

マレーシア

レビル河水力発電開発計画調査

中間報告書

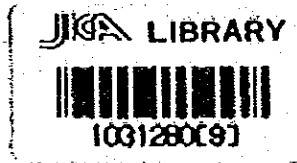
1981年 3月

国際協力事業団

マレーシア

レビル河水力発電開発計画調査

中間報告書



1981年 3月

国際協力事業団

鉦計資
CR(3)
81 - 75

國際協力事業團	
筋 684.19.26	1130
登録No. 13883	64.5
	MPN

伝 達 状

こゝに提出する報告書は、マレーシア連邦の西マレーシアの東海岸北部に位置するケラントン州のケラントン川の支川、レビル川に計画されているレビル水力発電所開発計画に関するフィジビリティ調査の中間報告書であります。

同水力発電所開発計画調査については、マレーシア連邦政府の要請に基づき、日本政府が技術援助をおこなうこととし、国際協力事業団がこれを実施するもので、新日本技術コンサルタントが、その業務を受託したものであります。

調査は、予備検討段階、現地調査段階および、フィジビリティ設計段階の3段階に別けて実施されますが、1979年3月に開始され、最終段階は1982年12月に完了する予定で本報告書は、その予備検討段階に関するものであります。

マレーシア政府は貧困の絶滅と人種又は居住地域の差異に起因する生活水準の格差の解消をその経済政策の柱としておりますが、ケラントン州は、開発の後進地域に属しており、その開発の成否は、豊富な水量をほこるケラントン川の水資源を、如何に効果的に開発するかにかかっていると申しても過言ではありません。

レビル川は、ケラントン川水系の流域の2割に満たぬ小流域にすぎませんが、地域の社会的な背景からも、比較的問題がすくなく、予備検討の結果は、この計画が有望な計画であることを示しております。

ケラントン州ではいま、大規模な灌漑、排水計画をはじめとして、様々な計画が提案され、実施に移されつつありますが我々がこゝで調査検討した地点が、それらの全体的な計画の出発点として、大きく貢献することを期待いたします。

最後に、この計画の調査検討に際し、多大の援助と、協力を賜った内外各位に対し、心から感謝の意を表します。

目 次

1. まえがき	1-1
1.1. 調査の目的	1-1
1.2. 業務の範囲	1-1
1.3. 調査活動	1-2
1.4. 謝 辞	1-2
2. 要約および結論	2-1
2.1. 調査検討の背景	2-1
2.2. 計画地点の選定	2-3
2.3. 計画の評価と比較	2-5
2.4. 結 論	2-6
3. 収集資料	3-1
4. 計画の背景	4-1
4.1. プロジェクトの所在地	4-1
4.2. 計画地域の地形	4-1
4.3. ケラント州の概要	4-2
4.4. マレーシアの電力事情	4-5
5. 地 質	5-1
5.1. ケラントン川流域の地形・地質	5-1
5.2. レピル川流域の地形・地質	5-3
5.3. 各ダムサイトの地質	5-17
5.4. 土木地質的考察	5-17
6. 気象および水文	6-1
6.1. 気 象	6-1
6.2. 降 雨	6-2
6.3. 河川流出	6-3
6.4. 洪水解析	6-5

6.5.	河川の流砂量	6-6
6.6.	水面蒸発量	6-6
7.	環境問題	7-1
7.1.	概要	7-1
7.2.	水象及び水質の変化	7-1
7.3.	生物への影響	7-3
7.4.	社会・文化面への影響	7-4
7.5.	産業活動への影響	7-7
7.6.	結論	7-8
8.	計画地点の選定と開発方式	8-1
8.1.	概説	8-1
8.2.	比較地点	8-2
8.3.	トラワン計画	8-3
8.4.	ジャラム・パンジャン計画	8-4
8.5.	ジャラム・キヤフク計画	8-5
8.6.	代替計画	8-6
8.7.	流量調整計算	8-6
9.	設備の設計	9-1
9.1.	設備の概要	9-1
9.2.	トラワン計画	9-4
9.3.	ジャラム・パンジャン計画	9-5
10.	建設費の積算	10-1
10.1.	概要	10-1
10.2.	工事費	10-1
10.3.	工事単価	10-1
11.	便益	11-1
11.1.	概要	11-1
11.2.	電力の便益	11-1

11.3. 農業便益	11-3
11.4. 洪水制御便益	11-7
11.5. 土地開発計画の純益	11-8
12. 計画の比較と経済評価	12-1
12.1. 概要	12-1
12.2. 地点の比較	12-1
12.3. 規模の比較	12-2
12.4. 計画の経済的妥当性	12-3
13. 実行計画	13-1

LIST OF DRAWING

- General Map of the Malaysia
- Location Map
- Planned Location Map
- Plan of Reservoir Area

- 2.1.1. Tualang Concrete Gravity
- 2.1.2. Tualang Rockfill
- 2.1.3. Jeram Panjang Concrete Gravity
- 2.1.4. Jeram Panjang Rockfill
- 2.1.5. Jeram Klak Concrete Gravity
- 2.1.6. Jeram Klak Rockfill
- 2.2. B/C and (B-C) Figure
- 3.1. Number and Location of Stations
- 4.1. Irrigation Projects (Existing and Proposed)
- 4.2. Sequence of Development - Irrigation and Lebir Hydropower
- 4.3. Average Price Per Unit Sold in Comparison with Consumer Goods Price Index
- 4.4. Load Curve Western Network
- 4.5. Typical Daily Load Curves
- 4.6. Load Curve of Local Area
- 4.7. Location Map of Main Plant
- 4.8. Development Programme

- 6.1. Mean Monthly Rainfalls
- 6.2. Water Level - Discharge Curve (Tualang)
- 6.3. Daily Discharge Curve at Tualang
- 6.4. Double Mass Curve

- 6.5. Correlation between Monthly Discharge at Tualang and Guillemard Bridge
- 6.6. Correlation of Monthly Discharge Synthesized by the Tank Model and Monthly Discharge Estimated from Actually Recorded Discharge
- 6.7. Correlation of Peak Discharge at Tualang and Guillemard Bridge
- 6.8. Correlation of Flood Discharge and Catchment Area
- 6.9. Discharge Fluctuation at the Guillemard Bridge
- 7.1. Location of Water Quality Stations (No. 642 and No. 652)
- 7.2. Location of Water Quality Stations (No. 643)
- 7.3. Location of Habitants of Wild Animals
- 8.1. Water Level to Gross Reservoir Storage Capacity
- 9.1. Tualang Site - General Plan
- 9.2. Tualang Site - Plan of Main Dam, Saddle Dam 3
- 9.3. Tualang Site - Main Dam Section
- 9.4. Tualang Site - Saddle Dam 3 Section
- 9.5. Tualang Site - Plan and Section of Power Plant
- 9.6. Jeram Panjang Site - General Plan
- 9.7. Jeram Panjang Site - Plan of Main Dam, Saddle Dam
- 9.8. Jeram Panjang Site - Main Dam Section
- 9.9. Jeram Panjang Site - Spillway Section
- 9.10. Jeram Panjang Site - Saddle Dam 1, 2 Section
- 9.11. Jeram Panjang Site - Power Plant Section

- 11.1. Annual Cost of Thermal Plant
- 11.2. Agricultural Net Production Value
- 11.3. Relation between Peak Discharge and Damage
- 11.4. Discharge at Gullemard Bridge
- 11.5. Design Flood and the Water Stage of Lebir Reservoir
- 11.6. Incremental Damage for Flood of Return Period

- 12.1. Comparison of Dam Construction Costs

- 13.1. Construction Schedule (Tualang Site)
- 13.2. Construction Schedule (Jeran Panjang Site)

LIST OF TABLE

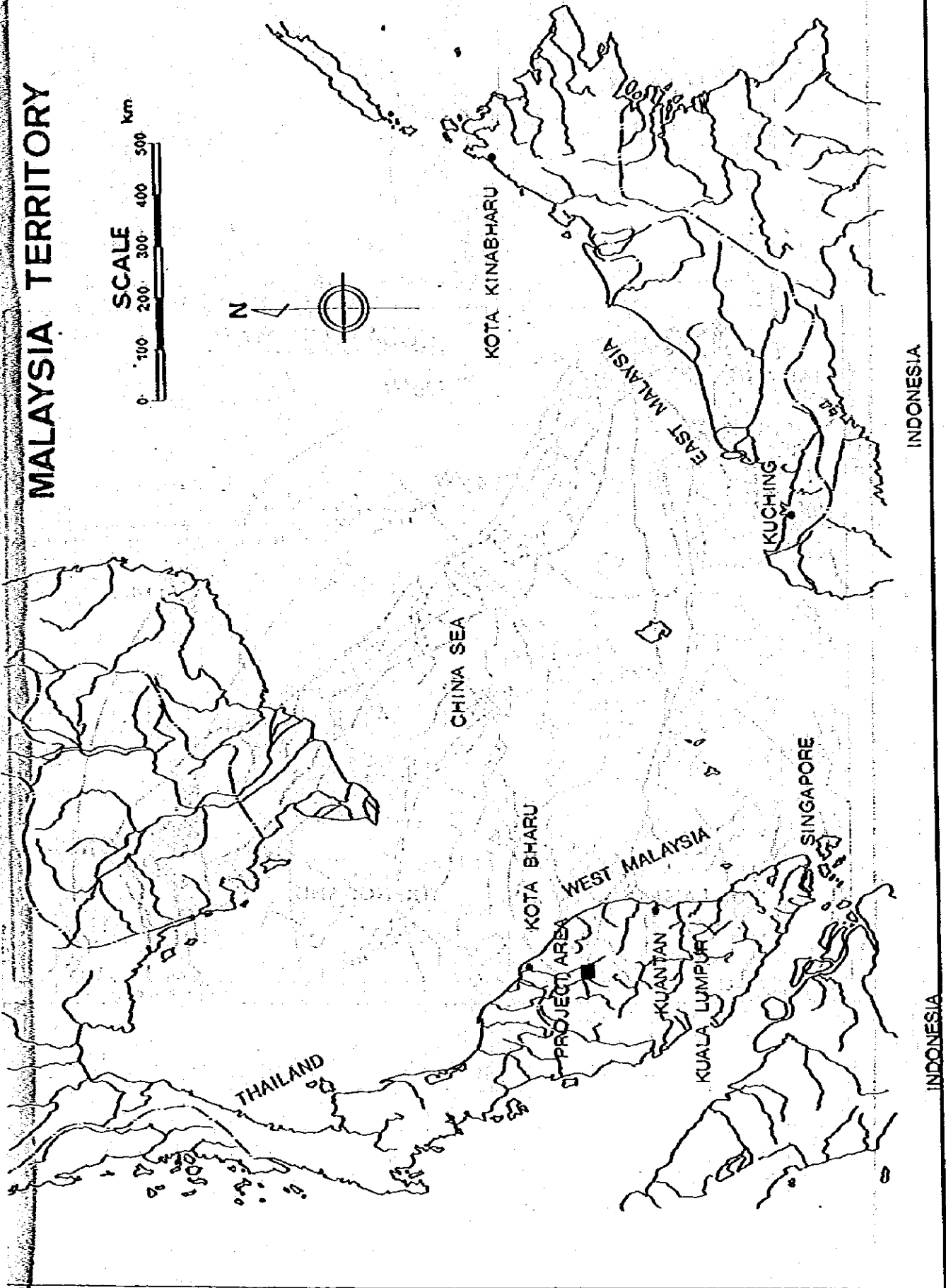
- 2.1.1. Estimated Construction Costs of Alternative Dams (H.W.L. 70 m)
- 2.1.2. Estimated Construction Costs of Alternative Dams (H.W.L. 90 m)
- 2.2.1. Benefit/Cost Analysis (At the J. Panjang Site - H.W.L. 90 m Rockfill)
- 2.2.2. Benefit/Cost Analysis (At the J. Panjang Site - Spillway Crest Length 160 m)
- 2.2.3. Benefit/Cost Analysis (At the Tualang Site - Concrete Gravity)

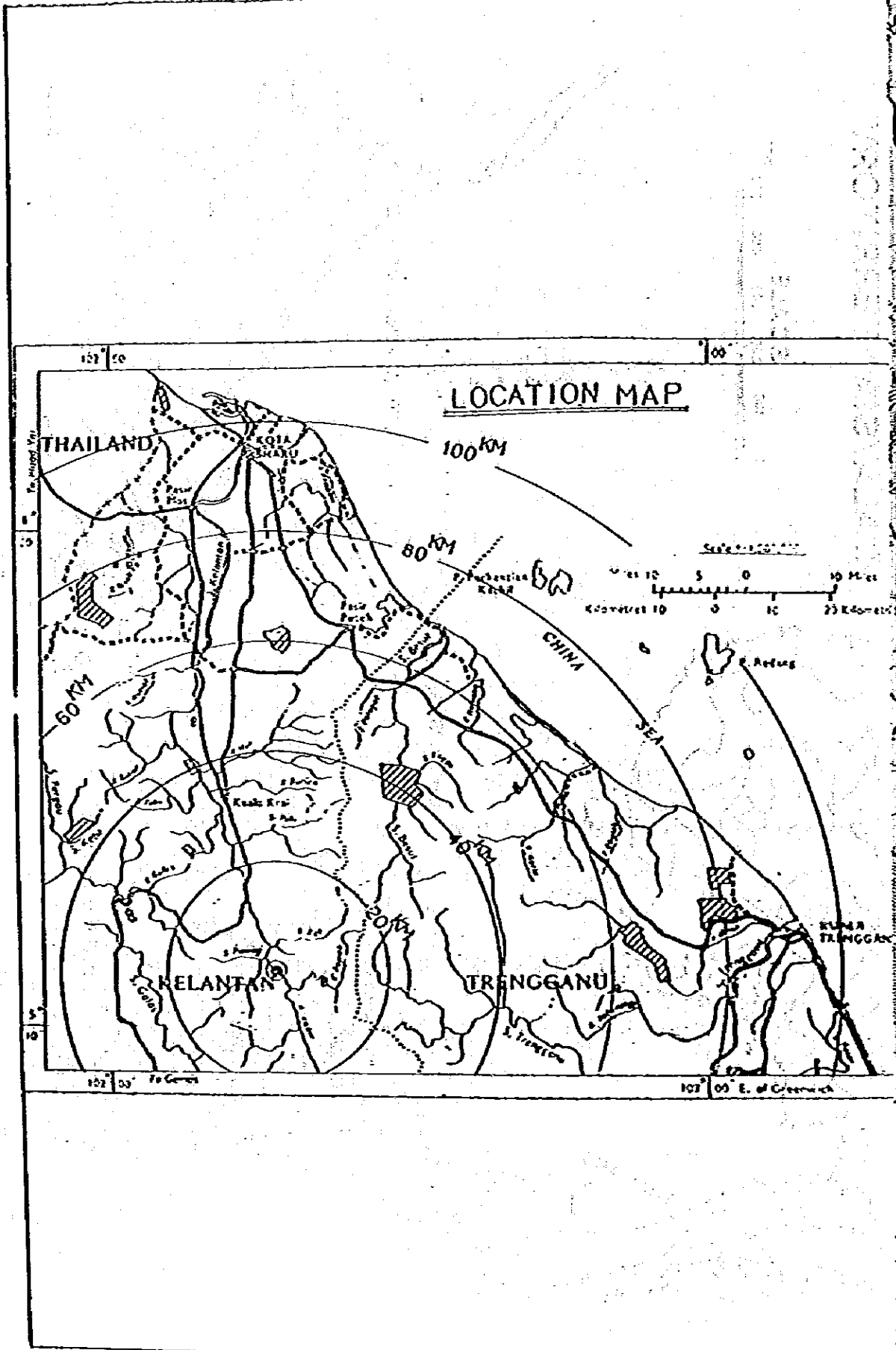
- 4.1. Agricultural Production (Existing and Proposed)
- 4.2.1. Flood Mitigations (without and with Development)
- 4.2.2. Flood Mitigations (Incremental Benefits)
- 4.3. Present Main Power Stations Owned by NEB
- 4.4. NEB's Generation Expansion Plan

