

インドネシア共和国
公共事業電力省

ウラル河総合河川改修計画

(洪水調節, 下流部平地の開発及び灌漑計画を含む)

調査報告書



1978年1月

国際協力事業団

国際協力事業団

13950

序

文

日本国政府は、インドネシア共和国の要請に基づき同国ウラル河総合河川改修計画（洪水調節，下流部平地の開発，灌漑計画を含む）調査を国際協力事業団を通じて実施することを決定した。

当事業団は1976年3月に事前調査団を派遣し，また1976年10月に佐藤清一工學博士を団長とする各分野の専門家からなる調査団を編成し現地調査を実施した。

ここに提出する本報告書は，インドネシアにおける会議での質疑事項をも充分織り込み，検討の上作成されたものである。

本報告書が当該計画の発展に寄与するなら幸甚である。

最後に，調査の任に当られた団員各位の労をねぎらうとともに，協力と支援を惜しまなかったインドネシア共和国関係者に対し心から感謝の意を表するものである。

1978年1月

国際協力事業団

総裁 法 眼 晋 作

伝 達 状

東京，1977年1月

国際協力事業団

総裁 法 眼 晋 作 殿

私儀，ここに「インドネシア共和国，ウラル河総合河川改修計画（洪水調節，下流部平地の開発，及び灌漑計画を含む）調査報告」最終報告書を貴下に提出する光栄を有します。本報告書は1976年10月16日及び1977年8月5日に，国際協力事業団及び日本建設コンサルタント(株)と日本工営(株)とからなる共同企業体によって調印された契約書に基づいて作成されたものであります。

調査団はインドネシア国内において，資料収集及び，必要な測量等を含む調査を，インドネシア国政府公共事業電力省が組織するところのインドネシア側技術者チーム（カウンターパートチーム）と共同して，1976年10月26日から同年12月24日迄約2ヶ月間に亘って実施致しました。さらに日本国内において，収集した資料の解析，計画の策定，及びそれらの経済評価等の調査を継続したものであります。

本報告書取りまとめに先立って，ジャカルタ及びメダン両市において，調査団及びインドネシア側技術者チーム（カウンターパートチーム）とインドネシア国政府関係各位は最終会議を行いました。本報告書は上記会議の決議事項を考慮して且つ国際協力事業団管理委員会の最終承認を得て成ったものであります。

調査団はインドネシア側技術者チーム（カウンターパートチーム），水資源総局各位，北スマトラ州公共事業局各位その他インドネシア国政府関係各位の心からなる協力と調査団への支援に対し深甚なる感謝の意を表明致します。

また，調査団は在ジャカルタ日本大使館，在メダン日本領事館，及び国際協力事業団より本調査中における調査団に対し格別の御鞭撻を頂きましたことを御報告致します。

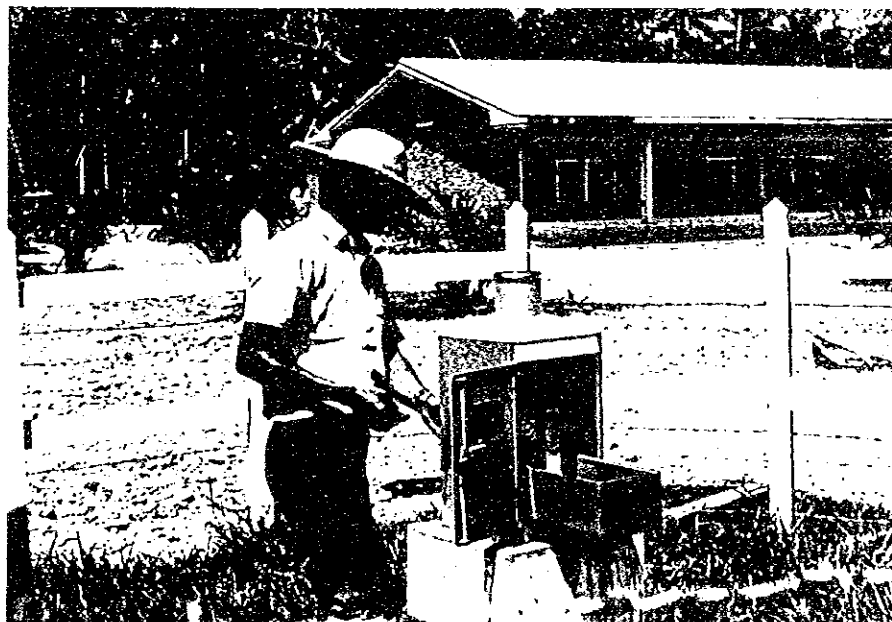
敬 具

ウラル河総合河川改修計画調査団

団 長 佐 藤 清 一



Sunset on an inundation caused by breaches of a dike about 3.5 km upstream from Ular Bridge during the 1973-flood.



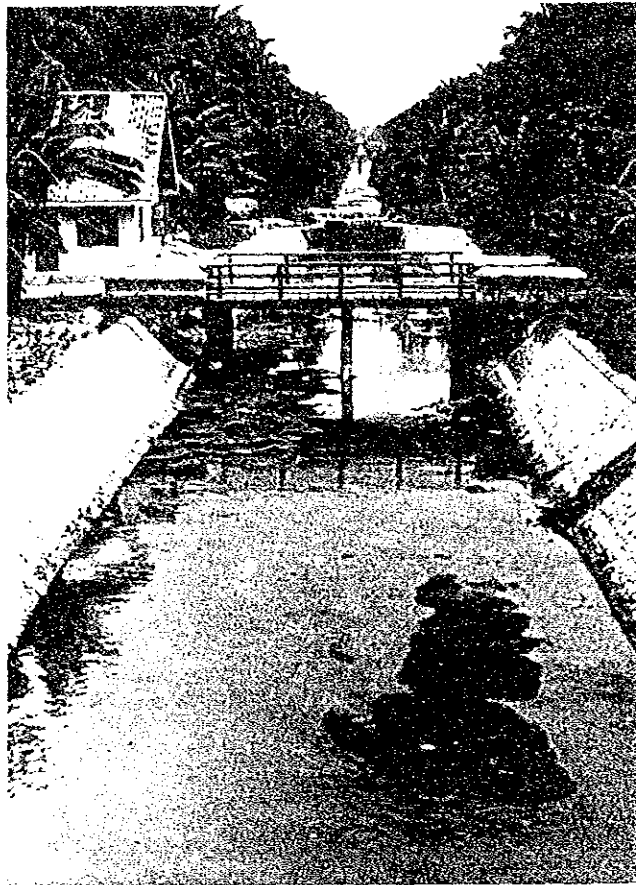
The office of Ular River Urgent Flood Control Project and a rain gage set in its premise.



The lower Ular river viewed upstream from a ferry boat at about 10 km downstream from Ular Bridge in the 1976-rainy-season.



Paddy field in the project area

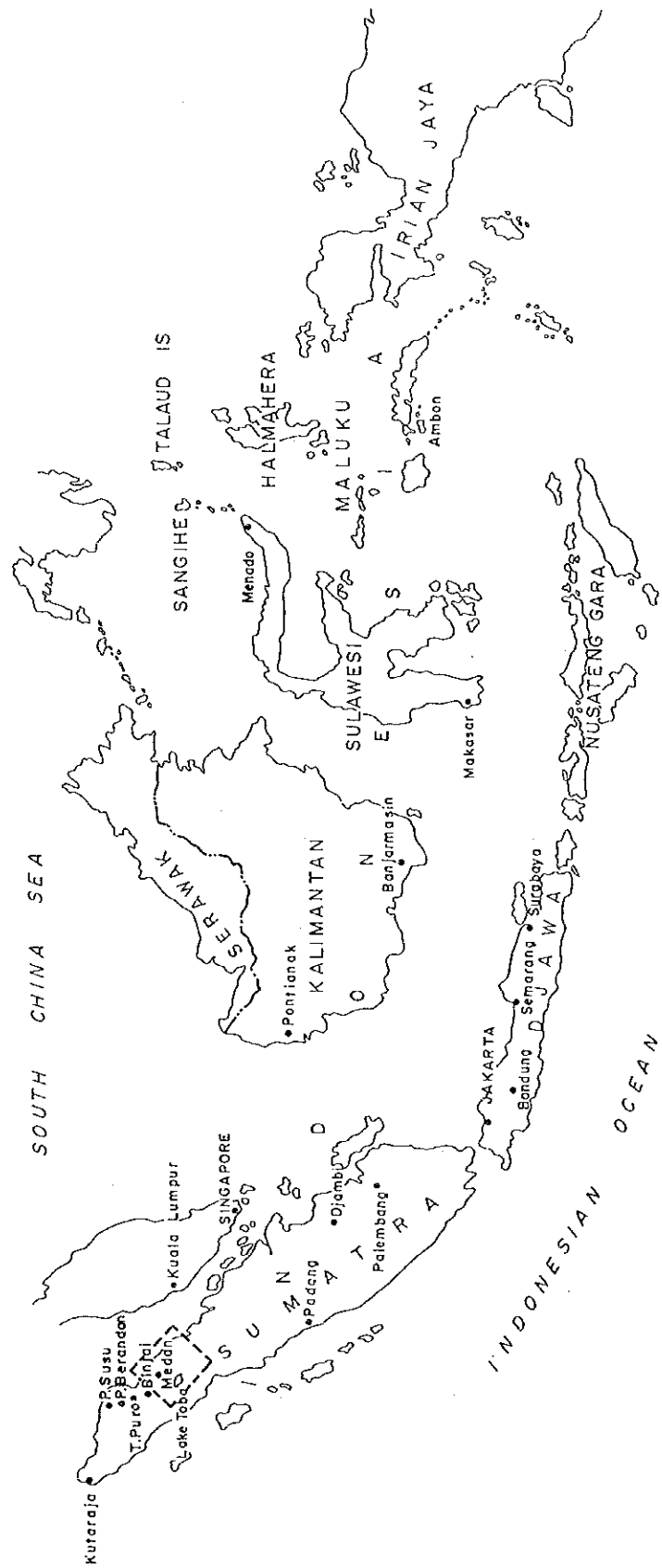


Sedimentation in Perbaungan irrigation canal



Sumber Rejo irrigation canal

Location Map



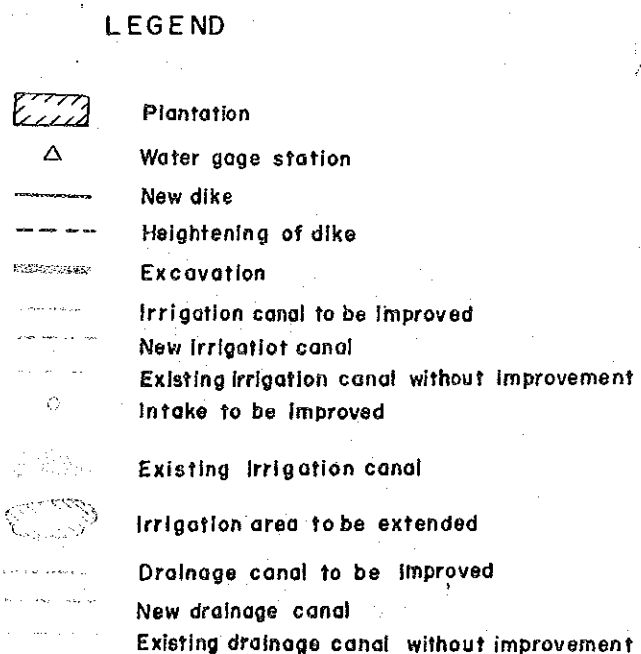


OVERALL ULAR RIVER IMPROVEMENT PROJECT
PROJECT AREA

LEGEND

- Plantation
- Water gage station
- New dike
- Heightening of dike
- Excavation
- Irrigation canal to be improved
- New irrigation canal
- Existing irrigation canal without improvement
- Intake to be improved
- Existing irrigation canal
- Irrigation area to be extended
- Drainage canal to be improved
- New drainage canal
- Existing drainage canal without improvement

Scale: 0 1 2 3 4 5 km



要 約 及 び 結 論

要 約

Ular 川は、その水源を Toba 湖の外輪山とそれに隣接する高さ約 1,200 m の台地に発し、Ular 川下流の約 400 km² の農業地帯のほぼ中央を横切り、北 Sumatra 州の州都 Medan の南東約 30 km の地点で Mallaca 海峡に注ぐ。

Buaya 川と Karai 川は、ほぼ同程度の集水面積を持ち、河口より 40 km 上流の地点で合流する。流域は、合流点で約 1,000 km² の面積を持ち、その全流域は Simalungun, Deli Serdang の両県にまたがっている。

河川延長は 115 km であり、前述の 2 つの河の合流点より下流側の勾配は 1/700 から 1/1,000 の間である。

Ular 川下流の経済活動の大部分は、Lubuk Pakam と Perbaungan における小規模な商業地域を除いて、住民による農園と稲作農地である。流域は、約 8,700 ha のパームオイル農園、3,500 ha のゴム園、1,200 ha のココナツ園、18,500 ha の稲作地帯を有し、さらに国営鉄道、国道が東西にはしり Medan と他の重要な地域を結んでいる。

このような生産地帯では水のコントロールが最も重要な課題の一つである。すなわち、Ular 川からこの生産地帯に注ぎ込む洪水を予防せねばならず、同時に、その水を農産品増産に役立てるよう利用しなければならない。

すなわち、国道橋より 10 km 上流区間が毎年のように越流または破堤し、下流の生産地帯に甚大な被害を与えてきた。1971 年 3 月 OTCA によるフィジビリティ、レポートは、2 つの橋の流下可能な暫定計画高水量 600 m³/sec を提案した。このレポートにより日本の円借款供与を受け、ウラル川緊急洪水防御計画として、1972 年緊急的な洪水防御プロジェクトが Ular 橋及びその上流 10 km の区間において開始された。国道橋及び鉄道橋による狭窄部の除去も行なわれ、架替工事も現在独自に行なわれている。

この緊急洪水防御工事によって洪水による被害は著しく減少し、下流の農業地帯の生産は相当程度増加した。

上記工事は、緊急的なものであるとの観点から、治水のみならず、下流平地の灌漑・排水の改良及び開発をも含めたウラル河総合河川改修計画が要請され、この総合計画策定調査に発展した。

総合計画策定調査のためのプロジェクト地域としては、Serbajadi 橋を頂点とした Ular 川下流の沖積層平地部の扇状地帯が決定された。この地域は北西部を Serdang 川、北東部を Rampah 川、東西部を Mallaca 海峡によって境されている。

治水計画調査にあたり、緊急工事期間中の調査によれば、過去において暫定計画高水量をこえる洪水が発生したとの報告があるので、これを考慮に入れて、Serbajadi 橋にお

ける計画高水量を $600\text{ m}^3/\text{sec}$, $800\text{ m}^3/\text{sec}$, $1,000\text{ m}^3/\text{sec}$, $1,200\text{ m}^3/\text{sec}$ の4通りを考えた。4種の計画高水流量に関して、河道改修単独によるもの、ダム建設単独によるもの、両者の組み合わせによるものが治水対策として考えられた。ダム建設の場合、後に述べるとおり、灌漑のための水需要に対しては必要でなく、治水のみが考慮された。この調査から河道改修単独による建設費が治水工事として最小であることが判明した。Table 3-5-2 (1)からTable 3-5-2 (4)に示すような治水のための設計を含む建設工事は、1978/79年から1982/83年迄の5年間で施工されるよう計画された。治水の工事費（エコノミックコスト）は、1976年度価格で、 $600\text{ m}^3/\text{sec}$ のとき2,651百万ルピア、 $800\text{ m}^3/\text{sec}$ のとき3,170百万ルピア、 $1,000\text{ m}^3/\text{sec}$ のとき4,132百万ルピア、 $1,200\text{ m}^3/\text{sec}$ のとき5,251百万ルピアと算出された。

食糧事情に関してインドネシア政府は、高い人口増加率（2.1%）と、生活水準の向上に伴う消費性向の理由で、いまだ年間約百万トンの米を輸入しなければならない状況下にあるが、政府は食糧自給のため第2次5ヶ年計画を第1次に引続き1974年に着手した。この計画に従って、政府は改良灌漑農業の早期導入に指標を定め、鋭意努力している。

上記プロジェクト地域は、約40,000 haの面積であり、その内訳は、18,500 haの水田地域、13,400 haの農園地域、1,100 haの園芸地域、4,600 haの道路や集落、及び2,400 haの海岸地域などその他地域となっている。これらプロジェクト地域は殆んど開発されており、さらに開墾する余地は残されていない。灌漑計画地区としては18,500 haの全水田地区が選定され7,000 haの灌漑地区と11,500 haの天水田から構成される。

水稻の作付率は雨季に於てはほぼ100%であるが、乾季は25%に減少する現況にある。米の単位収量は場所や収穫年次によってかなり変るが、ほぼhaあたり収で平均3.1トンと推定され、灌漑計画地区全域の年生産量は70,000トンと推定される。

現在、用排水路については、取水口が13カ所、約50 Kmの幹線用水路、約90 Kmの2次水路、及び約57 Kmの排水路が存在している。

乾季の低作付率や低収量の主な原因として下記のことが考えられる。

- (1) 末端水路の施設が不足している為、乾季になると十分な水量が全圃場にとどかない。
- (2) 自然河川や排水路の排水能力が小さく、また海岸線に沿ってある砂丘の地形的特殊性及び潮流等で計画地区内の地表排水が阻害されている。このような不十分な排水状況が正常な作物生育を制限している。
- (3) 十分に訓練を受けた人員の不足及び各組織間での相互連絡協力が欠ける為、水管理の点に重点をおいた組織的な活動が十分でない。
- (4) 投下農業資材が量的にも時期的にも適切に行なわれていない。

Ular 川の水はかなり潤沢なので、新しくダムを建設することではなく、非調節型取

水口を利用して灌漑計画地区に灌漑水を供給することができる。しかしながら、灌漑水を円滑に供給する為取水口6カ所が幹線灌漑水路4.2Kmと同様改良され、2次水路7.4Kmの新設、及び2次水路4.3Kmの改良がなされる。また、分木工23カ所、落差工14カ所、水路橋3カ所、サイフォン11カ所、暗渠3カ所、余水ばけ5カ所、橋11カ所等が新設又は改良され、さらに、3次支線用水路20m/ha、末端用水路40m/ha、支線道路30m/ha、農道15m/ha等がそれぞれ新設される。加えて14Kmの排水路が新設され、3.9Kmの河川改修が行われる。

上記の灌漑排水施設工事が完成すれば毎年計画地区18,500haについて灌漑栽培が可能になり、米の二期作が導入される。目標収量は粳でhaあたり4.5トンと想定され、灌漑排水施設工事完了後7年目にその収量に到達するものと期待される。従って計画地区から生産される年間総生産は粳で150,000トンと想定される。

詳細設計を含む灌漑施設建設工事は1978年から開始され、1983年までの数年間に完了する。これらに必要な建設費(エコノミックコスト)は、1976年の価格で4,395百万ルピアと推定される。

前述の工事を元々工事により生み出される便益を考慮に入れて治水単独及び両者の組合せによる3つのケースについて、高水量が600m³/sec, 800m³/sec, 1,000m³/sec, 1,200/secの各々について便益費用分析が行われた。その結果を下表に示す。

Benefit-Cost Analyses

Kind of project	Dis-charge (m ³ /s)	IRR ¹ (%)	Benefit-cost ratio (B/C)			Net present value (B-C)		
			10%	12%	15%	10%	12%	15%
			x10 ⁶ Rp					
Flood control	600	12.7	1.25	1.05	0.84	474	88	-251
	800	20.0	1.99	1.67	1.34	2,216	1,396	638
	1,000	18.5	1.84	1.55	1.24	2,453	1,480	586
	1,200	15.4	1.52	1.28	1.02	1,941	960	76
Irrigation		21.8	2.72	2.20	1.67	5,806	3,724	1,841
Flood control & irrigation	600	20.6	2.43	1.97	1.51	7,493	4,715	2,199
	800	26.0	3.25	2.65	2.03	12,641	8,557	4,799
	1,000	26.2	3.29	2.68	2.06	14,371	9,751	5,497
	1,200	24.6	3.01	2.45	1.88	14,213	9,495	5,165

¹/1 : Internal rate of return.

結 論

Ular 川の影響を受ける沖積平地地域は、毎年数回堤防の決壊により莫大な被害を被ってきた。この地域は高い生産性を持つことから治水のための緊急工事が 1972 年計画され開始された。このプロジェクトは、期待した生産性と民生の安定のみならず期待通りの開発効果をもたらした。これにより、今迄に実施されたプロジェクトが緊急のものにすぎないこととあいまって、次の段階として総合河川改修計画調査が計画された。

この調査の第一の目的は、治水と灌漑及び排水の改良を含むウラル川総合河川改修計画の総合計画案を見出し提案することである。この目的から、この調査は、その開始時に於て砂防工事、多目的ダム建設、河道改修工事、及び灌漑排水改良工事等によって構成されると考えられた。

しかしながら、この調査が進行するにおよび、現段階では砂防工事は必要でなく、また河水が豊富であるため灌漑用水供給のためのダムは不必要であり、治水のためのダム計画は河道改修計画に費用の点で劣ることがわかった。このことから、この調査の 2 番目の目的である優先順位の調査には上記の個々の計画を考慮することは不必要となった。

従って河道改修事業単独、灌漑排水改良事業単独、及び両者を併せた組合せ事業の三案を比較することとなった。

3つのプロジェクトの経済評価は現在価値法、便益－費用率法、内部収益率法を用いて、便益に対する費用の比較を行なうことによって行なわれた。その結果は前述要約の末尾に示した表のとおりである。

この表によれば、割引率 12% の場合、どの事業についても便益が費用を上まわる。このことは、提案された全ての事業が経済的には実現可能性があることを意味する。流量 $800\text{ m}^3/\text{s}$ の場合の河道改修単独事業及び灌漑排水単独事業については内部収益率が 20% を上まわる。

しかしながら上記二つの個々の事業より両者の組合せ事業の方が有意性が高い。さらに、組合せ事業の場合の 4 種を比較すれば計画高水流量 $800\text{ m}^3/\text{s}$ あるいは $1,000\text{ m}^3/\text{s}$ の場合が他の場合に比べて内部収益率及び便益－費用率の点で最良であり、この二つの間には顕著な有意差はない。

治水のための計画高水流量については、インドネシアの河川では通常 30 年確率を適用しており、解析においても $800\text{ m}^3/\text{s}$ の時、確率年が 33 年と計算された。従って、このウラル川総合河川改修計画における総合計画案として、計画高水流量 $800\text{ m}^3/\text{s}$ とした河道改修及び灌漑排水改良の組合せ事業を提案する。

この総合計画案は、河口部から Pulau Gambar までの区間における計画高水流量 800 m^3

／s とした河道改修事業及び隣接河川 Serdang 川及び Rampah 川には含まれた Ular 川下流部 18,500 ha の地域における農業開発事業とからなる。

灌漑事業計画地域はウラル河総合河川改修計画の一部として決定され、その範囲には、他の隣接河川と地形的に接する地域は含まれない。しかしながら、将来もし地域計画が上記より広い範囲を含めるなら、Ular 川の現計画地域内への水利用は Serdang 川及び Rampah 川に、それら隣接河川をも含めて調査すべきであろう。

既述の通り、Ular 川の流量は非常に豊富である。Serbajadi における流量観測では、1972年に年流量 $1,600 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、1973年には同 $1,770 \times 10^6 \text{ m}^3$ であって、低水流量は1972年に $26.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 、1973年に $35.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 、1974年に $38.6 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。従って、この川の自然流量は別にダム建設を行なうことなく十分灌漑用に供することができよう。しかし、1972年7月下旬10日間においては、必要水量を分岐した後の自然流量はわずか $10.7 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。これは自然流量が必要用水量を満足するにとどまり、残りの $10.7 \text{ m}^3/\text{s}$ は河川保護のための最低水量として維持しておかれなければならないことを意味している。

治水事業及び灌漑開発によってダム建設が不必要であったことがわかった。しかしながら、洪水調節のためのダム計画についても発電もしくは、発電以外のためにも別のダムが必要とされているであろうとの仮定の下に、発電を主目的とする水資源開発可能性について洪水調節の調査が行なわれた。

その結果、発電については貯水量が少ないこと、十分な落差がとれないことから、可能性なしと判明した。従って、電力供給用のダム建設は適当ではない。飲料水、工場用水等 Ular 川の河川水の他の利用については、地域計画の計画策定に際して調査することは推奨できる。

