

持出禁止

# 東パキスタンカルナフリ水力発電計画 基礎調査報告書

昭和43年3月

海外技術協力事業団

205/6

JICA LIBRARY



1079769141

# 東パキスタンカルナフリ水力発電計画 基礎調査報告書

昭和43年3月

海外技術協力事業団

国際協力事業団

20516

## は し が き

このたび、海外技術協力事業団はパキスタン政府の要請により、東パキスタン東南部国境沿いを流れるカルナフリ川の偉大な貯水池を再利用して水力発電所を増設する計画につき、その可能性を調査検討のため、日本工営株式会社技術顧問淵本正宏氏を団長とする4人からなる調査団を編成した。

この調査団は昨年10月30日から本年2月10日までに計画地点の踏査および測量、ボーリング指導ならびに水文、気象、地形、地質、電力需要等に関する資料収集を実施した。

ここに提出する報告書はその調査結果をとりまとめたものである。この報告書が今後東パキスタンの水力発電開発への一助となり、ひいては日パ両国間のより緊密な経済協力および友好関係の推進に貢献するところとなれば光栄の至りである。

最後に、この機会にパキスタン政府および関係各位のこの調査団へ示されたご協力、ご支援に対し心から謝意を表したい。

昭和43年3月

海外技術協力事業団

理事長 渋 沢 信 一

## 目 次

第1章 緒 論 .....	1
1-1 経 緯 .....	1
1-2 調 査 の 目 的 .....	1
1-3 謝 辞 .....	2
第2章 結 論 と 勧 告 .....	4
第3章 東パキスタンとカルナフリプロジェクトのあらまし .....	6
3-1 東 パ キ ス タ ン .....	6
3-2 カルナフリプロジェクト .....	6
第4章 東パキスタンにおける電気事業の現状 .....	8
4-1 EPWAPDA .....	8
4-2 電 力 設 備 .....	8
4-3 電 力 消 費 .....	9
4-4 電 力 料 金 .....	10
4-5 発 電 原 価 .....	10
4-6 電力需要および送電計画 .....	11
4-7 標 準 電 圧 .....	11
4-8 電 力 資 源 .....	11
4-8-1 石 炭 .....	11
4-8-2 石 油 .....	12
4-8-3 天 然 ガ ス .....	12
4-8-4 水 力 資 源 .....	12
4-8-5 そ の 他 .....	12
4-9 カルナフリ発電設備 .....	12
4-10 第三次五ヶ年計画(WAPDA関係) .....	13
第5章 現地調査結果の概要 .....	14
5-1 気象および水文資料 .....	14
5-2 貯水容量の検討 .....	14
5-3 地 形 調 査 .....	15

5-4	地質調査	15
5-4-1	カルナフリ流域の地質	15
5-4-2	第二発電所予定地の地質	16
5-5	コンクリート骨材	16
5-6	積算資料	17
5-7	送電線ルート	17
第6章	カルナフリプロジェクトのフィージビリティ	18
6-1	通常運転	18
6-2	ピーク発電	18
付	録	21

# 第1章 緒 論

## 1-1 経 緯

東パキスタン、ワプダ (East Pakistan, Water and Power Development Authority 略して EPWAPDA) は東パキスタン南東部に位置するカルナフリ発電所の増設に関し、feasibility study を行うことを1967年、日本政府に要請した。日本政府はこの要請にこたえてその実施を海外技術協力事業団に委託した。海外技術協力事業団は、下記の技師4名よりなる調査団を編成し、調査を実施した。

団長	淵 本 正 宏	(土木技師)	日本工営株式会社顧問
団員	榎 村 朗	(電気技師)	日本工営株式会社電気部部长
団員	角 和 彦	(地質技師)	日本工営株式会社嘱託
団員	新井田 栄一郎	(土木技師)	日本工営株式会社プロジェクト部

前記調査団は1967年10月30日より1968年2月10日に至る約100日間現地において調査を行い、また必要な資料を収集し、これらの調査結果および収集した資料にもとずき、この計画に関する報告書を作成、ここに提出するものである。

## 1-2 調査の目的

本調査の目的は、上記 feasibility report 作成のために必要な資料収集のための調査であり、この調査はパキスタン政府が実施したものと本調査団が実施したものの二つに分けられ、次の通りである。

パキスタン政府が実施した調査

- a) 貯水池区域の航空写真撮影、グラウンドコントロールおよびこれの図化, Survey of Pakistan
- b) 発電所予定地点の地点の地形測量, EPWAPDA
- c) 発電所予定地点のボーリングによる地質調査, EPWAPDA

本調査団が実施した調査

- a) 電力事情調査
- b) 貯水池区域および発電所予定地点の踏査
- c) 気象および水文資料の収集
- d) 工事材料の調査
- e) 積算資料の収集
- f) 送電線ルート of 踏査

この報告書を作成にあたって使用することができた諸資料は限られたものであった。したがって feasibility report を提出するにあたって更に詳しい調査が必要である。特に



貯水池容量について疑問がもたれ、正確な貯水容量の算出が必要である。それゆえに Survey of Pakistan が目下作成中の貯水池区域の地図の完成が待たれる。

### 1-3 謝 辞

調査団は、今回の調査に際してパキスタン政府の関係官庁、EPWAPDA および日本プラント協会 ( JCI ) の諸官より提供された多くの助力と協力に対してここに心から感謝の言葉を捧げたい。特に EPWAPDA の W. Choudhuli 氏および JCI ダッカ所長の佐々木亮氏にはお世話になったので、ここにあわせて感謝の意を表したい。

今回会った主要関係者は下記の通りである。

#### EPWAPDA

Chairman	G. A. Madani
Power Wing:	
General Manager	A. N. Mohammed
Deputy General Manager	S. M. Al-Hussainy
Chief Engineer, Power Construction	A. Zaman
Additional Chief Engineer, Line Construction	N. A. Naseem
Secretary to General Manager	A. Salan Khan
Additional Chief Manager	W. Choudhuri
Executive Engineer	K. Sharma
Statistics	Md. Nezamuddin
Assistant Deputy General Manager	S. T. Hussain
Assistant Chief Engineer, Line Construction	Ahmed
Assistant Chief Engineer, Power Station Construction	Nijibur Rahman
Director of Planning	A. B. L. Rahman
Deputy Director, Planning	M. A. Ahmed
Deputy Director, Programme	S. T. S. Mahood
Director of Accounts	Ruhul Quddus
Account Officer	M. Anwarul Alam
Superintending Engineer, Line Construction	Abul Hossain
Executive Engineer, G. K. P/S	Q. M. Khaled
Manager, Karnafuli Hydro-Electric Power Station	A. K. M. Shamsddin
Deputy Manager, Karnafuli Hydro-Electric Power Station	Sk. A. Rahman

<b>Water Wing:</b>	
Deputy Director of Planning	A. Hossain
Director, Hydrology	Talukdar
Deputy Director, Hydrology	M. Rahman Talukdur
Director, Geophysical Section	A. F. M. Habibur Rahman
<u>Survey of Pakistan (East Pakistan Government)</u>	
Deputy Surveyor-General	S. Q. Hassan
Office in Charge No. 2 Photogrammatic Office	Wasi Ahmad
<u>Directorate of Agriculture (East Pakistan Government)</u>	
Director of Agriculture Department	Amiral Islam
Project Director, Bureau of Agricultural Statistics	M. A. Hakim
Senior Statistical Office, Bureau of Agricultural Statistics	M. Hussain
<u>Regional Meteorological Directorate (East Pakistan Government)</u>	
Director	M. S. Hug
<u>Consulting Engineers to EPWAPDA</u>	
IECO, Hydrologist	D. D. Mussey
" , Adviser	N. B. Boutacoff
H. G. Acres and Company, Ltd.	F. G. A. Tam
Fichtner Consulting Engineer	F. Schlittler
W. P. London and Partner	P. J. Krull
Brown Boveri & Co., Ltd. (Swiss)	Osear Hess

## 第2章 結論と勧告

今回の調査の結果より、詳細の検討は今後待つとしても、あらまし下記の事が要約できる。

- (1) カルナフル水力発電所は、東パキスタンにおける現有の唯一の水力発電所であり、他にはサング川流域に87.1MW開発計画があるだけである。しかも計画が土地補償問題にからみ、建設予定が確定されていない今日カルナフル発電所の電力系統における役割は大きい。
- (2) カルナフル発電所は計画が何度も変更され、工事も必ずしも順調ではなかったためもあり、更に水没地域の補償がかさむ一方、洪水調節等による公共事業元の分担費等、政府との交渉が未解決になっており、また3台設備のうち2台しか設備していないため、kWh当りの建設費が高く算出されている。このため1966/67年度の発電では年間 $486 \times 10^6$ kWhで、0.056ルピー/kWh(4.2円/kWh)であり他国に比較して高いが前記の石炭石油発電所の燃料費程度<sup>△1</sup>しかなっておらず、EPWAPPAの平均発電コストを0.0834ルピー/kWh(6.3円/kWh)に維持できるのに役立っている事はあきらかである。
- (3) ここでカルナフル発電所の疑問とされている貯水容量にふれると、現地点においては、放水試験によりその徴候があるにせよ、現在行われているSurvey of Pakistanの貯水池区域の地図化の完成を待つてチェックする以外決め手はないようである。
- (4) 上記のように貯水容量のチェックが完了してない現在、増設計画は正確に検討することはできないが、貯水容量が、現在考えられているより30パーセント大きいと仮定して概略的にその検討を行った。貯水容量が30パーセント大きいとすれば比例して常時電力は概略30パーセント増す。この場合三号機の掘付後(15パーセント過負荷で150MW)、利用率は38パーセントになり当分の間この設備で間に合いそうであるが、雨期の余剰電力の価値を考えて今後の増設計画を慎重にたてる必要がある。
- (5) 更にカルナフル発電所は将来パキスタンにおいて水力資源地帯がサング川以外にないことから、ピーク発電所として役割を充分検討する必要があるので、貯水容量が30パーセント大きいとして概略検討してみた。ピーク発電所を250MWの設備を考えると、0.058ルピー/kWh(4.3円/kWh)程度となり、天然ガス発電のピーク<sup>△2</sup>運転が0.06ルピー/kWh(4.5円/

---

△1 EPWAPDAの石炭石油発電所はそのほとんどが旧式のもので多く、更に中共より輸入の石炭が150ルピー/英トン(約1,000円/トン)、あるいはC相当重油が0.67ルピー/英ガロン(11.1円/リットル)と非常に高い燃料費(たとえばGoalpara発電所(石炭)において0.115ルピー/kWh(8.6円/kWh)、Siddhariganj発電所において0.115ルピー/kWh(4.9円/kWh))である。

△2 最近ダッカ北東部に発見された天然ガスは電力元への原価供給により将来廉価な電力を生産するだろう。現在建設中の天然ガスによる汽力発電所の発電コストは廉価(0.75~1.30ルピー/1,000立方フィート)供給により、0.032ルピー/kWh程度に予定されている。

kWh)程度になるので、その運転の容易からいってもピーク発電所としてこのカルナフリ発電所を有効的に活用できると推定される。

(6) 発電所増設は現発電所を延長することが、最も有利と考えられる。地形的および地質的調査の結果でも問題はないと思われる。

(7) 上記の事から今後の調査計画および検討すべき事項は下記のものとなる。

- (a) 貯水容量の確認 ✓
- (b) 常時電力の確認
- (c) 増設計画の技術的、経済的詳細検討
- (d) 貯水池調査計画の詳細検討
- (e) ピーク発電の導入計画案作成

### 第3章 東パキスタンとカルナフリ プロジェクトのあらまし

#### 3-1 東パキスタン

東パキスタンは北緯 $20^{\circ}30' - 26^{\circ}45'$ 、東経 $88^{\circ}00' - 92^{\circ}56'$ の間に位置し、東北西三方はインドに、東南部はビルマに接し、南方はベンガル湾にのぞんでいる。その面積は約 $143,000\text{ km}^2$ で日本の面積の約40パーセントである。

地形上から見ると東パキスタンはガンジス平原とチャッタゴン丘陵地域の二つに特色づけられる。前者は東パキスタンの大部分を占め、北より南へベンガル湾に達する大平原を形づくっている。海拔はわずか30フィートであり、ブラマプトラおよびメグナの主流および支流ともに、無数にこの平野を蛇行し、南端部は雨期には水没するところが多い。一方後者は東南部に位置する標高100~2,000フィート(30~600m)の山というより丘陵と称せられる地帯である。この地域の主な川としてカルナフリ川がある。

地質的には前者のほとんどが沖積層で占めているのに対し、後者は主に粘土および頁岩で形成されている。

東パキスタンは南西部の1部の熱帯を除き、ほとんどが温暖地帯に属する。気候は冬期(11月~2月)、夏期(3月~6月)およびモンスーン期(7月~10月)の3つに分けられる。全土の年平均気温は $21^{\circ}$ から $24^{\circ}\text{C}$ の間にある。雨はモンスーン期に年雨量の約90パーセント降り、年雨量はダッカ付近で約2,000ミリ、チャッタゴン付近で2,700ミリで、チャッタゴン丘陵地域ではそれ以上である。

人口は1966年の推定で約6,200万であり、平方キロメートル当たり約420人の高密度を示している。また最近5年間の増加から推定して年々2.6%の高増加率である。

この国の経済は農業が中心であり、全人口の約80パーセント以上が農業に依存しているといわれる。現在外貨収入の約71パーセント、国家歳入の約70パーセントを農業が占める状態である。

#### 3-2 カルナフリプロジェクト

カルナフリプロジェクトは東パキスタン唯一の既設の水力発電所であり、現場はチャッタゴン市(東パキスタンの東南部にあり東パ第二の大都市で人口37万、外洋港と工場地区をもつ)から約70km上流にある。

発電を主とした多目的ダムプロジェクトで1952年着工され、紆余曲折を経て1962年に完成した。

カルナフリ発電所は設備容量12万kW(4万kW×3台)として計画され、うち2台が既設で稼働している。3号機は近く米国援助資金で入札が行われる予定である。当3号機の

