縦断形を Fig. 1-6-3 に示す。18.7 km 地点附近の河床が異常に高く、この地点から上流の区間で溢水又は破堤が常習的に起つていることは前述のとおりである。この異常に高い河床は、この附近の地表状況からみて岩盤等の硬い地質の存在に原因しているものとは考えにくい。

前項(3)で計算したウラール橋直上流の水位を出発点とし、これより上流の現在河道について水位と掃流砂量 Q_B を計算した結果は Fig. 1-6-3 のとおりである。この結果によると、現河道の堤防天端一ばいまでの流過能力はウラール橋から18.7 kmの区間と、その上流21.9 kmから24.9 kmの区間については約 $600\text{ m}^3/\text{sec}$ であるが、その中間の18.7 kmから21.9 kmの区間は $600\text{ m}^3/\text{sec}$ を下まわり、局部的には約 $200\text{ m}^3/\text{sec}$ のところもあることがわかる。

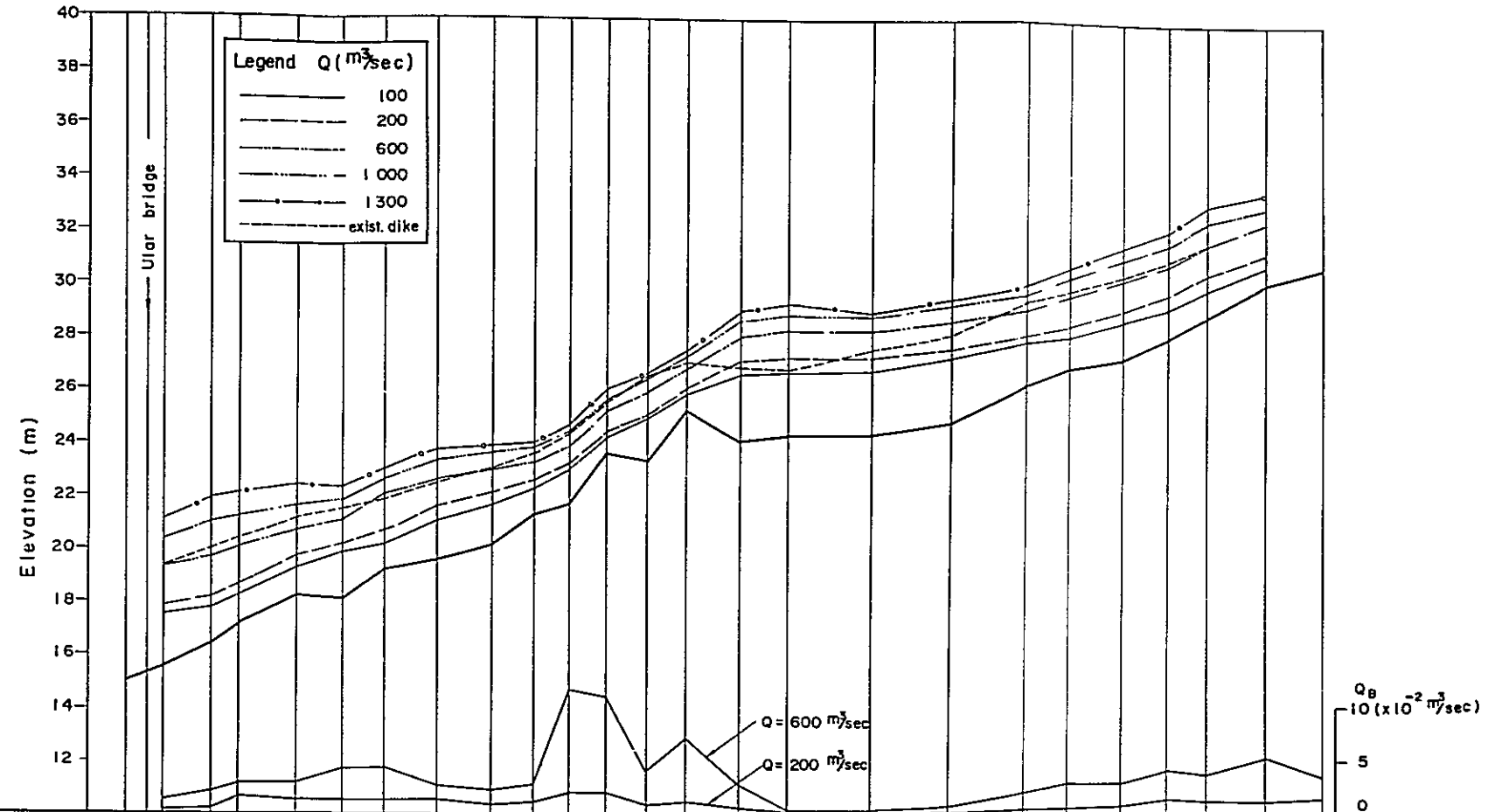
更に掃流砂量の計算結果をみると、No.41からNo.43の間で掃流能力が特に小さいことがわかる。今仮りに上流の流量 $600\text{ m}^3/\text{sec}$ が、堤防から溢水したために、No.39附近から下流において $200\text{ m}^3/\text{sec}$ になつたものと仮定すれば、上流から運搬されてきた掃流砂は、主としてNo.43からNo.38附近までの区間に堆積することになるであろう。

この附近の河床が異常に高い原因の一つはもともとこの附近の地形に原因しているのかもしれないが、さらにこの附近の常習的な溢水又は破堤によつて洪水流が急激に掃流力を失うために上流からの搬送土砂がこの附近に沈積堆積し、河床を上昇させることがその原因の一つとも考えられる。このような河床の上昇はますます洪水の溢水を促す事となり、常習的な溢水破堤の悪循環をくり返すものと考えられる。

ゆえにこの緊急治水計画においてはこの異常に高い河床を取り除く事が重要である。

この河の河巾は一般に $250\text{ m} \sim 300\text{ m}$ であるのに対し、20.4 kmから24 kmに至る区間は河巾が特に狭く約 150 m しかない。ウラール橋附近から上流20.4 kmまでの河道改修を行い、20.4 kmから上流の河道を現況のままにしておいた場合の水位を Fig. 1-6-4 に示す。これによると、 $Q = 600\text{ m}^3/\text{sec}$ の場合の水位は、この

Fig. 1-6-3 Upper Reaches from Ular Bridge (Existing Channel)



Discharge (m ³ /sec) 1300	21.13	20.34	19.30	17.83	15.23	18.30	15.23	13.350	26.9
Discharge 1000	21.91	20.99	19.70	18.20	16.35	18.30	15.23	13.350	27
Discharge 600	22.09	21.20	20.06	18.73	16.68	18.30	15.23	13.350	27.1
Discharge 200	22.39	21.62	20.67	19.70	18.14	18.30	15.23	13.350	27.1
Design river bed	22.34	21.79	21.10	20.19	18.47	18.30	15.23	13.350	27.1
Existing dike	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57
Existing river bed	23.06	23.34	23.34	23.34	23.34	23.34	23.34	23.34	23.34
Distance	23.73	23.90	24.17	24.49	24.81	25.13	25.45	25.77	26.09
Section number	26.00	26.43	26.85	27.27	27.69	28.11	28.53	28.95	29.37
	26.88	27.29	27.70	28.11	28.53	28.95	29.37	29.78	30.20
	28.47	28.88	29.29	29.70	30.11	30.52	30.93	31.34	31.75
	29.99	30.30	30.71	31.02	31.43	31.84	32.25	32.66	33.07
	30.76	31.07	31.38	31.69	32.00	32.31	32.62	32.93	33.24
	31.48	31.79	32.10	32.41	32.72	33.03	33.34	33.65	33.96
	32.10	32.41	32.72	33.03	33.34	33.65	33.96	34.27	34.58
	32.54	32.85	33.16	33.47	33.78	34.09	34.40	34.71	35.02
	33.06	33.37	33.68	33.99	34.30	34.61	34.92	35.23	35.54
	33.59	33.90	34.21	34.52	34.83	35.14	35.45	35.76	36.07
	34.43	34.74	35.05	35.36	35.67	35.98	36.29	36.60	36.91
	34.90	35.21	35.52	35.83	36.14	36.45	36.76	37.07	37.38

区間の現堤防高を50cm程度上まわるので嵩上げが必要となる。しかるに将来600 m³/sec以上の流量で改修が行われる場合には、確実に引堤が予想されるので、その場合には現時点での堤防嵩上げ工事は手もどりになる。従つてこの緊急工事においては、下流全川のもつ河巾にならつてこの部分の河巾が約250mになるよう引堤を行うものとする。この場合右岸23.36kmにあるブルバウンガン取水施設に変化を与えないよう左岸側を引堤するものとする。

(5) 計画河床と計画河道断面

ウラール河の現河床勾配は長年月にわたる水流によつてできたものであるから、計画においては現河床勾配を尊重し、Fig. 1-6-5に示す如く1/756とする。

すなわち、14.1kmから20.4km区間の異常河床は、Fig. 1-6-5のとおり、低水路底巾を60mとして浚渫し、河床勾配を漸変させる形状とする。これに伴つて同区間の高水敷も一部掘削して、高水敷の高さを整正するものとする。又計画断面は複断面とするが、河口から35.7kmに至る現在河道の低水路巾がほぼ60mであることを尊重して、巾約60m、水深約2.5m前後の低水路を設けるものとする。

又河巾が局部的に極端に狭くなつた箇所は、引堤して河道を修正した。特に上流20.4kmから24.0kmの区間は、前節で述べたところに従い、引堤によつて河巾を約250mに拡げた。この計画河道断面に暫定計画流量600 m³/secが流れた場合の水位を不等流計算によつて求め、これを基に暫定計画高水位を定めた。これに余裕高1.0mを加えて計画堤防高とした。計画縦断はFig. 1-6-5のとおりである。

(6) 工 事

(a) 低水路浚渫工事

13.55km(ウラール橋)地点から21.15km地点まで、延長7,600mの低水路を河床巾60mで浚渫する。この時の平均浚渫深は1.08mである。

$$\text{浚渫土量 } V = 1.08 \times 60 \times 7,600 = 492,480 = 500,000 \text{ m}^3$$

(b) 掘削工事

17.19km地点から20.4km地点まで、延長3,210m区間の高水敷を平均掘削面積100m²をもつて掘削し、縦断的に整正する。

$$\text{掘削土量 } V = 100 \times 3,210 = 321,000 \text{ m}^3$$

又20.4km地点から24.0km地点までの引堤工事における旧堤除去の掘削土量は平均断面積7.0m²、延長約4,500mであるから次の如くなる。

Fig. I-6-4 Upper Reaches from Ular Bridge (Design Channel)

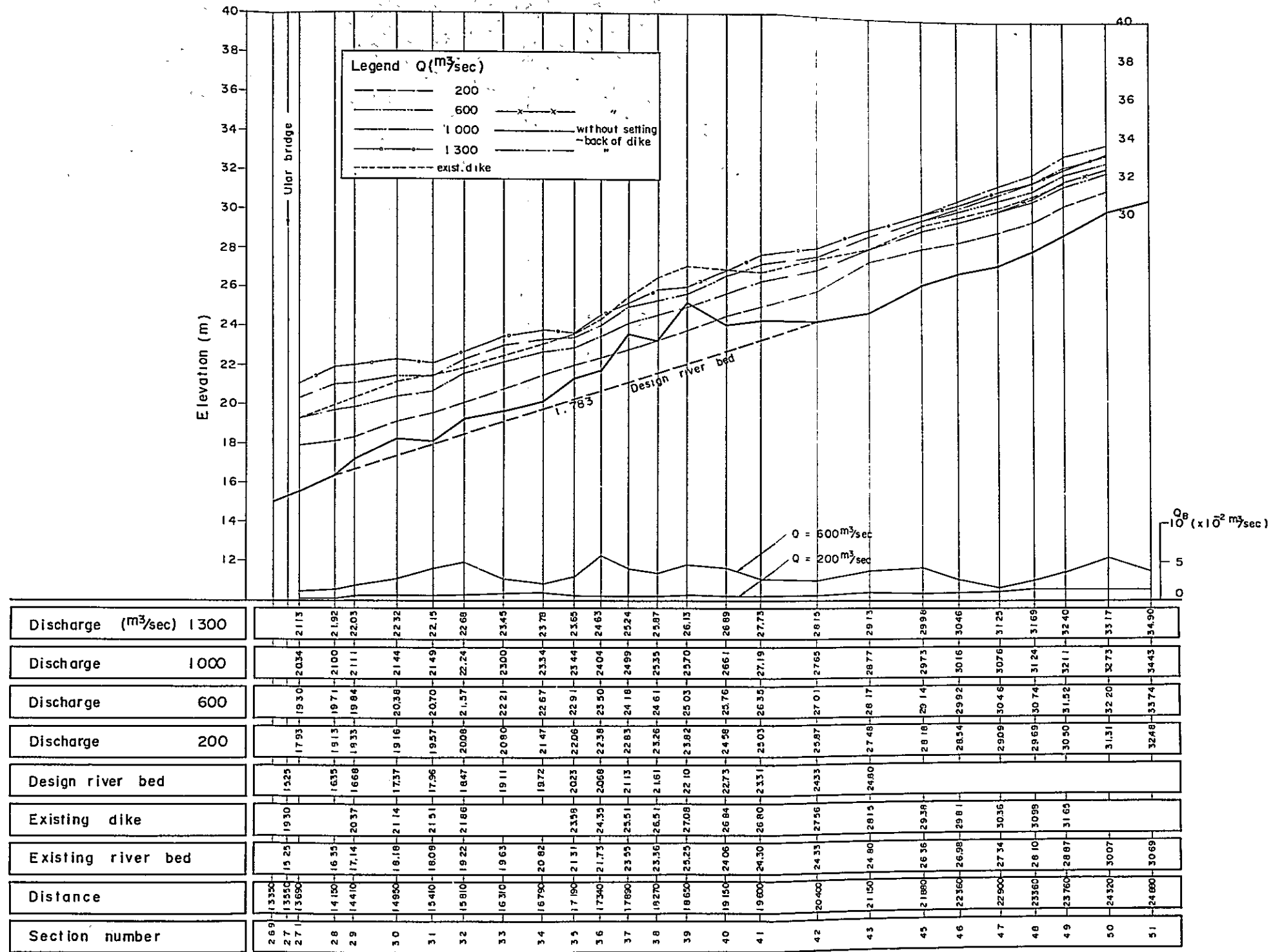
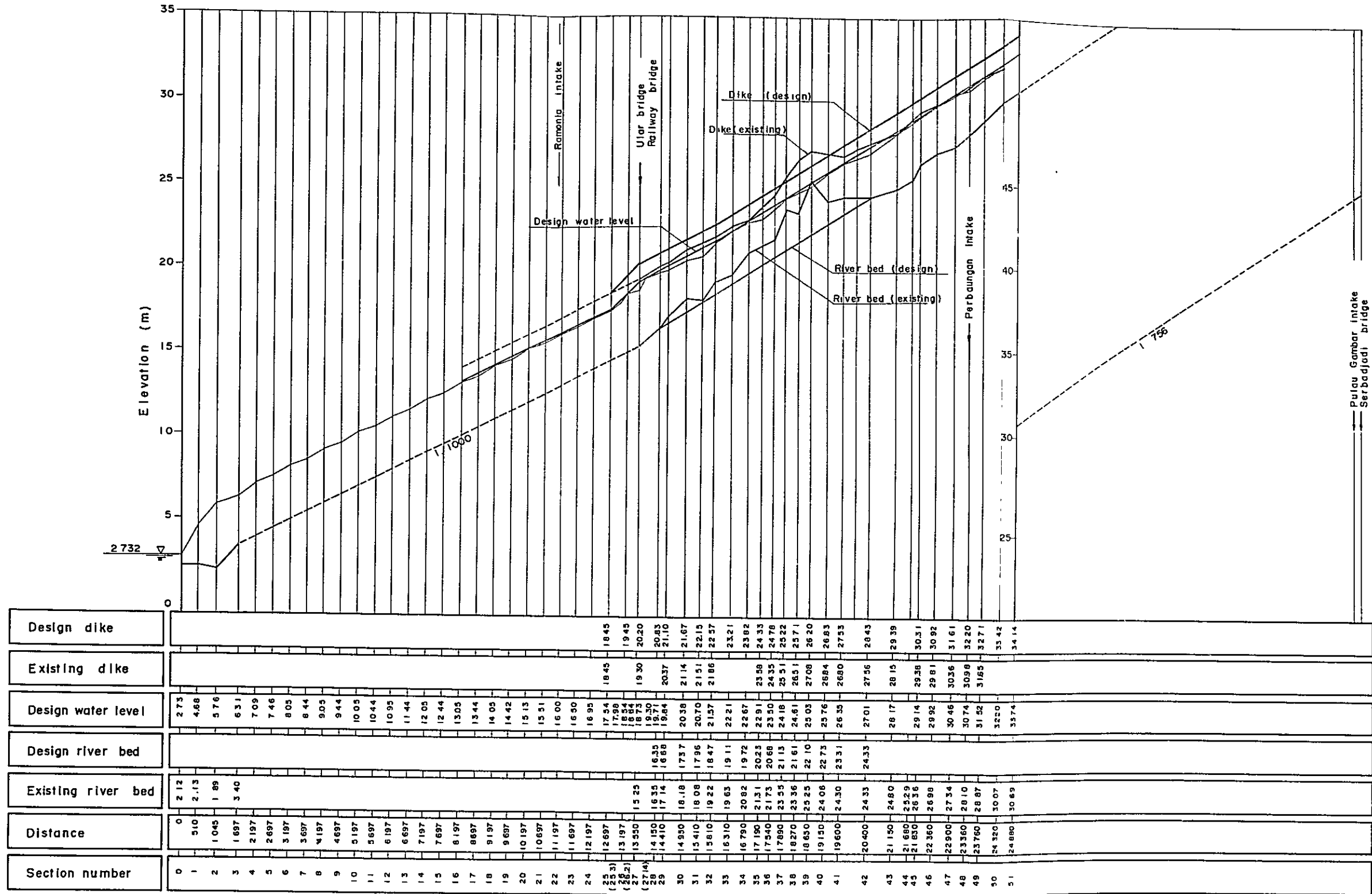