侵蝕、砂防に関する現在の調査では、砂防施設を建設することは当分不必要であると結論づけられた。しかしながら水源地や土砂流出量に関しては、将来のある時期、水源地開発や予期せぬ降水のために土砂流出が増大した時を考慮して、土砂流出機構解明のための調査を開始することは必要と思われる。そして、それはさらに流出量調節、および農作物地域の表土侵蝕防止の観点からも重要である。幸いなことに、1971年以来、植林計画及び緑化計画が関係各省庁によって継続的に行なわれてきている。現在 2,450 ha の植林、1,896 ha の緑化計画が進んでいる。しかしながら、水源地の現状を管理すること、またはその将来における改良計画については、水源地に適した植勢調査など必要な調査を含めて上記の植林計画、緑化計画をさらに推し進める必要があろう。

治水事業及び灌漑・排水改良事業の個々の事業種別を区別する必要があるか否か、もし必要あるとすればいずれが最も有利なものであるか、次の段階でのフィジビリティ・スタディにおいては、この点に関する調査がさらに要請される。

目 次

序 文	
伝 達 状	
写 真	
LOCATION MAP	
MAP OF ULAR RIVER BASIN	
MAP OF PROJECT AREA	
要約および結論	S - 1
目 次	i
LIST OF FIGURES	V
LIST OF TABLES	vii
DEFINITIONS	X
第 1 章 概 要	1
1. 1 調査の背景	1
1. 2 調査の目的	1
1. 3 調査の実施状況	2
1. 4 調査団とインドネシア側カウンターパートチーム	3
第 2 章 地 域 経 済	7
第 3 章 洪 水 制 御	13
3. 1 概 要	13
3. 2 地域の地形	14
3. 3 地 質	14
3. 3. 1 一般地質	14
3. 3. 2 支流の地質	17
3. 3. 3 肉眼観察による岩石	18
3. 3. 4 計画ダムサイト	18
3. 3. 5 骨材採取	18
3. 4 水 文	23

3. 4. 1	降 雨	23
3. 4. 2	河川流量	28
3. 4. 3	流 砂	37
3. 4. 4	潮 位	43
3. 4. 5	流量確率	43
3. 4. 6	ダム計画のためのハイドログラフ	49
3. 5	河 川 改 修	54
3. 5. 1	河川の現状	54
3. 5. 2	現状河道の疎通能力及び遊水池効果の検討	56
3. 5. 3	河川改修計画	59
3. 5. 4	工 事 費	73
3. 6	砂 防	84
3. 6. 1	地形と農作物	84
3. 6. 2	土砂生産の現況	84
3. 6. 3	流送土砂量	86
3. 6. 4	砂防施設と植林	86
3. 7	ダ ム	90
3. 7. 1	ダムサイトの選定	90
3. 7. 2	ダムサイトの地質	91
3. 7. 3	材料採取場の踏査	92
3. 7. 4	ハイドログラフに基づくダム付替工事計画	93
3. 7. 5	計画概要	97
3. 7. 6	建設工事費の想定	98
3. 7. 7	ダムによる水質源利用の潜在力	110
3. 8	高水流量配分	130
3. 9	洪水被害	132
3. 9. 1	概 要	132
3. 9. 2	過去の洪水被害	132
3. 9. 3	流量別洪水被害	145
第 4 章	農 業	147
4. 1	農 業 背 景	147
4. 2	計画地域の現況	148

4.2.1	位 置	148
4.2.2	人口及び宗教	148
4.2.3	地形及び土壌	149
4.2.4	気象及び水文	149
4.2.5	土地利用	159
4.2.6	灌漑排水組織	159
4.2.7	作付様式と耕作法	167
4.2.8	作物収量と農業生産	170
4.2.9	土地所有	170
4.2.10	農業振興諸制度	171
4.3	灌漑排水計画	174
4.3.1	概 要	174
4.3.2	農業開発計画	175
4.3.3	灌漑排水計画	181
4.3.4	灌漑排水工事計画	191
4.4	灌漑排水の建設費	195
4.4.1	工事計画	195
4.4.2	工事費	197
4.4.3	維持管理費	198
4.5	灌漑便益及び農家経済	199
4.5.1	灌漑便益	199
4.5.2	農家経済	199
第5章	経済評価	201
5.1	概 要	201
5.2	経済的費用	202
5.3	経済的便益	202
5.3.1	灌漑事業を除く治水事業の便益	202
5.3.2	灌漑事業の便益	203
5.3.3	治水・灌漑の組合せ事業の便益	206
5.4	費用便益分析	206
第6章	総合計画	217

CONTENTS OF APPENDICES	A-1
APPENDIX A List of bibliography and data	A-3
APPENDIX B Discharge duration at Pulo-Tagor Station (1972, 1973, 1974)	A-14
APPENDIX C Terms of reference for Overall Ular River Improvement Project	A-21
APPENDIX D Summary of discussion on preliminary survey for Overall Ular River Improvement Project	A-28
APPENDIX E Scope of work on Overall Ular River Improvement Project	A-42
APPENDIX F Inception report on overall plan study for Overall Ular River Improvement Project	A-50
APPENDIX G Summary of discussion on Interim Report of Overall Plan Study	A-87
APPENDIX H Summary of discussion on Draft Final Study Report of Overall Ular River Improvement Project	A-105

LIST OF FIGURES

Fig.1-1	Organization for study
Fig.2-1	Land use map (plantation)
Fig.3-2-1	Ular River Basin
Fig.3-2-2	Profile of the Ular River
Fig.3-3-1	Geological map of the upstream area of the Ular River
Fig.3-3-2	Geological profile at proposed dam sites
Fig.3-4-1	Location of rainfall-gage stations in the downstream area of the Ular River
Fig.3-4-2	Mean annual rainfall in the northern part of Sumatra
Fig.3-4-3	Monthly rainfall in the basin
Fig.3-4-4	Rainy days by months
Fig.3-4-5	Correlation of discharge between Serbajadi Bridge and Ular Bridge
Fig.3-4-6	Discharge duration at Pulo Tagor
Fig.3-4-7	Monthly mean discharge
Fig.3-4-8	Discharge rating curve at Bandar Tiga
Fig.3-4-9	Variation of mean water level in a year at Bandar Tiga
Fig.3-4-10	Frequency of occurrence of peak discharge during a day
Fig.3-4-11	Relationship between sediment discharge and water discharge
Fig.3-4-12	Comparison of tide levels at Belawan harbor and river mouth of Ular River
Fig.3-4-13	Discharge rating curve at Serbajadi Bridge
Fig.3-4-14	Return period of discharge at Serbajadi Bridge
Fig.3-4-15	Relation of average rainfalls
Fig.3-4-16	Discharge hydrographs for dam planning
Fig.3-5-1	Ular River improvement project (case of 800 m ³ /s)
Fig.3-5-2(1)	Cross section at Serbajadi Bridge
Fig.3-5-2(2)	Cross section at Ular railway bridge
Fig.3-5-3	Longitudinal profile of the Ular River
Fig.3-5-4	Effect of retarding area
Fig.3-5-5(1)	Longitudinal profile of the Ular River (cases of 600 and 800 m ³ /s)
Fig.3-5-5(2)	Longitudinal profile of the Ular River (cases of 1,000 and 1,200 m ³ /s)

Fig.3-5-6(1)	Planned cross sections
Fig.3-5-6(2)	Planned cross sections
Fig.3-5-7	Plan of new bridges sites
Fig.3-5-8	Profile of flow through constriction
Fig.3-5-9	Standard cross section of dike
Fig.3-5-10	Construction schedule of river improvement work
Fig.3-6-1	Reforestation and greening projects in the upper region of the Ular River
Fig.3-7-1	Location Map of Buaya Dam, Karai Dam and Ular Main Dam
Fig.3-7-2	Buaya Dam; general plan
Fig.3-7-3	Karai Dam; general plan
Fig.3-7-4	Discharge curve of outlet pipe and spillway
Fig.3-7-5	Capacity curve by Buaya reservoir
Fig.3-7-6	Flood control by Buaya Dam
Fig.3-7-7	Flood control by Buaya Dam
Fig.3-7-8	Flood control by Buaya Dam
Fig.3-7-9	Buaya Dam; plan, profile and section
Fig.3-7-10	Buaya Dam and power station
Fig.3-7-11	Mass curve of Buaya reservoir
Fig.3-9-1	Relation between plant height and period of growth of paddy
Fig.4-1	Location of climatological stations and rainfall stations
Fig.4-2	Small discharge-water level curve of the Ular River ($Q \leq 50 \text{ m}^3/\text{s}$)
Fig.4-3	Land use map in the project area
Fig.4-4	Existing irrigation system
Fig.4-5	Existing drainage system
Fig.4-6	Proposed cropping pattern
Fig.4-7	Relation of discharge and diversion requirements with and without effective rainfall
Fig.4-8	Drainage water requirement
Fig.4-9	Diagram of irrigation water distribution system (with project)
Fig.4-10	Plan of irrigation system
Fig.4-11	Plan of drainage system
Fig.4-12	Construction schedule

LIST OF TABLES

Table 2-1	Area, population and population density
Table 2-2	Export of major agricultural products in Indonesia
Table 2-3	Production of food crops in North Sumatra
Table 2-4	Production and consumption of rice in North Sumatra
Table 2-5	Price index in Medan
Table 3-4-1	Major floods at Bandar Tiga
Table 3-4-2(1)	Sediment discharge
Table 3-4-2(2)	Sediment discharge
Table 3-5-1	Hydraulic elements of standard cross-section of river
Table 3-5-2(1)	Construction cost of river improvement work (case of 600 m ³ /s)
Table 3-5-2(2)	Construction cost of river improvement work (case of 800 m ³ /s)
Table 3-5-2(3)	Construction cost of river improvement work (case of 1,000 m ³ /s)
Table 3-5-2(4)	Construction cost of river improvement work (case of 1,200 m ³ /s)
Table 3-5-3	Yearly construction cost (1976 price)
Table 3-5-4	Annual costs invested in the Urgent Flood Control Project
Table 3-7-1	Annual electric power production
Table 3-8-1	Construction costs of river-channel improvement
Table 3-8-2	Combined construction costs of dam and river improvement
Table 3-8-3	Discharge allocation and construction costs for flood control by basic flood discharges
Table 3-9-1	Inundated area
Table 3-9-2	Flood damages to public facilities
Table 3-9-3	Appraisements of houses and household effects of stored goods
Table 3-9-4	Appraisal of household effects classified by height above floor level
Table 3-9-5	Rate of decrease in yield due to submergence
Table 3-9-6	Estimates of damages caused by floods in the past
Table 3-9-7	Flood damages by discharges

Table 4-1	Soil profile
Table 4-2	Results of soil analysis
Table 4-2	Results of soil analysis (continued)
Table 4-3	Climatological data
Table 4-4	Mean ten day's discharge at Serbajadi Bridge of the Ular River by DPMA
Table 4-5	Land use in the project area
Table 4-6	Existing intake facilities of the Ular River (1)
Table 4-7	Existing intake facilities of the Ular River (2)
Table 4-8	List of existing irrigation facilities
Table 4-9	Existing drainage system
Table 4-10	Present crop yield and productions
Table 4-11	Number of farmers by type in the project area
Table 4-12	Land condition on an average farm
Table 4-13	BIMAS package loan in Deli Serdang
Table 4-14	Input requirement for paddy per ha for rainfed area including non-technical area (without project)
Table 4-15	Input requirement for paddy per ha for irrigated land (double cropping area of paddy for 4,500 ha without project)
Table 4-16	Input requirement for paddy per ha (with project)
Table 4-17	Future unit yield and production of crops
Table 4-18	Population in North Sumatra Province
Table 4-19	Harvested area and total production of rice in North Sumatra Province
Table 4-20	Forecast of rice shortage in North Sumatra Province
Table 4-21	Rice price for economic evaluation of the project
Table 4-22	Unit and total diversion water requirements
Table 4-23	Planning intake facilities for irrigation
Table 4-24	Proposed irrigation facilities
Table 4-25	Proposed drainage works
Table 4-26	Sequence of development by area
Table 4-27	Construction cost
Table 4-28	Annual disbursement program
Table 4-29	Operation, maintenance and replacement cost

Table 4-30	Annual irrigation benefit in the full stage
Table 4-31	An average farm budget with project
Table 5-1	Economic construction costs
Table 5-2	Average annual benefits of the case with flood control and without irrigation improvement
Table 5-3	Amount to be deducted from benefits of the irrigation project in the case without the flood control project
Table 5-4	Annual benefits of the irrigation project
Table 5-5	Annual benefits to be added to benefits of the project of flood control alone in case of the combined project
Table 5-6-1	Economic costs and benefits (river-channel improvement project; 600 m ³ /s)
Table 5-6-2	Economic costs and benefits (river-channel improvement project; 800 m ³ /s)
Table 5-6-3	Economic costs and benefits (river-channel improvement project; 1,000 m ³ /s)
Table 5-6-4	Economic costs and benefits (river-channel improvement project; 1,200 m ³ /s)
Table 5-6-5	Economic costs and benefits (irrigation project)
Table 5-6-6	Economic costs and benefits (river-channel improvement and irrigation project; 600 m ³ /s)
Table 5-6-7	Economic costs and benefits (river-channel improvement and irrigation project; 800 m ³ /s)
Table 5-6-8	Economic costs and benefits (river-channel improvement and irrigation project; 1,000 m ³ /s)
Table 5-6-9	Economic costs and benefits (river-channel improvement and irrigation project; 1,200 m ³ /s)
Table 5-7	Results of benefit-cost analysis

DEFINITIONS

Abbreviations

Feasibility Report	: Flood Control Projects in North Sumatra; Feasibility Study on the Ular River, Reconnaissance on the Tanah Itam Ulu Estate, the Bolon River (Siparepare, Tanjung, Gambus), and the Silau/Asahan River, prepared for Oversease Technical Cooperation Agency, Government of Japan by NIKKEN Consultants, Inc. in March 1971.
Project, Overall Project	: Overall Ular River Improvement Project
Preliminary Survey Team	: Survey Team dispatched by the JICA to Indonesia in March 1976 for making a preliminary survey for formulating a overall plan for the Overall Ular River Improvement Project.
Preliminary Survey Report	: Report prepared by the Preliminary Survey Team on the Overall Ular River Improvement Project, written in Japanese and printed in June 1976.
Scope of Work	: Scope of Work on Overall Ular River Improvement Project in the Republic of Indonesia.
Study Team	: Japanese Overall Plan Study Team for the Overall Ular River Improvement Project.
Inception Report	: Inception Report of Overall Plan (at first called Master Plan) Study for Overall Ular River Improvement Project.
Note of Understanding	: Note of Understanding on the Overall Plan (at first called Master Plan) Study for the Overall Ular River Improvement Project.
JICA Surveying Team or Surveying Team	: Aerial Photographic Surveying Team despatched by the JICA for making aerial Photographic surveying of the Ular River basin and cross-and profile leveling of the river.
Urgent Flood Control Project, Urgent Project or UFCP	: Ular River Urgent Flood Control Project commenced in 1971.

Kab.	: Kabupaten (district).
Kec.	: Kecamatan (subdistrict).
Gn.	: Gunung (mountain)..
Sg.	: Sungai (river).

Datum of elevation

UP	: Ular peil; this is the refence datum of leveling for the Ular River Project. No particular gage is installed for the UP, but the Bench Mark No.T-2339 installed in Lubuk Pakam was fixed on the occasion of the overall plan study to be 13.900 m. UP in the reading.
LBM-Bandar-Tiga	: Local bench mark to be used for reading the staff gage at Bandar Tiga. 0 m, LBM-Bandar-Tiga = 21.309 m, UP.
LBM-Serbajadi	: Local bench mark to be used for reading the staff gage at Serbajadi Bridge. 0 m, LBM-Serbajadi = 39.600 m, UP.
SG-Serbajadi	: Staff gage at Serbajadi Bridge. 0 m, SG-Serbajadi = 4.843 m, LBM-Serbajadi 44.443 m, UP.
LWS	: Low water springs at Belawan Harbor and the datum level of tide at the harbor. 0 m, LWS = -2.656 m, UP.
CBM's	: The stakes that were installed by the Aerial Photographic Surveying Team, JICA for carrying out the levelings for this overall plan study. Each stake has its own level-reading in UP.

Initials and acronyms

BIMAS	: Bimbingan Masyarkat (Community Guidance Project).
BRI	: Bank Rakyat Indonesia (Indonesian People's Bank).
CRIA	: Central Research Institute of Agriculture.
DGWRD	: Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works and Electric Power.
DPMA	: Direktorat Penyelidikan Masalah Air (Directorate of Water-problem Research, in Bandung).

DPUTL	: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik (Ministry of Public Works and Electric Power).
IBRD	: International Bank for Reconstruction and Development.
IDA	: International Development Association.
JICA	: Japan International Cooperation Agency (former name: OTCA).
KUD	: Koperasi Unit Desa (Village Unit Agricultural Cooperative).
OTCA	: Overseas Technical Cooperation Agency of Japan (present name: JICA).
PELITA	: Pembangunan Lima Tahun (Five-Year Development Plan).
PNP	: Perusahaan Negara Perkebunan (Government-owned Estate Enterprise).
PROSIDA	: Proyek Irigasi IDA (IDA Irrigation Project).
PTP	: Perusahaan Terbatas Perkebunan (Private Estate Enterprise).
DPU or PU	: Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Sumatera Utara (Department of Public Works, North Sumatra Province).
RISPA	: Research Institute of the Sumatran Planters Association (former name: AVROS).
WUD	: Wilayah Unit Desa.

Weights and measures

ton	= metric ton.
kg	= kilogram.
km	= kilometer.
m	= meter.
mm	= millimeter.

Currency equivalent

US\$ 1	= Rp 415.
US\$ 1	= ¥ 300.

第1章 概 要

1.1 調査の背景

Ular 川は、Toba 湖の外輪山である Bukit Barisan 山に源を発し、ほぼ北に向かって流れて北 Sumatra 州都 Medan の南東約 30 km の地点で、Malacca 海峡に注ぐ川である。Ular 川は 1,000 平方 km の集水面積を有し、延長約 115 km の河川である。そして Ular 川の流域は Deli Serdang 県と Simalungun 県の 2 県に跨っている。

兩岸下流域の平地は良く開発され、パームオイル、ゴム、ココナッツその他の農園と、米作田となっており、インドネシアにおける有数の農業生産地帯の一つである。さらに、国営鉄道と国道がこの流域を通過している。

この地域の気候は熱帯に属し、年平均降雨量は下流域で 1,500 mm 乃至 2,500 mm で、山地では 2,500 mm 乃至 3,000 mm を示している。河川の水位は通常雨期の九月から一月までは、継続して高く、しばしばその上にスコール性の強い雨が上乗せされて高い水位を構成する。Ular 川では殆んど雨期に破堤が繰返されて農地、鉄道、国道及びその他の公共施設に大きな被害を与えてきた。

上記の災害を緊急に防止する観点から、国道橋から 11 km の区間がもっとも破堤がひどいことを考慮してこの地域に洪水防御事業が計画立案された。この事業はウラル河緊急洪水防禦計画と名づけて 1971 年日本の OFCF (海外経済協力基金) の資金援助の事業として、暫定計画高水流量 600 m³/秒としてスタートし、予想以上の洪水被害の緩和及び開発効果をもたらした。

しかしながら、上記事業は緊急事業であり区域に限った暫定計画であったので、インドネシア政府は洪水防御事業のみでなく下流域の灌漑・排水の改良事業を含む総合計画策定の技術援助を日本政府に要請してきた。この要請に応じて、国際協力事業団は昭和 51 年 3 月に事前調査団を派遣し更に、昭和 51 年 9 月 6 日付のインドネシア—国際協力局長発・4321/set. kab/LNIP/9/1976 で承認されたスコープオブワークに従ってこの総合計画策定調査がインドネシア政府の協力のもとに行われることになったものである。

1.2 調査の目的

この調査はウラル河総合河川改修計画の総合計画を立案することを目的としており、この総合計画は洪水防御事業と関連地域の灌漑・排水計画から成り立つと予想されている。治水事業として河道改修と、ダムによる洪水調節が検討の対象とされる。

Serdang 川と Rampah 川から灌漑されている地域を除く Ular 川下流地帯の治水事業

を前提とした灌漑改良と排水改良が検討の対象とされるものである。また総合計画を構成する各個別事業の優先順位が、経済的、技術的な面から調査研究される。

1.3 調査の実施情況

調査団は、昭和51年10月26日 Jakarta に到着し、引続き Jakarta と Medan でインセプションレポートのドラフトをインドネシア側と討論した。そしてインセプションレポートは、了解事項に関する覚書を付して承認された。調査団は昭和51年12月24日までインドネシアに滞在して、現地調査を次の事項について展開した。すなわち、過去の洪水、河川施設の現況、ダム適地、遊水域としての適地、上流域の土地侵蝕、土地利用現況、気象、水文条件、灌漑の現況(計画区域)、排水の現況(計画区域)、同区域内の土壌の条件、灌漑用水需要量、工事単価(物価調査を含む)、便益推定に必要な資料(人口、一般経済指標、一般資産、農業生産、農業経済、公共施設、鉄道及び道路の運搬情况及び災害の状況)、河床材料の標本採取及び粘度分析、灌漑排水計画、河床材料標本採取箇所の横断測量、ダムサイトのボーリング、及び資料収集等々である。現地調査の経過中、4回の会議が Medan でもたれた。そのうちの昭和51年12月18日の Medan での第4回打合せ会議において、調査団は了解事項に関する覚書に基づいてベンチマークの位置と仕様について提案した。

昭和51年12月23日は、調査団は日本への帰国に先立ってインドネシアでの最後の打合せ会を行った。

調査団は日本に帰国後、ピーク流量の確率、ダム計画のための流量時間曲線、送流土砂、河道改修、ダムによる洪水調節、治水事業計画、土地利用と耕作付計画、予期される単位生産量及び全収量、水資源、農業用水の需要量、排水対象量、灌漑排水計画、治水事業の工事費及び維持経費、灌漑・排水の工事費及び維持と施設更新の経費、治水事業便益、灌漑排水事業便益についての研究を行い、これに基づいて総合計画案を立案した。

上記の調査期間中、Ular 川流域における追加すべき雨量観測所と水位観測所設置場所に関する提言の文書を、了解事項に関する覚書に基づいてインドネシア政府に発送した。

1977年3月調査団はインドネシアに赴き、中間報告書を提出した。そして、水資源総局と討議を行い、同年3月23日両者は討議に関する項目をまとめた。最終報告書(案)作成中の1977年5月4日、調査団は中間報告書に関する追加意見書を受領した。

上記意見書の全部について考慮して、調査団は最終報告書(案)を作成した。1977

年8月18日これを水資源総局に提出し、必要な説明を行なった。1977年8月18日のMedanにおける会議及び同24日のJakartaにおける会議の結果、これまでの呼称“マスタープラン策定調査”を“総合計画策定調査”と改めることを決議した。

1977年11月8日のMedanにおける、及び続いて行なわれた同11日のJakartaにおける会議で、ウラル河総合河川改修計画に関する最終報告書(案)について、及びフィージビリティスタディのスケジュールについて討議され、ここにおいて水資源総局は最終報告書(案)について同意した。

