

マレーシア

テカイ河水力発電開発計画調査

中間報告書

1982年3月

国際協力事業団

マレーシア

テカイ河水力発電開発計画調査

中間報告書

JICA LIBRARY



1031279C13

1982年3月

国際協力事業団

調査課

調査課

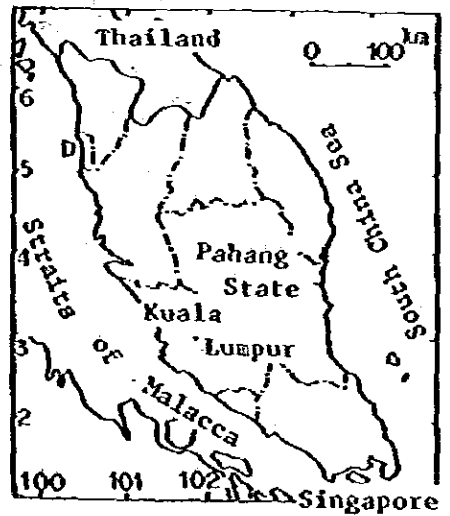
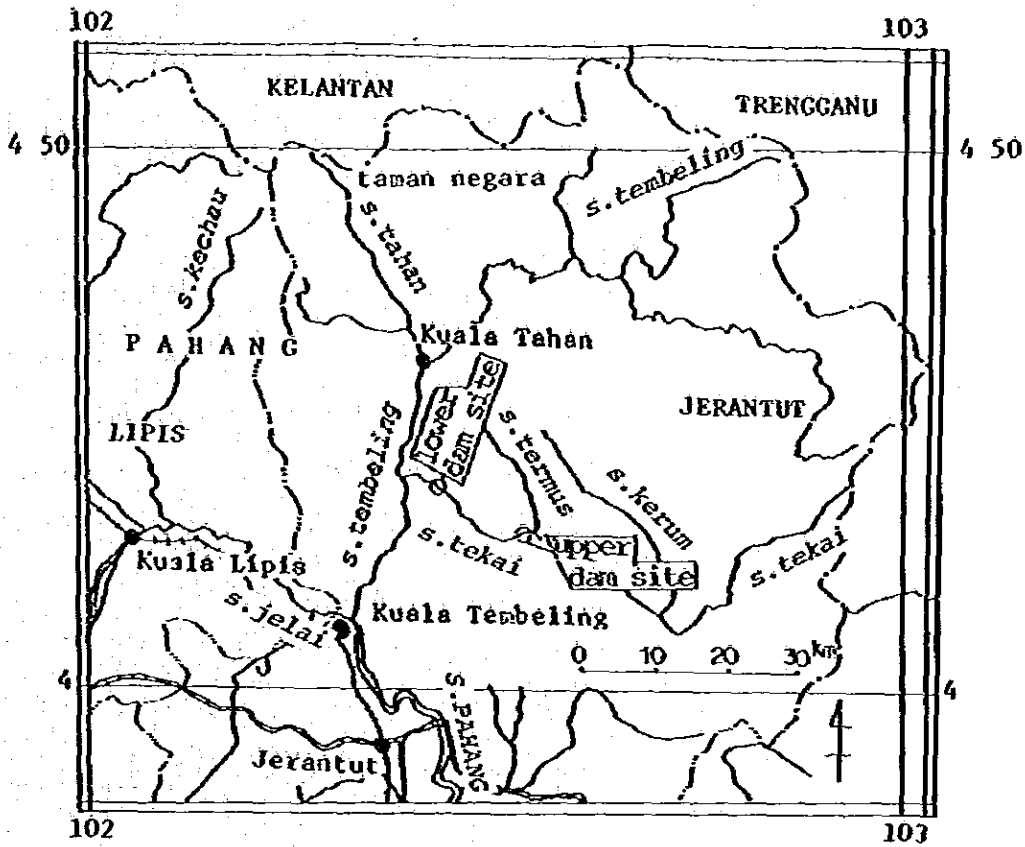
国際協力事業団

國際協力事業團

登記簿

國際協力事業團	
昭和 57. 7. 7	113
昭和 84. 8. 24	64.5
登録No. 13949	MPN

LOCATION MAP



目 次

1. ま え が き	1
1.1 調 査 の 目 的	1
1.2 業 務 の 範 囲	1
1.3 調 査 活 動	2
2. 要 約 お よ び 結 論	3
2.1 調 査 検 討 結 果 の 集 約	3
2.2 計 画 地 点 の 選 定	4
2.2.1 上 部 地 点	5
2.2.2 下 部 地 点	5
2.3 計 画 案 の 比 較 と 評 価	6
2.3.1 概 要	6
2.3.2 単 独 開 発 計 画	6
2.3.3 上、下 部 地 点 一 貫 開 発 計 画	7
2.4 結 論	7
3. 収 集 資 料	11
4. 計 画 の 背 景	13
4.1 概 要	13
4.2 プロジェクトの所在地	13
4.3 地 形 概 要	13
4.4 パハシ州の概要	14
5. マレーシアの電力事情	17
5.1 発 電 設 備	17
5.1.1 NEBの発電設備	17
5.2 電 力 需 要	19

5.2.1	過去の電力需要	19
5.2.2	現在の需要及び負荷曲線	21
5.2.3	需要予測	21
5.3	電源開発計画	23
5.3.1	電源拡充計画	23
5.3.2	送電線拡充計画	24
5.3.3	テカイ水力発電所関連送電計画	24
6.	地質	25
6.1	テカイ川流域の地形と地質	25
6.1.1	テカイ川流域の地形	25
6.1.2	テカイ川流域の地質	25
6.2	計画地域の地質	27
6.2.1	上部地点の地質	27
6.2.2	下部地点の地質	29
6.3	ボーリング及び透水試験	31
6.3.1	ボーリング	31
6.3.2	透水試験	34
6.4	弾性波探査	34
6.4.1	弾性波速度と地質との関係	34
6.4.2	弾性波探査の解釈	35
6.5	地質工学的考察	36
6.5.1	ダムサイト	36
6.5.2	仮排水路トンネル	38
6.5.3	発電所	38
6.5.4	スピイルウェイ	38
6.5.5	原石山	39
6.5.6	土取場	39
6.6	地震活動	39

7. 水文・気象	41
7.1 概 要	41
7.1.1 気 温	41
7.1.2 相対湿度	42
7.1.3 日照時間	42
7.1.4 蒸 発	42
7.1.5 風	42
7.2 降 雨	42
7.2.1 降雨の一般的特徴	42
7.2.2 年 雨 量	43
7.2.3 月 雨 量	43
7.2.4 確率解析	45
7.3 河 川 流 出	45
7.3.1 テカイ川流量資料の検討	45
7.3.2 流量比較	46
7.3.3 ダムサイト流量	46
7.4 洪 水	47
7.4.1 既往洪水	47
7.4.2 確率洪水流量	48
7.4.3 ダム設計洪水流量	48
7.5 河 川 流 砂 量	49
7.5.1 流砂観測	49
7.5.2 流砂濁度	49
7.5.3 貯水池内の堆砂	49
7.6 蒸 発 量	50
7.6.1 蒸 発 量	50
7.6.2 実蒸発散	50

8. 環境問題	53
8.1 概 要	53
8.2 水圏に対する影響	56
8.2.1 流況への影響	56
8.2.2 水質への影響	57
8.3 生物に対する影響	58
8.3.1 植物(樹木)への影響	58
8.3.2 動物への影響	60
8.4 社会、経済に対する影響	63
8.4.1 コミュニティへの影響	63
8.4.2 公衆衛生への影響	63
8.4.3 文化財への影響	65
8.5 産業活動への影響	66
8.5.1 概 要	66
8.5.2 林 業	66
8.5.3 農 業	67
8.5.4 漁 業	67
8.6 お わ り に	69
9. 計画地点の選定と開発方式	71
9.1 概 要	71
9.2 上部地点単独開発計画	78
9.2.1 ダムサイトの検討	78
9.2.2 ダムタイプの検討	78
9.2.3 ダム規模の検討	78
9.2.4 発電規模の検討	79
9.2.5 有効貯水容量の検討(利用水深の検討)	80
9.3 下部地点単独開発計画	81
9.3.1 ダムサイトの検討	81
9.3.2 ダムタイプの検討	81

9.3.3	ダム規模の検討	81
9.3.4	発電規模の検討	82
9.3.5	有効貯水容量の検討（利用水深の検討）	83
9.4	上・下部地点一貫開発計画	84
10.	関連計画案の検討	85
10.1	概要	85
10.2	洪水調節効果	85
10.3	利水効果	86
10.4	分流計画案の検討	86
10.5	揚水計画案の検討	87
11.	設備の設計	89
11.1	設備の概要	89
12.	建設費の積算	93
12.1	概要	93
12.2	工事単価	93
12.3	工事費	93
13.	便益	95
13.1	概要	95
13.2	代替火力の便益	95
14.	実行計画	99