出力は4万kWから5万kWに増加された。従って完成後は設備容量は合計13万kWとなる。

カルナフリ貯水池の容量は膨大なものであり、本プロジェクトのコンサルタントであった International Engineering Co., Inc. (IECO, アメリカ、ロスアンジェルス) が計画当時作成したグラフによれば、H. W. L. 118 フィートで湛水面積は227 平方マイル (588 km<sup>2</sup>)、全貯水容量  $4.35 \times 10^6$  acre-feet (約54億 m<sup>3</sup>) である。

発電開始後、種々の徴候から上記の面積と容量は誤りで実際にはもっと大きいものと推定された。そのため本当の面積ないし容量を知るため、1963年に再び航空写真をとり、1964年グラウンドコントロールを実施し、Survey of Pakistan の手で図化中である。このように貯水容量が大きければ発電所の設備容量が増やせることに WAPDA は着目し、これをカルナフリ第二発電所と名づけ、この feasibility study を日本政府に要請したのである。

カルナフリダム完成後は多目的の1つであるダム奥地からの舟運が開けて、物資とくに木材と竹の搬出が漸増した。これに関して IECO は最初のレポート (1954年) で報告している様にロックを計画してあったが、当時は時期尚早として実現せず、その代りに Cargo Transfer を設備して物資のみを貯水池から下流へ下すことに変更した。しかしこれも近年ではこの設備の容量が一杯になってきており、WAPDA は第二発電所建設時にこのロックを設備することを望んでいる。ちなみに現在年25万トンの物資を下している。

現在発電所からの送電線はチャッタゴンを経てダッカ迄延長、270 km、132 kV、2回線が建設されている。第二発電所建設に際しては、その最終設備容量によって、新しく送電線が必要かどうかが決まるので充分検討する必要がある。

## 第4章 東パキスタンにおける電気事業の現状

### 4-1 EPWAPDA

東パキスタンにはEPWAPDAが唯一の国営電力事業機関であり、今回調査の対象となったカルナフリ発電所を含め1967年末約225MWの発電設備を持ち、送配電業務も行っている。この他に私企業として、Fenchuganjの窒素工場のもつ36MWの他、Karnafuli 製紙工場、シュート工場、砂糖工場等の付帯電力設備がある。

### 4-2 電力設備

東パキスタンではカルナフリプロジェクトと称せられるカルナフリ水力発電所が80MWの設備で、1962年より、132kV 2回線の送電線にてチッタゴンを経てダッカ迄送電している系統以外は電力網が完成していない。

この系統の他に1970年までに第3次5カ年計画として東西南北に伸びる系統を完成させるべく送電線網を建設中であり、1部は1968年早々運転開始できる模様である。  
(添付系統図参照)

1967年12月現在の電力設備は東西に分けて

東 部	1 6 4 . 5	M W
西 部	6 0 . 5	M W
計	2 2 5 . 0	M W

詳細は下記の通りであるがカルナフリ発電所およびチッタゴンガスタービン発電所以外はほとんどふるい設備である。

東パキスタン発電所設備 (WAPDA)

Eastern Zone	出 力	燃 料	運転開始
Dhamandi Steam	4.5 MW	石 炭	1902年
Chittagong Diesel	8.0	油	1955
Siddhriganj Diesel	10.0	油	1953
Siddhriganj Steam	30.0	油	1959
Karnafuli Hydro	92/80	—	1962
Miscellaneous, Diesel	7.0	油	—
Chittagong Emergency	13.0	油 (ガスタービン)	1967
Total	164.5		
Western Zone			
Goalpara Diesel	7.0 MW	油	1955
Goalpara Steam	16.0	石 炭	1959
Bheramara Steam	8.0	石 炭	1961
Thakurgaon Diesel	10.5	油	1966
Miscellaneous, Diesel	19.0	油	—
Total	60.5		
Grand Total	225.0 MW		

私 企 業 の 設 備

Fenchuganj 窒素工場	3 6.0 0 MW
砂 糖 工 場	1 0.3 1
ジュートおよび防績工場	1 7.2 3
セメント工場	7.5 4
計	7 1.0 8 MW

4-3 電 力 消 費

1966年にEPWAPDAは $657 \times 10^6$  kWhの発電をし、 $526 \times 10^6$  kWhを売電した。そして各発電所の最大負荷の合計は133MWに達した。私企業の発電量が不明であるが、これを加えても人口6,300万人に対しては年間1人当りの消費量は1.2kWh程度にすぎない。これは電力設備、送配電線網共不足しているためである。しかし外資援助による設備が着々と完成しつつあるので、ここ数年では年間25パーセントの電力消費の増加を示している。

現在できている唯一の送電系統のカプタイーダックグリッドではカルナフリ発電所が主役であり、1967年7月には系統の全発電所で115.6MWの出力を記録した。また発電量はEPWAPDAの全設備の67パーセントを占めた。

WAPDAの全電力消費の状況を次に示す。

年	発 電 力 量 (MWh)				消費電力量 (MWh)	ピークロード (kW)
	水 力	汽 力	ディーゼル	合 計		
1959	—	73,452	94,353	167,805	138,278	38,000
1960	—	148,596	70,304	218,900	178,520	42,200
1961	—	164,769	93,781	258,550	212,665	56,000
1962	176,420	111,590	40,170	328,180	252,105	69,550
1963	209,000	157,270	49,370	415,640	346,790	81,730
1964	337,000	78,838	41,798	457,636	386,255	96,354
1965	403,181	115,088	48,981	567,250	465,233	110,012
1966	450,935	137,968	68,097	657,000	526,000	133,000
1967(9月)						159,800

(注) ピークは各発電所の時間当りの負荷MWの合計から算出したもので系統になっていない。

需要家の数は1967年6月で

東 部	カルナフリグリッド	9 9,0 0 0
	独 立 供 給	1 2,2 3 5
西 部	Goalpara-Bheramara	1 8,8 4 9
	独 立 供 給	1 9,2 9 1
		1 4 9,3 7 5



人口1,000人当り2.3戸であり、東京電力の1966/67年の実績では、282戸であるので電力普及は日本に比しはるかに悪い。

尚需要家当りの電力消費量は約4,000 kWh/年であり、特に少いと思えないので人口当りの電力消費が小さいのは、単に発電設備、送電網の普及が悪いためと考えられる。尚経済的理由から電力需要度が少いことはいうまでもない。

#### 4-4 電力料金

東パキスタンの電力料金は次の通りである。

	kWh当りの場合	円換算
電灯および Fan	0.31 ルピー	23.4 円
家庭用電力	0.16	12.1
小工業用	0.16	12.1
高圧受電	0.1137	8.6

電力料金の高い理由は第一に燃料費が高いことである。カルナフリ発電所以外はすべて石炭または油燃焼である。とくに西部はインドの Bihar 州から石炭の供給を受けていたが、1965年の印パ紛争以来インドよりの石炭輸入が絶え、やむなく中共より輸入している。その石炭も10,000 BTU/lb の低いカロリーで、トン当り150ルピー(11,300円)である。(以前は60ルピー/トン)

油もすべて輸入で Furnace oil (Bunker C相当)がダッカで0.67ルピー/英ガロン(11.1円/リットル)であり、低速ディーゼルで1.38ルピー/ガロン(22.8円/リットル)である。

また大半の発電所が老朽設備で効率が悪く配電系統が弱体であるため送配電ロスが25パーセントに達している。

#### 4-5 発電原価

発電原価は発電の大部分であるカルナフリ発電所の資産評価がWAPDAと政府の間で折衝が結着していないので正確な数字をだすことができないが、1967年7月で大体0.0835ルピー/kWh(6.3円/kWh)と算定される。

このカルナフリ発電所の建設費の分担は現在全額WAPDA負担として計算され、年間 $486 \times 10^6$  kWh (1966/67)の発電では発電原価が0.056ルピー/kWh(4.23円/kWh)を算出される。この発電原価はかなり高いものではあるが、他発電に比し、安く発電されており大きな役割を示していることがわかる。

#### 4-6 電力需要および送電計画

EPWAPDA は既に電力需要の調査を行っているがWAPDAのコンサルタントである I E C O が 1964年に作った Master Plan Supplement D には1985年までの電力需要予想とこれに伴う電力系統を計画し、必要な資金と共に具体的な検討を行っている。

更に1967年11月にAshuganj火力発電設備に関連し、ドイツのFichtner Consulting EngineerがWAPDAの依頼により技術的検討を行い送電計画の練り直しをした。これによれば次の通りである。

	東部グループ	西部グループ	全パキスタン
1970	287 MW	124 MW	411 MW
1975	441.5	202.5	633
1980	690	327	1,017
1985	945.5	449.5	1,395

1967年6月現在、発電端で最大負荷は154.15MWであるから実際には上記予想は下廻るようである。

電力の潜在需要はあるが送電網建設資金をほとんど外国の援助によらねばならぬことから、工業設備計画と共におくれがちである。

#### 4-7 標準電圧

東パキスタンの標準電圧は次の通りである。

送電線	132 kV, 66 kV, 33 kV
配電線	11 kV, 6.6 kV
低圧線	400/230V 3相4線式
サイクル	50 Hz

尚、外国のコンサルタントにより新しい超高压送電線の標準電圧にして230kVが推定されている。

#### 4-8 電力資源

##### 4-8-1 石炭

現在石炭は中共から輸入しているがインドからの輸入が途絶えている今日、Bagraの5億トン埋蔵量といわれる石炭の発見は将来を明るくする。これは東パキスタン西北部インドよりのBihar系の石炭と考えられている。ただし深さが900ないし1,200mであるため、大企業的に採掘しなにかぎり経済的でないため、資金および設備の関係から、1980年以前には出炭できないとみなされ、Pakistan Atomic Energy Com-

mission も原子力発電の早期実現の努力を行っている。出炭時には 60 ルピー/ton (4,500 円/ton) 程度で出荷できるだろうと見積られている。

#### 4-8-2 石 油

現在ソ連の技術援助で調査が進められているが、希望は少いとのことである。

#### 4-8-3 天 然 ガ ス

ダッカの北部、Titas 一帯に天然ガスが発見され、現在埋蔵量  $5 \times 10^{12}$  立方フィートと称せられ、その 40 パーセントを発電に使っても 1,000 MW 30 年使えるというので Fenchuganj, Ghorasal の窒素肥料工場と共に、火力発電を建設あるいは計画中である。ダッカで 1.3 ルピー/1,000 cu ft (3.46 円/ $m^3$ ) といわれ、電力用燃料として今後大いに使用されることになる。

#### 4-8-4 水 力 資 源

東パキスタンには山という山がなくガンジス川の流れと共に完全なる平野と言って良い位であり、わずか東南部にある地域のカルナフリ川が現在唯一のカルナフリ川が所を可能ならしめている。更にチッタゴンより南方にサング川流域で大小合せて二カ所の水力地点 (87.1 MW) があるが補償問題もあり、カナダのコンサルタントが報告書を提出したまま少くとも第 3 次 5 年計画には入れられていない。

#### 4-8-5 そ の 他

その他の天然資源は全くないと言って良い位である。

### 4-9 カルナフリ発電設備

カルナフリ川に米国 A.I.D. 資金援助により、コンサルタント IECO, Contractor Utah International によって建設され、1962 年より 40 MW  $\times$  2 台をもって発電が開始された。同時に 132 kV の 2 回線が完成し、電力は主として、チッタゴンおよびダッカへ送られており、送電線長は約 290 km である。1967 年には年間  $500 \times 10^6$  kWh の発電量を越えると推定され、EPWAPDA 全発電量の 70 パーセント近くを占めており、その役割は大きい。現在やはり米国 A.I.D. で 3 号機購入が進められており、本年見積開始される予定で、1970 年までには設置したいとの WAPDA の意向である。出力 50 MW で、1, 2 号機と同じく 15% の過負荷運転を要求している。

現在事故が多いと言われる 1, 2 号機も原因も解明され、対策も研究済みであり、今後大きなトラブルは起らぬ模様である。

#### 4-10 第三次五ヶ年計画(WAPDA関係)

1965-1970の第3次5カ年計画として、1967年末既に5カ年期間の半ばに達しているが、その目標は次の通りである。

1. 発電設備	721.5 MW
2. 需要家数	250,000
3. 送電線ルート長	1,320 km

資金は下記の通りである。

1. 発電	642.11×10 <sup>6</sup> ルピー
2. 一次送電線	279.43×10 <sup>6</sup> //
3. 二次送電線	505.98×10 <sup>6</sup> //
4. その他	122.48×10 <sup>6</sup> //
計	1,530×10 <sup>6</sup> ルピー
	(1,125億円)

## 第5章 現地調査結果の概要

### 5-1 気象および水支資料

気象資料の大部分は EPWAPDA より調査団に提供された。流域における雨量記録は付録に掲載されている。

カプタイにおける流量資料として、EPWAPDA から提供された 1936～1966年の記録、IECO から提供された 1935～1961年の記録およびベンガル政府の報告書から抜粋した 1913～1951年の数値の三種類がある。ベンガル政府および IECO の報告書によれば、ダム完成以前の資料はランガマティ流量観測所の記録を流域面積比で換算した値との事なので、これら三種類の値は当然一致すべきであるが、月流量は勿論年総流量もすべて異なる。その差異は年総流量において、大きい年で約 22% であるが、全期間の平均では 2～3% 程度である。

この資料の検討の決め手となるランガマティの流量記録は関係官庁の資料保管不備のため、1954～1959年の資料しか入手出来なかった。

この期間のみの検討を行った結果、ランガマティの流量を流域面積比でカプタイに換算した値は前記三者のどれにも一致せず、これらの算出根拠は不明である。第二次調査においてこの算出根拠を究明しなければならない。

EPWAPDA から提供された資料のうち 1961～1966 (ダム完成以後) の値は発電所の使用水量および余水吐の流出量から現在の貯水容量曲線を使って算出しているため貯水容量曲線が修正された後再計算が必要である。しかし年流出量は雨量と流出量の関係から検討してみるとダム完成以前と以後は大きな差はなく、一応、納得出来る値の様である。