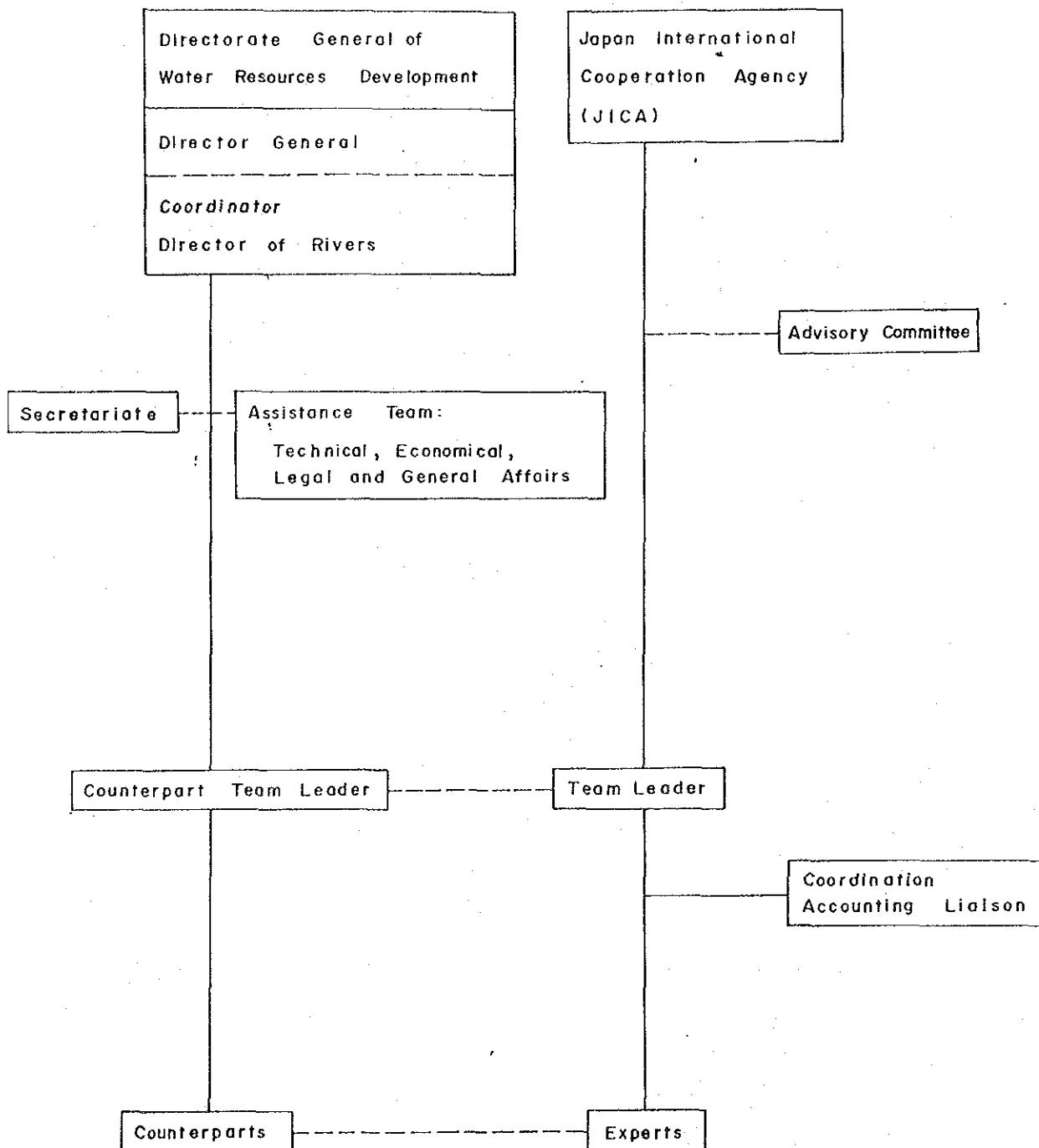
1.4 調査団とインドネシア側カウンターパートチーム

調査実施のため、国際協力事業団とインドネシア政府は既に提出された、インセプションレポートの Fig. 1-4-1 に示す組織を樹立した。

調査団は次に示すような構成であった。

作業管理委員長	今 永 幸 人 建設省北陸地方建設局河川部長
作業管理委員	小宮山 克 治 建設省河川局開発課課長補佐
"	丸 田 哲 司 水資源開発公団管理部管理課長
"	恒 松 道 信 建設省河川局傾斜地保全課課長補佐
"	田 仲 喜一郎 農林省構造改善局企画・調整室課長補佐
"	村 岡 鹿 次 農林省九州農政局計画部資源課課長補佐
調 整 員	地 曳 隆 紀 国際協力事業団社会開発協力部
団 長	工 博 佐藤清一 日本建設コンサルタント株式会社
副 団 長	笠 間 清 美 日本建設コンサルタント株式会社
河川担当団員	川 端 昭 至 日本建設コンサルタント株式会社

Fig. 1-1 Organization for Study



水文担当団員	実 広 登 日本建設コンサルタント株式会社
ダム担当団員	下 山 次 郎 日本工営株式会社
地質担当団員	佐々木 久 日本工営株式会社
灌漑排水担当団員	野 元 剛 日本工営株式会社
土質担当団員	尾 中 健二郎 日本工営株式会社
農業経済担当団員	荘 野 昌 日本工営株式会社
測量担当団員	米 内 優 日本建設コンサルタント株式会社
経済担当団員	理博 大野欽一 日本建設コンサルタント株式会社
観測及び庶務	石 塚 良 昭 日本建設コンサルタント株式会社

インドネシア側カウンターパートチームは下記の構成である。

団 長	Ir. Machamuddin Makdurah
副 団 長 - I	Ir. Kasim Siregar
副 団 長 - II	Ir. B. Simanungkalit
河 川	B. Tampubolon BIE
水 文	Drs. Soedirman
水 文 補 助	Ir. Aisyah Nasution
ダ ム ・ 砂 防	Ir. Dartawan
地 質	Ir. Sudaryanto
灌 漑	O. Lumban Goal BIE
土 質	Ir. N. Ginting
農 業 経 済	Ir. Sardjono Adji
測 量	Sahar BE
経 済	Drs. Dj. Siahaan

庶務		P. Simatupang
観測	Ⅰ	Ir. Widiyastuty D.
観測	Ⅱ	L. Pardosi BIE

日本での調査期間中、Ir. Sumarso, Ir. Dartawan, O. Lumban Gaol BIE と、
Ir. Widiyastuty D の 4 名が昭和 52 年 2 月から 3 月にかけて一ヶ月間当該調査に参
加のため日本に派遣された。

第2章 地 域 経 済

Sumatra 島は、Kalimantan に次ぐインドネシア第2の大島で、北緯6度より南緯6度、東経95度より109度の間に位置し、熱帯圏に入っている。高温多雨の気候と肥沃な土地に恵まれているが、19世紀末頃まではあまり開発が進んでいなかった。20世紀に入って、鉱山の開発と共に農場経営が行われるようになるに及び、急に世界の経済に直接結合するようになった。Sumatra 島における農園は現在面積において全インドネシアの約60%を占めている。

当該計画地域が含まれている北 Sumatra 州は、州都 Medan を擁し、Sumatra 島の中の7つの州の中で最も発達している州である。北 Sumatra 州は、35の Kabupaten (県) から成り、この中の Deli Serdang は、州都 Medan を含み農園及び稲作のよく発達した北 Sumatra 州の中で最も人口の多い、かつ、人口密度の高い県である。(Table 2-1)。

Table 2-1. Area, Population and Population Density (1975)

	Area (km ²)	Population	Population density (per km ²)
North Sumatra	72,513	7,231,259 ^{/1}	100
Kab. Deli Serdang	4,700	1,138,955	235
Kec. Galang	168	54,281	323
" Lubuk Pakam	173	118,598	686
" Perbaungan	203	75,484	372
" Pantai Cermin	63	23,157	368
" Sei Rampah	337	85,040	252
" Teluk Mengkudu	91	25,107	276

Source: Census and Statistical Office of North Sumatra and Kabupaten and Kecamatan Offices.

/1 : 1974

Ular 川は、その水源を Toba 湖の東の高原地帯に持ち、北東に流れ、その下流において Deli Serdang 県の中の農園及び稲作地帯を通過して、Medan の東方約30 Kmの地点で、Malacca 海峡に注ぐ。

Ular 川の下流地域の農園は、一部の外国資本と小規模の民営のものを除いては、殆んどがエステートと呼ばれる国営のものであった。しかし近年になって、積極的に営業を

推進するため、逐次、民営に切り替えられつつある (Fig. 2-1)。一般に、農園の農産物の主なものはパームオイル、ゴム、タバコ、コーヒー、紅茶等であり、Ular 川下流部においては上記産物のうち、パームオイルとゴムが産物の殆んどを占める。パームオイルは、インドネシアの輸出農産物のうち重要な位置を占め、外貨獲得に大きな貢献をしている (Table 2-2)。これに反して、ゴムは、国際市場価格の不安定さからパームオイルに

Table 2-2. Export of Major Agricultural Products in Indonesia

Unit: Thousand ton

Kind of Products	Year					
	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Rubber	790.2	789.3	774.6	990.2	840.4	788.3
Copra	185.1	77.5	42.4	44.6	-	33.0
Coffee	104.3	74.3	107.0	100.8	111.9	128.4
Palm oil	159.2	209.0	236.5	262.7	281.2	386.6
Palm Kernel	42.4	48.6	51.4	39.2	28.5	21.0
Tobacco	11.0	18.3	26.2	33.3	28.1	19.6
Pepper	2.6	24.2	25.7	25.6	15.7	14.5
Tea	41.1	44.8	44.0	39.6	55.7	45.9

Source: Monthly Statistical Bulletin, Sept. 1976, Biro Pusat Statistik, Jakarta, Indonesia.

比較して、その付加価値の低い等の理由で、近年逐次パームオイルの栽培に切り替えられつつある。Ular 川下流部約 13,400 ha のうち、約 8,700 ha のオイルパームと約 3,500 ha のゴム農園があり、大部分が PTP II, PTPN, PTPM and PTPK の大規模農園に所属する。

この計画地域は、上記エステート農園と共に、住民農業がよく発達している。気候と土地の自然条件に恵まれ、多種の作物が生産されている。作物の主な物は、約 18,500 ha の耕地をもつ米を中心に、Maize (とのおもろこし)、Cassava (カッサバ)、Sweet Potatoes (甘藷)、Peanuts (ピーナッツ) である。米作地域は 3,000 ha の灌漑技術化地域、1,500 ha の準灌漑技術化地域、2,500 ha の非灌漑技術化地域及び 11,500 ha の天水田地域から構成されている。灌漑区域の一部分は、Ular 川から水を取り入れ、灌漑に利

OVERALL ULAR RIVER IMPROVEMENT PROJECT

Fig. 2-1 Land Use Map (Plantation)

用されているが、灌漑施設が不十分のため、この水は末端まで充分に行きとどいていない。しかしながら、政府の積極的投資により、この地域の灌漑施設は逐次整備されており、現在 ha 当り 3.1 ton の米の生産額も、近い将来 ha 当り 3.4 ton に上昇することが期待される。

Table 2-3. Production of Food Crops in North Sumatra

Year: 1975

Kind of Crops	Harvested area (ha)		Production (ton)	
	North Sumatra	Deli Serdang	North Sumatra	Deli Serdang
Paddy	516,702	59,972	1,382,319	129,958
Maize	35,080	3,055	62,431	5,904
Cassava	20,970	2,547	202,356	31,472
Sweet Potatoes	26,414	1,213	154,089	15,260
Peanuts	14,939	4,726	16,638	6,069
Soy Beans	9,605	1,272	7,683	1,194
Small Green Peas	2,333	515	1,958	399

Source: Statistical Year Book, 1975, Kantor Sensus & Statistik, Sumatera Utara.

しかしながら、北 Sumatra 州全体では、大消費地 Medan があること、人口密度の比較的高いこと、及び住民の 1 人当りの米の需要が増加していることの理由により、現在、北 Sumatra 州の米の収支はマイナスである。この不足は、当分続くものと予想され、不足分は海外からの輸入と国内からの移入に頼ることになるであろう。

下記の農園、米作を除いては計画地域内に特筆すべき産業は見当たらない。工場は、農園に附属するパームオイルの搾油工場と、ゴムの精製工場以外は小規模の製米工場が点在するのみである。また、Malacca 海峡に面した地域では、小規模漁業が行われている。

以上述べられた如く、計画地域内の経済活動は、Lubuk Pakam 及び Perbaungan における小規模の商業活動を除いては、農園と住民農業及びそれらに関連する若干のものが大部分を占める。このような農業地域にとって、農業生産物を増産するために最も重要なことの一つは、水の管理である。即ち、平地農業地域を貫流する Ular 川の洪水を防御し且つ Ular 川の水を有効に利用することである。

Ular 川下流の平地部は、過去において毎年のように Ular 川の洪水被害にさらされた。

Table 2-4. Production and Consumption of Rice in North Sumatra

Unit: Ton

Item	year				
	1970	1971	1972	1973	1974
Production (paddy)	1,383,251	1,511,129	1,657,706	1,690,965	1,643,791
Consumption (")	1,538,036	1,578,203	1,783,789	1,752,232	1,804,613
Difference (")	-154,785	-67,074	-126,083	-61,267	-160,822
Difference (rice)	- 92,871	-40,244	- 75,650	-36,760	- 96,463

Source: Statistical Year Book, 1975, Kantor Sensus & Statistik, Sumatera Utara.

日本政府は、1970年インドネシア政府の要請に基づき、Ular川の緊急洪水防禦計画のフィージビリティスタディを行い、引続きUlar川中流部の河川改修工事のための技術的及び資金的な援助をインドネシア政府に対して行った。この中流部河川改修工事により、洪水による被害が著しく軽減されてきたため、周辺の農園では積極的に排水施設の整備を行い、農園作物の有効な増産計画を樹立するようになってきた。

計画地域内では、MedanとTebing Tinggi方面を結ぶ国有鉄道と国道が東西方向に走っている。鉄道は単線で、客車については1日2往復、貨車については6往復運転されている。Medan鉄道管理局の統計によると、輸送量は、乗客については1日約2,000人、貨物については1日約2,000トンである。道路交通は、乗用車については1日約2,400台、バスについては1日約600台、トラックについては1日約1,400台である。輸送人員は1日約2,8000人であり、貨物輸送は1日約10,000トンが輸送されている。

インドネシアは1960年代においてはげしいインフレに見舞われたが、1970年代に入って物価は比較的安定してきた。それでも、インドネシアの物価上昇率は、世界の中で比較的高く、年約20%に近い(Table 2-5)。

計画地域内の物価はMedanの物価に影響される。1976年、Medanにおける米価は1Kg当り約150ルピアである。これは1970年の値段(1Kg当り約50ルピア)の約3倍の上

Table 2-5. Price Index in Medan

(Sept. 1966 = 100)

Item	Year						
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976 ¹
General	100	103	111	171	210	242	269
Food	100	105	116	206	245	272	296

¹: May 1976.

Source: Monthly Statistical Bulletin, Sept. 1976, Biro Pusat Statistik, Jakarta, Indonesia.

昇である。即ち、年率約20%の上昇率を示した。他の食料品の物価は、主食品である米価の上昇に比例して上昇し、この高い物価上昇は国民の経済生活を圧迫している。

インドネシアのGDPは、1973/74において150億米ドルであり、1人当たり、約120ドルである。インドネシアの第2次開発5ヶ年計画(Pelita-II; 1974/75から1978/79まで)によると、この間のGDPは、その年平均上昇率が7.5%と推定され、1978/79には220億米ドルに達することが期待されている。これに相当する農業部門に対しては、そのGDPは36%(年平均上昇率4.6%)上昇するように計画されている。この計画に基づいて、計画地域内においては農園農産物のパームオイルとゴム及び住民農業の主農産物である米の増産が期待されている。

第3章 治水事業

3.1 概要

本章では、ウラル河総合河川改修計画の総合計画に盛り込まれるべき治水事業に関する下記事項についての調査研究の成果を報告する。

流域の地形

流域の地質概況及ダムサイトの地質

水文

河道改修案（複数）

砂防対策

ダムによる洪水調節案（複数）

高水配布の検討

洪水流量と洪水被害

数種の高水流量及び流量ごとの洪水被害が治水事業部門の経済評価用資料として与えられる。

地質の項では、ダムサイトで実施された機械ボーリングの結果及び現地踏査に基づく流域の地質一般及びダムサイトの地質状況について記述した。

水文調査の項では、河道改修の基礎資料、ダムによる洪水調節、流況、ピーク流量、ダム計画のためのハイドログラフ、潮位、及び送流土砂について記述した。

砂防の項では、視察及び航空写真による調査に基づいて、砂防対策について考察した。

ダムの項では、水文の項で検討された数種のハイドログラフからダムによる洪水調節について研究した。また、河道の流量配分の考察をうけてダムの代替案についても研究した。さらに、これら代替案の基本的工事計画を立案し、工事費についても検討した。

高水流量配分の項では、ダムと河道に対する配分案6種について検討し、それらのダム工事及び河道改修工事を含んだ治水事業のみの工事費の比較を行なって最も経済的な方式を選定した。

洪水被害の項では、洪水調節に洪水被害の緩和を検討した。その結果は経済評価に適用した。

3.2 流域の地形

Ular 川の流域は主として Karai 川と Buaya 川の流域とからなる。Karai 川は、Toba 湖の北西の外輪山に源を発し、Pulung や Si-Udan-Udan 川などの支川の流量を集めて Banai 川等を合流した後の Buaya 川と合流する。

Ular 流域は Fig. 3-2-11 にその集水面積を附して示される通りで、その集水面積は $1,081 \text{ Km}^2$ 、水路延長は 115 Km である。1/50,000 地形図を基にした支川流域の縦断形が、Fig. 3-2-2 に示される。

Fig. 3-2-1 と Fig. 3-2-2 にみられるように Karai 川は Buaya 川に比べてその水源地域の形状が幾分異っている。

Karai 川流域は、長くて狭い形状であり、水源地域は平均勾配 $1/50$ の高原台地を形成しているが、一方 Buaya 川流域は短かくて広い形状であり、水源地域は急勾配をなしている。この地形の相違が両川の流出の相違の原因となっていると思われる。

3.3 地 質

3.3.1 一般地質

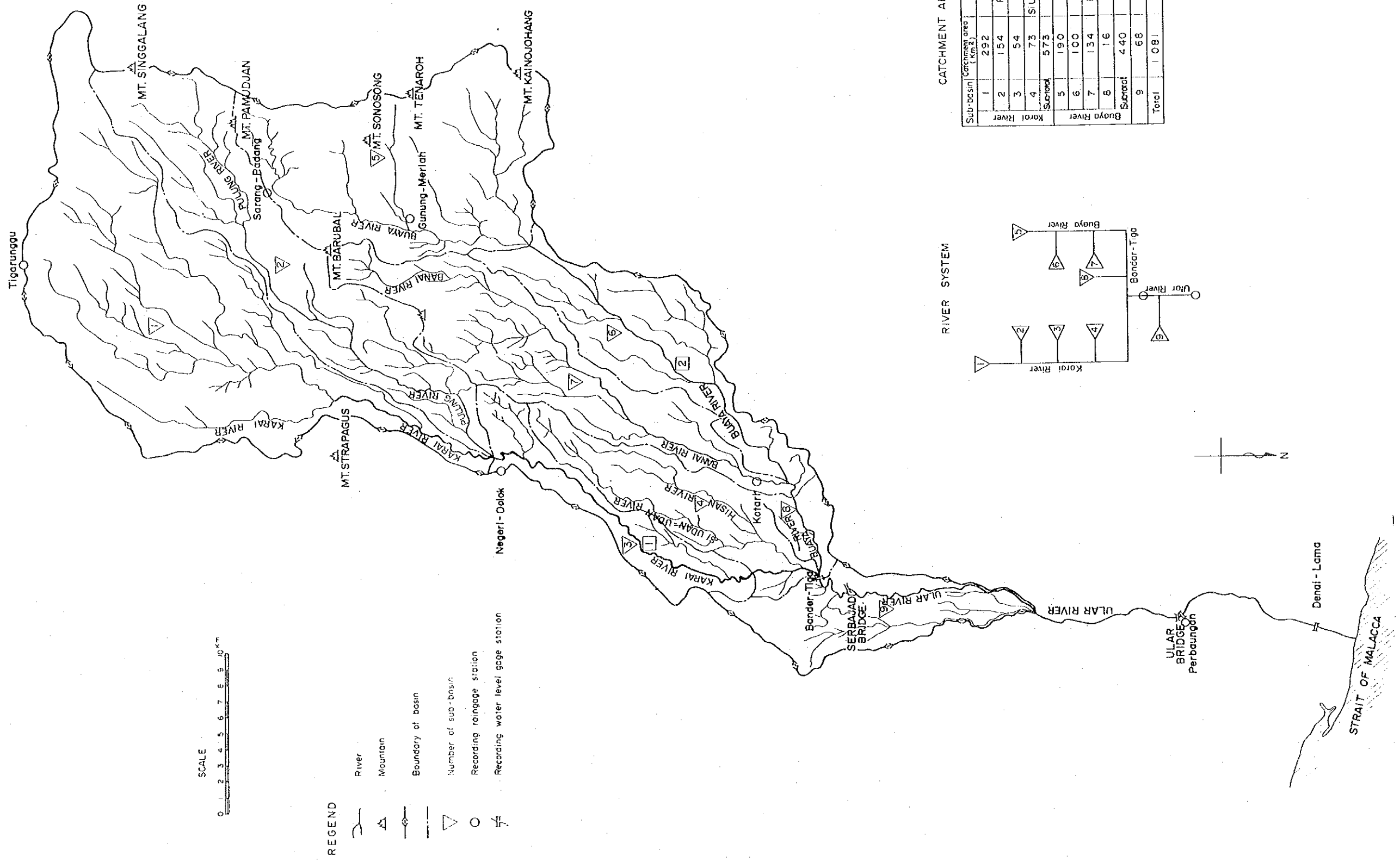
Ular 川は Sumatra 島を西南に縦走する背梁山脈 Barisan Range の一部を形成する Gn. Singgalang ($1,844 \text{ m}$)、Gn. Tenaroh ($1,850 \text{ m}$) 付近に水源を発する、主として Sg. Buaya、Sg. Banen、Sg. Karai の三支流を合流し、東北流して Malacca 海峡に注ぐ延長約 103.5 Km の河川を総称する。

流域の上流の標高 $1,000 \text{ m}$ 以上は高原性の地形を示すが河は 15 Km の間 $1/15$ の急流をなし、更に Gunung Mariah 部落付近より下流 30 Km 付近までは約 $1/25$ の急流を示すがこれより合流点付近までの標高 $300 \text{ m} \sim 500 \text{ m}$ の地域では $1/150$ の緩斜流となり、合流点付近から河口までの標高 $50 \text{ m} \sim 0 \text{ m}$ の間は $1/800$ と殆んど平坦な Aluvial deposits より成る平原を流れる。この間では一部で天井川となっている。

Ular 川は水源付近は Barisan 火山群を形成する andesite の中を流れるが流域一帯は広く acidic tuff に被われており、下部に Dacite 及び dacitic tuff が河岸に露出する。Sg. Buaya 上流の Mabar 橋付近には andesite の mass が露出する。

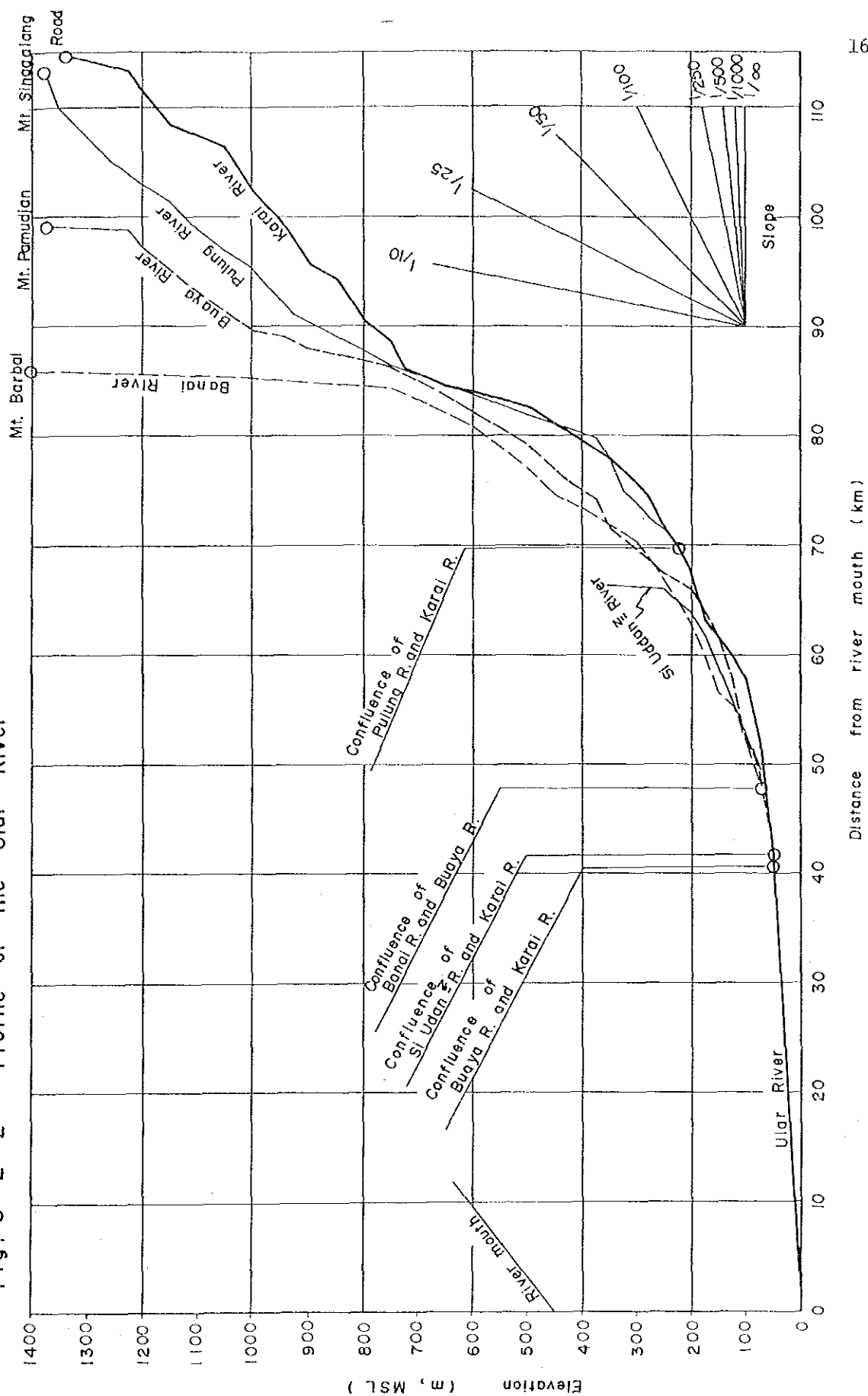
acidic tuff は Toba 湖生成期の火山活動に伴ったものと考えられており、 100 m 以上の層厚と推定される。Sg. Buaya に見られる andesite mass は pre-Toba の火山活動と推定されるが dacite の活動時期は Pre-Toba か或いは Toba 火山と同時期のものか明らかでない。尚これら火山岩類の基盤をなすと思われる