Appendix

LIST OF TABLE

<u>TABLE NO</u>	<u>TITLE</u>
5-1	Energy Generated and Sold by NEB (GWH)
5-2	Energy Setout (GWH) Breakdown according to Generating Source
5-3	Energy Generated in the Peninsula Malaysia (GWH)
5-4	Energy used in the Peninsula Malaysia Classified by Consumer (GWH)
5-5	Long-Term Demand Forecast by NEB (1981 to 2000)
6-1	Stratigraphy of Tekai Upper Site
6-2	Stratigraphy of Tekai Lower Site
6-3	Quantity of Drilling Work and Permeability Test
6-4	Grade of Weathering
6-5	Quality Classification of Foundation Rock
6-6	Relationship between Seismic Velocity and Weathering
6-7	Amount of Seismic Prospecting Work Done at the Upper Damsite
6-8	Amount of Seismic Prospecting Work Done at the Lower Damsite
6-9	Estimated Foundation Stripping Depth at the Upper Damsite
6-10	Estimated Foundation Stripping Depth at the Lower Dam Site
7-1	General Meteorological Condition
7-2	Rainfall in the Pahang Basin in Period 1926 to 1973
7-3	Monthly Rainfall Data Used in Correlation Analysis
7-4	Correlation Table
7-5	Correlation Table
7-6	Monthly Rainfall at Kuala Tahan
7-7	Comparison of 1 and 5 Days Rainfall at Nentekab (1930-1972)
7-8	Maximum Rainfalls Recorded at Climatological Stations

<u>TABLE NO</u>	<u>TITLE</u>
7-9	(1) Flow Regime at Upper Damsite (2) Flow Regime at Lower Damsite
7-10	Discharge Stations Used in Derivation and Checking the Regional Flood Frequency Procedure
7-11	Design Flood Characteristics
7-12	Stream Flow Stations with Sediment Data
7-13	Pan Evaporation Data in Pahang River Basin
7-14	Actual Evapotranspiration Computed from Rainfall and Runoff
7-15	Evaporation (Kuala Tahan)
8-1	Results of Water Quality Tests at the Tekai River
8-2	Water Quality in the Pahang River
8-3	Major Species of Trees consisting Lowland Dipterocarp Forest (Effective Lumber)
8-4	Comparison of Numbers of Rhino and Elephants, Seladang in Malaysia
8-5	Density of Primates in Forest
8-6	Principal Categories on Fish on Sale at the Market in Jerantut
8-7	Infection Rates of Schistosomiasis
9-1	Optimum Scale of Developments
9-2	Optimum Scale of Respective Single (One Dam) Development (1) Optimum Scale of Series (Two Dams) Development (2)
9-3	Upper Single (One Dam) Development (1)
9-4	Legend for Tables 9-3, 9-6, 9-8
9-5	Upper Single (One Dam) Development (2)
9-6	Lower Single (One Dam) Development (1)
9-7	Lower Single (One Dam) Development (2)
9-8	Series (Two Dams) Development (1), Lower Development

TABLE NO**TITLE**

9-9	Series (Two Dams) Development (2), Lower Development
9-10	Series (Two Dams) Development (3), Upper and Lower Development
10-1	Diversion Scheme (1)
10-2	Diversion Scheme (2)
12-1	Unit Rate of Estimation (1), (2)
12-2	Summary of Costs for Tekai Development
12-3	Construction Cost Estimates (1), (2) - Upper Single (One Dam) Development
12-4	Construction Cost Estimates (1), (2) - Lower Single (One Dam) Development
12-5	Construction Cost Estimates (1), (2) - Lower Dam in Series (Two Dams) Development
13-1	Annual Fuel Consumption

LIST OF DRAWING

<u>FIG. NO</u>	<u>TITLE</u>
	Location Map
5-1	Typical Daily Load Curve (May, 1981)
5-2	Typical Load Duration Curve
5-3	System Load Curve (1)
5-4	System Load Curve (2)
5-5	System Load Curve (3)
5-6	Load Forecast (Maximum Output MW, 1981 - 2000)
	Load Forecast (Generating Energy GWH, 1981 - 2000)
5-7	Generation Development, 1981 - 1990 (L12)
6-1	Distribution of Mountains and Rivers in the Tekai River Basin
6-2	Outline of Geology in the Sungai Tekai Area
6-3	Location Map of Upper Dam Site
6-4	Location Map of Lower Dam Site
6-5	Geological Map of Tekai Upper Site
6-6	Geological Profile of Upper Damsite
6-7	Geological Map of Tekai Lower Site
6-8	Geological Profile of Lower Damsite
6-9	(a) Relationship between R.Q.D. and Quality Classification of Rock
	(b) Relationship between R.Q.D. and Grade of Weathering
6-10	Geological Log (Upper Damsite)
6-11	Geological Log (Lower Damsite)
6-12	Permeability (K) of Upper Dam Site
6-13	Permeability (K) of Lower Dam Site
6-14	Seismic Profile of Upper Dam Center (UA)

<u>FIG. NO</u>	<u>TITLE</u>
6-15	Seismic Profile of Lower Dam Center (LA)
6-16	Seismic Rippability Chart
6-17	(a) Particle Size Distribution Curve of Terrace Deposits (b) Particle Size Distribution Curve of River Sand
6-18	Distribution of Epicenter in Southeast Asia
6-19	Isoseismal Map of Southeast Asia
7-1	Location of Meteorological Stations
7-2	Typical Seasonal Rainfall Pattern of Each Region
7-3	Average Annual Rainfall Distribution for the Pahang River Basin, and Distributions at Typical Stations
7-4	Location of Rainfall Stations used in Correlation Analysis
7-5	Spatial Distribution of Rainfall
7-6	Rainfall Depth - Duration Frequency Curves
7-7	Gauging Stations used in Checking the Rating Curves
7-8	Streamflow Record at Penut and Kuala Tahan
7-9	Rating Curve (Kuala Tahan 1972)
7-10	Rating Curve (Kuala Tahan 1973-1974)
7-11	Rating Curve (Kuala Tahan 1975-1980)
7-12	Rating Curve (Penut 1972)
7-13	Rating Curve (Penut 1973-1975)
7-14	Rating Curve (Penut 1976-1980)
7-15	Discharge Comparison in Kuala Tahan and Penut (1973, 1974)
7-16	Discharge Comparison in Kuala Tahan and Penut (1975, 1976)
7-17	Discharge Comparison in Kuala Tahan and Penut (1977, 1978)
7-18	Discharge Comparison in Kuala Tahan and Penut (1979, 1980)
7-19	Storm Rainfall Distribution

<u>FIG. NO</u>	<u>TITLE</u>
7-20	Discharge Stations used in Derivation and Checking the Regional Flood Frequency Procedure
7-21	Regional Flood Frequency Curves
7-22	Design Flood Envelope Curves
7-23	Gauging Stations with Sediment Data
7-24	Evaporation Elevation Relationship
8-1	Annual Rainfall in West Malaysia
8-2	Annual Rainfall in Kuala Tahan
8-3	Location of Water Test Sampling
8-4	Location of Water Quality Sampling in Pahang
8-5	Estimated Population of Elephant, Seladang and Rhinoceros
9-1	Optimum Scale of Developments
9-2	Flow Chart of Determination of Optimum Scale of Single (One Dam) Development Scheme
9-3	Mass Curve at Upper Site Mass Curve at Lower Site
9-4	Selection of Dam Sites
9-5	Reservoir Surface Area and Storage Capacity Curves for Upper Site
9-6	Reservoir Surface Area and Storage Capacity Curves for Lower Site
10-1	Flood Area
10-2	Design Flood and the Water Stage of Reservoir
10-3	Mitigated Storage Capacity and Maximum Outflow from Reservoir
10-4	National Small Scale Irrigation Project
10-5	Diversion Scheme
11-1	Design Flood at the Damsite

<u>FIG. NO</u>	<u>TITLE</u>
12-1	General Arrangement - Plan (Upper Site)
12-2	Spillway and Sections (Upper Site)
12-3	Diversion Tunnels (Upper Site)
12-4	Pipelines and Power Station (Upper Site)
12-5	General Arrangement - Plan (Lower Single Development)
12-6	Power Station and Sections (Lower Single Development)
12-7	General Arrangement - Plan (Lower Series Development)
12-8	Diversion Tunnel (Lower Series Development)
13-1	Model Daily Power Generating Curve of Alternative Thermal Power Station
14-1	Construction Schedule, Tekai Hydro-electric Power Development Project

1. ま え が き

1. ま え が き

1.1 調査の目的

マレーシア連邦国政府の要請に基づき、同国、西マレーシアパハン州のパハン川水系テンブリン川の支流テカイ川に於て計画されている、テカイ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。

パハン川については、1972年から1974年にマレーシア連邦国政府の要請を受けた、オーストラリア政府により、全流域に対し、主として治水の観点から調査が行なわれているが、今回、水力発電という観点から見直しを行なうものである。

本報告書は、その第1段階として実施した予備計画検討に関するもので、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いる。

1.2 業務の範囲

テカイ水力発電プロジェクトのフィージビリティ調査は、

- (1) 予備調査段階
- (2) 詳細現地調査段階
- (3) フィージビリティ計画段階

の三段階により実施されるものであるが、前記目的を達成するために、予備調査段階として、次の各項目に関する調査および検討を実施した。

1) 既存の資料および情報の収集調査

開発計画に関連する下記事項に関して、情報および既存資料を現地に於て収集する。

- a. マレーシアの電力事情
- b. 気象および水文
- c. 対象河川の治水、利水の現状および将来計画
- d. 地域社会に及ぼす社会的、経済的影響並びに環境上の影響

2) 上、下部地点の現地踏査

上、下部地点については、地表地質踏査により、主要構造物（ダム、発電所、開閉所等）の建設候補地点ならびに原石山、土取場等の地形地質の特性を調査する。湛水区域につい

では、地表地質踏査およびヘリコプターからの上空視察により崩壊地、石灰岩露頭、推砂供給地、地質構造等の調査を行なった。

また、必要な水文観測施設についても立地条件より適確な場所の踏査選定を行なった。

iii) 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行なった。

- a. 上、下部地点および下部地点の湛水区域の地形測量
- b. 上、下部地点の弾性波探査による地質調査
- c. 上、下部地点のボーリングによる地質調査
- d. 水文観測施設の設置指導
- e. 雨期洪水観測

iv) 予備計画検討

- a. 開発方式の検討
- b. 概略開発規模の検討
- c. 分流・揚水計画の検討
- d. 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約10ヶ月にわたる調査検討の結果をとりまとめたものである。