Fig. I-6-5 Design Profile of the Ular River



$$\text{掘削土量 } V = 7.0 \times 4,500 = 31,500 \text{ m}^3$$

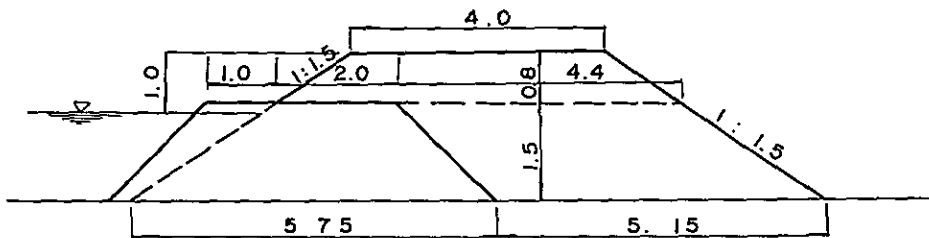
以上を合算し、

$$\text{全掘削土量 } V = 321,000 + 31,500 = 352,500 = 350,000 \text{ m}^3$$

となる。

(c) 築堤工事

現在堤防の法勾配は 1 : 1 であり、所により法崩れ箇所が見られたことから、計画堤防の法勾配を 1 : 1.5 とした。天端巾は堤防維持修繕のための車輛通行と、法肩保護のための余裕およびその他の要素を考慮して 4.0 m とした。又堤体材料はできるだけ粒度の小さい土を使用し、流水の浸透を阻止する必要がある。このことを考えて、高水敷掘削土を利用することにした。旧堤防高を 1.5 m と仮定すると、計画堤防の標準断面は次図のとおりである。



ウラル橋地点から上流の堤防天端高をウラル橋下流の 1.2.7 km 地点で現堤にすりつけることとした。また左岸堤は 2.7 km 地点で現堤防に摺付けうるものとした。従つて旧堤の嵩上げと補強、および新堤築造の総延長は、1.2.7 km から 2.7 km 地点に至る左岸延長 14,300 m と 1.2.7 km 地点から 2.4 km 地点に至る右岸延長 11,300 m を合計し、25,600 m となる。

$$\begin{aligned} \text{現堤防の補強嵩上断面 } A_1 &= \frac{4.0 + 6.4}{2} \times 0.8 + \frac{5.15 + 4.4}{2} \times 1.5 \\ &= 4.16 + 7.163 = 11.3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{新堤防の断面 } A_2 = \frac{10.9 + 4.0}{2} \times 2.3 = 17.1 \text{ m}^2$$

平均築堤断面として堤防の延長比から概算80%を A_1 、20%を A_2 と仮定すると

$$A = 11.3 \times 0.8 + 1.7 \times 0.2 = 12.49 \approx 13.0 \text{ m}^2$$

従つて築堤土量は

$$V = 13.0 \times 25,600 = 332,800 \text{ m}^3$$

余盛として5%を見込むものとする、築堤に要する土量は次のようになる。

$$V = 332,800 \times 1.05 = 349,440 \approx 350,000 \text{ m}^3$$

(d) 水制工事

8.0 km地点より2.4 km地点までの延長1.6 kmの低水路において、水衝部保護のために水制工を設ける。水制工は数列の杭出工法をもつて1基とし、これを河川延長1 km当り1基の割合で築造されるものとする。水制工1.6基

(e) 用地面積

a. 1.2.7 kmから2.0.4 kmに至る堤防補強区間の用地面積

この区間の両岸延長は15,400 mであり、必要用地平均巾は6 mである。

$$\text{用地面積 } A = 6 \times 15,400 = 92,400 \text{ m}^2$$

b. 2.0.4 kmから2.4.0 kmに至る引堤および補強区間の用地面積

この区間の流心延長は3,600 mであり、必要用地平均巾は60 mである。

$$\text{用地面積 } A = 60 \times 3,600 = 216,000 \text{ m}^2$$

c. 浚渫土砂の土捨用地

低水路浚渫土量はその作業地点近くの河道余裕部分に捨て、堤防前腹付又は廃川敷地への捨土により処理するものとするが、全体的にその捨土用地が不足することが予想されるので堤内地にも若干の捨土用地を求める事とした。浚渫土砂の捨場不足の土量は200,000 m³と推定される。捨土の高さを1 mと考えると

$$\text{用地面積 } A = 200,000 \text{ m}^2$$

d. 局部的に引堤を必要とする部分の用地面積として延長1,000 m平均巾90 mを見込むものとする。

$$\text{用地面積 } A = 90 \times 1,000 = 90,000 \text{ m}^2$$

e. 所要用地総面積

$$A = 92,400 + 216,000 + 200,000 + 90,000 = 598,400 \\ \approx 600,000 \text{ m}^2$$

(f) 附帯工事

a. 橋梁地点の護床工

ウラル橋と鉄道橋地点の河床の洗掘を防止し、橋脚および橋台の基礎を保護するために護床工を設ける。橋梁中心線より上流側へ10m、下流側へ15mの計25m巾で長さは橋梁地点の低水路巾60mとし、粗朶沈床とコンクリートブロック(1~2t)張の工法とする。護床工1ヶ所 $25m \times 60m \times 10m = 1,500 m^3$

b. 用水路付替工事

河床浚渫がその上流に現存するブルバウンガン取水口に影響することを予想して用水路の付替工事費を計上する。

(g) その他

ウラル橋から下流の、河口から8.0km)至12.7kmの区間には两岸に堤防があり、その堤防高は暫定計画流量に対してほぼ1mの余裕をもっている。従つて、築堤工事の見積りには算入していない。しかし、堤防法勾配等からみて部分的に補修を必要とする箇所も予想されるので、そのための工事費を予備費の中に計上した。

(7) 工事の施工

工事に先立ち、縮尺約1/2,500の河川平面図作成を含む詳細な測量と、河床が異常に高い18.7km地点でのボーリングとからなる現地調査に5ヶ月を必要とする。この調査の結果を用いて緊急河川工事の詳細設計仕様書作成及び入札準備等を行う。このために10ヶ月を予定する。次いで資機材の発注、現地到着およびそれらの配備期間を経て、工事着手は調査開始から2年後となるものと予定する。

ただし、施工機械はものによつて比較的早く入手できるものもあると考えられる。そのような場合には、いくつかの工事は早目に開始することが可能であろう。これらの検討は詳細設計の段階において行うものとし、現在では上述のような工程を予定する。

工事の施工には次の機械を配置するものとする。

(a) 浚渫(土量500,000 m^3)

浚渫船により施工するものとし、1日6時間、月25日、年8ヶ月の稼働が可能であるとする。

$$6\text{時} \times 25\text{日} \times 8\text{ヶ月} = 1,200\text{時/年}$$

$$\text{1年間に浚渫を要する土量} \quad 500,000 \times \frac{1}{2.5} = 200,000 \text{ m}^3$$

$$\text{1時間当りの必要能力} \quad 200,000 \times 1 / 1,200 \doteq 167 \text{ m}^3/\text{hr}$$

従つてカッター浚渫船350 PS (170 m³/hr) 1隻を配置する。この外乾期の流量減少時には所要の水深を確保するために浚渫巾を狭めて浚渫する必要も考えられるので水中ブルドーザー1台を配置する。

(b) 掘削(土量350,000 m³)

$$\text{1年間に掘削を要する土量} \quad 350,000 \times \frac{1}{2.5} = 140,000 \text{ m}^3 \quad \text{掘削はブル}$$

ドーザーで施工するものとし、1日6時間、月25日、年8ヶ月の稼働が可能とすれば

$$6 \text{ 時} \times 25 \text{ 日} \times 8 \text{ ヶ月} = 1,200 \text{ 時/年}$$

$$\text{1時間当りの必要能力} \quad 140,000 \times \frac{1}{1,200} \doteq 117 \text{ m}^3/\text{hr}$$

従つて、D-50型(11 ton)能力77.3/hrのブルドーザー2台(能力154 m³/hr)を配置する。左、右岸側に夫々1台ずつとする。

(c) 築堤(土量350,000 m³)

$$\text{1年間に築堤を要する土量} \quad 350,000 \text{ m}^3 \times \frac{1}{2.5} = 140,000 \text{ m}^3$$

施工はトラクターショベル、ダンプトラックおよびブルドーザーによるものとし、1日6時間、月25日、年8ヶ月の稼働が可能であるとする。

$$6 \text{ 時} \times 25 \text{ 日} \times 8 \text{ 月} = 1,200 \text{ 時/年}$$

$$\text{1時間当りの築堤必要土量} \quad 140,000 \times \frac{1}{1,200} \doteq 117 \text{ m}^3/\text{hr}$$

トラクターショベル955 K型(能力130 m³/hr) 1台

ダンプトラック(6ton積能力8 m³/hr) 117 ÷ 8 ≐ 15台

ブルドーザーによる盛上げ締固め用にD-50 1台

工事が左右岸に分かれるのでトラクターショベル2台、ダンプトラック16台、ブルドーザー2台を配置する。

(8) 工 事 費

表 1-6-3 ウラール河緊急河川工事費

工事費別	明 細	数 量	単 位	単 価 (Rp)	金 額 (×10 ⁸ Rp)	外 貨 分 (US\$)	Rp 分 (×10 ⁸ Rp)
浚渫工事費*		500,000	m ²	100	50,000	0	50,000
掘削工事費*		350,000	"	25	8,750	0	8,750
築堤工事費*		350,000	"	245	85,750	0	85,750
水制工事費*		16	基	450,000	7,200	0	7,200
用地費*		600,000	m ²	100	60,000	0	60,000
附帯工事費*					44,300	0	44,300
	橋梁地点護末工		2箇所	182×10 ⁶	36,400		
	用水路付替工		1式		7,900		
資機材費**			1式		32,1300	850,000	0
技術指導費			1式		38,542	79,614	8,448
観測所設置費			1式		15,147	25,912	5,352
予備費			1式		36,944	52,415	17,130
小 計					667,933	1,007,941	286,930
現地調査費			1式		34,906	68,994	8,827
	測量(36km)		1式		32,399		
	地質調査		1式		2,507		
実施設計費			1式		32,039	79,285	2,070
工事管理費			1式		65,122	143,780	10,773
小 計					132,067	292,059	21,670
合 計					800,000	1,300,000	308,600

注・各工事費の単価には政府機関の管理上の諸経費は含まれていない。

** 工事終了時の機械の残存価格 Rp 151,500,000

表 1-6-4 ウラル河緊急河川工事計画所要資機材等所要外貨

所 要 資 機 材	仕 様	所 要 数 量	所 要 外 貨 (US\$)	残 存 価 格 (US\$)
I 建設機械			320,000	118,800
1. ブルドーザー	11ton	4台	80,000	36,000
2. トラックターショベル	1.2 m ³	2 "	40,000	18,000
3. ダンプトラック	6ton	16 "	104,000	55,200
4. 普通トラック	5ton	2 "	10,000	3,400
5. トラッククレーン	10ton	1 "	25,000	13,000
6. その他の機械		1式	30,000	13,200
7. 同上部品		1式	31,000	0
II 浚渫用機械費			490,000	277,000
1. 浚渫船 170 m ³ /hr	350 PS	1隻	380,000	256,000
2. 水中ブルドーザー	NTK10ton	1台	20,000	9,000
3. 排砂管フローター他		1式	30,000	3,000
4. 雑用バージ		1隻	10,000	4,500
5. その他の機械		1式	10,000	4,500
6. 同上部品		1式	40,000	0
III 一般用機械			20,000	5,000
1. 測量器具		1式	2,000	900
2. 複写器具		1式	5,000	0
3. 計算機		1式	3,000	1,300
4. ポータブル発電機	10 PS	2台	3,000	1,300
5. 設計器具		1式	1,000	0
6. その他の機械器具		1式	3,000	1,300
7. 同上部品		1式	3,000	200
IV 河川工事用材料		1式	10,000	0
V 一般事務用材料		1式	10,000	0
合 計			850,000	400,800

