

マレーシア

テカイ河水力発電開発計画調査

報告書

概要と要約

1983年9月

国際協力事業団

鉦計資

CR 11

83-851/2

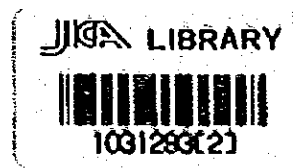


マレーシア

テカイ河水力発電開発計画調査

報告書

概要と要約



1983年9月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 6. 26	113
	643
登録No. 11655	MPN

## は し が き

日本国政府は、マレーシア国政府の要請に基づき、同国パハン州において早急に開発することが望まれているテンプリン川支流テカイ川の水力発電開発計画のフィージビリティ調査を行うこととなり、その実施を国際協力事業団に委託した。事業団はこの水力発電計画の重要性を考慮し、1981年3月1日から1982年12月15日まで、高比良敬一氏を団長とする各分野の専門家から成る調査団をマレーシアに派遣し、同国政府関係機関の協力を得て現地調査を実施した。

本報告書は、現地調査及び収集した資料に基づき、帰国後調査検討を行い、その成果を取りまとめたものである。本報告書が、マレーシアの電源開発に寄与するとともに、同国と日本との経済交流及び友好親善の一助となれば誠に喜ばしい次第である。

終わりに、今回の調査の実施に当たられた団員各位に謝意を表するとともに、熱意ある支援と協力を戴いたマレーシア国政府関係機関の方々、ならびに外務省、通商産業省及び在マレーシア日本国大使館の関係者各位に対し、この機会に心より感謝の意を表わすものである。

1983年8月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 精



## はじめに

1980年、マレーシア連邦国より、同国パハン州を流れるパハン川水系テカイ川流域の水  
力開発計画について、日本政府に対し「Feasibility Study」の協力要請が行われ、日本政  
府はこの要請に応え、国際協力事業団にその実施を委託した。

国際協力事業団は、この開発計画を進めるに当って、計画内容についてマレーシア連邦  
国政府と協議を行い、要請内容、背景等を確認するとともに、「Feasibility Study」を実行  
するための「Scope of Work」をとりまとめることを目的として、1980年10月27日から同年  
11月5日までの10日間にわたり事前調査団を派遣した。さらに「Scope of Work」の詳細に  
ついての協議がマレーシア連邦国政府を代表する the Economic Planning Unit (EPU) お  
よび the National Electricity Board (NEB) と国際協力事業団 (JICA) より派遣された  
調査団との間で1981年2月18日および2月19日に行われ、最終的に合意を得た。

これに基づき、「Feasibility Study」は下記の3段階で実施されることとなり、直ちに合計  
10名の専門家からなる調査団が編成され、予備現地調査計画を検討するため、現地踏査と  
資料収集を主目的として、1981年3月1日から3月25日まで現地に派遣された。その結果  
は「Inception Report」として報告された。

### (1) 予備調査段階 (Preliminary Investigation Stage)

最適サイトを選定するための調査

### (2) 詳細現地調査段階 (Detailed Field Investigation Stage)

最適サイトに対する各種の現地調査

### (3) フィージビリティ計画段階 (Feasibility Design Stage)

最適サイトに対する設計および経済性の検討

予備調査段階においては、ダム、地質、水文、発電土木、電力需給、測量等の専門家よ  
り構成された調査団が派遣され、1981年6月中旬より同年10月末までの約5ヶ月間にわた  
り予備現地調査が行われた。その主な内容は、上・下部地点のボーリング調査、弾性波探  
査および航空写真撮影の監理ならびに航測図作成のための地上測量、上・下部地点の縦横  
断測量、水文観測および各種資料収集等であった。次いで、これらの調査結果に基づき、  
計画地域内に設定された2つの開発候補地点(上・下部地点)について、その優劣を比較

し、最も有利な開発方式と、概略の開発規模を策定し、次段階以後の調査検討に関する基礎資料を得ることを目的として予備計画検討を実施し、その結果は Interime Report として 1982 年 3 月に報告された。

詳細現地調査段階においては、前述の Interime Report の結果をふまえ、予備現地調査に派遣した専門家に森林、動物および経済に関する専門家を加えた調査団を派遣し、1982 年 5 月中旬より同年 10 月末までの約 6 ヶ月間にわたり詳細現地調査を実施した。これらの調査結果は、フィジビリティ計画段階に必要な諸資料としてとりまとめられた。

フィジビリティ計画段階においては、前述の詳細現地調査結果に基づき、Interime Report において提案した、開発形式および開発規模の見直しを行うとともに、最適規模に対する詳細設計を実施した。また、本プロジェクト実施に関する工事工程、詳細建設費の見積り、経済分析、波及効果および環境上の影響等について検討を行い、次に示す構成により最終報告書としてとりまとめた。

○ 概要と要約

○ 第 I 巻 総括報告書

○ 第 II 巻 測量

○ 第 III 巻 水文

○ 第 IV 巻 地質

○ 第 V 巻 地質 Appendix (図面集)

○ 第 VI 巻 設計・施工計画報告書

○ 第 VII 巻 図面集

○ 補足資料 建設費と単価



# 目 次

まえがき	
1. 要約と結論	1
2. 序	7
3. プロジェクト地域	9
3.1 プロジェクトの所在地	9
3.2 テカイ川流域の地形・地質概要	9
3.3 気象・水文	10
3.4 バハン州の概要	11
4. 水力開発計画	13
4.1 序	13
4.2 ダムサイトの地質	13
4.3 建設材料	14
4.4 ダムサイトの選定	16
4.5 ダム形式の選定	16
4.6 プロジェクトの最適規模	17
4.7 発電所	19
4.8 アクセス道路	20
4.9 建設費の積算	21
4.10 建設および実施計画	21
5. 経済評価	23
5.1 序	23
5.2 発電便益	23
5.3 森林	30
5.4 洪水防御	35
5.5 農業と灌漑	36
5.6 観光	38
5.7 その他	39
5.8 経済評価	40

## List of Figure

- I. Location Map
- II. Access Road
- III. Outline of Geology in the Sungai Tekai Area
- IV<sub>1</sub>. Upper Tekai - General Arrangement Plan
- IV<sub>2</sub>. Upper Tekai - Spillway and Sections
- V. Upper Tekai - Spillway
- VI. Upper Tekai - Pressure Tunnel
- VII. Upper Tekai - Power Station
- VIII. Upper Tekai - Diversion
- IX. Lower Tekai - General Arrangement Plan, Power Station and Sections
- X. Lower Tekai - Power Station
- XI. Main Transmission System
- XII. Construction Schedule
- XIII. Design and Construction Program for Upper Tekai
- XIV. Design and Construction program for Lower Tekai
- XV. Capacity and Area Curve of Upper Tekai
- XVI. Capacity and Area Curve of Lower Tekai

# 1. 要約と結論



## 1. 要約と結論 (Summary and Conclusion)

バハン州を流れるバハン川水系テカイ川流域の水力開発計画の可能性を検討することを目的とした本調査は、テカイ川の有する水力資源をできるだけ有効に利用する観点から、同川の下流域に選定した2つの開発候補地点(上・下部地点)について、開発方式、開発規模、構造物の設計、工事工程等、最も経済的となるよう検討を行った。

開発方式、開発規模については、負荷変動に対する即応性があり、ピーク負荷に対する供給力としてすぐれている水力の特徴を考慮し、上・下部2地点各々の単独開発計画と、上・下部地点一貫開発計画について検討を行った。

各々の単独開発における最適規模は、ダム高、設備出力、利用水深等を比較検討し、年間発生電力量を算出し、費用便益比(B/C)および超過便益(B-C)により決定した。

また、上・下部地点一貫開発計画における最適規模は発電規模の大きい上部単独開発案の最適規模を固定し、下部ダムのH.W.L.を上部発電所の放水位と同一とし、設備出力を比較検討し、年間発生電力量を算出し、B/CおよびB-Cより決定した。

便益の算出にあたっては、ガスタービン代替火力として考えた。

構造物の設計に際しては、地形、地質、気象、河川状況等の諸調査結果をふまえ、FEASIBILITY STUDY 段階としての精度の範囲で、最も経済的となるよう構造物の配置、諸元等の検討を行った。

これらについて検討の結果、開発方式については、上下部地点一貫開発がFeasibleであるとの結論を得た。本プロジェクトのDetail Design、アクセス道路の建設、および上ダム湛水予定地の森林伐採等の早急な着手を提示するものである。

この開発方式における上・下部地点の最適開発規模、最適設計の諸元等を示すと次の通りである。

① 上部地点のダムの適正な形式と規模は、ダム高101m(ダム天端高EL.166.2m)のロックフィルダムが最も有利である。また、下部地点ではダム高38m(ダム天端高EL.81m)の重力式コンクリートダムが有利である。

② 上部地点の最大出力は150MWである。また、下部地点の最大出力は5.8MWであり、両者合わせた場合は155.8MWである。

③ 年間発生電力量は上部地点で194.8GWH、下部地点で40.3GWHであり、合計235.1GWHである。

- ④ 上部地点の建設費は  $289 \times 10^6$  M\$ である。下部地点では  $62 \times 10^6$  M\$ であり、両者合わせた総建設費は  $351 \times 10^6$  M\$ である。
- ⑤ 上・下部地点一貫開発計画の費用便益比 (B/C) は、1.53 であり、超過便益 (B-C) は  $23.10 \times 10^6$  M\$ である。また、この場合の内部収益率 (IRR) は 14.78 である。(コスト上昇無しで、燃料は oil の場合、送電線の建設費を含む)
- ⑥ 上・下部地点の運転開始時期を 1991 年 7 月と計画した場合、上・下部地点の概略工程は 1986 年 3 月本体工事契約、1989 年 11 月上旬部の洪水開始が予定される。この場合、Access Road を本体工事に先がけて終了させておくことを前提としている。

(1) Tekai Development Scheme

	Upper Dam	Lower Dam	Series
• Installed Capacity	150,000 kW	5,800 kW	155,800 kW
• Dam Body Volume	$3.125 \times 10^6 \text{ m}^3$	$5.69 \times 10^4 \text{ m}^3$	
• Dam Height	101 m	38 m	
• Maximum Operating Level	157 m	75 m	
• Minimum Operating Level	147 m	70.5 m	
• Effective Depth	10 m	4.5 m	
• Effective Storage Capacity	$680 \times 10^6 \text{ m}^3$	$21.5 \times 10^6 \text{ m}^3$	
• Normal Water Level	153.7 m	73.5 m	
• Tailrace Water Level	75 m	55.6 m	
• Maximum Turbine Discharge	$235 \text{ m}^3/\text{s}$	$40 \text{ m}^3/\text{s}$	
• Construction Cost	$289 \times 10^6$ M\$	$62 \times 10^6$ M\$	$351 \times 10^6$ M\$
• Annual Cost	$35.83 \times 10^6$ M\$	$7.98 \times 10^6$ M\$	$43.81 \times 10^6$ M\$
• Annual Energy Generation	$194.8 \times 10^6$ kWh	$40.3 \times 10^6$ kWh	$235.1 \times 10^6$ kWh
• Annual Benefit	$58.42 \times 10^6$ M\$	$8.49 \times 10^6$ M\$	$66.91 \times 10^6$ M\$
• B-C	$22.59 \times 10^6$ M\$	$0.51 \times 10^6$ M\$	$23.10 \times 10^6$ M\$
• B/C	1.63	1.06	1.53

(2) Estimated Construction Cost

For Optimum Development Scheme

	<u>Upper Tekai</u>	<u>Lower Tekai</u>
. Preparatory Works	32.26x10 <sup>6</sup> M\$	3.93x10 <sup>6</sup> M\$
Access Road	16.51x10 <sup>6</sup> "	0.10x10 <sup>6</sup> "
Temporary Facilities	15.74x10 <sup>6</sup> "	3.83x10 <sup>6</sup> "
. Civil Works	156.19x10 <sup>6</sup> "	34.77x10 <sup>6</sup> "
Diversion and Gate of River	20.57x10 <sup>6</sup> "	5.08x10 <sup>6</sup> "
Dam	59.97x10 <sup>6</sup> "	16.00x10 <sup>6</sup> "
Spillway	21.20x10 <sup>6</sup> "	4.95x10 <sup>6</sup> "
Intake Structure	3.51x10 <sup>6</sup> "	0.92x10 <sup>6</sup> "
Penstock	25.65x10 <sup>6</sup> "	0.81x10 <sup>6</sup> "
Powerhouse	20.45x10 <sup>6</sup> "	6.44x10 <sup>6</sup> "
Switchyard	1.33x10 <sup>6</sup> "	---
Mechanical Equipment	3.50x10 <sup>6</sup> "	0.58x10 <sup>6</sup> "
. Generating Equipment	53.00x10 <sup>6</sup> "	13.00x10 <sup>6</sup> "
. Engineering Service	19.31x10 <sup>6</sup> "	4.14x10 <sup>6</sup> "
. Government Administration	7.25x10 <sup>6</sup> "	1.55x10 <sup>6</sup> "
. Contingency	21.44x10 <sup>6</sup> "	4.59x10 <sup>6</sup> "
. Grand Total	289.45x10 <sup>6</sup> M\$	61.98x10 <sup>6</sup> M\$

**(3) Economic Analysis**

**Series Development for Upper and Lower Tekai**

	IRR %	NPV (M\$ $\times 10^6$ ) for Discount Rate			
		10%	12%	14%	16%
Case 1	14.78	104.8	46.8	10.2	-13.3
Case 2	17.13	181.8	98.7	46.8	13.4
Case 3	19.60	292.0	170.2	95.7	48.3
Case 4	11.62	33.2	6.6	-30.6	-45.3
Case 5	13.67	87.1	29.8	-5.0	-26.6
Case 6	15.86	164.2	79.8	29.2	-2.2