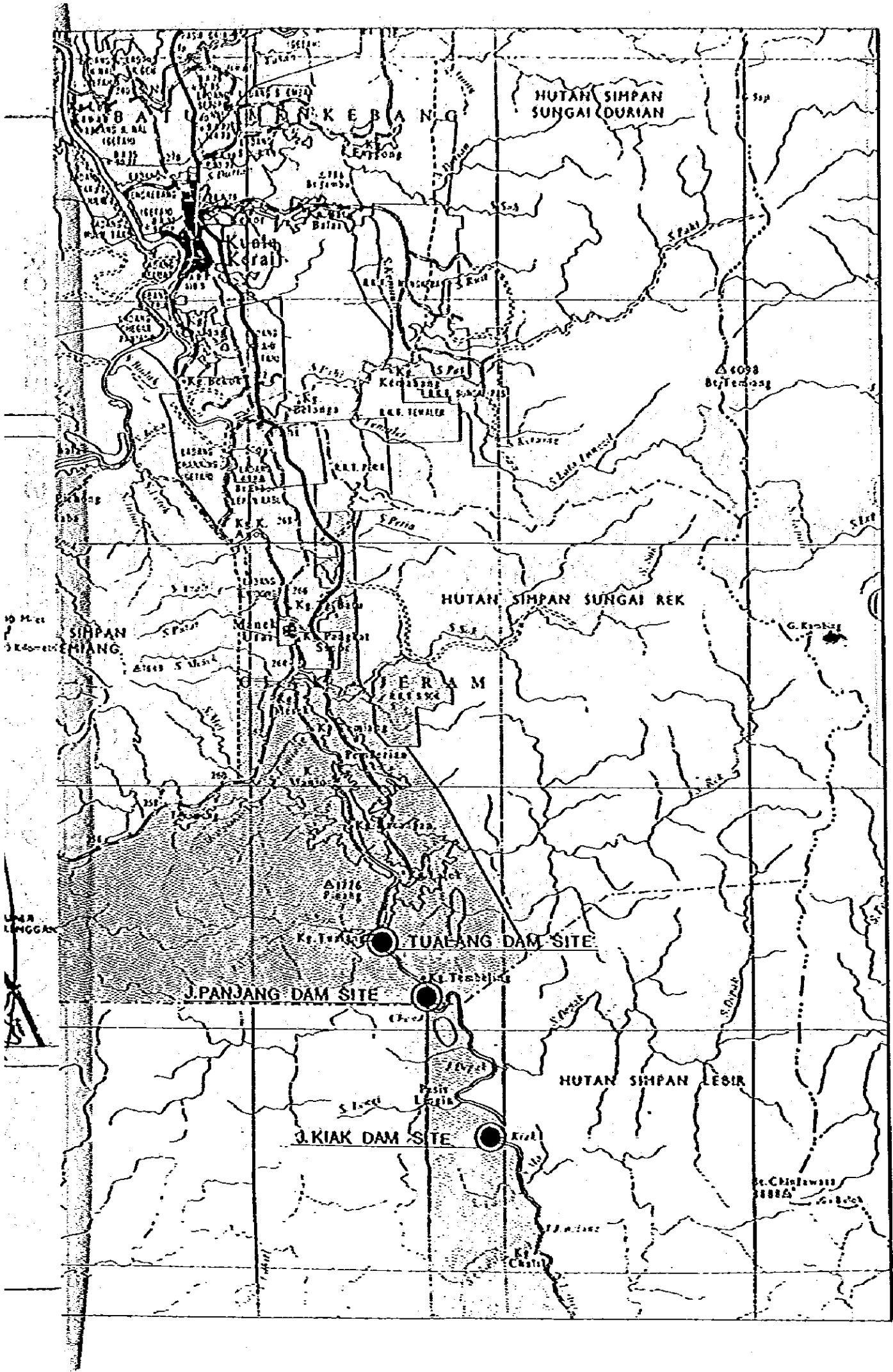
- 6.1. Temperature (Average of 24 hours)
- 6.2. Humidity (Average of 24 hours)
- 6.3. Time from Sunrise to Sunset (Average of Day)
- 6.4. Number of Days of Rainfall
- 6.5. Mean Monthly Rainfall in Kelantan Basin River
- 6.6. Correlative Coefficients of Monthly Rainfalls at Rainfall Gauging Stations in the State of Kelantan
- 6.7. Probable Rainfalls at the Lalok Gauging Station
- 6.8. Constants of Rainfall Intensity
- 6.9. Discharge at Tualang Estimated by Water Level Record and Water Level - Discharge Curve
- 6.10. Monthly Discharge at Tualang Estimated for Rainy Season and Dry Season from Monthly Discharge at the Guillemard Bridge
- 6.11. Discharge Calculation by Storate Function
- 6.12. Probable Flood Discharge at Tualang Site

- 6.13. **Synthetical Storage Function**
- 6.14. **Synthetical Storage Function and Flactuation of Flood Discharge**
- 6.15. **Monthly Evaporation**
- 7.1. **Water Quality Record (No. 642)**
- 7.2. **Water Quality Record (No. 652)**
- 7.3. **Water Quality Record (No. 643)**
- 7.4. **Numbers of Sighted Wild Animals in Kelantan**
- 7.5. **Density of Primates in Forest**
- 7.6. **Vector Borne Disease**
- 7.7. **Present Land Use (1966)**
- 8.1. **Reservoir Area and Storage Capacity**
- 10.1. **Estimated Construction Cost**
- 10.2. **Unit Costs of Civil Works**
- 11.1. **Present Land Use in the Coastal Region, Kelantan**
- 11.2. **Annual Cost of Alternative Thermal Power Plant**
- 11.3. **Basic Factors in Agricultural Net Production Value**
- 11.4. **Agricultural Benefit with Lebir Dan**
- 11.5. **Comparison of Flood Damage Amount for Each Year and Case on the Basis of ENEX Report - 1**
- 11.6. **Comparison of Flood Damage Amount for Each Year and Case on the Basis of ENEX Report - 2**
- 11.7. **Calculation Process (Flood Mitigation)**
- 11.8. **Flood Control Benefit**

MALAYSIA TERRITORY







HUTAN SIMPAN SUNGAI DURIAN

HUTAN SIMPAN SUNGAI REK

HUTAN SIMPAN LEBIR

Kota Bharu

Kota Dalang

Kota Tuaran

TUALANG DAM SITE

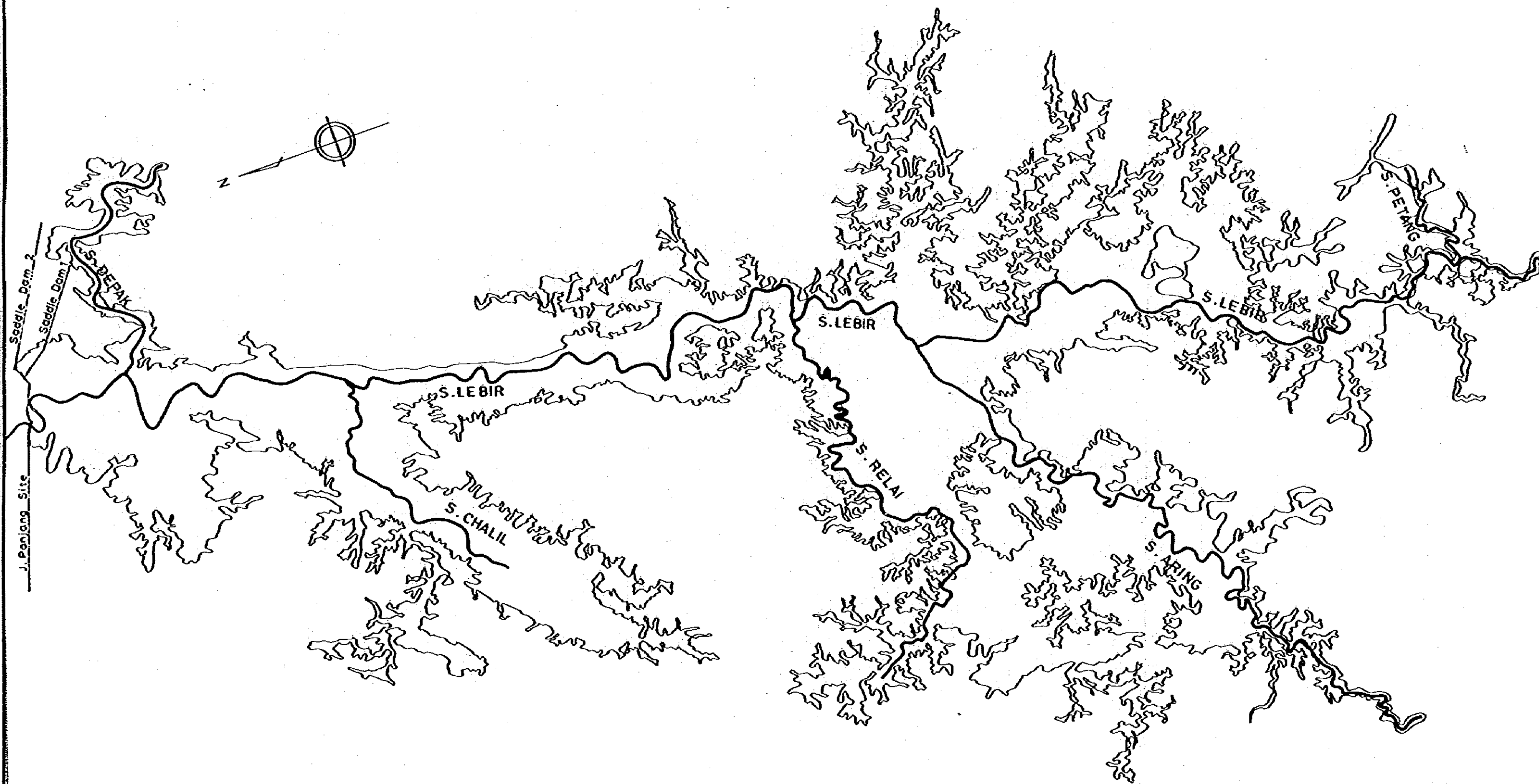
J. PANJANG DAM SITE

J. KIAM DAM SITE

10 M. 1:100,000

UTARA LANGKAN

St. Chiklawas 18825



Lebir Hydroelectric Project Kelantan, Malaysia
Japan International Cooperation Agency
Plan of Reservoir Area
Sept. 1980

1. ま え が き

1.1 調査の目的

マレーシア政府の要請に基づき、同国、西マレーシアケランタン州の、ケランタン川水系に於て計画されている、レビル水力発電開発計画の可能性を検討することを目的とする。

本報告書は、その第1段階として、実施した予備検討に関するもので、計画地域内に設定した3つの開発候補地点について、その優劣を比較し、最も有利な計画地点について、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いる。

1.2 業務の範囲

上記の目的を達成するために、次の各項目に関する調査および検討を実施する。

a) 既存の資料および情報の集約調査

開発計画に関連する地域社会の社会、環境条件や対象河川の治水、利水の現状および将来計画、灌漑排水、土地開発計画等の多岐にわたる地域開発計画および、西マレーシア全域を含む電力事情等に関して、情報および既存資料を現地に於て集約する。

b) 候補地点の現地踏査

既往の概略調査結果を(1インチ/1マイル)縮尺の地形図他の既存資料により再検討し、その結果に基づいて実現可能な比較計画地点を机上計画により選定する。上により選定された比較計画地点について、ダム、発電所、開閉所、原石山、工事用道路などの予定地点について、地形、地質の特性を現地踏査する。

また、必要な水文観測施設についてもその立地条件を踏査選定する。

c) 現地調査工事

現地踏査の結果に基づいて、次の現地調査工事をおこなう。

i) 比較候補地点およびダム湛水池域の地形測量

ii) 比較候補地点の物理探査(弾性波)による地質調査

iii) 比較候補地点のボーリングによる地質調査

iv) 河床材料調査

v) 水文観測施設の設置

vi) 雨期洪水観測

d) 予備検討

- i) 最適開発地点の選定
- ii) 概略開発規模の検討
- iii) 今後の調査検討の計画策定

1.3 調査活動

本報告書は、現地および国内で実施したほぼ1年間にわたる調査検討の結果をまとめたものである。

今回の調査の「業務範囲および実施条件」に関する取り決めが、日本側とマレーシア側との間で合意されるとすぐに調査団が編成され、直ちに現地での資料集収が開始された。

調査団は、ダム、地質、水文、発電土木、電力系統、送変電等の専門家のほかに経済環境・農業等の専門家が加わって1979年3月末から1979年8月はじめまでの実質5ヶ月間で、それぞれの分野での活動をおこなった。

また、1979年6月より同年8月までの間で、地元請負業者による物理探査が実施されたが調査団は、物探専門家を送って、技術的な問題に関するスーパーバイズを実施した。

上とほぼ同期の1979年6月末より、同年9月までの間に、比較計画地点でのボーリング調査が地元業者によって実施されたが、そのスーパーバイズのために調査団は専門家を派遣している。

1979年7月より、同年9月はじめまでの間に湛水流域および比較ダムサイトの地形測量のために、航空写真測量の専門家を中心とする測量チームを現地に派遣し、直接および間接の水準測量を実施し、航測地形図作成のための現地作業を実施した。

水文観測については、特に雨期の洪水観測のために1979年11月末より、同年12月の間に専門家を派遣した。

1.4 謝 辞

今回の調査に関し、マレーシア中央政府、ケランタン州政府ならびに関係諸機関の御協力を深く感謝いたします。

特に、中央政府および州政府の経済企画庁には、本調査を推進するために煩瑣な総括的役割を果たしていただき、また、国家電力公社にはプロジェクト担当機関として、技術スタッフの協力や設備の貸与など、物心両面にわたる援助を仰いでおります。

また、航空写真の撮影のためには、測量局より、水文観測のためには灌漑排水局より、技術

スタッフおよび、必要調査機器の協力および貸与を受けております。

さらに、各種の情報や資料集収の時点では、多くの政府機関他の好意ある御協力を仰いでおります。

2. 要約および結論

2.1 調査検討の背景

レビル水力計画は、西マレーシア、東海岸の北端タイ国境に隣接するケラントン州にあり、州都のコタバル市の南方約100kmのレビル川下流部に位置する計画であって、西マレーシアの急激な電力需要の増加に対応するための電源開発と同時に、豊富な水資源を開発することによって、ケラントン州の地域開発を推進することを目的としている。

今回の調査検討によって、明らかとなった基本的事項を集約すると次の様になる。

計画域内の地質は、古世代末から中世代初期の堆積岩類が主体をなして居り、頁岩、砂岩等の砕屑岩類が最も多いが、凝灰岩やチャートなどの火山砕屑岩類および沈積岩類も頻繁に現れる。基礎岩盤の風化態様は、ラテライト化した強風化帯と軟質岩屑又は亀裂に富む硬質岩屑よりなる弱風化帯の2層風化構造をもち、その合計層厚は域内で、ほぼ15m程度とみられ、河床部に新鮮岩盤の露頭のある部分でも、西岸の山腹斜面の高標高部では、殆んどこの層構造をもつ。新鮮岩盤部は、弾性波の波速が3~5km/sec程度を示す堅硬緻密な岩盤より成る。

地質構造的特徴としては、北北西から南南東に向って西マレーシアを縦断する大規模な帯状構造に支配されており、基底をなす花崗岩の上に、中古生代の堆積岩類が乗った形になっている。花崗岩類と堆積岩類との境界がレビル川の東側約3kmの位置にあつて、巾約1km程度の断層分布帯を形成するが、断層そのものは断続的で個々の延長は短く、大規模、強烈なものではなく、ダム建設のために決定的な支障となるものではない。

河川の流出は、季節的に大きく変化し、トワラン測水所における年平均流出量は113m³/sec程度であるが、2月から8月までの7ヶ月間の流出量は年平均値を下廻り9月から1月までの5ヶ月間は、それを上廻る。この内2月は最も月平均流出量が低く、68m³/sec程度の流出量であるのに反し、12月には229m³/secと最高の流出量を示し、最潺水月の3.4倍近くの流出となっている。

特に11月から1月までの3ヶ月間は流出量が多く年間流出量の42%もの流出があり、逆に2月から4月へかけての3ヶ月間は、年流出量の16%程度しか流出がない。

域内の雨量は、ラバン・カブの記録によれば、平均年間降雨量2720mmを示すが、北東の季節風期の10月から12月の3ヶ月間では1120mmとなつて、その41%がこの期間に集中していることを示している。

河川の洪水流出量は、上記のモンスーン期の降雨強度によって支配され、シュミレーシオン

モデルによる推計値および、ギリマード橋との相関よりの推計値によると200年確率の洪水量は $5,800 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度となり、比流量は $2.34 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ と小さく、むしろ平地河川としての洪水特性を示す。ちなみに同一水系のグボンおよびギリマード橋における同一超過年に対応する洪水量の比流量を既往検討結果より求めて示すとそれぞれ $2.09 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ および $1.78 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ となって、トワラン測水所では流域面積比に応じて高い値を示している。

灌漑排水局は、ケラントンの海岸地域において、洪水被害の軽減や沼沢地の農地への転換を計るための排水計画を推進すると共に、より大きな農業生産性を挙げるべく必要な灌漑用水を確保するために、5つの主要排水計画と13の灌漑計画を推進している。これらの計画は、その施設の建設、改善と共に、農業の集中化と作付品種の多様化を含む農業政策および技術の改善を伴わなければ、実効が挙げられないとされている。この様な、政策および技法の転換は、農民の認識協力を得なければ達成することが出来ないが、その主要水源であるケラントン川は、自然状態のままではその流出は、年内の季節変動と共に年毎の経年変動が激しく、既往洪水と濁水の両方で農業生産に被害を与えて来た。さらに、このままでは、灌漑用需要の増加や河川維持用水の確保のために水不足に落ち入り農業改善計画は、益々減速傾向をたどることになる。したがって河川流量の常時化と、洪水制御に効果をもつ貯水池計画は、現在推進されつつある灌漑排水計画に取って、その成否を支配する鍵の役目を果たすことになる。

レビル水力発電所計画に於て、貯水池の湛水地域は、現在は、殆んど森林地帯であって、約700人、120世帯程度の住民が居住し、小規模のゴム園や畑作等の農業に従事しているほか、森林の伐採業者による事業および鉱山業者による探鉱が域内の生活活動の主たるものである。最近になって(1979年7月)この貯水池計画地域の中に、ゴム又はパームオイルの集団農場を中心とする土地開発計画がいくつか提案されている。これらは、FELDA^{*}がレビル川上流域に計画しているアリン土地開発計画と、レビル土地開発計画およびLKTN^{**}がチャリル川周辺に計画しているチャリル土地開発計画等であって、今後レビル貯水池計画との間で、十分な調整を必要とする要件である。また地域開発の下部構造として、最重点とせられている道路計画のうち、グワムサン・クアラクライ間の高速度道路計画が調査時点(1979年7月)には詳細設計段階にあった。この計画ルートは、湛水池の一部を通過しており、さらに、トワランダムの地点では、同ルートの道路橋が計画されている。

注)

* FELDA …………… 連邦土地開発局

** LKTN …………… ケラントン州土地開発局

2.2 計画地点の選定

レピル川は、支川の小流域をのぞけば、河川勾配は緩やかで水力を開発する場合、ダム式以外に開発方式を求めることは困難である。しかし、河川に沿って相当奥地に到っても河谷の形状は開けていて、ダム建造のための適地もその地形的な制約から極めて限定されたものとなっている。