Fig. 3-2-1 Ular River Basin



Sub-basin	Catchment area (Kms ²)	Remarks
1	292	
2	154	Puling River
3	54	
4	73	Si Udon-Udon River
Subtotal	573	
5	190	
6	100	
7	134	Baneri River
8	16	
Subtotal	440	
9	68	
Total	1081	

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



Tertiary rocks や Pre-Tertiary rocks の露出は見当らなかった。

今回の調査は短期間で広域調査は出来なかったが主として Sg. Buaya, Sg. Banai, Sg. Karai の三川に沿って調査を実施した。

3.3.2 支流の地質

(1) Sg. Ular

Sg. Ular は Sg. Karai と Sg. Buaya の合流点から河口までの約 4.6 km の間をいい、Aluviatile deposits 及び alluvial deposits から成り、主として gravel, sand, clay より構成され、海岸近くは marine deposits が形成されている。

(2) Sg. Buaya

Sg. Buaya は水源より合流点まで延長約 5.7 km で、合流点付近 Kotarih 橋から Dam 予定地点付近までやや Soft な dacitic tuff が露出し downstream より上流は堅硬な dacite が露出する。上流の Mabar 橋下から上流約 2 km に亘って andesite mass が河岸に露出する。更に上流の Gunung Mariah 部落付近に至ると背梁山脈群の火山活動に関連すると思われる andestic tuff 及び agglomeratic tuff が見られる。agglomeratic tuff は andesite の礫の他に pumice 及び pre-tertiary の slate の破片を含有する。

河床には andesite の礫を多量に堆積しており Gunung Mariah 部落付近では数 m 大の boulder が累積しており下流に次第に gravel となり Kotarih 橋付近まで大きさ 30 ~ 20 cm の gravel が堆積する。

(3) Sg. Karai

Sg. Karai は上流より合流点まで殆んど acidic tuff に被われている。極めて、soft な tuff で河の流れにより浸蝕され易く到る所で河岸が崩壊して cliff を形成している。従って河床は tuff の分解した quartz, biotite 等の砂が梁積しておりこれが流れによって攪乱され褐色の濁流となる。

(4) Sg. Banai

Sg. Banai は Gn. Barubai (1,150 m) に源を発し 3.65 km を流れて Sg. Buaya に合流する。

合流点より約 1.0 km 上流まで堅硬な dacite が露出し、処により河巾が数 m となり水深 5 m 以上の gorge を形成している。

3.3.3 肉眼観察による岩石

(1) acidic tuff

本流域の広範な地域に分布する極めて soft な liparitic pumiceous tuff で volcanic ash, pumice, quartz, biotite, feldspar を組成成分としており時に hornblende を含有し, pumice は時に 30 cm 大を示す。吸水性著しく浸蝕され易く多量の土砂となり下流の天井川の原因をなす。

(2) Dacite and its tuff

主として Sg. Banai, Sg. Buaya に露出する。組成は, quartz, feldspar, biotite, hornblende より成り稀れに augite を含有する。極めて堅硬な lava flow である。一部同一成分の tuff を伴っている。Sg. Asahan の所謂 ignimbrite と極めてよく類似しているが welded texture は認め難い。

(3) andesite

Feldspar, biotite, hornblende の班晶のある堅硬緻密の mass で Sg. Buaya の Mabar 橋下に typical outcrop が見られる。

3.3.4 計画ダムサイト

(1) Sg. Buaya

Sg. Karai との合流点より約 5.6 Km 上流を予定した。兩岸共に dacitic tuff 及び dacite flow が露出している。右岸 abatment の boring の結果, 表土 1.5 m, dacitic tuff 9 m で下部は堅硬な dacite になる。この dacite は厚さ 6 m の lava flow で下部に熱変質を受け粘土状となった rack が見られる。この予定地点は高さ 25 m 程度の dam 基盤として支障のないものと判断する。河床には andesite の礫が堆積しており, concrete 骨材として使用可能と考える。又表土は赤褐色の粘土で, core material として使えるものと判断する。

(2) Sg. Karai

Sg. Buaya との合流点から約 5 Km 上流に予定した。dam 予定地付近は liparitic tuff が広く分布しており, 河岸で実施した hand auger drill によれば 8 m 下部も同様の tuff から成る。tuff は極めて soft であるが, 比較的 compact で N 値は 20 位と推定されるが下部に hard rock を確認しなければダムの基盤としては問題があるろう。

3.3.5 骨材採取

骨材としては Sg. Buaya の Kotarih 橋から上流の河床及び河岸段丘, 中洲に堆積する礫を利用出来ると判断する。礫は殆んど andesite で堅硬緻密である。平均径 20 ~ 30 cm で大きいものは径 1 m のものもあり, 上流へ 10 Km 以上に亘って堆積

Fig. 3.3.1 Geological Map in the Project Area

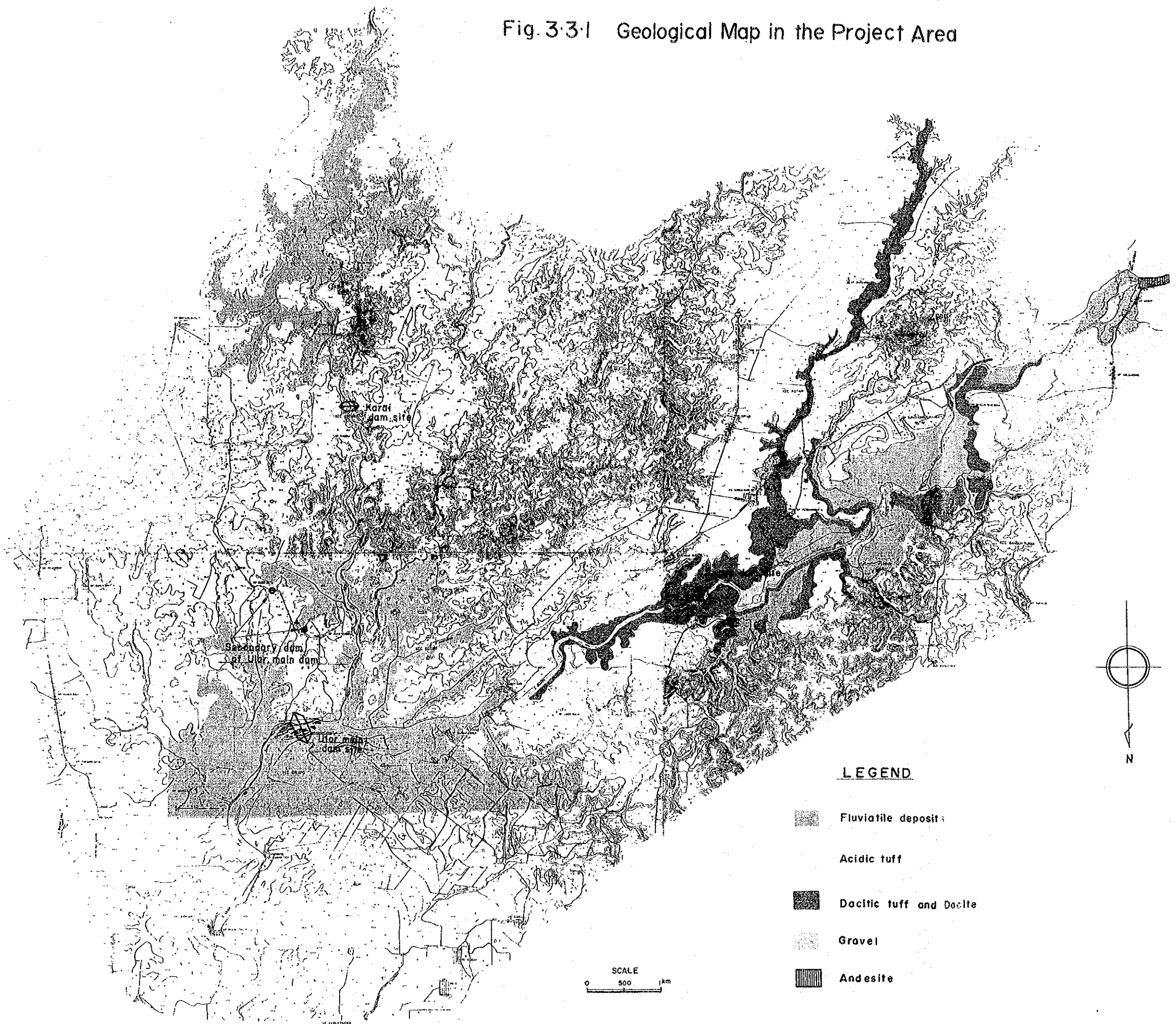
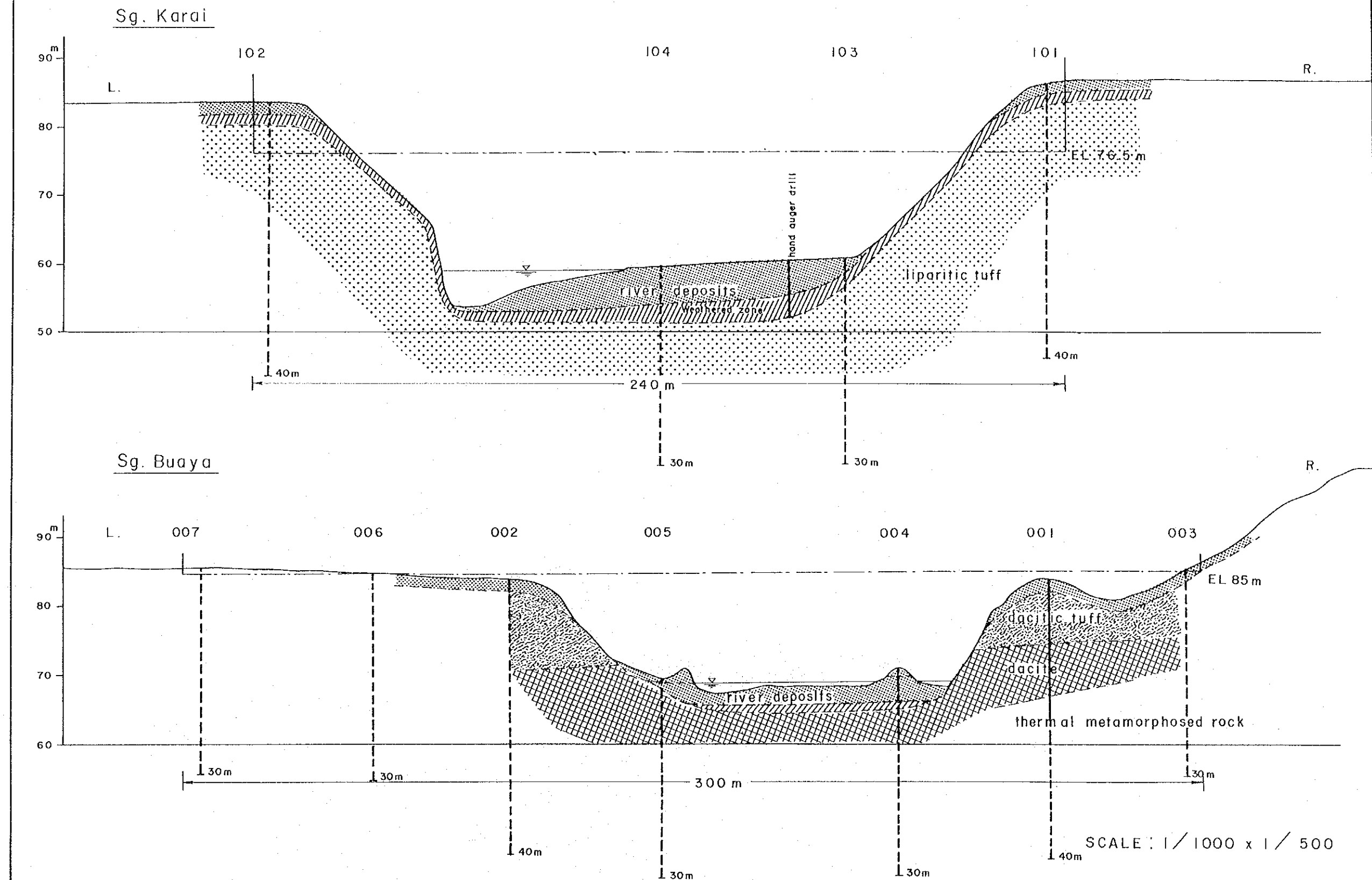
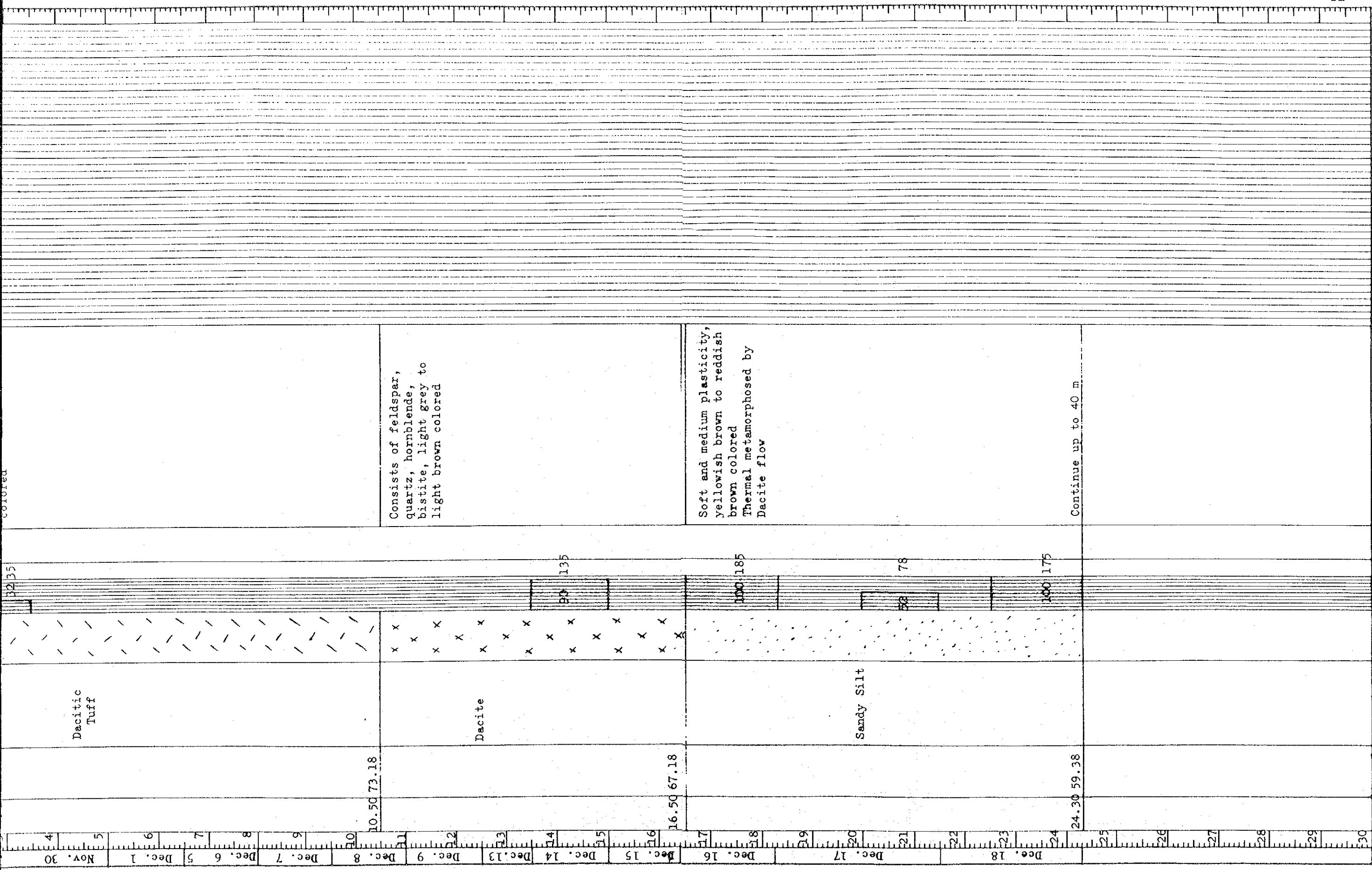


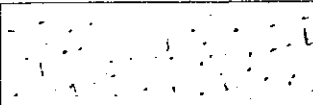
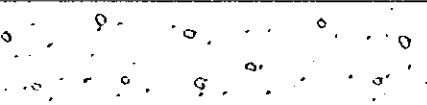
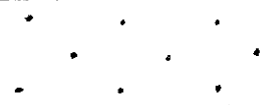
Fig.3-3-2 Geological Profile
at Proposed Dam Sites



GEOLOGICAL RECORD OF BORING										HOLE No. 001	
PROJECT		Sungai Ular		LOCATION		Right Abatment of Buaya Dam Site					
ELEVATION OF GROUND SURFACE		83.68 m		DEPTH OF HOLE		INCLINATION OF HOLE		Vertical			
DIAMETER OF HOLE		3 inch		MACHINE		TONE UD-5		DATE OF DRILLING		Nov. 26 - Dec. 18, 1976	
CORE RECOVERY				DRILLED BY				A. GULTOM			
LOGGED BY				SOEDARYANTO HS.							
DATE	DEPTH (m)	ELEVATION (m)	ROCK TYPE	COLUMN SECTION	CORE RECOVERY %	CORE BIT DIAMETER	DESCRIPTION	DEPTH			
26 Nov.	1.50	82.18	Surface Soil		100	50	Sandy Silt, light brown colored soft, moist, medium plasticity				
27 Nov.					50	40					
30 Nov.					25	20	Consists of feldspar, quartz, hornblende, biotite, and pumice light grey to light brown colored				
1 Dec.					32	35					
5 Dec.											
6 Dec.											
7 Dec.											
8 Dec.											
9 Dec.											
10 Dec.	10.50	73.18					Consists of feldspar, quartz, hornblende, biotite, light grey to light brown colored				
11 Dec.											
12 Dec.											
13 Dec.											
14 Dec.											
15 Dec.											
16 Dec.	16.50	67.18									
17 Dec.											
18 Dec.											
19 Dec.											
20 Dec.											
21 Dec.											
22 Dec.											
23 Dec.											
24 Dec.											
25 Dec.											
26 Dec.											
27 Dec.											
28 Dec.											
29 Dec.											
30 Dec.											
31 Dec.											
1 Jan.											
2 Jan.											
3 Jan.											
4 Jan.											
5 Jan.											
6 Jan.											
7 Jan.											
8 Jan.											
9 Jan.											
10 Jan.											
11 Jan.											
12 Jan.											
13 Jan.											
14 Jan.											
15 Jan.											
16 Jan.											
17 Jan.											
18 Jan.											
19 Jan.											
20 Jan.											
21 Jan.											
22 Jan.											
23 Jan.											
24 Jan.											
25 Jan.											
26 Jan.											
27 Jan.											
28 Jan.											
29 Jan.											
30 Jan.											
31 Jan.											
1 Feb.											
2 Feb.											
3 Feb.											
4 Feb.											
5 Feb.											
6 Feb.											
7 Feb.											
8 Feb.											
9 Feb.											
10 Feb.											
11 Feb.											
12 Feb.											
13 Feb.											
14 Feb.											
15 Feb.											
16 Feb.											
17 Feb.											
18 Feb.											
19 Feb.											
20 Feb.											
21 Feb.											
22 Feb.											
23 Feb.											
24 Feb.											
25 Feb.											
26 Feb.											
27 Feb.											
28 Feb.											
29 Feb.											
30 Feb.											
1 Mar.											
2 Mar.											
3 Mar.											
4 Mar.											
5 Mar.											
6 Mar.											
7 Mar.											
8 Mar.											
9 Mar.											
10 Mar.											
11 Mar.											
12 Mar.											
13 Mar.											
14 Mar.											
15 Mar.											
16 Mar.											
17 Mar.											
18 Mar.											
19 Mar.											
20 Mar.											
21 Mar.											
22 Mar.											
23 Mar.											
24 Mar.											
25 Mar.											
26 Mar.											
27 Mar.											
28 Mar.											
29 Mar.											
30 Mar.											
31 Mar.											
1 Apr.											
2 Apr.											
3 Apr.											
4 Apr.											
5 Apr.											
6 Apr.											
7 Apr.											
8 Apr.											
9 Apr.											
10 Apr.											
11 Apr.											
12 Apr.											
13 Apr.											
14 Apr.											
15 Apr.											
16 Apr.											
17 Apr.											
18 Apr.											
19 Apr.											
20 Apr.											
21 Apr.											
22 Apr.											
23 Apr.											
24 Apr.											
25 Apr.											
26 Apr.											
27 Apr.											
28 Apr.											
29 Apr.											
30 Apr.											
1 May.											
2 May.											
3 May.											
4 May.											
5 May.											
6 May.											
7 May.											
8 May.											
9 May.											
10 May.											
11 May.											
12 May.											
13 May.											
14 May.											
15 May.											
16 May.											
17 May.											
18 May.											
19 May.											
20 May.											
21 May.											
22 May.											
23 May.											
24 May.											
25 May.											
26 May.											
27 May.											
28 May.											
29 May.											
30 May.											
31 May.											
1 Jun.											
2 Jun.											
3 Jun.											
4 Jun.											
5 Jun.											
6 Jun.											
7 Jun.											
8 Jun.											
9 Jun.											
10 Jun.											
11 Jun.											
12 Jun.											
13 Jun.											
14 Jun.											
15 Jun.											
16 Jun.											
17 Jun.											
18 Jun.											
19 Jun.											
20 Jun.											
21 Jun.											
22 Jun.											
23 Jun.											
24 Jun.											
25 Jun.											
26 Jun.											
27 Jun.											
28 Jun.											
29 Jun.											
30 Jun.											
1 Jul.											
2 Jul.											
3 Jul.											
4 Jul.											
5 Jul.											
6 Jul.											
7 Jul.											
8 Jul.											
9 Jul.											
10 Jul.											
11 Jul.											
12 Jul.											
13 Jul.											
14 Jul.											
15 Jul.											
16 Jul.											
17 Jul.											
18 Jul.											
19 Jul.											
20 Jul.											
21 Jul.											
22 Jul.											
23 Jul.											
24 Jul.											
25 Jul.											
26 Jul.											
27 Jul.											
28 Jul.											
29 Jul.											
30 Jul.											
31 Jul.											
1 Aug.											
2 Aug.											
3 Aug.											
4 Aug.											
5 Aug.											
6 Aug.											
7 Aug.											
8 Aug.											