注 上記数字は工事期間を2.5年として算出されたものである。

表 1 - 6 - 5 ウ ラ ー ル 河 緊 急 河 川 工 事 工 程 表

項目 \ 年度	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年
浚					
削					
築					
水 制 工					
用 地 買 収					
附 帯 工 事					
資 機 材 購 入					
技 術 指 導					
視 測 所 設 置					
予 備 費					
現 地 調 査					
実 施 設 計					
工 事 管 理					

第7章 費用と便益

1. 費用

緊急洪水防御事業に要する費用を大別すると、工事費、資機材費および技術費に分けられる。これらは第6章により、次のとおりである。

工事費	Rp 292,944,000 (予備費を含む)
資機材費	Rp 321,300,000
技術費	Rp 185,756,000
事業費	Rp 800,000,000

この費用は5年間に亘って投資される。毎年の投資内訳は、表1-6-5の工事工程および表1-6-3の各工事費によれば次のとおりである。

初年度	Rp 74,983,000
2年度	Rp 329,509,000
3年度	Rp 185,745,000
4年度	Rp 138,913,000
5年度	Rp 70,850,000

事業費のうち、工事終了後の機材費の残存価格は表1-6-3に示すとおり、Rp 151,500,000である。

堤防、護床工および水制の補修などに要する年間維持費は、工事費および資機材費(工事終了後の残存価格を除く)の0.2%とする。

その金額は約Rp 925,000と見積られ、工事終了の翌年から発生するものとする。

2. 便益

治水事業の経済効果は、一般に、次のように分類できる。

直接効果

産出効果

資産の被害軽減効果

生産減少防止効果

生産増大効果

需要効果

民生安定効果

間接効果

波及効果

資産の被害が軽減されることによる社会、経済活動への波及効果

被害が減少された生産物の流動、販売および加工などの経済活動に及ぼす効果

誘発効果

洪水防御により土地の高度利用に伴う諸産業活動への誘発効果

上に述べた諸効果のうち、この計画の便益計算には資産の被害軽減効果と生産減少防止効果の二つを用いる。その他の効果もこの二つの効果と同様に重要な効果ではあるが現在吾々が得た調査資料からは、これらの効果を経済量として評価することが難しい。従って、上記2効果以外の効果はこゝでは便益として計上しない。

便益として計上される資産の被害軽減効果には第5章に示した公共施設等の被害額を充当する。また、生産減少防止効果には同じ第5章の農産物の被害額を充当する。この二つを合わせた洪水防御による年平均便益額は第5章に示したRp168,300,000である。この便益は工事完了の翌年から毎年発生するものとする。

3. 便益費用の分析

便益費用の分析には便益費用比率法および内部収益率法の二つの方法を用いる。

便益費用比率は次の式から算出される。

$$a = \frac{\sum_{j=m+1}^n B_j \frac{1}{(1+i)^j} + S_m \frac{1}{(1+i)^j}}{\sum_{j=1}^m C_j \frac{1}{(1+i)^j} + \sum_{j=m+1}^n M_j \frac{1}{(1+i)^j}}$$

また、内部収益率は次式から求められる。

$$\sum_{j=m+1}^n B_j \frac{1}{(1+r)^j} + S_m \frac{1}{(1+r)^m} = \sum_{j=1}^m C_j \frac{1}{(1+r)^j} + \sum_{j=m+1}^n M_j \frac{1}{(1+r)^j}$$

こゝに、

a = 便益費用比率

B = 便益額

C = 投資額

M = 維持費

S = 機材の残存価格

i = 割引率

j = 現在からの経過年数

r = 内部収益率

m = 工事の最終年

n = 便益発生最終年

便益費用の分析は次の条件について行う。

i = 0.035 および 0.060

m = 5

n = 20 および 50

その結果はそれぞれ次のとおりである。

割 引 率 (i) (%)	便 益 発 生 最 終 年 (n) (Year)	便 益 費 用 比 率 (a)
3.5	20	2.39
6.0	20	1.94
3.5	50	4.45
6.0	50	2.97

便 益 発 生 最 終 年 (n) (Year)	内 部 収 益 率 (r) (%)
20	15.3
50	16.8

上の表から明らかなように、便益費用比率は各条件に対して、2に近いかまたはそれ以上である。また、内部収益率もこの種事業に対して一般に希望されている値10%を上廻る。従って、このウラール河緊急洪水防御事業は充分有利な事業であると判断できる。

第 2 編

そ の 他 河 川

第1章 タナイタムウル農園

タナイタムウル農園は、PNPVIに属し、スマトラ省、アサハン県、リマブルウ市にある。この農園の広さは約3,000 ha、海拔は2~12.5 mの範囲にある。Fig.2-1-1に示すように、農園の中程をバヤバスイル河（昔はサルランジェメンテと呼ばれていた。）と呼ぶ小河川が貫流しており、雨季になるとこの地域の多くのパームオイルはいつも水につかっている。

この地域の天候は、バリサン山脈の影響を非常に受けやすく、乾期と雨期の境が明確でない。タナイタムウルで収集された1960年~1969年の10年間における降雨量資料（表2-1-1）によると、月間平均降雨量は1月の132 mmから10月の438 mmまでとなっており、12月から3月および5月の4ヶ月を除いた月に、年間月最大降雨量が見られる。ここ10年間の平均年間降雨量は約2,900 mmであり、1960年における4,068 mmの最大値から1965年の1,876 mmの最小値に至るまで、大きな変動が見られる。月降雨量の最大値1,071 mmが1969年11月に記録され、次は1960年6月の958 mmとなっている。

このような激しい降雨による洪水で、Fig.2-1-2に示すように、400 ha以上にもおよぶこの農園の中央部が、雨季には毎回氾濫を受けている。たとえば、1969年10月13日から1970年1月9日まで約3ヶ月間の洪水氾濫で、437 haが浸水し、最大浸水深約1 mに達した。

このような常習的氾濫の結果として、下記に示すような被害が過去にもたらされている。

1. この地域におけるパームオイルの木は正常な所のものとはおよそ比較にならず、長い間には枯死してしまう。従つて、移植が頻繁に必要であつた。
2. 果物の成熟は、浸水によつて遅らされた。
3. 植物は病気にかかりやすく、正常な発育が阻害された。
4. 肥料が失われた。
5. 排水路の維持経費が増大した。
6. 隣接農園のソクフインド農園作物およびその他作物は、洪水による浸水をこうむつた。
7. 交通遮断により仕事の能率は減少、あるいは停止された。
8. この地域の住民の健康は損なわれ、特にマラリア病に犯された。

Fig. 2-1-1 Kebun Tanah Hitam Ulu.

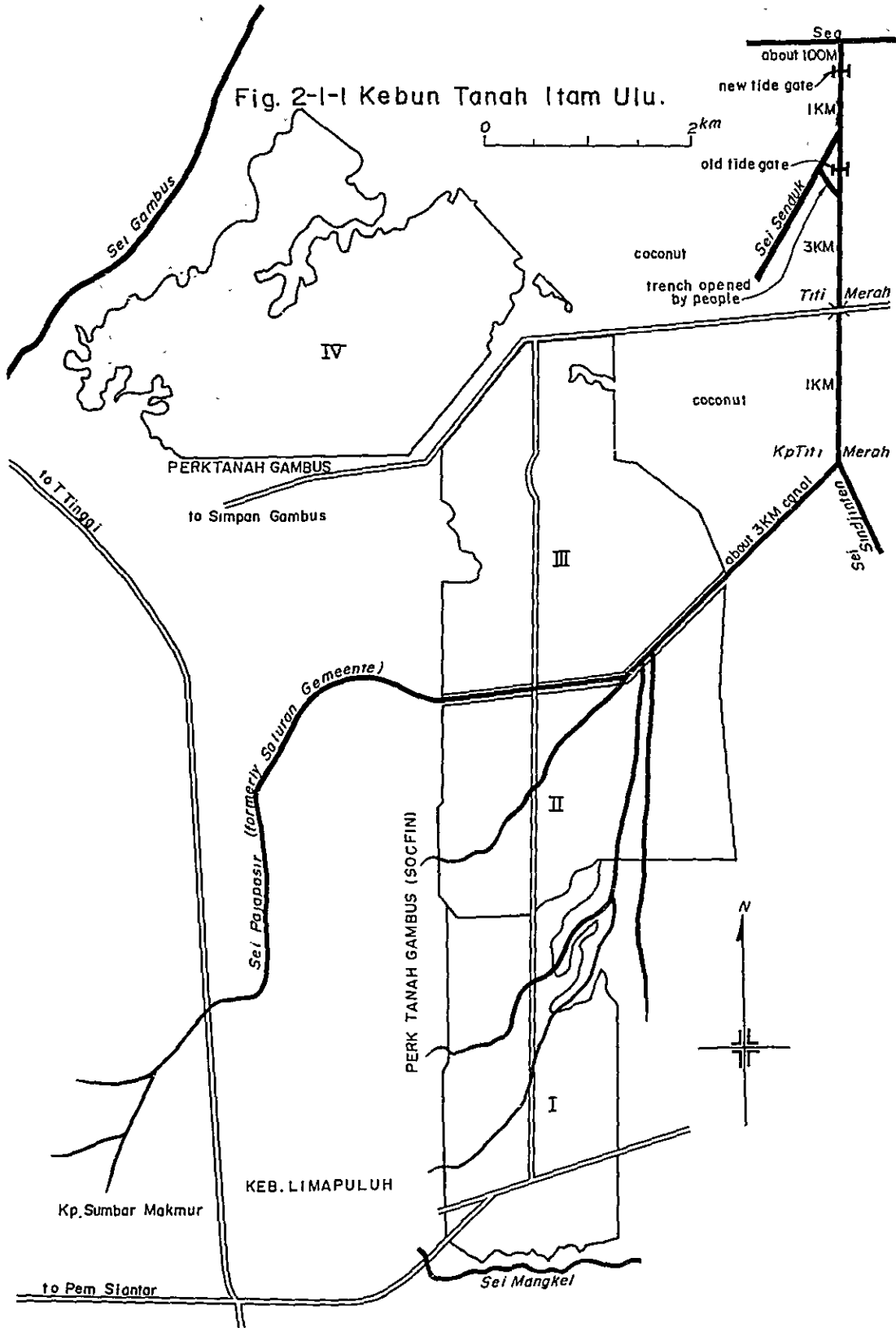


Fig 2-1-2 Kebun Tanah Hitam Ulu.

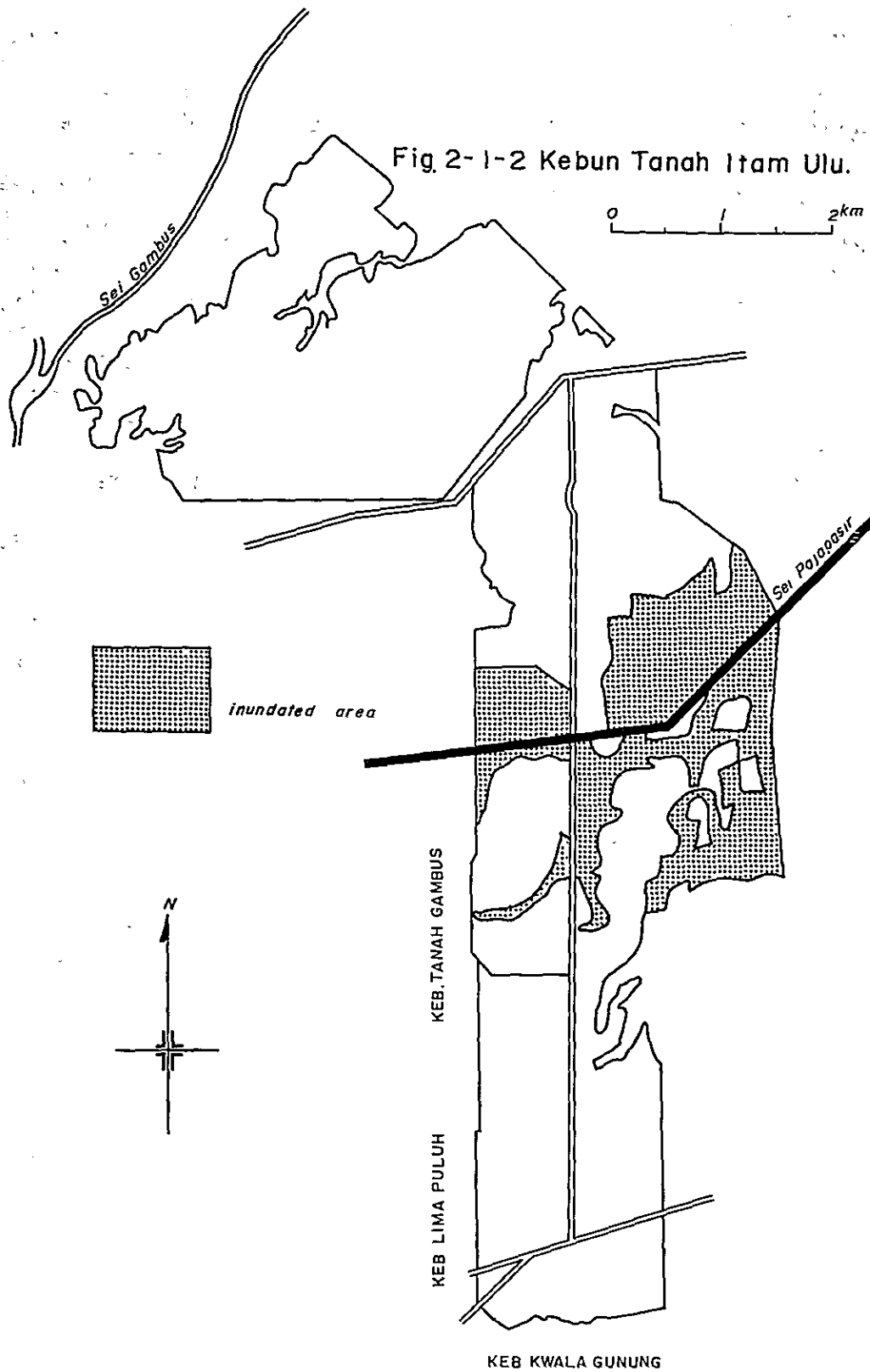


表 2-1-1 タナイタムウル地点の降雨量

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1960	mm	106	235	273	152	142	193	958	190	542	493	311	471	4,068
	day	6	7	7	7	6	7	12	4	11	9	13	13	102
1961	mm	45	147	145	256	160	163	187	125	209	216	82	148	1,883
	day	7	10	9	13	6	9	10	7	15	10	11	12	119
1962	mm	305	116	421	147	311	444	131	385	271	415	260	252	3,458
	day	6	4	10	7	11	8	5	9	5	12	15	13	105
1963	mm	318	236	189	105	61	237	426	120	631	515	682	280	3,800
	day	8	10	7	4	8	7	9	15	12	15	17	10	122
1964	mm	76	362	196	189	178	198	339	39	450	254	190	91	2,562
	day	4	8	7	5	6	4	10	3	10	11	10	7	85
1965	mm	25	70	54	8	43	27	23	370	248	360	331	317	1,876
	day	1	4	5	1	8	7	2	9	10	12	11	8	78
1966	mm	63	138	312	154	235	152	296	266	384	382	244	176	2,802
	day	4	4	11	9	14	12	13	11	15	15	10	8	126
1967	mm	91	186	176	168	198	341	67	213	342	448	417	195	2,842
	day	5	7	6	2	10	12	5	10	14	11	13	6	101
1968	mm	154	177	71	149	159	144	85	206	198	391	92	325	2,151
	day	6	6	9	8	8	8	10	18	16	12	7	12	120
1969	mm	137	124	237	114	173	253	386	310	111	902	1,071	193	4,011
	day	4	6	5	5	9	10	10	11	10	21	19	8	118
1970	mm	127	37	169	330	62	222	168	225	378				
	day	4	3	5	13	4	7	3	5	8				