地形ならびに地質的な条件から、比較計画地点として次の3地点を選定した。

1) トワラン地点

選定した3地点の中で最も下流に位置し、最寄りの集落ラロック村の南方3kmにある。河床標高は最深部で海拔標高18mを示し河床から標高40m程度までの両岸は堅硬な基盤が露出し、谷形状はV字形を示しているが、標高があがるに従って地表は差次弱風化の亀裂に富む岩石から強風化を受けたラテライトに変化し、山腹斜面勾配も緩やかになっている。

この計画地点は、3つの比較計画地点の中で谷巾が狭く、本ダムの体積は最も小さくすることが出来るが、フィル型のダム形式とする場合は洪水吐を建設するのに有利な場所がないことと貯水池満水面を標高40m以上に選ぶ場合は、本ダムの他に、左岸で支川のサム川との流域界に1つ、右岸に支川のレック川とペダ川の流域界に2つの合計3つのサドルダムを必要とする。

トワラン地点の集水面積は2,480haで満水面標高を90mとしたとき、貯水池の総容量は $45 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、湛水面積は250haとなる。若し1000年の確率をもつ洪水に対して、洪水制御をおこない、洪水ピークを $4,500 \text{ m}^3/\text{sec}$ カットし調節後の流量を自然洪水の50%程度にひき下げるものとしても、洪水制御のためのサーチャージ水深は4.2m程度で充分であり、30年の確率をもつ洪水年においても、発電所が最低25%以上のキャパシティファクターを確保し得る様な取水をおこなうものとした場合、その最低水深は貯水池の常時運転水位より9.5m低下するのに止まる。このとき、発電に用いるための有効落差は、最低水位に対して50.2mを確保することが出来る。この場合貯水池の調整容量は $1,620 \times 10^6 \text{ m}^3$ 程度であって、貯水池の利用率は36%である。

また、この規模の貯水池の場合、洪水期の無効放流量は、平均年間流入量に対し2.6%程度であって、河川水の利用率は高い。さらに確率10年の洪水量は、自然状態で $17 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度であったが貯水池による流量の常時化によって洪水流量を $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ とすることができて $63 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の洪水供給が可能となる。

本ダムについては、高標高部で風化層が深く、ダムの基礎掘削が増大するのみで、他に問題はないが、右岸側のサドルダム地点の地質に致命的な欠かたではないが小規模の断層があり、

物理探査の結果でも、低速度帯の存在が検出されていて、今後や、慎重な調査検討が望まれる。

2) ジャラム・パンジャン地点

ジャラム・パンジャン地点はトワラン地点より約3km上流の河道が、大きくS字形の屈曲を示した地点にあり、3つの比較計画地点の中流部に位置する。

河床には基盤岩が露出し、計画ダム地点の上下流部で河道は急流部を形成している。河床の最深部の標高は、海拔24.0mと、トワランに比して8.0mも高いが、左右岸とも谷の勾配は15°~20°程度の緩斜面で、谷巾はトワラン地点よりもかなり広く、地質的にも基盤岩の露頭は水際線の近傍に限定され、兩岸のほとんどの地域が強風化のラテライトに覆われている。しかし高標高部での風化層厚は兩岸とも15m程度であって見掛程は厚くない。

ジャラム・パンジャン地点の特徴は、河道のS字屈曲に従って右岸側に標高110m及至130mの尾根が張り出し、特にフィル形のダム型式を選んだときダム高さによっては好適な余水路を建設することが出来ることと、トワランの場合とは異なり左岸側のサドルダムを建設する必要がない点にある。

ダムサイトにおけるレビル川の集水面積はトワラン地点に比して6%減少するのみで貯水池容量、湛水面積もそれぞれ $44 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、247haであって大差がない。若し、洪水時の貯水池最高水位をEL. 90mに選定するものとし、トワランの場合と同様の洪水制御を実施すれば、サーチャージ水深は4.2m、濁水期の最低水位が常時運転水位より9.7m低下することになって、有効落差は最小でも48.1m、最大では57.8mを開発することが可能である。

3) ジャラム・キヤック地点

中流サイトのジャラム・パンジャンから約9km上流へ遡上した地点にジャラム・キヤック地点がある。ジャラム・キヤック地点は、3地点の内最も谷巾が広く、基盤の風化層厚も大きく、集水面積も2,292haと減少して、3地点の内最も条件が悪いが他の2地点の場合既述の様に、地質的に若干の懸念がある右岸側サドルダムの建造の必要があるに反し、この地点では本川のダム建設のみで、他のサドルダムを建設する必要がないことがその最大の特徴である。

ジャラム・キヤック地点においても河川の流路部は、基礎岩盤が露出しており、河床最深部標高は海拔26.5mを示して、3地点のうち最も高いが風化層厚は期待に反し、深く右岸部で最大20mを超えている。若し、洪水期の貯水池最高水位をEL. 90mに選定するものとするれば、湛水池の集水面積は217ha、総貯水容量は $35.60 \times 10^4 \text{ m}^3$ となって、トワランの場合より21%の減となる。

以上の3地点の地形および比較評価のためのダムおよび余水路についてのレイアウトの例を、

図 2.1.1～図 2.1.6 に示す。

2.3 計画の評価と比較

選定した3つの計画地点について、その優劣を比較し開発の形式と概略規模を決定するために、次の様な検討を実施した。

まず、3つの地点に対し地形測量および物探ボーリング等の地質調査結果に基づいて、ダム形式と規模をそれぞれのサイトの特性に応じていくつか選び概略の設計をおこなってダムの建設費を比較した。その結果は表 2-1 に示すように開発のもたらす便益が最も低いと予想されるジャラム・キャック地点のダムの建設費が最も高くなり、ダムの設計を少々変更しても、他の2地点と競合し得る見込みはないと判断された。一方、ジャラム・バンジャン地点では、本ダムをロックフィルタイプとした場合が、建設費は少となり、トワラン地点では本ダムをコンクリート重力タイプとした場合が安くなる。しかもこの両者はダム規模の大きい(洪水時貯水池最高水位を E.L. 90 m とした場合)場合に、ジャラム・バンジャン計画が有利となり、ダム規模が小さい(H.W.L. 70 m)場合にトワラン計画が有利となって、優先サイトを決定するためには発電便益、洪水制御便益および農業便益等を含めた総合的判断を必要とする。

上の検討に引き続き、ジャラム・バンジャン地点とトワラン地点の両者について、発電設備を考慮し、計画全体の建設費ダム規模、発電所規模の様々な組み合わせについて求めると共に、30年間の月別流量記録に基づいて、最低25%のプラントファクターを保持する様にしながら、発電所の使用水量を変えて発生電力量および常時出力を求めた。このとき、電力の便益の他に、灌漑便益を計上した。灌漑便益の算定の方式は、沿岸地方において進行中の灌漑排水計画に対して、レビルダムの洪水供給の効果が直接的には農業生産高の洪水被害の軽減の期待値として算出されると共に、農業改善事業を円滑にして、最適作付品種への転換をはやめるも結果得られる収入増の期待値が追加されるものとして求めてある。

また、洪水制御便益は沿岸地域における既往の洪水被害額と、ギリマード橋における洪水ピーク流量との相関を求めさらにケランタン水系の流出モデルにより、確率洪水別にギリマード橋でレビルダムがない場合、レビルダムがある場合とのそれぞれの場合に対応する洪水ピーク量を求めて、上の相関から、確率洪水量別にダムの調節効果による洪水被害軽減額を算出した。これらの軽減額は、それに対応する洪水の非超過の確率に基づいて、年間の出現の期待値に変換して、これをレビルダムの洪水制御便益とした。

レビル貯水池の H.W.L. の選定如何によっては、アリン、レビルおよびチャリル地域に計画

されている土地開発計画に、かなり大きな影響を与える。

今後、計画の進展に伴って慎重な調整が必要な重要な要素であるが、ここではこれらが尚、計画段階（1979年7月）にあつて最終的に公認されたものでないため、費用便益の解析には含まなかった。

さらに、グラムサン・クアラクライ高速道路については、チャリル川の上流ラキフト川およびバヨール川の溪谷で一部湛水地内を通過しているが、通過ルートを西側の高標高部へ移すことによって解決されるため、ここでは費用を計上しなかったが、トワラン計画の場合は、2つの道路橋の架け替えおよび3.6kmの迂廻ルートの建設が必要であるため、その概略工事費を求め、トワラン計画の費用に加算した。

湛水域内の居住民の移転補償費、林道付替費および湛水による森林地域の損失は費用計上から除外した。

表2.2.1～表2.2.3および図2.2は、サイト別、規模別の計画に対応する（B/C）および（B-C）の値を示したものである。

2.4 結 論

予備検討段階における調査、検討の結果結論される事項は次の通りである。

- 1) 3つの比較計画地点の内最も有利な開発地点は、ジャラム・パンジャン地点であり、ダムの適正な形式と規模は、主ダムをフィルタイプダムとし、堤高 69.5 m 計画最高水位 EL.90 m の場合が、最も有利である。
なお同時に建設が必要なサドルダムはフィルタイプダムとするのが有利で右岸側に2つ必要となる。
- 2) 年間可能発生電力量は426 GWHであり年平均のプラントファクターは32%となる。
最大出力は151 MWであるが、渇水期の常時出力は137 MWである。
- 3) 渇水期の河川流量は、貯水池の流量調節によって63 m³/sec以上の流量増加を発生し、下流の農業生産を増加し、年間14.2×10⁶ MSの収益増をもたらす。
- 4) ダムの建設によって、アリン、レビルおよびチャリル地区に計画されている土地開発計画は全計画面積290haのうち100haが影響を受ける。
また、ダムの湛水によって150haの森林地域が水没する。
- 5) ジャラム・パンジャン計画の費用便益比（B/C）は、金利8%の場合電力のみで1.32となり、農業便益を考慮すると1.63となる。

計画の内部収益率は、農業便益を含めて13%程度となる。

6) レビルダムによる洪水制御の便益は、年間約 2.1×10^4 MS 程度の額を期待することが出来る。これは、同様の方法で求めた、ダムがない場合の年間総被害額の35%弱の額に相当し、毎年の被害の1/3以上を軽減させる効果を持つことを意味する。

7) レビル貯水池の建設によって、上記の洪水被害の軽減と、干期の農業用水需要の80%に相当する $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ の発電放流が確保出来ることになる。この事実は、最適作付品種への転換等の農業改善事業を円滑にして、所謂、農民のコンフィデンシャルエフェクトを生ずる要因となる。これに依って発生する農業便益は、年額に換算して、 14.2×10^4 MS 程度と推算される。

8) めん密な事業調査に基づく適切な環境対策を樹立し、これを実行することによって、レビル水力プロジェクトの遂行に起因する環境への悪影響は、ほとんど充分回避し得るものと考えられる。

9) 技術的な問題点としては、右岸サドルダムサイトで指摘されている小規模断層であるが、今後若干慎重な取扱いを必要とするが断層自体が古い年代に形成されて居り、再岩化している状態からみて、これが計画の死命を制することにはならない。

以上によってレビル水力プロジェクトは技術的には、充分実行可能な計画であること、および見掛上の経済性は、必ずしも高くないが、こゝで計上されなかった不可視の効果が高く有望な計画であると考えられる。

特に、貯水池の出現に伴って発生する移住のトラブルが、比較的すくなく各種の開発計画も実施直前の状態とは言え計画段階にあるため、それらに対する適切な処置によってより効果的な開発が可能となる段階にあり時期を得た開発計画であると言える。

トワラン地点とジャラム・ハンジャン地点の計画概要は次表の通りである。

Main Feature

Item	Tualang	Jeram Panjang
1. Summary		
H.W.L.	90 m	90 m
N.W.L.	85.8 m	83.8 m
Type of Dam	Concrete Gravity	Rockfill Type
Dam Height	77.5 m	69.5 m
Type of Development	Dam-Conduit Type	Dam-Conduit Type
Catchment Area	2,480 km ²	2,474 km ²
Gross Storage Capacity of Reservoir	4,495 x 10 ⁶ m ³	4,397 x 10 ⁶ m ³
Effective Storage Capacity	1,576 x 10 ⁶ m ³	1,563 x 10 ⁶ m ³
Surcharge Storage Capacity	949 x 10 ⁶ m ³	1,350 x 10 ⁶ m ³
Maximum Water Surface Area of Reservoir	250 km ²	247 km ²
Gross Head	60.98 m	57.75 m
Effective Head	59.43 m	55.77 m
Maximum Discharge	320 m ³ /s	320 m ³ /s
Maximum Output	162 MW	151 MW
Firm Peak Output	151 MW	137 MW
Annual Generated Energy	455 GWh	426 GWh
2. Catchment Area	2,480 km ²	2,474 km ²
3. Stream Run-off		
Annual Average	113 m ³ /s	113 m ³ /s
Droughty Discharge	30.4 m ³ /s	30.3 m ³ /s
Flood (Return Period, 1,000 years)	9,700 m ³ /s	9,700 m ³ /s
4. Plant Discharge		
Maximum Discharge (for 6 hours of daily-peaking at least)	320 m ³ /s	320 m ³ /s
Firm Discharge	80 m ³ /s	80 m ³ /s
Firm Peak Discharge	320 m ³ /s	320 m ³ /s

Itea	Tualang	Jeram Panjang
5. Head		
Normal Water Level	35.8 m	33.8 m
Low Water Level	76.7 m	73.1 m
Available Depth	9.1 m	10.7 m
Tailrace Water Level	24.82 m	26.05 m
Gross Head	60.93 m	57.75 m
6. Generating Plant		
Number of Plants	2	2
Maximum Output	162 MW	151 MW
Firm Peak Output	151 MW	137 MW
Annual Generated Energy	455 GWh	426 GWh
Plant Factor	32.06 %	32.21 %
7. Reservoir		
Gross Storage Capacity	4,495 x 10 ⁶ m ³	4,397 x 10 ⁶ m ³
Effective Storage Capacity	1,576 x 10 ⁶ m ³	1,563 x 10 ⁶ m ³
Surcharge Storage Capacity	949 x 10 ⁶ m ³	1,350 x 10 ⁶ m ³
Maximum Surface Area	250 km ²	247 km ²
8. Dam		
8.1. Main Dam		
Type	Concrete Gravity	Rockfill Type
Height	77.5 m	69.5 m
Crest Length	370 m	645 m
Dam Slope on the Up-stream Side	0.1	1 : 2.2
Dam Slope on the Down-stream Side	0.75	1 : 1.85
Dam Volume	495,000 m ³	4,579,000 m ³
Elevation of Dam Crest	93.5 m	93.5 m
8.2. Saddle Dam No. 1		
Type	Rockfill Type	Rockfill Type
Height	67.5 m	67.5 m
Crest Length	370 m	370 m

Item	Tualang	Jeram Panjang
Upstream Side Slope	1 : 2.2	1 : 2.2
Downstream Side Slope	1 : 1.85	1 : 1.85
Dam Volume	990,000 m ³	990,000 m ³
Elevation of Dam Crest	93.5 m	93.5 m
8.3. Saddle Dam No. 2		
Type	Rockfill Type	Rockfill Type
Height	33.5 m	33.5 m
Crest Length	220 m	220 m
Upstream Side Slope	1 : 2.2	1 : 2.2
Downstream Side Slope	1 : 1.85	1 : 1.85
Dam Volume	119,000 m ³	119,000 m ³
Elevation of Dam Crest	93.5 m	93.5 m
8.4. Saddle Dam No. 3		
Type	Rockfill Type	
Height	58.5 m	
Crest Length	700 m	
Upstream Side Slope	1 : 2.2	
Downstream Side Slope	1 : 1.85	
Dam Volume	2,524,000 m ³	
Elevation of Dam Crest	93.5 m	
9. Spillway		
Type	Gate Operation	Free Overflow
Width	62 m	160 m
Stilling Basin	Flat Apron Dissipator	Skijump Type
Gate Type	Radial Gate (10 m x 16 m)	-
Gate Number	5	-
10. Intake		
Type	Side Intake	Side Intake
Width	14.5 m	14.5 m

Item	Tualang	Jeram Pajang
Number of Units	2	2
Depth	30.5 m	33.5 m
Maximum Discharge	160 m ³ /s	160 m ³ /s
Maximum Velocity	0.8 m/s	0.8 m/s
Gate	Steel Roller Gate and Stop Log	Steel Roller Gate and Stop Log
11. Penstock		
Type	Stiffened Steel Penstock Covered Reinforced Concrete	Stiffened Steel Penstock Covered Reinforced Concrete
Number of Lines	2	2
Pipe Length	164.9 m	361.8 m
Internal Diameter	5.8 ~ 4.5 m	6.2 ~ 4.1 m
12. Power Station		
Type	Semi-Underground Type	Semi-Underground Type
Dimension	52 m x 28 m	52 m x 28 m
Foundation	Barrel Type	Barrel Type
13. Tailrace		
Type	Open Flow Channel	Open Flow Channel
14. Hydraulic Turbine		
Type	Vertical Shaft Francis Turbine	Vertical Shaft Francis Turbine
Maximum Output	81 MW	75.5 MW
Number of Units	2	2
15. Generator		
Type	3-Phase AC Generator	3-Phase AC Generator
Output	88,000 kVA/unit	82,000 kVA/unit
Voltage	13,200 V	13,200 V
Number of Units	2	2

3. 収集資料

本報告書の各種検討に用いた基礎資料は、水文、気象、地形および地質など、マレーシア側の各関係機関の援助によって、当調査団が現地で、1979年3月から同年8月までに収集したものが中心となっている。