Case 1 : Fuel oil at constant price

Case 2 : Fuel oil with relative price escalation of 1.5 percent per annum

Case 3 : Fuel oil with relative price escalation of 3 percent per annum

Case 4 : Natural gas at constant OEP

Case 5 : Natural gas with relative price escalation of 1.5 percent per annum

Case 6 : Natural gas with relative price escalation of 3 percent per annum



#### (4) Construction Schedule

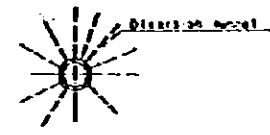
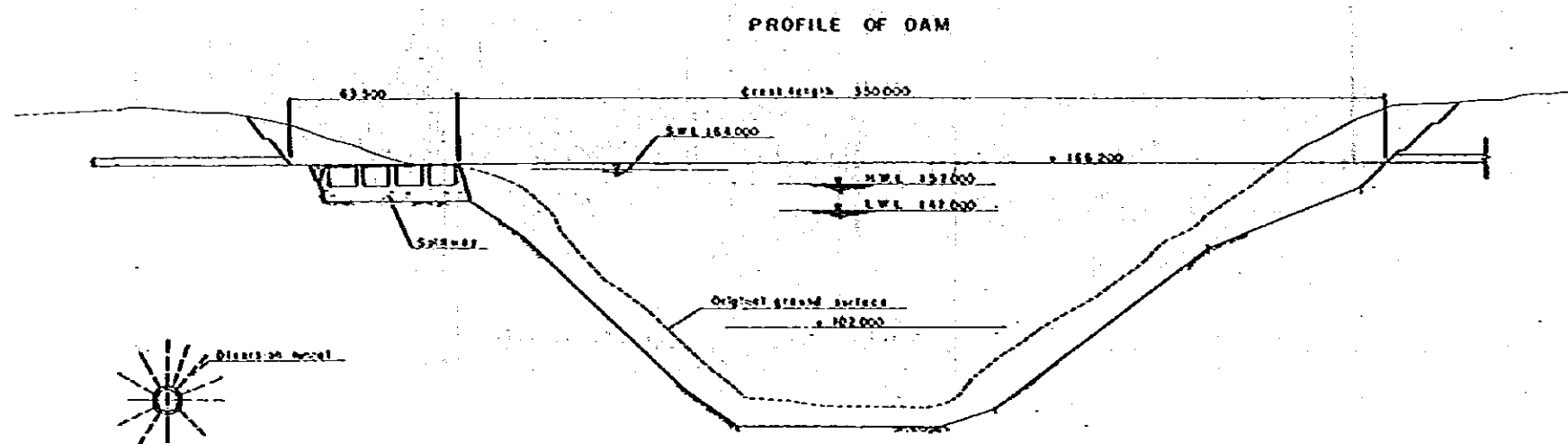
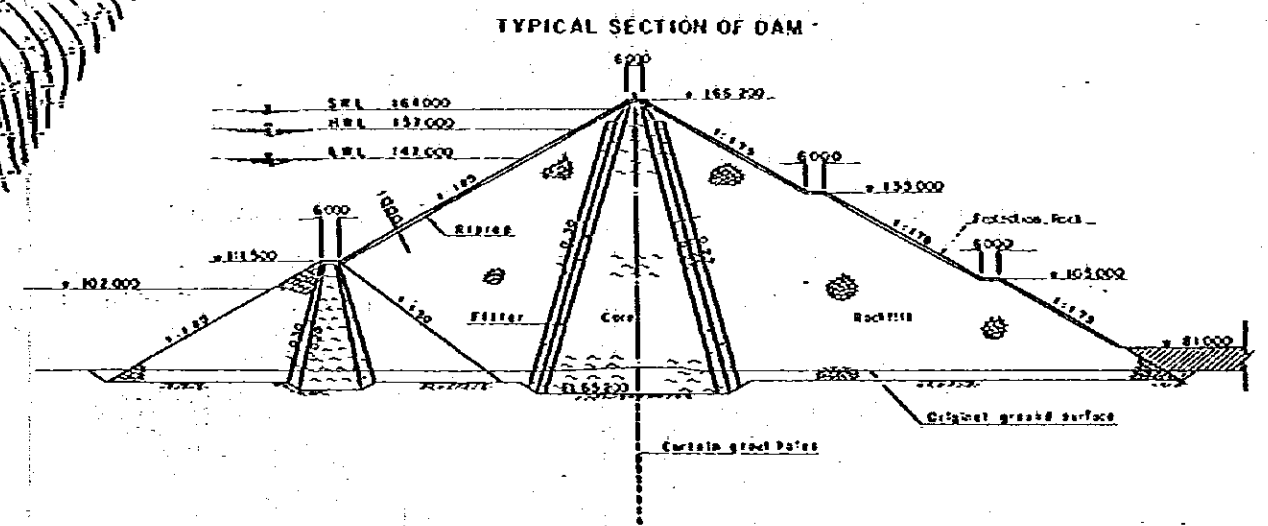
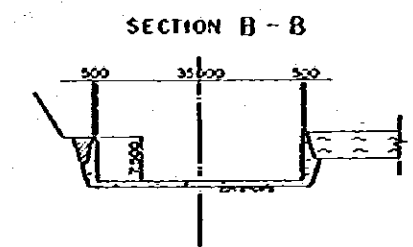
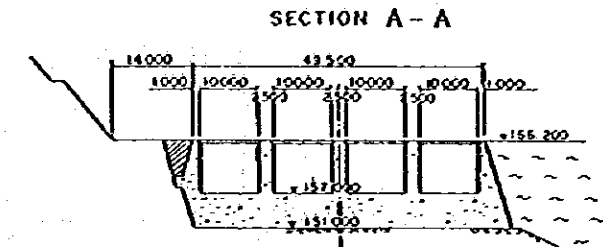
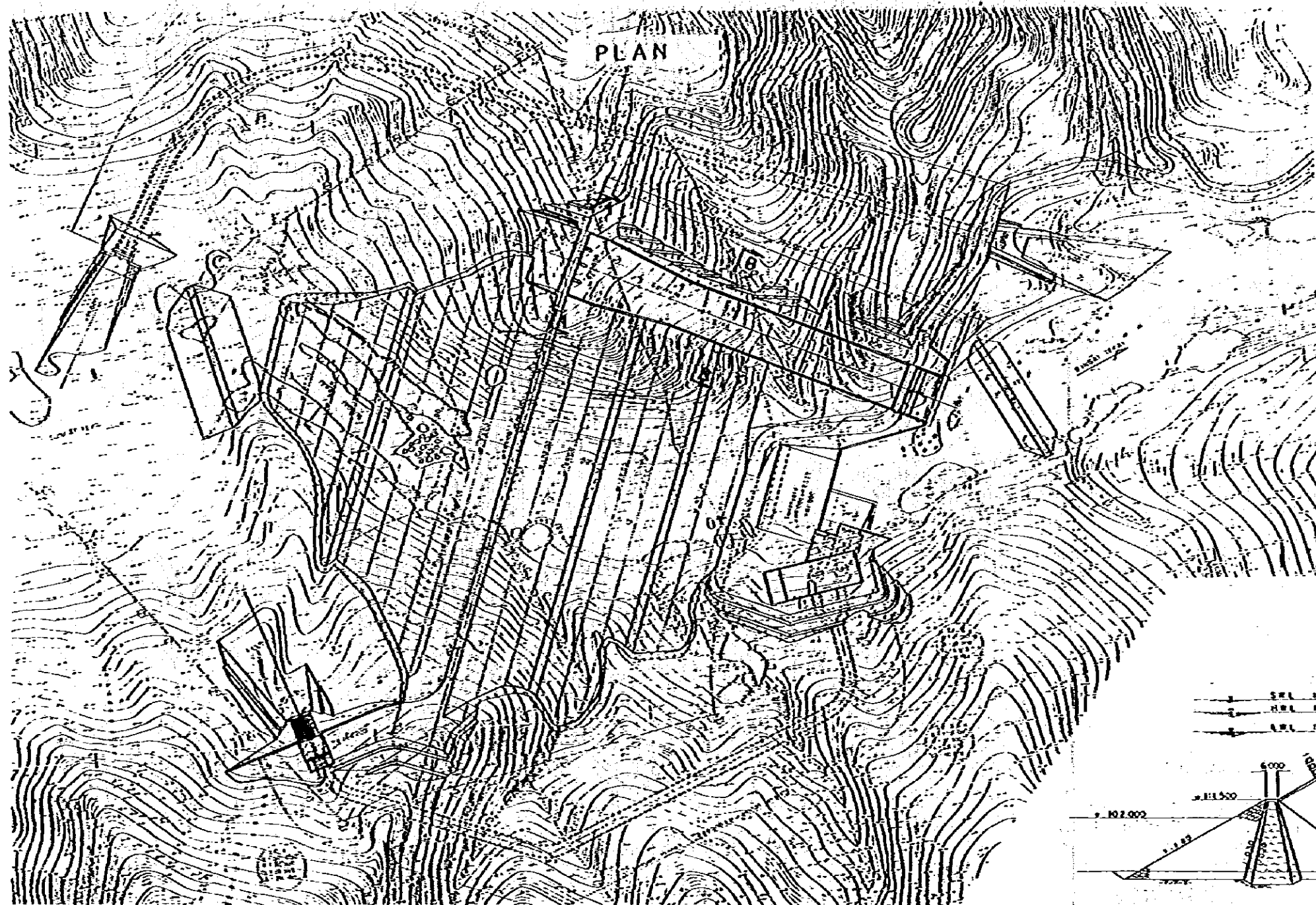
##### Upper Tekai

- a) Completion of access road and temporary road  
(road from the aggregate plant to spoil site) - February 1986
- b) Start of excavation of diversion tunnel - June 1986
- c) Start of excavation of diversion and dam - October 1987
- d) Dam embankment start - July 1988
- e) Grouting of dam body - October 1989
- f) Spillway - July 1987
- g) Penstock - May 1987
- h) Power plant - March 1988
- i) Start of reservoir filling - November 1989
- j) Start of operations - July 1991

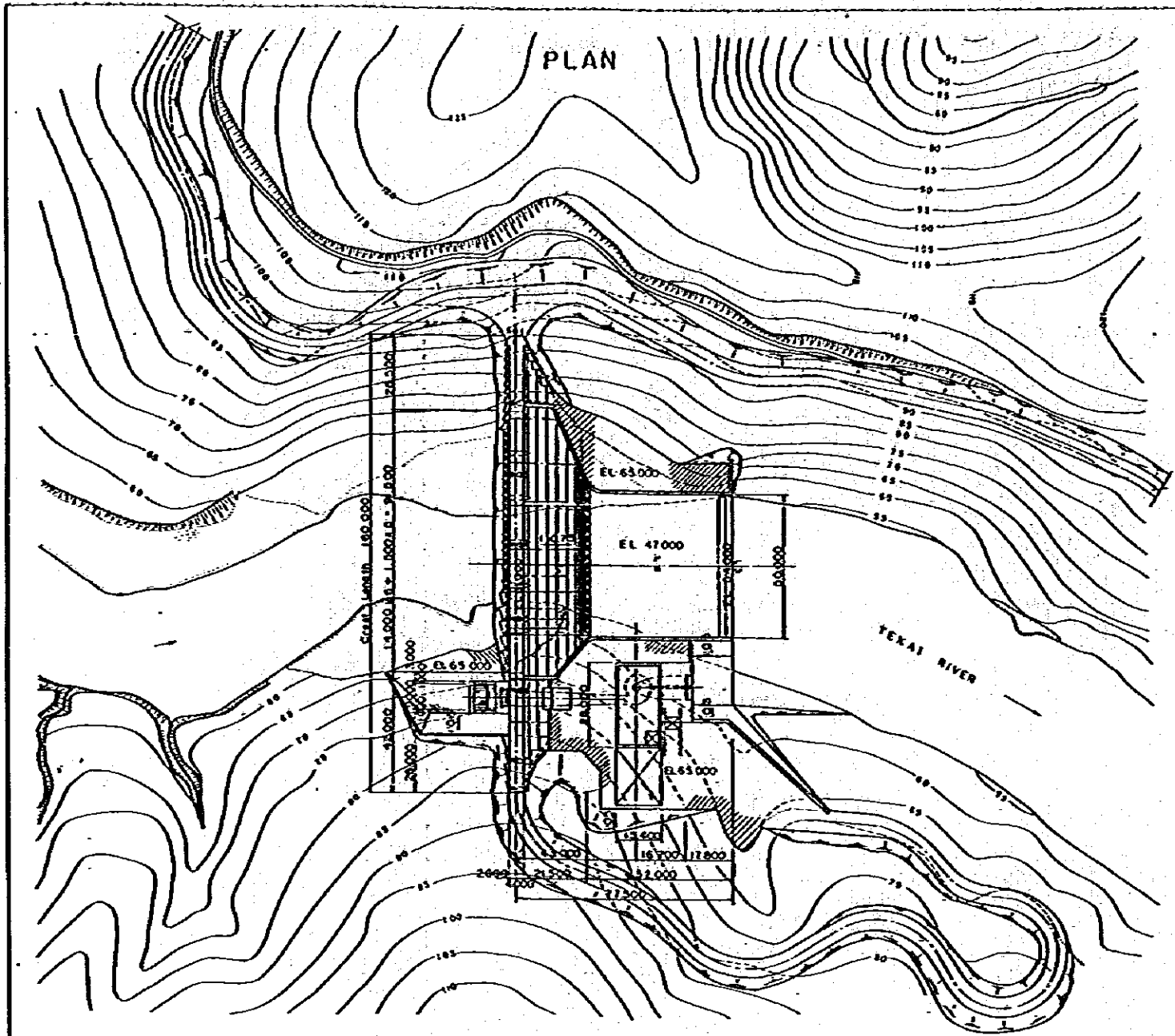
##### Lower Tekai

- a) Start of temporary facilities erection - January 1989
- b) First coffering - April 1989
- c) Dam excavation - August 1989
- d) Start of concrete pouring on the right bank - January 1990
- e) Secondary coffering - June 1990
- f) Start of concrete placement on the left bank - October 1990
- g) Excavation of spillway and water intake - August 1989
- h) Penstock - November 1989
- i) Power plant - August 1989
- j) Start of operations - July 1991

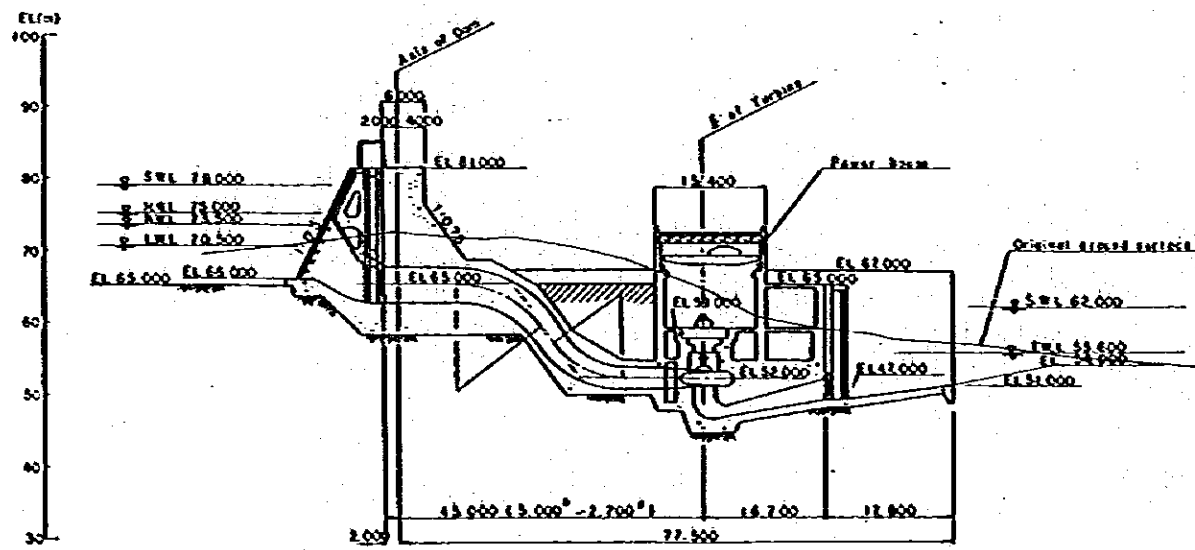




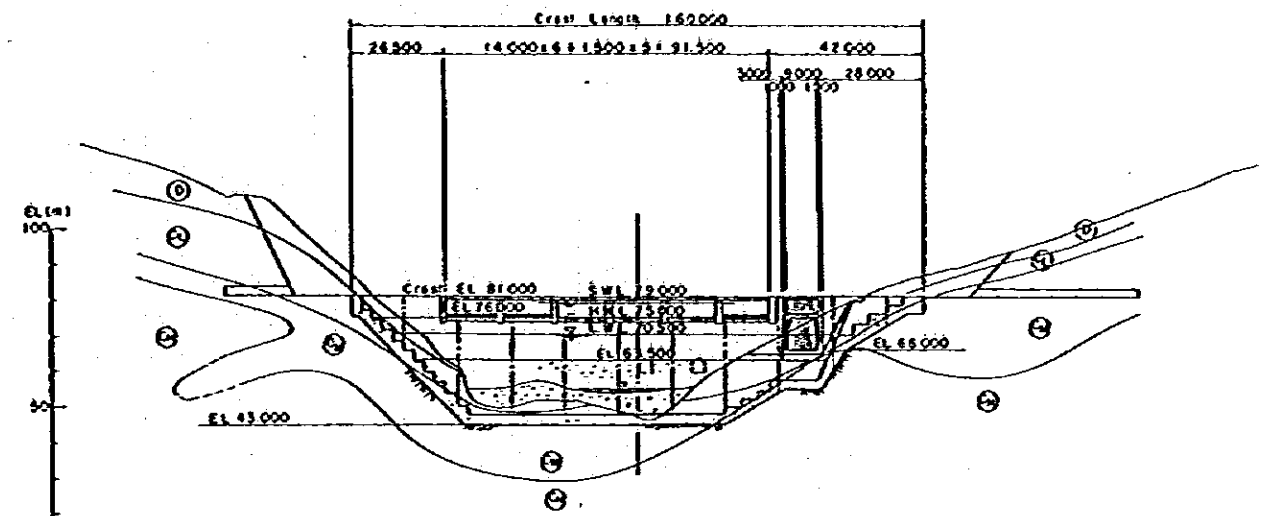
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 TOKYO JAPAN  
 FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
 POWER DEVELOPMENT PROJECT  
**UPPER TEKAI**  
 front piece