今回の調査の Scope of Work 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の現地踏査と資料収集を主目的として、1981年3月1日から同年3月25日まで現地に派遣された。(この結果は、インセプションレポートとしてとりまとめ報告済である。)

引続き調査団は1981年6月中旬より1981年10月末までの約5ヶ月間にわたり、予備現地調査を実施した。調査団は、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、それぞれの分野での活動を行なった。

その主な内容は、地元業者による上、下部地点のボーリング調査、弾性波探査の監理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、下部地点の縦横断面測量、水文観測および各種資料収集等である。

水文観測については、特に雨期の洪水観測のために1981年11月中旬より、同年12月下旬まで専門家1名を派遣した。

2. 要約および結論

2. 要約および結論

2.1 調査検討結果の集約

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、西マレーシア最大の州であるパハン州の北部にあり、その地域の行政中心地であるジャランツツツから北へ約40kmのパハン川の支流、テカイ川下流部に位置している。

本計画は西マレーシアにおける急激な電力需要増に対応するための電源開発の一環をなすもので、さらにパハン州の地域開発推進に寄与するものと期待されている。

今回の予備調査段階における調査検討の結果明らかとなった基本的事項を集約すると次のとおりである。

① テカイ川流域は大陸性堆積層、変成堆積層と花崗岩によって構成される。大陸性堆積層はテンブリング層群（中生代）と称せられ、古い時代のものから新しい時代のものへかけて、ケラム層、ラリス礫岩、マンキン砂岩およびテルムス赤色岩層からなる。テンブリング層群のうち、マンキン砂岩とテルムス赤色岩層が上部地点および下部地点周辺に露出している。

マンキン砂岩は、主として硬質な石英質砂岩からなり、灰色、赤色の頁岩をはさむ。またテルムス赤色岩層は主として赤色頁岩からなり、砂岩を挟む。

上、下部地点とも傾斜の緩やかな高所ではラテライト化した完全風化帯および高度風化帯でおおわれているが、河床近くになるにつれて、これら風化帯の厚さは薄くなり、その下にある微風化、または新鮮な岩盤部は非常に堅硬な石英質砂岩および頁岩から構成され、弾性波速度は約2～3.5 km/secを示し、大きな支持力を持つ。

テカイ川流域の山脈は、主として北北西から南南東方向に連なる。このような線状構造は、この地域の地質構造に密接な関係を持ち、地層の褶曲軸は北北西から南南東方向に卓越する。テンブリング層群もまた、一般的に地層は北北西から南南東の走向を持ち、大小の背斜、向斜構造を持つ。テカイ川流域にわたり、多数の小断層が認められるも、今日迄地質構造に大きく影響する断層は見いだされていない。

② テカイ川の水位観測はNEB (National Electricity Board) により1972年から下部地点付近のペヌト (Penut) 地点 (流域面積 1,390 km²) で実施されている。またテカイ川流域近傍ではテンブリン川とテカイ川の合流点より15 km上流のテンブリン川クアラタハン (Kuala Tahan) 地点 (流域面積 3,220 km²) においてNEBにより1972年から実施されてい

る。しかしベスト地点の流量資料には欠測が多いので、テカイ川水力発電開発計画検討に使用する上、下部地点の流量は、タアラタハン地点の流量（1973年～1980年）を流域換算して求めた。これによると、上、下部地点における年平均流量は $40\text{ m}^3/\text{s}$ および $46\text{ m}^3/\text{s}$ である。また下部地点における平均年間流出量は $1470 \times 10^6\text{ m}^3$ であり、年流出高は 1060 mm となる。

テカイ川流域内における雨量観測については、 $\text{No. } 4227001$ と $\text{No. } 4127001$ の2地点の1974年からの資料があるが、いずれも欠測が多くテカイ川流域平均年雨量を代表するには至らないが、近傍の観測所から推定すると約 $2300 \sim 2400\text{ mm}$ と思われる。

パハン川流域の洪水は北東モンスーン時期の12月後半から1月初旬にかけて発生しており、著名な洪水として1926年の洪水、1971年1月洪水、1972年12月洪水等がある。

パハン川流域の6観測所で得られた水位一流量を確率処理し、得られた確率流量と流域面積との関係から下部地点における100年確率洪水流量を求めると約 $3000\text{ m}^3/\text{s}$ となる。

また、上、下部地点に発生し得ると予想される最大規模の1000年確率洪水流量は“Pahan River Basin Study”において検討した単位図法（Unit Hydrograph）と今回、検討した流出モデル（貯留関数）から推定すると上部地点、 $4500\text{ m}^3/\text{s}$ 、下部地点 $5000\text{ m}^3/\text{s}$ となる。

- ③ テカイ川より下流部の地域において、テカイ川への上水、工水、農水等の需要要請の具体的な計画は現在のところない。パハン川流域における灌漑事業の実施計画はテカイ川水力発電開発計画と関わりなく農業省によって“National Small Scale Irrigation Project”として実施されている。しかしテカイ川水力発電開発により、パハン川本川へ安定した水供給が可能となることは、今後の灌漑用水需要に対処できる潜在的な利水効果を示している。

テカイ川水力発電開発計画地域における産業活動は、現在林業が主たるものであり、漁業および農業については近傍のテンブリン川とその沿岸で、地域消費型の小規模なものが行なわれているにすぎない。本地域およびその周辺はテカイ・テンブリン森林保護区（Forest Reserve）に含まれている。まだ現在、この森林地帯は林野庁の管理する国有林であり、将来的な林業施策が森林公団（JENKRA）により予定されている。

テカイ川水力発電開発による洪水予定地域およびその周辺域には救世帯の山地少数民族が居住しているが、その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。

2.2 計画地点の選定

テカイ川流域において、地形、地質および工事施工等の立地条件から比較計画地点として

次の上、下部2地点を選定した。

2.2.1 上部地点

上部地点については、U-1、U-2、U-3の3ダムサイトを選定し、これらの優劣をダム本体工事費により判定し、U-2案を最適ダムサイトとして選定した。

次に選定されたダムサイトにおいて、ダムタイプの検討を行なった。ダムタイプとしてはロックフィルダムおよび重力式コンクリートダムを選び、ダム高はダムサイトの地形、地質的条件から制限される最大の90mとして、洪水吐、仮排水路を含めた工事費で比較検討を行ない、その結果ロックフィルダム案を採用した。

ダム規模の検討は、まず、ダム地点流量をもとにマスカーブを作成し、年間調整できる容量（有効貯水容量）として、 $540 \times 10^6 \text{ m}^3$ を求めた。次に上部地点の年平均流量 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ をファーム流量とし、ピーク運転時間を6時間としてダム高50m、75m、90mの3ケースについて発電計算を行ない、比較検討の結果よりダム高を90mとした。

次に上述のダム高90m、有効貯水容量 $540 \times 10^6 \text{ m}^3$ を用いて、ピーク運転時間6時間、8時間、12時間の3ケースについて検討を行ない、その結果費用便益比（B/C）及び、超過便益（B-C）を考慮してピーク運転時間6時間が有利と判定された。

2.2.2 下部地点

下部地点については同様に、L-1、L-2の2ダムサイトを選定し、優劣の判定結果より、L-1案を最適ダムサイトとして選定した。

次に選定されたダムサイトにおいて、ダムタイプの検討を2.2.1上部地点で述べたと同様の方法で行なった。但し、ダム高はダムサイトの地形、地質的条件から制限される最大の60mとした。その結果重力式コンクリートダムを選定した。

ダム規模の検討は、まずダム地点流量をもとにマスカーブを作成し、年間調整できる容量（有効貯水容量）として $630 \times 10^6 \text{ m}^3$ を求めた。

次に下部地点の年平均流量 $46 \text{ m}^3/\text{s}$ をファーム流量とし、ピーク運転時間を6時間として、ダム高52m、60mの2ケースについて発電計算を行ない、比較検討の結果よりダム高を60mとした。

次に上述のダム高60m、有効貯水容量 $630 \times 10^6 \text{ m}^3$ を用いてピーク運転時間6時間、8時間、12時間の3ケースについて検討を行ない、その結果B/C及びB-Cを考慮してピーク運転時間12時間が有利と判定された。

2.3 計画案の比較と評価

2.3.1 概 要

選定した上、下部2地点の開発方式としては、各々の単独開発および上、下部地点一貫開発が考えられる。各単独開発における最適規模は前述のように、ダム高、発電運転時間、最大使用水量、利用水深等を検討し、年間発生電力量、出力を算出し、B/C、B-Cにより決定した。また上、下部地点一貫開発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、下部ダムの基準水位を上部発電所の放水位と同一とし、発電運転時間、利用水深を検討し、年間発生電力量、出力を算出し、B/C、B-Cにより決定した。

本計画における洪水調節効果については、テカイ川の流域面積がバハン川下流の洪水はんらん区域(テムロー付近)の流域面積に対して微小なため、その効果を期待することはできないので、便益計算から除外した。また利水効果についても潜在的な効果は大きいと思われるが同様に便益の計算から除外した。従って便益(B)の計算は発電便益のみとした。また湛水による森林地域の損失は費用(C)計上から除外した。