また、上記の基礎資料の他に系統計画、送電線、財務・経済、農業および環境などのプロジェクト関連事項に関しても、市広く資料を得ている。

又、水文資料の地点番号及び観測地点については図3-1に示す。

4. 計画の背景

4.1 プロジェクトの所在地

レビル水力発電所の開発が計画せられているのは、西マレーシアの東海岸北端のタイ国々境に隣接するケランタン州にあり州全面の85%をその集水面積とするケランタン川の支川レビル川の下流部に計画されている。

計画地域はマレーシア連邦の主都クアラルンプールの北々東直線距離にして230kmの位置にあり、州都コタバルからは真南の方向100km離れている。

行政区域としては、ウル・ケランタン郡に属し、その行政中心は、グナムサンにあるが最寄りの都市としては計画地域の北方30kmのレビル川と本川ガラス川の合流点右岸にあるクアラ・クライがある。

4.2 計画地域の地形

ケランタン川流域は南側に、標高2,207mのグノン・タハン山を最高峰とする1000m及至2000m級の連山からなる中央山脈があり、東側には1000m級の高山を含む南北方向の海岸山脈がトレンガヌ州との境界を作り、西側を500m級の山脈が張り出してグロク川との流域界をなし、たゞ北側のみが南支那海に開口している東西60km、南北130km程度の地域である。

ケランタン川水系は、一般に、山地部流域と平地部流域に別けられるが山地部流域は本川のガラス川の他にベルガウ川とレビル川の2つの主要支川流域で占められる。平地部流域では、上記のガラス川とレビル川とが合流した後、河川の呼称がケランタン川と変えられて、広大な堆積平原の中をゆるやかな蛇行を繰り返しながら北端のコタバルの近くで南支那海に流入する。

レビル川は、山地流域の東縁部を占める河川で、中央山脈の北麓に広がるクマンネガラを原流として本流のレビル川の他に、アリン川、レライ川、チャリー川、デバクク川、サム川等の主要支流から成り立っている総流域面積約3400km²の山地河川である。流域の東側は既述の海岸山脈であり西側は標高300m程度のドーム状小山体の連山によってガラス川と分離されている。

山地河川とは言ふものの、レビル川の河川勾配はきわめて緩慢で平均の河床勾配は、流路総長約120kmのうち下流部の100kmの範囲で1/2600程度を示し、谷間は広く、兩岸の山腹斜面もきわめて緩やかである。

河道は、東側の海岸山脈と平行に南々東から北々西の方向に小さな蛇行を繰返し乍ら流下するが流路は至る所でジャラムと称せられる河床岩盤の露頭に依って堰止されて発生した急流部に遭遇する。急流部と急流部の間は、河川の流速は極めて緩慢で、一般の河川にみられる両岸の砂洲もまれにしか発見出来ない特殊な河状を呈する。レビル川の流向はマレー半島を縦走する褶曲軸のうち、コタバルからシンガポールへ抜ける延長 500 km を超える長大な向斜軸に一致し、主として、古世代末期または中世代初期の堆積岩類より成るが、これをほさんで背斜軸を成す海岸山脈と西側の山脈は、中世代に貫入した花崗岩類と目されている。地域の岩石分布の態様から、この地質構造が構造山帯に属するものであることが推定され、新世代地質の存在しないことから造山運動の時階は古く、パリスカン造山運動期のものと考えられている。この事は、地域の山容がゆるやかで、切立った崖状地形のすくない老年期の地形特性をもつこと、および広大な堆積性の海岸平野を具備することなどからもこの地域が中世代に陸地化し、長期の地表面侵蝕を受けつゝ今日に到ったとする侵蝕輪廻の機構を裏書きする。

この様な全般的地形に対して例外的にガラス川との合流点の上流約 50 km の ジャラム・パンジャンを中心として、上流のジャラム・キヤックから下流のトゥラン地点へかけて、約 10 km 程の区間に、両岸の山腹斜面が比較的急峻で谷巾の狭い地形がある。計画のダムサイトの候補地点である。

4.3 ケラントンの概要

ケラントン州は総面積が 14,900 km^2 でその 75% が森林に占められ、堆積性の海岸平野が主に集約的に農耕されているが、それは州全体の面積の 20% 強にすぎない。

農耕地は、山地部も含めて 3,200 km^2 程度で、ゴム 45%、水稲 33%、園芸 18% およびオイルパーム 4% がその主要な作物である。

州人口は 840,000 人と推定され、その 90% にあたる人口が北部の海岸地方に集中し、南部の広大な山地部は過疎地帯である。ちなみに、海岸地方の人口密度は 200 人/ km^2 であるのに対し南部のウル・ケラントン郡では 8 人/ km^2 程度にすぎない。さらに人口の分布の形の特徴としては、農村に住むものが圧倒的でわずかに全体の 15% 相当が 10,000 人以上の地区に在住する。州都コタバルの人口は 105,800 人と群を抜いて集中度が高いが州の第 2 番目の都市とされるパシール・マスの人口は 15,000 人に満たない。

人口構成はマレー人が、全体の 92.4% を占め圧倒的に多く、他に、中国人 5.6%、インド人その他で 2.0% となっている。

人口の増加率は、年平均2.4%であって全国平均の2.6%より少ない。特に地域の人口について顕著な事は域内の雇用機会のすくない事に依る域外への人口流出の大きいことで、1957年より1970年までの統計によるとすくなくとも、55,700人が、シンガポール他へ移住している。

州内の経済活動は、農業が中心であって、州のG.D.Pの38.9%が農業であって、全国平均の農業のG.D.Pに占める割合の24.8%に比しても、かなり高率である。他の製造業部門のG.D.Pに占める割合は、低く、7.9%で、全国平均の19.1%の半分にも満たない。農業人口は全体の62%を超え、サービス業28%、製造業の10%に比し圧倒的で、耕地への人口圧が高く、農民1人当たり1ヘクタール程度と言われている。この様な農業への人口集中に対し習慣的な洪水被害と、天水灌漑を主体とする現状の農業環境によって、農民は伝統的な農業習慣に固執し、低い生産性からの脱皮に動こうとはしない。このため州の失業率は高く8%ともそれ以上とも言われている。

州全体でみたとき、住民の収入は1970年価格で、1人当りのG.D.Pは1970年で463MS、1975年で544.8MS、1978年で629.5MSと年率4%程度の伸びを示しているが、全国平均でみたとき、1975年で、その39%、1978年で38%と、極めて低く、かつ全国平均の成長からさらに遅れつ、あることを示している。

ケランタン州がこの様に、全国平均からみて、低位の開発段階に止まらざるを得なかった原因としては、まず、西海岸の諸州に比べて天然資源がすくないため、開発の焦点となりがたかったと言う歴史的な制約条件が挙げられる。地理的にも国の人口集中地、既に経済成長の中心地から最も遠いという立地条件もある。さらに、北東モンスーンによる習慣的な洪水に依って、州経済を取り巻く環境が不安定であること、土壌の状態地形等により耕作適地が不充分であること、開発のための下部構造としての道路、港灣、電力等の設備が貧弱であること、および海岸地方の耕地の過密な耕作状態が逆目に出て、結果的に非経済的な生産形態を作りあげていること等多岐にわたる問題点が挙げられている。

これに対し1970年に制定されたマレーシアの新経済政策では、貧困の絶滅をはかり、地域や人種間の富の偏在を解消することに主眼が置かれており、相対的な低開発州であるマレー半島東海岸の各州や、サバ、サラワクの不完全雇用下の天然資源の開発を計り、特にケダ、ケランタン、プリルスおよびトレンガヌなどの貧しい州の所得状態の実質的改善が重点事項とされている。この目的を達するために、所得を増加させること、雇用機会を拡大することおよび、社会サービスへのアクセス増大を計画の基本におき、具体的にはケランタンでは、農業政

策として北部沿岸地方では、洪水の制御、農業技術の普及、改良品種の使用、肥料の投入、農産品市場網の改善によって、生産性を向上させ所得を向上させる。

また、南部地方では、開墾による耕地面積の拡大をおこなうこと、および道路を建設して、州内および州外との交通の拡大を計る。

さらに、製造業部門では、地場資源に基づいた産業として、農業関連工事、林業関連産業、鉱業および観光業を中心として育成を計る。

上の産業誘致のため、下部構造として、東西高速道路他の道路網建設を計り、州内のクナメラ、ダワムサン、パンカラランチェバ等の都市を工業中心地として開発する。さらに、輸送手段、貯蔵手段および商業中心の充実によって、農業生産物の販売を円滑にすると共に、近海漁業技術の強化による水産業の振興と、そのマーケティングの充実を計る。

以上の基本的な政策を実施するために、現在ケラントンでは数多くの地域開発計画が立案され、調査され実施に移されているが特に、長期の現地調査結果と大容量高速計算機を駆使して、1977年にまとめられた“ケラントン流域の研究”と題されたマスター・プランは、ニュージーランド政府の援助によって完成されたが、これは1979年にマレーシア政府によって承認され、これが広範な地域開発の方向を示唆するものと考えられる。

このレポートによると、ケラントン州の経済開発の目標は周期的な洪水を軽減し、豊富な水資源を生産的利用のために開発することと設定されている。

- 豪雨による周期的な氾濫は、排水組織を設けることによって、最小限に軽減できる。
- 河川洪水の越流は、上流に2つの貯水ダム(ダボンとレビル)の建設と、ケラントン川の両岸に堤防を建設することによって、軽減しうる。
- ケラントン平野部においては、世銀援助によるケラントン北部農業開発事業が実施されておりケラントン川最下流左岸のレマル地区の排水灌漑の改善を主目的としている。
- 一方右岸の3万5千haを開発する。

日本政府の技術援助による水管理訓練センターが農業水利の高度化を目差して、現在鋭意活動中である。

ケラントン川流域の研究によって提案された13の灌漑事業(図4-1参照)の実施化については、現在マレーシア連邦政府とケラントン川政府で立案中である。

1979年6月に、国際協力事業団の調査団が政府から得た事業スケジュールは、図4-2の通りである。

ケラントン川流域の研究によると、第5編に示された事業が実施された時点で、農業生産力

は現在の4.1倍に増加すると予測されている。(表4-1参照)

一方、洪水の軽減度は、表4.2.1, 表4.2.2に示されているとおりであり、灌漑事業(排水を含む)によって約60%の便益が得られることになり、ケランタン農民の投資意欲を大いにかきたてることが期待されている。

これらの効果の他に、農民収入の増大、雇用の拡大等の社会便益も大きく、又、これらの波及効果もかなり期待出来、現在の低生産性から脱却できる基礎的なインフラストラクチャーと考えられる。

4.4 マレーシアの電力事情

i) 西マレーシアの電力需給概要

西マレーシアの電力消費量は、1977-78年(NEBの会計年度は9月1日から翌年8月31日までとなっているので1977年9月1日~1978年8月31日までを1977-78年と記す)時点において6,991 GWhであった。

電力消費の構成比率は、錫関係が14.53%、鉄・ボーキサイト鉱山:0.07%、セメント:3.03%、商工業:62.37%及び照明・家庭用20.00%となっている。西マレーシアの主要産業である錫関係の比率は現在15%弱を占めているが、その比率は次第に減少し、代って工業用の比率が増大して行く傾向にある。

上記電力需要に対する発電量は、6,384 GWhであった。この内大部分(94.9%)は、公益電気事業者の発電であり、約0.7%が鉱山設備、4.3%が私企業設備による発電である。

発電の81.6%が火力発電、7.3%がディーゼル、11.1%が水力発電であった。(表4-3参照)

ii) NEBの電力需給

公益事業者の電力需要の伸び率は、1950年代の混乱期を除いて大体年率14.1%と非常に一定した高い伸び率である。

即ち、1930年代は年率14%、1950年代は年率14.1%、1960年代は年率14.0%で、1970年~1978年の8年間は、年平均13.7%とやや低い。これは1973年秋の石油ショックの影響で、1973-74年が対前年11.3%と落ち込んだためである。

1977-78年には対前年11.2%と回復して来ている。

1977-78年度における公益電気事業者の販売電力量は、5,929 GWhであり、これに対する送電端電力量は、6,651 GWhであった。この内NEB火力発電所から82.9%、ディ

一セル発電所から3.2%、水力発電所から112%、その他発電所から0.1%、合計NEBから97.4%、バラク水力発電会社から2.4%となっている。

需要家数：NEB発足時(1965年6月22日)の1964-65年度末に314千口の需要家数は、1977-78年現在では1,013千口と10年間に約3.2倍に増加している。特に、1976年には、19.2%とその増加率が著しい。しかし、その後の増加率は平均10%を保っている。

1需要家当り電力使用量：1965年1需要家当り使用電力量は、3,410 KWhであったが、12年後の1977-78年では、5,859 KWhとこの間に1.7倍に増加している。1950年代の1需要家当り使用電力量は、3,000 KWh代を上下していたが、1960年代に入ってから、急速な伸びを示し、1961-1962年から1977-1978年までの17年間に平均的な年伸び率は、3.6%程度となっている。

需要家の構成：販売電力量の内、産業用は55.7%商業用は28.0%、家庭用は14.2%、その他は2.1%、となっている。

KWh当り収入単価：収入単価=販売単価は1977-78年、10.84セント/KWhであった。この単価は、1972-73年において、今迄の最低7.53セント/KWhであったが、1973-74年以降急激に上昇して来ている。この状況を消費者物価指数と対比すると図4-3の通りとなり、最近の電気料金の上昇傾向は、消費者物価指数の上昇を大きく上回ることを示している。

需要の分布：需要の地域的分布および1人当りの消費量を示すと次の表の通りとなる。

項目	中部地域	北部地域	南部地域	東部地域	合計
販売電力量(%)	40.7	38.0	16.7	4.6	100
1人当りの消費電力量(kwh)	1,237	1,040	532	266	846
平均に対する比率(%)	146	123	63	31	100

需要の大部分は、中部地域(40.7%)、北部地域(38.0%)に集中していることが明らかである。また人口1人当りの年間消費量は、西マレーシア平均で、846 KWhであり、中部地域では平均の1.46倍、逆に東部地域では平均の31%に過ぎない。

負荷の特性

(1)負荷の月特性：西マレーシアの負荷の月特性は、他の熱帯地域と同じく、季節的な特色は少なく、需要の自然増に従って、年度始めから年度末に行くに従って増加して行き、年度末の8月がその年度の最高月となる。負荷の大部分を占める、西部送電線網の月別負荷曲線を図4-4に示す。

(2)負荷の日特性：西部送電線網の8月における典型的な日負荷曲線を図示すると図4-5の如くなる。この図で明らかな如く、負荷の山は午前11時、午後3~4時および午後7~8時の3つあって、午前11時の山が1日のピークとなっている。またベース・ロードはピーク・ロードの約69.5%となっている。この様なロード・カーブは、産業用の昼間負荷が大きなウェイトを占めていることを示している。

これに対しディーゼルで供給しているローカル地域の負荷は図4-6に示す通り、負荷の山は夜の8時頃の1つであり、ベース・ロードはピーク・ロードの約50%程度に落ちる。これは夜間の電灯負荷のウェイトが大きいことを示している。

供給力構成：上記の需要特性に対する供給力の構成は、1977~78年において、火力82.9%、ディーゼル32%、水力11.2%、ペラク水力2.4%、その他0.2%となっている。

水力の供給力は、10月が最大で、年平均水力供給力(日量)の約1.75倍となっている。一方最低の月は2月で年平均の62%に低下する。大体10月から1月までは平均を上回り、2月以降は平均以下となる。(但し5月は除く。)

Ⅱ) 発電設備

1978年8月末現在のNEBの発電設備は火力970 MW、水力352.4 MWおよびディーゼル97.4 MW、合計1,439.8 MWである。この内、約9,570 MWが西部送電網に連系されている。主要な発電所の明細を表4.3に示す。また年度別の増加状況を下表に示す。

年 度	設 備 容 量 (MW)				
	火 力	水 力	ディーゼル	ガスタービン	合 計
1971 - 72	420	265.4	39.6		725.0
1972 - 73	420	265.4	47.8		733.2
1973 - 74	540	265.4	48.9		854.3
1974 - 75	540	265.4	57.2		862.6
1975 - 76	850	265.4	72.5		1187.9
1976 - 77	970	265.4	81.0		1316.4
1977 - 78	970	352.4	97.4	20.0	1439.8

IV) 送変電設備

1978年8月末現在のNEBの送電設備は、275KV 231マイル、132KV 959.62マイル、66KV 336.49マイルである。図4-7に示す通り、西海岸の主要発電所、および東海岸のクワンタンは、132KVの送電線で連系されている。またポート・ディクソンの電力は275KV送電線でクアラ・ルンブールおよびマラッカへ送電されている。テメン・ゴールの水力は、275KV送電線でパバンに送電されている。

変電設備は1978年8月現在で、5,264ヶ所、容量は、8,146MVAである。

送変電設備の年度別増加状況は、次表の通りである。

年 度	送電線長(マイル)			変電所	
	275KV	132KV	66KV	変電所数	変圧器容量(MVA)
1971-72	45.3	584.89	311.13	2,831	3,488
1972-73	45.3	607.14	311.13	3,047	4,323
1973-74	45.3	607.14	326.55	3,352	4,764
1974-75	98.0	613.84	333.47	3,633	5,277
1975-76	98.0	693.53	333.47	4,346	6,091
1976-77	137.0	894.65	338.97	4,760	6,752
1977-78	231.0	959.62	336.49	5,264	8,146

V) 開発計画

今後の負荷の伸びは1980年迄、年に約115MW、1980-81年の間は200MW、1982年以降1986年迄は年間約152MWの需要増加が予想されている。

この需要増加に対応して、1986年8月末までに火力1,100MWおよび水力592MW、合計1,692MWの電源開発が計画されている。(表4-4参照)