上記の様に各々異った流量記録があるが一応 IECO の貯水池操作の計算および 1961 年以後の実績から貯水池操作を概略検討してみると、貯水容量が、年流出量に比し小さいため (平均においてその比率は約 35%) 雨期の余剰水が非常に多い。

この事から余剰水の利用も合せ、今後増設計画について詳細に検討されるべきである。

### 5-2 貯水容量の検討

疑問視されている貯水容量の最終的決定は現在 Survey of Pakistan の手で図化中の貯水池区域の地図によらなければならないが、調査団が既に受け取った地図は総数約 60 枚のうち 16 枚で残りの分の完成が危ぶまれている。現在、地図の完成時期を早めるよう WAPDA を通じ Survey of Pakistan に要請中である。

これとは別に図化を待たずに容量を推定する目的で 1965 年から余水吐ゲートを一定開度に保ち 24 時間放水し水位変化を読む放水テストが数回行われた。調査団はこの結

果を検討したところ、現在考えられているよりも約30～40%大きい結果がでた。しかしこのテストには水位の測定方法あるいは流入量の算定には問題があるので貯水容量の大小の一応の目安にはなるが、この結果を以て最終的判断する事は危険性があると思われる。

いずれにしても貯水容量の最終的決定は Survey of Pakistan の地図によらなければならない。

### 5-3 地形調査

後で述べるように最終的にどの程度の設備を建設できるか未定であるが、技術的に拡張工事が可能であるかどうかを調査することが必要であった。このため第二発電所地点として地形、地質の見地から、現在まだ閉塞されず残っている仮排水路地点（第Ⅰ地点）、現発電所の両側（第Ⅱ地点）および現発電所と荷物運搬変更施設との中間地点（第Ⅲ地点）の三地点を一応選択してみた。（Fig. 3参照）

概略の現地踏査によって、現在の発電所の拡張の形となる第Ⅱ地点（現発電所の左側）は取入口の拡張が水中工事で多量の掘削を必要とする事、および工事が現在運転中の発電所に何等かの影響を与える心配はあるが、発電機二台程度の増設ならば面積は充分あるし、取付道路と天井走行クレーンが利用できる利点をもっているうえ、他地点より地質的（後節で述べる）に最も良好なので、一応発電所予定地として当地点を選択した。

### 5-4 地質調査

前述の様に最も可能性の強い地点である現発電所の左側にボーリングを行い、この結果は Fig. 8～12 に示されている。

これとは別に現発電所建設の際、相当数のテストボーリングおよびテストピッチングが既に実施され、その資料は IECO の "Design Report" に記載されている。その抜粋した資料は Fig. 4～7 に示されている。

現地踏査および上記ボーリング結果から、カルナフリ流域および発電所予定地の地質について次に述べる。

#### 5-4-1 カルナフリ流域の地質

カルナフリ付近を構成している地層およびその地質時代は次のように区分される。

Karnafuli 沖積層	現	統
Tipan 層	中新統	～ 鮮新統
Surma 層	中新統	～ 鮮新統

Karnafuli 沖積層は砂、シルト、粘土および礫などからなり、Tipan 層および Surma 層はおのおの砂岩および頁岩からなっている。（Tipan 層の露頭は第二発電所予定地付近では観察できない）

Surma 頁岩は所によってかなり強く褶曲しているにもかかわらず、全体として見ると、それは局部的である。一般走向は  $N50^{\circ}\sim 20^{\circ}W$  で極めて緩傾斜で西に落ちている。

#### 5-4-2 第二発電所予定地の地質

地表踏査の結果、第二発電所予定地として 3 地点が選ばれたことは前項で述べたが、その 3 ケ所の基礎岩盤についての考察は次の通りである。

##### (a) 仮排水路付近(第 I 地点)

地表付近は 50~70 フィート(15~21 m)の厚さで、茶褐色のシルト質砂で覆われている。取入口には青灰色の密な頁岩が露出しており、また仮排水路内には、青灰色および暗灰色の軟質な頁岩ならびに軟質な砂質頁岩の露出がみられる。WAPDA ゲストハウスより右岸の村に至る道路付近に上記密な頁岩と軟質な頁岩の境界が存在する。

従ってここに第二発電所を建設するならば取入側は密な頁岩であるが、発電所の基礎岩盤は暗灰色密な砂質頁岩である。また圧力トンネルも一部上記軟質な砂質頁岩を通過させなければならない。

##### (b) 現発電所付近(第 II 地点)

地表部のシルト質砂は仮排水路付近と比較すると相当薄くなっており、10~30 フィート(3~9 m)程度である。

発電所北側には局部的にかなり強く褶曲した密な頁岩の露出がみられる。この密な頁岩は非常に厚く 200 フィート(60 m)以上にもおよぶものと推定される。従って第二発電所を現在の発電所に並設するとすれば発電所の基礎岩盤、圧力トンネル共にこの密な頁岩に設置されるので非常に安定したものになる。

##### (c) 現発電所と Cargo Transfer Facilities の中間地点(第 III 地点)

発電所北側の褶曲部より、カルナフリ川に沿って略水平に 3~5 インチの節理の発達した頁岩が連続している。カルナフリ川の水面より、上部のシルト質砂と境界面までの間には、10 条程度の硬質の頁岩の薄層をはさんでいる。従ってこの間に第二発電所に建設するとすれば発電所の基礎および圧力トンネルはこのシルト岩に設置されるので、特に圧力トンネルを掘削する場合には、天盤が剝理しやすい難点がある。

以上のように第二発電所予定地をしては現在の発電所付近が、地質的に最も適していると思われる。

#### 5-5 コンクリート骨材

コンクリート骨材は河砂利は余り良質でないものがカルナフリ川から産するが、量も少く、この発電所建設当時は北部の Silhet (チタゴンより約 400 km 北方) 付近の川砂利(東パキスタンでは最も良質とされている)を鉄道によりチタゴン迄運び、更にここより船でダムサイト迄運ばれた。

貯水池完成後、貯水池の周辺を探した結果、ダム南東、水路距離14マイルの地点一帯の谷間に良質の砂岩の玉石が多量に存在する事が判明し1963年頃より採取し、船でカプタイまで運搬し、更にカルナフリ川を下ってチタゴン迄はこびり砕石として使用されている。調査団はこの玉石が第二発電所建設に十分な量を持っているかどうかを確認するために現場を踏査した。

附近一帯は頁岩の地帯で走行略N-S傾斜45°~70°Wで頁岩の層内に砂岩の層は認められず、良質のこの玉石は谷の左右の段丘に多量に存在するものであることがわかった。埋蔵量は現在採取されている地域でも10,000,000立方フィート(300,000m<sup>3</sup>)又はそれ以上は採取可能と思われるが一時に多量に採取し、運搬することはかなりの困難が伴うものと思われる。この玉石のカプタイ渡しの価格は100立方フィートにつき160ルピー(4,300円/m<sup>3</sup>)である。

一般建築材料にはカプタイは勿論、東パキスタンでは煉瓦を細砕して使用している。その価格は100立方フィート当り95~110ルピー(2,600~3,000円/m<sup>3</sup>)である。軽量構造物には、この程度で充分と考えられる。

砂はカルナフリ川のカプタイより、25km下流に多量に存在するので建設工事には支障はない。

#### 5-6 積算資料

資料は調査団にWAPDAより提供された。この資料は1965年に制定されたもので、現在は20%の増加が必要との事である。新しい資料は本年初め制定される予定なので次回の調査にはこれらを入手出来ると思う。

#### 5-7 送電線ルート

送電線ルートの踏査をカプタイ・ダッカ間について行った。全般に基礎地質上の問題点は特に認められなかった。チタゴン〜フェニ間は、海岸沿いの低い丘陵地帯の内側にルートを予定しているが、これはチタゴン付近に起り易いサイクロンの影響を軽減するのに適当と思われる。



## 第6章 カルナフリプロジェクトのフェージビリティ

### 6-1 通常運転

一番重要な事項である貯水池面積は地図作成が遅れているため、正確な貯水容量が判明していない。しかし前章に述べられている様に放水試験では30～40%大きい徴候を示しているので、一応30%大きいと仮定してみると、常時出力も略比例するものと思われる。すなわちIECO発電計画では、乾期の平均出力は44,000 kWであるから、貯水池が30%大きい場合の平均出力は、

$$44,000 \text{ kW} \times 1.30 \div 57,000 \text{ kW}$$

である。

現在三号機50,000 kW、15%過負荷設備を購入手配中なので据付後は13,000 kW過負荷出力149,500 kW $\div$ 15,000 kWの発電所となり、乾期の利用率は38%である。現在のカルナフリ系統は最大負荷で130 MW程度、日負荷率73%なので当分の間この設備で間に合いそうである。

しかし一方雨期における豊水の利用から余剰電力が大きいのでこの点も慎重に考慮しながら、拡張計画を練る必要があると思われる。

### 6-2 ピーク発電

東パキスタンにおける水力資源はカルナフリ以外にはサング川開発の87.1 MWのみであるゆえに先進国で実施されているピーク発電用発電所として検討する必要がある。

例えば負荷率を20～25%としてカルナフル発電所の発電設備の大きさ、コストをごく概略に検討してみると、

#### (a) 貯水容量がIECO計画通りの場合

平均乾期出力44,000 kW、負荷率20～25%として

176,000～220,000 kW

すなわち26,000～70,000 kW 増設

#### (b) 貯水容量が30%程度大きい場合

平均乾期出力57,000 kW、負荷率20～25%として

229,000～285,000 kW

すなわち80,000～135,000 kW程度増設

そこで一応(a)の場合50,000 kW 1台、(b)の場合50,000 kW 2台の設備を考えて簡単に発電コストを計算した。

尚送電線の建設も詳細に検討せねばわからないが、Fichtnerの報告書には交流計算機で将来計画も含めて詳細に検討されている。(残念ながら、この報告書をEPWAPDAよ

りまだ入手できていない)一応簡単に Madahat 迄の送電線の建設費を含めると略発電原価は(a)の場合 0.07ルピー/kWh (5.3円/kWh), (b)の場合 0.058ルピー/kWh (4.4円/kWh)程度となる。<sup>△1</sup>

一方比較として将来充分利用できると思われる天然ガス燃焼によるピーク発電の原価は 0.06ルピー/kWh (4.5円/kWh)程度であるので、カルナフリのピーク発電は経済的にも充分考慮に値すると判断できる。

増設する地点としては第5章に述べられているように現発電所の両側が地形的にもまた地質的にも最も良好な地点と思われる。

△1:1)	Case (a)	Case (b)
総建設費 (10 <sup>6</sup> ルピー)	580	628
25%負荷率運転による電力量 (10 <sup>6</sup> kWh)	385	500
ピーク以外の雨期余剰電力量 ( " )	313	378

2) 雨期における余剰の水が可成り多いので、この余剰電力の価値を評価する必要がある。これを kWh 価値のみあるとして、またピーク発電する際には天然ガスを充分利用できるとして天然ガス燃焼汽力発電所の燃料費と同じに考えた。天然ガスは 0.75 ~ 1.3ルピー/1,000立方フィートの価格といわれるので一応 1ルピー/1,000立方フィートとして計算し、この余剰電力量の分だけ発電コストが廉くなるとして算出してある。燃料費は約 0.00115ルピー/kWh (0.87円/kWh)となる。



## 付 録

### 付 図 目 次

Fig. 1	Location Map
Fig. 2	EPWAPDA, East Pakistan Power Project
Fig. 3	Proposed Survey Area
Fig. 4	Drill Holes at Powerhouse and Intake Sites (1)
Fig. 5	Drill Holes at Powerhouse and Intake Sites (2)
Fig. 6	Drill Holes at Powerhouse and Intake Sites (3)
Fig. 7	Drill Holes at Diversion Tunnel Site
Fig. 8	<i>Location of Boring Holes</i>
Fig. 9	Geological Record of Bore Hole (1)
Fig. 10	Geological Record of Bore Hole (2)
Fig. 11	Geological Record of Bore Hole (3)
Fig. 12	Geological Record of Bore Hole (4)

### 付 表 目 次

Table 1	Monthly Rainfall at Kaptai
Table 2	Evaporation at Kaptai
Table 3	Monthly Mean Runoff at Kaptai, by EPWAPDA
Table 4	Monthly Mean Runoff at Kaptai, by Report of Bengal Government
Table 5	Monthly Mean Runoff at Kaptai, by IECO
Table 6	Monthly Mean Runoff at Rangamati