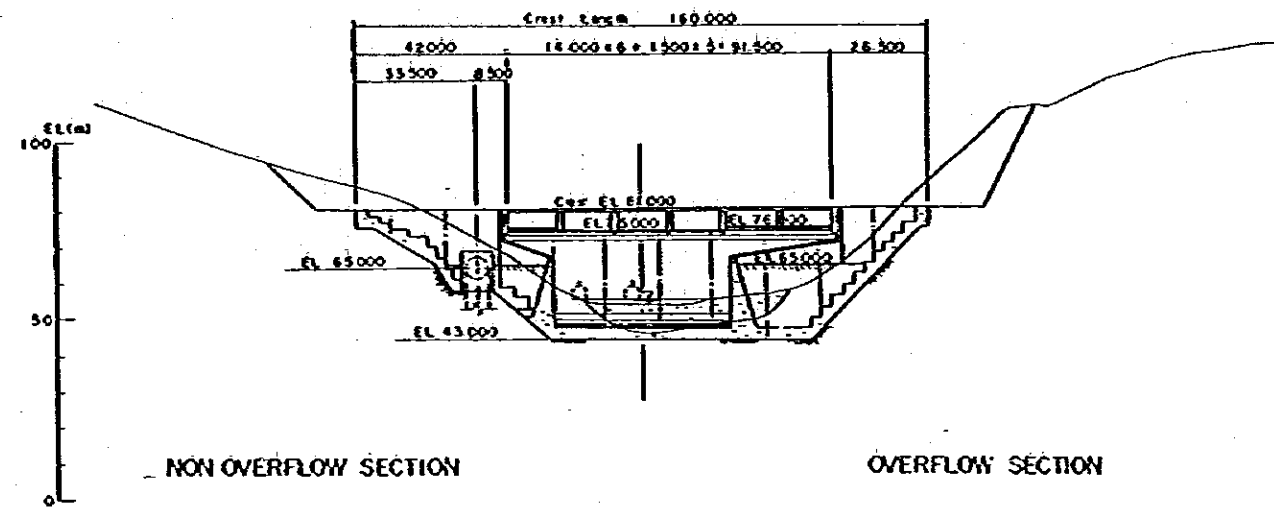
LONGITUDINAL SECTION PRESSURE PIPELINE



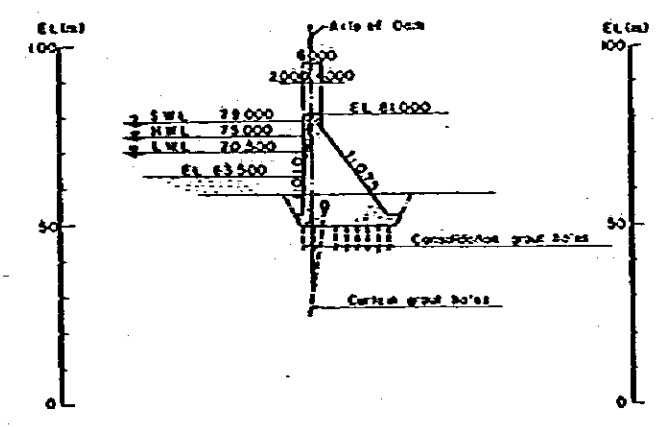
UPSTREAM ELEVATION



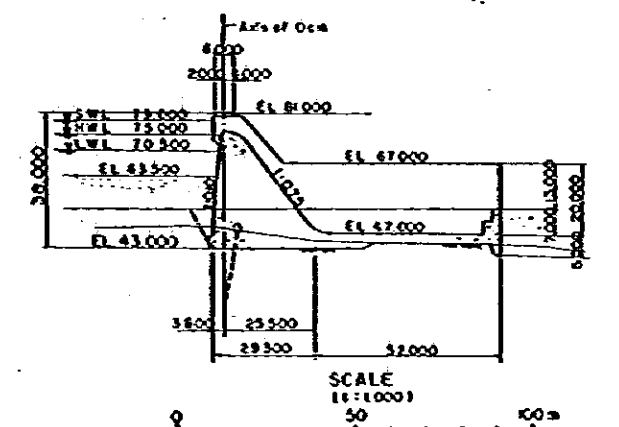
DOWNSTREAM ELEVATION



NON OVERFLOW SECTION



OVERFLOW SECTION



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 TOKYO JAPAN  
 FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
 POWER DEVELOPMENT PROJECT  
**LOWER TEKAI**  
 front piece



## 2. 序



## 2. 序

マレイ半島山岳地域における多雨地帯は、その豊富な水量により水力開発に大きな可能性を有している。しかも地形、地質状況および湛水域等を総合的に判断して、水力開発のためのダムサイト候補地点は数多い。

西マレーシア最大の州パハン州を流れるパハン川については、1972年から1974年にかけてマレーシア政府の要請に基づき、オーストラリア政府により調査が実施されている。この調査は、パハン川全流域に対し、主として治水の観点から行なわれたものであるが、今回は電源開発用としてパハン川の上流部にある支流テカイ川に対して水力発電計画が選定された。

テカイ地点はパハン川水系テンプリン川の支流テカイ川に位置し、テカイ上部地点および下部地点よりなる。流域面積1200k $\mu$ l、最大出力150MW、ダム高101mのロックフィルダムを上部地点に計画し、また下部地点はピーク用電源としての上部地点の逆調整の役割をもつとともに残流域の調整を行う目的をもって、流域面積1380k $\mu$ l、最大出力58MW、ダム高38mのコンクリートダムを計画している。

マレーシア連邦国における近年の電力需要の伸びは、1980年から1985年の想定平均伸び率から年率14.7%と著しく、マレーシア NEB はこの需要に対応するため電源開発を推進している。本計画はその一担をになうものであり、特に同国パハン州の産業開発の原動力として重要な水力開発地点の一つとして位置づけられている。また、付帯的にはパハン州の地域開発の推進に寄与するものと期待されている。





### 3. プロジェクト地域



### 3. プロジェクト地域

#### 3.1 プロジェクトの所在地

テカイ水力発電プロジェクトの開発が計画されているところは、西マレーシアの最大の州であるパハン州を流れるパハン川(流域面積28500km<sup>2</sup>)の支流テカイ川の下流部に位置している。当計画地域は、首都クアラルンプールの北東、直線距離で約150kmの位置にありパハン州の北端にあるクマンネガラと呼ばれる国立自然公園の南側に接している。

マレーシア半島の最大河川であるパハン川はパハン州の山岳に源を発し、多くの支流を集めてジャランツツツ地方を南下する。テムローの近傍にて東方に向きを変え、クアンタン市南方にて南支那海へ注ぐ。テンプリン川はパハン川の上流部を構成し、クアラ・テンプリン地点においてジュライ川と合流する。当計画地点の河川であるテカイ川はテンプリン川の最大支流であって、トレンガヌ地方からクアンタン地方にかけて北・西から南・東に連なるトレンガヌ海岸山脈に源を発する。テカイ川は主として西北西へ流下し、クアラ・テンプリン地点より上流約20kmにおいてテンプリン川に合流する。

計画地域内に設定された2つの開発候補地点のうち下部地点(流域面積1,380km<sup>2</sup>)は、パハン川の支流テンプリン川とテカイ川との合流点より、テカイ川沿いに上流へ約8.0kmのところであり、上部地点(流域面積1,200km<sup>2</sup>)は下部地点より更に上流へ約18.5kmのところにある。

#### 3.2 テカイ川流域の地形、地質概要

テカイ川流域の山岳地帯は、一般に、著しい風化作用により、緩傾斜を有している。テカイ川の河川勾配は、上流の山岳地帯では、比較的急勾配の河床をなすが、下流域では非常に緩い勾配をなしている。

テカイ川流域の地質は、主に堆積岩類、変堆積岩類、ならびに花崗岩類により構成されている。

### 3.3 気象・水文

マレイ半島の気候は、一般に北東および南西季節風により特徴づけられる。

北東季節風は、毎年11月より1月にかけて南支那海方面より飛来し、マレイ半島の北東部にまず、降雨をもたらす、その後南西へ移動し、全マレイ半島をおおう。この北東季節風に当たった地域は、多雨に見舞われ、特に西海岸の北部よりの地域は豪雨となる。1,000mmを越す月間降雨量がクアラトレンガヌ北東部で記録されている。

他方、西海岸の北部の地方では、マレイ半島中央部の山脈にさえぎられ、同時期降雨量は極めて少ない。

12月、1月の晴天時間(1日当り)は、全マレイ半島を通じ年間で一番短い。

2月、3月は、マレイ半島を通じ、最も乾燥した月間である。大気湿度は最低となり、晴天時間は最長となる。

また、一般に4月、5月は、インド洋を越え南西季節風が西海岸へ到達する。マレイ半島中央部山脈にはばまれる結果この3月から6月の季節風は西海岸には、豪雨をもたらすが、東海岸への降雨は極めて少ない。この南西季節風は、スマトラ島山脈地域で部分的にまず降雨されてしまう結果、北東季節風時期と較べれば降雨量は一般に少ないと西海岸の北部を除けば言える。

南および東海岸の最高気温は、3月に発生し西海岸のそれは、4月となるのが通例である。

西季節風の境界期に当る8月から10月にかけては、西風がもたらす降雨が西海岸北部に年間を通じての最大降雨を導く。

降雨：テカイ川上部集水域の降雨データの不足により、降雨評価は主にテカイ周辺における雨量計から得られたものである。カンサー(Kangsar)ステーションでの相関分析の結果得られた、ウルテカイでの年平均降雨は約2,210mmと評価された。

テカイ流域に沿った10ステーションからのデータを基に確率計算を行ない、これより5日間、10000年間確率雨量は約840mmと推定された。

流出： 当プロジェクトのダムサイト流量の評価は下部ダムサイト下流ペヌート(penut)で得た観測データを基にしている。しかし、観測データの不足により、この評価に関しては、ステーション周辺の相関分析および降雨流出モデルから

の換算を通して補足、集計されたものである。この結果、年平均流量は上部ダムサイトでは  $34.81 \text{ m}^3/\text{s}$ 、下部ダムサイトでは  $40.07 \text{ m}^3/\text{s}$  であった。

### 3.4 バハン州の概要

バハン州はマレーシア連邦国を構成する13州のうち広さにして第3位に属し、その面積は約  $36,260 \text{ km}^2$  である。南支那海に面したこの州は  $200 \text{ km}$  におよぶ海岸線を有している。気候は典型的な熱帯性であるが、所によって差がある。州の面積のうち65%は森林で占められ、耕地は主にバハン川流域の約  $566,600 \text{ ha}$  で、それは州全体の面積の16%にあたる。耕地の約  $257,000 \text{ ha}$  はゴム園、約  $267,000 \text{ ha}$  はパーム油ヤシ園、約  $7,200 \text{ ha}$  は水田と残りはその他農作地である。

バハン州は10の行政区にわけられていて、州都は南支那海に面したクアンタン市である。州の総人口は820,000人(1980年推計)で、その約25%にあたる人口が州都所在のクアンタン行政区に在る。その他比較的人口密度の高いのは工業団地のあるペカン、テムローとベントンである。

州の交通網は連邦政府の3次にわたる5ヶ年計画によって整備されつつある。また第4次マレーシア計画の実施によってこれらの施設は一層充実されるものと期待されている。

マレーシア国営鉄道は州の内陸部のクアラリピス、ジュランツツツとムンタカを他州の主要都市と結んでおり、クワンタン港開港前は州の生産物は鉄道輸送にたよっていた。

道路網はクアラランブール〜クアンタン間約  $270 \text{ km}$  の高速道路のほか、南は海岸線沿いにシンガポール、北は海岸線沿いにコタバルを結ぶ自動車道がある。この他州内の幹線道路の新設と改修が行われている。

また、マレーシア航空はクアンタンとクアラランブール間に毎日1便を就航させている。

州の経済活動は農林業が中心であり、生産拡大、品種改良、肥料による増産を指導している。政府は大きな潜在力をもつ未開発の州を発展させることに重点を置き、少なくとも他の先進的諸州なみの工業化と近代化を進めるため1960年代以来4次に亘って5ヶ年計画を立案し現在遂行中である。

政府の方針に呼応してバハン州は積極的に経済開発のため諸政策を立案し、これを

実施に移している。

バハン州の電力需要はNEBの送電系統によって1部地域は供給されているが、点在する地方市町村は小規模ディーゼル発電所によっている。NEBは5ヶ年計画の一環としてバハン州を含めて東部州へ連系電力系統からの供給を計画しており、着実にそれを実施に移している。本テカイ水力発電プロジェクトは電力の安定供給の上で重要な役割を担うものと期待されている。

## 4. 水力開発計画





## 4. 水力開発計画

### 4.1 序

調査団はテカイ川における水力開発計画案を策定し、その可能性を検討するために、1981年6月より同年10月までの約5ヶ月間にわたり、予備現地調査を実施し計画検討を行った。検討内容は計画地域内に設定された二つの開発候補地点（上・下部地点）について、その優劣を比較し、最も有利な開発方式と概略の開発規模を策定したものである。この段階での検討内容については、1982年3月の Interim Report に報告されているが、最適開発方式として上・下流2段にわたる一貫開発が有利であるとされた。調査団はこの計画案をもとに1982年5月より同年12月まで7ヶ月間にわたり、より詳細な追加現地調査と諸資料の収集を行った。これらの新たに得た諸資料をもとに再検討を行った結果、開発方式は一貫開発が、Feasible であるとの結論を得た。

### 4.2 ダムサイトの地質

#### 4.2.1 上部ダムサイトの地質

上部サイトの地質は、テルムス赤色岩ならびにマンキン砂岩より構成されている。テルムス赤色岩は、ダムサイトの上流域のテルムス川沿いに分布しており、地質時代を中生代の白堊紀とされている。

上部サイト周辺のテルムス赤色岩は、主に頁岩 (TSh) および砂岩により構成されている。

#### 4.2.2 上部ダムサイトの地質工学的考察

ダムサイトは砂岩ならびに頁岩により構成されており、比較的谷幅が狭く、フィルダム基礎として良好な岩盤が浅く分布することから、ダムサイトとしては適した地点と考えられる。また、地層は褶曲作用を受けている。ダムサイト付近より上流地域では上流方向傾斜である。

ダムの型式としては、近傍から堤体材料（コア材、ロック材）が採取可能であることから、中央土質型水壘型ロックフィルダムが適していると考えられる。

また、ダムサイト右岸には、ダム軸と低角度で交差する比較的規模の大きな破碎帯（破碎帯20～40mと推定される）が分布する可能性があるため、基礎処理、構造物の設計に際しては、十分に考慮する必要がある。

#### 4.2.3 下部ダムサイトの地質

下部サイトの地質は、上部サイトと同様に、地質時代を中生代ジュラ紀とされるマンキン砂岩より構成されている。

下部サイトにおけるマンキン砂岩は、主に砂岩と頁岩より構成されており、頁岩に比べ砂岩の方が広く分布している。

#### 4.2.4 下部ダムサイトの地質工学的考察

ダムサイトは、砂岩および頁岩により構成されている。地質は上流方向傾斜である。ダム型式としては、フィルタイプダムならびにコンクリートグラビティダムが考えられるが、堤体材料、特にコア材について現在までに有望な候補地がないこと、ならびに建設費の比較を行った結果、コンクリートグラビティダムが有利であるとされている。

### 4.3 建設材料

テカイ上部地点におけるセンターコア型ロックフィルタイプダムのコア材、ロック材、骨材及びコンクリート重力式ダムのテカイ下部地点での骨材調査に4地点の採石場、土取場が選定された。この4地点は、上部、下部ダムサイトの近傍に位置し、テカイ河上流方向より、site A、B、C、Dと命名する。

サイトA、Bは、上部ダムのそれぞれ上流、下流部に位置し、コア材、ロック材、骨材候補地に調査が行なわれた。コア材は両サイトとも砂岩、頁岩の風化岩を対象とし、立坑より採取した試料の土質試験の結果、両サイトの試料ともコア材としての透水性は十分であり、透水係数は $1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ オーダーであった。また、自然含水比と最適含水比の差が小さく、施工に際してはコア山から盛立現場に直送も可能であり、最大乾燥密度は約 $1.8 \text{g/cm}^3$ である。

サイトAは地形がやや急峻で風化岩の層は薄いですが、サイトBは地形が台地状をなし、風化岩の層はサイトAより厚く、埋蔵量、施工性の点でサイトBの方が有利であ

る。

サイトA、Bの砂岩、頁岩をロック材、コンクリート骨材の対象とし、ボーリングコアを使用した岩石試験を行った。

その結果、サイトA、Bとも砂岩は比重が、約2.55で吸水率は3%以下であり、頁岩は比重が約2.35で吸水率も多い。通常、良質の骨材は比重2.5以上、吸水率3%以下といわれるので、骨材、ロック材としては頁岩よりも砂岩の方が望ましい。従って地質調査より砂岩の分布に富むサイトBよりの採取が有利と思われる。