この開発計画を図示すると図4-8の通りとなる。

上記の開発計画に伴って、1985年迄にはタナメラ-テメンゴール-パバン-ディクソン港-マラッカの超高压(275KV)連系線が完成される計画である。又、(タナメラ)-(クアラトレンガヌ)-(クワンタン)-(アワ村)の連系線も完成され西マレーシアの幹線は超高压275KVおよび132KVでループが完成される計画である。

VI) レビル水力プロジェクトの役割

NEBのレビル水力プロジェクトに対する期待は、正確な現地調査を基にした、レビル水力の出力、特に平均年可能電力量、および洪水年における常時出力のデータおよび情報を早

く得ることである。経済評価は平均年可能電力量が基となるが、最近の電力不足のながい経験により、常時出力について注目している。

送電計画は、レビル発電所からタナメラ、コタバルまで送電すればよい主幹系統の計画は充分出来ている。レビル-タナメラ間の送電線は現在のNEBの計画では、将来のネンギリの開発を考慮に入れて、275KVの計画となっている。

5 地 質

5.1. ケラントン川流域の地形、地質

マレー半島全域にわたり、山脈方向、主要河川の流路方向、地層の褶曲軸方向、各地質の分布方向等に北北西-南々東方向のものがきわめて多い。上記の北北西-南々東方向をM方向と仮称する。

M方向は、マレー半島の地形、地質の基本の一つとなっている。

5.1.1. 地質概要

(1) ケラントン流域の地形断面は、図5-1に示すように、東部および西部に2大背梁山脈がM方向に走り、両山脈の中間帯は東西40km、南北140kmほどの広さにわたり、低標高の丘陵状地形を呈している。この中間帯を中央丘陵帯と仮称する。

中央丘陵帯は、地形大区別の観点からすれば、ケラントン洲、パハン州にわたり南北に長大に連続しているが、両州境界域に標高1,000~2,000mの山塊が横たわり、この山塊以北がケラントン川流域となっている。

(2) 海岸平野部と背梁山脈の境界は平坦から傾斜面へと地形区画が明瞭に現われるが、海岸平野と中央丘陵帯との境界は、中央丘陵帯の北縁辺域が起伏の少ない、ごく緩斜面をなして地形区画がやや不明瞭となる。

(3) 中央丘陵地帯ではドーム状小山体と、その山体の間に台地があり、ドーム状小山体と山間台地とがやゝひんばんに繰り返されている。

ドーム状小山体の山峯標高は200~300m、山間台地面標高は約100m以下であって、これから標高は中央丘陵全域にわたり、ほぼ一定している。

(4) 中央丘陵帯は、単一の地塊域としてみれば、ほぼ水平状をなしていて、全体勾配は非常に緩やかである。例えば、クアラクライ地点の標高は約20m、レビルプロジェクトダム候補地点の河床標高は18~27mである。

(5) 中央丘陵帯の東縁を、レビル川が流れ、西縁をガラス川が流れる。両河川は、蛇行しているのはもちろんであるが、マクロ的にみた流路方向はM方向をなしている。

(6) ケラントン川は、多数の支派川配列分布が複雑で分水界の明瞭でないところも珍しくない。また、各支川の流路方向において、ミクロ地形としてみれば蛇行が多いがマクロ地形としてみれば、M方向とそれにほぼ直交する方向との2方向群をなしている。

(7) 背梁山脈は比較的緩やかな山腹斜面をなし、山全体として穏やかな感じをもたらすものである。

5.1.2. 地 質

(1) 東部脊梁山脈ならびに西部脊梁山脈は中生代貫入の花崗岩類からなり、中央丘陵帯は、古生代末から中生代初期の堆積岩類からなっている。堆積岩類帯内には、動力変成岩や火成活動に伴う火山砕屑岩類、火山岩類の分布しているところがあり、ケラントン流域の地質構造は造山帯であることを示している。造山運動の時階は、新生地層を全く欠除していることからパリスカン造山運動期のものと思われる。

(2) 中央丘陵帯の構成地質は頁岩、粘板岩、砂岩、泥岩等、砕屑岩類が主となっているが、造山運動を反映して次のような非砕屑岩が分布している。

① タフ変成岩

タナメラ付近からクアラクライ南方付近まで、ケラントン川及びレビル川の左岸に南北60 km、東西10 kmにわたり、帯状に分布している。タフ変成岩は、低変成岩の片岩からなり、緑色を呈することが多く、層理、片理方向はM方向を基本としている。

タフ変成岩は上記域に集中分布しているが、上記域以外でも花崗岩類に近接したところで断片的に分布している。

② 珪 岩 類

チャート、ホルンフェルス、珪質砂岩等を珪岩類と称する。珪岩類は、中央丘陵帯北部にやゝ広域に分布する他、レビルプロジェクトダム計西域付近にやゝ狭域に分布している。

③ 火山砕屑岩類

火山砕屑岩類は、凝灰岩、凝灰角礫岩、集塊岩、熔岩等からなり、酸性岩質から塩基性岩質まで存在している。中央丘陵帯の両側縁に、花崗岩帯に沿った状態で分布している。

④ 石 灰 岩

タフ変成岩帯の南方域、中央丘陵帯のほぼ中央に、南北方向のレンズ状をなして断続分布している。

上記の各種非砕屑堆積岩類はマクロにみれば、いずれもM方向の帯状分布をなし、第5.2章の特徴であるといえる。

(3) 地質構造

マレー半島をM方向で縦走する長大な褶曲輪の存在が推定されている。これら褶曲輪のうち、コタバルからシンガポールまで、延長500 kmを越える向斜輪は、中央丘陵帯のほぼ中央を走っている。大規模褶曲輪の並走間隔は約100 kmと幅広であるので、ケラントン流域

の地質構造は、コタバル～シンガポール向斜軸（仮称）に支配されている。事実、当域内で目立った剛褶曲構造は、タフ変成岩帯中に1本の背斜軸があるので他に存在せず、ほとんどの地域では、地層は向斜軸に向って傾斜している。ただし花崗岩体の隣接帯においては、地層傾斜が急になったり不規則な方向を示すことがある。ケラントン流域の地質構造においては、M方向に走る長大な向斜軸が支配し、微細な褶曲構造の発達が悪く、ほとんどの地域が単斜構造をなしていることは地質構造上の顕著な特性である。

ケラントン流域全体についてみると、断層または破砕層の存在は稀であるとみられる。幅数10cm、延長10～20mほどの、小規模断層は、ところどころに存在しているがいずれも再岩化して古い地質時代に断層の形成されたことを示している。これら微小断層とは別に幅10m以上延長数kmに達する大規模断層は、ケラントン流域内では、ごくまれにみられるのみでその代表例は、中央丘陵帯の東縁、すなわち、花崗岩帯と中古生代堆積岩類との境界部に南北又はM方向に分布しているものである。上記の大規模断層は、レビル川の右岸に沿って分布しているので「レビル断層」と仮称する。

レビル断層に関しては、次章、レビル川沿いの地形、地質において詳述している。

レビル断層は、M方向に延長60kmにわたって断続分布する長大な構造性断層であるが、現地踏査の結果では、断層の地形的示現度は低く、直視できる断層又は破砕層にあっては幅が10m程度のものが多い。アルプス造山帯でしばしば見受ける大規模断層にくらべれば、規模のはるかに小さいものである。

マレーシア連邦地質調査所作成に係る1/50万地質図（1973年第7版西マレーシアの地質図）によれば、ケラントン流域では、レビル断層の他、石灰岩地帯にも若干の断層が引かれている。これらの大規模断層群については航空写真リアメントから断層存在を推定したものも含まれ、断層存在の有無、断層の規模、性状、活動性などに関して不明なところが多い。

5.2 レビル川流域の地形、地質

レビル川沿いの地形、地質に関し、基本的、大局的には前述したケラントン流域の地形、地質が貫かれているのはもちろんである。

本章では、レビル川沿いで、その支川のベック川からチャーリー川まで約20km区間について、より詳細に述べる。

5.2.1. 地 形

(1) 当地帯の地形は、山体の標高や起伏の程度によって丘陵帯、山地帯に2大区分され特に、丘陵帯は、さらにドーム山体、台地、河岸段丘、河川敷に細分される。(図5-2参照)

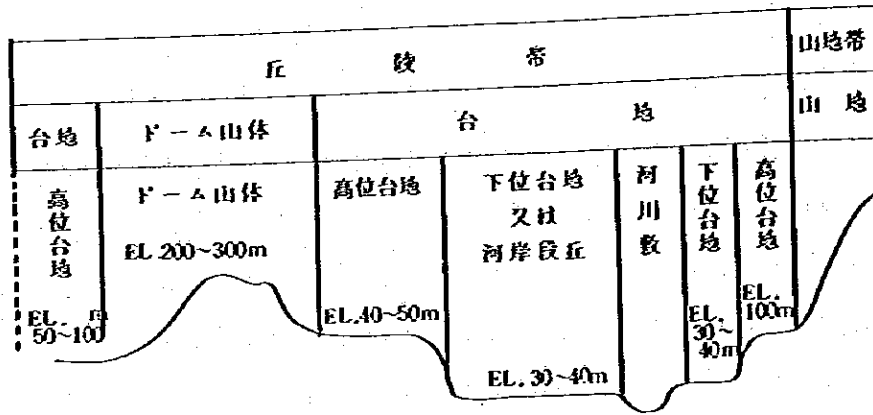


図5-2 レビル川流域地形模式断面図

- 図注 1. 下位台地と河岸段丘は同一面である。
2. 河川敷に小規模下位河岸段丘が存在する。

河岸段丘(下位台地)は、レビル川沿いに、ほとんど連続分布しているが、河岸段丘の形成されていない箇所が若干ある。

河岸段丘は、台地にくらべ、一段階低標高を示すものであるが、台地がレビル川に接し台地縁辺部が浸食作用により平頂をなしたまま地表面標高の低下しているところでは、台地と河岸段丘は地形上に、同一のものとなる。

丘陵帯と山地帯との地形概要を表5-1に示す。

表5-1 レビル川域地形対比

	丘陵帯	山地帯
分布域	レビル川右岸約2kmから左岸一帯丘陵帯は、西部脊梁山脈まで連続する。	レビル川右岸約2km以東。
標高	ドーム山体 100~300m 台地 20~60m	100~500m
地形特性	ドーム山体、台地からなる。起伏が多い。	山脈をなし、平坦地がない。地表面起伏は比較的少ない。
支派川の曲流状態	第1、第2支派川いずれも曲流が激しい。	第1支派川は延長大で曲流するが、第2支派川は延長小で直流する。
地質	すべて 中古生代堆積岩類	ほとんど花崗岩類。一部は、中古生代堆積岩類。
土地利用	集落、畑地、ゴム園、林地	林地
備考	中央丘陵東縁帯に位置する。	西部脊梁山脈西縁帯に位置する。

- (2) 丘陵帯内では、河川の本川および支派川すべて河床勾配が1/1,000以下で、きわめてゆるやかである。
- (3) 丘陵地帯内のドーム山体と山地帯の山体とは、同一標高帯に位置していても、山体の起伏、斜面構成、山体の連続性を総合すれば、容易に地形を区分することができる。またこの区分は、航空写真によれば一目瞭然である。
- (4) 丘陵帯の地形特性として、標高60m前後の台地と標高150~300mのドーム山体とが連続分布していることがあげられ、この地形特性がダム貯水効率の増大に資する反面、幅ダムの築造を余儀なくせしめるなど、ダム建設計画に種々の影響を与えている。
- (5) 地すべり、山くずれ、崖くずれおよび土石流等地表変動に基づく地形は、全くといえる程度に存在していない。ただし、台地縁辺部で表流浸食によるガリが稀に存在している。
- (6) レビル本川沿いに『ジャラム』と称する急流があるジャラムは、ラロック村から下流では全く存在せず、サム川からチャリル川までの区間にやや密に分布しており、ジャラム・パンジャンおよびキヤック地点はジャラムに位置している。

ジャラムでは河床岩が広く露出している。

- (7) 洲はレビル川本川の極端に曲流するところに稀に形成されることがあり、レビル川は極端な勾配で蛇行する大河川の割には洲の形成は貧弱であるといえる。河川本は、河川敷の全幅にわたり流れているのはもちろんである。

河床形状からみれば、ジャラムの河床岩や洲のあるところは例外的であるといえる。

- (8) トワランダム地点の左岸山体や、ジャラム・パンジャンダム地点の左右兩岸山体の山腹または山頂部に、ごくゆるい勾配を有する小規模平坦地の形成されているところがある。この山腹小規模平坦地は上記以外にも若干数みることができ、分布密度が高いとはいえない。(2) また、この山腹小規模平坦地の形成機構に関しては目下不明である。

5.2.2. 地 質

(1) 地形と地質との関係

地形と地質は相関性の高いものであるが、当該においては次の諸点において地形と地質の相関が認められる。

- ① 山地帯は、花崗岩からなり、丘陵帯は中・古生代の堆積岩類からなっている。山地帯と丘陵帯における地形上の差異は、花崗岩、堆積岩類の岩石性状と地殻運動における差異の反映したものである。
- ② 丘陵帯の地形は、浸食輪廻の立場からみれば老年期に位置しているとみられる。このことはアルプス造山運動がなく、中生代に陸化したまま、現在まで地表浸食が継続されたこととみられ、地史と符合するものである。
- ③ レビル川沿いに、火成活動による火山砕屑岩類や火山岩の分布しているところが少なくない。

これらの岩石は、砕屑性堆積岩類に比し、岩石性状も形成地形にも差異の生じるのが普通である。しかし、レビル川域では、上記両岩種帯別の地形差異はほとんどみられない。

このことは、砕屑性堆積岩類と火山砕屑岩類とは一連の時期に形成され、互層をなし、地層形成以後の変成作用により両岩種の岩石性状の同一化がみられる地質特性と符合するものである。

- ④ ジャラム領所では、河床岩が相当広範囲に分布したり、河床側壁での岩露頭状況が良好なものとなっている。また、河床岩の侵蝕面は、曲面が形成されるのは稀で鋸歯状に侵蝕ができやすく、巨角礫を生産しやすい。この特有の岩は、きわめて堅硬であること、単層厚が20 cm以上の厚さを有するような条件下に発生するもので、頁岩のところでは形成さ

ない。

シヤラム個所の分布岩石には、ホルンフェルス、集塊岩、珪岩等がひんぱんに存在し、それらは東方に隣接する花崗岩帯貫入あるいは火成活動と関係あるものである。

- ⑤ レビル川の本川、支派川いずれの流向もマクロ的にはM方向とそれに直交する方向との2方向群からなる。M方向は地層の走行と一致しており層理構造に直接対応して、地表浸食抵抗力の強弱がおこるものとみられ、この意味から、地質構造と河川流路方向とに関係がある。

(2) 分布岩石の種類、性状

当域に分布している岩石の種類は、地角斜性砕屑堆積岩類に加うるに火成活動および変成作用の影響によって、多種に及んでいる。特に、火山砕屑岩類の介在によって分布岩石種類を細分類すれば多種類におよぶほど多様化している。当域に分布する岩石種類は、表5-2に示すとおりである。

なお、岩石種類は、通常、表5-2の小分類欄をもって、表現するものであるが、この報告では、必要に応じて大又は中分類をもって表現していることもある。

表5-2 レビル川中流域分布岩石分類(□は多産岩石)

大分類	中分類	小分類
堆積岩類	砕屑岩	□頁岩 粘板岩 砂岩、泥岩、礫岩 珪岩
	火山砕屑岩	凝灰角礫岩 □火山礫凝灰岩 □凝灰岩
	化学的沈積岩	□チャート
変成岩類	動力変成岩	緑色片岩
	接触変成岩	ホルンフェルス
花崗岩類	花崗岩	□花崗岩

表5-2に示した岩石の分布特性は次のとおりである。

- ① 大まかに云えば、花崗岩類は山地帯に、堆積岩類および変成岩類は丘陵帯に分布してい

る。なお山地帯の山腹、山麓に花崗岩に押し上げられた状態で堆積岩類の分布しているところがある。

② 小範囲に分布している箇所を含めると火山砕屑岩は比較的広範囲に分布しているといえる。1/50万マレーシア地質図で堆積岩分布域内にも実際には火山砕屑岩が相当ひんばんに分布している。

③ 表5-2の小分類欄で示した13種の岩石種類のうち、比較的広範囲にまとまって分布しているものは、表欄中に枠囲した頁岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩、チャート、花崗岩の5種である。

④ 緑色片岩は、キヤック付近に稀に、かつ小範囲に露出するのみで、他域には分布していない。これに比し、ホルンフェルスはレビル川本川沿いに相当ひんばんに露頭する。

表5-2に示した岩石の性状特性は次のとおりである。

① 砕屑岩と火山砕屑岩は地質的同期に、一達に堆積したものとみられ、両岩類は互層したり、凝灰質砂岩、砂質凝灰岩の例のように両岩類の中間岩種のもの存在が稀でない。

② チャリル川以北には、火山砕屑岩域であっても熔岩は存在しない。域内に分布する火山礫凝灰岩または凝灰岩は岩化作用が進み、堅硬緻密であるため、岩石の肉眼観察によれば、安山岩、または安山岩質熔岩と誤判しやすいが、岩石薄片の顕微鏡観察によればそれらは熔岩、岩脈、岩床としての火山岩ではなく、火山砕屑岩の一種であることが確認されている。

③ 砕屑岩類であっても、ほとんどの岩石種にわたり珪化作用が進行していて堅硬緻密になっている。

④ 火山砕屑岩は、新鮮である場合、相当堅硬緻密であり、この傾向は凝灰岩についてもいえる。ただし、凝灰岩は風化作用により軟質化する傾向が強い。

⑤ 火山砕屑岩は、石英安山岩質のものが多く、酸性岩であって、塩基性岩はきわめて稀である。

⑥ 岩構成物に凝灰岩が含まれている場合、その岩は全体として薄い青緑色を呈することが多い。青緑色の他、薄褐色を呈しているものもある。

⑦ 緻密には異種の岩石であっても、肉眼観察では区別し難いもの、あるいは、分類基準に応じて異なった岩石名を与えられるおそれのあるものが少なくない。この意味での異種名同質岩の例は、次のケースにひんばんに表われる。