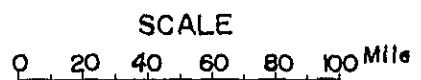
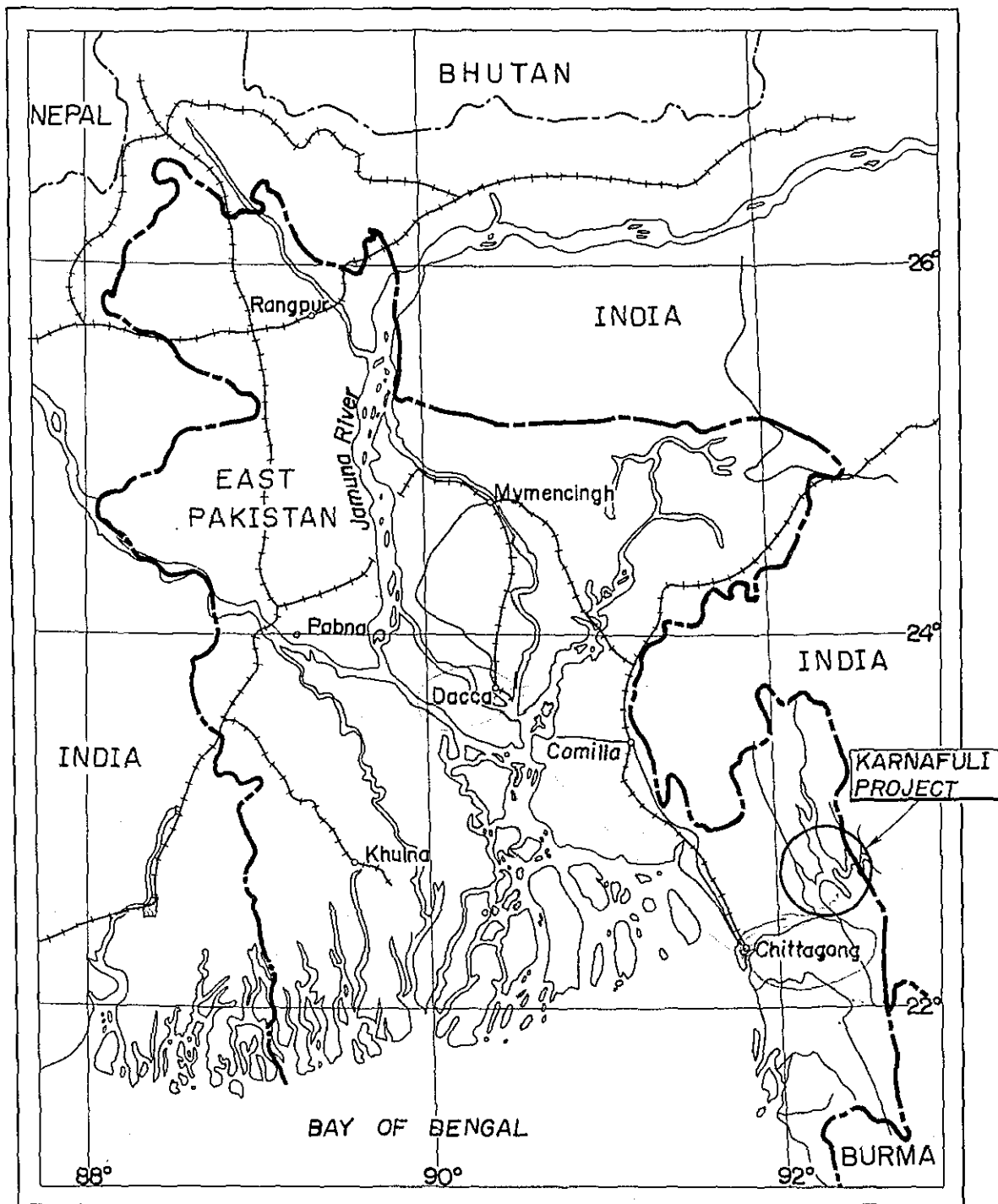
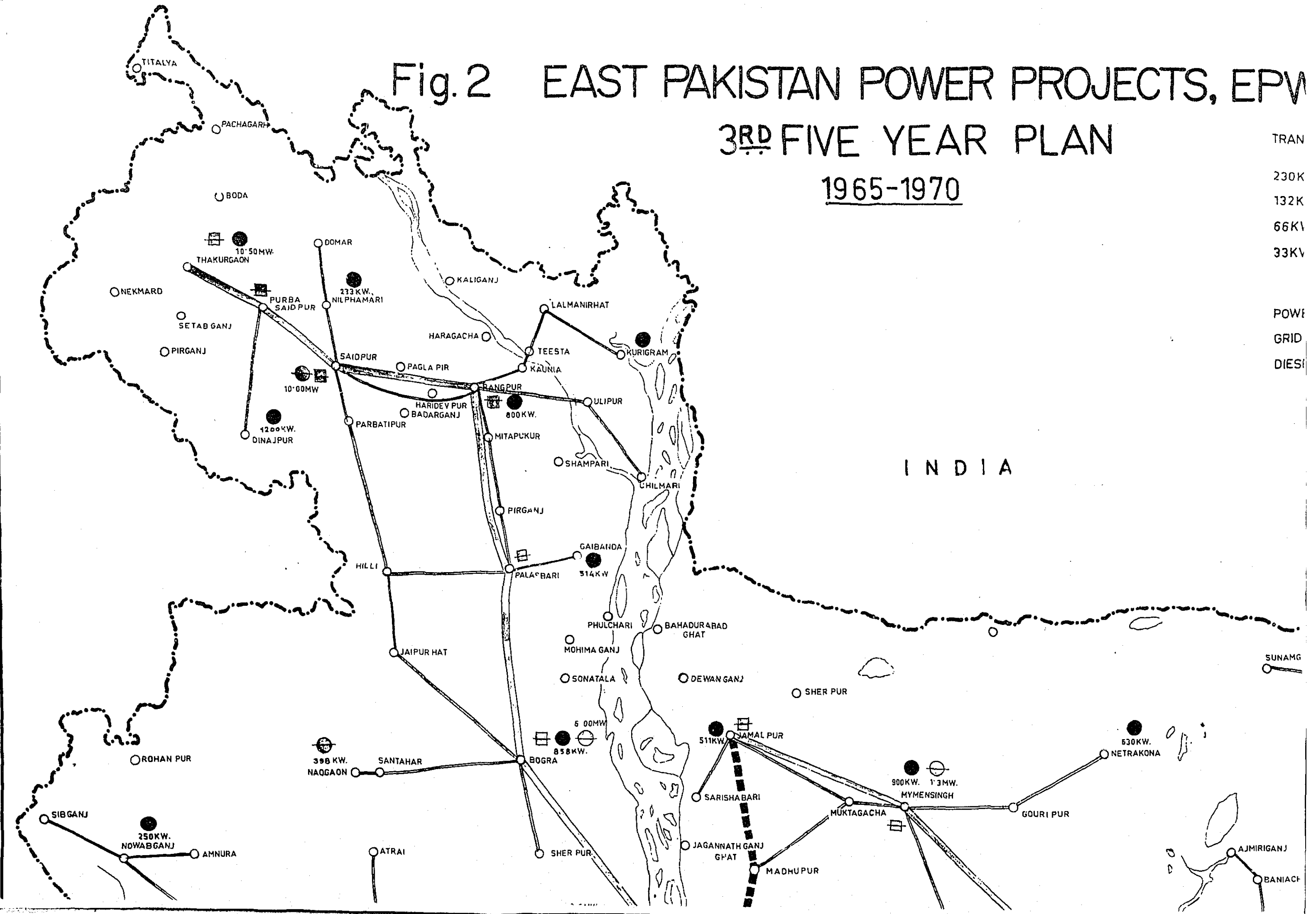


Fig. 1 Location Map

# Fig. 2 EAST PAKISTAN POWER PROJECTS, EPW 3RD FIVE YEAR PLAN 1965-1970



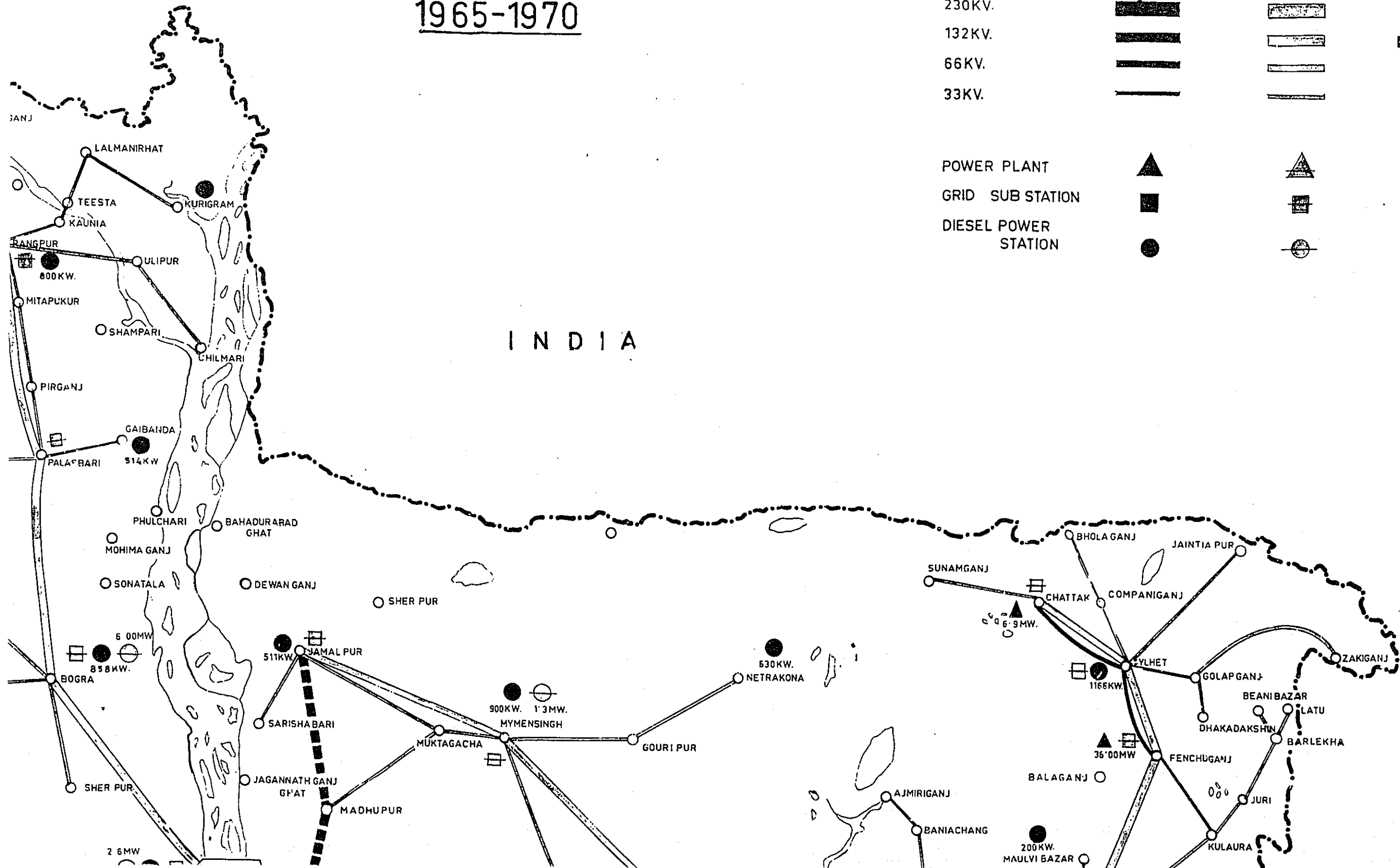
# 2 EAST PAKISTAN POWER PROJECTS, EPWAPDA