以上の比較検討結果は表9-1および表9-2に示すとおりである。

2.3.2 単独開発計画

(1) 上部地点

2.2計画地点の選定で述べたように、上部地点について、決定されたダム高90m(ロックフィルダム)、ピーク運転時間6時間、最大使用水量 $160\text{ m}^3/\text{s}$ ($40\text{ m}^3/\text{s} \times \frac{24\text{hr}}{6\text{hr}}$)、を用いて、利用水深を25m、4.5m、10mの3ケースについて発電計算を行ない、比較検討の結果10mが有利であると判定され、これを採用した。この場合における最大出力は104MWである。

(2) 下部地点

同様に下部地点について決定されたダム高60m(重力式コンクリートダム)、ピーク運転時間12時間、最大使用水量 $92\text{ m}^3/\text{s}$ ($46\text{ m}^3/\text{s} \times \frac{24\text{hr}}{12\text{hr}}$)を用いて、利用水深を10m、18m、25mの3ケースについて発電計算を行ない、比較検討の結果10mが有利であると判定され、これを採用した。この場合における最大出力は38.7MWである。

2.3.3. 上、下部地点一貫開発計画

(1) 上部地点

上部地点の発電規模は、上部単独案の最適規模とする。

即ち最大出力は104MWである。

(2) 下部地点

下部ダムの基準水位は、上部発電所の放水水位 (EL. 82.00m) とし、発電有効容量は残流域を調整できる容量 ($630 \times 10^6 - 540 \times 10^6 = 90 \times 10^6 \text{ m}^3$) とした。この場合ダム高は38mとなる。下部ダムの利用水深、発電運転時間、最大使用水量を検討し、年間発生電力量、出力を算出し、B/C、B-Cにより最適規模を決定した。その結果、利用水深4m、発電運転時間24時間、最大使用水量46.3m³/sを採用した。この場合における最大出力は12MWである。

(1)および(2)より、上、下部地点一貫開発計画における最大出力は、上、下部地点あわせて116MWとなる。

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とおりである。

- ① 選定した上、下部2地点の開発方式として、各々の単独開発計画と、上、下部地点一貫開発計画とを比較検討した結果後者が最も有利である。
- ② この場合、上部地点のダムの適正な形式と規模は、ダム高90mのロックフィルダムが最も有利であり、下部地点ではダム高38mの重力式コンクリートダムが最も有利である。
- ③ 上部地点の最高水位は、EL. 165m、下部地点の最高水位は、EL. 83mであり、利用水深は上部地点10m、下部地点4mが最も有利である。
- ④ 発電方法は上部地点は最大使用水量160m³/sで1日6時間のピーク運転を行ない、下部地点は最大使用水量46.3m³/sで1日24時間運転を行なう場合が最も有利である。
- ⑤ 上部地点の最大出力は104MW、L-5出力(各月最低5日平均出力の年平均値)は102MWであり、下部地点は最大出力、L-5出力ともに、12MWである。従って両者あわせ最大出力は、116MW、L-5出力は、114MWである。また年間可能発生電力量は上部地点、225GWH、下部地点、102GWHであり、合計327GWHである。
- ⑥ 上、下部地点一貫開発計画の費用便益比(B/C)は1.27となり、超過便益(B-C)は $12.37 \times 10^6 \text{ M\$}$ となる。また、この場合の内部収益率は10%程度となる。

以上のとおり、テカイ水力発電プロジェクトは技術的には、充分実行可能な計画であると
考えられるが、次の段階である詳細現地調査により、更に検討を進め精度の向上を図ること
が必要である。

また、関連計画案としての分流計画案および揚水計画案について検討の結果、次の結論を
得た。

- ⑦ テンブリン川上流よりテカイ川に導水する分流計画案については、1/63,360の地形図
より取水候補地として、3地点を選定し、導水路延長と流域面積の関係を考慮して、③案
について導水路設費と導水による発電便益を求め、検討を行なった。その結果から判断す
ると分流計画案は有利でないと考えられる。
- ⑧ 揚水発電所の開発計画に当っては、長期的な需要動向、特に日負荷曲線の形状また各種
電源設備の構成比率、揚水電源の有無等を考慮し、他の電源と組合せて系統全体で最も経
済的になるように開発量を定める必要がある。

テカイ川水力開発計画を前述の上、下部地点一貫開発計画で考えるならば、揚水発電所
が必要となった時点において、直ちに増設することが可能である。しかし、増設の時期、
規模等については、前述の諸検討がなされていない現時点で決めることは困難である。

MAIN FEATURE

ITEMS \ TYPE	SINGLE (ONE DAM) DEVELOPMENT		SERIES (TWO DAMS) DEVELOPMENT	
	UPPER DAM	LOWER DAM	UPPER DAM	LOWER DAM
1. DAM				
Crest Level (m)	EL. 170	EL. 110	EL. 170	EL. 88
Height of Dam (m)	90	60	90	38
Volume of Dam Embankment (m ³)	2.6x10 ⁶	2.09x10 ⁵	2.6x10 ⁶	7.4x10 ⁴
Maximum Spillway Discharge (m ³ /sec.)	5,000	4,500	5,000	1,000
2. RESERVOIR				
Catchment Area (Km ²)	1,200	1,390	1,200	1,390
Full Supply Level (m)	EL. 165	EL. 105	EL. 165	EL. 83
Minimum Operating Level (m)	EL. 155	EL. 95	EL. 155	EL. 79
Gross Storage Volume (m ³)	3,400x10 ⁶	1,000x10 ⁶	3,400x10 ⁶	265x10 ⁶
Live Storage Volume (m ³)	1,100x10 ⁶	410x10 ⁶	1,100x10 ⁶	90x10 ⁶
Surface Area at FSL (ha)	10,600	6,000	10,600	2,400
3. POWER STATION				
No. and Size of Unit (MW)	2 x 52	2 x 19.4	2 x 52 and 2 x 6	
Average Annual Generating Energy (GWH)	225	155	225 and 102 (327)	
Maximum Water Discharge (m ³ /sec)	160	92	160 and 46	
4. CONSTRUCTION COST (H\$10⁶)				
	300	160	300 and 96 (396)	

3. 収 集 資 料

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、1981年6月から同年10月まで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。

4. 計画の背景

4. 計画の背景

4.1 概要

マレーシア連邦国における近年の電力需要の伸びは、年率14.7%（1980～1985における想定平均の伸び率）と著しく、NEB（同国国家電力庁）はこの需要に対応すべく電源開発を積極的に推進している。

テカイ水力発電プロジェクトもその一環をなすものであり、マレーシア連邦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1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推進に寄与するものと期待されている。

4.2 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28,500km²）の支流テカイ川の下流部に位置している。

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1,390km²）は、パハン川の支流テンブ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80kmのところであり、上部地点（流域面積1,200km²）は下部地点より更に上流へ約185kmのところにある。

計画地域はパハン州の北端にあるタマン・ネガラと呼ばれる国立自然公園の南側に接しており、首都クアラルンプールの北東、直線距離で約150kmの位置にある。

行政区域としては、ジャランツツ郡に属し、その行政中心地であるジャランツツから下部地点まではジープおよびボートで約1時間半のみちのりである。下部地点から上部地点までの交通はボートによる。

4.3 地形概要

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antan市南方にて南支那海へ注ぐ。テンブリン川はパハン川の上流部を構成し、クアラ・テンブ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ブリン川の最大支流であって、トレンガヌ地方からクアantan地方にかけて北々西から南々東に連な

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・テンブリン地点より上流約20kmにおいてテンブリン川に合流する。

テカイ川流域は周辺を山岳にかこまれた森林地域である。この地域の最高峰はトレンガヌ海岸山脈に属するタリス山(4,960フィート)である。

テカイ川上流域は可成り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、千分の一程度の河川勾配である。テカイ川の両岸は緩傾斜をなす場合が多いが、河床付近に硬岩が露出する処では地形も急峻となっている。

当地域の山岳部ではおおむね山頂に至るまで森林に覆われ、岩石は深部まで風化され、ラテライトが厚く表層に分布している。

4.4 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36,260km²である。南支那海に面したこの州は200km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566,600haで、それは州全体の面積の16%にあたる。耕地の約257,000haはゴム園、約267,000haはパーム油ヤシ園、約7,200haは水田と残りはその他農作地である。

バハン州は8つ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プタン市である。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プタン行政区にいる。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。

人口の自然増加率は年平均2.6%(1971~1981)であって、同期間の全国平均の2.8%より少ない。最近公表された第4次マレーシア5ヶ年計画(1981~1985)によると、同期間の人口増加率は年平均2.4%と推定され、これは文化、教育、医療施設の普及による幼児死亡率の低下と家族計画の実行によるものとされている。1970年代は、第1次、第2次、第3次5ヶ年計画に基づく工業化計画の実施に伴い農村から都市への人口移動と他州からの移住は著しかったが、第4次マレーシア計画期間を頂点として漸減するものと予想されている。この期間州の人口増加率は4.5%であったが、第4次5ヶ年計画期間中は4.1%と予想されている。人口構成はマラヤ人58%、中国人35%、その他7%である。

州の通信、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次マレイ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。

マレイ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 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、マレイ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。ジュランツツに空港を建設するため約1,300,000 m²の土地が確保されている。

通信網は全国的に整備されつつあり、サバとサワラクの両州を含めて、マイクロ通信と有線によってダイヤル直通電話回線が設置、拡充されつつある。

歴史的に東部諸州は西部諸州に比べて経済活動は立遅れていた。その大きな要因は経済社会基盤の未整備であった。州の経済活動は農林業が中心であり、生産拡大、品種改良、施肥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パ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。