頁岩 — 粘板岩

- 凝灰岩 —— 火山礫凝灰岩
- 凝灰岩 —— 凝灰質砂岩
- 片岩 —— 凝灰質頁岩
- ホルンフェルス —— 珪岩 —— チャート
- 礫岩 —— 凝灰角礫岩

上記ケースのように、異種名同質岩が多いのは、岩石学的には異種岩であるが、岩石強度の面からみればすべて硬岩であって大差のないことを示すもので、このことが、レビル川域岩石性状にみられる特性の一つである。

(3) 岩盤露出状況

新鮮岩または新鮮に近い岩石は、河床側壁およびジャラム地点の河床、河床側方に良好に露出している。

山腹斜面および台地表面は、原則として強風化帯が全面カバーしているが、弱風化帯としての軟岩（風化によって軟質化している。）は、道路カット面や沢側壁に相当ひばんに露出している。


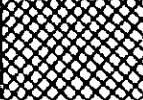
(4) 基盤岩風化態様

基盤岩の風化態様は、レビルプロジェクトダム建設にとって基盤岩の岩石学的性状に優るとも劣らぬ重要な意味をもっている。当域の基盤岩風化に関する要点は次のとおりである。

- ① 基盤岩風化帯は強風化帯、弱風化帯の2層構造として認識するのが実用に富む。弱風化帯は軟質岩層と硬質多キレッツ岩層とに2大別される。強風化帯の厚さは、地形と構成岩石種類に対応して差異をもたらす。

上記の基本的風化態様一覧を次に示す。（表5-3参照）。

表5-3 基盤岩風化態様一覧

大区分名称	模様	小区分名称	層相	弾性波速度 km/sec	記事
岩風化帯		強風化帯	粘土、レキ混り粘土	0.3~0.5	
		弱風化帯 軟質岩層又は 硬質多キレッツ 岩層	軟岩 粘土混り岩片	0.5~2.0	
岩新鮮帯		新鮮帯	硬岩	2.5~5.0	非開裂クラック岩は新鮮岩に含む

- ② 強風化帯、弱風化帯それぞれの厚さは、斜面域平坦域などケースバイケースで差異を示すが、両帯を合計した岩風化帯の厚さは当域全域を通じて差異が少なく、ほとんどの地域で約15m、キヤツクの例のように平坦面の特に広大なところで、約25mである。なお上記厚さは、地表地質踏査、ボーリング調査、弾性波探査の諸結果を総合したものであり、単なる推定値でない。
- ③ 地表面が平坦またはごく緩斜面をなしているところでは急斜面帯に比し風化帯がより厚くなる傾向がある。
- ④ 山腹斜面において、強風化帯厚は通常5m以内であって特に厚いものと言えない。
- ⑤ 強風化帯は、ほとんどの地域でラテライト化作用を蒙っている赤色系粘土なるも、色状には橙系と桃系の2種がある。
- ⑥ キヤツク地点やトワラン集落地点の例のようにレビル川本川直沿いで台地面の特に広大になっているところは、風化帯が厚く、特に風化帯内での強風化帯厚さのウエイトが高く本域全体のなかで特異な風化態様を呈していると思われる。
- ⑦ 火山砕屑岩の弱風化帯は軟質岩層となるので岩クラックは発生せず他方岩構成物が相当コンパクトのまま保持され、非透水性地層を形成している。これに反し、チャートやホルンフェルスのように特に硬質な岩石にあつては弱風化帯として硬質多キレツ岩を形成しやすく、当層では半透水性となっていることがある。なお、上記地層の透水性は、ボーリング孔内水位にも反映されている。
- ⑧ レビル断層沿いでは、風化帯が若干厚くなる傾向がある。

(5) 被覆層(第四紀層)

レビル川本川沿いの被覆層の分布形態は、一般の河川の場合にくらべやや複雑である。

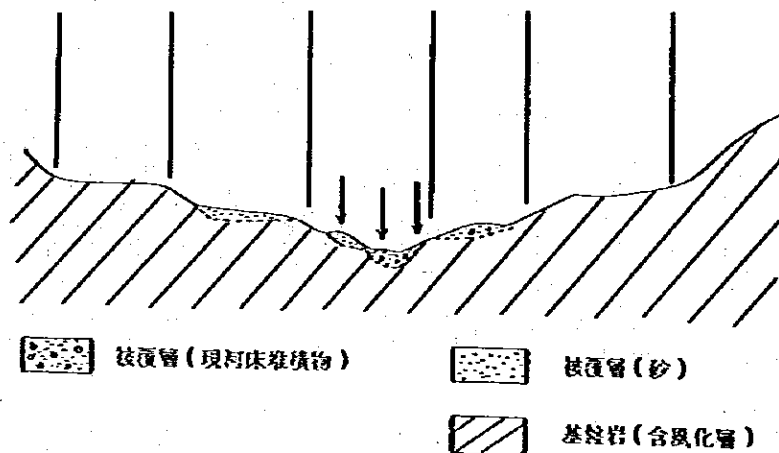


図5-3 レビル川沿被覆層分布位置概念図

図5-3に示すように被覆層は現河床堆積物と低位台地河床脇段丘堆積物とに2大別される。

図5-3に示したのはレビル川の代表的模式横断面図であるがレビル川沿いにこの模式の適用される区域が多い。台地は、丘陵帯内台地の一部であるのももちろんであるがレビル川本川近傍では標高40~50 mの高位台地と標高30~40 mの低位台地の2段に分かれ、低位台地は現世の大洪水時に冠水することがある。河床脇段丘は現河床面から数m上位にあり、現世の河川流水の影響をしばしば蒙るもので規模は小さく、断続的に散在する特徴を有している。高位台地の地表面は、ほとんどの地域で岩強風化帯がカバーし、まれに崖錐や支派川による流出土砂がカバーしていて原則として高位台地面上に被覆層は存在しないといえる。

被覆層は低位台地以下に堆積するものであって、低位台地、河床脇段丘堆積物は沖積層とみられる程度の均一でルーズな中粒砂からなっている。低位台地にはこの沖積砂が、ほとんど全面にわたってカバーしているが、沖積砂を欠くか、きわめて薄くなっている箇所も稀でない。岩強風化帯と沖積砂とは風化作用の結果一見区別し難い場合もあるが、岩強風化帯では、層理構造をわずかに残していること粘性がやや高いこと、色状の一定していないことなどの微妙な差異に依拠して一般に区別可能である。

低位台地堆積物(沖積砂)は、全域にわたり厚いものでなく数m~10 m厚と推定している。河床脇段丘堆積物の厚さは5~6 mである。低位台地、河床脇段丘堆積物は礫が皆無で、層理を有しない砂からなる特徴ある層相を有している。

現河床堆積物は主に砂からなり、礫は砂に比しはるかに少ない。礫は洲の形成されるところなどに部分的に分布し卵大拳大以下の小サイズのもので巨礫はない。ただし例外的にシャラム・パンジャンダムサイトの左岸下流河床に、径1 m前後の巨大角礫の集積分布しているところがある。この巨大角礫は原地性のもので厳密には現河床堆積物といえない。

現河床堆積物の厚さはボーリングで確認していないが地表地質踏査弾性波探査結果を総合して、おおむね5~6 m、深いところで10 mまでと推定できる。洪積世地層は確認までにはいたらないが、存在していない模様である。

(6) 地質構造

(6)-1 地質構造概略

レビル川域の地質構造は、N方向の帯状構造に支配されているので、東西方向の地質構造断面をもって概略を示す。

(図5-4参照)

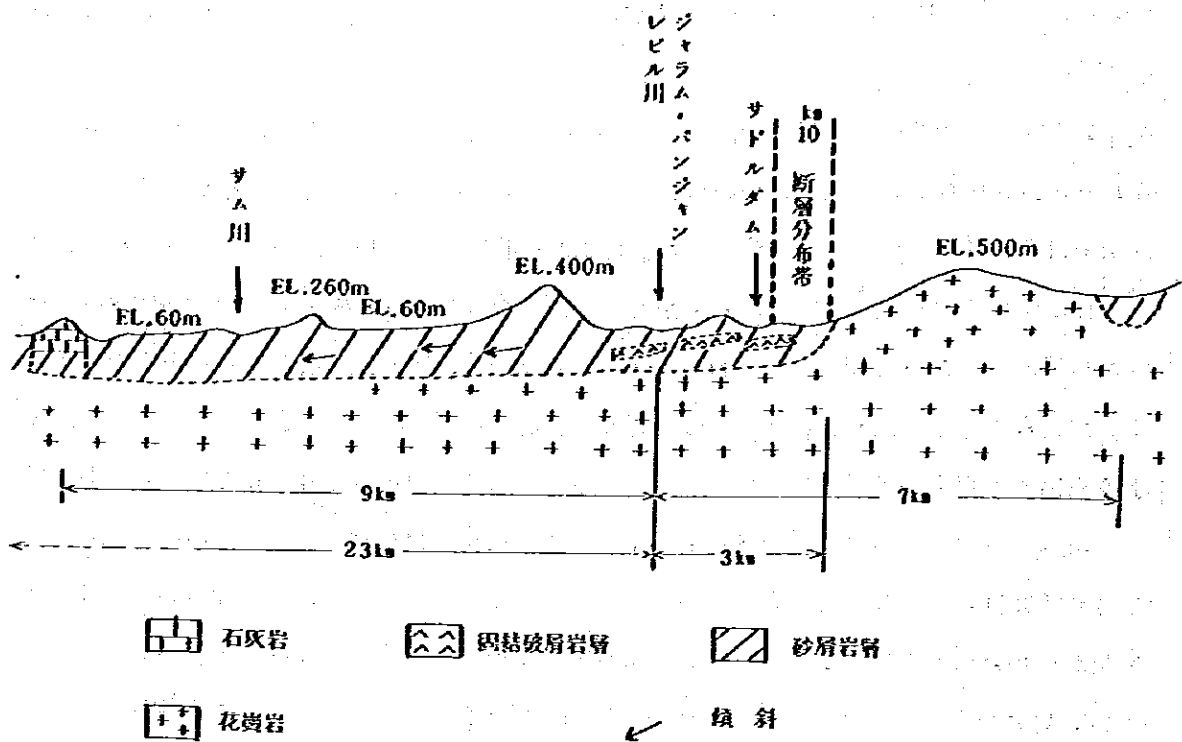


図5-4 レビル川横断地質構造概念図

図5-4に示されている地質構造の要点は次のとおりである。

- ① 基底をなす花崗岩の上に、中、古生代堆積岩類が乗っている。
- ② 中、古生代堆積岩類は、丘陵帯に位置し、標高60m級の台地と標高200~400m級のドーム山体を形成している。

なお、レビル川東方約7ksを越えて花崗岩帯中に丘陵帯におけると同類の堆積岩帯があり、当岩帯の分布標高は丘陵帯に比し、全般に数10m以上上昇している。

- ③ 中、古生代堆積岩類は、大部分、頁岩等砕屑岩で構成されているが、レビル川と花崗岩帯の間、2~3ks幅区間には、造山運動の一環として、火成活動にもとづく火山砕屑岩や変成作用にもとづくホルンフェルスが分布し地質構造の多様化をもたらしている。他にレビル川から約80ks西方に至ればM方向を有する石灰岩帯が分布する。

上記の砕屑岩、火山砕屑岩、石灰岩は、地向斜時代に一連に生成されたもので、不整合関係にあるわけではない。

- ④ 花崗岩帯と堆積岩帯の境界面から西方約1ks幅区間は、断層多存地帯ともいえるもので、他の地帯に比し規模の大きい断層がやや密に存在している地帯である。これらの断層群は、

破碎層の幅は10～数10mで延長1～1.5kmほどの規模をもちM方向を有している。断層多存地帯のなかでも破碎されていない良岩帯を容易に得ることができる。

なお、レビル断層に関する詳細は別項で述べる。

(6) 2 地質構造に関する特記事項

① 褶曲軸は、レビル川から9km西方に位置する副背斜面（M方向）がやや長大なものとして存在する他、域内に図示し得るほど大規模なものは存在していない。また、微褶曲構造のみられないのが特徴であって、ほとんどの区域で西側で西側傾斜した単斜構造をなしている。

② 層理構造は、砕屑岩においてはもちろんのこと、火山砕屑岩においても相当顕著にみられる。

③ 層理は走行がM方向、傾斜は西傾斜が支配的であるが火山砕屑岩のところでは、 $N30^{\circ}E$ 、 $50\sim 60^{\circ}S$ を示す区域が多い。

また、レビル川から花崗岩帯にかけて、地層傾斜度が $50\sim 60^{\circ}$ から直立まで急傾斜する傾向が認められる。

④ チャートや固密化した火山礫凝灰岩のように硬質な岩石にあつては層理面平行およびそれに直交方向の2方向群に卓越した節理の発達が顕著である。

⑤ レビル断層群とは別に、堆積岩層中に幅10～20cm 延長数mの微小断層がある。これらの微小断層は数10mおきに1本みられる程度に疎に分布し、かついずれも再岩化作用を蒙り、岩硬さは側縁健岩に近く、断層粘土をはさんでいない。

(7) レビル断層

(7) 1 レビル断層に関するデータ

レビル断層に関してわれわれの地質調査、解析によって得られたデータは次のとおりである。

レビル川沿いに、右岸の花崗岩地帯から、左岸の堆積岩類までの区間の範囲での空中写真から得られたリニアメントの概況は次の①～⑤のとおりである。（図5-5参照）

① 花崗岩と堆積岩の境界から、堆積岩域内約1km幅の区間に、リニアメントがやや密に分布している。花崗岩地帯内および上記両地層の境界面上にはリニアメントはごくまれに存在する。

② リニアメントは、空中写真での示現程度に応じて、「明瞭リニアメント」および「不明

隙リニアメント」の2つの群に分けられるが、この明隙、不明隙は相対的なものであって、明隙リニアメントといえども顕著に示現されているわけではない。

- ③ 明隙リニアメントは、1~2本と、少ないが、延長距離は2~6kmとやや長く、南北方向（M方向よりは南北方向に近い。）に走る。

また、明隙リニアメントの末端は、急に消滅する場合と、リニアメント延長上が不明隙リニアメントに変じた後、漸次消滅する場合とがある。

不明隙リニアメントは、延長1kmほどのものが多く、分布密度がやや高くなり、方向はN-SならびにNE-SWの卓越した2群からなる。

なお、NE-SW方向の不明隙リニアメントは、主に火山砕屑岩帯中に、等間隔で配列するものが多く、方向は、火山砕屑岩の層理面走行と並行している。

- ④ 明隙リニアメントと不明隙リニアメントとの切断被切断関係は、相互に切ったり切られたり、或いは交叉することがあって一定の傾向を認め難い。

- ⑤ リニアメント分布状況と地表地質踏査結果を総合してみるに、明隙リニアメントは断層、不明隙リニアメントは、地層の差別侵蝕地形の反映したものである。

レベル断層に関する地形、地質は次の①~③のとおりである。

- ① 現地での地形観察結果によれば、花崗岩帯と堆積岩帯との境界部には、連続崖が存在せず、境界面を精密におさえることは困難である。ただしベック川とジャラム・パンジャンサドルダム地点との間の丘陵帯はドーム状山体が数100m間隔で密に配列し、台地面をほとんど欠くなど丘陵帯内でやや特異な地形を呈している。このような特異地形は、ジャラム・パンジャンからチャリル川までの区間にはみられないものである。

ベック川の麓（カンボンラロックから3km東方）南方からジャラム・パンジャンサドルダムまで延長4kmを越える明隙リニアメントがあり当リニアメント上で直視できる断層露頭の状況は次のとおりである。（図5-6参照）

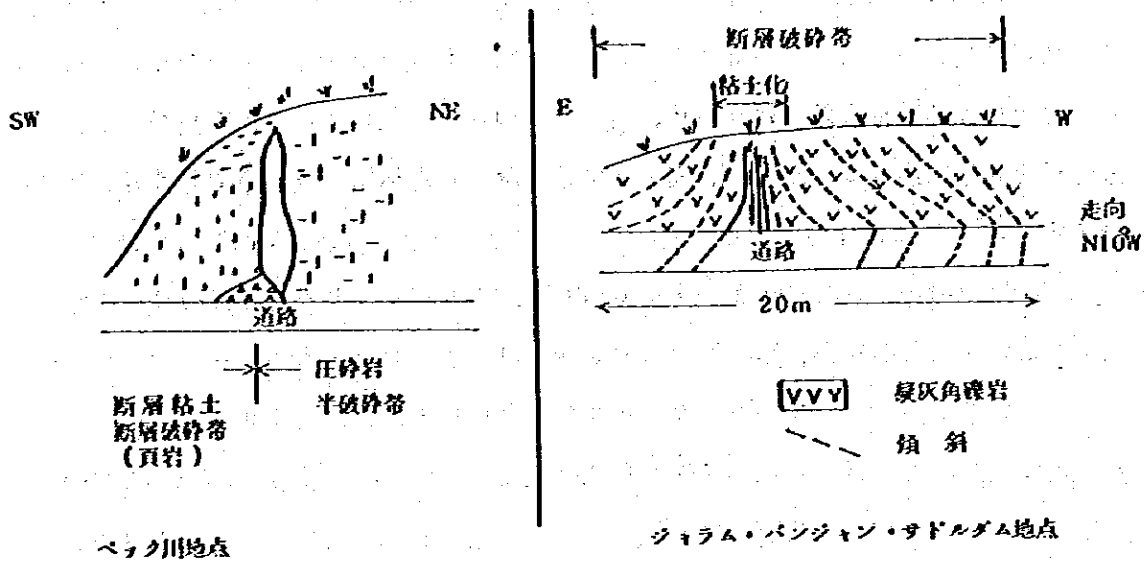


図5-6 断層露頭状況のスケッチ

ベック川右岸道路カット面の断層は断層粘土が不明瞭でN30°W、85°W方向の顕著な断層鏡肌があり、そのNE側が圧砕岩となっている。

破砕層の幅は、4 m以上(4 m以上は表土で覆われている。)ある。

ジェラム・バンジャンサドルダム地点での断層はNo1サドルダムからNo2サドルダムにいたる坂道カット面に露頭するもので、構成地質は層理構造の顕著な凝灰角礫岩、凝灰質礫岩からなっている。