サイトCは、下部ダム下流部に位置し、砂岩、頁岩のコンクリート骨材候補地として、岩石試験が行なわれた。その試験結果は、サイトA、Bの岩石試験結果と同一である。地質調査では、サイトCの風化部は比較的厚いと推定されている。

サイトDは、下部ダム下流のテヅリン川上流部に位置しており、石灰岩のコンクリート骨材を対象とした候補地である。地質調査を行なうてはいたないが、入手したボーリングコアによる岩石試験結果はきわめて良好で比重は2.7、吸水率は0.3%以下である。

また、上下ダムサイトの基礎掘削、洪水吐、発電所等の掘削ズリは、砂岩、頁岩よりなり、十分、ロック材等に流用できると思われる。

地質調査、施工性を考慮し、上部ダムについては近傍で、かつコア材の埋蔵量の大きいサイトBを中心にコア材、ロック材、骨材を採取することにした。

また、下部ダムについては、比較的近距離にあるサイトDを骨材候補地とした。

#### 4.4 ダムサイトの選定

テカイ川の下流域は千分の一程度の非常に緩い河川勾配をなし、ダム建設によって大きな貯水容量を得られる可能性を有している。またテカイ川の有する水力資源をできるだけ有効に利用するため、本プロジェクトの計画区域を下流域に限定し、岩盤が露頭し、地質が良好で、兩岸が相迫り、上流に大きな貯水容量が得られる地点を選定すると、2つの開発候補地点（上・下部地点）が得られる。

上部地点はテカイ川とテルムズ川の合流点より下流のやや急峻な地形が発達した河床から兩岸の中腹にかけて岩盤の露頭が見られる区域である。また下部地点は上部地点より下流約20km付近の上部地点と同様な条件を有する区域である。

これらの地点は、オーストラリア政府の報告書、コロンボ計画における「PAHANG RIVER BASIN STUDY August 1974」にも提案されており、今回の Feasibility Study においても1981年3月1日から3月25日に現地踏査を実施し、開発候補地点として改めて確認を行った。

上部地点についてはU-1、U-2、U-3の3ダム軸を選定し、地形的、地質的条件から、U-2を最優先のダム軸として Inception Report において提案した。

また、下部地点についてはL-1、L-2の2ダム軸を選定し、同様に地形的、地質的条件からL-1を最優先のダム軸として提案した。

#### 4.5 ダム形式の選定

##### 4.5.1 上部ダム

テカイ川流域での水文資料および発電出力の検討により、テカイ上部ダムでは堤頂EL.166.2m、ダム高101.0mが最適であると考えられ、これをもとにコストの比較を行ない各ダムタイプの検討を行った。

本検討では以下のダムタイプについて比較を行った。

Rockfill Dam	<ul style="list-style-type: none"><li>◦ Earth impermeable core type</li><li>◦ Concrete facing type</li><li>◦ Asphalt facing type</li></ul>
Concrete Dam	<ul style="list-style-type: none"><li>◦ Concrete gravity dam</li></ul>

コスト比較の結果は、コンクリートダムについては堤体ボリュームが非常に大きいため、建設費用がロックフィルに比べて大きい。一方、ロックフィルダムでは表面しゃ水壁は中央土質しゃ水型よりやや高いが、その費用の差は小さい。また、約100m堤高をもつアスファルトしゃ水壁の施工条件等を考慮すれば、中央土質しゃ水壁ロックフィルダムに比較して不利な点が多い。

以上より中央土質しゃ水壁型ロックフィルダムが当ダムサイトでは最適である。その主な利点は次の通りである。1) 地質、地形的条件により当ダムサイトはロックフィルダムに適している。2) ダムサイト近隣には良質なロックフィルおよびコア材がとれ、その量も十分である。3) 建設材料のほとんどはローカルで間に合い、外部(海外)からの供給ならびに外貨変動に依存する必要はない。

#### 4.5.2 下部ダム

テカイ下ダムは、ピーク用電源としての上部地点の調整池の役割をするとともに残流域の調整をするものであり、堤頂EL.81m、ダム高38mの規模が最適と考えられる。コスト比較によるダムタイプの比較は次のタイプについて上部ダム同様に行った。

Concrete Dam	Concrete Gravity Dam
Rockfill dam	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Earth impermeable core type dam</li> <li>○ Concrete facing dam</li> <li>○ Asphalt facing dam</li> </ul>

コストの比較より、コスト比較の結果はコンクリートダムが最も有利である。

#### 4.6 プロジェクトの最適規模

ダムの高さ、最大出力、余水吐のクレスト長に関する最適規模を決定するため、各規模に対応する建設費用と発電便益をNI、NIH値値によって比較検討した。

費用と便益の比較は、年間の値値に換算し、B/CとB-C値によった。なお、この比較において、発電以外の費用、便益は考慮しないこととした。

本案件の便益 (M\$) は次式によった。

$$B (M\$) = 142.7 (M\$/kW) \times P + 0.19 (M\$/kWh) \times E$$

$$1 kW = 142.7 M\$$$

$$1 kWh = 0.19 M\$$$

これらの値は代替火力 (ガスタービン) の発電費用に基づいて求めた。ここで P は、本案件の出力 (kW)、E は年間発生電力量 (kWh) を表わす。

#### 4.6.1 上部地点開発計画

##### (1) ダム高の検討

ダム高の検討に当って、ダム高を 80m、90m、100m、110m の 4 ケースについて比較を行った。

比較の結果、ダム高は 100m が最も有利である。

##### (2) 利用水深 (有効貯水容量) の検討

前項の比較検討により最適ダム高は、100m となったが、ここでは利用水深について、20m、15m、10m、5m の 4 ケースについて比較を行った

利用水深は、5m が 10m より僅かに有利であるが、有効貯水容量の大きい方が、洪水調節効果 (上表には洪水調節効果の Benefit は算入されていない) が大きく、また水資源の有効活用の面からも有利であるとの判断から利用水深は 10m を採用した。

##### (3) 設備出力の検討

前項までの検討により、決定したダム高 100m、利用水深 10m の場合について、設備出力を 50MW、100MW、150MW、200MW の 4 ケースについて、各案発電機器は 50MW ユニットで比較を行った。これより 150MW が最も有利である。

##### (4) 洪水吐越流長の検討

洪水吐については、ゲート有無の比較検討を行ったのち、ゲート無洪水吐について、越流幅について 40m、60m、80m の 3 ケースについて比較を行った。

この結果から洪水吐越流幅は 40m を採用した。

## 4.6.2 下部テカイ

設備出力については、下部テカイダムの逆調整機能を考慮して決定されており、上部テカイダムのピーク流量を24時間逆調整することにより、下流域に流下させる。前記の調整により下流域の航行の安全、および将来のかんがいへの水利用等に寄与することになる。

下部ダムサイトでの年平均流量は40m<sup>3</sup>/sであり、このため発電所での最大使用水量を40m<sup>3</sup>/sと設計した。

1ユニットを採用し、5,800kWの最大出力が得られる。

## 4.7 発電所

### 4.7.1 上部テカイ発電所

発電所は鉄筋コンクリート構造とする。2台の機器間隔は約18.6mであり、タービンスパイラルケーシングをその場で組立可能である。

水車バルブは幅を最小限に保てるように考慮した。

発電建屋は長さ約54.8m、幅31.0mである。

建屋の全長にわたり稼働可能な天井クレーンを設置する。

タービンスパイラルのケーシングは、EL.約68.5mのタービンフローレベルに据付埋設する。タービン間の構造横壁は設置しない。同じフロアにタービン用の橋機を設置できるスペースを確保する。

主変圧器と132KVスイッチヤードはダム下流の発電所屋外に設置する。

### 4.7.2 下部テカイ発電所

計画する発電所は鉄筋コンクリート構造である。

発電所建屋は長さ約28m、幅21.2mとする。

建屋の全長にわたり移動可能な天井クレーンを設置する。

タービンのスパイラル・ケーシングは、EL.52.00mのタービンフローレベル据付埋設する。

主変圧器と、132kvスイッチヤードはダム下流の発電所屋外に設置する。



## 4.8 アクセス道路

### 4.8.1 概要

Jerantut 市は Kuala Lumpur の北東約 150 km に位置し、Project の建設基地になると考えられる。陸上の Access は K.L. から Belong, Karak, Mentekab を経由して Jerantut に至る約 180 km の道路である。この道路は完全な舗装道路となっており、建設工事が始まれば陸上輸送の主要道路となる。

海上の輸送基地となるのはバハン州の州都である Kuantan の北約 26 km の Gelang 港である。Gelang 港は大型プラント設備や海外からの建設資材の荷下し港としての設備を備えている。

Gelang 港から Jerantut への道のりは Maran, Temeloh を経由して、約 220 km の舗装された道路である。

Jerantut から Project Area までは既存の道路を舗装道路に改良して、建設中及び将来の維持管理用に使用する。

Project Area 内の Access Road は (既存する道路から下部ダムサイトを經由して、上部ダムサイトに取り付く道路)、泄水地の右岸側と左岸側において工事費、距離、工程を考えて、左岸側に取り付ける事にした。

### 4.8.2 プロジェクト地域へのアクセス

#### (1) 現存道路

Jerantut から下部ダムサイト下流 2 km までは約 40 km の現存道路がある。この区間 35 km の舗装を行い、当 Project 地点への工事中、工事後のアクセス道路として使用する。

#### (2) 新設道路

下部ダムサイト下流 2 km から、下部ダムサイト、上部ダムサイトまでの Access は新設道路となる。この道路は建設中及び将来の維持管理用道路となる為に、排水設備を設けた幅員 6 m、最小曲率半径 20 m、最大勾配 8 % の舗装道路とした。

## 4.9 建設費の積算

### 4.9.1 概 要

建設費積算では、大きく Preparatory Works , Civil Works , Generating Equipments , Engineering Service , Government Administration , Contingency に分類し、Engineering Service、Government Administration は、Preparatory Works と Civil Works と Generating Equipments の合計額のそれぞれ 8 % と 3 % とした。又、Contingency は、総額の 8 % を掲上した。

建設費の単価は、1982年上期時点のものである。

### 4.9.2 工事単価

工事単価の決定に当たっては、施工計画および施工工程も考慮の上、各工種別に施工機械機種、台数、運転時間等を決め、Labor Cost , Material Cost , Equipment Cost , Miscellaneous に分けて、積上げし積算した。

## 4.10 建設および実施計画

当プロジェクトの工事は、早期完成の為に Access Road を本工事に先がけて終了させておく。よって本工事の契約終了とともに本工事にかかる。

上部ダム・建設工事は 1986年の3月に着工し、湛水開始は雨期が始まる1989年の11月、運転開始が1991年の7月となる。下部ダム・建設工事は、上ダムの洪水調整機能を利用して工事費を安くする為、洪水期の1989年4月より工事に着手し、上部ダム湛水開始3ヶ月後から、ダムコンクリートを打設開始する。運転開始は、上部ダム・発電所と同じ1991年7月となる。

本体工事の延施工期間は約6年間である。

全体工程表を図1に示す。

また、上・下部地点の概略工程を示すと次のとおりである。

(1) 上部地点

a) Access RoadとTemporary Road (骨材プラントと土捨場までの道路完成)

.....	1986年2月
b) 仮排水路掘削開始 .....	1986年6月
c) 転流及びダム掘削開始 .....	1987年10月
d) ダム盛立開始 .....	1988年7月
e) ダム本体グラウト完了 .....	1989年10月
f) 洪水吐掘削開始 .....	1987年7月
g) 圧力トンネル掘削開始 .....	1987年5月
h) 発電所掘削開始 .....	1988年3月
i) 湛水開始 .....	1989年11月
j) 運 開 .....	1991年7月

(2) 下部地点

○工 程

下部ダムについての概略工程を下記に示す。

a) 仮設備着手 .....	1989年1月
b) 1次締切り .....	1989年4月
c) ダム掘削 .....	1989年8月
d) 右岸コンクリート打設開始 .....	1990年1月
e) 2次締切り .....	1990年6月
f) 左岸コンクリート打設開始 .....	1990年10月
g) 洪水吐、取水口掘削開始 .....	1989年8月
h) 水圧鉄管 " .....	1989年11月
i) 発電所 " .....	1989年8月
j) 運 開 .....	1991年7月

## 5. 経 済 評 価



## 5. 経 済 評 価

### 5.1 序

本章では、本案件に派生する費用、便益分析を扱う。評価の基準は、電力便益に対する内部収益率（IRR）を用いた。便益単価は、代替電源をガスタービン発電所として求めた。

本案件のキャッシュ・フローは、図11に示した建設スケジュールに対応している。なお、代替火力の燃料費に関しては、重油の国際価格を採用した。

本案件は発電を単一目的としたものであるが、次節以下では、発電便益に加えて、林業、洪水制御、灌漑と農業、観光、その他の主要な関連分野をも扱っている。発電便益については、半島マレーシアにおける発電、送電の現状、計画を述べ、経済評価の枠組を示した上で、分析に用いた数字の根拠を明らかにした。

他の関連分野に関しては、森業に与える経済的損失についてのみ、その現在価値（NPV）を推計した。他の分野——洪水制御、灌漑と農業、観光等——については、本案件の影響は限られており、あるいは不確実で定量が困難なため、評価は定性的に行われた。この経済分析の結論は、5.8節に示される。

### 5.2 発 電 便 益

#### 5.2.1 半島マレーシアの電力事情

1970年から80年度期間中、半島マレーシアにおける総電力販売額は、経済の電力需要を反映して年平均約13%の伸びを示した（表5.1）。電力庁（NEB）は、1981年4月に、計量経済モデルを用い、電力系統の負荷率等に大きな変化がないことを前提として、表5.2に見るように、最大需要および年間電力量は、1990年にはそれぞれ4,154MW、25,254GWH、2000年には9,135MW、55,550GWHになるものと予測している。2000年の予測値は、現在の約6倍から7倍であり、年平均増加率は9.8%となっている。

現在、NEBの系統につながる発電設備は、約2,480MWである。その構成は火力が65パーセント、水力が26パーセント、ガスタービンが、1%、ディーゼルが5%となっている。長期需要予測に基づくNEBの設備計画によると、3,262MWの発電

設備が1990年までに建設される見通しであり、その内訳は水力が28%、ガスタウンが5%、重油火力およびコンバインドサイクルが67%となっている。図5.1は1990年度までの予測されたピーク需要と発電設備容量を示したものである。

### 5.2.2 送電線系統

前述の発電計画と並行して、NEBは132kV/275kV送電線系統の拡充と強化を実施している。これは半島マレーシアの東部PekanからKota Baharuを連系し、中部地区を275kV送電線で現状に連系するもので、東部の天然ガスによる電力、中部山岳地帯の水力による電力を負荷中心である西部地区に送電する(図5.2参照)。この275kV現状線はACSR300mm<sup>2</sup>×2、2回線で最大電力1,174MVA(587MVA×2回線)の送電容量をもつもので、1985年には完成の予定である。

NEBの送電線系統は、シンガポール電力(PUB)およびタイ電力(EGAT)に連系している。PUBとの連系は現在22kV送電線によっているが、1983年までに230kVケーブル1回線、最大容量200MWを建設し、非常時対応として運用する計画を立てている。EGATとは現在、北部のBukit Ketri変電所とタイのSada O変電所間を132kV150mm<sup>2</sup>1回線(1981年2月完成)で連系し、最大容量77MVAを融通できるが、緊急時に30MVAから50MVAに限定されている。

テカイ水力発電所に伴う、送電線の建設についてのNEBの考え方は次の通りである。上部発電所から下部発電所を経由し、テカイ地点から最も近い既設変電所Jerantutまで、132kV送電線2回線、約60km(ルート長)を新設する。Jerantut変電所は、基幹系統であるKg. Awah変電所から132kV、ACSR150mm<sup>2</sup>/回線、送電容量77MVAで連系されている。従って、テカイ水力発電所の出力が既設132kV送電線容量を超えるため、Jerantut変電所からKg. Awahまでの送電線に沿って132kV送電線約71kmを新設する。

### 5.2.3 評価の枠組

公的資金を電力案件に投資し、電力系統の将来の尖頭負荷容量の不足を緩和し、系統の信頼性を高めることによって得られる経済価値の測定は困難であるため、このような案件への投資の経済への収益性を示すことは、一般に不可能である。発電便益を正しく測定するための確立された手法がない現状では、経済評価(特に水力