これらの被害は、常習的浸水によつて、殆んど毎年くり返され、莫大な被害額に達した
ものと思われる。

タナイタムウル農園を貫流しているバジャバスイル河は、リマプル農園がある丘陵地に
その水源を発し、タナイタム農園の西境界側に至るまでの上流域は、滞流することなく勾
配は十分である。また、農園の東境界側から下流域も適当な傾斜であるが、
中流では非常に緩やかになるため、農園の中央部では、絶えず水が澱んで
いる。

タナイタムを包含する区域を除いて、維持管理は、なんら為されていない。加えて、チ
メラ橋と農園東部との間の地域には、たくさんの漁柵が設置されている。この区域の季
節的洪水の原因は、河口が浚渫されていないこと、排水口の維持管理が長年行われなかつ
たことにより、海への排水口がブロックされていたことによる。これが、この地域の常習
的浸水の原因である。これ以外にさらに重要な原因は河川の縦横断が適当でないことのよ
うに思われる。とくに、農園の西境界附近の縦横断が不適當である。

この地域を常習的洪水から防ぐには、幾つかの洪水防御手段が必要である。このために
地形を明確に調査し、降雨流出量の調査、バジャバスイル河水路に沿つた現状の疎通能力
の再調査を行う必要がある。

さらに、タナイタムウルの北側はガンブス河と接している。この河は、流域 $1,537 \text{ km}^2$
のバアボロン河の支流で、1945年に河口より上流約7kmの地点右側一帯に溢水したこ
とが報告されている。

従つてガンブス河の溢水の影響も調査されるべきである。

第2章 ポロン河：シパレパレ、タンジュン、ガムブス

ポロン河は北スマトラのブキツバリサン山脈にその水源を発して、北東に流れ、マラッカ海峡に注ぐ。途中、インドラブルの附近で三つに分れ、それぞれタンジュン、シパレパレ、ガムブスと呼ばれる。これら三支流は沖積デルタとなり、約1,800 km² (Fig. 2-2-1, 2-2-2)の地域を包含する。

この河の長さおよび排水区域は、それぞれ105 kmと81 kmである。流域は1,537 km²あり、この中に25 kmにおよぶ主要道路および次の農園を含む。

PNP IV, VおよびVII	ゴム	16,817 ha
PNP VIおよびVIII	オイルパーム	21,999 ha
PNP VIII	茶	6,111 ha

気温、湿度、降雨などの気候は、前章で述べたウラール河やタナイタムウルとほぼ同じである。

降雨による氾濫は、12,000 ha以上である。1969年における被害額についてDPUPSUは橋梁、堤防および水田についてRP27,650,000と見積られた。(表2-2-1)

1970年10月6日、吾々が北スマトラにいた時、ポロン河が丁度分岐点の下流5~6箇所で溢水し、1,700 haを越える地域に洪水をもたらした(Fig. 2-2-2)。

1966年の洪水では、タンジュン河の川水がインドラブラの下流域で溢水し、その左岸約2,000 haが氾濫した。それ以前では、1945年に、ガムブス河が、河口から約7 kmの上流地点で、河道兩岸に溢水し、その堆積土砂によつて、水流は殆んど停止したと報告されている。

常習的氾濫からこのデルタ地帯を救うという見地からDPUPSUは、マラッカ海峡に注ぐタンジュン河より、インドラブラの下流約500 mの地点で分岐している排水路を拡大し、深くしようとする計画を持っている。この目的のために1969年9月に土砂、移動のための浚渫工事が開始され、2年間に2,000,000 m³以上の土砂量が浚渫される計画である。

洪水防御の緊急対策として、浚渫工事を基本として計画されているが、デルタ地帯の開発に関する基本的計画を調査することも重要である。

Fig.2-2-1 The Bolon River — The Sipare², The Tandjung, The Gambus.

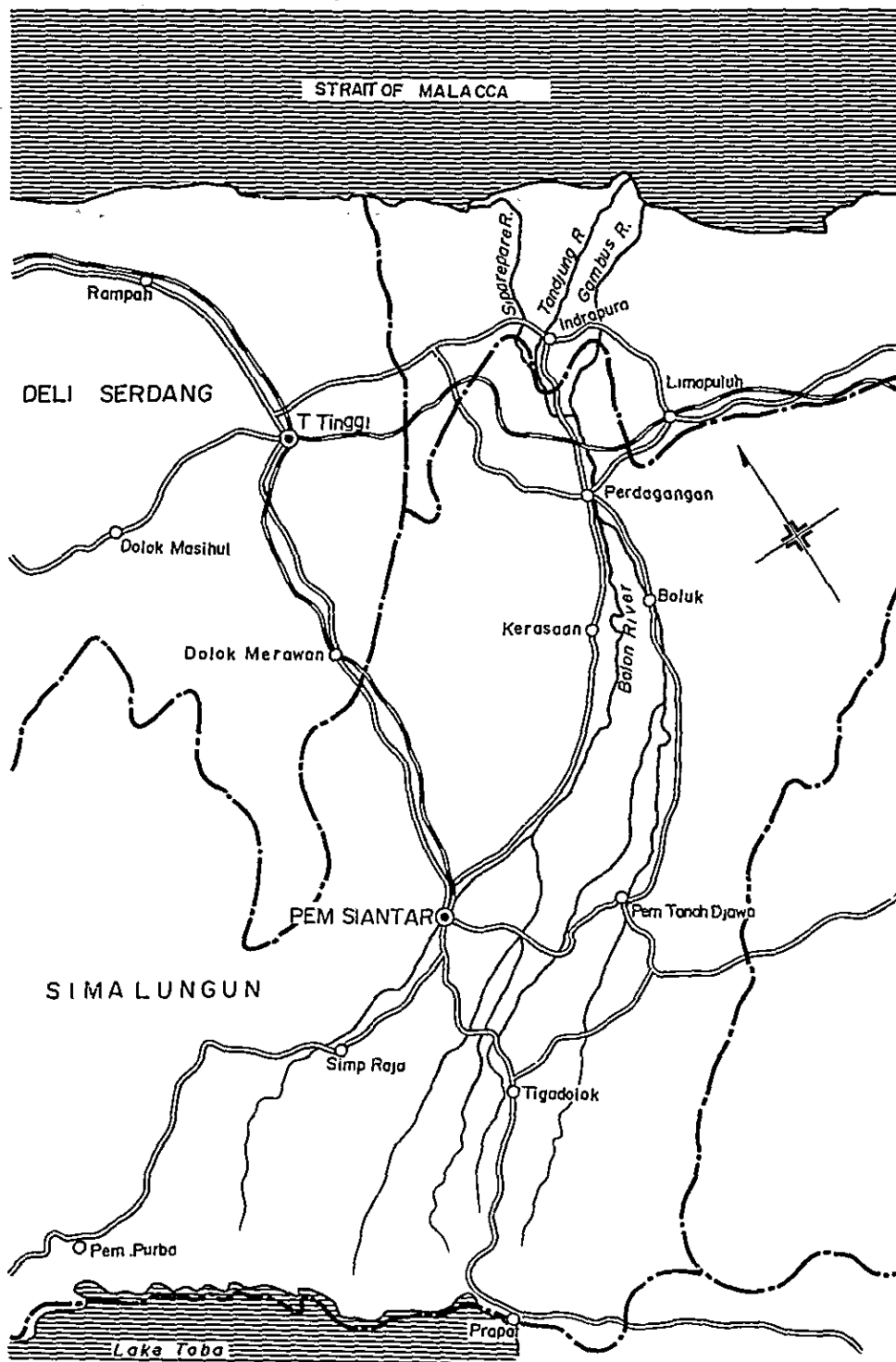


Fig.2-2-2 The Bolon River

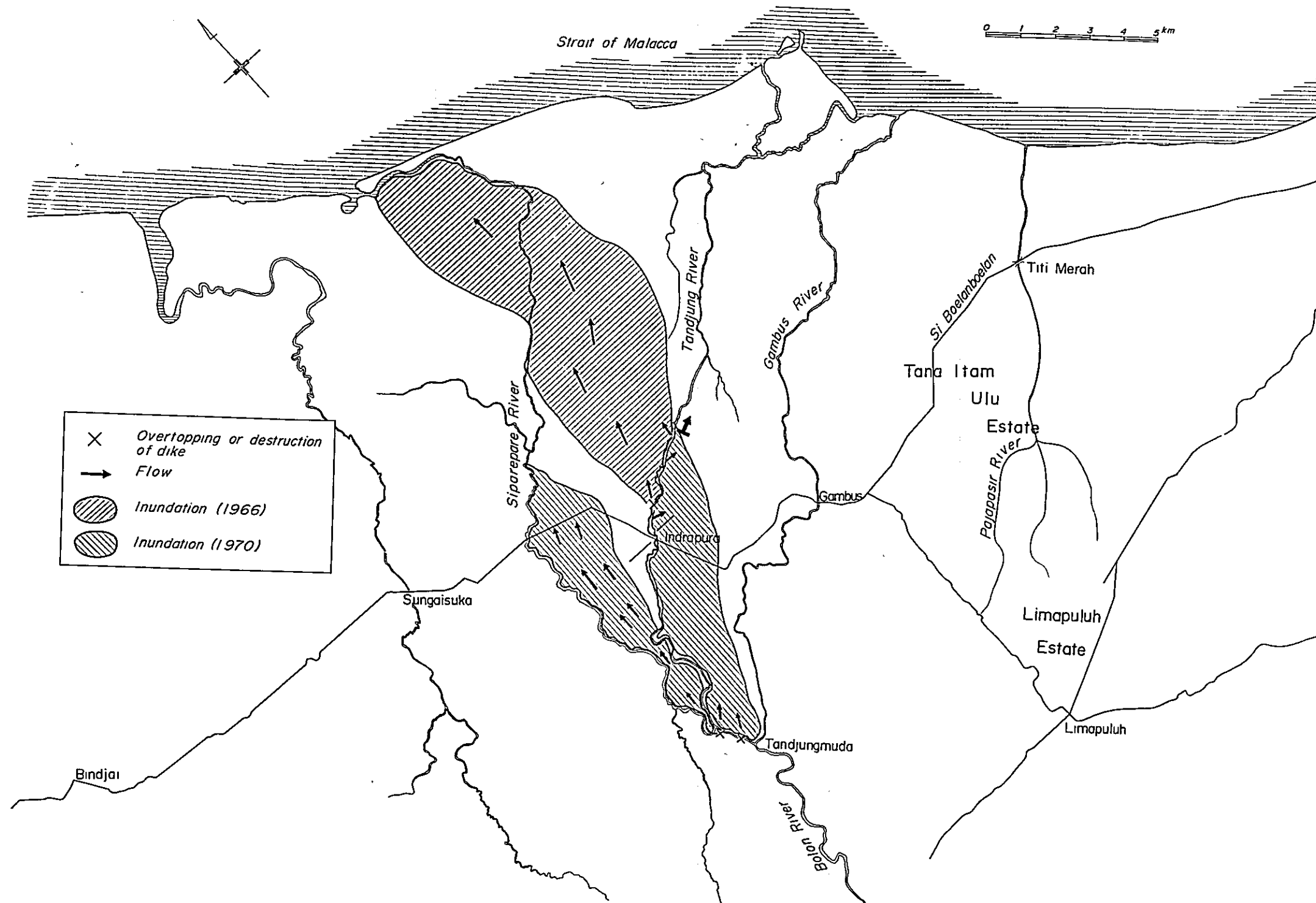


表2-2-1 ボロソンの洪水被害額

Year	Roads / Bridges		Dikes		Rice fields		Total amount (Rp)
	Length	Amount (Rp)	Length (km)	Amount (Rp)	Area (ha)	Amount (Rp)	
	Numbers						
THE TANDJUNG RIVER							
1960	2.5 km	5,000,000	0.2	7,000,000	500	500,000	12,500,000
1961	2 "	4,000,000	0.1	3,000,000	250	250,000	7,250,000
1962	3 "	6,000,000	0.15	4,000,000	500	500,000	15,500,000
	1 bridge	5,000,000					
1964	1.5 km	3,000,000	0.05	2,000,000	250	250,000	5,250,000
1965	2 "	4,000,000	0.02	2,000,000	150	150,000	6,150,000
1967	1.7 "	3,500,000	0.03	2,500,000	150	150,000	6,150,000
1968	1.2 "	2,500,000	0.025	2,500,000	200	200,000	5,200,000
1969	3 "	6,000,000	0.25	10,000,000	500	500,000	16,500,000
THE SIPARE-PARE RIVER							
1960	3 km	6,000,000	0.1	2,500,000	350	350,000	8,850,000
1961	0.75 "	1,500,000	0.05	2,000,000	250	250,000	3,750,000
1962	1.5 "	3,000,000	0.075	2,500,000	300	300,000	5,800,000
1963	1 "	2,000,000	0.02	2,000,000	150	150,000	4,150,000
1964	2 "	4,000,000	0.1	2,500,000	350	350,000	6,850,000
1965	1 "	2,000,000	0.03	1,500,000	200	200,000	3,700,000
1966	1.5 "	3,000,000	0.07	3,000,000	300	300,000	6,300,000
1967	2 "	4,000,000	0.1	5,000,000	350	350,000	9,350,000
1968	3 "	6,000,000	0.08	4,000,000	150	150,000	10,150,000
1969	3.5 "	7,000,000	0.08	4,000,000	150	150,000	11,150,000