層理は、図示のように、断層中心に向って55°から90°にまで急激に変化する。断層のごく近辺においても層理構造、岩石構造は良好顕著に残され若干程度破砕作用を蒙っている。軽微な被破砕部分も含めて破砕層の幅は20 mである。なお、断層中心域には、断層鏡肌は形成されず、断層方向はN10°Wと計測できた。その他、当断層帯には10~20cm厚の石英脈が併入し、岩風化がより進行している特徴が認められる。また断層線に沿って全般地形が溝状に凹んでいるわけではない。上記2地点の直視断層は明瞭リニアメントに沿って幅10~20 mの断層が軽微な破砕層状態として存在していることを示すものである。

- ② ベック川にある滝は、上記断層と位置上関係があるかにみえるが、当滝は、上下流延長500 m、比高50 mほどの花崗岩急斜面であって、花崗岩体の縁部が露出したに過ぎず、

断層帯でないことが確認され得る。

- ③ ベック川ならびにデベック川は、レビル断層と交叉する機会が多く、かつ、河床での岩盤露出状況は良好であって、レビル断層の実態解明に有益なフィールドであるが、当フィールドでの地表地質踏査結果によれば、良好岩盤の連続露頭しているところが多く、顕著な破砕層を発見し得ない。ただし、表土や崖錐で覆われた箇所が破砕層である可能性は残されている。
- ④ レビル断層沿いに、地すべり、山くずれ等は全くといってよいほど存在せず、他方、三角末端面、流路群の定向、屈曲等の現象もみられない。
- ⑤ レビル断層帯内において、道路カット面が少なからずあり、そこでの地質踏査結果によれば、微少な断層、破砕層がまれにみられるほどで、かつ、断層ズレ距離のないものばかりである。
ダムサイトに相当距離に及ぶ弾性波探査が施工されたが、その解析結果によれば、ジャラム・パンジャンソドダムでの例のように、レビル断層位置付近では縦方向低速帯がやや密に分布している。
- ⑥ レビル断層付近では洪積世以後の若い地層が存在していないので、地質露頭からするレビル断層発生時期が新期のものか否かの確認は非常に困難である。
- ⑦ レビル断層付近では、岩風化帯より厚くなる傾向は認められるが、ボーリング調査によれば地表面下約25 m深で破砕されていない健岩の存在していることが確認されており、大規模な断層または破砕層の存在に否定的である。
- ⑧ 過去の地震発生経緯によれば、インド支那—マレー半島—ボルネオ島地方に、大地震は皆無であり、当地方は地震帯から外れているとみられる。

(7)-2 レビル断層の地質的考察

上記したデータにもとづき、レビル断層に関する存在の有無、存在位置、性状、活断層としての活動性について次のような地質的考察を行なう。

① 存在の有無

空中写真によるリニアメントの存在、リニアメント上での断層露頭確認ならびに造山帯において貫入花崗岩近縁の被覆層中に断層が多いとする構造地質学の知識に妥当することから、レビル断層は存在する。

存在位置

花崗岩帯と堆積岩との境界面から堆積岩側へ1.0～1.5 kmの幅を有する帯内に位置してい

る。レベル断層帯全体方向はM方向であるが、個々の断層は、M方向から南北方向まで変化する。また、レベル断層帯内に、レベル断層が全面的に存在するものでなく、レベル断層帯内に1~2本存在している。

② 規模、性状

断層側縁の破砕層まで含めて、断層幅は約20m、延長は数km以下である。延長数km以下の断層が、断続又は雁行しながら数10kmにわたって分布している。

断層粘土がなく、被破砕の程度が軽微であり、リニアメントが明瞭といえないことから、断層分布は長距離にわたるが、大規模、強烈なものでない。

③ 活断層としての活動性

洪積世以降活動した断層を活断層と定義されている。レベル断層帯付近に洪積層、沖積層が分布していないので、活断層としての存否を地質露頭から確認するのは困難である。しかしながら、三角末端面、流路屈曲、地すべり等活断層に伴う地表変動の存在しないこと、断層崖等、若い地形の示現度が低いこと、ならびにアルプス造山帯にないこと、⁽¹⁾ 地裂帯にないことなどの構造地質学の現水準知識に照らして、レベル断層は活断層でないと考えられる。

3. 各ダムサイトの地質

各ダムサイトの地質に関しては、地質平面図、地質断面図ならびに、表5-4各ダムサイト地質概要をもって示す。各ダムサイト地質概要表から読み取れるように、各ダムサイト地質は、火山砕屑岩の介在する中・古生代の堆積岩からなること、岩石種類は多いが、いずれの岩石種も新鮮部は堅硬緻密な性質を有している点において共通性があるが基岩風化状態、河谷被覆層、地形、レベル断層の影響度等の点において、相当な差異を生じている。

(図5-7~図5-11参照)

4. 土木地質的考察

(1) ダム型式、ダム築造の可否

- ① トワラシダムでは、取付山体の山腹斜面の岩風化帯が15~20mと厚いが、堤長が最短となる利点を有していること、断層等地質構造上の欠点のないことから、コンクリート重力ダム築造可能である。

(1) 日本あるいはフィリピンでは、アルプス造山運動の断続とみられる活断層が多数存在し、当地点の地形、地質は、レベル断層帯のそれと甚だしい差異が認められる。

② トワラン・サドルダムでは、基盤岩の岩質、地質構造の面からは良好であるが、左右両岸取付山体の風化帯が約20mと厚きに過ぎること、および堤長が長大であることから、フィルダムに適している。

③ ジャラム・パンジャンダムでは、基盤岩の岩質、地質構造の面からは良好であるが、左右両岸取付山体の風化帯が15～20mとやや厚く、堤長が長大となる地形を有していることから、コンクリート重力ダムも可能であるが、フィルダムの方が有利である。

④ ジャラム・パンジャン・サドルダム

No1では、右岸の台地状地形を呈している個所の風化帯が約20mと格別に厚くなっており、かつ、岩風化帯は水溶性であることから、フィルダムに適している。

⑤ ジャラム・パンジャン・サドルダム

No2では、ダム築造位置が山体核部であること、風化帯が25mときわめて厚く、ダムサイトとして、他地点に比し問題の多い条件を有している。低ダムの割には築造経費の増高を前提として、フィルダム築造可能である。

⑥ キヤツクダムでは、堤長のきわめて長大となる地形的欠点を有しておる他、左右両岸平坦地域地質のダムサイト基盤としての利用について慎重な検討を要する。

左右両岸平坦域は台地であって、岩風化帯が25mほどの厚さで全面的に存在しているが、この岩風化帯をダム基盤として利用することを考えねばならず、フィルダムが辛うじて可能である。

(2) 材料採取場

① 基本事項

ダムサイト周辺域における材料採取場の位置、採取材質、採取可能量に関する基本的な考え方は次のとおりである。(表5-5参照)

表5-5. 材料採取場

位置	材料	採取可能量	特記事項
ドーム山体	石、土混り石	多	石材原石山はドーム山体に限る。土混り石は風化帯。
台地	高 位	土混り石、粘土	ジャラム・パンジャン地点で多産。
	低 位	粘土、砂	キヤツク地点では、特に多産。
河床	砂 礫	少	現河床堆積物の厚さは5～8mと推定される。

② 地質的考察

- a 材料採取場の地質は、砕屑岩と火山砕屑岩とからなり、火成岩は含まれていない。砕屑岩と火山砕屑岩とは、新鮮岩部分では、いずれも堅硬緻密で塊状に近い性質を有し、築堤材料材質の観点からは大差がない。しかし、岩風化帯においては、材質に相応の差異をもたらすことに注意を要する。
- b 地層が互層をなしている場合、材料採取の歩止まりの低下するのが普通であるが、当域の材料採取場の地層は互層をなしているが、各単層の岩質上の差異が少なく、歩止まり低下のおそれの低いものである。
- c 岩風化帯は、粘土から岩片まで層相の変化がやゝ激しくて、所要の目的に応じた多様な材料を得られる長所がある反面、特定域からまとめて多量採取し難い場合の生じる欠点を有している。
- d 河床砂礫は、賦存量が十分でなく、特に礫を期待し難い。
- e ドーム山体と台地との接続した条件のところでは、当域の地質性状に照らして、フィルダムに用するあらゆる材質をもった材料を得られる。

③ 各材料採取場の概要

- a トワラン：ドーム山体は原石山として好適であり、岩種は塊状を呈する火山礫凝灰岩および頁岩である。頁岩は相当珪化されていて、岩片自体は硬質化しているが片状構造があるため、大サイズの岩塊は採取できない。コンクリート骨材、フィルダム築堤材料ともに十分供給できる。
- b ジャラム・パンジャン・レビル川・原石山
ドーム山体は原石山として良好。岩種は、チャート、砂岩が主で、塊状の火山礫凝灰岩も含まれる。原石山に接続して50m×200mほどの台地面が展開していて、コア材採取に不安がない。
- c ジャラム・パンジャン・サドルダム・原石山
凝灰岩が主で、風化帯は軟質岩である。アースダムに近いフィルダムの築堤材料ならば、十分供給できる。
- d キョック原石山
台地面採取が大部分で、石材は得難く、アースダムとしての材料採取場として、質、量ともに十分である。

(3) レビル断層とダムの関係

レビル断層の直接影響下にあるダムサイトは、ジャラム・パンジャンの№1および№2サドルダムの2地点であり、他のダムサイトは全く影響圏外にあると認められる。

レビル断層は、風化帯がより厚くなっていること、規模は大きくないことおよび活断層でないことがわかっている。したがって、ジャラム・パンジャンサドルダムは基礎掘削量増大に耐え得るならば、フィルタイプダムを築造して差支えないと判断する。ダム構造に耐震設計を導入する必要はなく、断層又は破砕層部について、やや深めに掘削する程度で十分である。

表5-4 各ダムサイト地質概要

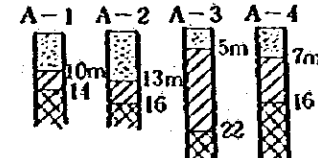
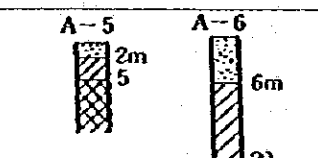
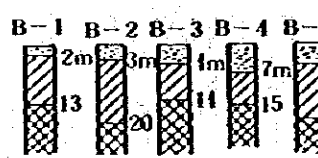
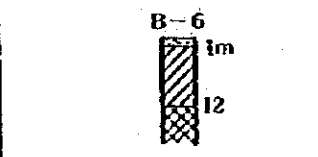
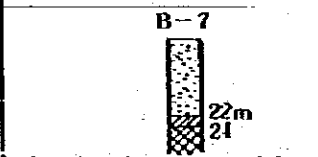
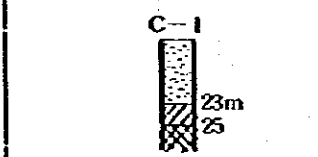
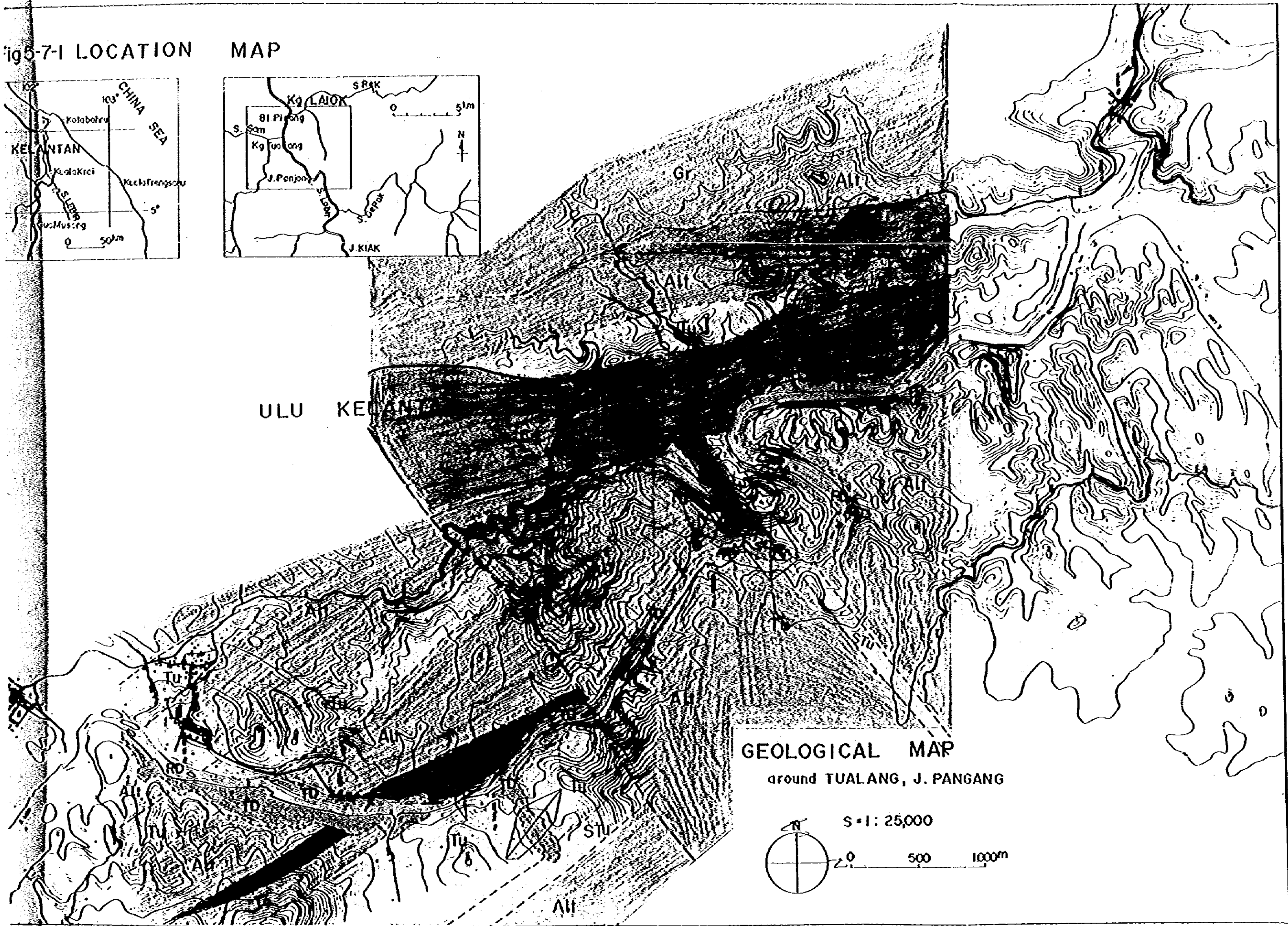
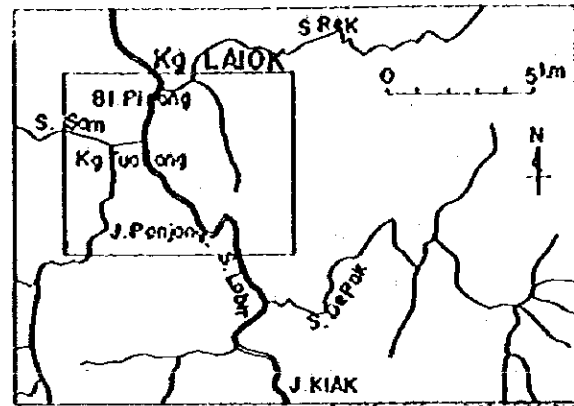
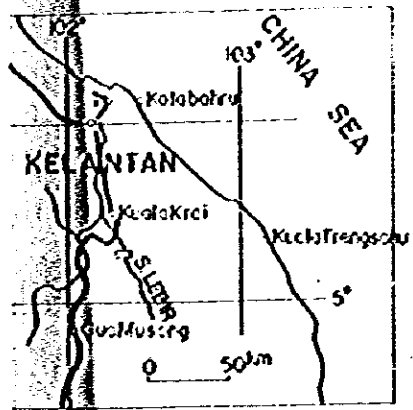
ダム	地形	基盤地質			基岩風化	河谷被覆層	地質特性	ダム型式 (満水位 EL.90m)	備考	
		岩石種類	岩石性状	地質構造						
イン トラム ダム	河床標高EL.18m左右両岸とも、河床からEL.55mまで傾斜度35°の急斜面をなす。右岸天塔付近やや肉薄、左岸は小丘状山体をなす。	凝灰角礫岩 火山凝灰岩 凝灰岩 頁岩 チャート	いずれの岩石種も堅硬緻密 火山凝灰岩は石英安山岩質 チャートは赤色を呈す。	砕屑岩と火山砕屑岩とは互斜 走向N20°~45°W 傾斜30°~60°E	 <p>岩風化帯は、A-1, 2, 3 では硬質多キレフなるも、A-4では軟質化する。</p>	厚さ3~4m(推定)の沖積砂層が全面分布 河床岩なし。	基岩新鮮は佳化され、きわめて堅硬緻密である。 左右両岸とも山腹の岩風化帯はやや厚い。	フィルおよびコンクリートダムに適す。 ただし、コンクリートダムの場合岩盤彫削深が15m以上となり、やや深い。		
	サドルダム	ダム底標高EL.45mダム底部は、幅230mの平坦地をなす。 左右両岸とも傾斜度20°の緩斜面が、単調に連続している。	火山凝灰岩 頁岩	堅硬緻密 火山凝灰岩は青緑色を呈する。	割理は、N30°Wのワレ-半島方向を有している。	 <p>岩風化帯の厚さが谷底平坦域で薄く、山腹斜面域で厚い。</p>	谷底平坦域では崖線または土砂が、ごく薄く覆っている。	谷底平坦域は、浸透作用によって形成されたものであるが、被覆層が2~3mときわめて薄い。	山腹部の岩盤深がやや深いため、フィルダムに適する。	
ジャ クム ダム	河床標高EL.26m河床幅130mとやや広い。 左右両岸ともEL.45mに河岸段丘地形を呈する。 左岸EL.100mに平坦地あり、右岸取付山は、岬状をなす。河床はジャラムをなし、河床岩広い。	凝灰角礫岩 火山凝灰岩 凝灰岩 頁岩 ホルンフェルス	いずれの岩石種類も佳化作用を蒙り、極めて堅硬であるが、クラックが若干発生する。 凝灰質岩は青緑色を呈する。	割理構造顕著 走向 N40°E 傾斜 34S 用斜構造をなす。 微小断層若干有。	 <p>山腹全般にわたり岩盤風化帯岩質風化帯の厚さ変動が小さい。河床では新鮮岩が広く露出する。</p>	河床にはほぼ全面的に岩盤露出する。沖積砂層は、3~4m厚で部分的に分布する。	河床岩が広く露出する。 左右両岸とも、山腹の岩風化帯は、ほぼ15m厚で一定値を示す。	フィルダムに適する。 コンクリートダムは可能であるが、左右両岸陸部の岩盤深が深いため不都合となる。	ダムサイト下流域では河岸段丘があるがダムサイトではごく小規模のものがあるにすぎない。	
	№1サドルダム	ダム底標高EL.45m左岸山腹は30°度のやや急斜面をなす。 右岸のEL.75mに幅120mの準平坦面がある。 ダムは、支流の分水界に位置している。	凝灰角礫岩 凝灰岩 凝灰質砂岩	石英安山岩質 岩質は淡白色を呈する。	流理または割理構造顕著で、これらは平行しN10W、55W まれに小断層あり。	 <p>岩風化帯はクラックを生せず緻密な軟質岩となる。</p>	谷底に厚さ3mほどの沖積砂の分布しているところがある。	規模の大きい断層、砕屑層は存在していない。 凝灰岩および凝灰角礫岩の風化帯はやや厚くなるがクラックなく水密性は高い。	フィルダムに適する。 右岸準平坦面の風化帯が厚いため、コンクリートダムには不適である。	ダムサイト谷底をトラック道路が走る。
	№2サドルダム	谷底標高EL.85mダムサイトは、尾根が浸食により凹地形を呈したところに位置し、河谷ではない。 ダム軸尾根は肉薄。	同上	同上	同上	 <p>岩風化帯は全般にわたり粘性土に富み厚味を増す。</p>	基盤の風化帯が露頭し、被覆層は存在していない。	ダムサイトは、山体の尾根部に位置し、風化帯が背に厚くなりルーズになっている。	フィルダム可能。 コンクリートダム不適。	ダムサイトは、レピル断層から1km離れている。
ジャ クム ダム	河床標高EL.27m左右両岸に浸食による段丘状地形が広く形成されている。 河床岩若干あり。	頁岩 凝灰角礫岩 片岩	凝灰岩質岩は、新鮮な場合、灰緑色を呈することあり。 凝灰角礫岩は堅硬緻密である。	河川中央の割理 走向はN70°W 右岸平坦域では沖積層を欠くか、またはきわめて薄い。	 <p>岩盤風化帯は粘性土となり、かつ厚層をなす。</p>	レピル本川の沖積土砂は、約10m厚(推定) 河岸段丘域での沖積砂は、欠いているか、または薄く覆っている。	左右両岸の準平坦域は基盤岩質の浸食平野であり、岩盤深は深い。 岩盤風化帯は粘性土化していても沖積層に比し堅固性は高い。	フィルダム可能。 コンクリートダム不適。	ダム軸とキョク橋とは重合する。	