GEOLOGICAL RECORD OF BORING										HOLE No.1 (Auger Drill)									
PROJECT		Sungai Ular				LOCATION		Right Bank of Karai Dam Site											
ELEVATION OF GROUND SURFACE		60.50 m		DEPTH OF HOLE		8.15 m		INCLINATION OF HOLE		Vertical									
DIAMETER OF HOLE		10 cm		MACHINE		Hand Auger		DATE OF DRILLING		Dec. 3 - Dec. 10, 1976									
CORE RECOVERY		DRILLED BY				ARMYIN HARAHAP		LOGGED BY				SOEDARYANTO HS.							
DATE	DEPTH (m)	ELEVATION (m)	ROCK TYPE	COLUMN SECTION	CORE RECOVERY %	BT DIAMETER	DESCRIPTION					DEPTH							
1	0.40	60.10	Top Soil				Sandy Silt, dark brown colored, Soft, Contains Charcoal and roofs.	River Terrace Deposits											
2	1.45	59.05	Silty Sand				Well sorted brown to dark brown colored, non plastic consist of quartz grains subround to angular, medium to coarse grain. Ground water level at 1.15 m depth.												
3	2.95	57.55	Clayey Sand				Well sorted, subround to angular, medium to coarse grain, quartz, feldspar, hornblende, mica. Yellowish brown to light brown colored.	River Terrace Deposits											
4	5.05	55.45	Silty Sand				Well sorted, subround to angular medium to coarse grain, quartz grains, feldspar, hornblende and mica. Yellowish brown to light brown colored.												
5			Weathered Acidic Tuff				Weathered acidic tuff, feldspar, quartz, hornblende, biotite. Brownish grey colored.	River Terrace Deposits											
6																			
7								River Terrace Deposits											
8	8.15	52.35	Acidic Tuff				Acidic tuff, could not drill by hand auger.												

Dec. 3	1.45	59.05	Clayey Sand		Ground water level at 1.15 m depth.
Dec. 3	2.95	57.55			Well sorted, subround to angular, medium to coarse grain, quartz, felspar, hornblende, mica. Yellowish brown to light brown colored.
Dec. 4	5.05	55.45	Silty Sand		Well sorted, subround to angular medium to coarse grain, quartz grains, felspar, hornblende and mica. Yellowish brown to light brown colored.
Dec. 5			Weathered Acidic Tuff		Weathered acidic tuff, feldspar, quartz, hornblende, biotite. Brownish grey colored.
Dec. 10	8.15	52.35	Acidic Tuff		Acidic tuff, could not drill by hand auger.

Spoon Auger (6 10 cm)

River Terrace Deposits

する。

川巾を平均 70 m とし，採掘深度を 2.00 m として計算すれば

$$2.00\text{ m} \times 70\text{ m} \times 10,000\text{ m} = 1,400,000\text{ m}^3$$

空隙率 50 % として

$$1,400,000\text{ m}^3 \times 0.5 = 700,000\text{ m}^3$$

採取率 80 % として

$$700,000\text{ m}^3 \times 0.8 = 560,000\text{ m}^3 \text{ となる。}$$

sand は合流点から下流の河床に堆積しており，主として quartz sand より成り quartz 粒は最大 3 % を示す。Serbajadi 橋付近は採取に適している。

3.4 水 文

3.4.1 降 雨

Ular 川プロジェクト事務所は，Ular 川流域周辺に，6 つの自記雨量観測所，14 の普通雨量観測所，3 つの自記水位観測所及び 1 つの水位標を設置している。これらの観測所は Fig 3-2-1 に示すとおりである。

(1) 降雨観測所

自記雨量記録については，1972 年 8 月から 1976 年 7 月まで，普通雨量記録については，1975 年 8 月から 1976 年 10 月までの資料がある。

自記雨量計	普通雨量計
Perbaungan	Paku
Kotarih	Silinda
Gunung-Meriah	Rumah-Deleng
Sarang-Padang	Bandar-Negeri
Tiga-Runggu	Tiga-Juhar
Negeri-Dolok	Marulum-Lokung
	Negeri-Kasih
	Bah-Bah
	Sarang-Ganjang
	Siporkas
	Pematang-Raya
	Huta-Raja
	Serib-Dolok

(2) 水位観測所

自記水位記録については、1972年8月から1976年7月まで、水位標記録については、1971年10月から1976年9月までの資料がある。

自記水位計	水位標
Denai-Lama	Ular Bridge
Perbaungan	
Bander-Tiga	

先に述べた観測所の他に、DPMAはSilindaに気象観測所を設置している。この観測所には、自記雨量計、温度計、湿度計、気圧計、蒸発計及び風速計が設備されており、1975年2月から1976年7月までの資料がある。DPMAはさらにSerbajadi橋に水位標を設置しており、1971年8月から1974年12月までの資料がある。

さらに、PNPは、Ular川の下流部に多数の普通雨量観測所を設置している。これらの観測所名及び位置はFig. 3-4-1のとおりで、20年以上の日雨量資料及びもっと長期の月雨量資料がある。

Meteorological and Geophysical Institute, Department of Communication は、1911年から1940年の期間の資料に基づき、Sumatra島の平均月雨量及び平均年雨量等雨量線図を作成している。Sumatra島北部の年雨量等雨量線図をFig. 3-4-2に示す。この図から明らかなように、Ular川の下流部では平均年雨量が1,500 mm～2,500 mmで、上流へ向って増加し、山地斜面で2,500 mm～3,000 mmに達する。さらに上流へ行くに従い、年雨量は減少し、上流端の台地では、2,000 mm～2,500 mmになる。この降雨量変化は、降雨量と地形が密接な関係にあることを物語っている。

Ular川プロジェクト事務所が管理する自記降雨観測所の記録を用いて、平均月雨量を調べた。資料のある期間は、わずか3、4年であるが、観測所間の降雨特性の差異は、Fig. 3-4-3の如く明らかである。この図から次の事柄がわかる。

- 平均年雨量はFig. 3-4-2に示した等雨量線図と似た傾向を示している。
- 北Sumatraのこの地域では、雨期と乾期が不明確である。1年に2回雨期があるようである。つまり、4月頃に最盛期を持つ第1雨期と、11月頃に最盛期を持つ第2雨期である。
- Ular川流域下流では、第1雨期が明らかでない。中流部では、第1、第2雨期が明確で、両者の降雨量はほぼ等しい。上流部では、第1、第2雨期が不明瞭

Fig.3-4-1 Location of Rainfall-Gauge Stations in the Downstream Area of the Ular River

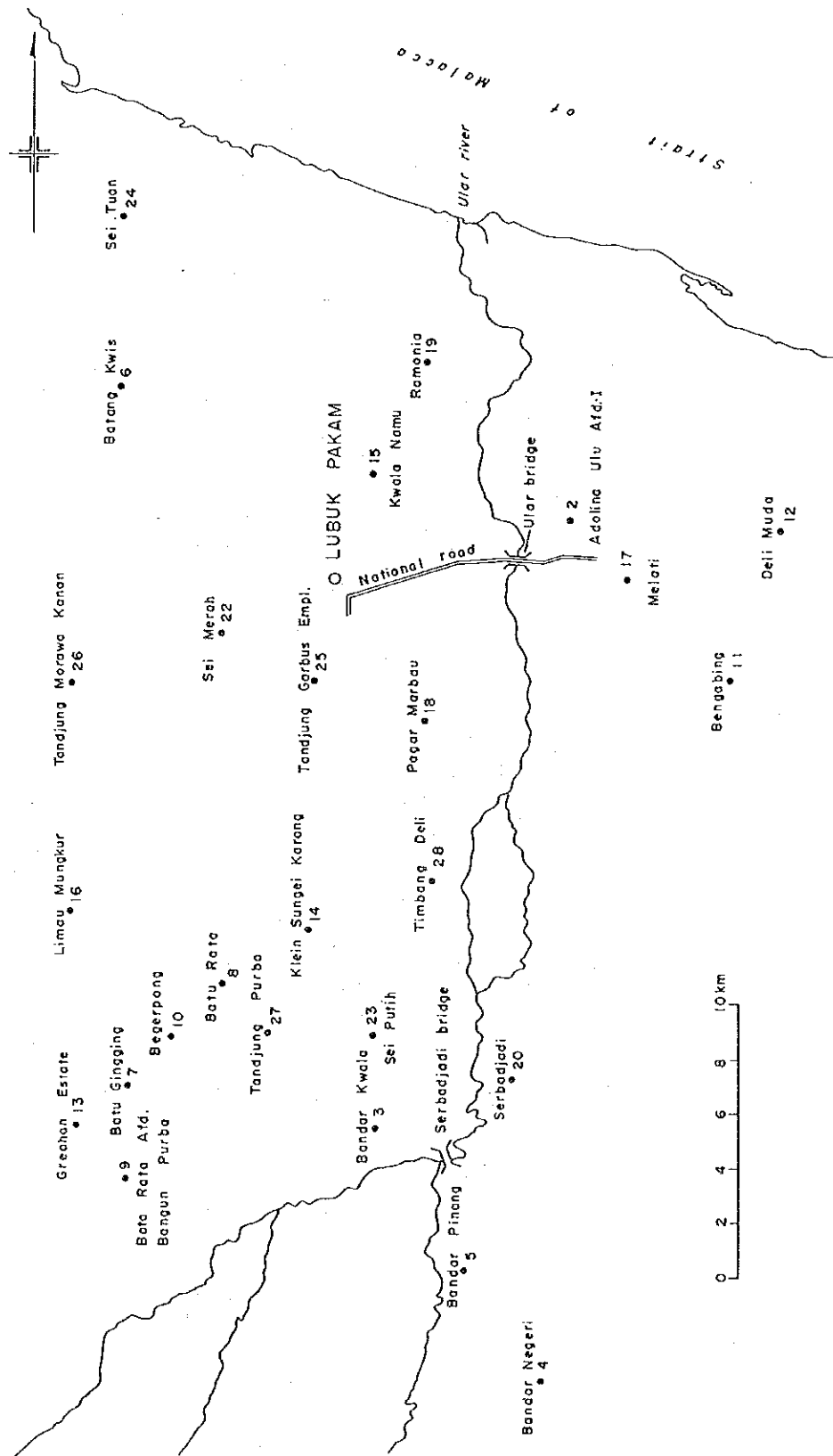
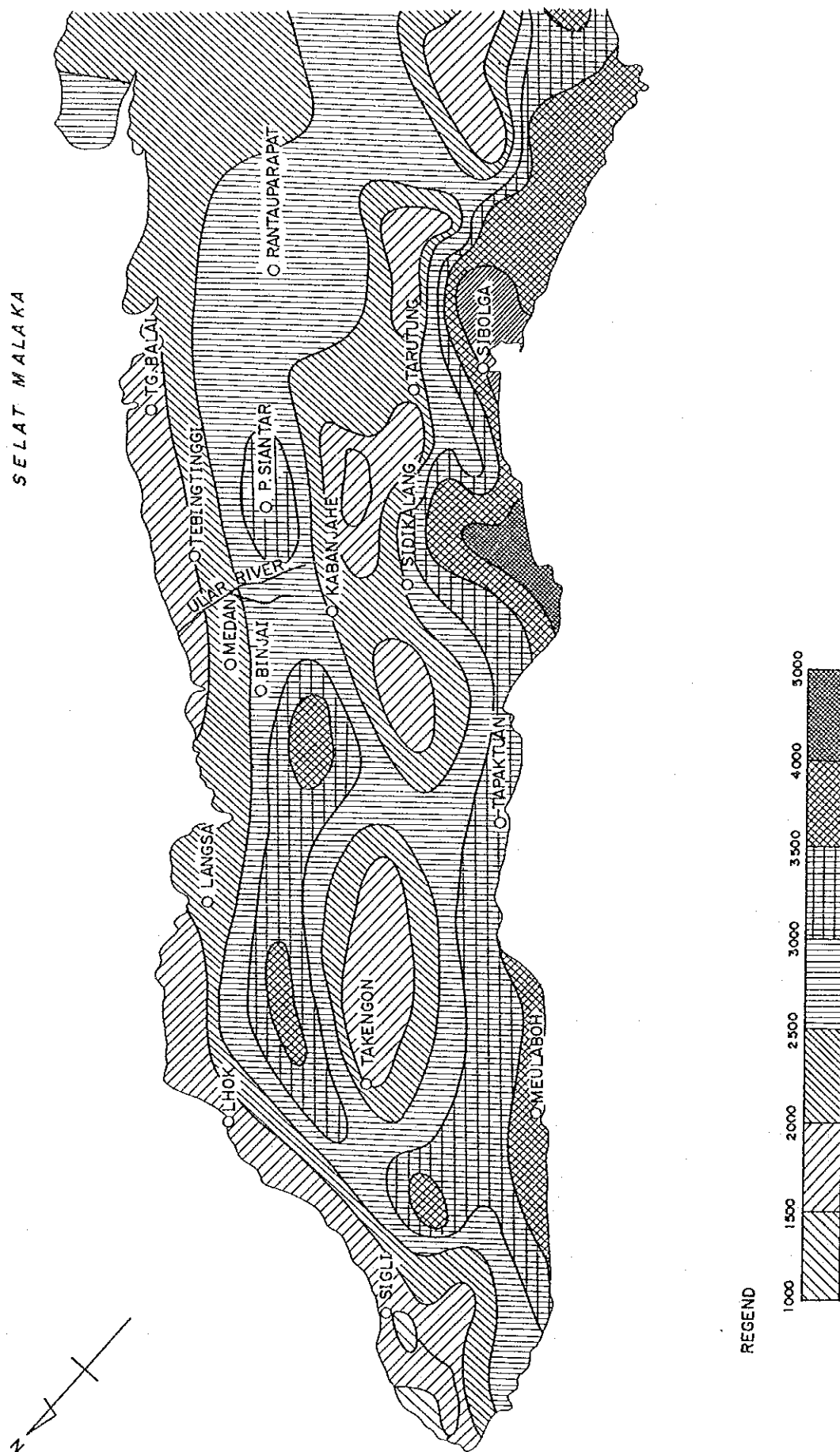


Fig. 3-4-2 Mean Annual Rainfall in the Northern Part of Sumatra

SELAT MALAKA



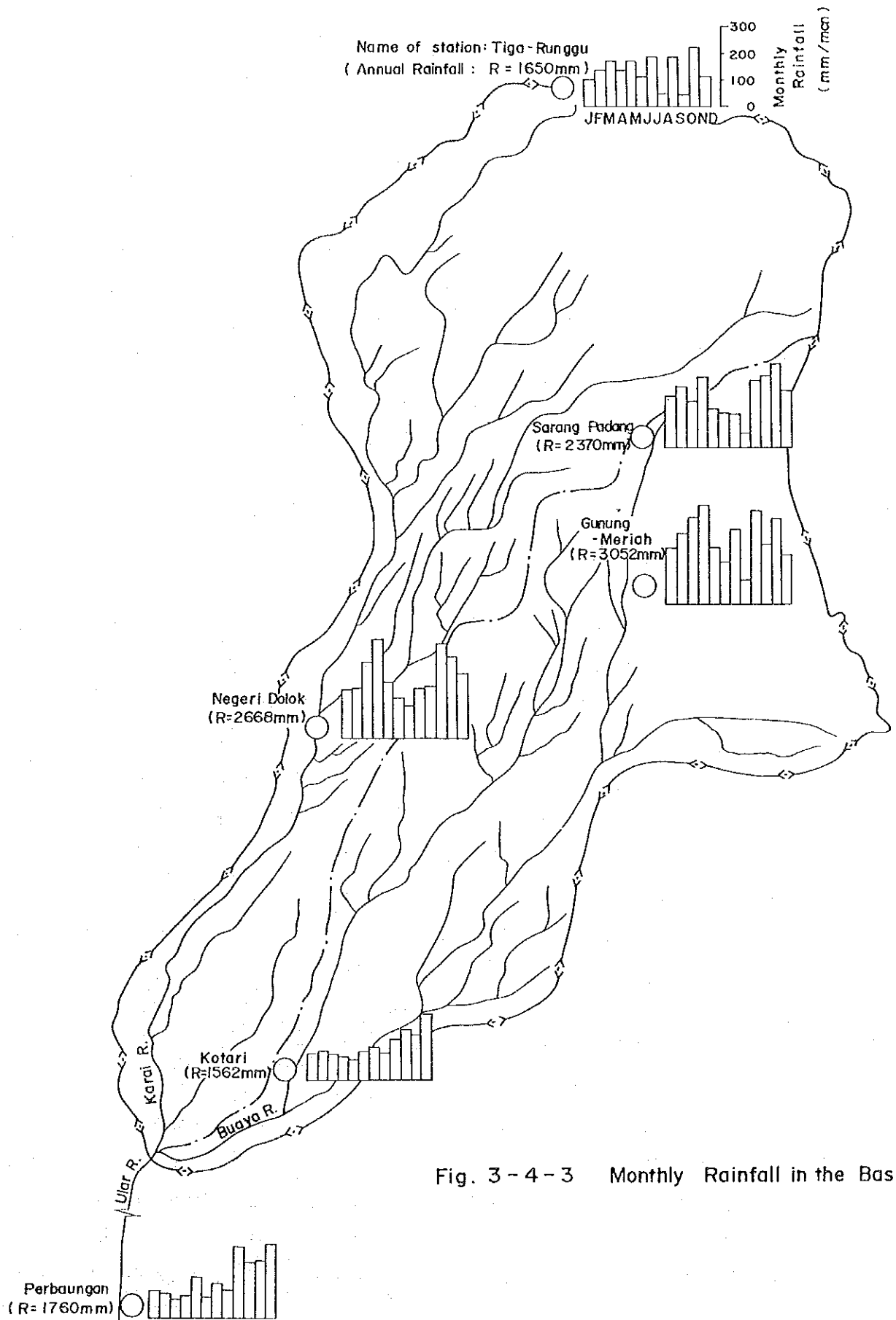


Fig. 3 - 4 - 3 Monthly Rainfall in the Basir

で降雨量は、年間を通じてほぼ一様であるが、強いて言えば、第1雨期が卓越しているようである。

Feasibility Study on the Ular River (OTCA in Mar., 1971)でPNPの資料を用いて観測所内の相関を検討している。しかし、月雨量については相関関係が若干認められるが、日雨量及び3日雨量に対しては、相関がない。この結果は本調査に於いても同じであった。

建設工事計画のため、PNPの1966年から1975年までの10年間の資料を用いて、降雨日数を調査した。降雨日数はSungai Putih, Bandar Pinaug及びKotarihの各観測所について、4種の雨量規模毎に集計した。Sungai Putih観測所は下流流域の河川工事用に、Bandar Pinaug観測所は、Karaiダム候補地点用にKotarih観測所は、Buayaダム候補地点用に選ばれたものである。結果をFig.3-4-4に示す。

3.4.2 河川流量

(1) 流 況

2観測所の水位流量曲線がある。ひとつは、DPMA所属のPulo-Tagor (Serbajadi Bridge)観測所で、他は、Ular川プロジェクト事務所所属のUlar Bridge観測所である。Pulo-Tagor観測所は、Karai川とBuaya川の合流点下流約4Kmの地点にあり、Ular橋観測所は、Pulo-Tagor観測所下流約22.2Kmの地点にある。両観測所間の流域面積は、約65Km²である。

この両観測所間の流量相関を1973年及び1974年の資料に基づき調べるとFig. 3-4-5のとおりである。Pulo-Tagor流量は、Ular橋に達するまでに残流域流入及び河道貯留の景響を受けるが、Ular橋の流量増加量が多すぎるように思われる。この理由は、主に両観測所の水位流量曲線の精度及び観測時刻に原因すると考えられる。いずれにしろ、小さな値を示すPulo-Tagor観測所の流量の方が水利用計画の立場からは安全側であり、これを利用する。

1972年から1974年までのPulo-Tagorの流量をAPPENDIX Bの日流量表を基に、流況曲線を示すとFig. 3-4-6のとおりである。表は、1972年8月11日における最低流量が26.8m³/sであり、1973年2月24日においては同35.0m³/sであり、1974年7月6日においては同38.6m³/sであること、また、最高流量については、1972年10月21日が123.0m³/s、1973年12月25日が189.0m³/s、1974年9月29日が172.0m³/sであること、さらに、年間流出量はそれぞれ1972年が1,600×10⁶m³、1973年1,770×10⁶m³、1974年が1,680×10⁶m³であることを示している。その結果をFig

Fig. 3-4-4 Number of Rainy Days

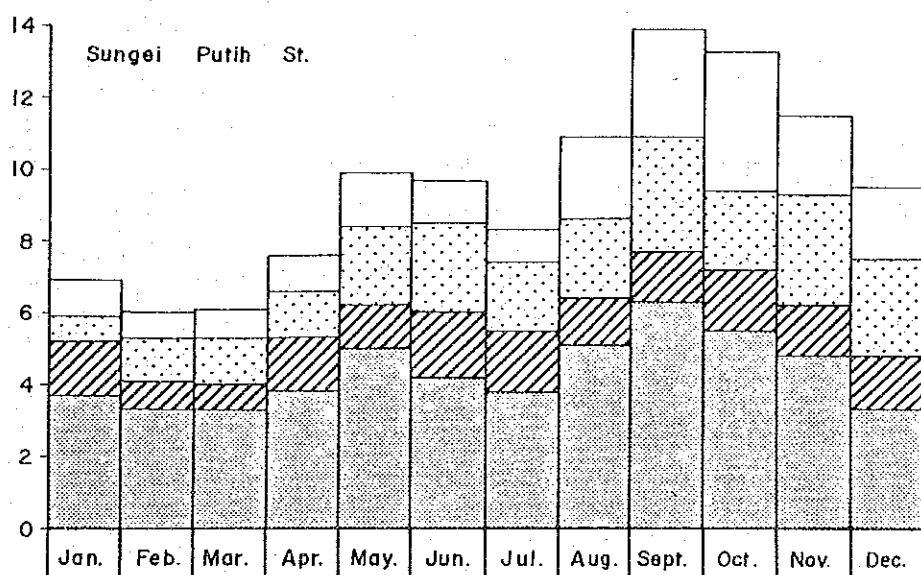
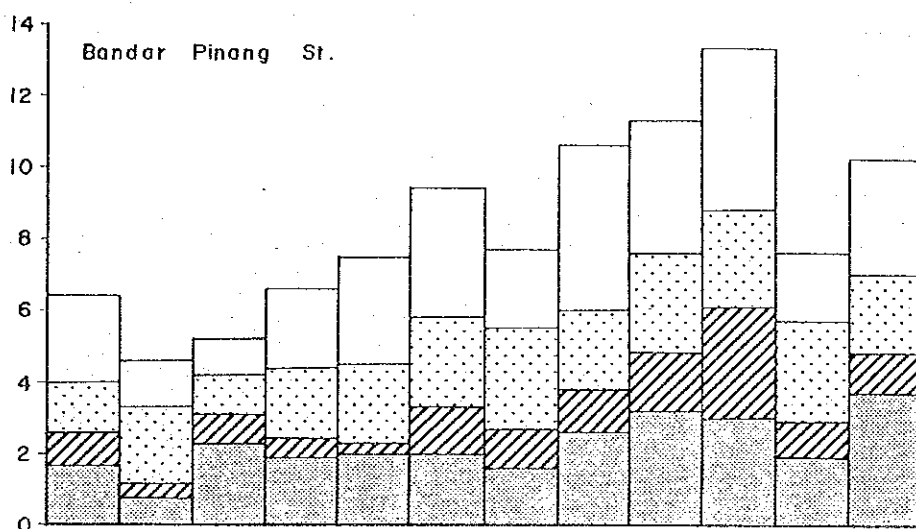
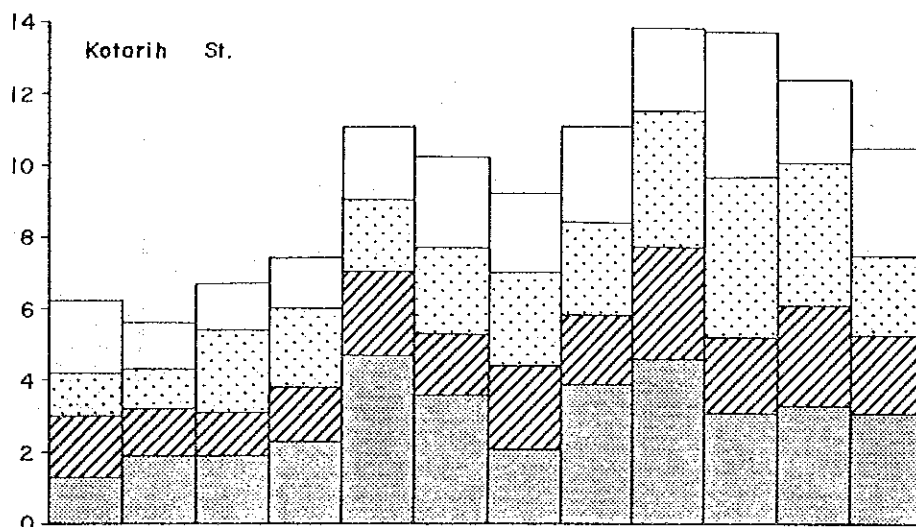


Fig. 3-4-5 Correlation of Discharge Between Serbajadi Br. and Ular Br.