## 3<sup>RD</sup> FIVE YEAR PLAN

1965-1970

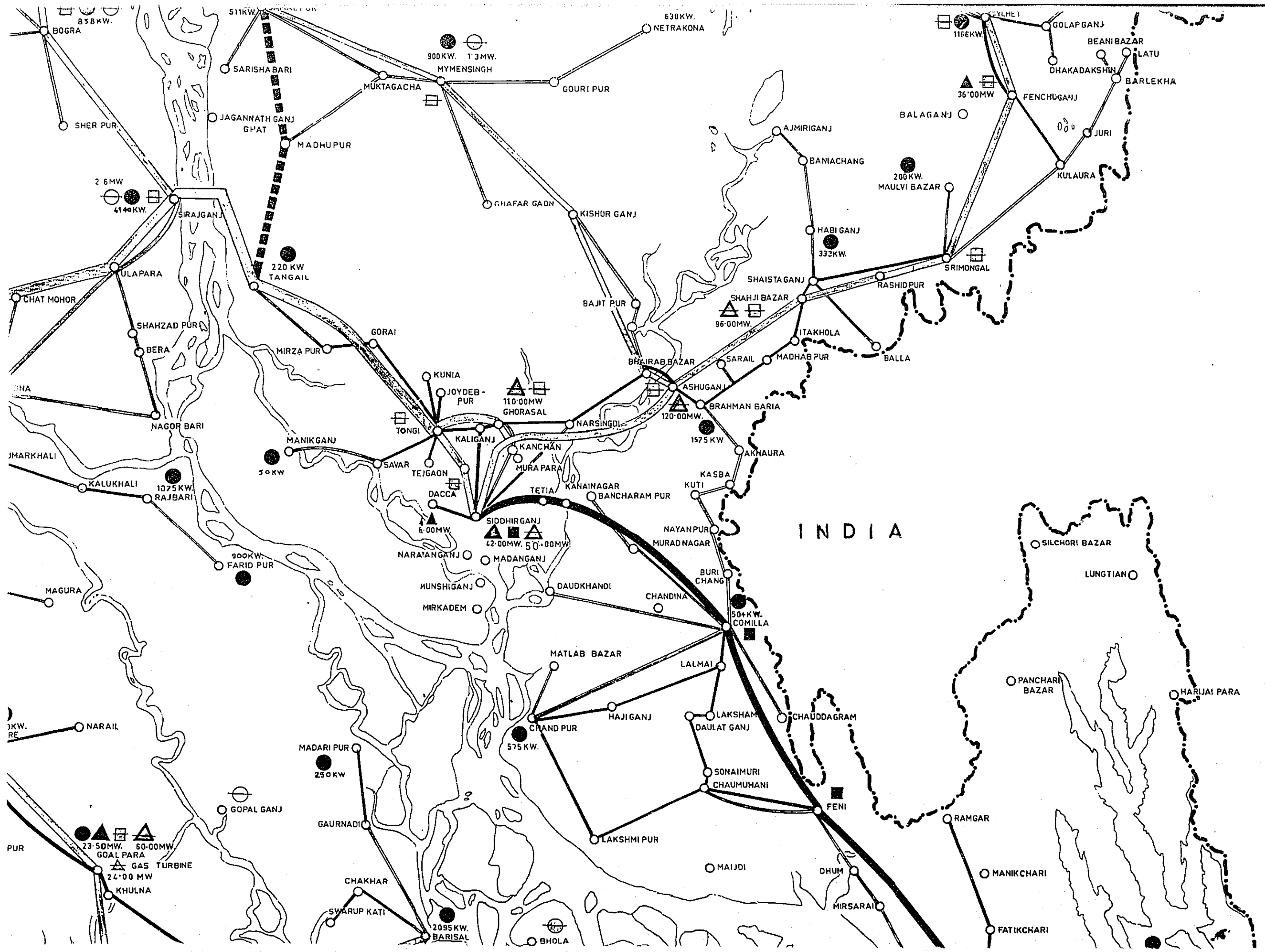
### LEGEND

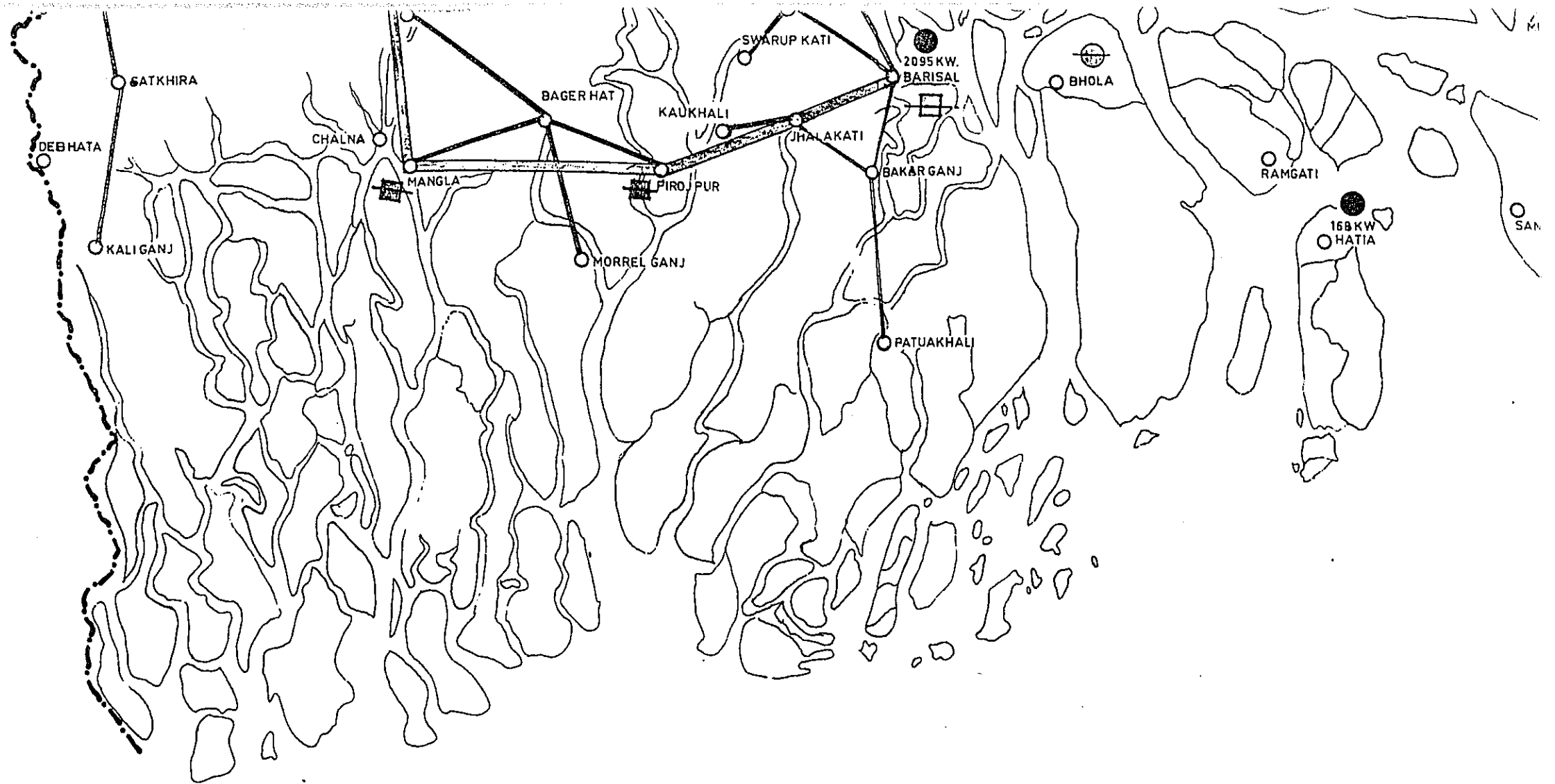
TRANSMISSION LINE	EXISTING	THIRD PLAN PROGRAMME	FUTURE
230KV.			
132KV.			
66KV.			
33KV.			
POWER PLANT			
GRID SUB STATION			
DIESEL POWER STATION			