先ず農林業を基盤とする経済体制から脱皮して州の農林産物を原料とした工業化を目指している。この目標達成のため州政府はクアンタン行政区内のゲベンとセマンバ、ペカン行政区内のペカン、テムロー行政区内のテムローとベントン行政区内のベントンに工業団地を造成した。これら工業団地には既に木材加工業、ゴム精製加工業とパーム油精製加工業が稼働しており、更に輸出志向産業の電気機器製造業もあるが、これらはいずれも小規模のものである。政府は外国企業の誘致に積極的で、投資および税制面に恩典を与える諸制度をもうけている。今後、輸出産業の発展を予想してゲベン工業団地内に保税区域が設けられる。また、延々200 kmに及ぶ海岸線と内陸高地の観光地に恵まれ、州はこれら各地に観光施設をもうけ、内外の観光客の誘致に懸命の努力を払っている。パハン州神合いの南支那海で原油と天然ガスが発見され、州の経済は今後飛躍的に伸びるものと期待されている。

以上の工業化政策を支える労働力確保のため、工科学校のほか6つの職業訓練学校と技

能訓練所があつて、州内の技能労働者の需要を満たしている。

政府の経済政策の実施に伴い州のGDPと国民所得は着実に伸びている。他の先進的州に比べて開発が遅れている東部諸州のなかでバハン州は相対的に経済成長の進度は早い。第1次5ヶ年計画の最終年度(1971)の、州のGDPは1970年価格ベースで 647×10^6 M\$, 1人当り、1,170M\$で、これは全国平均に対し1.0の比率であつた。また、第3次5ヶ年計画の最終年度である1980年の州のGDPの目標値(1970価格)は、 $1,218 \times 10^6$ M\$, 1人当り1,486M\$であつたが、第4次5ヶ年計画では最終年度に当る1985年のGDP(1970価格) $2,491 \times 10^6$ M\$, 1人当りGDP 2,555.8M\$としており、これは全国平均に対し1.09の比率に当る。1971 - 1980年の物価上昇率は消費者物価指数によると年5.8%であつた。業種別にみるとGDPの構成比は第1次5ヶ年計画で農林業48.5%、製造業6.5%、サービス業30.1%であつたが、第3次5ヶ年計画では農林業38.2%、製造業26.2%、サービス業25.9%となり、更に1985年に終る第4次5ヶ年計画では農林業27.7%、製造業29.1%、サービス業28.5%と予測されている。将来、州の経済基盤は農林業から製造業に移行すると思われる。そのため、経済社会基盤の整備が今後増々必要となるであろう。バハン州の電力需要はNEBの送電系統によって一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つている。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、着実にそれを実行に移している。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。

5. マレーシアの電力事情

5. マレーシアの電力事情

5.1 発電設備

5.1.1 NEBの発電設備

NEBの発電設備は1981年10月現在約2,235MWでその構成は次のとおりである。

(1) Hydro Power Stations

Temengor	4 units x 87 MW	348 MW
Sultan Idris II	3 x 50	150
Sultan Yusuf	4 x 25	100
Chenderoh	3 x 10	30 (PRHEC)
Others		15.4
	(Sub-total)	643.4 MW

(2) Thermal Power Stations

Connaught Bridge	4 units x 20 MW	80 MW
Gelugor	4 x 10	40
Malaka	4 x 10	40
Sultan Ismail	3 x 10	30
	3 x 30	90
Peraí	3 x 30	90
	3 x 120	360
Tuanku Jaafar (Port Dickson)	4 x 60	240
	3 x 120	360
Malim	2 x 20	40 (PRHEC)
	(Sub-total)	1,370 MW

(3) Gas Turbines

Gelugor	1 unit x 20 MW	20 MW
Connaught Bridge	1 x 20	20
Tuanku Jaafar	1 x 20	20

Tanjong Gelang	1 unit x 20 MW	20 MW
Sultan Ismail	1 x 20	20
	(Sub-total)	100 MW

(4) Diesel-engine Generators

Lundang		43.95 MW
K. Trengganu		24.15
Kemaman		4.16
Dungun		3.565
Kuantan		11.37
Lemal		5.20
K. Rompin		2.85
Others		20.031
Diesel engine generator for rural electrification		6.972
	(Sub-total)	122.248 MW
	Total	2,235.648

上記NEBの系統に接続されている発電設備の割合は、火力発電所65%、水力発電所30%、ガスタービン5%となっている。(ただし、極地ディーゼル発電機は農村電化用として夜間12時間運転されているが、これは含んでいない)

マレーシアの電力事情は、次のような機構により構成され運営されている。

(1) NEB (National Electricity Board)

1949年政府の電力通信省 (Ministry of Energy, Telecommunication and Post) の下部機構として発足した国家電力庁でマレーシア半島における電力事業を管轄している。

更に、NEB/PRHECの系統に連系されていない農村部については、NEBにてディーゼル発電機を設け、農村電化計画を進めている。

(2) PRHEC (The Perak River Hydro Electric Co.)

1296年から1977年までマレーシア政府が買収するまで外国、個人会社として運営され、現在この系統はNEBの系統に連系され、ペラク (Perak) 州に於ける電力事業の一部を管轄している。

(3) SESCO/SEB (Sarawak Electricity Supply Corporation / Sabah Electricity

Board)

東マレーシア、サワラク、サバ州については、NEBと同様SESCO/SEBがそれぞれ電力事業を管轄している。

5.2 電力需要

5.2.1 過去の電力需要

NEBの電力系統に於ける、過去10年間(1970～1979)の発電量及び売電量は次に示す通りである。(ただし、マレーシアの会計年度は9月1日から8月31日までである)

表5-1 NEBに於ける発電量及び売電量(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

(Source; NEB Annual Reports, 1969/70 - 1978/79)

表5-2 NEB送電端電力量の電源種別分類 (GWH)

Fiscal Year	Thermal	NEB Diesel	Hydro	Gas Turbine	** PRHEC	Rural Area	PUB*	Others
1970	1298.4	96.7	918.8	-	92.3	-	-	0.1
1971	1498.4	114.0	933.3	-	100.0	-	-	0.1
1972	1901.0	133.5	909.0	-	109.5	4.3	-	0.1
1973	2303.8	131.0	928.1	-	124.3	4.5	-	0.1
1974	2745.8	146.0	898.8	-	134.0	4.8	-	0.1
1975	3343.0	164.0	780.9	-	148.9	5.0	-	0.1
1976	4042.6	180.3	710.5	-	163.6	5.9	-	0.3
1977	4913.3	176.8	673.8	-	182.3	6.9	-	n.a.
1978	5512.7	210.5	744.8	-	162.5	7.5	12.5	0.8
1979	5590.2	275.4	891.9	251.4	179.0	10.5	100.9	3.1

Note: * Singapore, **PRHEC; Perak River Hydro Electric Co.,
 (Source; NEB Annual Reports, 1969/70 - 1978/79)

表5-3 マレーシア半島に於ける発電電力量 (GWH)

Fiscal Year	Thermal	Diesel	Hydro	Gas Turbine	Total
1970	1922.0	328.2	1137.8	-	3387.9
1971	2152.0	332.8	1147.8	-	3632.7
1972	2593.1	320.5	1094.3	-	4008.0
1973	3008.5	475.4	1140.7	-	4524.5
1974	3484.1	412.9	1130.1	-	5027.1
1975	4052.1	403.2	989.0	-	5444.3
1976	4646.6	441.4	902.2	-	5990.3
1977	5441.8	460.2	797.6	-	6699.6
1978	6061.8	538.5	831.8	-	7432.1
1979	6255.4	615.6	1004.0	244.4	8119.4

(Source; NEB Annual Reports, 1969/70 - 1978/79)

表5-4. マレーシア半島に於ける需要家別消費電力量 (GWH)

Fiscal Year	Mining		Cement	Commerce & Industry	Households /Lighting	Total
	Tin Mining	Other				
1970	1017.1	47.2	117.6	1211.3	560.0	2953.2
1971	1054.5	20.9	125.2	1385.5	592.1	3178.1
1972	1075.0	7.4	127.3	1631.3	639.6	3480.5
1973	1029.1	7.0	130.4	2018.5	741.9	3927.0
1974	1010.0	5.4	135.3	2410.7	800.5	4361.9
1975	1000.2	5.1	134.5	2736.7	876.3	4753.3
1976	906.0	5.6	159.7	3128.6	945.5	5145.5
1977	920.0	4.8	181.2	3528.6	1073.6	5708.2
1978	927.5	4.4	193.7	3981.7	1276.9	6384.0
1979	933.9	4.8	196.2	4507.3	1456.7	7098.9

(Source: NEB Annual Reports, 1969/70 - 1978/79)

5.2.2 現在の需要及び負荷曲線

NEBの系統に於ける昭和56年5月の代表的な週負荷曲線は別添図5-1及び図5-2に示すとおりである。

それによれば最大需要1,320MW、週間電力量167GWH平均負荷率75.3%、その内訳は火力139GWH(83.2%)、水力28GWH(16.8%)となっている。

一方、56年8月末における日負荷曲線の代表的なものは、8月26日水曜日の日負荷曲線、図5-3で最大約1,530MW、8月29日土曜日の日負荷曲線、図5-4で最大約1,460MW、8月30日日曜日の日負荷曲線、図5-5で最大約1,070MWをそれぞれ示している。

負荷曲線が示すごとく、定常負荷(ベースロード)対応として火力、尖頭負荷(ピークロード)対応として、水力及びガスタービンによる発電を行っている。週日ピークロードとして水力及びガスタービンを運転する時間は約19時間/日程度である。