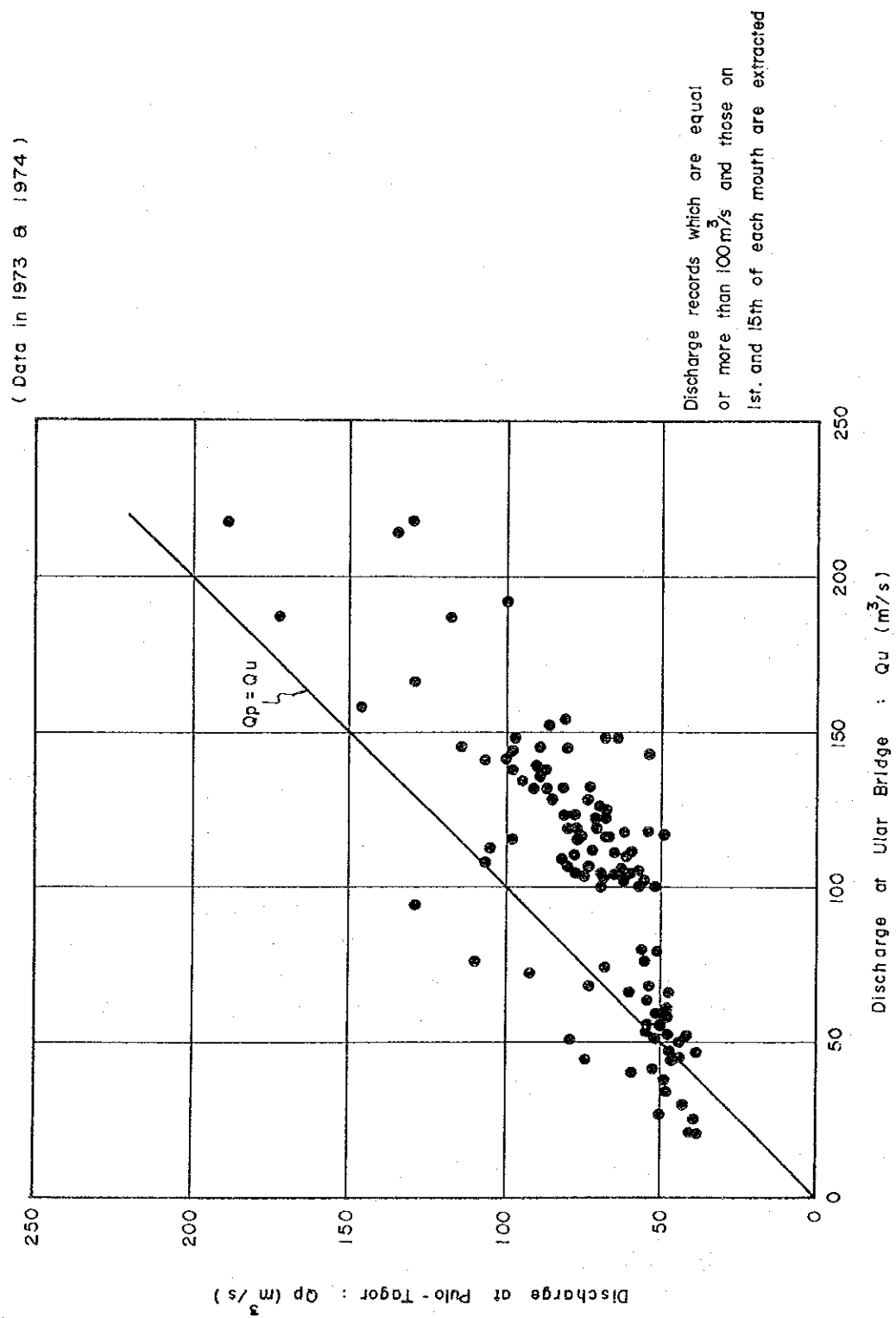
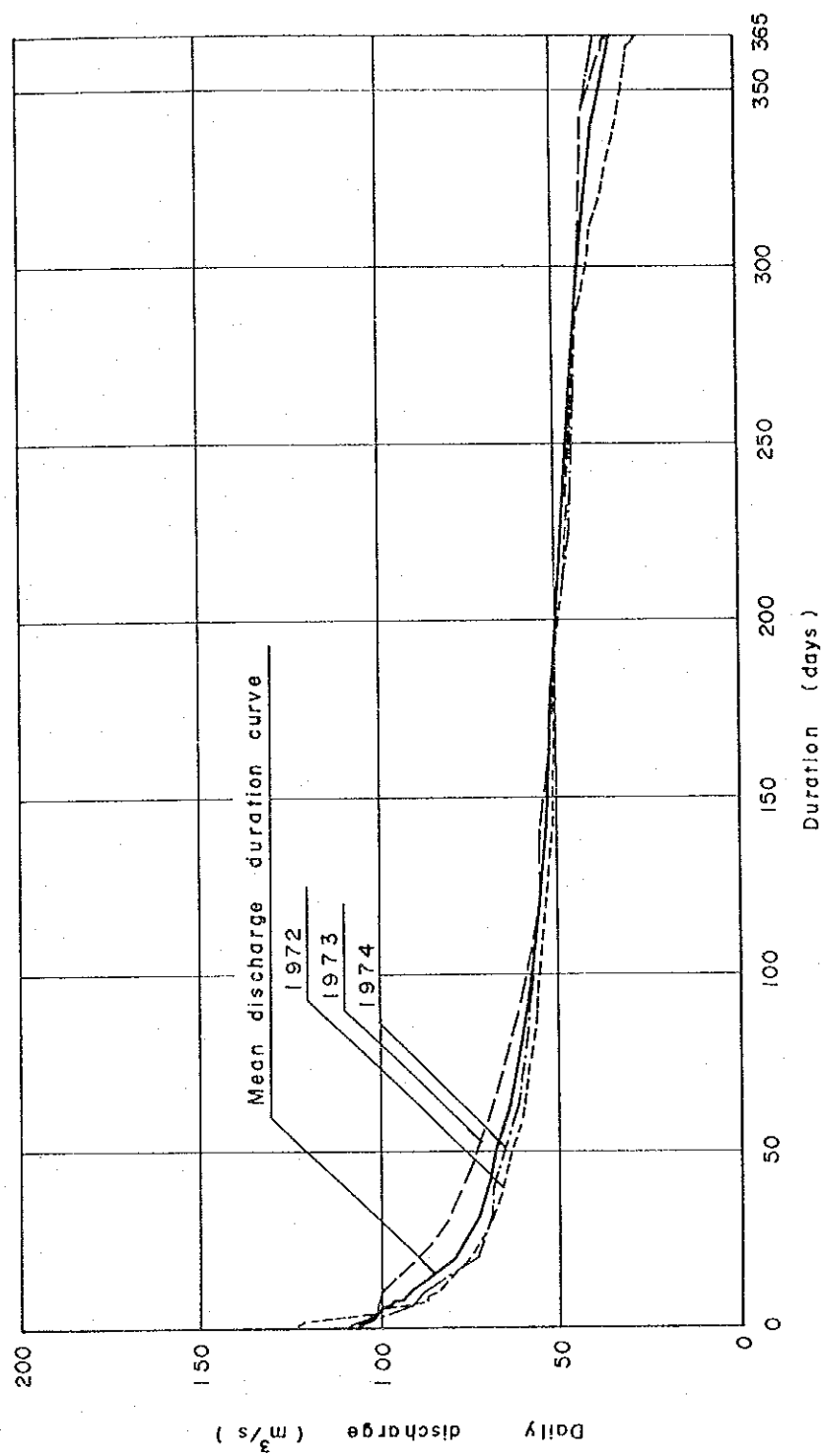


Fig. 3 - 4 - 6 Discharge Duration at Pulo - Tagor



3-4-7に示す。Karai及びBuayaの日平均流量の推定はPulo-Tagorの流量を各ダム地点の流域面積に比例して配分した。尚、その結果についてもFig. 3-4-7に示した。

(2) 洪水流量

Ular川にはBandar-Tiga, Perbaungan及びDenai-Lamaの自記水位観測所がある。これらのうち、Bandar-Tigaを洪水流量の調査のために選定した理由は、位置が流出検討に好都合であること、水位記録の零点高が他の2観測所に比べて安定しているからである。Bandar-Tiga観測所は、Serbajadi橋上流3.8kmに位置し、Karai川とBuaya川の合流点のすぐ下流にある。

Bandar-Tiga観測所の水位-流量曲線をマンニング式及び観測で得た横断、勾配、粗度を用いて求めた。結果は、Fig. 3-4-8のとおりである。

また、水位計の零点高を検討調整し、10日毎の平均水位を計算し、Fig. 3-4-9に示した。この図からも洪水期が明瞭でないことがわかる。

1972年10月から1976年8月までの全資料から水位が、30.000m, LBM(=51.309m, UP)以上の主要洪水を抜き出し、その主要諸元をTable 3-4-1に示した。ここで、LBM-Bandar-TigaをBandar Tigaの標尺の読みとして使用すべきローカルベンチマークとする。

さらに、これらの洪水による1日のうちの洪水ピーク生起頻度を水位が29.650m, (または50.959m, UP)以上の洪水について調べFig. 3-4-10に示した。この図から、Bandar-Tigaでの洪水ピークは深夜に集中していることがわかる。このことは、洪水時の流量観測が難しいことを示している。

Table 3-4-1 Major Floods at Bandar-Tiga

Date	Hmax (m, LBM)*	Qpeak (m ³ /s)	Rank	Remarks
Nov. 11, '72	30.075	364	7	annual max. in 1972
Jun. 5, '73	30.215	425	2	
Dec. 9, '73	30.015	344	9	
Dec. 25, '73	30.680	671	1	estimated annual max. in 1973
Dec. 26, '73	30.199	410	3	
Sept. 29, '74	30.100	376	6	annual max. in 1974
Oct. 3, '74	30.070	365	8	
Apr. 15, '75	29.765	260	-	annual max. in 1975
Feb. 5, '76	30.140	393	5	
Nov. 21, '76	30.170	406	4	only the peak is known

* LBM: LBM-Bandar-Tiga.

Fig. 3-4-7 Monthly Mean Discharge

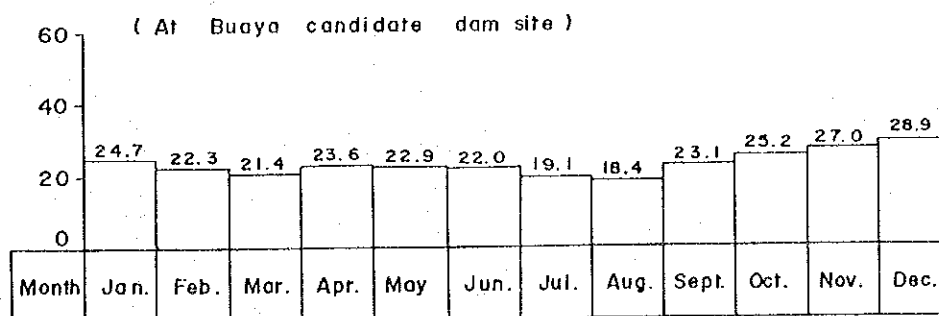
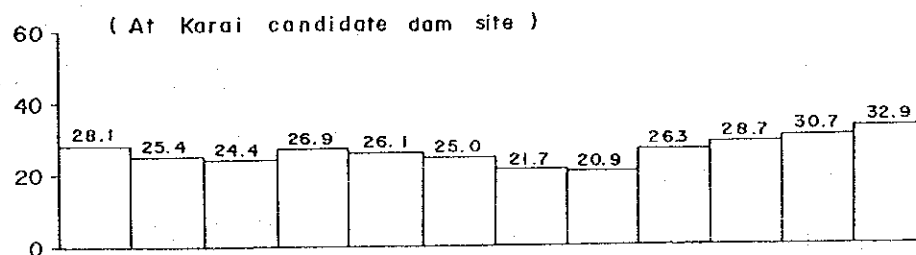
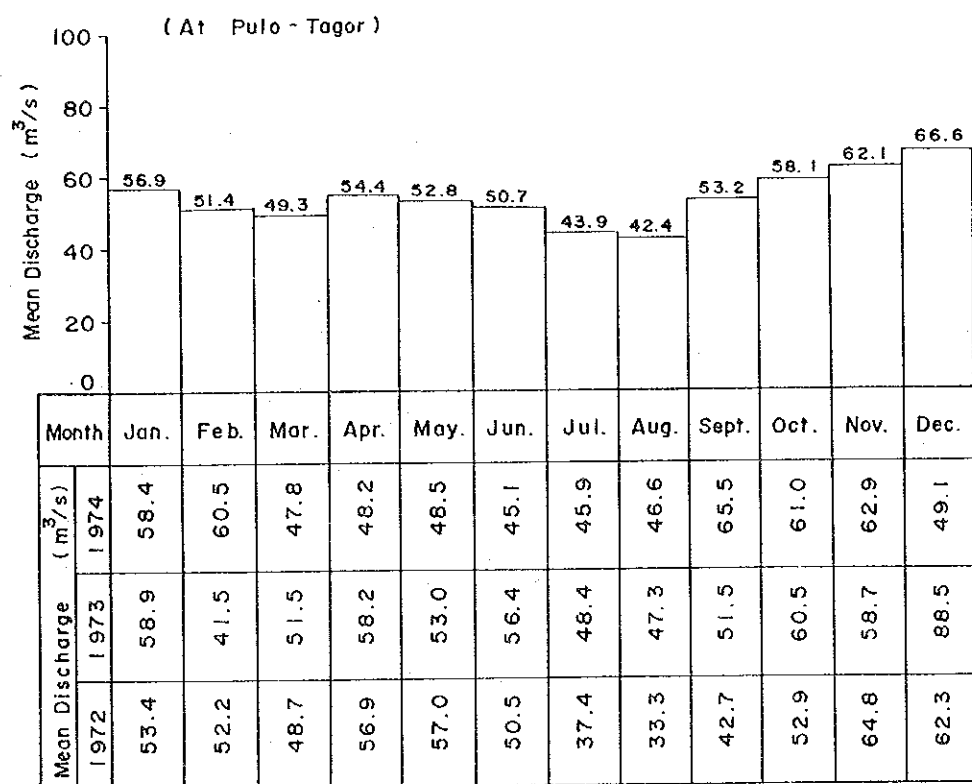


Fig. 3-4-8 Discharge Rating Curve at Bandar - Tiga

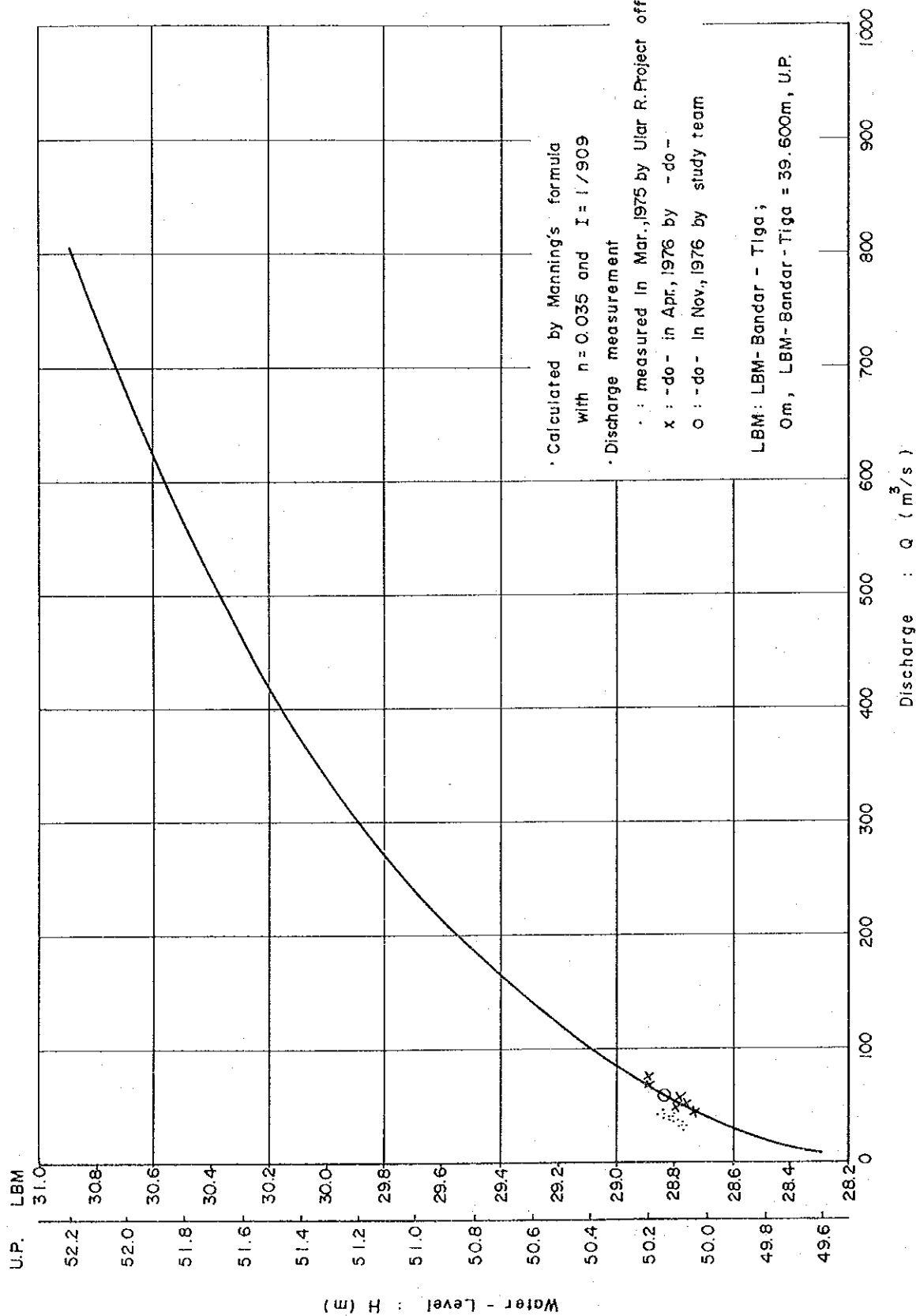


Fig. 3-4-9 Variation of Mean Water Level in a Year at Bandar - Tiga St.

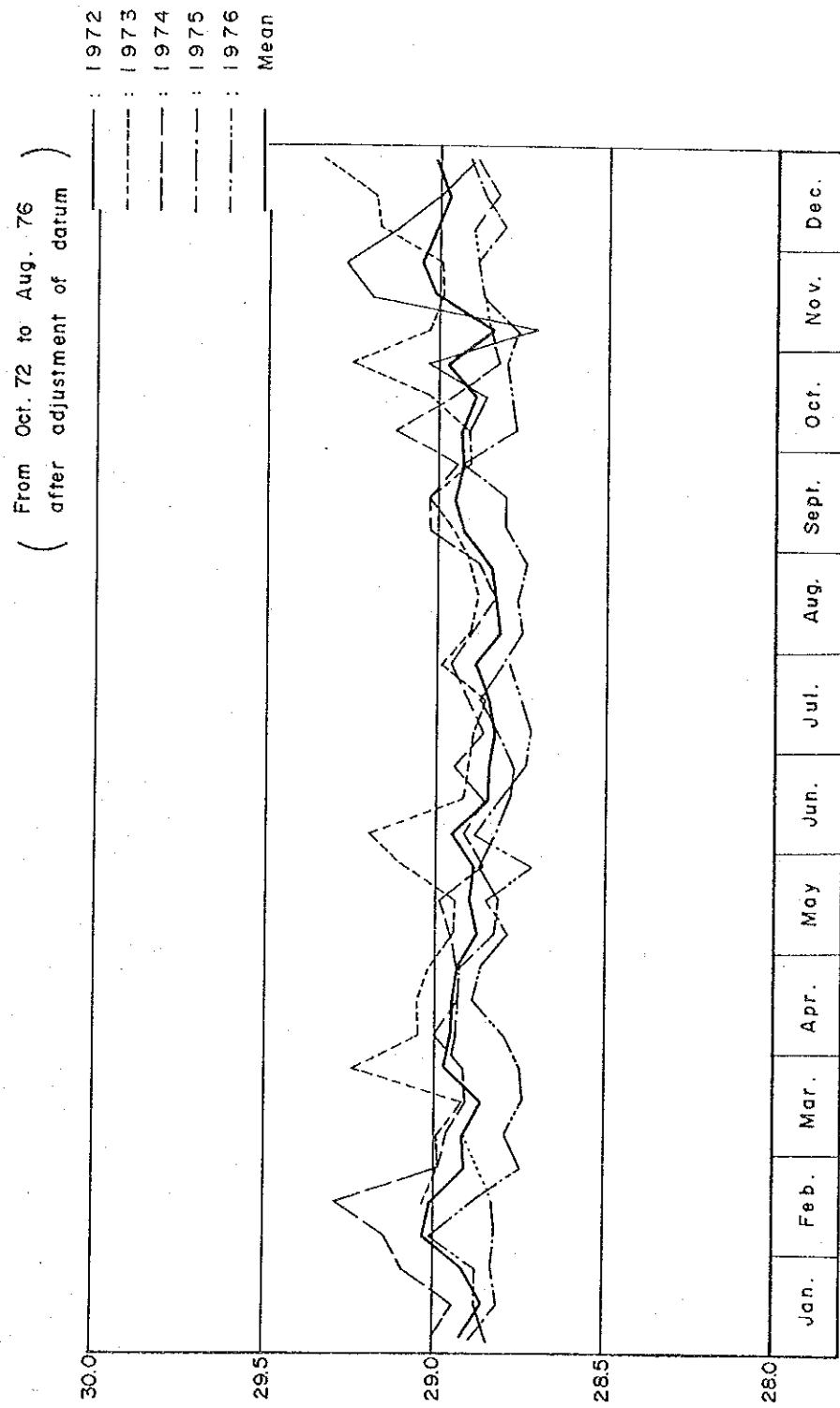
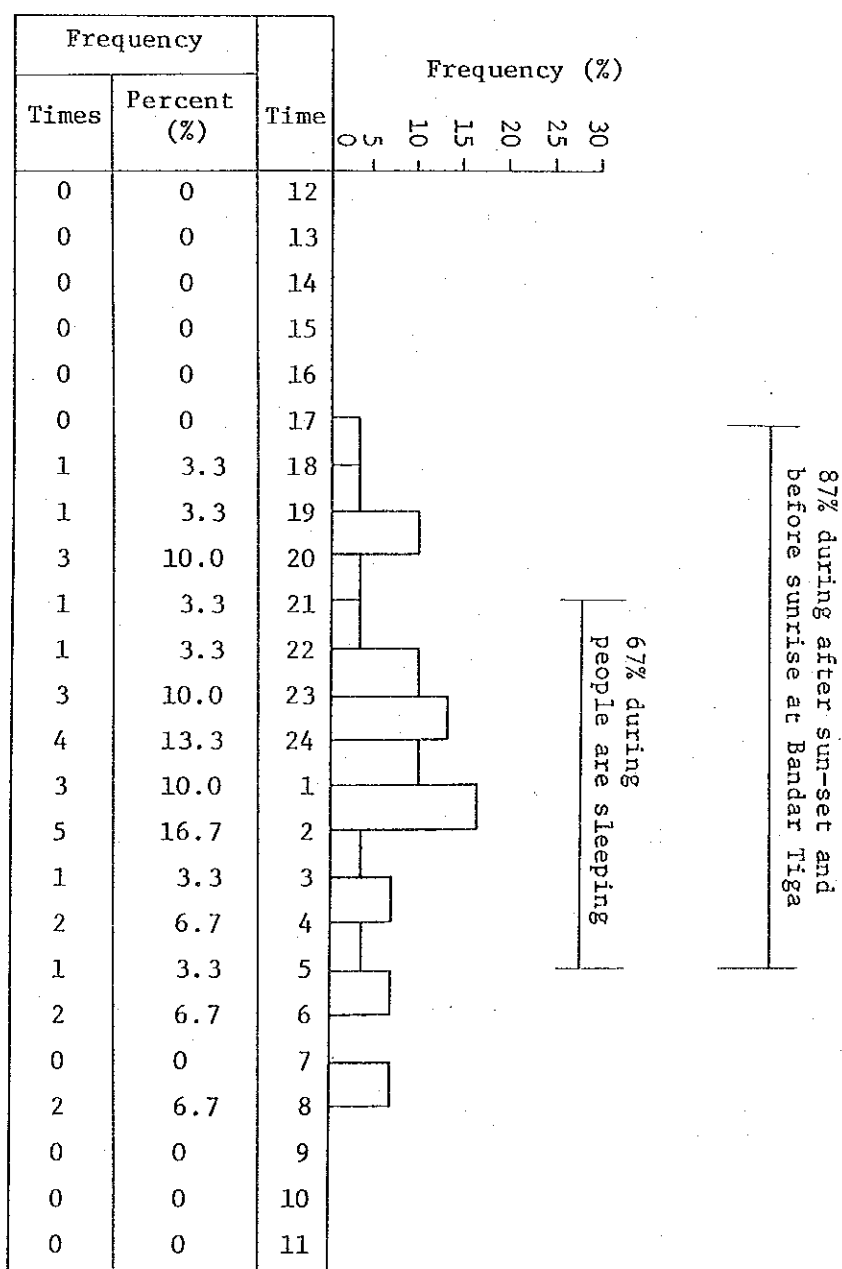