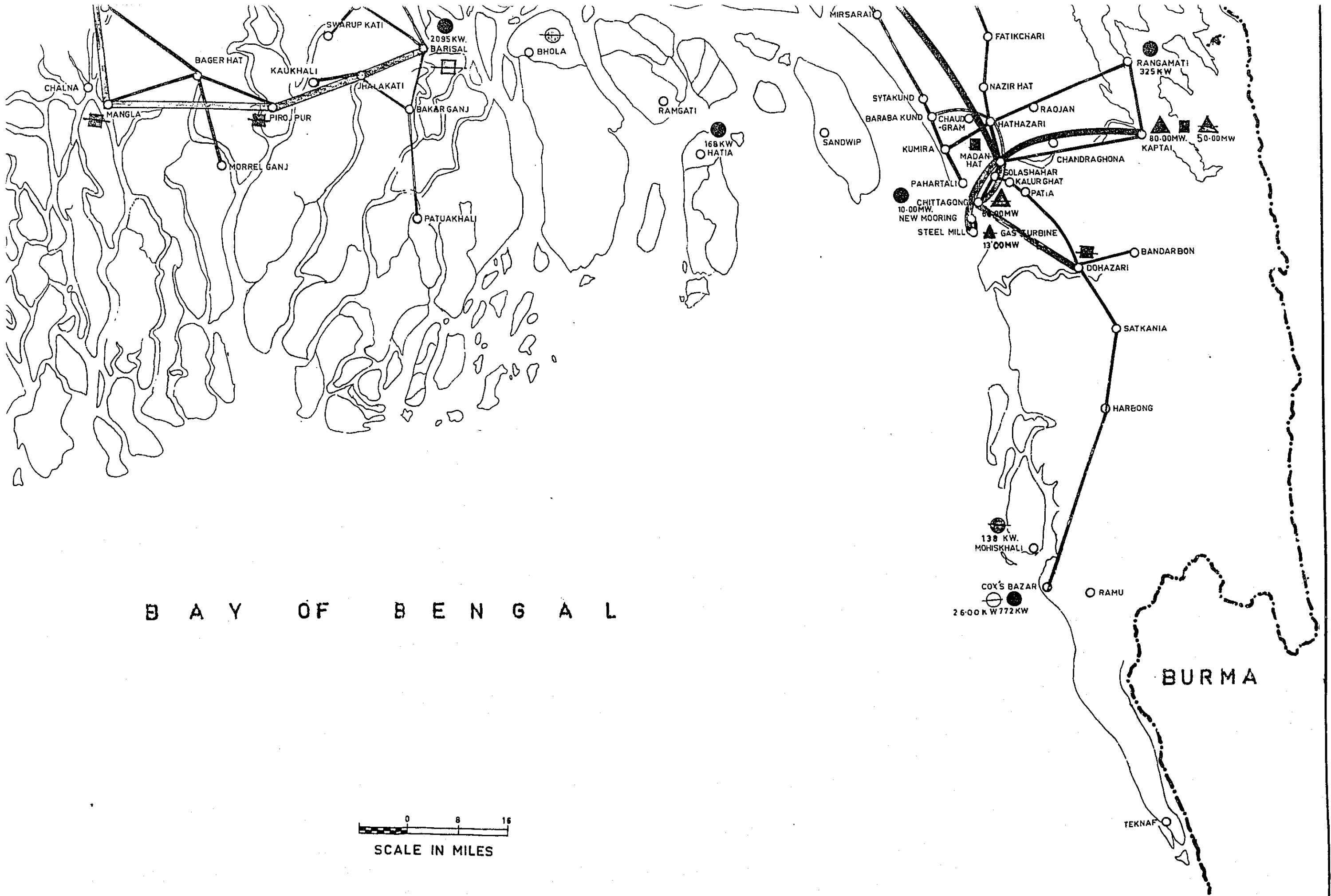




B A Y O F B E N G A L



24TH MARCH 1967



B A Y O F B E N G A L

BURMA



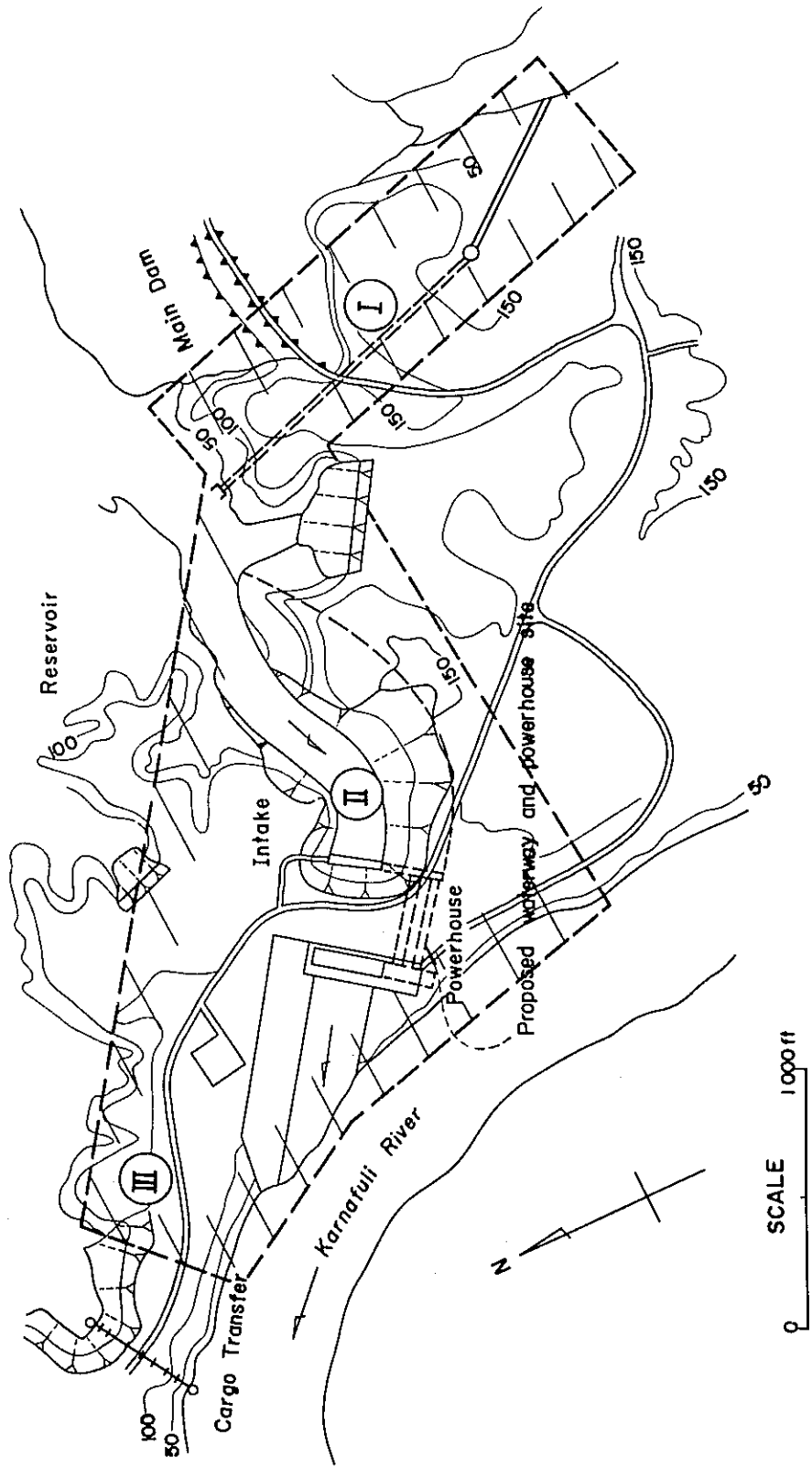


Fig. 3 Proposed Survey Area



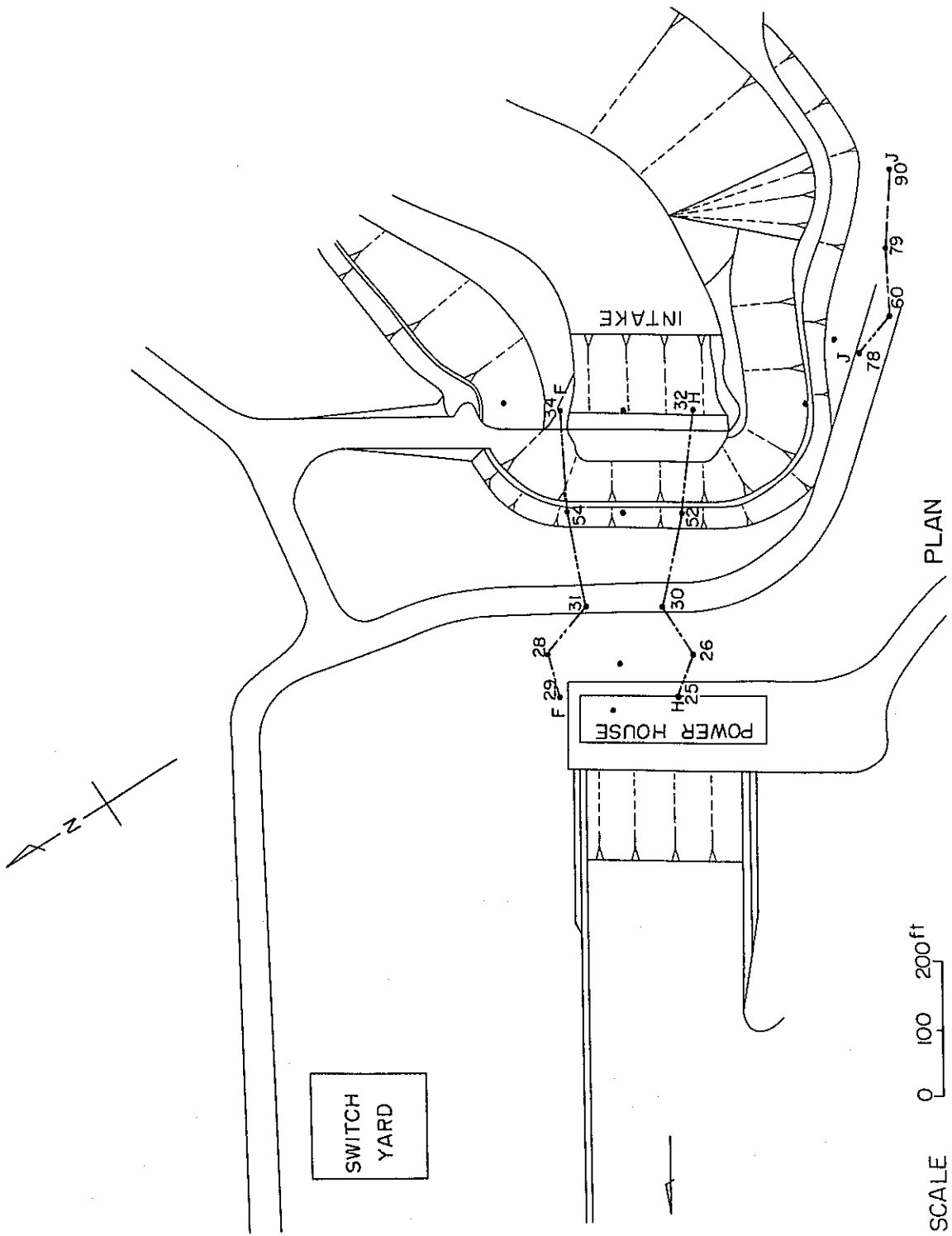
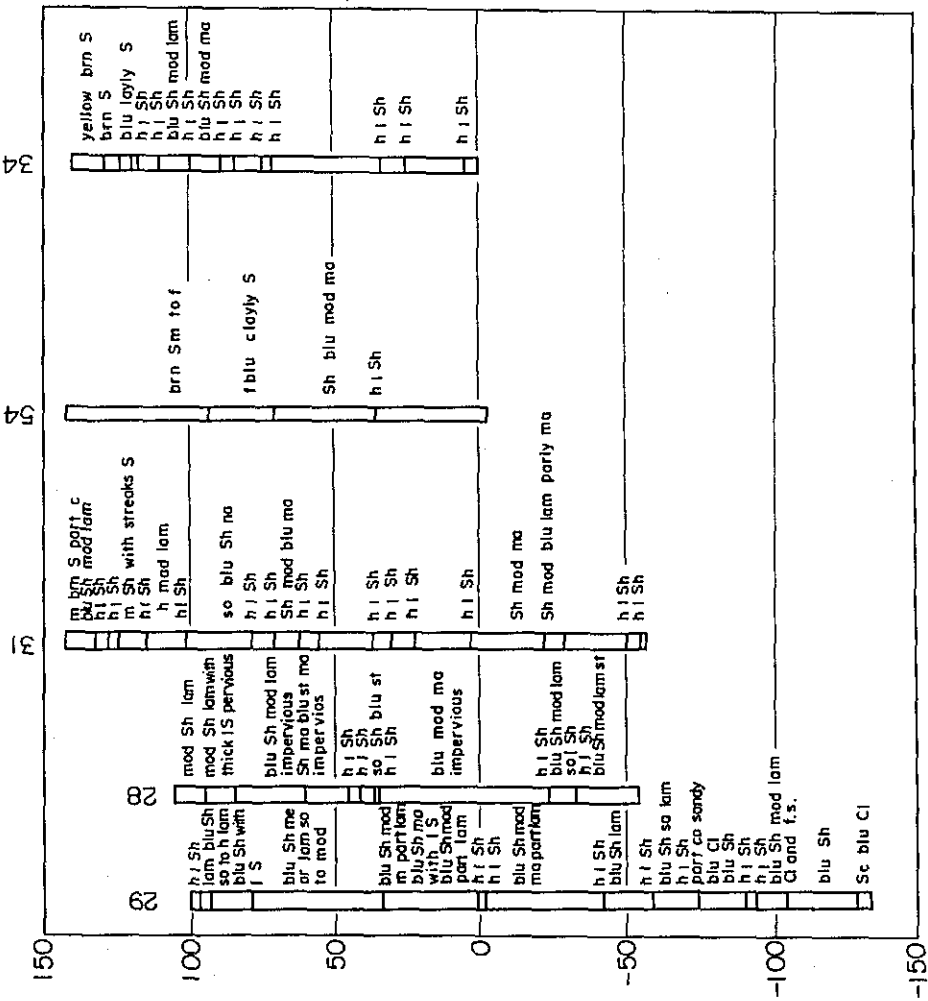
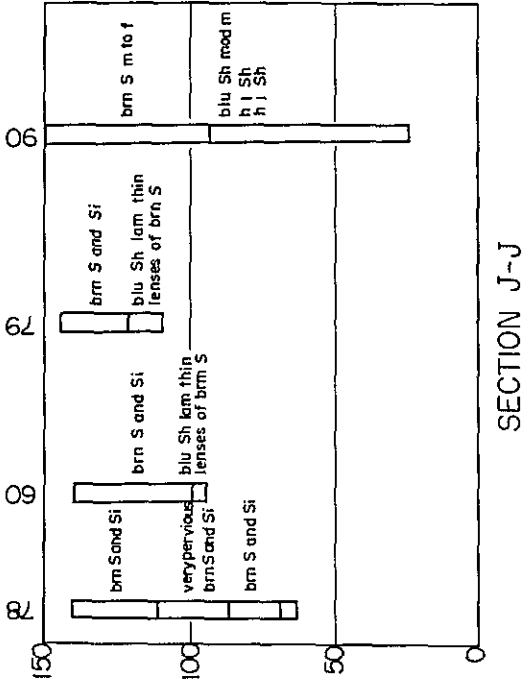


Fig. 4 Drill Holes at Powerhouse and Intake Sites (1)







SECTION F-F

LOG OF DRILL HOLES

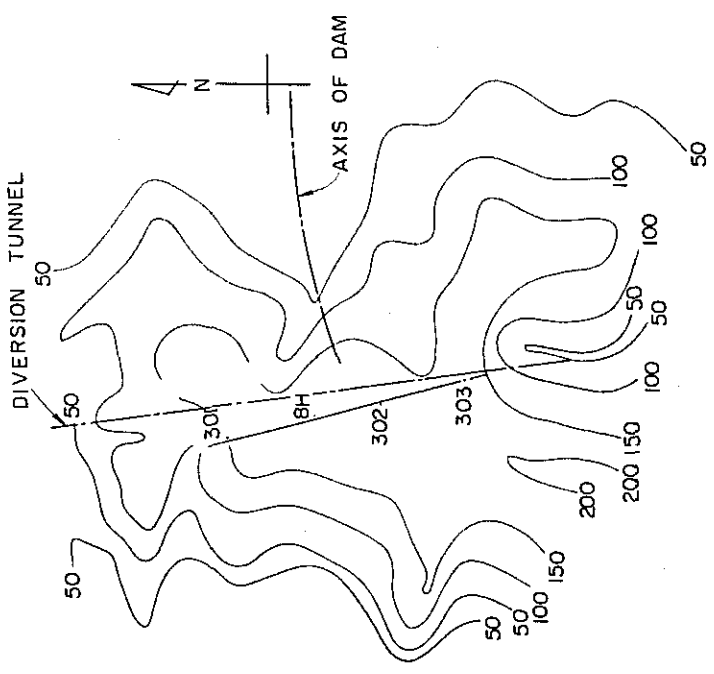
SECTION J-J

Fig. 5 Drill Holes at Powerhouse and Intake Site (2)

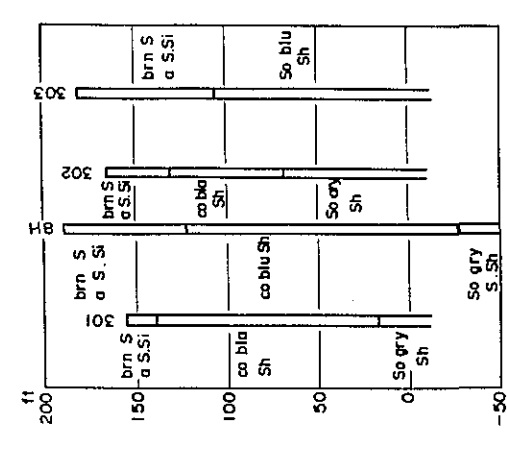
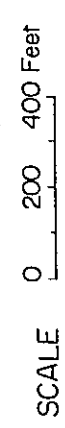








PLAN



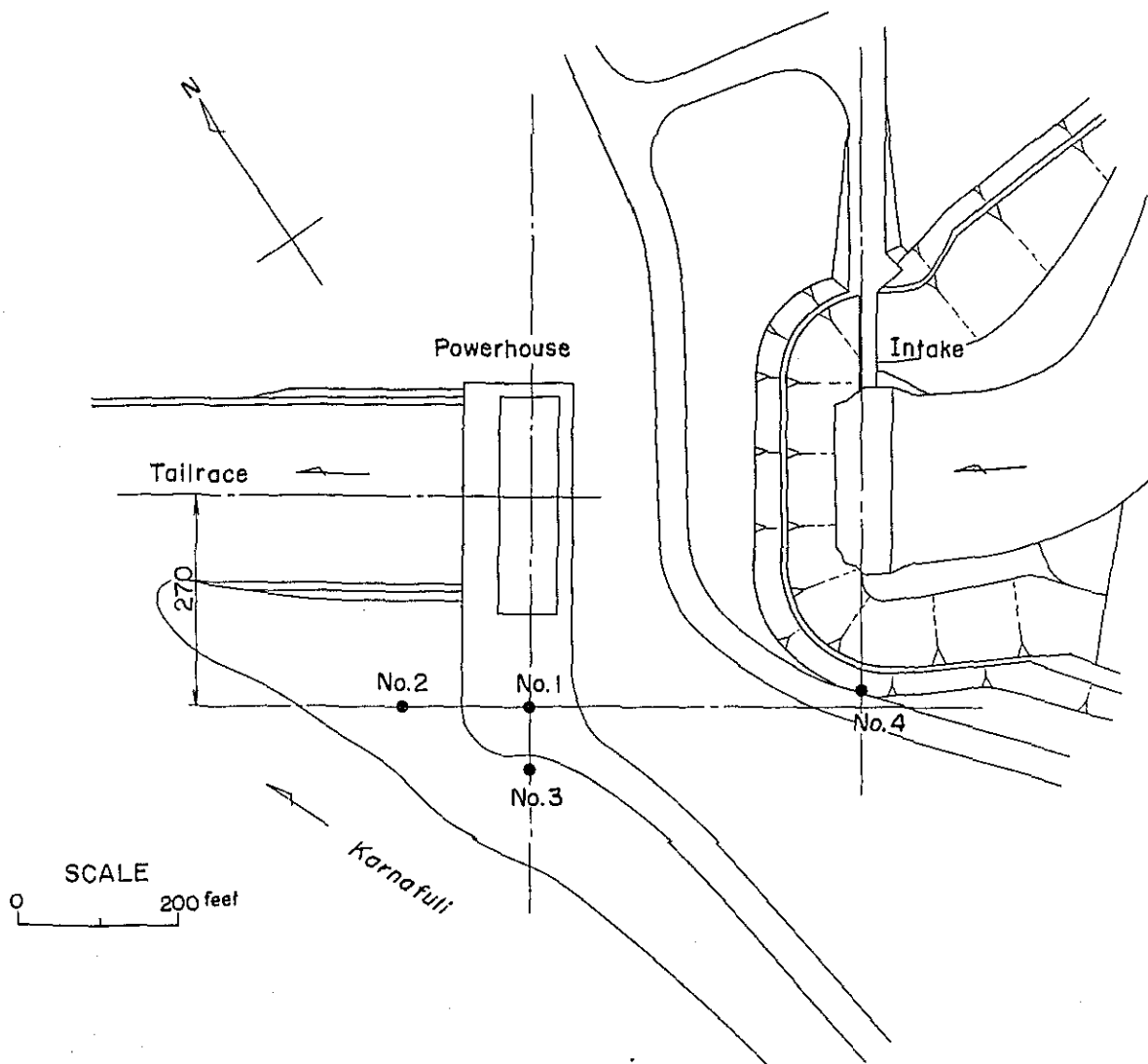
LOG OF DRILL HOLES

LEGEND

DRILL HOLE	301	302	303	SAND	S
BLUE	blu	co. blu.	co. blu.	SHALE	Sh
BROWN	brn	brn	brn	SILT	Si
GREY	gry	gry	gry	SOFT	So

Fig. 7 Drill Holes at Diversion Tunnel Site (By IECCO)





		Depth
No. 1	EL. 49.0 ~ - 70.0 feet	119 feet
No. 2	" 49.0 ~ - 21.0 "	70 "
No. 3	" 49.0 ~ - 70.0 "	119 "
No. 4	" 140.0 ~ - 28.0 "	112 "

Fig. 8 Location of Boring Holes (By WAPDA)





HOLE NO. 1

PROJECT : KARNAPULI ELEVATION OF SURFACE, 49ft  
 LOCATION : KAPTAL ELEV. BOTTOM OF HOLE, -70 ft  
 DATE STARTED : 29 JAN. 1968 INCLINATION OF HOLE, VERT.  
 DATE COMPLETED : 29 JAN. 1968 DRILLED BY EPWAPQA  
 DIAMETER OF HOLE; 3 inch GEOL. LY LOGGED BY MM. BAIG  
 MACHINE ;