5.2.3 需要予測

NEBは1981年4月次のような長期需要予測(1981~2000年)を確立している。

(図5-6参照)

想定手法は、過去の実績に基づく傾向及び統計経済学的数字（GDP、人口等）による傾向の並用であり、それによると、系統の負荷率は余り変らないものとして、1990年、最大需要4,154MW、年間電力量25,254GWH2000年には最大需要9,135MW、年間電力量55,550GWHになるものと予測している。

この値は、現在の約6倍から7倍に増加するもので、2000年までの年平均増加率は9.8%となる。

表5-5 NEB長期需要想定(1981~2000年)

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

Fiscal Year	Annual Electrical Energy (GWh)	Maximum 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

5.3 電源開発計画

5.3.1 電源拡充計画

(1) 計画決定された発電所

NEB開発委員会にて、すでに承認された1985年までの計画実施中の発電所は以下に示すとおり約2,000MWである。

				<u>completion scheduled</u>
Pasir Gudang (O)	2 units	x 120 MW	240 MW	1982
Connaught Bridge (G/T)	2	x 80	160	1983
Bersia (H)	3	x 24	72	1983
Kenering (H)	3	x 40	120	1983/4
Paka (C/C)	6	x 75	450	1984/5
Port Klang (O)	2	x 300	600	1985
Kenyir (H)	4	x 100	400	1985
		Total	2,042 MW	

where, (O): Heavy oil burning

(G/T): Gas turbine heavy oil burning

(H): Hydro power station

(C/C): Combined cycle, natural gas burning

(2) Power Stations Planned (as of 1981)

Paka (C/C)	6 units	x 75 MW	450 MW	1986
Port Klang (C)	2	x 300	600	1987/8
Ulu Trengganu (H)			200	1989/90
Pergau (H)			100	1989
Tembeling (H)			110	1990
		Total	1,460 MW	

以上NEBは具体的な計画を1990年まで立てている。これによれば1990年までに合計約3500MWの発電所を建設する予定である。これを前述の長期需要想定の中核プロットすれば図5-7のようになる。

5.3.2 送電線拡充計画

上記電源開発計画と並行して、132KV/275KV送電線系統の拡充と強化を実施している。

これは、マレーシア半島の東部ペカン(Pekan)からコタバルを連系し、中部地区を275KV送電線にて環状線に連系するもので、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ためにも重要である。

この275KV環状線はACSR300mm²×2、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今の所、1985年までには完成する予定である。

一方、シンガポール電力(PUB)は現在22KVで連系されているが、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。

また、タイ電力(EGAT)とは、現在マレーシア北部Bukit Ketri変電所とタイ国のSadas変電所間132KV150mm²1回線(1982年2月完成)で連系し、最大容量77MVA融通できるが、30MVAから50MVAに限定されている。しかしながら現在は相互融通は行っていない。

5.3.3 テカイ水力発電所関連送電計画

NEBはテカイ水力発電所に伴う、送電線の建設について基本的には次のように考えている。

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ジュランツツまで、132KV送電線2回線、約60km(ルート長)を新設する。

既設ジュランツツ変電所は、基幹系統であるkg.Awah変電所から132KV ACSR150mm²1回線約71km送電容量77MVAで連系されている。

従って、もしテカイ水力発電所の出力が、既設132KV送電線容量以上のものであれば、ジュランツツ変電所から、kg.Awahまでの送電線に沿って、132KV送電線約71kmを新たに建設することになる。

6. 地 質

6. 地 質

6.1 テカイ川流域の地形と地質

6.1.1 テカイ川流域の地形

テカイ川流域は北緯 $4^{\circ}00'$; $4^{\circ}22'$ 、東経 $102^{\circ}24'$; $102^{\circ}42'$ にまたがる地域であり、トレンガス海岸山脈に属する山岳によって囲まれている。海岸山脈に沿って多くの山頂があり、図6-1に示すようにタピス山(4960フィート)、及びドゥラング山(3488フィート)、ウルバケル山(4561フィート)、アングス山(2571フィート)が顕著な山頂をなす。山頂は主として、北北西、南南東方向に連なり、その方向は、この地域の地形、地質上の特徴であって主方向とよばれる。テカイ川とその支流は北北西から南南東あるいは、南南東から北北西、すなわち主方向に流下する。この様な山脈や川の線状構造は、この地域の地質構造に密接な関係をもつ。すなわち、地層の褶曲軸は、北北西、南南東方向、いわゆる主方向に卓越する。

山岳地域では、岩石は著しい風化作用を受け、厚いラテライトでおおわれているため、山腹は、一般に緩傾斜をなすが、フリヌ山を頂点とする山脈は、堅硬な礫岩から成り、著しい侵食を受けて山麓付近で、急崖をなし、岩盤が露出する。テカイ川の上流では地すべり地形がみられ、そこでは花崗岩が露出する。花崗岩は表層において、完全に風化され、マサ土を構成する。マサ土層は、地下水により、砂の流出がおこり、斜面の安定をそこない、地すべり崩壊を発生する。

テルムス川とシュマール川の周辺は、軟質で劈開性に富む、赤色頁岩から成り、両岸の斜面は緩傾斜を成し、あるいは、川の両岸に沿って広い段丘を構成する。テカイの河岸でもまた一般に緩傾斜が形成されているが、硬質な砂岩から成る急谷が認められる。当然ながらダムサイトはこのような急谷地点に選択されることになる。

6.1.2 テカイ川流域の地質

図6-1に示すように、テカイ川流域は大陸性堆積層、変成堆積層と花崗岩によって構成される。

(i) 大陸性堆積層

大陸性堆積層は、テンブリン地域に分布するので、テンブリン層群と名づけられる。化石からみて、堆積環境が大陸性であり、その時代は、中生代である。礫岩、砂岩、

頁岩、火山岩から成り、岩相からみて四つの単位にわかれる。図6-2はテカイ川流域における地層分布を示し、古いものから、新しいものへかけて、次の様に分割される。

- i) ケラム層
- ii) ラリス礫岩
- iii) マンキン砂岩
- iv) テルムス赤色岩層

i) ケラム層

本層はケラム川に沿って標式的に分布するので、ケラム層とよばれ、主として火山岩類、頁岩、石英質砂岩から成る。火山岩類は、凝灰岩と熔岩から成り酸性から中性、すなわち、流紋岩質から安山岩質の火山岩からなる。

ii) ラリス礫岩

本層は、ラリス山周辺に標式的に分布するのでラリス礫岩とよばれ、赤色礫岩、砂岩、頁岩によって、構成される。本岩類は非常に堅硬であるので、地層方向に顕著な急崖を成す。

iii) マンキン砂岩

本層は、マンキン川に沿って標式的に発達するので、マンキン砂岩とよばれ、石英質砂岩を主体として灰色又は赤色の頁岩を介在する。テカイ川の中流域及び下流域に広く分布する。

iv) テルムス赤色岩層

本層は、テルムス川とジュマール川に沿って、帯状に分布する。本層を構成する岩石は、赤色頁岩が卓越し、少量の石英質砂岩を挟む。赤色頁岩は、軟質で、劈開に富むので、河岸では平坦な地形が構成される。テルムス赤色岩層とマンキン砂岩の境界は、両者が漸移するため、明瞭でない。

(2) 変成堆積層

図6-1に示す様に本層は、テカイ川の上流にて大陸性堆積層と花崗岩に挟まれて分布する。パンガク川に沿って標式的に分布するので、パンガク変成堆積層とよばれ、化石から古生層と考えられている。変成の度合いは低いが一般に葉片状となり、花崗岩の周辺では接触変成をうけている。粘板岩、千枚岩、珪岩、変砂岩、片岩とホルンフェルスを主体とする。

(3) 花 崗 岩

図6.1に示す様にテカイ川の東部に分布し、アダメライト岩から成る。山岳地域では、深部風化をうけ、表層はルーズな粗砂から成る。テカイ川の現河床堆積物は、この花崗岩地域から主として供給されている。

地質構造

① 褶 曲

テンプリン層群は、大小の背斜、向斜構造をもち、一般的に地層は北北西、南南東すなわち、主方向の走向をもつ。図6-2には、テカイ川流域の代表的な大褶曲軸を示す。

i) テルムス向斜軸

この向斜軸は、テルムス谷に沿ってのびる大向斜軸であり、NNW-SSE方向にのびて、クアラタハジに至る。

ii) テカイ向斜軸

この向斜軸は、テカイ川の下流部に平行にのびるもう1つの大きな軸であって、NNW-SSE方向にのびてジュマール川に至る。

iii) ベスト背斜軸

この背斜軸はテカイ向斜軸とテルムス向斜軸の間にある主たる背斜軸であって、南東方向に沈む。

② 断 層

テカイ川流域に接り、多数の小断層が認められるも今日迄地質構造に大きく影響する断層は見いだされていない。

6.2 計西地域の地質

6.2.1. 上部地点の地質

地質踏査は、ダムサイト、原石山、土取場、その他を含む上部地点周辺に実施された。地質図は、図6-5に示される様に上部地点周辺で1万分の1の縮尺で作成した。上部地点の岩石はマンキン砂岩とテルムス赤色岩層より成りその層序は表6-1に示される。