Fig.3-4-10 Frequency of Occurrence of Peak Discharge during One day



3.4.3 流 砂

Ular 橋 (橋上流 350 m 地点), Bandar-Tiga (水位観測所) Buaya 川 (合流点上流約 2,900 m) 及び Karai 川 (吊橋直上流) での流砂量を, 佐藤・吉川・芦田の式, Brownの式及び Engelund-Hansen の式を用いて, 観測河床材料, 断面及び DPM A による日流量資料から推定した各地点の月流量に基づき計算した。調査団が調査した河床材料粒径は次のとおりである。

Site	Ular Br.		Serbajadi Br.		Buaya R.		Karai R.	
	d ₆₅	(d ₅₀)	d ₆₅	(d ₅₀)	d ₆₅	(d ₅₀)	d ₆₅	(d ₅₀)
Right (mm)	1.0	(0.7)	1.0	(0.8)	1.0	(0.8)	1.4	(1.0)
Center (mm)	1.4	(1.1)	0.9	(0.7)	1.1	(0.8)	1.4	(1.0)
Left (mm)	1.0	(0.7)	1.1	(0.9)	1.7	(1.2)	1.4	(1.0)
Mean (mm)	1.13	(0.83)	1.00	(0.80)	1.27	(0.93)	1.40	(1.00)

一方, Ular River Flood Control Project Report (P.205) によると, -1.3 Km 附近から +1.0 Km 附近の区間に於ける, 河床材料平均粒径は, 大きな変化がなく, $d_m = 1.15 \text{ mm}$ である。

これらの資料に基づき, 流砂量計算に用いる粒径は, 次のとおりとした。

Site	Ular Br.	Bandar-Tiga	Buaya R.	Karai R.
$d_m (= d_{65})$ (mm)	1.15	1.15	1.27	1.40
d_{50} (mm)	0.85	0.85	0.93	1.00

いま, 次の定数を用いるものとする。

$$\sigma = \text{砂の密度} = 2.65 / 9.8 = 0.270$$

$$p = \text{水の密度} = 1.00 / 9.8 = 0.102$$

$$n = \text{マンニング粗度} = 0.035$$

$$g = \text{重力加速度} = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

$$\phi = \text{佐藤, 吉川, 芦田の式に用いる径数} = 0.623$$

流砂量計算に必要な諸元は, 上記各 4 地点に対して, 次のとおりとなる。

Site	Ular Br.	Bandar-Tiga	Buaya R.	Karai R.
d_m	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-3}	1.27×10^{-3}	1.40×10^{-3}
U_{*c}^2 (m^2/sec^2)	0.633×10^{-3}	0.633×10^{-3}	0.699×10^{-3}	0.770×10^{-3}
d_{50} (m)	0.85×10^{-3}	0.85×10^{-3}	0.93×10^{-3}	1.00×10^{-3}
d_m/d_{50}	1.353	1.353	1.366	1.400
I	1.525×10^{-3} (1/656)	1.100×10^{-3} (1/909)	2.065×10^{-3} (1/484)	1.770×10^{-3} (1/565)
$I^{1/2}/n$	1.116	0.948	1.298	1.202

佐藤・吉川・芦田の式は、

$$\frac{q_B}{U_* d} = \varphi \cdot F(r/r_c) \cdot \frac{U_*^2}{(\sigma/p - 1)gd}$$

ここに、 q_B は単位時間、単位幅当りの掃流砂量 ($m^3/s/m$)、 U_* は摩擦速度、 U_{*c} は限界摩擦速度、 r は掃流力、 r_c は限界掃流力、 $F(r/r_c)$ は、 r/r_c 或は U_*^2/U_{*c}^2 の関数で、 $U_*^2/U_{*c}^2 > 0.8$ に対して $F = 1.0$ となる。

Brown の式は

$$\frac{q_s}{U_* d} = 10 \left\{ \frac{U_*^2}{(\sigma/p - 1)gd} \right\}$$

ここに、 q_s は掃流砂、浮遊砂を含む単位時間、単位幅当りの流砂量 ($m^3/s/m$)
 d は河床材料平均粒径 (m) である。

Engelund-Hansen の式は、

$$q_s = 0.05 \cdot r_s \cdot v^2 \sqrt{\frac{d_{50}}{g(r_s/r - 1)}} \left\{ \frac{r_0}{(r_s - r)d_{50}} \right\}^{3/2}$$

ここに、 q_s は掃流砂、浮遊物を含む単位時間、単位幅当りの流砂量 ($t/s/v$)
 v は平均流速 (m/s)、 d_{50} は河床材料の 50% 粒径、 r_s は河床材料単位重量 (t/m^3)、 r は水の単位重量 (t/m^3) である。

先に述べた諸元を用いて、上記の各式を変形すると、

佐藤・吉川・芦田の式：

$$Q_B = 0.03853 \cdot B \cdot F\left(\frac{U_*^2}{U_{*c}^2}\right) \cdot U_*^3$$

Brown の式 :

$$Q_s = 0.03825 \cdot B \cdot \frac{U_*^5}{d}$$

Engelund-Hansen の式 :

$$Q_s = 0.4165 \cdot \frac{\alpha}{d^{50}} \cdot R^{1/3} \cdot Q_s (\text{Brown})$$

ここに, Q_B は河道全幅の掃流砂量 (m^3/S), Q_s は河道全幅の掃流砂, 浮遊砂を含む全流砂量 (m^3/S), B は河道幅 (m), R はマンニング式の経深である。

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

ここに, A は流積 (m^2), I は水面勾配或はエネルギー勾配, n は粗度である。

前記 4 地点に対して, この 3 つの式を用いて流砂量と流量の関係を求めると, Fig. 3-4-11 のとおりで, この図からこれら 3 式は簡略して, 次のように表わせることがわかる。

佐藤・吉川・芦田の式 :

$$Q_B = K_1 Q^{0.9}$$

Brown の式 :

$$Q_s (\text{Brown}) = K_2 Q^{1.4}$$

Engelund-Hansen の式 :

$$Q_s (\text{Engelund-Hansen}) = K_3 Q^{1.6}$$

1972年から1974年までのPulo-Tagorに於ける日流量に基づき求めた月平均流量を, Ular 橋地点及びBandar-Tiga 地点に適用し, さらに, この月平均流量を地点上流面積に比例して配分した値をBuaya川地点及びKarai川地点に適用するものとする。

この月流量を Fig. 3-4-11 に示した $Q-Q_B$ (或は $Q-Q_s$) 曲線に基づき, 月流砂量及び年間総流砂量を上記 4 地点につき計算した。結果は, Table 3-4-2 に示すとおりである。この表には, 空隙率を $= 0.3$ とした場合の容積も示してある。

以上の計算は, 月平均流量により行ったものであるので, 日流量による計算との誤差について検算した。この検算には, 大出水のあった 1973 年 12 月の Band-

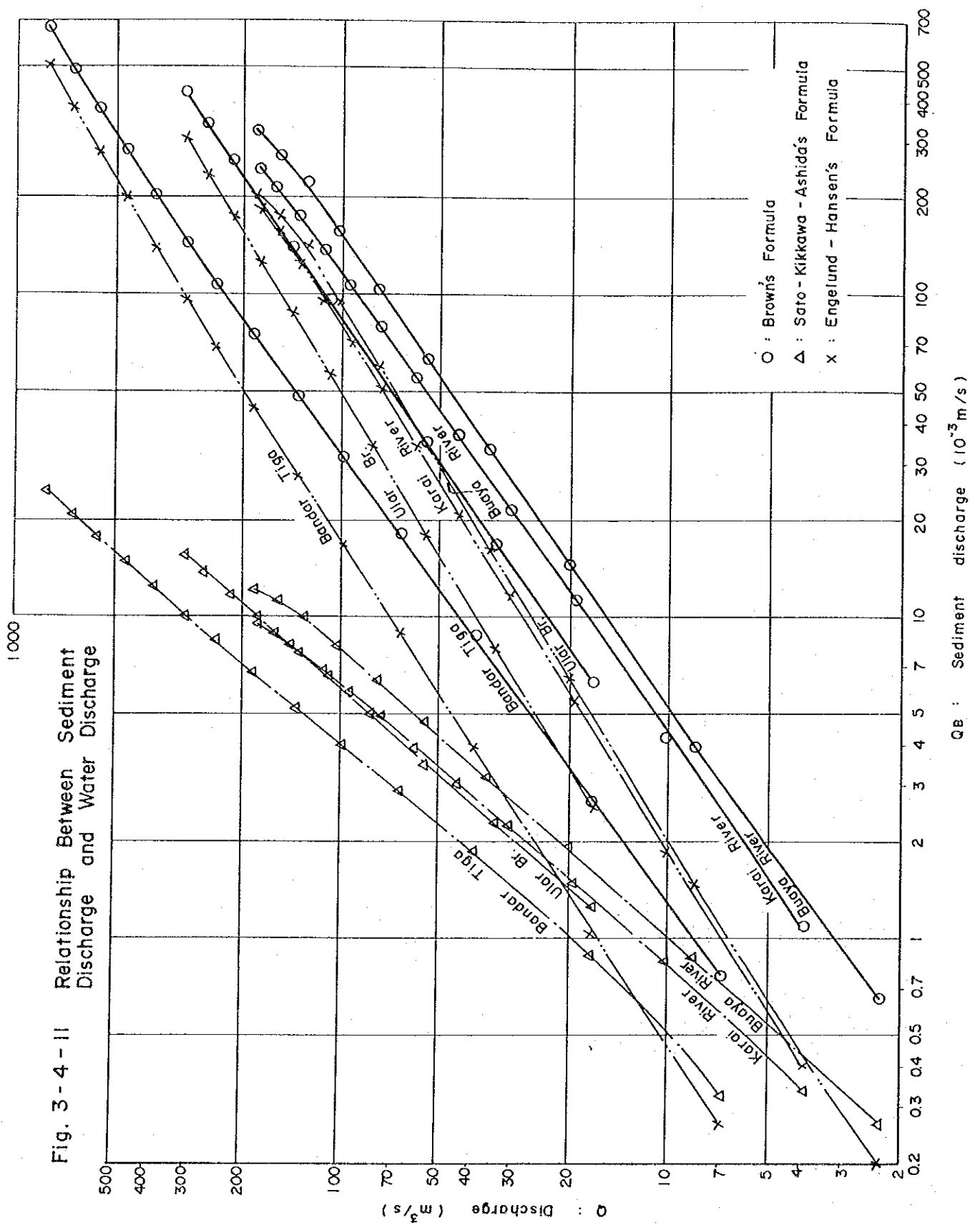


Table 3-4-2(1) Sediment Discharge

Month	Ular Bridge				Bandar-Tiga			
	Q (m^3/s)	QB(SKA) ($10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$)	Qs(Br) ($10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$)	Qs(EH) ($10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$)	Q (m^3/s)	QB(SKA) ($10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$)	Qs(Br) ($10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$)	Qs(EH) ($10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$)
Jan.	56.9	3.63	36.8	19.3	56.9	2.54	14.5	7.1
Feb.	51.4	3.32	31.4	16.2	51.4	2.34	12.6	6.0
Mar.	49.3	3.20	29.9	15.1	49.3	2.27	12.0	5.6
Apr.	54.4	3.50	34.2	18.0	54.4	2.46	13.8	6.7
May	52.8	3.40	33.0	17.0	52.8	2.40	13.1	6.4
Jun.	50.7	3.29	31.0	16.0	50.7	2.32	12.4	7.1
Jul.	43.9	2.87	25.0	12.4	43.9	2.04	10.0	5.7
Aug.	42.4	2.80	24.0	11.7	42.4	2.00	9.7	5.5
Sep.	52.2	3.53	35.1	18.1	55.2	2.47	14.0	6.8
Oct.	58.5	3.74	38.0	20.2	58.5	2.62	15.2	7.5
Nov.	62.1	3.92	41.5	22.1	62.1	2.75	16.6	8.2
Dec.	66.6	4.20	46.6	25.0	66.6	2.90	18.2	9.2
(Mean)	(53.7)	(3.45)	(33.9)	(17.6)	(53.7)	(2.43)	(13.5)	(6.82)
Annual total $Q_s (10^3 \text{m}^3)$	-	108.8	1,069	555	-	76.6	426	215
Q_s at $\lambda = 0.3 (10^3 \text{m}^3)$	-	155.4	1,527	792	-	109.4	609	307
Catchment area: $A (\text{km}^2)$	-	1,081	1,081	1,081	-	1,013	1,013	1,013
$Q_s/A:$ ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{yr}$)	-	144	1,410	733	-	108	600	303
(mm/yr.)	-	0.144	1,410	0.733	-	0.108	0.600	0.303

Table 3-4-2(2) Sediment Discharges

Month	Buaya River				Karai River			
	Q (m^3/s)	$Q_s(\text{SKA})$ ($10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$)	$Q_s(\text{Br})$ ($10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$)	$Q_B(\text{EH})$ ($10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$)	Q (m^3/s)	$Q_s(\text{SKA})$ ($10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$)	$Q_s(\text{Br})$ ($10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$)	$Q_B(\text{EH})$ ($10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$)
Jan.	24.7	2.27	19.5	9.0	28.1	2.09	19.6	10.1
Feb.	22.3	2.08	17.0	7.6	25.4	1.90	17.0	8.6
Mar.	21.4	1.99	16.1	7.2	24.4	1.83	16.0	8.0
Apr.	23.6	2.18	18.6	8.3	26.9	2.00	18.1	9.3
May	22.9	2.10	17.5	8.0	26.1	1.95	17.6	9.0
Jun.	22.0	2.05	16.5	7.4	25.0	1.86	16.5	8.3
Jul.	19.1	1.80	13.6	6.0	21.7	1.66	13.5	6.6
Aug.	18.4	1.73	12.9	5.6	20.9	1.94	12.7	6.2
Sep.	24.0	2.21	19.0	8.6	27.3	2.02	18.9	9.6
Oct.	25.4	2.33	20.5	9.5	28.9	2.11	20.0	10.3
Nov.	27.0	2.45	22.3	10.5	30.7	2.25	22.0	11.6
Dec.	28.9	2.60	24.6	11.7	32.9	2.37	25.0	13.0
(Mean)	(23.3)	(2.15)	(18.2)	(8.28)	(26.5)	(2.00)	(18.1)	(9.22)
Annual total Q_s (10^3m^3)	-	67.8	574	261	-	63.1	571	291
Q_s at $\lambda = 0.3(10^3\text{m}^3)$	-	96.9	820	373	-	90.1	816	416
Catchment area: $A(\text{km}^2)$	-	440	440	440	-	500	500	500
Q_s/A : ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{yr.}$)	-	220	1,860	933	-	180	1,630	832
(mm/yr.)	-	0.220	1.860	0.933	-	0.180	1.630	0.832

ar-Tiga に於ける日流量を用いた。Brownの式により流砂量を計算すると、結果は、日流量による計算値が月平均流量によるものより、わずか3%大きくなった。このことより、誤差は非常に小さいことがわかる。

3.4.4 潮 位

JICAの航空写真測量班は、1976年9月6日、7、8日の3日間Pantai Cerminで、潮位の観測を行った。CBM-1を河口より東方5Kmの地点の海岸沿いに設置し、これを潮位観測用ベンチマークとした。CBM-1の0mは、UPで1.57mである。

潮位は、Fig. 3-4-12に示すとおりである。一方、上記観測と同日のBelawan港に於ける潮位記録を収集し、前地図に併記した。

両潮位を比較すると、次の関係がある。

$$2.111\text{meter}, B \cdot P = -0.545\text{meter}, UP$$

$$\text{両潮位間の時差} = 43\text{minutes}$$

ここに、B・P Belawan 港の潮位計の読みであり、UPはUlar 川河口潮位の基準である。Pantai Cermin に於ける3日間の平均潮位は2.111m, LWSである。

参考のため、Belawan 港に於ける潮位の諸元を次に示す。

$$HHWS = +3.40\text{ m}$$

$$HWS = +3.00\text{ m}$$

$$MLS = +1.50\text{ m}$$

$$LWS = 0\text{ m}$$

$$LLWS = -0.20\text{ m}$$

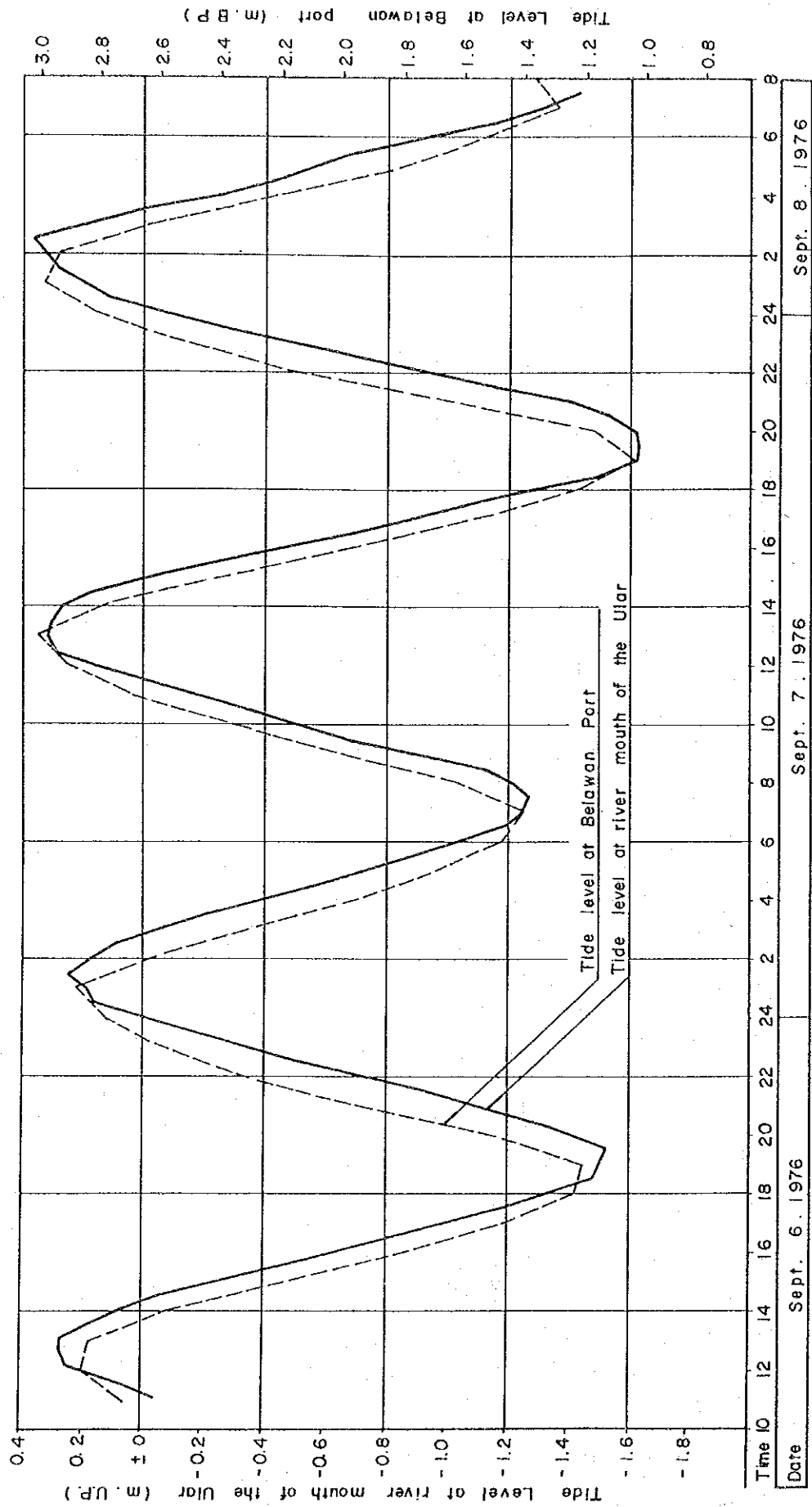
3.4.5 流量確率

流量確率を推定するのに、2つの方法がある。つまり、過去の流量記録から推定する方法と降雨資料から流出解析を経て推定する方法である。Ular 川の場合、現状では後者の方法は次の理由でほとんど不可能である。

- 流域の上中流部の降雨記録が解析に十分な期間がない。
- 降雨が局地的であるので、現存降雨観測所間の日雨量相関がない。
- 流出解析に必要な降雨特性及び流出機構のほとんどが不明である。合理式及び貯留関数法による流出解析を予備的に試みたが、結果は良くなかった。

従って、今回の調査では、過去の流量記録による推定法を適用することにした。計画流量の基準点としては、氾濫及び取水の影響のほとんどないSerbajadi橋を取る。

Fig. 3-4-12 Comparison of Tide Levels at Belawan Harbor and River Mouth of Ular River



Serbajadi 橋の水位流量曲線は、Final Report on the Ular River Urgent Flood Control Project (Aug., 1973; DPUTL)に基づき、Fig.3-4-13のとおりである。

(1) 過去のピーク流量記録

Serbajadi 附近での聴き取り調査及び洪水痕跡調査並びに古い設計図の検討等により、次の事が明かになった。

- a. 記憶にある限りの最も大きな洪水は、1954年12月10日の洪水である。
- b. 1954年洪水以降、2番目に大きな洪水は、1973年12月25日洪水で、3番目は、1969年10月洪水である。
- c. これらの洪水の諸元は、次のとおりである。

年	最 高 水 位			流 量 (m^3/s)	備 考
	(m, LBM)	(m, SG)	(m, UP)		
1954	8.36	3.52	47.96	865	設計図による (聴き取りによる と47.97m, UP)
1969	7.36	2.52	46.96	540	聴き取りによる
1973	7.60	2.76	47.20	610	"

ここに、LBMとはLBM-Serbajadiで、Serbajadiにおける水位標の読みとして用いられている標準基準で、SGはSerbajadi橋に設置された水位標の読みを示す。UPはUlar Peilで、ウラル川プロジェクトのこれらの基準間の関係は、次のとおりである。

$$Om, SG=4.843m, LBM=44.443m, UP$$

これらのことは、1954年から1976年までの過去23年間の第1位が1954年洪水で、第2位が1973年洪水、第3位が1969年洪水であったことを示している。Thomas法により、これらの確率を求めると、次のとおりで、これをFig.3-4-14に図示した。