案件について)は通常、同じ将来電力需要を満たすための最も安価な代替計画案に要する費用と比較することによって行なわれる。

この評価方法による場合、注意すべきことは、将来の電力需要が満たされない場合の社会的損失は、電力以外へ回される投資によって得られる便益を大きく上回るだろう故に、将来の電力需要はいずれの計画案によるにせよ満たされるべきであると暗黙に仮定していることである。従って、この前提によって計算される内部経済収益率(より正確には2つの代替案に要する経済的費用の純現在価値を等しくする割引率)は、電力部門での案件の比較には適切である。

電力案件の経済評価は通常、当該案件を単独に扱うのではなく、系統全体の負荷に対応すべく総ての既存、計画発電所の運用を含めた将来計画の一環として行われる。しかし、本案件の設備出力が系統の電力需要の全体と比べて小さいことから、NEBとの協議により、本案件の評価は単一の代替案(尖頭負荷に対応するガスタービン)との比較によって行なうことにした。



**Table 5.1 Energy Generated and Sold by NEB (GWH)**

Fiscal Year	Energy generated & purchased (GWH)	Sending end energy (GWH)	Energy sold (GWH)	Rate of Increase (%)
1970	2498.1	2406.3	2175.0	-
1971	2755.8	2645.8	2398.9	10.3
1972	3189.4	3057.4	2766.4	15.3
1973	3647.0	3491.8	3145.4	13.7
1974	4106.3	3929.5	3502.1	11.3
1975	4650.7	4441.9	3982.3	13.7
1976	5356.9	5103.2	4543.5	14.1
1977	6257.8	5953.6	5297.1	16.6
1978	6991.5	6651.4	5934.2	12.0
1979	7651.3	7302.4	6541.0	10.2
1980	8466	8071	7266	11.1

(Source ; NEB Annual Reports, 1969/70 - 1979/80)

**Table 5.2 Long-Term Demand Forecast by NEB (1981 to 2000)**

Fiscal Year	Annual Energy (GWH)	Peak Demand (MW)	Load Factor (%)
1980	8,610	1,397	70.38
1981	9,641	1,621	67.89
1982	11,034	1,614	69.44
1983	12,730	2,127	68.32
1984	14,595	2,388	69.77
1985	16,449	2,778	67.59
1986	18,906	3,110	69.40
1990	25,254	4,154	69.40
1995	36,976	6,082	69.40
2000	55,550	9,138	69.40

(Annual Growth Rate (%))		
Fiscal Year	Energy	Peak Demand
1980 - 1985	13.8	14.7
1980 - 1990	11.4	11.5
1980 - 1995	10.2	10.3
1980 - 2000	9.8	9.8

(Source ; NEB System Development, 1981 - 2000 Part I : Load Forecasts)





## 5.2.4 発電便益の想定条件

### (1) 資本費

既述のように本案件の代替案としてはガスタービンを選定した。日本のプラント輸出業者の情報によれば、現在のガスタービンプラントの国際価格はUS\$160～170/kW（マレーシア cif 価格）で、これには敷地整備、送電線とエンジニアリング等の費用は含んでいない。したがって上記各費用を加えるとガスタービンの単価は約US\$300/kWになると推定される。従い、現地通貨での資本費はM\$660/kWとした。なお、この値はNEBが1981年8月に作成した「発電開発調査報告1986～1990年」において採用しているものである。

資本費のキャッシュフローへの配分は1989年に20%、1999年に70%、1991年以降は10%と仮定した。ガスタービンの耐用年数は15年と想定されるので、50年のライフサイクル期間中には更に3回の資本投下が行われる。プロジェクト終了時のガスタービンの残存価値は割引率10%を用いて計算した。

### (2) 運転・維持費

—22MW 1基、67MW 2基のガスタービン運転を想定し、年間人件費M\$192,000（M\$12,000×16人）を算出した。

—スベア部品、パケット、ノズルの交換を含めて年維持費M\$6,152,000を算出した。

### (3) 燃料費

NEBは統制価格で燃料油を購入しているが、経済的収益の算定には1982年初頭の中質油のシンガポール fob 価格を基に、国際価格M\$617/l（US\$30/bbl）を使用した。

想定した日間負荷曲線およびプラントメーカーからのデータにより燃料消費量313.62 l/G.W.Hを算出した。この計算にはマレーシアの気温に帰因する熱効率の10%低下とカロリー値11,000 kcal/kgを想定している。

### (4) 調整係数

KW値に対して1.119とKWH値に対して0.982の調整係数をそれぞれ上記コストに適用した。

## 5.3 森 林

### 5.3.1 貯水地域の森林資源

上流デカイダムは1989年に湛水を開始し、1991年半ばには上、下流デカイダムのいずれも運転水位に達すると予想される。両ダムの貯水により、約7960haの原生林地域を含めて、約8,210haの地域が水没する。

なお、この面積には貯水池中の多数の小島も含まれる。

現在マレーシアで行われている林業は、基準点(通常は胸高をとる)における樹径18インチ(45.7cm)以上の商用樹について行われている。したがって、貯水地域の森林資源は、経済評価を目的として、18インチ以上の商用樹の総正味容積を以下の2つのデータ源に拠って求めた。

- (1) 本調査チームが実施した現地生物環境調査のプロット1(0.25ha)とプロット3(0.15ha)で集収したデータ、および、
- (2) 西マレーシア資源調査、1970年～1972年。

(1)については、両プロットで記録された14種類の18インチ以上の市販可能樹について、以下の式により各樹の木幹容積を計算した；

$$V = \frac{d^2 \cdot hb}{12h^2} (3h^2 - 3h \cdot hb + hb^2)$$

ここでhは樹高、hbは最初の太枝の高さ、dは胸高直径を表わす。

計算値から両プロット地点での樹種別haあたりの商用樹の粗材積と粗重量を推定した。なお、中堅材の比重は0.8、軟材は0.6とした。

ここで、伐採、搬出中の損失率15%と不良樹率30～35%を想定すると、プロット1での正味の材積と重量はそれぞれ106.55m<sup>3</sup>/haと71.71t/ha、プロット3では54.11m<sup>3</sup>/ha、36.25t/haと推計される。プロット1とプロット3は貯水没森林面積7,960ha中で4,580haおよび3,380haを占めるとみなせるので、現地調査データによる森林資源の正味の総材積と重量は約1.19百万m<sup>3</sup>と0.8百万tと計算される。

第2のデータ源(National Forest Inventory of West Malaysia)は林型別の総森林資源量の国内加重平均値を載せている。総容積に占める商用樹種の正味容積

の百分比は47と推定されるので、森林地域図に示されている林型SとGについての1haあたり正味の材積と重量はタイプSでは、87.28m<sup>3</sup>/haおよび57.48t/ha、タイプGでは78.26m<sup>3</sup>/haおよび52.43t/haと推計される。従ってタイプSの森林地域は1,100haとタイプGの6,860haから正味の総容積は約0.63百万m<sup>3</sup>、正味の総重量は約0.23百万tの推定値を得た。

両推定値の差異はかなり大きい。これは主として、(1)両プロット1(低起伏地域)とプロット3(流域の比較的急傾斜地域)の面積が小さいこと、(2)第2の調査データは異なる性格の広い地域を無作為サンプリングによってカバーし、従って10~30%の標準誤差があること、(3)林型の境界線を示す地図の縮尺が小さく不正確であること、等によると思われる。したがって、以下の森林損失の評価では両推定値の平均数値である0.91百万m<sup>3</sup>と0.515百万tを使用することにする。

### 5.3.2 森林損失の評価

予想される森林損失の評価には貯水地域での林業によって得られる年間純収益を、テカイダムの「有る場合」と「無い場合」について推定する必要がある。パハン州当局者との討議で貯水までには十分な伐採期間があることが明らかになったので、ダムの「有る場合」について次の2つのケースを想定した；

ケース1：貯水地域の森林資源の50%を伐採する。

ケース2：貯水地域の森林資源の70%を伐採する。

いずれの場合も伐採期間は1986～1990年の4年間とした。ダムの「無い場合」は貯水地域の森林資源の50%が6年間に伐採され、45年サイクルで再伐採することを想定した。

この地域で得られる木材の価格は森林局のデータによりMS144/m<sup>3</sup>とした。

伐倒、搬出、集材、運搬を含む伐採費用はJengka Co. PrivateがNEBに提供したデータを基にMS106/m<sup>3</sup>とした。なお、運搬道路はダムの「有る場合」、「無い場合」にかかわらず、必要なので、道路建設コストは無視している。以上の想定値から伐採単位あたり純収益はMS38/m<sup>3</sup>と推計した。

表5.3はダムが「無い場合」と「有る場合」の2ケースについて2111年までの年間の林業収益を示す。なお、木材価格の上昇率を年1.5%と3%としたシナリオも表に示した。表5.4はこれらのケースとシナリオでの森林損失の純現在価値を割引率10%として推定した結果である。

Table S.3 Projected Cash Flows for Forest Production (MS x 10<sup>6</sup>)

Year	Without Dams			With Dams: Case 1						With Dams: Case 2											
	Constant Price Log Price 1.5% 3.0%	Escalation		Constant Price Increment	Escalation 1.5% Increment	Escalation 3.0% Increment	(D)	(D)-(A)	(E)	(E)-(B)	(F)	(F)-(C)	Constant Price Increment	Escalation 1.5% Increment	Escalation 3.0% Increment	(G)	(G)-(A)	(H)	(H)-(B)	(I)	(I)-(C)
		(A)	(B)																		
1986	3.71	3.87	4.05	3.09	-0.62	3.23	-0.64	3.37	-0.68	4.32	0.61	4.52	0.65	4.72	0.67	4.32	0.61	4.52	0.65	4.72	0.67
1987	3.71	3.93	4.17	3.09	-0.62	3.28	-0.65	3.48	-0.69	4.32	0.61	4.59	0.66	4.87	0.70	4.32	0.61	4.59	0.66	4.87	0.70
1988	3.71	3.99	4.30	3.09	-0.62	3.33	-0.66	3.58	-0.72	4.32	0.61	4.66	0.67	5.01	0.71	4.32	0.61	4.66	0.67	5.01	0.71
1989	3.71	4.05	4.42	3.09	-0.62	3.38	-0.67	3.69	-0.73	4.32	0.61	4.73	0.08	5.16	0.74	4.32	0.61	4.73	0.08	5.16	0.74
1990	3.71	4.11	4.56	-	-3.71	-	-4.11	-	-4.56	-	3.71	-	-4.11	-	-4.56	-	3.71	-	-4.11	-	-4.56
1991	3.71	4.17	4.69	-	-3.71	-	-4.17	-	-4.69	-	3.71	-	-4.17	-	-4.69	-	3.71	-	-4.17	-	-4.69
2016-21	22.23	37.72	63.56	-	-22.23	-	-37.72	-	-63.56	-	-22.23	-	-37.72	-	-63.56	-	-22.23	-	-37.72	-	-63.56
2049-51	22.23	58.97	754.28	-	-22.23	-	-58.97	-	-154.28	-	-22.23	-	-58.97	-	-154.28	-	-22.23	-	-58.97	-	-154.28
2076-81	22.23	92.17	374.47	-	-22.23	-	-92.17	-	-374.47	-	-22.23	-	-92.17	-	-374.47	-	-22.23	-	-92.17	-	-374.47
2106-11	22.23	144.06	908.04	-	-22.23	-	-144.06	-	-908.04	-	-22.23	-	-144.06	-	-908.04	-	-22.23	-	-144.06	-	-908.04

Notes: The figures shown in 'Increment' columns are forestry losses attributable to the Project.  
Cash flow figures after 2112 are omitted.



Table 5.4 NPV of Forestry Losses (M\$ x 10<sup>6</sup>)

	Log Price		
	Constant Price	1.5% of Escalation per annum	3% of Escalation per annum
Case 1: 50% logged	8.06	9.59	11.83
Case 2: 70% logged	3.76	4.99 (most likely)	6.93

Note: A 10% discount rate is applied for 300 years of cash flow streams.

## 5.4 洪水制御

### 5.4.1 過去の洪水被害

洪水被害の大部分は、北西モンスーン期に集中している。等降水量線パターンから判断すればテカイとテンベリン両流域には強度の降雨がみられる。従ってテカイ川のように比較的狭い川はモンスーン期に水位が急上昇することになる。テカイ川には、十分な洪水記録はないが、バハン河支流には、雨季に溢流するものが多く、バハン河系はモンスーン期には1～2回、1週間またはそれ以上の洪水に見舞われる。

過去の大洪水は、1926、1971、1972年の3回が記録されている。1926年の洪水は降水量では、今世紀最大である。しかし当時は、流域が未開発であったため、被害は深刻ではなかった。その後、1960、70年代にバハン河下流域の開発が進んだことから、1971年1月の洪水では、死者24人、被災者153,000人を出し、1926年と比較してむしろ洪水量は少なかったにもかかわらず、最大の被害となった。

1972年洪水は降水が主としてバハン河東側に限られていたため、被害額は、1971年程ではなかった。

### 5.4.2 テカイダムの洪水制御効果

分析結果ではバハン河下流の水位は上流より変動が少ないことを示している。しかし変動が少ないことは洪水被害が少ないことを意味しないので、この点は特に注意する必要がある。何故ならば、バハン州内の洪水被害はバハン河下流域に集中しているからである。

テカイダムについては、プロジェクトの集水区域が比較的小さいため、経済的効果は極めて僅かで計算されない。しかし、暴風雨がバハン河流域の北部に集中する場合には、テカイダムが下流水位に及ぼす洪水制御効果は大きくなると云える。さらに、このプロジェクトがもたらす効果は、以下に述べるような総合的洪水制御対策を講じることで更に高まる点は強調しておく必要がある。

### 5.4.3 バハン河流域の総合治水対策

治水対策には、一般に、洪水排水能力を高めるための水路改善や、洪水水路の新設、ならびに洪水排水自体を調節する遊水池、調整池やダムの建設を含む。これら対策の選択、または各種対策の組合せの選択は、洪水パターンの特徴と関係河川流

域の現在また将来の土地利用状況に依存する。

バハン河の洪水パターンは長期に継続する降水を伴う比較的平坦な水位図に特徴がある。また、中、下流域にみられる広大な湿地と不毛地からみて、土地利用上の制約は限られている。更に上流域には電力開発の可能性がある。以上を考慮して、バハン河流域には以下の治水対策が適当であろう。

(1) テメルローからの河口まで

物理的制約がほとんどないので、水路改修や洪水排水路、または遊水池の併用が有利であろう。

(2) ヤップからテメルローまで

左岸に不毛地が広がるので、この地域の泥礫原を遊水に利用して洪水流の抑制と下流域での対策費削減が可能である。遊水池の順次的効果として存続品種の栽培も期待できよう。

(3) Sg. テベリン、Sg. ジェライなど上流域

電力開発の可能性が高いので、他の水資源開発との慎重な調整を図りながら、多目的ダム建設促進が考えられる。しかし、支流では水路改善も必要であろう。

## 5.5 農業および灌漑

バハン州の農業の現状と将来、特に稲作に及ぼす本案件の利水効果を中心に、周知な調査を行ない、農業生産ならびに州内の水運に関して予想されるプラス、マイナスの影響を分析した。しかし、この地域の農業活動に対する本案件の影響は比較的小さいことが判明したので、ここでは調査結果の概要を述べるにとどめる。

バハン州は主としてジェラントウト、テメルロー、ベカン、リビス、ラウブ、ベントン、クアンタンの7地区から成る。州内の全土地面積に対する米作地域の割合は、1974年において2～13%と低く、更に低下をたどっている。残る土地は森林と湿地が主で、一部に多年生作物が栽培されている。2大森林地帯——北部のタマンネガラと南西部のクラウ鳥獣保護林——は3,130km<sup>2</sup>に達しており、湿地は沿岸平野と南西部のテセクベラ地区に広がっている。沿岸には漁村があり、自然灌漑による稲の単作がみられる。バハン河岸部は混作が主で、同時にココナツ、果樹バナナ、キャッサバ、野菜、僅かにゴムも栽培され、水田は沖積容地のみにみられる。