Fig 5-7-1 LOCATION MAP



GEOLOGICAL MAP
around TUALANG, J. PANGANG

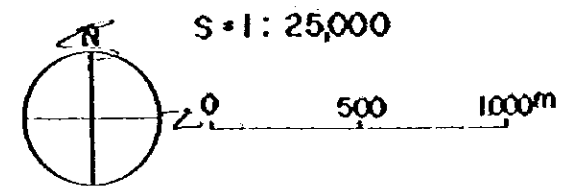
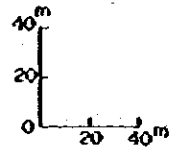


Fig 5-8 GEOLOGIC PROFILE

S = 1 : 2,000
V : H = 1 : 1



SYMBOL	Geological member	Lithofacies	Geol. Age
[Blank]	Present river deposits River terrace deposits	Loose sand, Clayey sand	Alluvium
[Sh]	Shale	Hardy Tuffaceous, Retrograde hydrothermal metamorphic	Mesozoic
[Tu]	Tuff	Pyroclastic, Dacitic, Bluish	Triassic(?)
[LTu]	Lopilly tuff	Pyroclastic, Hardy	Comformity formation
[STu]	Sandy tuff	Pyroclastic	
[Qu]	Quartzite	Like Chert, Reddish or Bluish	
[All.]	Shale and tuff alternation	Slight bedding Hardy	

Heavily weathered 20ne (Py=04 05km/sec)
 Weakly weathered 20ne (Py=08 28km/sec)
 Fresh 20ne (Py=36 53km/sec)

A, B, C, H, M, L, D: Grading of rocks for dam construction

• Natural ground water in boringholes

Predominantly bedding strike and dip are N35° W, 60° E

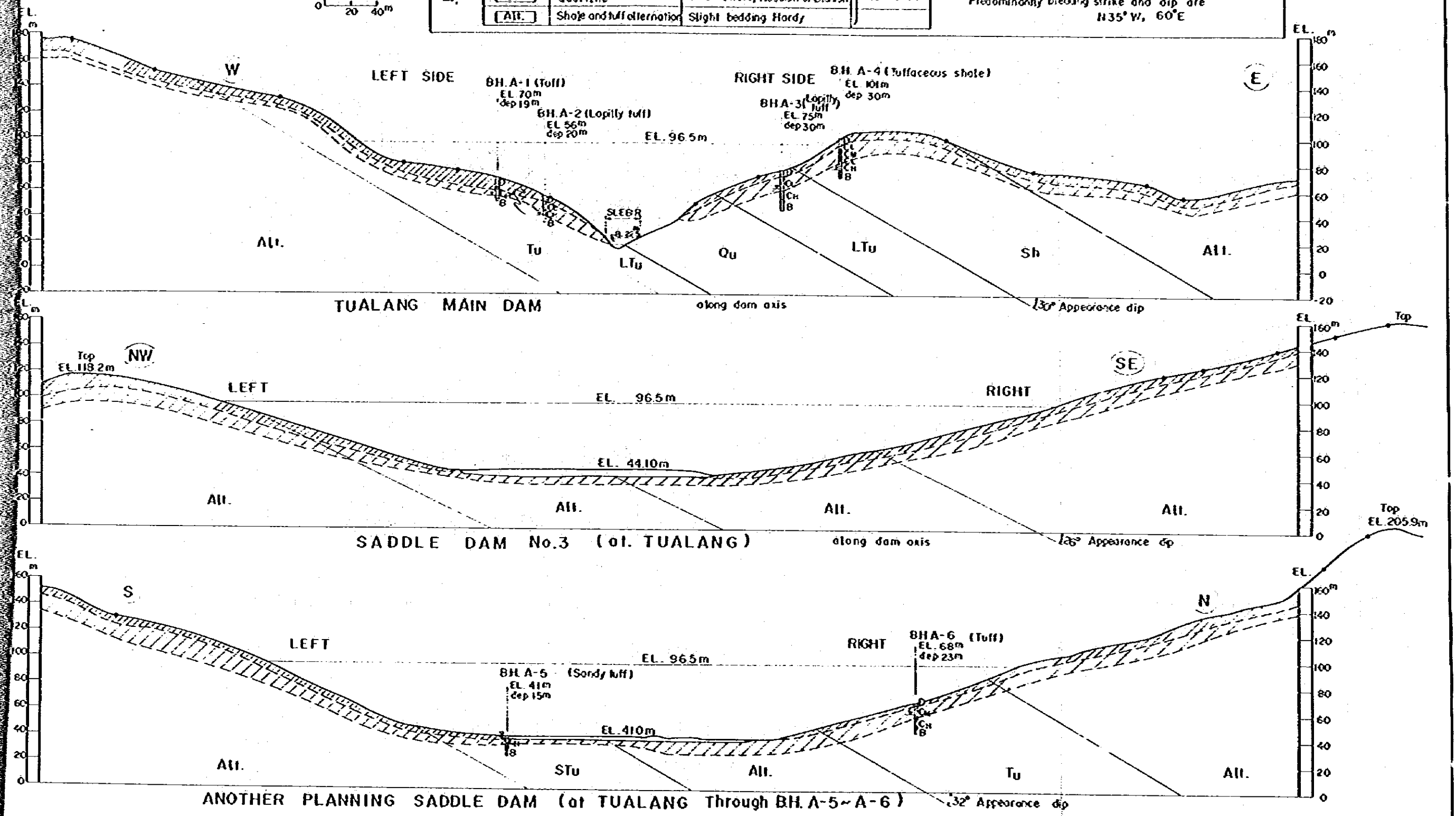
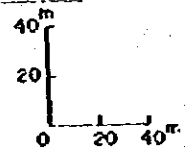


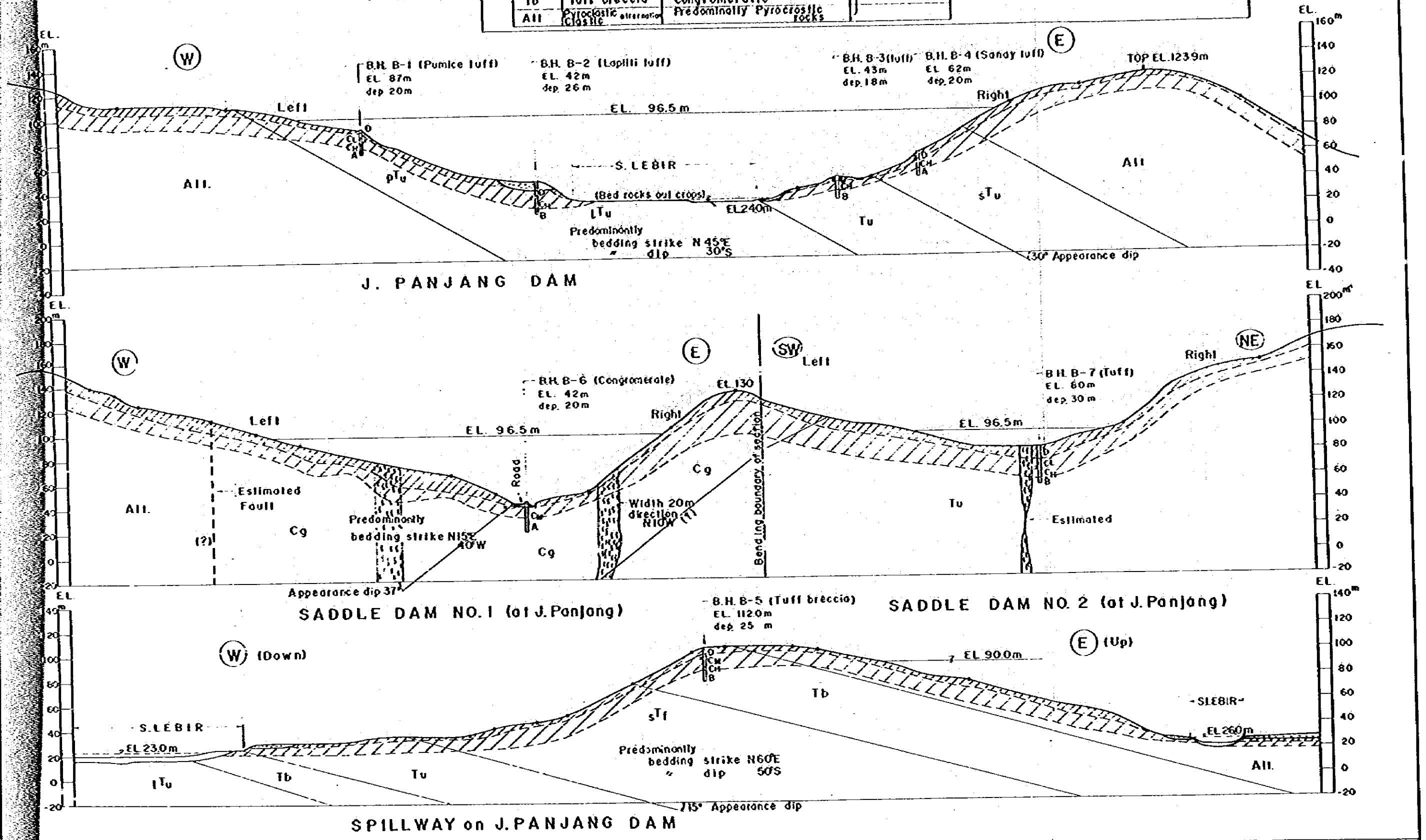
Fig.5-9 GEOLOGIC PROFILE

S=1:2000
V:H=1:1



SYMBOL	Geological member	Lithofacies	Geological age
(Dotted pattern)	Present river deposits	Loosed sand	Allivium
(Horizontal lines)	River terrace deposits	Loosed clayey sand	
Tu	Tuff	Dacitic, greenish, retrograde metam.	Mesozoic
pTu / lTu	Pumice tuff and Lapilli tuff	Dacitic, hardy	
sTu	Sandy tuff	Tuffaceous, like tuff breccia	Conformity
Cg	Conglomerate	Conglomeratic	
Tb	Tuff breccia	Predominantly Pyroclastic rocks	
All	Pyroclastic alteration		

Heavily weathered zone (Py=0.3~0.6 km²/sec)
 Weakly weathered zone (Py=12~30 km²/sec)
 Fresh zone (Py=40~50 km²/sec)
 A,B,C(II,M,L),C: Grading of rocks for dam construction
 Natural ground water level in boring holes
 Fault or Fractured Zone

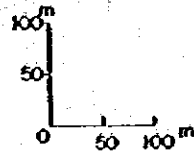


1979

Fig5-10 Geologic profile
along KIAK DAM AXIS

S = 1:5,000

V: H = 1:1



LEGEND			
SYMBOL	Geological member	Lithofacies	Geological age
[Blank box]	Present river deposits	Loosed Sand	Alluvium
[Blank box]	River terrace deposits	Soft clayey sand not seeing gravels	Alluvium
Tu	Tuff and Lapilli Tuff alternation	Hardy like Schürsteine greenish blocky	Mesozoic (Triassic)
All	Slate and shale alternation	Hardy like schist green block schistosity	- ditto -
[Diagonal lines]	Heavily weathered zone (Pv = 0.35~10 km/sec)		} weathered zone
[Diagonal lines]	Weakly weathered zone (Pv = 10~20 km/sec)		
[Blank box]	Fresh zone (Pv = 32~45 km/sec)		
[Wavy lines]	Fractured zone		
Bedding strike and dip (Predominantly) N 70°W 50°N			

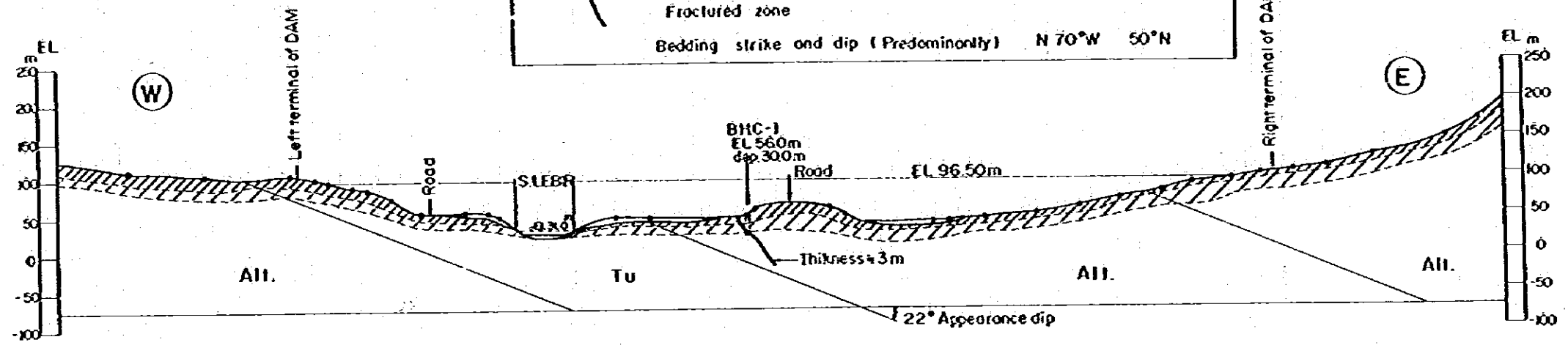


Fig 5-II RESULTS of BORING CORE EXAMINATION on LEBIR PROJECT (1979)