第3章 シロウ／アサハン河

Fig.2-3-1で示すように、シロウ河はブキットバリサン山脈に源を発し、北東に流れ、タンジュンバライでアサハン河と合流する。アサハン河は、トバ湖およびブキットバリサン山脈にその水源を発している。シロウ河の流域はおよそ99.5 km²、長さ約99 kmである。この地方にはPNPⅢ、Ⅴ（ゴム：33,046 ha）およびPNPⅥ（パームオイル：12,628 ha）がある。

雨季には洪水のたび毎に、約45,800 haにも及ぶ区域が浸水を受ける。この地域は下流部に位置する沼沢地であり、タンジュンバライなどの町がある。道路の約14.5 km、鉄道の10 kmが頻繁に洪水によつて冠水し、何週間も交通が遮断される。

DPUPSUの調査によるシロウ河の洪水被害は表2-3-1に示される。それによると、道路、堤防、水田等における最近5ヶ年間平均損害額は、約RP1,000,000に達する。

Fig.2-3-2に示すようにシロウ、アサハン両河川の合流点および両河川に挟まれた附近の沼沢地はタンジュンバライ、キサラン間の幹線道路により、二つに分割されている。この道路の北部沼沢地にはバリトスルタン水路があり、南部にはバリトニツボンと呼ばれる別の水路がある。これら両運河は雨季の洪水排水に重要な役割を占めているが、排水能力は十分ではない。

シロウ／アサハン河、その隣接河川および水路は維持されずに放置されていたため、全水路は浅くなり排水能力を消失し、長い間に亘つて非常に悪化してきた。

タンジュンバライは、ちょうど両河川の合流点に位置し、アサハン河の左岸沿いに港がある。これらの港は、以前は500 tクラスの船の停泊で賑わっていたにも関わらず、土砂の堆積によつて現在では100 t以下の船の停泊能力しか持ち合わせていない。

常習的浸水からこの地方を救い、且つ、運河の修復という観点からDPUPSUは、合計6,500,000 m³以上の量の浚渫工事を計画し、1967年に開始した。この内、2,500,000 m³の浚渫は既に終り、両河川の合流点附近の浚渫は航路の浚渫量3,000,000 m³を含めて合計4,000,000 m³の浚渫が未完了のまま残っている。

この計画の経済性を調査するためには、精密な地形の調査と水文の調査を行うことが必要である。

この目的のために、まず必要なことは、この地方の地形を調査し、また、水利用と土地開発の調査と合わせて降雨による流出を研究し、現存河道の疎通能力を調査することである。従つて、このプロジェクトの経済性は、タナイタムウルに関係した地域を包含して調査されねばならない。

洪水予防と土地利用を調査する場合には、排水区域とか埋立区域を区別して洪水地帯を調査することが必要である。

また、アルミニウムの製錬工場が、アサハン河口附近或いは、アサハン河に隣接した場所に建設され、アサハン河から起される電力を利用するというのを聞いている。もしこのデルタ地帯に工場を誘致できれば、この地域の開発計画の経済性は確かに増大するであろう。

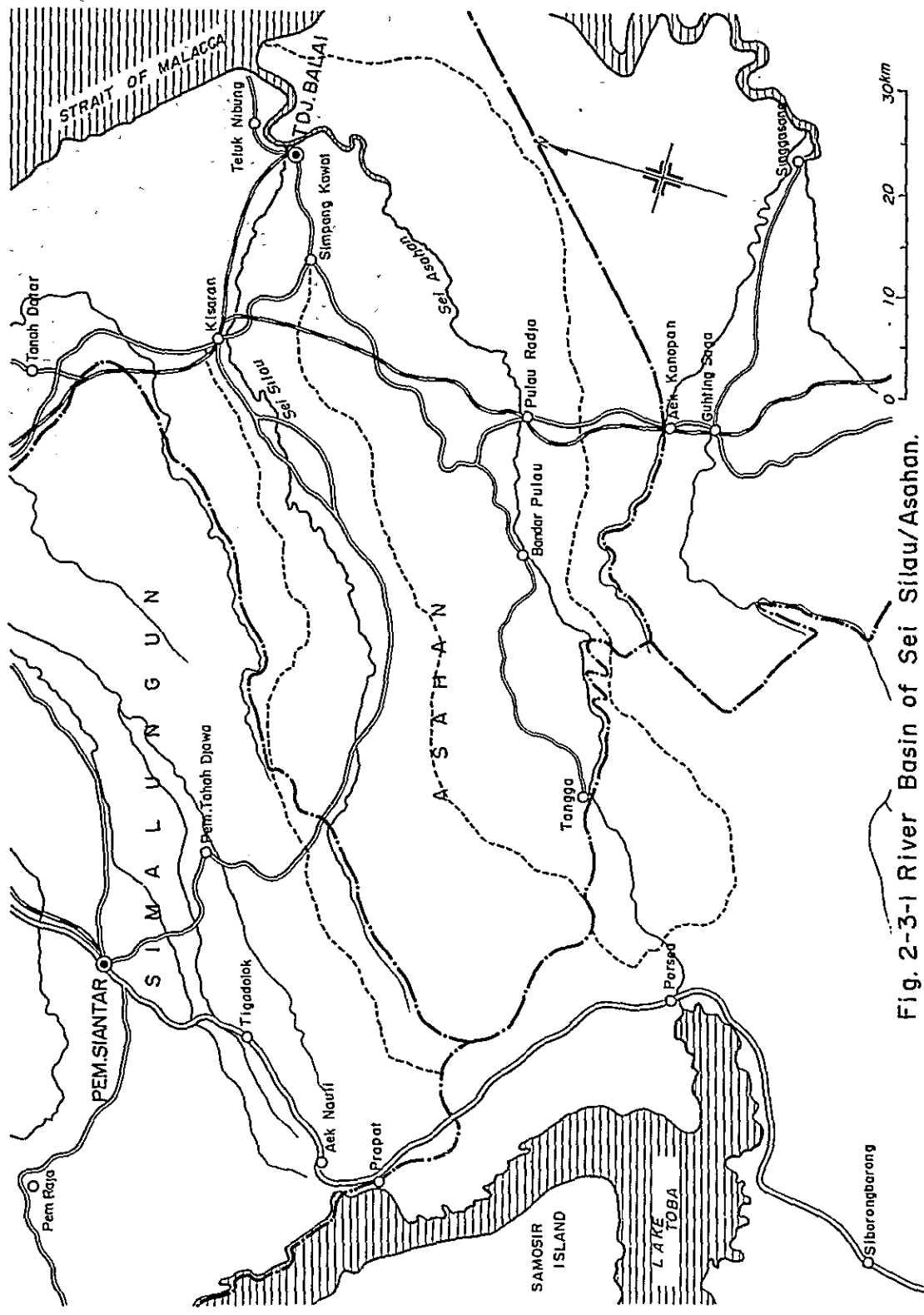


Fig. 2-3-1 River Basin of Sei Silau/Asahan.

表 2-3-1 シロウ河の洪水被害額

Year	Road		Dike		Paddy field		Total amount of damages (Rp)
	Length (km)	Amount (Rp)	Length (km)	Amount (Rp)	Area (ha)	Amount (Rp)	
1960	1	2,000,000	0.05	2,500,000	150	150,000	4,650,000
1961	2	4,000,000	0.06	2,500,000	250	250,000	6,750,000
1962	1.5	3,000,000	0.05	2,500,000	200	200,000	5,700,000
1963	2.5	5,000,000	0.07	3,000,000	200	200,000	8,200,000
1964	2.2	4,500,000	0.1	5,000,000	350	350,000	9,850,000
1965	3	6,000,000	0.1	5,000,000	300	300,000	11,300,000
1966	3.5	7,000,000	0.1	5,000,000	350	350,000	12,350,000
1967	2	4,000,000	0.07	4,000,000	200	200,000	8,200,000
1968	3.5	7,000,000	0.1	5,000,000	300	300,000	12,300,000
1969	3	6,000,000	0.1	5,000,000	250	250,000	11,250,000

第 3 編

資 料

資料 1 ウラール河および流域の概況^{△1}

- | | | |
|------------------|----------------|---------------------------|
| 1. 流域面積 : | | 1,087 km ² |
| 2. 全長 : | | 115 km |
| 3. 降雨量 : | | 1,500 - 6,000 mm |
| 4. 蒸発量 : | | |
| 5. 流出量 : | | |
| | 高水期 | 約 200 m ³ /sec |
| | 低水期 | 約 20 m ³ /sec |
| 6. 地質 : | | |
| | | 安山岩, 又は火山流出物および土砂 |
| 7. 農園 : | | |
| | P N P II : | ゴ ム 3,380 ha |
| | P N P VI, IX : | オイルパーム 7,180 " |
| | P N P IX : | タバコ 3,740 " |
| 8. 水田 : | | 14,200 " |
| 9. その他の農地 : | | |
| | | ウラール河流域ではその他の農地は少ない。 |
| 10. 国道延長 : | | 25 km |
| 11. 鉄道延長 : | | 26 " |
| 12. 堤防延長 (両岸共) : | | 67.3 " |
| 13. 灌漑, 取水口 : | | 3箇所 |
| 14. 浚渫 : | 既浚渫量 | 1,100,000 m ³ |
| | 未浚渫量 | 1,100,000 " |

^{△1} : DPUPSU: Special Dredging Project in North Sumatra 8 Jan.

1970の5頁参照

資料2 雨量, 気温, 湿度に関する資料

1. ウラール河下流域の雨量観測所

番号	雨量観測所	標高 (m)	海岸からの距離 (km)	東経	北緯	観測期間 (年)
1	Adolina Ilir Afd. Kantor	18	13	98°11'	3°32'	31
2	Adolina Ulu Afd. I	16	9	98°57'	3°34'	23
3	Bandar Kwala	80	33	98°53'	3°22'	24
4	Bandar Negeri	110	38	98°57'	3°17'	29
5	Bandar Pinang	98	36	98°55'	3°19'	35
6	Batang Kwis	9	10	98°48'	3°37'	42
7	Batu Gingging	118	35	98°48'	3°23'	32
8	Batu Rata	65	30	98°50'	3°25'	24
9	Bata Rata Afd. Bangun Purba	118	38	98°48'	3°21'	31
10	Begerpang	64	31	98°49'	3°24'	34
11	Bengabing	18	13	99°00'	3°31'	31
12	Deli Muda	12	7	99°01'	3°34'	34
13	Greahan Estate	137	38	98°47'	3°22'	29
14	Klein Sungei Karang	50	26	98°52'	3°26'	21
15	Kwala Namu	12	10	98°53'	3°35'	37
16	Limau Mungkur	60	30	98°47'	3°26'	7
17	Melati	16	11	98°58'	3°33'	14
18	Pagar Marbau	24	18	98°54'	3°30'	25
19	Ramunia	8	7	98°54'	3°37'	27
20	Serbadjadi	58	30	98°56'	3°23'	25
21	Sei Kari	109	38	98°32'	3°20'	26
22	Sei Merah	16	17	98°50'	3°32'	30
23	Sei Putih	54	28	98°53'	3°24'	30
24	Sei Tuan	4	5	98°48'	3°40'	25
25	Tandjong Garbus Empl	14	17	98°52'	3°31'	22
26	Tandjong Morawa Kanan	30	21	98°47'	3°31'	44
27	Tandjong Purba	60	31	98°51'	3°24'	18
28	Timbang Deli	36	23	98°54'	3°27'	24

2. 28観測所における年雨量(1954, 1955, 1969年)

単位: mm

番号	雨量観測所	1954	1955	1969
1	Adolina Ilir Afd.Kantor	1872	1628	
2	Adolina Ulu Afd.I	2130		
3	Bandar Kwala		2358	
4	Bandar Negeri			2689
5	Bandar Pinang	3127	3045	3628
6	Batang Kwis	1893	1530	932
7	Batu Gingging			
8	Batu Rata	1866	2303	
9	Batu Rata Afd.Bangun Purba	3069	2649	2661
10	Begerpang			1800
11	Bengabing		1309	1502
12	Deli Muda			
13	Greahan Estate			2597
14	Klein Sungei Karang			3173
15	Kwala Namu	2098	1568	1320
16	Limau Mungkur	2181	3772	
17	Melati	2021	1482	2049
18	Pagar Marbau	1865	1446	
19	Ramunia	2074		
20	Serbadjadi			
21	Sei Kari			5105
22	Sei Merah			
23	Sei Putih	1767	1876	2013
24	Sei Tuan	1944		
25	Tandjong Garbus Empl	1783	1651	1536
26	Tandjong Morawa Kanan	2062	1924	1508
27	Tandjong Purba		1911	2249
28	Timbang Deli			1991

3. ウラール下流域6観測所における月雨量(1960~1969年)

単位: mm

観測所	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
1960													
Bandar Pinang	122	79	153	225	511	192	375	166	467	428	147	334	3209
Batu Gingging	172	74	144	111	319	149	205	111	241	215	199	130	2070
Deli Muda	178	139	45	65	99	107	280	139	223	262	410	272	2219
Kwala Namu	194	94	54	109	163	82	183	195	182	70	207	272	1805
Pagar Marbau	217	71	60	59	172	139	160	220	246	197	149	220	1911
Sei Putih	139	148	59	123	193	216	162	381	224	202	168	126	2141
1961													
Bandar Pinang	378	281	224	466	233	243	324	325	529	354	145	306	3811
Batu Gingging	180	170	226	140	149	153	270	75	331	522	138	159	2513
Deli Muda	147	133	44	148	81	81	176	124	313	174	282	115	1818
Kwala Namu	159	113	125	122	168	76	135	75	227	188	216	101	1705
Pagar Marbau	142	116	106	103	120	68	195	109	214	162	174	191	1720
Sei Putih	188	294	195	167	104	74	215	50	258	155	140	130	1968
1962													
Bandar Pinang	266	111	400	337	159	312	274	361	485	170	221	342	3504
Batu Gingging	144	27	181	149	341	215	138	230	243	169	242	268	2347
Deli Muda	63	30	77	58	88	69	67	357	290	222	221	210	1752
Kwala Namu	53	26	31	33	105	50	84	207	140	204	138	224	2295
Pagar Marbau	34	14	90	78	109	127	63	216	153	214	145	117	1428
Sei Putih	87	85	176	77	222	274	76	179	180	158	159	185	1858
1963													
Bandar Pinang	211	272	272	136	148	337	90	314	458	543	549	250	3580
Batu Gingging	189	255	136	28	171	123	49	93	402	422	406	236	2510
Deli Muda	239	148	7	17	218	75	71	126	162	205	354	123	1746
Kwala Namu	204	109	91	7	92	142	76	91	206	222	229	79	1548
Pagar Marbau	163	105	39	32	117	194	72	143	264	300	232	91	1752
Sei Putih	134	115	58	100	130	80	95	100	227	352	270	142	1803
1964													
Bandar Pinang	120	317	152	229	279	354	240	139	492	248	118	261	2889
Batu Gingging	188	157	78	105	114	172	163	207	439	347	216	194	2380
Deli Muda	43	160	114	102	122	14	158	132	251	286	284	111	1777
Kwala Namu	18	125	70	87	90	30	129	73	240	154	168	60	1244
Pagar Marbau	43	189	75	180	145	116	130	27	230	215	184	51	1585
Sei Putih	26	89	158	154	204	206	160	85	194	198	156	91	1721