DATE	DEPTH	ELEV. TOP OF STRATUM	CLASSIFICATION OF ROCKS	COLUMNAR SECTION	THICKNESS OF STRATUM	ACCUMULATIVE THICKNESS OF STRATA	CORE RECOVERY	DESCRIPTION
	ft	ft			ft	ft	%	
		42	Silt, little Clay		7	7		
	10	37	Siltstone - Sandstone		5	12		Gray-brown Very fine
		33	Siltstone - Sandstone		4	16	70.7	Brown Very fine
	20	29	Siltstone - Sandstone		4	20		Grey Very fine
			Siltstone - Sandstone					Gray-brown Very fine
	30	19			10	30	80.8	
			Siltstone					Grey
	40						81	
	50						60.4	
	60						100	
	70						80	
	80						60.4	

Fig. 9 Geological Record of Bore Hole (1)



DATE	DEPTH ff	ELEV. TOP OF STRATUM ff	CLASSIFI- CATION OF ROCKS	COLUMNAR SECTION	THICKNESS OF STRATUM ff	ACCUMULATIVE THICKNESS OF STRATA ff	CORE RECOVERY	DESCRIPTION
	90		Siltstone				90.4	Grey
	100						60.5	Complete water loss from 15' - 30'
	110						50	
	120	-70				119	60	

Fig. 9 Geological Record of Bore Hole (1) (continued)



HOLE NO. 2

PROJECT : KARNAFULI ELEVATION OF SURFACE, 49 ft  
 LOCATION : KAPTAI ELEV. BOTTOM OF HOLE, -21 ft  
 DATE STARTED : 29 JAN 1968 INCLINATION OF HOLE, VERT.  
 DATE COMPLETED : 30 JAN 1968 DRILLED BY EPWAPDA  
 DIAMETER OF HOLE: 3 inch GEOL. LY LOGGED BY M.M BAIG  
 MACHINE :

DATE	DEPTH	ELEV. TOP OF STRATUM	CLASSIFICATION OF ROCKS	COLUMNAR SECTION	THICKNESS OF STRATUM	ACCUMULATIVE THICKNESS OF STRATA	CORE RECOVERY	DESCRIPTION
	ft	ft			ft	ft	%	
		46	Silty very fine sand		3	3		
	10		Siltstone-Sandstone		7	10	50.4	Grey-brown Very fine
	20	29	Sandstone		10	20	10.2	Brown Very fine
		24	Silt		5	25		Trace mica
	30		Siltstone with sandstone				90	Grey
	40						80	
	50	4			20	45		Grey Thinly laminated
	60		Siltstone				99	
	70	-21				70		

Fig. 10 Geological Record of Bore Hole (2)



HOLE NO. 3

PROJECT : KARNAPULI ELEVATION OF SURFACE, 49 ft.  
 LOCATION : KAPTAL ELEV. BOTTOM OF HOLE, -70 ft.  
 DATE STARTED : 24 JAN 1968 INCLINATION OF HOLE, VERT.  
 DATE COMPLETED : 26 JAN 1968 DRILLED BY EPWAPOA  
 DIAMETER OF HOLE : 3 inch GEOL. LY LOGGED BY M.M. BAIG  
 MACHINE :

DATE	DEPTH	ELEV. TOP OF STRATUM	CLASSIFICATION OF ROCKS	COLUMNAR SECTION	THICKNESS OF STRATUM	ACCUMULATIVE THICKNESS OF STRATA	CORE RECOVERY	DESCRIPTION
	ft	ft	Silt with sand		ft	ft	3	Very fine
		44				5		
	10	39	Sandstone interbedded siltstone		5	10	49.9	Brown fine
								Grey
	20	28	Siltstone interbedded sandstone		11	21	40.2	
							50	Grey
	30	17	Siltstone		11	32	Missed	
								Grey
		12	Siltstone with sandstone		5	37	80.8	
	40		Siltstone				Missed	Grey Hard friable
		4			8	45	80.8	
	50		Siltstone					Grey
		-6			10	55	99.5	
	60		Siltstone					Grey Hard friable
		-16			10	65	99.9	
			Siltstone with sand					Grey Very fine sand
	80		Siltstone				80.9	Grey Thinly laminated

Fig. 11 Geological Record of Bore Hole (3)





DATE	DEPTH ft	ELEV. TOP OF STRATUM ft	CLASSIFI- CATION OF ROCKS	COLUMNAR SECTION	THICKNESS OF STRATUM ft	ACCUMULATIVE THICKNESS OF STRATA ft	CORE RECOVERY	DESCRIPTION
	80.9		Siltstone	[Hatched Columnar Section]		80.9	80.9	Grey Thinly laminated
	90.5					90.5	90.5	
	100							
	110						50	
	119					119		
	120							

Fig. 11 Geological Record of Bore Hole (3) (continued)



HOLE NO. 4

PROJECT : KARNAFURI ELEVATION OF SURFACE, 140ft.  
 LOCATION : KAPTAI ELEV. BOTTOM OF HOLE, - 28ft  
 DATE STARTED : 21 JAN. 1968 INCLINATION OF HOLE, VERT.  
 DATE COMPLETED : 23 JAN 1968 DRILLED BY EPWAPDA  
 DIAMETER OF HOLE: 3 inch GEOL. LY LOGGED BY M. M. BAIG  
 MACHINE :

DATE	DEPTH ft	ELEV. TOP OF STRATUM ft	CLASSIFI- CATION OF ROCKS	COLUMNAR SECTION	THICKNESS OF STRATUM ft	ACCUMULATIVE THICKNESS OF STRATA ft	CORE RECOVERY %	DESCRIPTION
	0		Embankment material					
	20							
	30							
	40							
	50							
	60	79.6			60.6	60.6		
			Siltstone				80	Grey
	70	75			44	65		
			Siltstone				90.4	Grey Hard, compact
							80.8	
	80						90	

Fig. 12 Geological Record of Bore Hole (4)



DATE	DEPTH ft	ELEV. TOP OF STRATUM ft	CLASSIFI- CATION OF ROCKS	COLUMNAR SECTION	THICKNESS OF STRATUM ft	ACCUMULATIVE THICKNESS OF STRATA ft	CORE RECOVERY %	DESCRIPTION
	90	50	Siltstone	[Hatched Box]	25	90	99	Grey Hard, compact
	100		Siltstone	[Hatched Box]			99.9	Grey With thin layers of very fine sandstone
	110	28				112	80	
	120							

Fig. 12 Geological Record of Bore Hole (4) (continued)



Table I  
Monthly Rainfall at Kaptai  
(From Agricultural Department)

(Unit: inch)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1936	Nil	0.42	-	-	17.99	21.51	22.61	30.19	9.16	-	2.35	5.21	(115.67)
1937	0.75	0.53	6.22	4.25	20.04	17.67	14.07	27.91	12.73	7.05	0.75	Nil	105.97
1938	Nil	0.30	Nil	4.39	19.31	24.67	10.09	19.68	22.01	6.43	3.40	Nil	110.28
1939	0.04	0.01	Nil	4.65	12.31	16.03	31.14	22.41	15.63	-	2.45	Nil	106.94
1940	Nil	5.20	8.31	Nil	12.01	19.63	15.00	13.70	22.96	4.94	Nil	0.86	102.61
1941	0.02	4.00	0.01	13.82	18.52	33.56	35.54	17.64	16.36	6.89	0.99	Nil	147.35
1942	Nil	0.02	1.45	9.25	5.34	13.29	10.31	15.68	18.04	2.12	10.45	1.08	87.03
1943	0.81	-	5.55	3.01	3.48	19.67	18.34	16.35	12.37	7.27	Nil	Nil	86.87
1944	2.50	0.46	2.75	0.85	4.50	16.51	16.62	16.04	14.06	3.75	Nil	Nil	78.04
1945	-	-	-	1.65	9.57	26.99	17.21	26.22	18.51	6.56	1.48	-	-
1946	Nil	0.50	5.46	8.59	14.82	15.38	38.40	17.32	19.35	14.99	Nil	5.00	139.81
1947	Nil	Nil	0.50	6.12	14.42	36.45	48.91	-	20.51	4.33	Nil	2.58	(133.82)
1948	0.30	1.79	2.30	15.21	28.57	16.41	22.52	16.68	22.18	3.14	Nil	Nil	129.10
1949	Nil	Nil	1.67	14.96	-	30.12	23.56	27.06	29.38	9.83	0.68	Nil	(137.26)
1950	0.78	1.31	0.59	5.84	20.78	14.42	19.71	32.59	10.95	-	3.46	-	(110.43)
1951	-	-	-	-	-	-	-	30.33	19.77	18.06	0.28	-	-
1952	-	-	4.41	6.52	19.99	28.52	-	-	-	-	-	-	-
1953	Nil	Nil	Nil	2.77	30.81	28.62	15.73	20.63	18.43	14.30	0.30	-	131.67

Table 1 (continued)

(Unit: inch)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1954	Nil	2.60	0.38	2.94	12.60	31.95	28.80	30.95	12.38	15.37	Nil	Nil	137.97
1955	Nil	-	7.24	3.21	1.99	14.29	37.76	17.99	7.53	5.86	-	-	(105.87)
1956	-	-	-	-	17.85	-	17.40	28.25	15.13	5.31	5.19	0	-
1957	2.35	0.49	0.18	0.44	7.99	27.33	7.64	8.35	13.16	6.53	0	0	74.46
1958	0.44	0.16	1.70	1.11	7.38	11.13	8.15	8.20	10.52	5.22	0.51	0.39	54.91
1959	0.04	4.02	6.65	0.65	5.49	19.21	10.27	19.91	12.97	8.68	0	3.12	91.01
1960	0	0	0.29	0	7.87	14.67	33.29	10.42	8.52	5.05	0.43	0.04	80.58
1961	0.06	0.27	1.37	1.15	5.66	26.59	31.27	25.89	10.11	15.65	0.62	0	118.73
1962	0.26	0.12	0	1.08	9.65	35.21	13.22	13.29	8.21	6.77	0	0	87.81
1963	0	0	7.30	11.80	14.12	28.82	44.04	9.37	12.08	9.86	-	-	(137.39)
1964	0	0.26	0.03	9.92	5.68	18.62	19.78	14.50	17.00	6.01	1.54	0	93.34
1965	0	3.56	0.35	1.20	7.53	26.19	31.87	20.27	20.94	9.48	0	4.05	125.44
1966	0.57	0	0.67	3.32	15.12	25.61	17.18	19.31	14.45	7.63	0.57	4.95	109.38



Table 2 Evaporation at Kaptai  
(From Karnafuli Power Station)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1963	3.455	4.582	6.276	6.658	6.179	4.055	3.551	4.205	4.941	-	4.253	3.913	(52.068)
1964	4.033	4.969	7.396	(5.966)	7.080	4.036	4.367	5.241	5.923	4.804	-	3.547	(57.362)
1965	4.332	4.291	6.055	8.346	7.763	3.473	4.558	4.003	4.448	4.381	4.079	3.091	58.820
1966	3.414	5.577	6.386	8.062	8.027	3.040	4.468	4.656	4.401	4.659	4.126	2.773	59.589
1967	2.951	4.009	(4.808)	6.843	7.109	5.694	4.936	5.198	4.303	5.045	4.398	5.169	(60.463)
1968	3.688												

(Unit: inch)

Table 3  
Monthly Mean Runoff at Kaptai  
(From WAPDA)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL MEAN
1936	768	614	345	4,600	19,500	30,000	34,500	59,000	29,850	14,225	3,070	1,920	16,533
1937	768	650	384	768	3,840	20,630	23,400	76,000	35,700	17,850	3,070	8,900	15,998
1938	1,300	958	1,150	958	12,250	37,200	30,250	51,900	68,600	21,610	11,700	4,100	20,165
1939	2,300	1,536	1,150	3,070	4,980	11,700	30,100	71,000	38,900	26,200	3,450	2,300	16,391
1940	958	768	3,070	958	6,500	27,600	15,700	41,000	56,000	11,500	3,070	1,340	14,039
1941	958	2,300	364	4,790	36,800	67,900	91,500	42,900	39,800	40,700	4,790	2,300	27,925
1942	1,340	768	8,820	768	10,350	29,700	59,300	52,900	43,700	22,400	5,360	2,880	19,858
1943	1,340	1,150	1,070	2,380	1,540	10,150	28,900	35,200	42,900	8,620	2,300	1,340	11,408
1944	958	768	575	1,150	2,690	31,600	39,100	26,100	36,800	12,250	2,880	2,490	13,113
1945	2,300	2,110	768	768	5,160	25,300	20,100	53,200	47,750	14,350	4,790	4,980	15,131
1946	958	768	1,536	2,880	12,250	12,650	83,300	33,300	36,200	22,000	4,790	4,600	17,936
1947	1,300	958	768	1,150	4,980	36,700	70,500	114,000	67,000	37,800	6,320	3,250	28,727
1948	1,536	1,536	1,340	3,405	22,400	22,200	18,300	48,000	43,700	14,750	3,250	1,750	15,181
1949	950	575	768	4,790	14,400	20,900	50,100	33,900	35,800	30,200	5,080	1,920	16,616
1950	1,150	1,072	1,150	1,340	1,725	8,030	9,050	53,300	28,000	19,350	10,500	1,920	11,382
1951	1,150	768	768	1,920	10,350	35,700	56,700	48,500	36,600	59,000	9,000	5,750	22,184
1952	3,840	2,680	2,300	4,790	8,430	39,300	57,600	32,000	36,800	39,400	10,730	3,450	20,110
1953	1,536	1,150	958	1,150	14,400	41,000	28,330	57,100	65,500	23,750	6,500	3,450	20,402

Table 3 (continued)