表6-1 テカイ上部地点の地質層序

地質時代		記号	地層	岩相
新生代	第四紀	r	現河床堆積物	石英質砂、シルト及び礫を含む
		Qtr	段丘堆積物	粘土、有機物及び礫を含む
中生代	下部白亜紀	TSh	テルムス赤色岩層	赤紫色頁岩
		TSs		石英質砂岩及び粒状砂岩
	上部ジュラ紀	MSh ₂	マンキン砂岩層	赤紫色頁岩
		MSs ₂		石英質砂岩
		Mal ₂		砂岩頁岩互層
		Mal ₁		頁岩質砂岩、石英質砂岩互層
		MSh ₁		暗灰色～淡灰色頁岩
		MSs ₁		石英質砂岩及び粒状砂岩

テルムス赤色岩層は軟質で、劈開性のある頁岩から成り、砂岩を介在する。上部地点の東部には、テルムス赤色岩層がテルムス川に沿って分布し、山地にあつては、緩傾斜地形が形成され、河岸にあつては、広い段丘が形成されている。これは岩石が深部風化され均等に侵食され、地表が平坦となったためである。マンキン砂岩は上流地点の中心部及び西部に分布し、主として石英質砂岩から成り、灰色、赤色の頁岩を挟む。本層は非常に硬い石英質砂岩から成り、地表においては、差分侵食をうけて一般に急傾斜地形が形成されている。テルムス赤色岩層は、マンキン砂岩の上位にあるが、その接触部は漸移しているため明瞭でない。図6-5に示す様にテルムス川合流点よりNNW - SSE方向にのびる直線により、マンキン砂岩とテルムス赤色岩層とが、境界をなしている。マンキン砂岩は岩相上より6つのタイプに分割される。

- i) 赤紫色頁岩
- ii) 石英質砂岩
- iii) 砂岩、頁岩、互層
- iv) 頁岩質砂岩、石英質砂岩互層
- v) 暗灰色～淡灰色頁岩
- vi) 石英質砂岩及び粒状砂岩

テルムス川合流点周辺では、有機物を含むルーズな砂質粘土によって形成された広大な段丘がある。一方テカイ川の兩岸に沿って小規模な段丘面が認められている。これは上部ダムサイトの上流200mの左岸と200m下流の右岸に分布し、固結した礫と砂からなる堆積物によって構成されている。

河床には礫、砂、粘土堆積物が分布し、洪水時には、周期的に下流に移動する。河岸には、比較的平坦な新規の低位段丘があり、細粒砂が堆積している。

上部地点の岩石は、褶曲をうけて背斜、向斜構造をもっている。褶曲軸はNNW-SSEにのび主たるものとしてテルムス川に沿ってのびるテルムス向斜軸がある。図6-5と図6-6に示される様に本地域にあっては、多くの小規模な褶曲軸があり、その褶曲軸の波長は200mから1000mに亘る。本地域には特に顕著な断層は認められない。図6-6は上部ダム中心線の地質断面図であり、構成する岩石は石英質砂岩、粒状砂岩、頁岩質砂岩、頁岩及び砕屑岩である。中心線に沿って、右岸河床部及び左岸中腹には3つの褶曲軸がある。

6.2.2 下部地点の地質

地質踏査は、ダムサイト、原石山、土取場、その他を含む下部地点周辺にわたり実施された。野外調査で求められた地質図は図6-7に示される通りであり、層序は表6-2に示される。

表6-2 テカイ川下部地点の地質層序

地質時代		記号	地層	岩相
新生代	第四紀	r	現河床堆積物	石英質砂、シルト及び礫を含む
		Qt	段丘堆積物	粘土、有機物と礫を含む
中生代	下部白亜紀	TSh	テルムス赤色岩層	赤紫色頁岩
		TSS		石英質砂岩及び粘状砂岩
中生代	上部ジュラ紀	MSh ₂	マンキン砂岩層	赤紫色頁岩
		MSs ₂		石英質砂岩優勢層
		Ma1		石英質砂岩、頁岩互層
		MSh ₁		暗灰色頁岩
		MSs ₁		石英質砂岩
		MCg		礫岩

下部地点の岩石は、マンキン砂岩とテルムス赤色岩層であり、上部地点と類似している。テルムス赤色岩層は、当地点の東部に分布し、マンキン砂岩は、中心部より西部にかけて分布する。テルムス赤色岩層は2つのタイプからなり、1つは、赤紫色頁岩、他の1つは石英質砂岩と粒状砂岩である。マンキン砂岩は岩相上6つのタイプに分けられる。

- i) 赤紫色頁岩
- ii) 石英質砂岩優勢層
- iii) 石英質砂岩・頁岩互層
- iv) 暗灰色頁岩
- v) 石英質砂岩
- vi) 礫岩

段丘堆積物は、テカイ川两岸に部分的に分布し、有機物を混入した粘土を主体とし、処々に礫と砂を含む。現河床では礫、砂、粘土が堆積し、洪水時には下流に移動する。下部地点には2つの大きな褶曲軸があり、1つはベスト背斜軸であり、他はテカイ向斜軸である。ベスト背斜軸はテカイ向斜軸とテルムス向斜軸の間にある主たる褶曲軸であって、NW-SE方向をもち、下部地点の北方を通過する。テカイ向斜軸は、テカイ川に沿ってNW-SE方向にのびる褶曲軸である。

下部地点には、顕著な新層は認められないが、小断層は図6-7に示す様に確認されている。破砕帯の幅は数m程度である。図6-8は下部ダム中心線の地質断面図であって、岩石は石英質砂岩、粒状砂岩、頁岩質砂岩及び頁岩から成る。地層は、SE方向すなわち上流及び左岸方向に傾斜する。

6.3 ボーリング及び透水試験

6.3.1 ボーリング

ボーリング孔の位置はそれぞれ図6-3及び6-4に示されるごとくであり、その数量は表6-3に示される。

表6-3 ボーリング及び透水試験の実施数量

地点名	ボーリング孔	深さ (m)	透水試験
上部ダムサイト	U-1	46.0	5
	U-2	44.0	8
	U-3	40.0	7
	U-4	50.0	8
	U-5	50.0	6
下部ダムサイト	L-1	50.0	7
	L-2	40.0	6
	L-3	39.0	7
	L-4	51.0	7
合計		410.0	61

ボーリング作業の結果は図6-10と図6-11の柱状図に要約される。柱状図の中で風化の程度、岩等級及びRQDは次の様な基準にもとづいて分類されている。

(1) 風化程度

表6-4は砂岩と頁岩の風化の度合を示す。

表6-4 風化程度の種類

等級	風化状態	記 事
I	新鮮	未風化新鮮
II	微風化	亀裂に沿って茶褐色に変質が認められるもコア自体は、新鮮
III	中度風化	岩質も風化を受けて変質するも、コアは手でこわされることはない程度の硬さを持つ
IV	高度風化	コアは内部まで変質し、ときに手でこわされることがある。
V	完全風化	水中にて分解される程風化し、風化土と化したもの。

(2) 岩等級

岩等級は表6-5に示される。

表6-5 岩等級の分類

名称	特徴
A	きわめて新鮮なもので、造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けていない。亀裂、節理はよく密着し、それらの面に沿って風化の跡は見られないもの。ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	岩質堅硬で開口した(たとえ1mmでも)亀裂あるいは節理はなく、よく密着している。ただし、造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質が見られる。ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
C _B	造岩鉱物および粒子は、石英を除けば風化作用を受けてはいるが、岩質は比較的堅硬である。 一般に褐鉄鉱などに汚染せられ、節理あるいは亀裂の間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目に沿って岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。
C _M	造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。 節理あるいは亀裂の間の粘着力は多少減少しており、ハンマーの普通程度の打撃によって割れ目に沿って岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば多少濁った音を出す。
C _L	造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており、岩質も軟らかくなっている。 節理あるいは亀裂の間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目に沿って岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。
D	岩石鉱物および粒子は、風化作用を受けて著しく軟質化しており、岩質も著しく軟らかい。 節理あるいは、亀裂の間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。

(ダム基礎地質調査基準：日本大ダム会議)

(3) RQD

RQDはテールその他によってボーリングの単位深さに対する10cm以上のコアの合計として定義された。すなわち次式によって与えられる。

$$RQD = \frac{\sum l_i}{L}$$

ただし、L : ボーリングの単位の深さ (100 cm)

l_i : コア長 10 cm 以上の長さ

RQDは割れ目の程度を表わすため、コアの採取率よりも地質条件をよりよく表わす。RQDと岩等級との関係は、図6-9(a)に示し、また、RQDと風化程度の関係も図6-9(b)に示されている。図によれば、岩等級風化の程度は互いに密接に関連しあっている。

上部ダム地点

上部ダムサイトのボーリング位置は図6-3と6-5に示され、各孔の柱状図は、図6-10にまとめられている。ボーリングによって認められた地質の特長は次のごとくである。

- i) 岩塊と砂からなる河床堆積物は0.9 mの厚さで、極めて薄い。
- ii) ダムサイトの両山腹では、完全風化帯と高度風化帯の厚さは比較的薄くて、5~10 mの厚さである。
- iii) ダムサイトの両高所では、完全風化帯及び高度風化帯の厚さは相当な厚さをもち約20 mである。
- iv) 一般に新鮮又は、微風化の岩石は非常に堅硬な石英質砂岩及び頁岩から構成されるが、ところによっては、割れ目に富みRQDの値は非常に小さいか0となっている。

下部ダム地点

下部ダム地点のボーリングの位置は、図6-4と6-7に示され、各孔の柱状図は図6-11に要約される。ボーリングによって判明した地質状況は次の通りである。

- i) 岩塊と砂からなる河床堆積物は3.3 mの厚さで浅い。
- ii) 右岸中腹では、完全風化帯から中度風化帯にかけての厚さはかなり薄く、3 m程度であり、微風化又は新鮮な岩盤は表層近くに分布する。
- iii) ダムサイト両高所では、完全風化ないし、高度風化帯は上部ダムサイトに比較すると薄く約8 mである。

iv) 一般に新鮮又は微風化岩盤は非常に堅硬な砂岩と頁岩から成るが、ところによって亀裂に富み、RQDの値は小さいか、0である。このような地質状態は上部ダムサイトのそれと非常に類似している。