特に西部と南西部の内陸ではゴムが主となり、オイルパームも植栽されている。

バハン州のコメ生産は現在では灌漑、揚水、天水の3システムで行なわれ、全米作面積に占める比率はそれぞれ25.5%、36.9%、37.6%である。リピス、ペントン、ラウブなど米作面積が小さい地域の稲田はほぼ完全に灌漑されているが、州内全米作面積の60%以上を占めるテメルロー地域の米作は、ほとんどが天水に頼っている。既存の「バハン・トゥア灌漑システム」調査によれば、灌漑地のコメ平均単収は天水と比較して約80%大きい。従って、灌漑投資には高い収益が約束され、本案件の将来の灌漑用水確保に対する効果はプラス面として考えられる。

テカイ河の水流を利用するこのダムプロジェクトのバハン河の下部水域への影響は、(1)ダムの貯水効果により、雨季のバハン河下部水流量が減少すること、(2)ダムの放水で乾季の下流水流量が増大することの2点である。以上を踏まえ、この調査で判明した主要点は次のようにまとめられる。

(a) 雨季にはバハン河水流は近い将来の灌漑水需要に十分すぎるほど豊富であるから、本案件が農業生産に悪影響を与えることはない。

(b) 本プロジェクトにより水不足となる乾季の水量を増大させるため、長期的にはコメ増産に寄与すると考えられる。ダムは最大の米作地域でありながら、灌漑率が最低であるテメルロー地区の最低水量を約30%増加させる見込みである。

(c) 本プロジェクトはバハン河下流の最大水量をある程度低下させ、従って洪水による作物の被害を幾分減少させよう。

(d) 本プロジェクトは乾季のバハン河下流の水量を高めるので、現在この地域の住民にとって重要な水運の改善に貢献する。

## 5.6 観 光

マレーシア半島を訪れる外国人観光客数は1973年の869,599人から1982年には、2,093,121人に増加した。観光業による外貨収入も1970年のM\$ 132,000,000から1980年にはM\$ 545,000,000に急増している。これは1979年において、ゴム、石油、錫、材木、ヤシ油、丸太に次いで第7位の外貨獲得源であった。

1973年から1978年は道路による入国者が最大であったが、1979年以降は空路入国者がトップを占める。飛行機利用者の急伸は、観光開発公社(TDC)とマレーシア航空(MAS)の促進努力と相俟っている。

第4次マレーシア計画(1981～1985年)によると、観光開発促進対策は更に拡大されることが予想される。TDCは観光使節の派遣を通じて新しい観光客市場の開拓強化を狙っている。観光による外貨獲得は1985年末でM\$ 877,000,000を予測している。従って観光は今後も主要な外貨獲得手段であるとともに、雇用創出の大きい産業である。

観光客がテカイ発電所を訪ねるルートは、(主要都市に道路と鉄道で結ばれているジェラントウトから)水路と陸路の2通りが考えられる。なお、プロジェクト地域に隣接するタマンネガラへは、ジェラントウトに近いクアラテンベリンからポートを利用する。

将来のこの地域の交通計画として政府は次の2つを企図している。第1は、観光開発が予定される半島の東海岸沿いに新設する鉄道であり、第2はタマンネガラ北側にハイウェイを建設する計画である。これら施設が完成すれば本案件地域を周回する循環交通網が確保され、テカイダムのみならず、タマンネガラも現在と比較して一層便利になる。従って、タマンネガラとの組合せとして、本案件地域の観光開発の可能性が考えられよう。しかしこれらの便益はかなり大きい可能性があるとはいえ、通常の費用便益分析による評価は困難である。

## 5.7 その他

### 5.7.1 環境問題

計画予定地の周辺地域は、全体的に経済的活動よりも自然性に優れた地域であり、環境問題は、自然環境保全上特に生物相に関する事項が主となるものと考えられる。

今回の調査で明らかとなった計画予定地周辺の生物相の特性は、森林が原生状態のよく保たれた低地フクバガキ林であること、およびそこに生息する動物相が多様であることの2点に集約される。低地フクバガキ林は、高い生産性と多様な生物相をもつことで知られる熱帯多雨林のうち、比較的開発の影響を受け易く、現在減少傾向を示しており、またそれにつれてそこに生息する動物のうちの何種類かの個体数が減少傾向にあることが指摘されている。

本プロジェクトにより上記森林の一定面積が湛水により減少し、そこに生息する動物は、その生息環境の一部を失なうことになるが、今回の限定された地域での調査結果より生物相に及ぼす影響の程度に関して検討することは困難であり、より広域的な見地から当該森林の位置付け、個体数が減少傾向にある動物の生態等に関する調査が必要と考えられる。

### 5.7.2 湛水予定地域の住民

ダム湖の湛水予定地域およびその周辺域には数世帯の山地少数民族が居住している。しかし、その他集落として長期間固定しているコミュニティとその施設は存在しない。

山地少数民族は焼畑農業に従事するとともに、狩猟および果実の採集等によって生計をたてており、正確な人数は確認できなかった。

ダム建設に伴う彼等に対する影響について考察すると、直接的には、ダム湖の出現によって居住地および採集区域の一部が消滅する。また間接的には建設工事段階において大量の労務者が一時的に移住するので、その活動が彼等の生活環境に変化を与えるであろう。

従って、本開発計画の実施に際しては、彼等に対する実態調査を行うとともに、本開発計画が彼等に対して与える影響を極力軽減するために、彼等の新環境への適応のあり方を人類学などの手法によって調査し、柔軟で有効的な対策を考慮することが必要である。

### 5.7.3 テカイ川ダム湛水域内の鉱産物資源について

テカイ川流域においては、現在まで探検された鉱山はなく鉱産物資源の調査も殆んど実施されていない。マレーシア地質調査所において近時調査が行われているのみである。

この調査結果によれば、テカイ川ダム湛水域内では鉱産物資源として有望なものは現在のところ見出されていない。ただ、テンプリング・グループの岩石について、ウラン及びリン鉱石賦存の可能性が全くないとは言いきれない。

湛水域内は主としてテンプリング・グループの岩石によって構成されているが、テンプリング・グループの分布する全体の面積からみれば、湛水域の面積の占める割合は僅小である。従って、ダム湛水域内でこれら鉱石が賦存する可能性は極めて小さいものとみてよいであろう。

### 5.8 経 済 評 価

本プロジェクトの主な費用と便益は電力供給に関連するものである。しかし既に述べた森林、洪水制御、灌漑と農業、観光などの関連側面の評価も切り離せない。これらの中で、森林損失、集落の水没、動植物相に及ぼす環境的影響は本案件が地域の経済と社会に与える間接的費用と考えられる。しかし経済分析では林業以外の間接的費用は不明確であり、計測不可能であるため、土地の機会費用としては森林損失（前提条件によりMS\$3.76~MS\$11.83 × 10<sup>6</sup>、表5.4を参照）だけを評価した。

洪水制御、農業と灌漑、観光に関しては効果が限られ、また不確実なため、定性的評価に限った。しかし本案件が地域の村来の開発に積極的役割を果たし、下流地域に悪影響をもたらすものでないことは強調しておかねばならない。

発電便益は本プロジェクトが充足すべきピーク需要に対する負荷追従運転を行なう代替案としてのガスタービン設備との比較で評価した。経済分析は、第5.2節に示した発電便益の想定に基づいて行っている。なお、燃料費については、燃料油および油相等価価格70%の天然ガスを使用する場合、およびこれら燃料価格の上昇を考慮したケースを含めて、以下の6ケースを想定した。

ケース1：燃料油、価格は一定

ケース2：燃料油、価格は年率1.5%上昇

ケース3：燃料油、価格は年率3.0%上昇

ケース4：天然ガス、価格は一定

ケース5：天然ガス、価格は年率1.5%上昇

ケース6：天然ガス、価格は年率3.0%上昇

プロジェクトの経済的耐用期間を50年とし、1983年を燃料費計算の基準年、1984年を純現在価値(NPV)の計算の基準年として計算した上記6ケースに対するプロジェクトの純現在価値(NPV)とIRRを表5.5に示す。ただし、この推計には森林損失の費用を含んでいないので、この費用(仮りにMS5百万)を計算に入れると、IRR推定値は約0.4%減少する。

Table 5.5 Series Development for Upper and Lower Tekai

	IRR %	NPV (H\$ $\times 10^6$ ) for Discount Rate			
		10%	12%	14%	16%
Case 1	14.78	104.8	46.8	10.2	-13.3
Case 2	17.13	181.8	98.7	46.8	13.4
Case 3	19.60	292.0	170.2	95.7	48.3
Case 4	11.62	33.2	6.6	-30.6	-45.3
Case 5	13.67	87.1	29.8	-5.0	-26.6
Case 6	15.86	164.2	79.8	29.2	-2.2

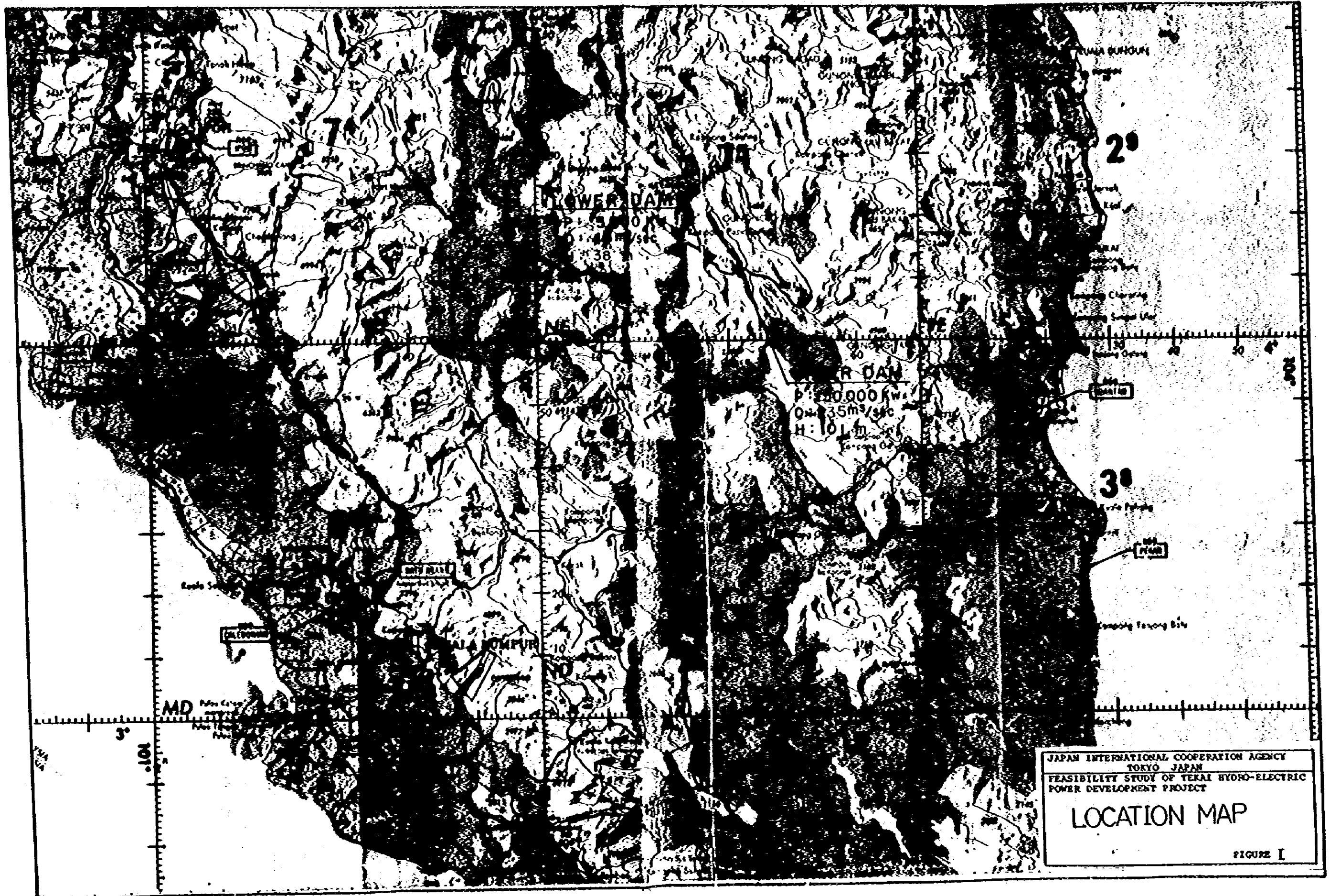




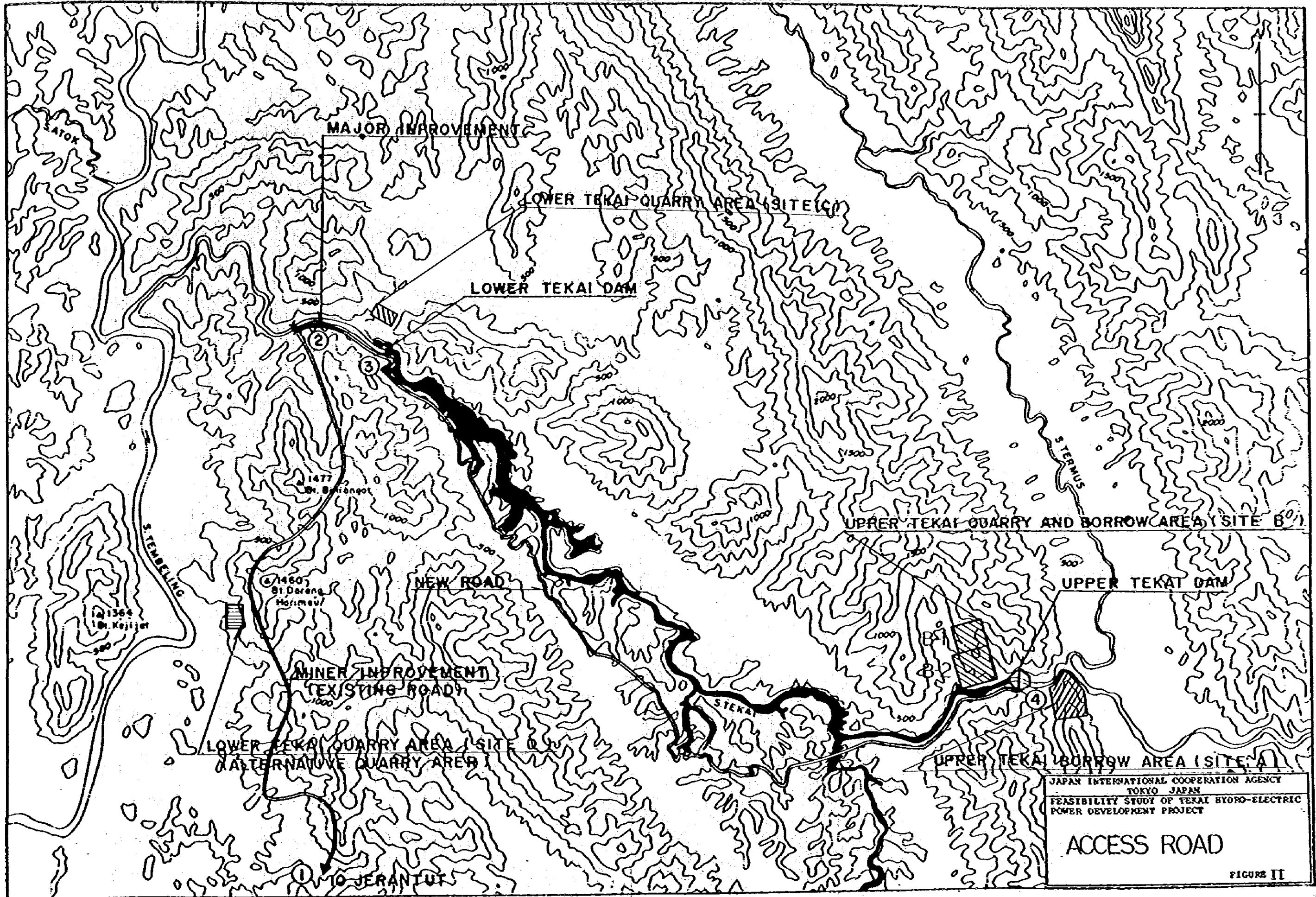
**Figures I to XVI**



LOCATION MAP OF PROJECT SITE (S = 1/1,000,000)