単位：mm

観測所	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
1965													
Bandar Pinang	15	55	275	67	153	435	20	337	284	543	292	235	2704
Batu Gingging		20	131	83	62	134	57	158	177	261	207	237	
Deli Muda	3	43	107	128	61	47	64	226	160	317	356	241	1753
Kwala Namu	0	17	71	53	134	42	80	214	100	275	245	147	1378
Pagar Marbau	7	29	82	59	205	66	132	398	186	294	178	166	1782
Sei Putih	4	104	110	85	112	158	126	175	156	149	224	198	1601
1966													
Bandar Pinang			267		326	243	230	250	305	741	200	86	
Batu Gingging	33	66	159	23	118	299	398	241	165	214	58	45	1819
Deli Muda	179	34	147	74	261	278	117	138	240	509	165	120	2262
Kwala Namu	25	40	90	38	155	60	74	142	248	176	169	69	1286
Pagar Marbau	54	44	151	137	223	119	95	176	245	258	168	41	1711
Sei Putih	69	35	107	83	220	206	181	186	297	276	109	71	1840
1967													
Bandar Pinang	19	21	110	150	85	235	184	282	242				
Batu Gingging	76	95	154	146	129	251	150	329	240	518	232	93	2413
Deli Muda	166	74	25	83	69	115	112	61	85	263	165	119	1337
Kwala Namu	57	100	13	30	66	98	69	154	69	186	79	98	1019
Pagar Marbau	97	29	53	87	89	227	138	97	83	368	334	144	1746
Sei Putih	43	90	80	148	96	152	155	193	238	442	155	52	1844
1968													
Bandar Pinang	175	46	164	261	213	297	144	554	344	368	231	411	3206
Batu Gingging	161	25		200	246	266	317	349	455	237	159	325	
Deli Muda		10	105					122					
Kwala Namu	73	0	114	86	136	167	78	114	174	212	57	55	1266
Pagar Marbau	63	0	62	67	107	164	103	107	232	269	31	70	1275
Sei Putih	35	20	52	105	155	194	138	177	359	201	99	237	1772
1969													
Bandar Pinang	144	234	74	166	252	467	399	459	127	559	410	327	3628
Batu Gingging	87	143		140	227	252	141	246	192	584	596	224	
Deli Muda	55	17			210	91	156			542		212	
Kwala Namu	35	14	25	25	90	98	67	96	35	391	339	105	1320
Pagar Marbau	60	60	31	118	126	201	145		79	374	334	144	
Sei Putih	46	133	33	42	141	156	108	313	208	397	301	135	2013

4. 下流域平均年最大日雨量および6観測所の年最大日雨量

年	下流平均		Bandar Pinang		Batu Ginggaing		Deli Muda		Kuala Namu		Pagar Marbau		Sei Putih	
	月日	雨量 (mm)	月日	雨量 (mm)	月日	雨量 (mm)	月日	雨量 (mm)	月日	雨量 (mm)	月日	雨量 (mm)	月日	雨量 (mm)
1960	1.1	47.8	5.11	152	1.21	107	1.1	102	12.17	97	12.10	112	8.26	101
1961	1.3	57.7	1.3	152	10.13	71	7.30	67	7.30	70	12.27	65	1.3	103
1962	9.10	57.7	4.17	112	4.16	64	9.10	132	12.6	67	9.9	59	9.10	100
1963	11.28	81.5	10.16	160	11.28	104	11.18	100	1.31	74	11.28	91	11.28	75
1964	10.26	45.8	12.22	142	1.19	81	10.26	130	9.4	85	4.29	75	4.29	84
1965	8.27	38.3	6.5	144			1.1	118	8.27	91	10.30	83	12.29	82
1966	5.9	39.0			7.1	85	5.7	98	11.1	83	9.27	82	5.9	80
1967	12.15	34.4			4.3	60	12.15	80	10.23	61	6.15	80	10.10	75
1968	5.1	48.2	3.27	144					5.1	64	9.1	84	10.30	57
1969	10.16	25.7	7.6	144					10.16	68			2.13	98
3日雨量														
1960	12.8	70.2	10.27	206	12.31	116	12.7	131	12.17	145	12.8	140	8.24	138
1961	1.2	97.7	8.30	258	9.9	137	7.28	110	1.2	104	12.27	127	2.15	173
1962	9.9	79.2	4.16	192	5.9	112	9.9	157	12.4	77	9.9	88	5.2	134
1963	10.23	81.5	10.14	216	12.6	149	5.29	154	9.5	78	10.23	113	10.23	113
1964	9.2	80.7	9.29	182	9.2	111	10.26	149	9.2	140	4.29	112	4.29	104
1965	8.25	73.7	6.5	196			12.5	137	8.25	119	8.4	120	12.29	91
1966	5.7	88.8			7.1	135	5.7	202	9.23	105	9.26	119	5.9	113
1967	7.11	59.0			10.20	102	1.2	96	12.15	83	6.27	98	7.11	95
1968	10.29	102.4	12.30	267					4.29	93	10.29	165	4.29	116
1969	10.14	110.5	7.6	243					10.1	107			2.12	130

5. 1960年～1969年間の雨量50mm以上の頻度数(1日, 2日, 3日雨量)

日雨量50mm以上の頻度数

観測所 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kwala Namu	5	2	3	1	4	2	4	6	8	6	9	7
Sei Putih	3	5	3	3	7	5	6	7	9	10	6	2

2日雨量50mm以上の頻度数

観測所 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kwala Namu	5	3	3	1	5	3	4	6	11	11	11	9
Sei Putih	3	6	3	4	9	13	8	11	13	15	9	7

3日雨量50mm以上の頻度数

観測所 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kwala Namu	5	6	4	2	6	3	3	7	11	15	13	10
Sei Putih	3	5	3	4	9	11	9	9	17	20	12	8

6. 1959年から1963年までの5年間のメダン市における平均気温

単位：°C

時刻 月	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	平均	最大	最小
1月	22.9	22.5	22.1	24.3	27.8	39.7	30.1	28.8	26.5	24.8	24.0	23.4	25.6	31.3	22.0
2月	23.0	22.6	22.3	25.1	29.4	31.2	31.2	29.4	26.9	25.2	24.2	23.5	26.2	30.0	22.0
3月	23.4	22.9	22.6	25.7	30.7	33.1	32.3	30.7	27.8	25.7	24.7	24.0	27.0	34.6	22.4
4月	23.7	23.3	22.9	26.3	30.9	33.2	32.6	31.4	28.3	26.1	24.9	24.2	27.3	34.8	22.8
5月	24.0	23.6	23.3	26.9	31.7	33.8	33.1	31.4	28.2	26.3	25.3	24.6	27.7	35.1	23.2
6月	23.7	23.2	22.9	26.1	30.9	33.3	33.2	31.3	27.7	25.9	25.0	24.2	27.3	34.9	22.7
7月	23.4	22.9	22.6	25.5	30.2	33.0	33.1	31.2	27.8	25.5	24.5	23.9	26.9	34.6	22.4
8月	23.3	22.9	22.6	25.8	30.5	32.9	32.4	30.5	27.1	25.3	24.4	23.7	26.8	34.3	22.3
9月	23.2	22.9	22.6	25.3	29.2	31.6	31.8	30.1	26.7	25.1	24.3	23.7	26.6	33.4	23.2
10月	23.2	22.8	22.7	25.2	28.4	30.2	30.3	29.0	26.1	24.7	24.0	23.6	25.9	31.9	22.4
11月	23.1	22.9	22.6	25.0	27.9	29.6	29.7	28.7	26.3	24.9	24.2	23.7	25.7	31.2	22.5
12月	23.1	22.8	22.4	25.3	28.3	30.1	30.0	28.7	26.7	24.9	24.3	23.7	25.9	31.3	22.3
平均	23.3	22.9	22.6	25.2	29.7	31.8	31.9	30.1	27.1	25.4	24.5	23.9	26.6	33.3	22.5

7. 1959年から1963年までの5年間のメダン市における平均相対湿度

単位：%

時刻 月	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	Mean	Max.	Min.
1月	95.8	96.3	96.4	85.9	69.5	61.8	63.9	70.4	83.9	93.0	94.9	95.5	84.1	97.0	54.0
2月	96.5	96.6	96.8	86.1	64.6	57.9	60.9	68.8	81.9	92.9	95.1	95.9	82.8	97.1	50.6
3月	96.2	96.4	96.5	84.8	61.9	53.9	59.2	66.6	81.6	92.4	94.5	95.6	81.6	97.0	48.0
4月	96.3	96.6	96.8	84.3	63.0	55.4	60.1	65.6	79.9	92.5	94.9	95.9	81.8	97.2	48.8
5月	95.6	95.9	95.9	82.9	61.8	54.4	58.8	66.9	82.1	91.4	94.1	95.2	81.3	96.5	48.1
6月	96.1	96.3	96.3	85.8	63.9	54.1	56.5	65.2	81.6	91.4	94.3	95.6	81.4	96.9	47.7
7月	96.4	96.6	96.7	87.8	64.6	54.2	55.4	66.2	82.1	92.0	94.7	95.9	81.9	97.2	48.0
8月	95.4	95.8	96.1	85.3	62.9	53.7	55.3	65.8	81.5	91.5	93.4	94.9	81.0	96.5	47.4
9月	96.5	96.7	96.8	88.5	70.6	60.7	61.7	69.7	84.7	93.2	95.2	96.2	84.2	97.2	52.9
10月	96.7	96.8	96.9	89.2	72.2	64.2	66.8	73.7	88.9	94.4	95.7	96.5	86.2	97.2	58.1
11月	96.5	96.7	96.2	89.9	74.9	67.6	67.8	75.7	85.4	93.9	95.3	95.9	86.6	97.1	59.7
12月	95.4	95.6	95.7	87.3	71.6	63.6	66.0	72.1	86.3	93.5	94.7	95.2	84.7	96.2	51.5
平均	96.1	96.3	96.5	86.6	66.8	58.6	61.0	68.9	83.5	92.7	94.7	95.7	83.1	96.9	51.7

資料3 農園および一般農作物に関する資料

1. パームオイル

(1) パームオイルの生産量

パームオイルはスマトラにおける特別重要輸出品目である。

その主な輸出国は中東アジア、日本および米国であり、需要は年々増加している。

オイルパームの果実から生産される油をパームオイル、種子から生産される油をカーネルオイルといい、パームオイルとカーネルオイルの生産比はそれぞれ80%と20%である。

オイルパームの果実の収穫は植付てから3～4年かかり、収穫を増すために30年目毎に植替えが行なわれている。

果実は年中収穫できるが、雨季が豊富である。

P N P V I の 1 9 6 9 年における生産量はパームオイルが 5 6,500 ton , パームカーネルが 1 3,500 ton であり、その植付面積が 3 2, 2 2 0 ha であるから、ha 当りの生産量は

パームオイル	1, 7 5 4 kg/ha
パームカーネル	4 1 9 kg/ha
合計	2, 1 7 3 kg/ha

になる。また、現地地の P N P 関係の諸機関から得られた情報によると、年間生産量はパームオイル及びパームカーネルの合計量で 2, 0 0 0 kg/ha ~ 2, 4 0 0 kg/ha といわれている。そこで、便益計算に用いられる値は次のものとする。

パームオイル	1, 8 0 0 kg/ha
パームカーネル	4 0 0 kg/ha
合計	2, 2 0 0 kg/ha

(2) 売 値

Fig.D-1 は 1 9 6 1 年から 1 9 6 7 年までの F O B 価格を示すものである。それによると、パームオイルは U S \$ 1 6 5 / ton ~ U S \$ 1 8 5 / ton の間で変動し、その平均値は U S \$ 1 7 8 / ton である。パームカーネルは U S \$ 1 0 0 / ton ~ U S \$ 1 3 0 / ton の間で変動し、その平均値は U S \$ 1 1 2 / ton である。