(Unit : cusec)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL MEAN
1954	2,490	1,340	1,150	1,725	2,490	24,100	33,300	74,800	37,900	32,900	7,480	4,025	18,642
1955	4,025	2,680	4,600	8,420	12,250	31,200	52,400	48,500	22,000	10,380	16,680	3,070	18,017
1956	1,536	1,150	1,340	958	7,480	109,500	48,250	57,600	39,500	18,000	12,250	2,490	25,000
1957	2,940	1,340	958	768	2,490	9,580	24,100	13,600	21,820	15,900	2,680	1,725	8,121
1958	1,150	958	768	690	4,975	6,900	12,450	14,170	28,800	21,610	5,940	1,536	8,329
1959	1,536	2,300	3,450	1,536	4,600	55,500	36,600	36,800	28,000	27,200	21,820	10,380	19,144
1960	1,920	1,536	1,536	1,340	1,920	21,080	55,800	21,420	23,750	221,080	7,730	3,840	30,246
1961	2,220	1,920	3,070	2,375	2,300	56,932	20,809	62,000	35,187	9,700	3,500	1,499	16,793
1962	1,600	1,500	1,885	4,350	3,760	65,250	21,450	38,435	36,450	15,500	5,744	2,579	16,542
1963	2,677	2,210	2,657	6,960	9,700	87,806	96,625	28,103	14,452	33,766	15,119	3,210	25,284
1964	3,295	3,082	3,876	9,150	15,939	14,514	27,297	26,442	30,994	28,355	5,229	7,907	14,673
1965	4,127	5,813	4,001	3,382	15,350	28,737	53,431	50,858	19,223	28,435	6,037	7,605	18,917
1966	8,524	6,170	4,053	4,916	7,812	31,399	45,048	35,313	40,206	22,902	5,881	6,043	18,189

Table 4  
Monthly Runoff at Kaptai  
 (From Irrigation Department)

(Unit: million cu.ft.)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1913					149,677	204,783	111,604	42,189	51,374	18,394	10,588		
1914	10,588	15,689	12,651	33,504	57,981	112,656	90,828	176,387	32,534	51,960	10,682	39,647	645,107
1915	8,591	8,591	10,617	22,939	63,325	57,532	90,121	115,138	44,289	53,084	11,443	6,397	492,067
1916	6,397	6,397	6,397	40,007	17,376	71,510	109,785	88,674	87,436	165,555	10,699	7,446	617,679
1917	7,446	7,641	7,446	60,015	13,402	40,842	40,283	146,891	47,328	18,198	15,967	5,736	411,195
1918	5,736	5,736	8,870	19,666	56,837	153,944	211,243	124,579	68,906	13,678	16,558	11,847	707,600
1919	11,847	11,847	11,847	16,494	21,235	42,154	82,562	47,221	61,816	10,899	16,328	4,870	339,120
1920	4,870	7,351	26,810	6,543	26,894	46,046	38,862	86,804	80,253	17,237	5,360	5,249	352,279
1921	7,900	5,437	54,106	12,497	22,341	47,296	139,466	59,527	115,117	123,317	8,093	7,529	602,626
1922	7,529	7,529	7,529	22,269	37,154	110,324	55,227	104,488	60,041	46,268	6,876	6,876	472,110
1923	6,876	7,861	6,876	14,405	81,460	108,700	30,836	99,646	155,427	67,228	39,321	8,221	626,857
1924	8,221	16,767	8,221	16,879	78,128	192,419	54,295	113,479	33,003	28,935	15,620	8,191	574,158
1925	16,087	8,191	8,191	36,892	74,295	90,210	74,389	102,880	37,069	15,704	33,932	6,344	504,184
1926	6,470	8,312	18,550	34,097	34,536	67,452	107,025	87,947	47,774	45,852	15,664	11,447	485,063
1927	6,573	21,783	9,415	133,755	76,021	113,200	52,788	91,204	164,543	65,521	9,483	8,786	753,072
1928	8,786	8,786	8,786	9,079	46,470	62,224	65,289	86,436	68,039	21,917	6,794	5,791	398,397
1929	5,791	5,791	5,791	48,965	24,622	444,981	53,117	75,790	34,917	19,457	12,683	12,683	744,588
1930	12,683	12,683	31,134	15,856	93,693	104,105	96,747	32,487	37,896	11,847	33,235	5,650	488,016

Table 4 (continued)

(Unit : million cu.ft.)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1931	5,650	5,650	8,124	9,485	52,985	67,008	76,438	33,557	84,346	45,558	12,859	5,611	407,271
1932	5,444	6,036	6,322	11,347	61,440	235,707	149,080	79,602	55,694	15,337	51,128	10,835	687,972
1933	10,835	10,835	11,978	33,433	53,740	61,102	97,683	115,683	51,247	19,999	6,785	6,785	480,105
1934	6,785	18,062	6,785	17,994	44,177	70,074	197,804	41,994	53,113	51,619	28,972	7,562	544,941
1935	7,562	8,073	7,562	29,760	23,278	49,218	55,571	185,642	100,125	29,863	10,654	7,254	514,562
1936	5,495	4,822	4,270	19,553	34,214	76,951	93,727	149,933	90,631	47,800	13,468	7,402	548,266
1937	5,249	4,423	4,069	4,612	13,543	58,115	64,687	179,619	90,466	50,109	12,374	22,045	509,311
1938	6,807	4,927	5,246	4,952	34,527	91,499	80,563	128,518	159,565	59,541	34,855	14,576	626,576
1939	9,906	5,407	6,416	12,375	17,484	35,097	78,169	170,636	98,813	64,900	12,915	9,619	521,737
1940	6,069	5,030	12,288	6,125	20,712	72,128	44,591	102,116	122,443	34,331	12,928	8,303	459,064
1941	5,764	8,248	4,495	13,832	97,275	161,537	209,323	108,630	81,695	57,195	15,684	9,839	773,517
1942	7,063	4,891	5,583	4,020	19,800	78,100	62,700	104,500	129,800	8,800	63,800	8,800	497,857
1943	7,700	5,500	7,700	7,700	90,038	34,930	75,208	88,087	107,947	27,034	9,894	7,160	468,898
1944	6,437	5,454	4,983	7,512	14,776	79,210	103,427	70,363	94,049	35,353	11,705	9,183	442,452
1945	9,247	8,100	5,481	5,219	17,284	63,774	54,123	126,763	118,481	42,351	15,725	17,296	483,844
1946	6,860	4,845	8,527	12,075	33,455	36,552	193,593	88,357	95,348	58,885	16,397	14,159	569,053
1947	8,144	5,729	5,758	6,819	17,343	159,531	162,434	260,737	158,755	93,436	21,719	12,645	913,050
1948	8,566	8,287	7,004	12,117	55,026	59,839	53,746	115,734	110,854	42,339	12,969	8,607	495,088

Table 4 (continued)

(Unit : million cu.ft.)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1949	6,209	4,511	5,428	16,344	37,372	75,546	126,269	88,870	93,777	79,531	17,960	9,707	561,524
1950	7,135	6,016	6,635	7,416	9,125	31,720	36,325	117,925	66,834	54,907	28,173	9,982	382,193
1951	6,657	5,036	5,682	17,319	18,968								

Table 5 Monthly Runoff at Kaptai  
(From IECO)

(Unit: million cu.ft.)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1935										26,000	7,050	3,260	
1936	1,660	1,320	899	11,500	50,400	79,000	90,000	155,000	88,500	44,000	8,450	5,100	535,829
1937	1,450	1,150	760	1,300	10,200	53,500	60,500	198,000	92,000	47,000	8,680	18,600	493,140
1938	2,810	1,400	1,550	1,510	31,600	97,600	79,500	135,500	179,000	57,000	30,600	10,700	628,770
1939	6,100	3,650	2,150	8,400	13,200	30,200	78,800	185,000	101,000	68,800	9,490	5,620	512,770
1940	2,140	1,340	8,180	2,310	16,100	71,200	40,800	107,000	146,000	30,000	9,080	4,350	438,500
1941	1,900	6,600	1,080	12,200	94,800	177,000	239,000	112,000	104,000	56,000	12,300	6,110	822,990
1942	3,130	1,480	1,990	1,670	26,500	77,600	102,500	138,000	114,000	59,000	14,400	8,020	548,290
1943	3,660	2,730	2,590	5,540	3,750	26,800	75,700	91,800	112,000	22,600	6,330	3,150	356,650
1944	2,460	1,880	1,530	3,710	7,810	82,300	101,500	68,300	95,500	31,600	7,900	5,560	410,050
1945	5,390	4,570	1,730	1,880	13,700	65,000	52,700	139,000	124,000	37,500	12,200	13,500	471,170
1946	2,730	1,380	4,600	7,940	31,200	32,600	218,000	87,000	94,100	56,600	12,400	11,200	559,750
1947	4,020	1,990	1,600	3,030	13,100	174,000	184,000	298,000	175,000	99,000	17,100	8,680	979,520
1948	4,480	4,400	2,800	9,140	57,900	57,700	50,100	120,000	114,000	38,400	8,770	4,230	471,920
1949	1,960	1,030	1,530	12,300	36,400	78,500	131,000	88,900	93,500	79,300	13,200	5,200	542,820
1950	2,830	2,140	2,520	3,460	4,870	22,600	20,900	139,000	72,500	50,700	26,100	5,690	353,310
1951	2,360	1,310	1,660	5,540	26,500	92,400	148,000	126,000	95,400	154,000	23,300	15,100	691,570
1952	10,300	7,010	6,230	12,300	21,800	102,000	150,000	84,000	95,300	103,000	28,400	9,300	629,640

Table 5 (continued)

(Unit : million cu.ft.)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1953	4,490	2,510	2,080	2,530	37,600	107,000	73,600	149,000	171,000	61,200	17,600	9,030	637,640
1954	5,700	3,850	3,300	4,450	6,532	63,302	86,609	195,087	109,157	86,007	19,764	10,830	594,588
1955	10,830	7,351	11,839	21,292	31,402	80,920	136,463	126,265	57,784	36,704	43,585	8,177	572,612
1956	3,960	2,277	2,465	1,696	19,381	286,026	125,612	147,959	102,305	47,402	31,467	7,737	778,287
1957	7,731	3,522	2,118	1,545	7,030	24,945	62,328	35,366	56,775	41,249	6,472	4,515	253,596
1958	3,273	2,617	1,730	1,439	12,814	18,673	32,061	37,184	74,328	57,052	14,894	4,368	260,433
1959	3,264	5,726	9,250	3,274	11,676	87,731	95,795	95,880	73,128	71,272	57,465	36,220	550,681
1960	5,667	3,528	3,457	2,983	5,420	55,041	145,825	57,066	61,985	55,033	20,570	10,040	426,615
1961	5,720	4,751	8,602	6,006	5,768								



Table 6 Monthly Mean Runoff at Rangamati  
(From Karnafuji Power Station)

(Unit: cusec)

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL MEAN
1954					3,040	22,740	32,830	90,290	38,790	28,600	8,500	2,870	-
1955	2,880	2,100	3,500	-	9,060	25,950	53,600	37,200	19,700	13,120	16,470	3,600	(11,560)
1956	2,070	1,460	1,600	1,260	7,700	154,900	44,300	62,760	34,800	16,400	11,800	3,400	28,540
1957	1,845	1,065	710	629	2,010	7,810	19,760	12,590	21,640	15,290	2,056	1,260	7,220
1958	929	846	639	606	3,775	5,720	9,580	10,920	18,890	14,080	3,600	1,130	5,890
1959	945												

## 収集した資料目録

### 1) 地図類

- a) 東パキスタン一般地図, 1/1,000,000  
1962, Survey of Pakistan 1枚
- b) ダッカ市地図, 1/20,000, Survey of Pakistan 1枚
- c) カルナフリ貯水池地図, 8" = 1 mile or 1/7,920  
1968, Survey of Pakistan 16枚
- d) カルナフリ発電所付近地形図, 1" = 100 feet  
1968, WAPDA 1枚

### 2) カルナフリプロジェクト・レポート類

- a) Karnafuli Multipurpose Project Report  
by Government of East Bengal (借用) 1冊
- b) Karnafuli Project Design Report Vol. 1 & 2  
by IECO (借用) 2冊
- c) Karnafuli Project Operation and Maintenance Manual  
by IECO (借用) 1冊
- d) Master Report on the Karnafuli Project  
by IECO コピー 1部
- e) Revised Estimation of Karnafuli Multipurpose Project  
by WAPDA コピー 1部

### 3) 電力関係資料 (WAPDA)

- a) 現有発電設備系統
- b) 発電設備及び送電システムの1985年までの計画
- c) 電力消費データ及び需要家数
- d) 発電コスト
- e) 負荷曲線
- f) 電力料金表
- g) 耐用年限表
- h) WAPDA 職員月給表

- i) 各種燃料費
- j) 天然資源資料

4) 気象水文積算その他の資料

- a) Rainfall Record around Reservoir in Chittajong
- b) Rainfall Record around Reservoir 1961 - 1967
- c) Rainfall Record at Kaptai 1956 - 1961
- d) Evaporation Record at Kaptai 1958 - 1968
- e) Humidity Record at Kaptai 1963 - 1966
- f) Air and Reservoir Water Temperature at Kaptai 1963 - 1966
- g) Monthly Mean Discharge at Kaptai by WAPDA 1963 - 1966
- h) Monthly Mean Discharge at Kaptai by Report of Government of East Bengal 1913 - 1951
- i) Monthly Mean Discharge at Kaptai by IECO 1935 - 1961
- j) Monthly Mean Discharge at Rangamati 1954 - 1958
- k) General Schedule of Rate (East Zone)
- l) Construction Cost
- m) One Foot Capacity of Reservoir
- n) Tidal Effect Curve at Tailrace
- o) ボーリング成果, 1967
- p) ボーリング成果, 1968
- q) 外国資金援助及びコンサルタント社名

5) 出版物

- a) Sea Customs & 12 other Acts
- b) Statistical Pocket Book
- c) Pakistan Customs Tariff

- d) Industrial Investment Schedule for 3rd  
Five-year Plan Period (1965-1970)
- e) Economic Observer
- f) Economic Survey of East Pakistan (1966-1967)
- g) Statistical Abstract for East Pakistan  
1950-51 to 1959-1960 Volume V
- h) The Third Five Year Plan (1965-1970)
- i) Final Table of Production, Census 2 Bulletin
- j) Monthly Bulletin of Statistics, Jan. 1966
- k) Monthly Bulletin of Statistics, Feb. 1966
- l) Monthly Bulletin of Statistics, Mar. 1966