洪 水	ピーク流量	順位	確率年
1954-洪水	$865m^3/s$	1	24
1973-洪水	610 "	2	12
1969-洪水	540 "	3	8

Fig. 3 - 4 - 13 Discharge Rating Curve at Serbajadi Bridge

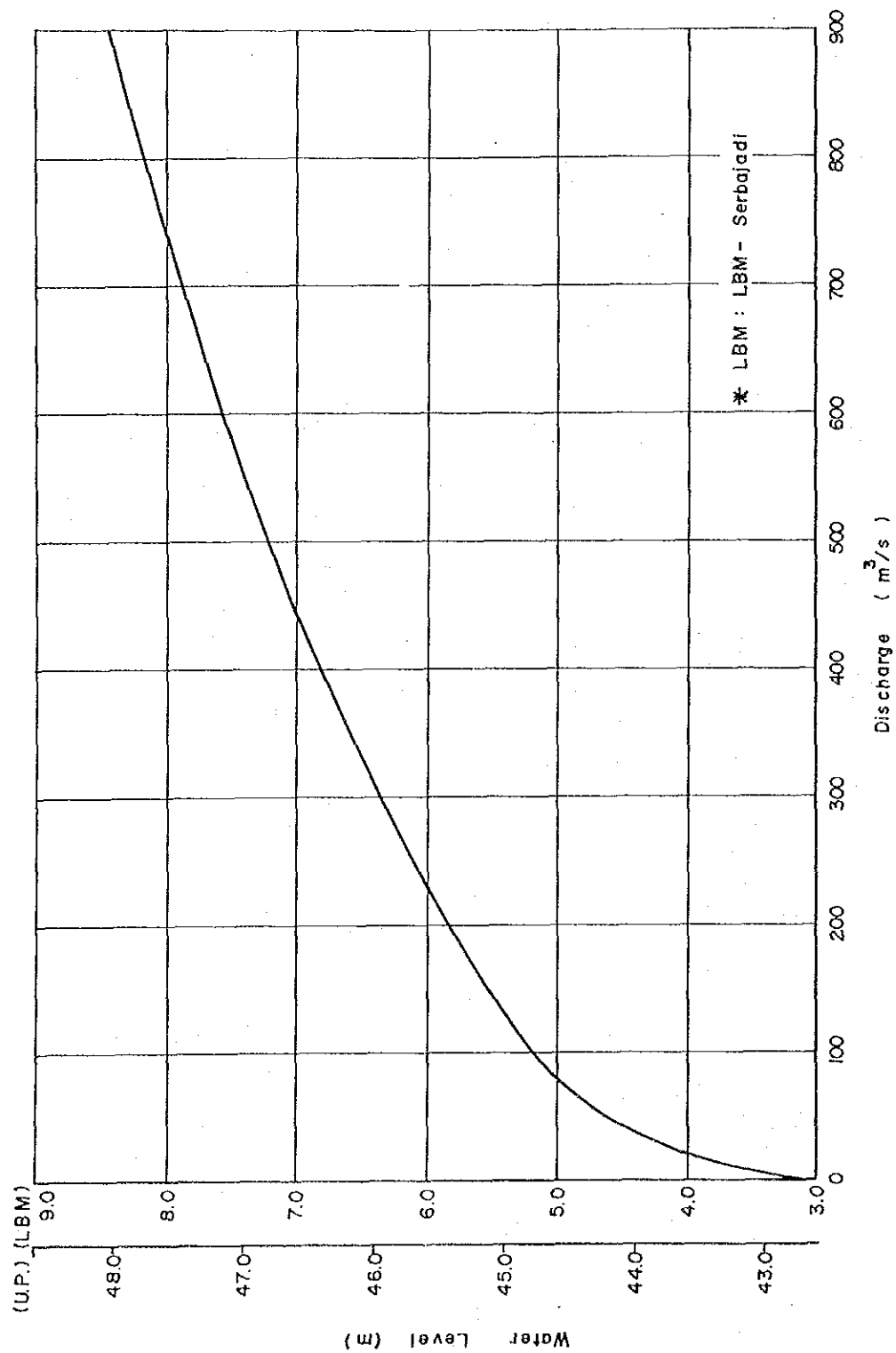
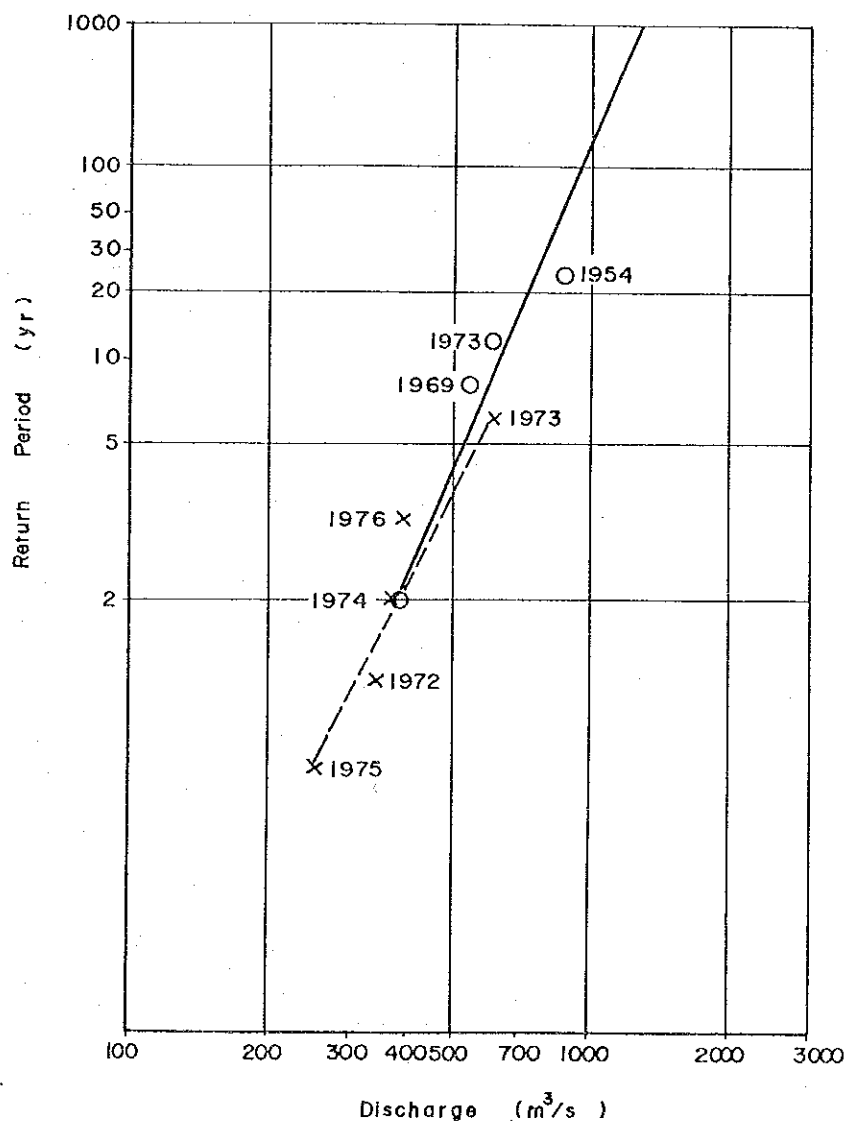


Fig. 3-4-14 Return Period of Discharge at Serbajadi Bridge



一方、1972年から、1976年までの過去5年間のBandar-Tigaに於ける年最大流量は次のとおりである（Table 3-4-1 参照）。

年	1972	1973	1974	1975	1976
ピーク流量 (m^3/s)	364	671	376	260	406

これらのうち、1972年及び1976年のピーク流量は厳密に年最大とは言えないが、年最大値か、それに近い値であろう。1973年洪水以外の上記洪水流量について、流量ハイドログラフ及び河道貯留を考慮した洪水追跡計算より、Serbajadi橋地点ピーク流量を推算した。結果として、Serbajadi橋に於ける年最大流量は、次のとおりである。

年	1972	1973	1974	1975	1976
ピーク流量 (m^3/s)	340	610	372	255	392

標本数 $n=5$ は、20年、50年及び100年の如き、確率年を外挿するには、小さすぎるが、2年確率を内挿するには、用い得る。これらの確率年をThomas法で推算し、Fig 3-4-14に示した。

過去23年間における一位、二位、三位の流量及び過去5年間の最大流量のうちから得られた2年流量を用いて、Serbajadi橋における流量確率は次のとおり推定した。

確率年 (yr.)	10	20	50	100
流 量 (m^3/s)	630	730	860	960

或いは、

流 量 (m^3/s)	600	800	1,000	1,200
確率年 (yr.)	8	33	133	500

3.4.6 ダム計画のためのハイドログラフ

2つのダム候補地点が提案されている。ひとつは、Karai川に、他はBuaya川にである。Karaiダム及びBuayaダム地点は、両川合流点上流、それぞれ5.0 km上流及び5.6 km上流にある。

先に述べたように、降雨からの流量推算が出来ないのでBandar-Tigaに於ける資料に基づき、ダム計画のための流量ハイドログラフを推定するのに、便宜的方法を採用する。

ダムの貯留容量検討のための流量ハイドログラフは、次の過程を経て、想定された。

(1) Bandar-Tigaのピーク流量

Bandar-Tigaに於けるピーク流量として、 $600\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $800\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1,000\text{ m}^3/\text{s}$ 及び $1,200\text{ m}^3/\text{s}$ の4種をとるものとする。

(2) Bandar-Tigaの流量ハイドログラフ

Bandar-Tigaに於ける実績洪水ハイドログラフを、基底流量と洪水流出の2部分に分割し、次に、洪水ピーク時に、洪水流出と基底流量の和が、それぞれ、 $600\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $800\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1,000\text{ m}^3/\text{s}$ 及び $1,200\text{ m}^3/\text{s}$ となるよう、洪水流出を定率拡大する。実績洪水ハイドログラフとしては、Table 3-4-1に示した洪水記録のうち、1973年12月25日洪水のハイドログラフを適用することにした。理由は、次のとおりである。

- a. 定率拡大の率は、出来るだけ小さい方が良い。もし、拡大率が大きくなると、そのように拡大されたハイドログラフの実現性が疑わしくなる。この点で、1973年洪水は他のものより、はるかに良い。
- b. 1973年洪水ハイドログラフの波形は、他のものと比べて、シャープでなく、このことは同じ、ピーク流量に対しては、他のものより、1973年洪水が、より大きな流量ボリュームを有していることを意味する。さらに、1973年洪水は、ダブルピーク形のハイドログラフである。

(3) 洪水時基底流量

主要洪水の流量ハイドログラフの、増水開始時に於ける流量は、次のとおりである。

日	時	流 量 (m^3/s)
Nov. 10. '72	at 21:00	71
Jun. 15. '73	at 20:00	95
Dec. 9. '73	at 17:00	90
Dec. 24. '73	at 17:00	106
SeP. 28. '74	at 24:00	60
Oct. 2. '74	at 18:00	87
Feb. 5. '76	at 19:00	79
平	均	84

上記の資料を考慮し、基底流量 (Q_0) を、 $Q_0 = 85 m^3/s$ と仮定した。

(4) ダム地点における流量

ダム地点に於ける流域面積は、次のとおりである。

地 点	流域面積 (km^2)	流域面積比
Bandar-Tiga	1,013	1.000
Lower end of Karai R.	573	0.566
Karai dam site	500	0.494
Lower end of Buaya R.	440	0.434
Buaya dam site	424	0.419

Ular川プロジェクト事務所所属の自記雨量観測所に対する Thiessen 比は次のとおりである。

観 測 所	G Meriah stを含む		G Meriah stを含まず	
	Karai R.	Buaya R.	Karai R.	Buaya R.
Kotarih	0.138	0.232	0.138	0.232
Gunung Meriah	0.063	0.484	—	—
Sarang Padang	0.341	0.113	0.380	0.468
Tiga Runggu	0.283	0	0.283	0
Negeri Dolok	0.175	0.171	0.199	0.300

主要洪水の原因となった、Karai川流域及びBuaya川流域の流域平均雨量を上記のThiesen比を用い計算すると、Fig.3-4-15に示すとおりである。この図から、次のことがわかった。

- a. Bandar-Tigaに於ける大洪水は、Karai川流域に於けるよりも、Buaya川流域における降雨により、もたらされる。
- b. 1976年2月5日を除くプロット点は、下記の2直線の範囲内に分布している。

$$R_{\text{Buaya}} = 1.25 R_{\text{Karai}} \text{ 及び } R_{\text{Buaya}} = 1.75 R_{\text{Karai}}$$

前者の直線は、降雨の偏りの上限を示していると解釈される。計画の安全に対する配慮からは、前者の直線は、Karaiダムの計画流量ハイドログラフの想定に、後者は、Buayaダムの計画ハイドログラフの想定に適用すべきである。

ダム地点に於ける、流量ハイドログラフの推定のため、Bandar-Tigaの基底流量については、流域面積と比例に配分し、Bandar-Tigaの洪水流出については、流域面積比と流域平均雨量比と比例に配分した。その計算式は次のとおりである。

i Karai河下流端流量(Q_{KK})

$$Q_{KK} = 0.566 \times (1/1.25) (Q_{BT} - Q_0) + 0.566 Q_0$$

ii Karaiダム地点流量(Q_{KD})

$$Q_{KD} = 0.494 \times (1/1.25) (Q_{BT} - Q_0) + 0.494 Q_0$$

iii Buaya河下流端流量(Q_{BR})

$$Q_{BR} = 0.434 \times 1.75 (Q_{BT} - Q_0) + 0.434 Q_0$$

iv Buayaダム地点流量(Q_{BD})

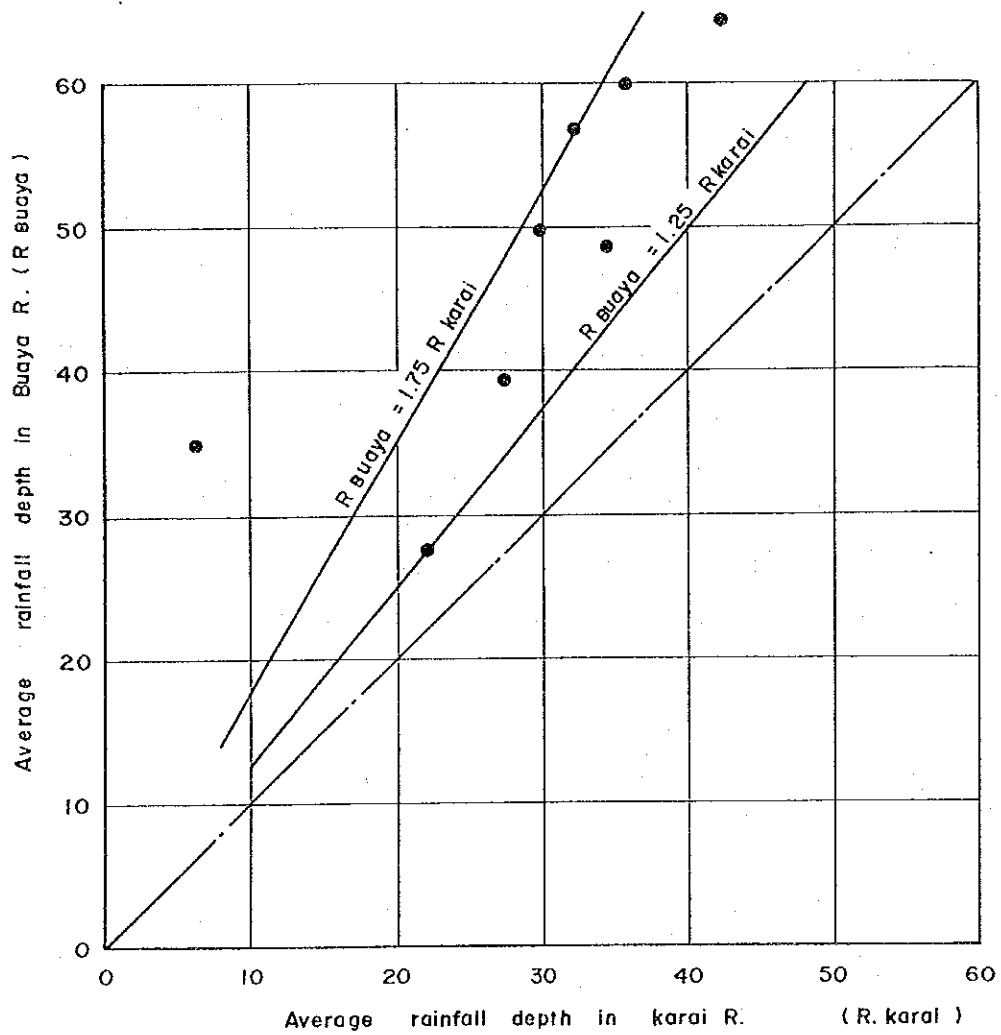
$$Q_{BD} = 0.419 \times 1.75 (Q_{BT} - Q_0) + 0.419 Q_0$$

ここに、 Q_{BT} : Bandar-Tigaに於ける流量

Q_0 : Bandar-Tigaに於ける基底流量

Fig.3-4-16は、それぞれ、ピーク流量がBandar-Tiga観測所で600 m³/s, 800 m³/s, 1,000 m³/s 及び 1,200 m³/s であるような4つのハイドログラフに対応するKaraiダム及びBuayaダムの計画用の流量ハイドログラフである。

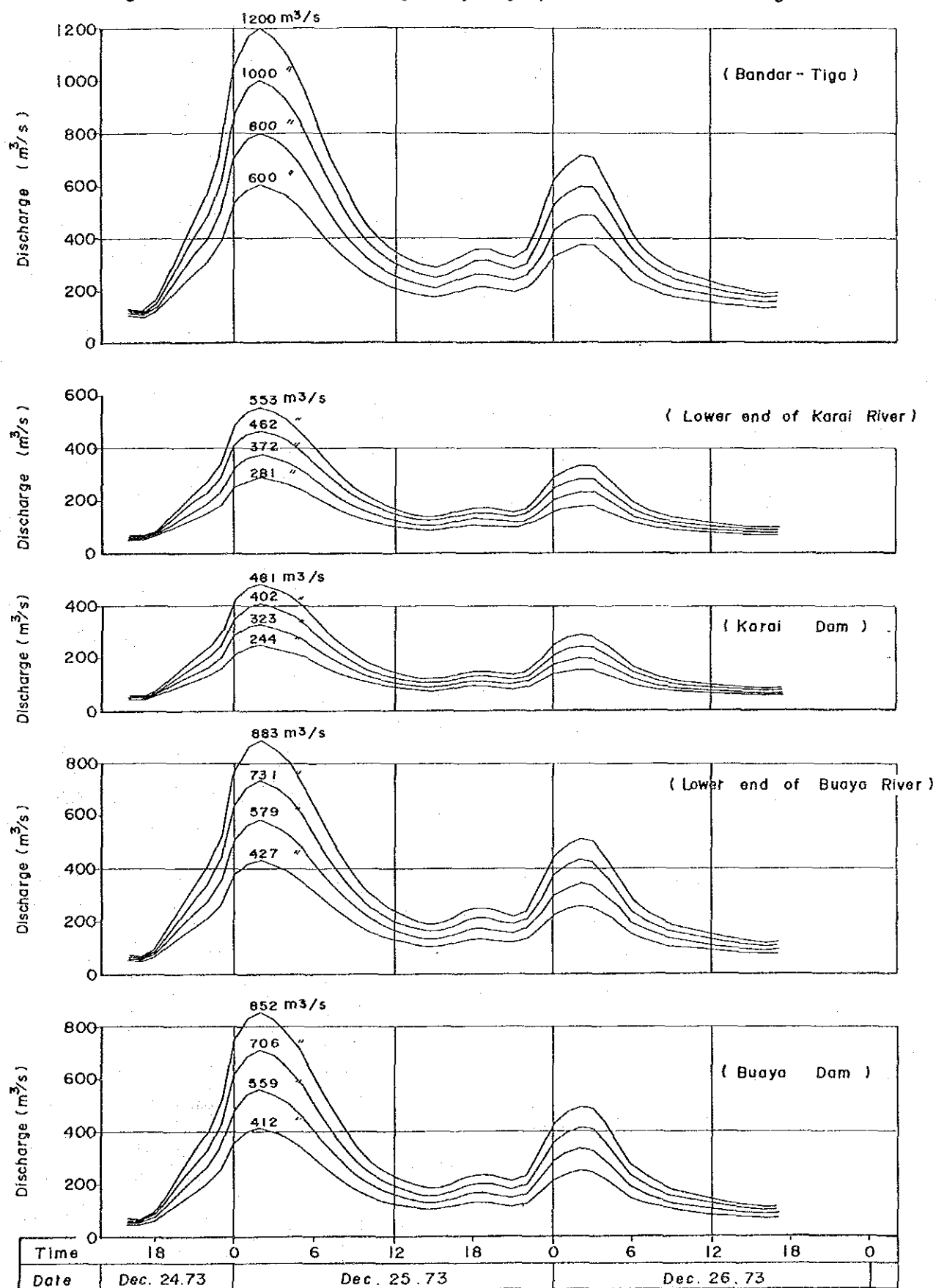
Fig. 3-4-15 Relation of Average Rainfalls



Major Floods at Bandar - Tiga Station (Aug. '72 ~ Aug. '76)
(Water-levels more than 3.0m, TBM are picked up)

Date	Water - level		Average rainfall (mm)	
	Rank	Hmax (m.TBM)	Karai R.	Buaya R.
Nov. 11 '72	6	30.075	22.0	27.6
Jun. 5 '73	2	30.215	29.8	49.8
Dec. 9 '73	8	30.015	27.2	39.4
Dec. 25 '73	1	(30.680)	42.1	64.3
Dec. 26 '73	3	30.180	34.5	48.6
Sept. 29 '74	5	30.100	35.8	59.9
Oct. 3 '74	7	30.070	32.2	56.8
Feb. 5 '76	4	30.140	6.3	34.9

Fig. 3 - 4 - 16 Discharge Hydrographs for Dam Planning



3.5 河川改修

3.5.1 河川の現状

Ular 川は、Ular 橋より、上流 26 K 附近で、Karai 川と Buaya 川が、合流し、合流後、丘陵地帯を流下して、距離標 No.19K で右岸側に、No.15K 附近で、左岸側に平地が展げる。Serbajadi 橋は、この区間の距離標 No.22.5 K 附近に存在する。

距離標 Na 19 K より、Na 10 K 迄の右岸側は、高さ 1 m ～ 1.5 m の小規模堤防が、存在するに過ぎない。1954 年洪水か、1969 年洪水か、明確ではないが、比較的近年に、Na 13 K 地点で、破堤し、Na 10 K で、原河道に、戻る新水路が、形成され、現在に至っている。左岸側は、Na 15 K から、Na 10 K 迄、P.U.Seksi が建設・管理している比較的規模の大きな堤防が、存在し、維持状況も、比較的良好である。

距離標 Na 10 K ～ Na 0 K 間は、緊急洪水防禦計画として、円借款を導入し、計画流量 $600 \text{ m}^3/\text{s}$ の規模で、堤防建設、高水敷整備、低水路拡張の各工事が、1972 年に着工され 1976 年 3 月に Ular 道路橋、鉄道橋の架設に関連の一部工事を残してほぼ完成した。

Na 0 K 附近には、Ular 道路橋、鉄道橋がある。これらの橋は、橋長短く、著しく河川を狭窄していたが、河川改修と時を合わせて架換工事が計画された。その計画は、Fig.3-5-7 にみられるとおりであり、道路橋に於て 94.22 m、鉄道橋に於て、50.68 m、旧橋より、橋長が長い。これらの橋梁は、それぞれ道路総局、鉄道管理局がそれぞれ建設しており、1977 年 8 月には、両橋共完成の予定である。この架換により狭窄の程度は、充分軽減されたが、未だ、河川中に、達せず河川を狭した形となっている。しかし、当局は両橋共、橋長を更に拡張する計画をもっている。

距離標 Na 0 K から Na -3 K までの間は、現在、河川改修工事が、進行中である。その規模は、上流区間と同じく、計画流量 $600 \text{ m}^3/\text{s}$ である。その工事進捗状況は、左右岸共に、上流区間と、同規模の堤防がほぼ完成して居り、高水敷、低水路の整備工事は現在、進行中である。

距離標 Na -3 K より下流の左岸側は、距離標 Na -4.8 K にある Ramonia Intake 迄緊急洪水防禦計画と、同規模の堤防が、完成している。それより下流は、P.U.Seksi 管理の上流より規模は、小さいが、維持管理の比較的良好な堤防が、距離標 Na -8 K 迄続く。距離標 Na -8 K より下流は、Fig.3-5-1 から、わかる様に水路と、異った方向に堤防が存在する。この堤防は、1940 年に修正された 1/50000 地形図から判断すると、旧 Ular 川沿いに建設された堤防の様である。附近住民の

Fig. 3-5-1 Ular River Improvement Project
(Case of 800m³/s)