ACCESS ROAD



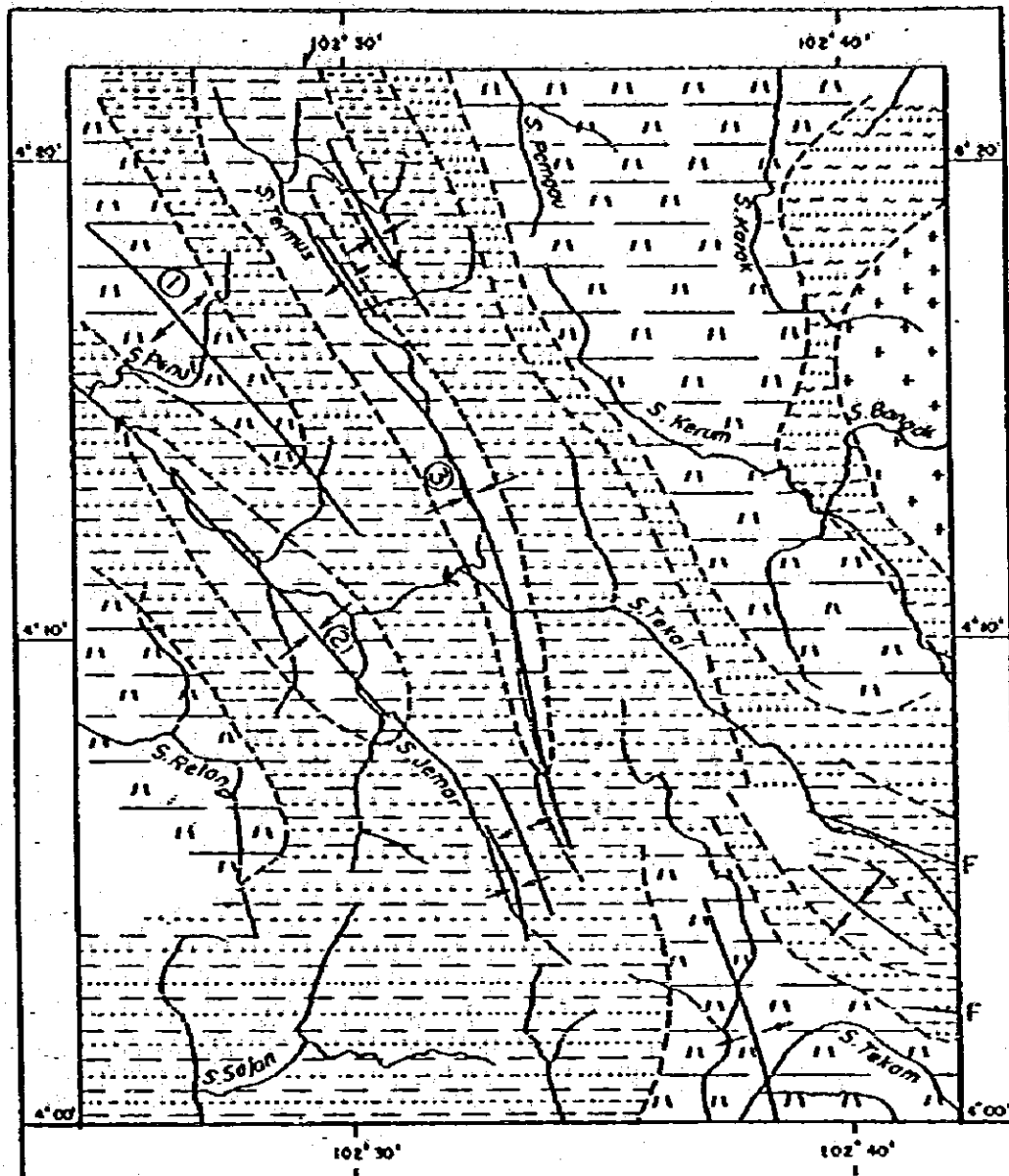
Scale 0 1 2 3 4 5 (Km)

Contour Interval = 250 Feet

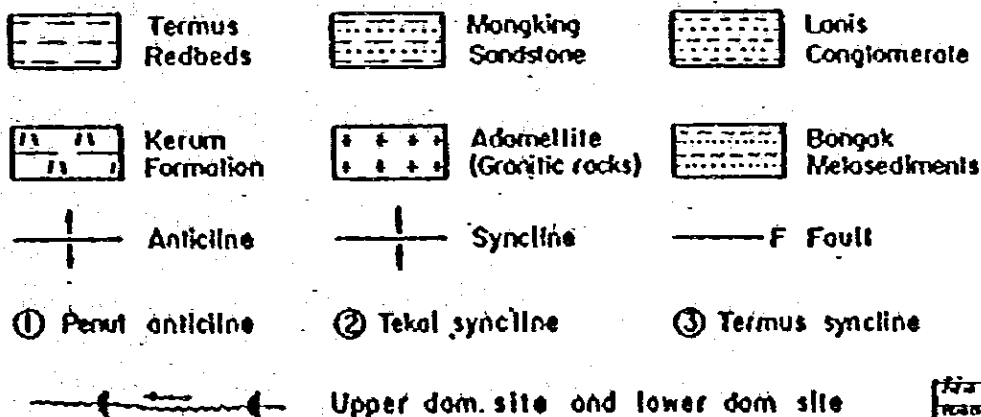


# OUTLINE OF GEOLOGY IN THE SUNGAI TEKAI AREA

(after KHOO HAN PENG, 1977, page 93, Annual report of the geological survey of Malaysia)

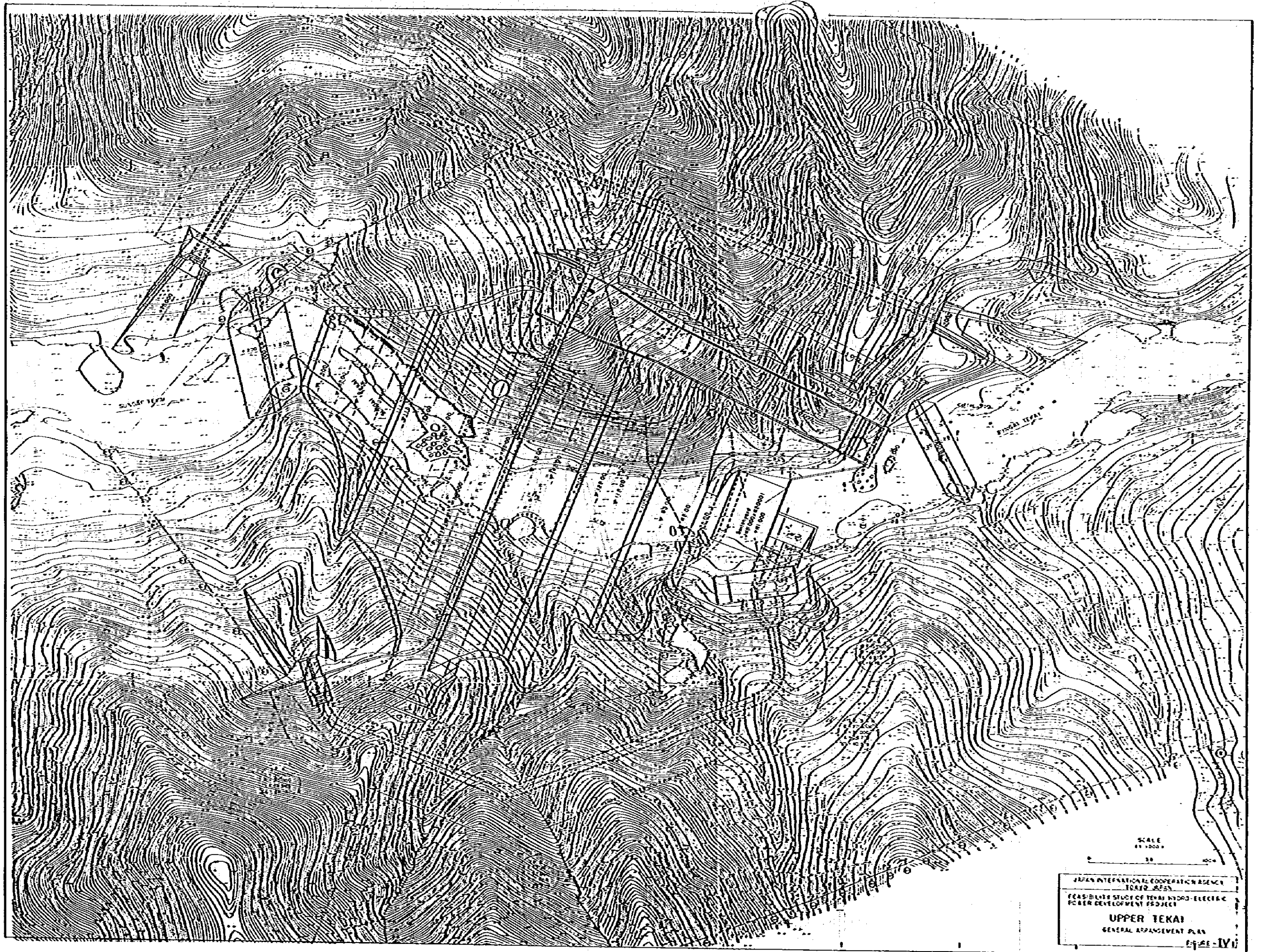


Scale



PETROLIUM DIVISION, MALAYSIAN GEOLOGICAL SURVEY  
 OUTLINE OF GEOLOGY  
 IN THE SUNGAI TEKAI AREA  
 PLATE III

© 1981 1-2-14



SCALE  
1:10000

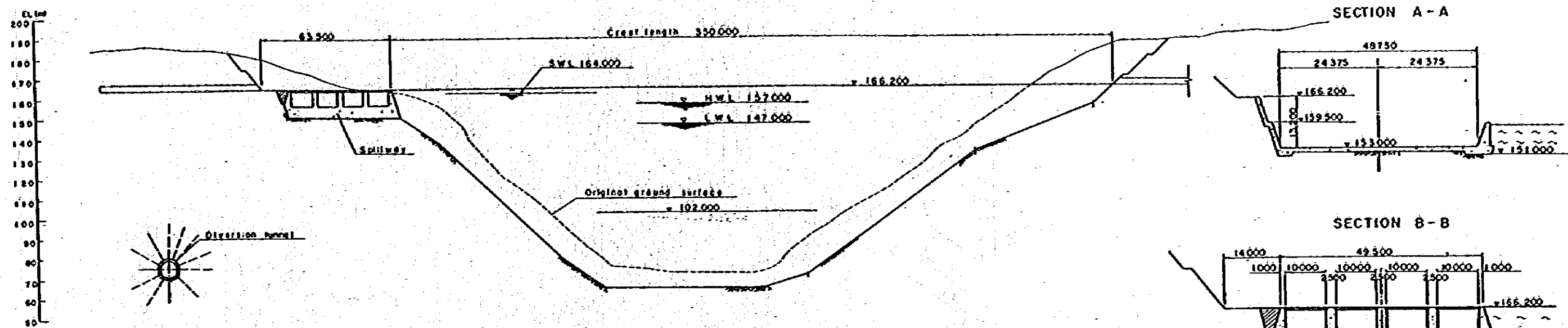
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
TOAID JAPAN  
FEASIBILITY STUDY OF TEKAI WOOD-ELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

**UPPER TEKAI**  
GENERAL ARRANGEMENT PLAN

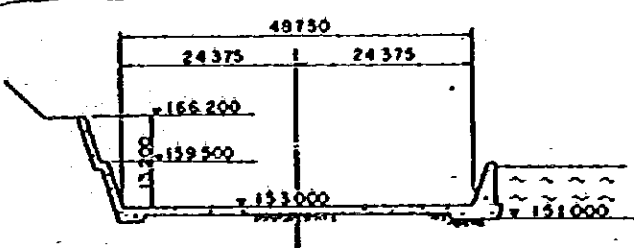
FIGURE IV-1



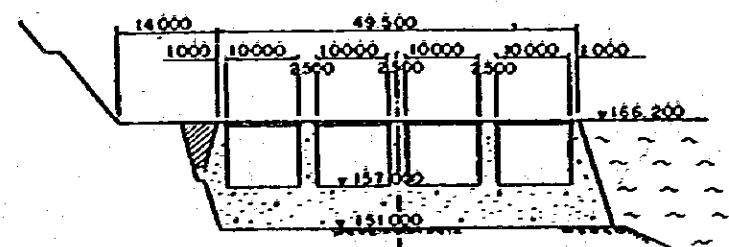
PROFILE OF DAM



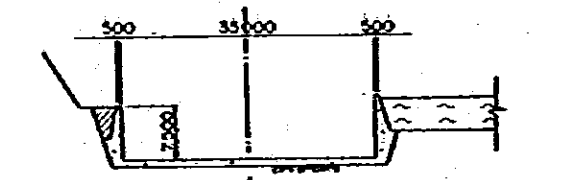
SECTION A-A



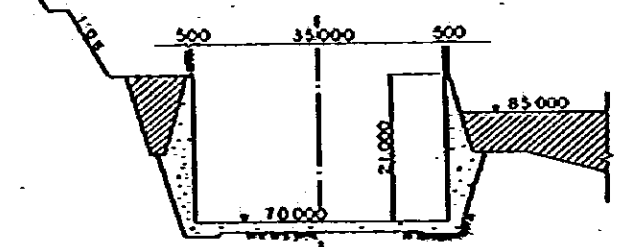
SECTION B-B



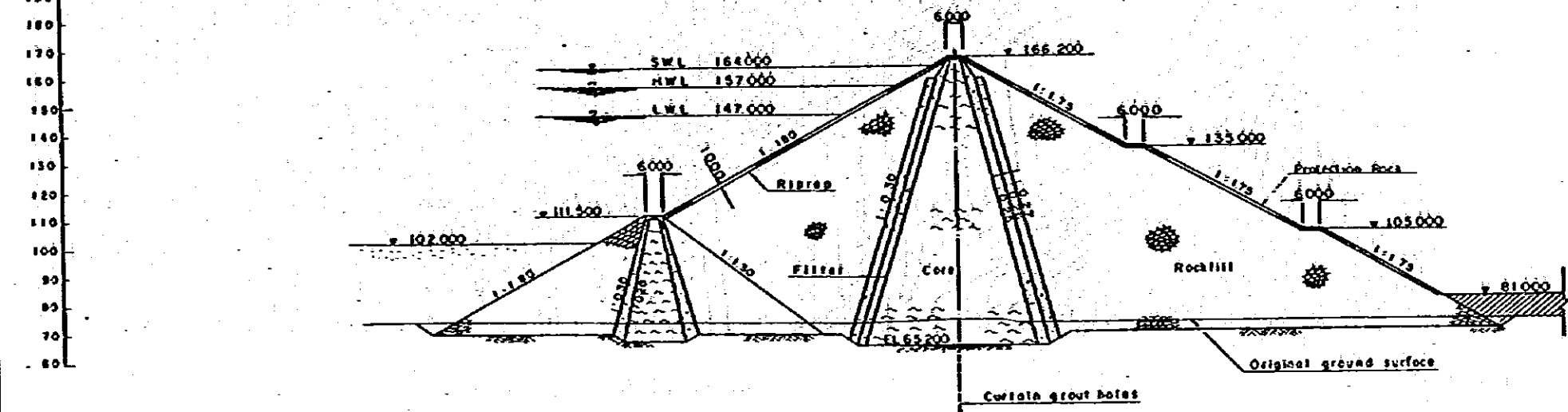
SECTION C-C



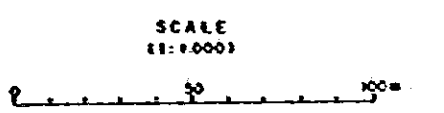
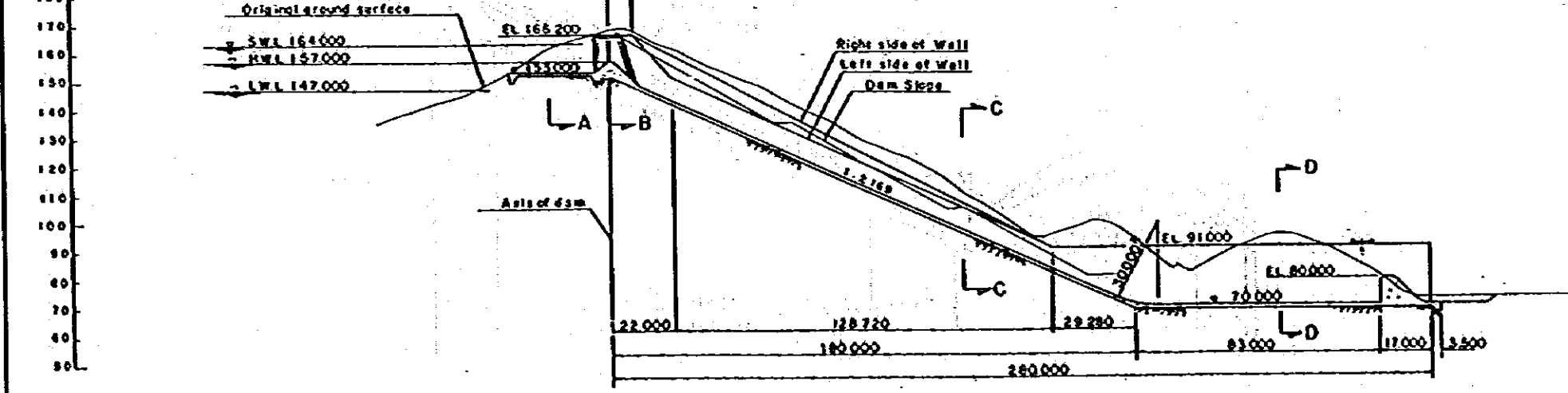
SECTION D-D