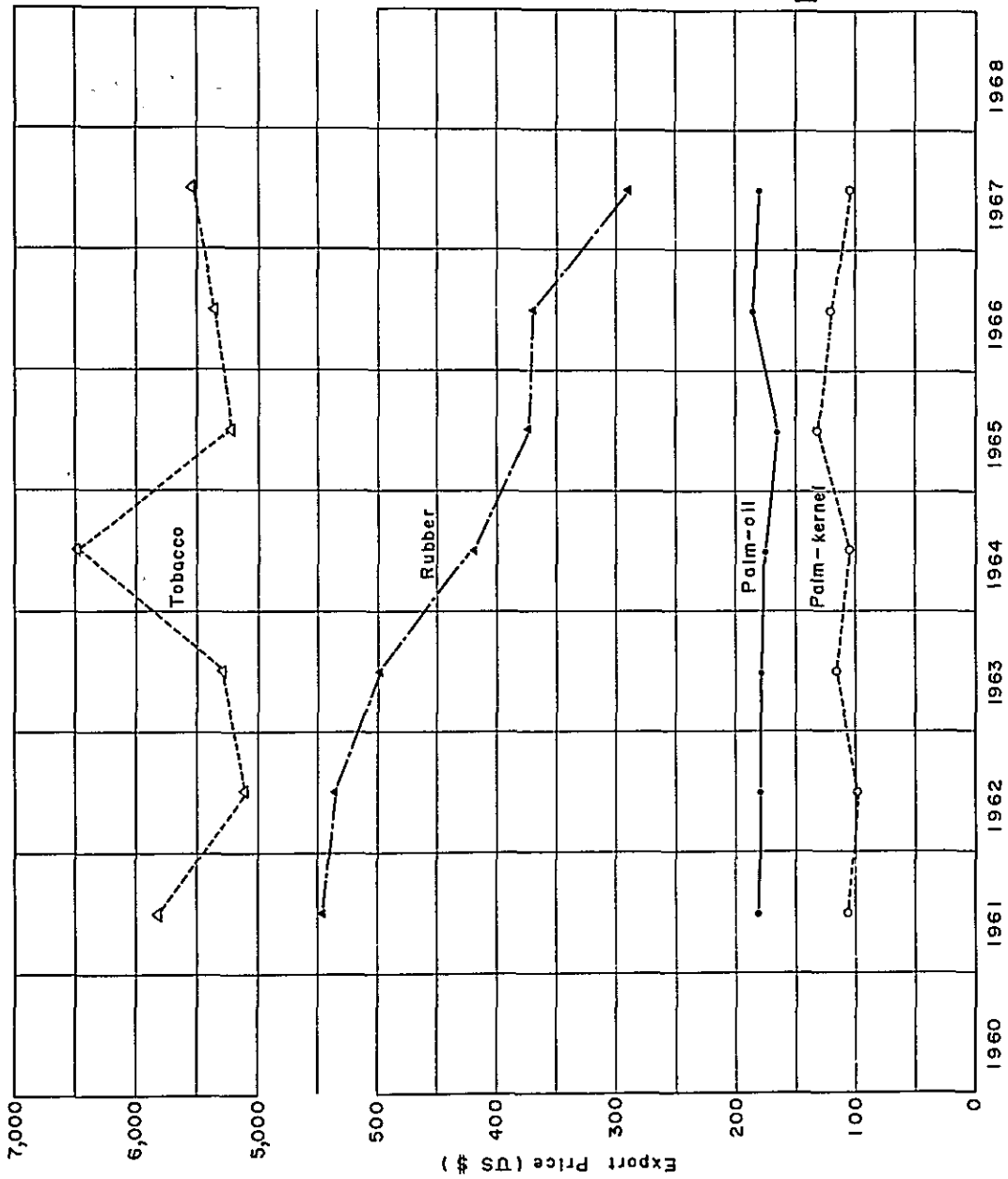


Fig. D-1 Export
Prices of Palm-oil,
Palm-Kernel, Rubber
and Tobacco.

最近(1969~1970)の価格は、BCU-PNPから得た情報によるとパームオイルがUS\$ 170/ton~US\$ 210/ton, パームカーネルがUS\$ 100/ton~US\$ 120/tonといわれている。

従って、パームオイルおよびパームカーネルの価格は過去数年間あまり大きな変動が見られずここではその平均値を用いる。

すなわち、

パームオイル US\$ 178/ton

パームカーネル US\$ 112/ton

しかし、この価格はFOB価格であるから輸出税等が含まれている。いま輸出税等を15%と仮定すると、上の値は次のようになる。

パームオイル US\$ 153/ton

パームカーネル US\$ 98/ton

この値は便益計算に使われる。

(3) 生産コスト

上に示した生産額と売値からパームオイルのha当りの平均年産額は次のように計算される。

$$\text{US\$} (153 \times 1.8 + 98 \times 0.4) / \text{ha} = \text{US\$} 315 / \text{ha}$$

IDAの報告によると、PNPⅦのパームオイル(パームカーネルを含む)の生産コストはUS\$ 123.5/haである。これは売値の39%に相当する。

2. ゴム

(1) ゴムの生産量

ゴム農園はインドネシアにおいて、各種農園中最も規模が大きい。インドネシアにおけるゴムの年産額は約700,000tonに達する。しかし、最近は減少の傾向にある。

ゴムはスマトラにある10の国営農園のうち8農園で生産され、東西ヨーロッパ、パキスタン、日本およびアメリカへ輸出されている。

ゴムは国営ゴムと民営ゴムの2種類あって、国営ゴムの方が高品質である。北スマトラにおいては国営ゴムと民営ゴムの生産比率はそれぞれ70%と30%である。

ゴムは植付けしてから6~7年目から収穫ができるようになる。そして、長年月経過すると樹液をとる樹皮の疲労により生産が減少するため、インドネシアでは植付け

てから普通25年以後はかえって経済的でない。

従って、25年サイクルで植替えするのが農園運営の一つの基準になっている。なお、ゴムの樹は水に対して比較的強い。

BCU-PNPから得られた情報によると、ゴムの年産額は800 kg/ha~1,000 kg/haである。IDAの報告では、900 kg/ha~1,100 kg/haである。こゝでは、これらの平均値

$$1,000 \text{ kg/ha}$$

を用いる。

(2) 売 値

自然ゴムの売値は人造ゴムの影響を受け、IDAの報告では、ニューヨークの平均CIF価格で1970年に1ポンド約20セント(US\$406/ton)であったものが、1975年には13~17 cent/lbまで下落するものと予測されている。

また、Fig.D-1は1961年以來のゴムのFOB価格の変動を示すものであるが、それによると1961年にUS\$550/tonであったものが、1967年にはUS\$300/tonに下落している。しかし、BCU-PNPからの情報によると最近(1969~1970)のゴムの売値はUS\$330~340/tonであるから、こゝでは、売値をUS\$340/tonと仮定する。この売値には15%の輸出税およびその他の税が入っているものとする、ゴムの売値は約US\$300/tonと推定される。ゴムの単位生産量は上記のごとく1 ton/haであるから、ゴムの単位生産額は

$$\text{US\$} 300 / \text{ha}$$

となり、この値は費用便益の分析に用いる。

(3) 生産コスト

IDAの調査によると、ゴムの生産コストはPNPVにおいてUS\$126/haである。これは売値の約42%に相当する。

3. タバコ (デリタバコ)

(1) タバコの生産量

デリタバコは世界で有名なタバコであり、おもにヨーロッパへ輸出されている。日本へは輸出されていない。ブレーメンにはPNPのタバコ販売組合がある。

デリタバコは約6年の輪作である。すなわち、一度栽培されたタバコ農場は、次に

栽培されるのは5年後である。ゆえに、次の栽培までの間は、農場は雑木の生長するがまゝに放置されている。

タバコは洪水に非常に弱く、生産をよくするには排水をよくすることが必要である。スマトラにおける国营タバコはPNPIXで生産されている。栽培面積は1968年には4,769 ha, 1969年には4,282 haで、その平均栽培面積は4,528 haであった。また、1961年から1967年までの間の年産量は次のとおりである。

年	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	平均
ton	2,214	1,667	2,401	2,124	2,825	3,438	2,635	2,472

平均年産量2,472 tonと上のべた年平均栽培面積4,528 haとより、ha当りの年産量は次のように計算することができる。

$$2,472 \text{ ton} / 4,528 \text{ ha} = 546 \text{ kg} / \text{ha}$$

$$\approx 550 \text{ kg} / \text{ha}$$

この数字はタバコの単位生産量として用いる。

(2) 売 値

ブラウン港の1961年から1967年までの間の輸出統計によると、その間のタバコの平均売値および最高売値はそれぞれUS\$ 5.5/kgおよびUS\$ 6.5/kgである。このタバコの平均売値の中には輸出税およびその他の税が15%含まれているものとする

$$US\$ 5.5 / \text{kg} \times 0.85 = US\$ 4.7 / \text{kg}$$

すると植付面積当りの生産額は、

$$US\$ 4.7 / \text{kg} \times 550 \text{ kg} / \text{ha} = US\$ 2,585 / \text{ha}$$

全面積に対する生産額は、

$$US\$ 2,585 / \text{ha} \times 1/6 = US\$ 430 / \text{ha}$$

(3) 生産コスト

タバコの実産コストに関する資料はほとんどない。ここでは単位面積当りの年平均コストを売値の40%と仮定する。すなわち、

$$US\$ 172 / \text{ha}$$

である。

注記：

(1) ゴムにほどこされる肥料：

I D A の報告によると、成熟した木では年間 ha 当り約 U S \$ 1 2 の肥料がほどこされる。しかし、ゴムの生産寿命の最後の 5 年間（すなわち、植付けてから 2 1 年～ 2 5 年）はもはや肥料はほどこされない。

(2) オイルパームにほどこされる肥料：

I D A の報告によると、成熟した木では年間 ha 当り約 U S \$ 3 5 の肥料がほどこされる。しかし、オイルパームの生産寿命の最後の 5 年間（すなわち、植付けてから 2 6 ～ 3 0 年）はもはや肥料はほどこされない。

(3) 労 賃：

I D A の報告によると、農園労務者の平均日額は R p 1 3 7 . 5 0 で、仕事の種類によって R p 2 2 . 5 0 がプラスされる。これは U S \$ 0 . 4 2 に相当し、U S \$ 0 . 5 0 以下である。

(4) 輸出税：

I D A の報告によると、輸出税率は現在 1 0 % であり、これに農業税およびその他の税金がさらに 5 % 加えられる。（さらに、州政府が行う社会資本の維持のために増加することが必要がある。）

(5) 洪水調節の必要性：

洪水被害による直接の損失のほか、貧弱な排水施設が浸水区域の生産を低下させている。さらに、ゴムやパームオイルの場合は、樹令を超えた樹木の植替え時期は一年のうちの終りの三ヶ月で、この時期は丁度洪水時期に一致し、洪水がその植替えを妨害している。

(6) I D A 報告は、洪水被害を防御するために必要な浚渫工事は政府の優先順位のうちの高いクラスにあるが、P N P 農園のみの便益で経済的適合を図ることはできない、と述べている。

4. 米

(1) 米の生産量

D P P S U によるデリセルダン県における最近の米の生産統計を次に示す。

年	1965	1966	1967	1968	備考
A 水 稻					
(1) 面 積 (ha)	298,910	317,925	316,490	342,757	数字は粃の生産量
(2) 生 産 量 (ton)	839,621	883,792	933,701	986,788	
(3) 単 位 生 産 量 (ton/ha)	2.80	2.78	2.95	2.88	
B 陸 稻					
(1) 面 積 (ha)	143,661	137,713	145,907	170,793	"
(2) 生 産 量 (ton)	246,741	231,891	232,435	270,180	
(3) 単 位 生 産 量 (ton/ha)	1.71	1.68	1.59	1.58	

(注記)

- (1) 米はその生産過程に従って、通常、インドネシアでは粃(茎付)、粃、玄米および白米に分類される。糠は白米にするときに生産される。
- (2) 稻の生産量は普通粃(茎付)であらわされる。
- (3) 白米は重量で粃の52%、約半分である。
- (4) 次の数字は普通インドネシアで米の生産量をあらわすのに使われている。

よく耕された水田の粃(茎付)の生産量	40 ton/ha ¹
水稻の平均年産量	27 ton/ha ¹
陸稻の平均年産量	1.7 ton/ha ¹

上の表から、米の年平均生産量を次のように仮定する。

	水 稻 (ton/ha)	陸 稻 (ton/ha)
粃	2.85	1.64
白 米	1.5	0.8

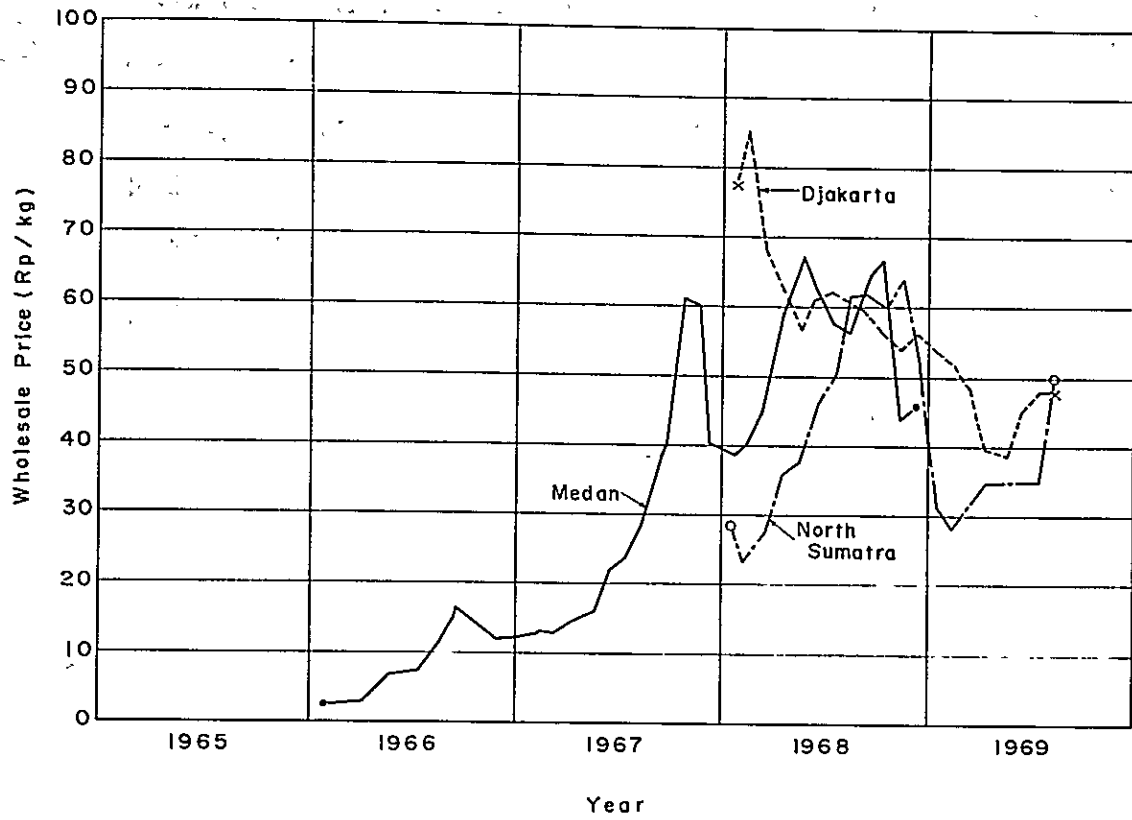
(2) 売 値

Fig.D-2は白米の卸値の変動を示すものである。それによると、1966年以來米価は上昇し、メダンにおいては最高約Rp70/kgまで達した。また、米価は年

¹ Sempor Project より引用, DPWP, 1969年3月。

Fig. D-2

Wholesale Prices of Polished Rice
at Medan, North Sumatra and
Djakarta.



間を通じて大きな変動を示し、1968年の場合を例にとると、1月の米価はRp 38/kgで最低を示し、5月と10月はRp 68/kgで最高を示す。すなわち、5月と10月の米価は1月のその約2倍である。一般に米価は1月と2月が低く、9月と10月が高い。

しかし、政府の努力により、1968年後半から米価はかなり安定してきて、1970年にはメダンにおける白米の平均卸値が約Rp 50/kg、平均小売値が約Rp 55/kgである。

Fig. D-2の白米の月平均卸値から年平均値を求め、さらに、DPPSUおよび住民からのききこみによって得られたデータとを併せてメダンおよび北スマトラ省における年平均卸売価格をまとめると次のようになる。

白米の年平均卸売価格 (Rp/kg)

年	1965	1966	1967	1968	1969	1970
メダン	—	8.2	2.88	5.40	—	(45~60)
北スマトラ省	0.6	5.5	2.94	4.63	5.01	(40~60)

注 () 内の数字は現地住民からのききこみによる。

粃の価格は一般に白米の価格の50~60%といわれているから、約Rp 25~30/kgと推定される。費用便益の分析にはRp 25/kgを用いる。すると、年産額は次のように計算される。

$$\text{水稻 (粃)} \quad 2,850 \text{ kg/ha} \times \text{Rp } 25/\text{kg} = \text{Rp } 71,250/\text{ha}$$

$$\text{陸稻 (粃)} \quad 1,640 \text{ kg/ha} \times \text{Rp } 25/\text{kg} = \text{Rp } 41,000/\text{ha}$$

(3) 生産コスト

DPPSUによると、よく耕された水田で、肥料を充分にあたえ、手入れをよくした場合の稲の生産コストは約Rp 83,000/haと見積られる。この内訳は、人件費Rp 50,000/ha、肥料代Rp 23,500/ha、その他Rp 9,500/haである。このとき収穫量は粃で4~5 ton/haが見込まれる。今、仮りに、粃の収穫量を4.5 ton/ha、粃の値段をRp 25/kgとすると、生産額に対する生産コストの割合は次のようになる。

$$\text{生産コスト率} = \frac{\text{Rp } 83,000/\text{ha}}{4,500 \text{ kg/ha} \times \text{Rp } 25/\text{kg}} \times 100 (\%)$$

$$= 74\%$$

しかし、ウラール河附近の米作は個人経営のものが多く、また、肥料が使われること

も稀である。従つて、労務費を1人1日Rp200、就労日数をha当り120人日とすると、ha当りの人件費はRp24,000/haになる。これに若干の肥料代およびその他の費用としてRp8,000/haを加えると、生産コストは合計Rp32,000/haになる。すると、生産額に対する生産コストは次のように計算することができる。

$$\begin{aligned} \text{水稻の生産コスト率} &= \frac{\text{Rp}32,000/\text{ha}}{2,850\text{kg}/\text{ha} \times \text{Rp}25/\text{kg}} \times 100(\%) \\ &= 45\% \end{aligned}$$

陸稻の生産コストは水稻のその約50%と仮定する。

すると、陸稻の生産コスト率は次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{陸稻の生産コスト率} &= \frac{\text{Rp}16,000/\text{ha}}{1,640\text{kg}/\text{ha} \times \text{Rp}25/\text{kg}} \times 100(\%) \\ &= 39\% \end{aligned}$$

4. その他の穀物

(1) 生産量

稻以外の穀物の生産量は陸稻と等しいものとし、1,640kg/haと仮定する。

(2) 単価

単価も陸稻のRp25/kgに等しいものと仮定する。

(3) 生産コスト

生産コストも陸稻のそれに等しいものと仮定する。

次の表D-1および表D-2に示される値は費用便益の分析に用いる。

表 D - 1 生産物の ha 当りの生産額と費用

	単位生産量 (kg/ha)	単 価 (Rp/kg)	A 単位生産額 (Rp/ha)	B 単位生産費 (Rp/ha)	B/A 生産費率 (%)	A-B 純 便 益 (Rp/ha)
パームオイル	1,800	58	119,200	46,700	39	72,500
パームカーネル	400	37				
ゴム	1,000	114	114,000	47,600	42	66,400
タバコ	550	1,770	162,000	64,800	40	97,200
水稲	2,850	25	71,250	32,000	45	39,250
陸稲	1,640	25	41,000	16,000	39	25,000
その他穀物			41,000	16,000	39	25,000

表 D-2 ウラール川下流域における農作物の生産額および収益

国 営 農 園

種 別	可能氾濫区域 ^{△1}		浸 水 区 域 ^{△2}	
	生 産 額 (1,000Rp)	収 益 ^{△3} (1,000Rp)	生 産 額 (1,000Rp)	収 益 ^{△3} (1,000Rp)
パームオイル	540,572	328,788	119,680	119,625
ゴ ム	326,040	189,904	186,048	108,365
タ バ コ	153,900	92,340	9,396	5,638
小 計	1,020,512	611,032	392,124	233,628
農 地				
水 稻	1,011,750	557,350	349,125	192,325
陸稲, 畑作物	65,600	40,000	12,300	7,500
小 計	1,077,350	597,350	361,425	199,825
合 計	2,339,574	1,354,574	753,549	433,453

△1 表1-5-1の植付面積

△2 表1-5-3の1969年の浸水面積

△3 生産額から生産コストを引いたもの

第 4 編

附 記

附記1 水理計算公式

1. 不等流（背水）計算公式

不等流計算公式は、流水の連続性から次のとおりである。

$$Z_1 = Z_{i-1} + \frac{DQ^2}{2g} \left(\frac{1}{A_{i-1}^2} - \frac{1}{A_i^2} \right) + \frac{Q^2 X}{2} \left(\frac{N_{i-1}^2}{R_{i-1}^{\frac{4}{3}} A_{i-1}^2} + \frac{N_i^2}{R_i^{\frac{4}{3}} A_i^2} \right)$$

井田によると補正係数は次のとおりである。（Fig. A-1を参照）。

$$D = \alpha \frac{A^2 \int_0^B \frac{H^3}{n^3} d\xi}{\left(\int_0^B \frac{H^{\frac{5}{3}}}{n} d\xi \right)^3}$$

$$N = \frac{\int_0^B H^{\frac{5}{3}} d\xi}{\int_0^B \frac{H^{\frac{5}{3}}}{n} d\xi}$$

$$R = \left(\frac{1}{A} \int_0^B H^{\frac{5}{3}} d\xi \right)^{\frac{3}{2}}$$

ここに、

Z : 水位 (m)

g : 重力の加速度 (m/sec^2)

Q : 流量 (m^3/sec)

A : 流積 (m^2)

X : 隣接する断面間の距離 (m)

D : 断面形の補正係数

N : 等価粗度係数

R : 等価径深 (m)

α : 鉛直方向の流速分布の補正係数

n : 各二次元要素に対する manning の粗度係数

なお、サフィクスは下流から上流への断面番号である。

2. 掃流砂公式 (佐藤, 吉川, 芦田公式)

$$Q_B = B \cdot \frac{\phi \cdot F \cdot (\tau_0 / \rho)^{\frac{3}{2}}}{\{ (\sigma / \rho) - 1 \} g}$$

ここに,

$$n \geq 0.025 \text{ に対して } \phi = 0.623$$

$$n \leq 0.025 \text{ に対して } \phi = 0.623 (40n)^{-0.85}$$

Q_B : 掃流砂量 (gr / sec)

B : 川巾 (cm)

σ : 河床材料の比重 (c · g · s)

ρ : 水の比重 (c · g · s)

g : 重力の加速度 (cm / sec²)

τ_0 : 掃流力 = $\rho g R I_e$ (gr / cm²)

R : 径深 (cm)

I_e : エネルギー勾配

n : manning の粗度係数 (m , sec)

F : τ_0 / τ_c の関数 (Fig. A-2 参照)

τ_c : 限界掃流力 (gr / cm²)

3. 収縮部における常流公式 (Kindsvader-Carter-Tracy の公式)

$$Q = C A_3 \sqrt{2g(\Delta h - h_f + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g})} \quad (\text{Fig. A-3 参照})$$

ここに,

Q : 流量 (m^3/sec)

C : 全流量係数 = $C' K_f K_r K_w K_\phi K_y K_x K_e K_t K_j$

A_3 : 断面 3 の流積 (m^2)

g : 重力の加速度 (m/sec^2)

Δh : $h_1 - h_3$ (m)

h_f : 摩擦損失水頭 (m)

α_1 : 断面 1 のエネルギー係数

α : エネルギー係数 = $\int v^2 dA / v^2 A = 1.03 - 1.36$

v : 断面 A における流速

V : 平均流速

v_1 : 断面 1 の流速

C' : 流速係数 ($m, L/b$ の関数, 基準値による)

L : 流れの方向の橋台の長さ

m : 縮小比 = $1 - K_b/K_B = 1 - b/B$ 幅 B の長方形接近水路断面と幅 b の長方形接近水路断面の比

K_B : 等流流量の場合に於ける縮小しない接近水頭の断面 1 の通水能

K_b : 接近水頭の断面と同じ等流水深及び粗度係数をもつ縮小断面 3 の通水能

K : 通水能 = Q/\sqrt{S} = manning 公式を使用した場合 $AR^{2/3}/n$

S : 勾配

R : 径深 (m)

n : 粗度係数

K_f : フルード数の関数 ($Q/A_3 \sqrt{g\alpha_3}$)

d_3 : 断面 3 の水深 (m)

K_r : 流入口のまるみによる流量係数

K_w : 翼壁の長さによる流量係数

K_ϕ : 傾斜角による流量係数

- K_y : 橋台の側方水深による流量係数
 K_x : 橋台の法面勾配による流量係数
 K_e : 偏心比による流量係数
 K_t : 橋梁の浸水比による流量係数
 K_j : 橋杭と橋脚の面積による流量係数

Fig. A-1 Non-uniform Flow.

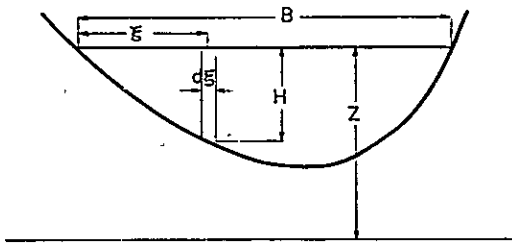


Fig. A-2 Function F.

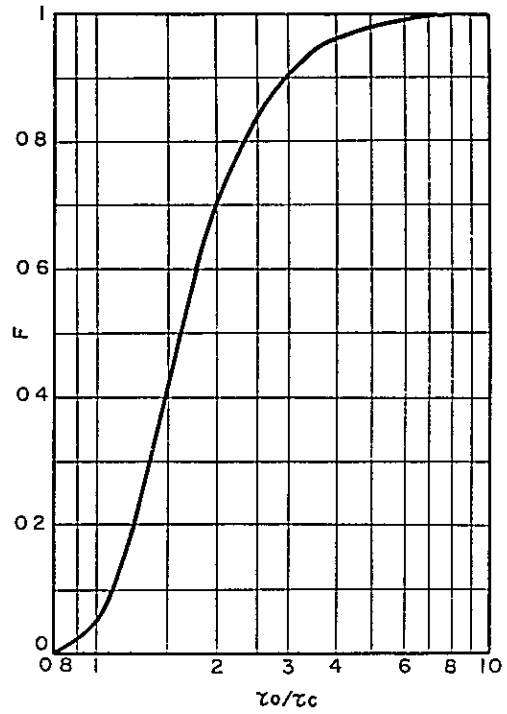
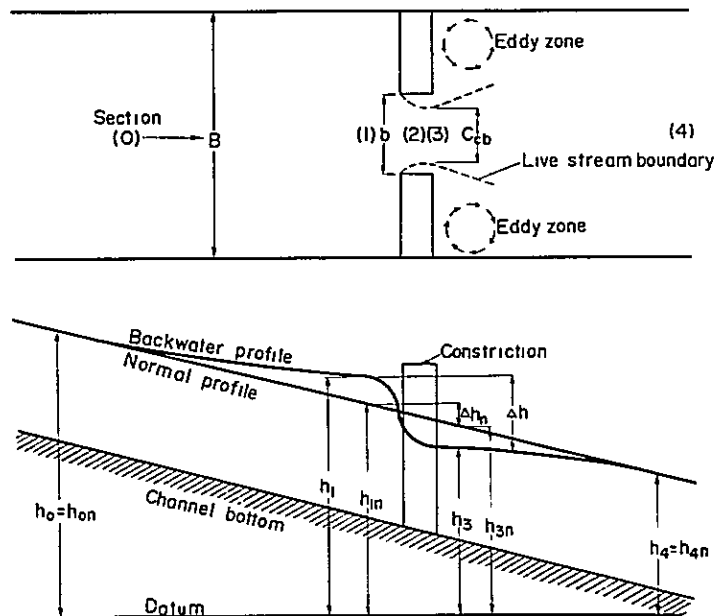


Fig. A-3 Constriction.



APPENDIX 2

BIBLIOGRAPHY

1. Directorate General of Water Resources Development:
Project Presentation for Dredging Works in Indonesia.
2. Dinas Pekerdjaan Umum Propinsi Sumatera Utara, Bahagian Perairan:
Situasi dan Rentjana Pengendalian Bandjir di Daerah Sumatera Utara.
3. Dinas Pekerdjaan Umum Propinsi Sumatera Utara, Projek Khusus
Pengerukan: Situasi Umum Sungai² di Propinsi Sumatera Utara, dan
Bahan² untuk Preparatory Study dan Reconnaissance Survey untuk
Pengamanan Bandjir Daerah Aliran Sei Pertjut s/d Sei Ular.
4. P.N. Waskita Karya: Flood Control, Sei Wampu and Bt. Serangan,
North Sumatra, 1969.
5. River Survey Mission, Engineering Consulting Firms Association,
Japan: Report on Findings of the ECFA Mission on the Improvement
of the Rivers in North Sumatra, July, 1970.
6. Tadashi Tanimoto: Hourly Rainfall Analysis in Java.
Institute of Hydraulic Engineering, Directorate General of Water
Resources Development, Ministry of Public Works and Power, 1970.
7. United Nations: Assessment of the Magnitude and Frequency of Flood
Flows. Water Resources Series, No. 30, 1966, Part III, Note by the
ECAFE Secretariat.
8. P.N. Waskita Karya: Survey Sungai Ular.
9. International Bank for Reconstruction and Development, International
Development Association: North Sumatra Estates Project, Indonesia,
(PA-19), June 2, 1969.
10. International Bank for Reconstruction and Development, International
Development Association: Second North Sumatra Estates Project,
Indonesia, (PA-53), May 12, 1970.
11. DPWP: Sempor Project, March, 1969.
12. Overseas Economic Cooperation Fund: Report of Survey Team for Pro-
jects in Indonesia, March, 1970.
13. Overseas Economic Cooperation Fund: Report of Survey Team for Pro-
jects in Indonesia, June, 1970.
14. P.N. Waskita Karya: Laporan Survey Bandjir PNP VI Perkebunan Tanah
Itam Ulu.