TYPICAL SECTION OF DAM



PROFILE OF SPILLWAY

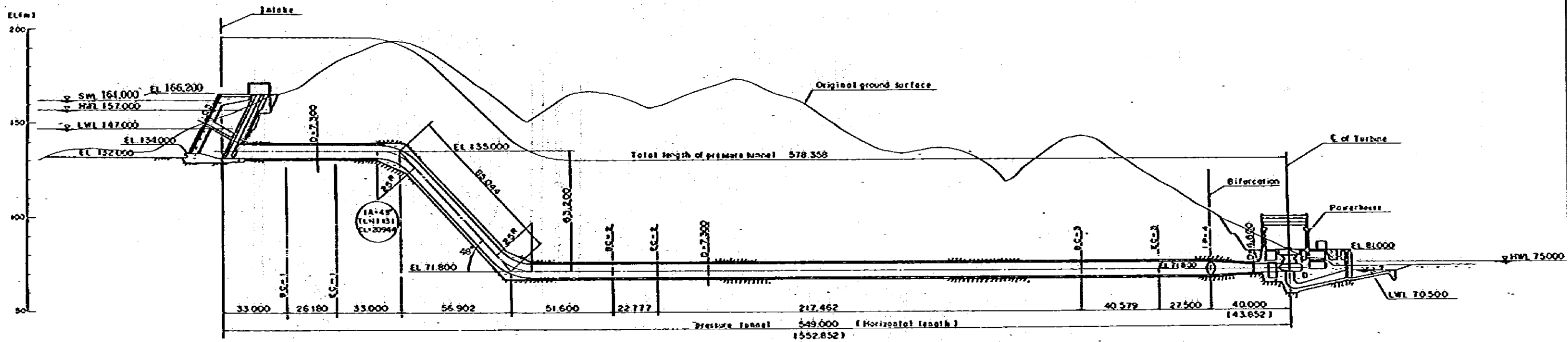


JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 TOKYO JAPAN  
 FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
 POWER DEVELOPMENT PROJECT  
**UPPER TEKAI**  
 SPILLWAY AND SECTIONS  
 FIGURE-IV2

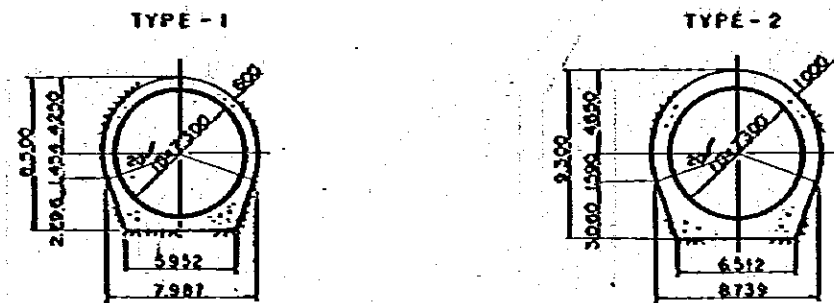
180m



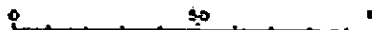
# PROFILE OF TUNNEL



## SECTION OF PRESSURE TUNNEL



SCALE  
1:1000



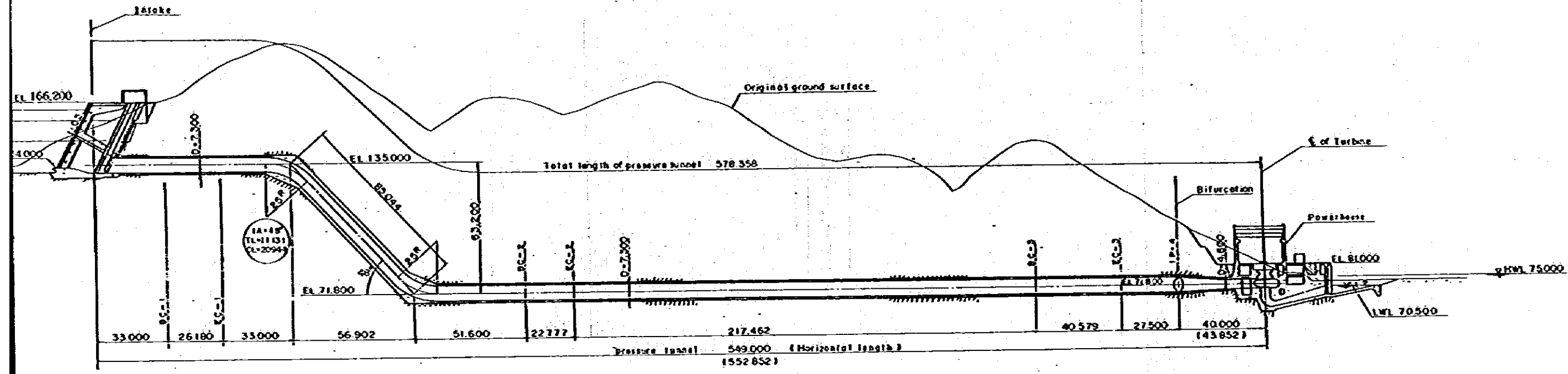
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
TOKYO, JAPAN

FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT

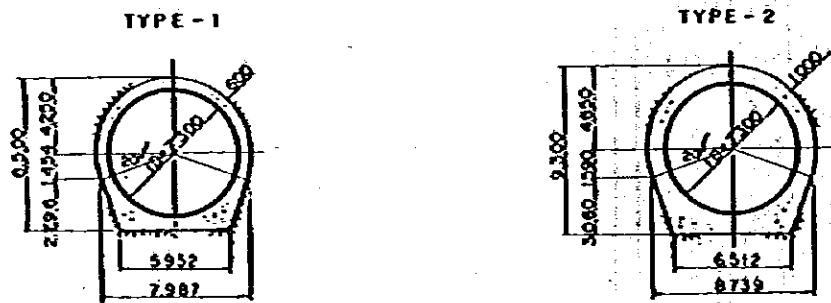
UPPER TEKAI  
PRESSURE TUNNEL

FIGURE

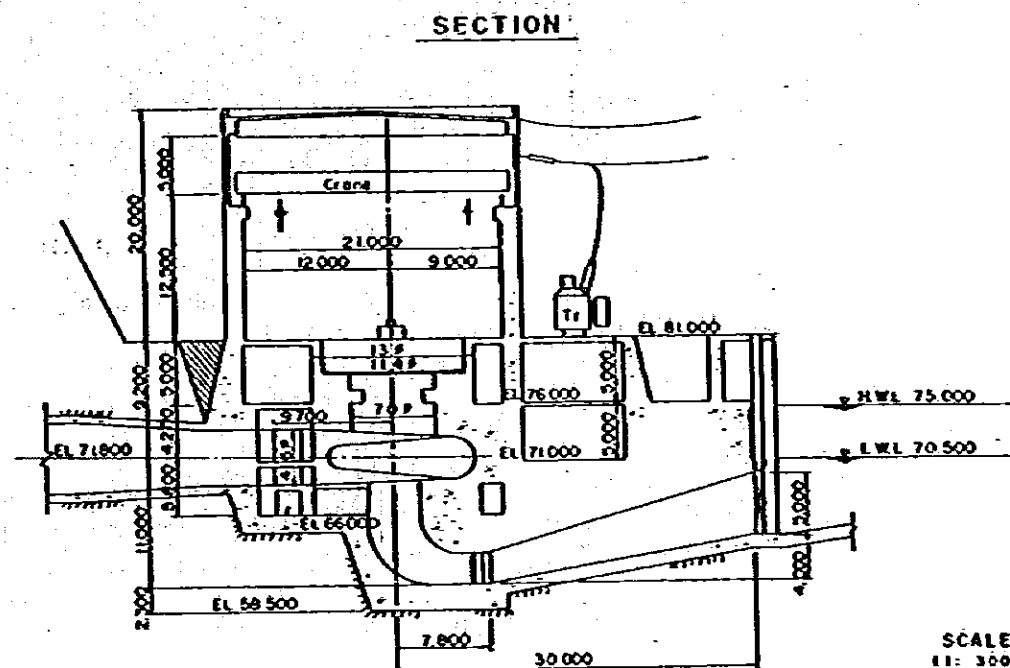
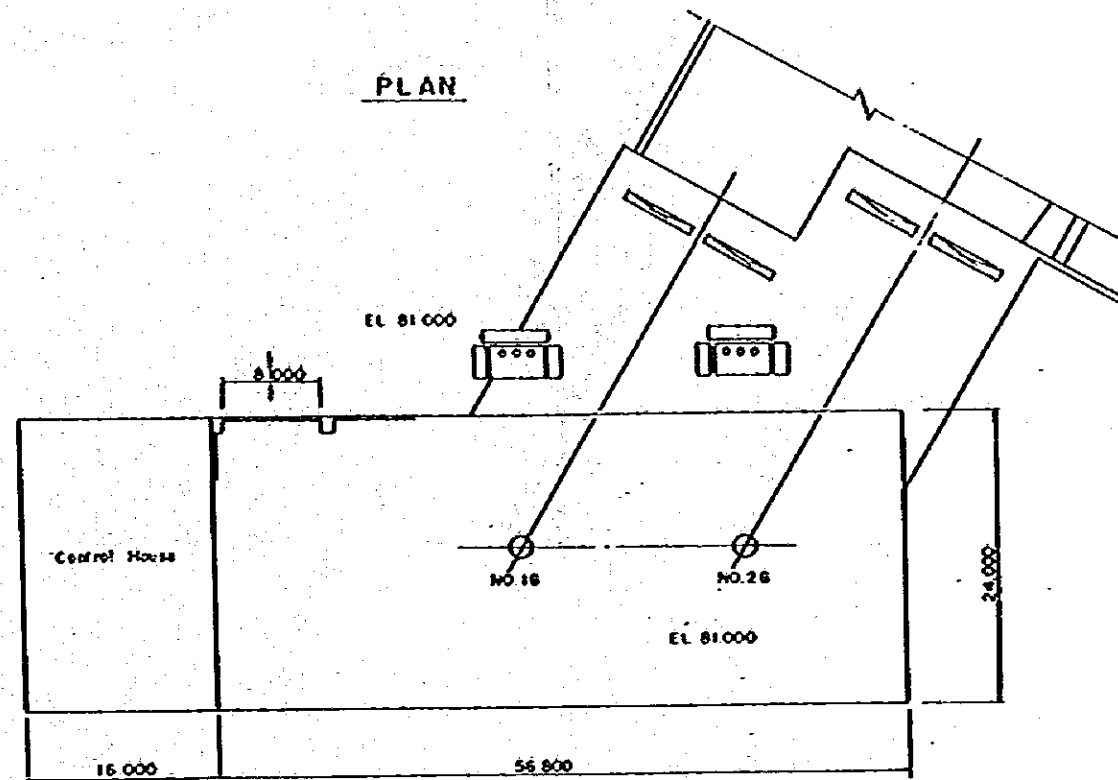
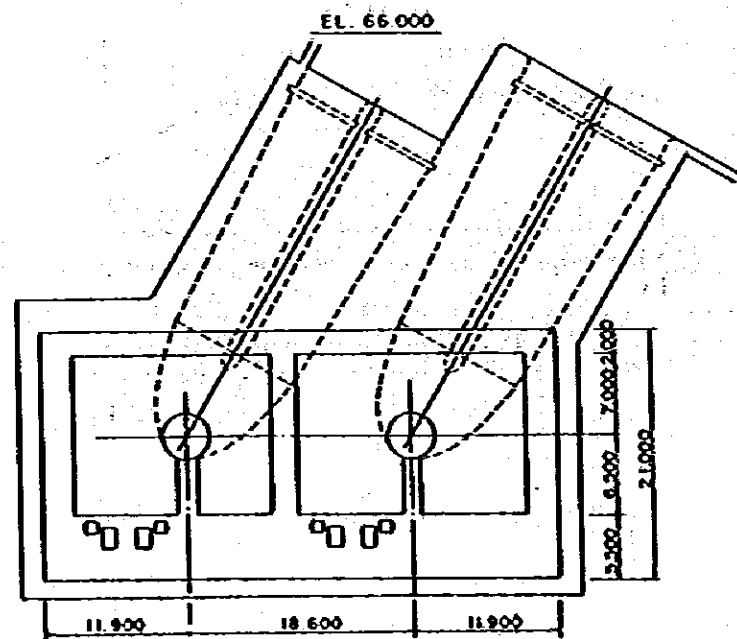
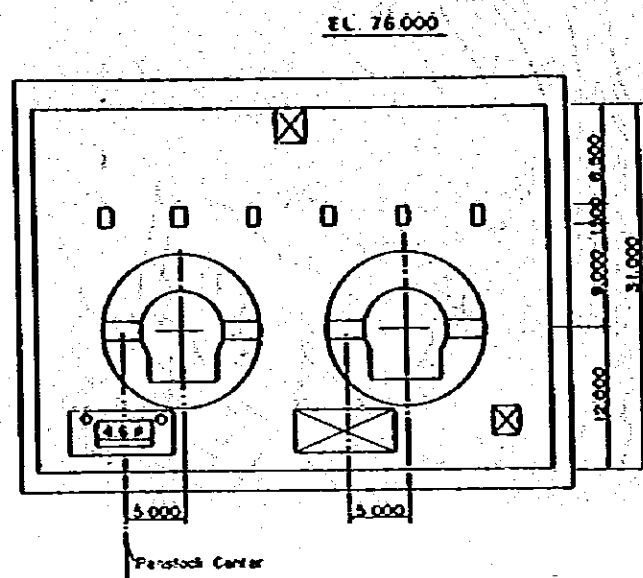
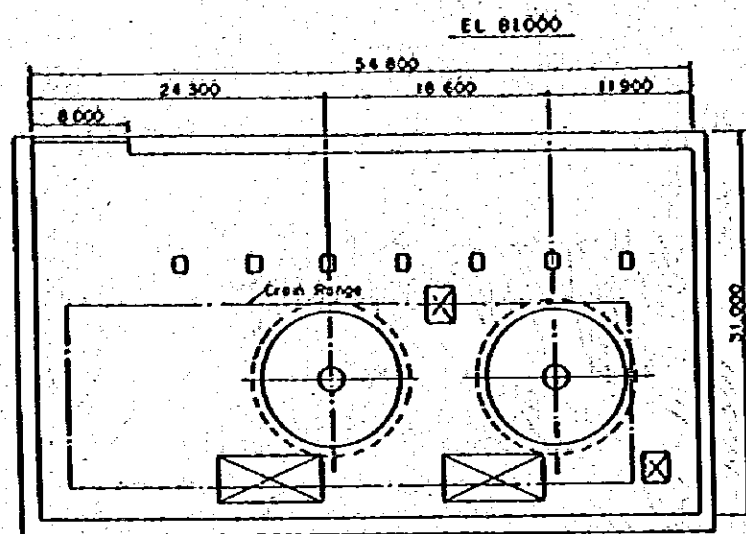
PROFILE OF TUNNEL



SECTION OF PRESSURE TUNNEL



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
TOKYO JAPAN  
FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
POWER DEVELOPMENT PROJECT  
**UPPER TEKAI**  
PRESSURE TUNNEL  
FIGURE-V1



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 TOKYO, JAPAN  
 FEASIBILITY STUDY OF TEKAI HYDRO-ELECTRIC  
 POWER DEVELOPMENT PROJECT  
 UPPER TEKAI  
 POWER STATION  
 FIGURE - VII

No. 1-1800