6.3.2 透水試験

透水試験は、上部及び下部のダムサイトの各孔において実施され求められた。透水係数はそれぞれ図6-12と図6-13に要約して示されている。岩盤の透水係数は地層面と節理に沿う水の浸透量の多少によって定まる。両ダムサイトにおいて、岩盤の表層では風化によって地層面や節理が開孔しているため、高い透水性 ($K > 2 \times 10^{-4}$ cm/sec) をもつ。一般に新鮮な岩盤は亀裂が密着しているため、低い透水性 ($K < 6 \times 10^{-5}$ cm/sec) をもつ。しかし、新鮮な岩盤であっても亀裂帯では透水性は大きい。 ($K = 2 \sim 7 \times 10^{-4}$ cm/sec)。

6.4 弾性波探査

6.4.1 弾性波速度と地質との関係

調査地の岩石は主として石英質砂岩と頁岩から構成されている。弾性波は、岩質の変化よりも風化の急激な変化がある面で屈折する。しかし、風化の状況は、岩相によって異なる場合が多い。すなわち頁岩の風化は主として、化学的变化に影響され、弾性波速度も漸次新鮮なもの (約 3,500 m/sec) から高度風化帯 (900 m/sec) に変化する。砂岩は化学的には比較的抵抗性があり、風化は主として節理に沿う開口によって影響される。弾性波速度は新鮮で亀裂が閉じたものは 5,000 m/sec 程度であり、高度風化帯では 1,000 m/sec まで低下する。表層の速度は場所によって著しく変化がみられ、350 m/sec ~ 500 m/sec に変化する。表6-6は弾性波速度と風化の度合との関係を示すものである。

表6-6 弾性波速度と風化の度合との関係

弾性波速度	風化の程度
5,000 m/sec	新鮮堅硬 (砂岩)
2,000 ~ 3,500 m/sec	新鮮 ~ 微風化
1,400 ~ 2,000 m/sec	微風化 ~ 中度風化
900 ~ 1,300 m/sec	高度 ~ 完全風化
350 ~ 500 m/sec	完全風化 ~ 表土

6.4.2 弾性波探査の解釈

(1) 上部ダムサイト

図6-3に示すように上部ダムサイトの測線はダムサイトを十分におおうよう網目状に設定された。中心線はU-A測線である。弾性波探査の作業量は、表6-7に示すごとくである。

表6-7 上部ダムサイト弾性波探査測線長

測線名	測線長(m)	展開数
U-A	670	7
U-B	290	3
U-C ₁	110	1
U-C ₂	110	1
U-D	310	3
U-E	280	3
U-F	290	3
U-G	200	2
U-H	200	2
U-J ₁	110	1
U-J ₂	180	2
合計	2750	28

主測線U-Aの地質断面は、図6-14に示され、400 m/sec ~ 500 m/sec の速度をもつ表層の下に3つの屈折層が見いだされている。そのうち浅層のものは、900 m/sec ~ 1,300 m/sec に速度が変化し、これは完全から高度の風化帯とみなされる。中間層の速度は高度約1,800 m/sec の速度をもち、これは中度風化帯と考えられる。もっとも深いものは、2,000 m/sec ~ 3,500 m/sec の速度をもち、微風化から新鮮な岩層に相当する。ダムの高所では、表土層から中度風化帯 400 m/sec ~ 1,800 m/sec が相当に厚い(18 m)。弾性波速度は、ブルドーザによる開削工事におけるリップビリティについての有用なる情報を提供する。図6-16は砂岩と頁岩に関するリップビリティと弾性波速度の関係を示すものである。図によれば2,000 m/sec 以下の速度層は大型のリップドーザによって掘削することができる。

(2) 下部ダムサイト

図6-4に示す様に弾性波測線は、ダムサイト全域に渡り、網目状に設定され、主測

線L-Aはダム中心線上に設定されている。弾性波測線の数量は表6-8に示す通りである。

表6-8 下部ダムサイト弾性波探査測線

測線名	測線長(m)	展開数
L-A	570	5
L-B	310	3
L-C ₁	110	1
L-C ₂	220	2
L-D ₁	210	2
L-D ₂	210	2
L-E	250	3
L-F ₁	110	1
L-F ₂	100	1
L-G ₁	200	2
L-G ₂	230	2
合計	2520	24

主測線L-Aの断面は、図6-15に示され、表層の速度は、350m/sec～450m/secであり、その下の速度としては、浅いものから深いものにかけてそれぞれ1,000m/sec、1,400～2,000m/sec、2,000～3,500m/secである。このような地質状況は上部ダムサイトに比較して風化帯の厚さは薄い。従って下部地点の風化状況は上部地点のそれよりも好条件にあるといえよう。

6.5 地質工学的考察

6.5.1 ダムサイト

(I) 上部ダムサイト

上部ダムサイトは地形地質条件からみて、アースフィル、ロックフィル、またはコンクリートダムの建設には適しているが、当然ダムの高さは制限される。ダムの基礎としては、中程度ないし低風化帯が対象となり、完全風化帯及び高度風化帯は、掘削されることが必要になる。図6-6はダム中心線の地質断面であり、風化土や風化帯によって山腹の大部分がおおわれる。風化土、風化帯の厚さは、標高を増すに従って増加する植

向を示す。コンクリートダムに対しては、高度風化帯ないし、中程度風化帯を除くことが適切であろう。一方、ロックフィルダムについては、完全風化帯ないし高度風化帯を除くことが望ましい。コンクリート及びロックフィルダムに対する掘削深は、表6-9に示すようになる。

表6-9 上部ダム地点掘削深度

ボーリング孔	コンクリートダム (m)	ロックフィルダム (m)	
		コア部	コア部以外
U-1	18.2	18.2	16.2
U-2	0.7	0.7	0.7
U-3	1.6	1.6	0.9
U-4	5.1	5.1	2.7
U-5	18.7	18.7	3.7

掘削深は風化程度、岩等級RQD及び透水性によりさらに多くのボーリング作業に基づき決定されるべきである。いずれにしても地質条件からみて当地点では、フィルタイブダムを採用する事が望ましい。その理由はコンクリートダムの掘削量が膨大になり、かつコンクリート打設の量が地形地質条件により多大になるためである。図6-5及び図6-6に示す様にダムサイトの岩盤は、頁岩を介在する石英質砂岩からなり、新鮮な岩盤は大きな支持力をもつ。地層は褶曲作用をうけているが、その傾斜は上流方向に向き、この点はダムの基礎として好条件である。図6-12は、透水試験の結果を示すもので、透水性の高い部分は顕著な風化ゾーン又は開口亀裂の部分であって、基礎の上部に相当するところでは、高い透水率を示すのでブランケットグラウトが、フィルダムの遮水壁のすべての基礎部分に必要なとされるであろう。予定中心線U-Aの場合には、地形、地質条件よりダムの高さは90mに限られる。この地域では、中心線を変更しても120mの高さが限度であろう。

(2) 下部ダムサイト

図6-8は下部ダム中心線の地質断面であって、右岸河床では、堅硬な石英質砂岩が露出するが、一般に他の基礎岩盤は風化土ないし高度風化帯でおおわれる。しかし、上部ダム地点に比較して風化帯はそれほど厚くない。表6-10は、コンクリートとロックフィルダムのそれぞれの掘削深について考察したものである。

表6-10 下部ダム地点掘削深度

ボーリング孔	コンクリートダム(m)	ロックフィルダム (m)	
		コア部	コア部以外
L-1	9.3	9.3	7.0
L-2	3.3	3.3	3.3
L-3	1.0	1.0	0.5
L-4	7.7	7.7	5.1

下部ダムは、地形・地質条件のみからみれば、アースフィル、ロックフィルまたはコンクリートダムの構築に適しているが、ダムの高さは60mに制限される。それは、ダムサイトの左岸が河床より70mの高さしかなく、しかも除去されるべき風化帯が約10mの厚さを必要とするからである。

地層の傾斜は単純に上流方向に向き、ダム基礎岩盤としては好条件をもつが、高い透水性をもち漏水対策として、可成りの深度までカーテングラウトを必要とする。

6.5.2 仮排水路トンネル

上部地点の仮排水路トンネルは、地形・地質条件からみれば、左岸側に選定されることが望ましい。

地下水位以下にトンネルが掘削されることになり、掘削にあたり地下水の流入が予想されるが、大量の地下水が流入することはない。これは、図6-6に示される様に地下水位が非常に低くかつ透水係数が小さいからである。

トンネル孔口では、風化帯がかなり厚いため安定を欠くおそれがある。この問題は、詳細設計の段階において、十分なる調査を必要とする。

6.5.3 発電所

上部及び下部の発電所は、いずれも右岸に設置することがよからう。発電所地点は表土及び高度な風化岩によっておおわれるが、河床レベルでは新鮮ないし微風化岩が分布し適切な支持力をもつもので、発電所の基礎としては問題はない。

6.5.4 スピルウェイ

上部のロックフィルダムについては、スピルウェイは左岸に設定された方がよい。スピルウェイの基礎は中程度の風化岩におき、掘削は完全風化帯及び高度風化帯を対象とする

ことになる。弾性波探査及びボーリングの結果からみてその厚さは、約20 mと推定される。表土部分を除き斜面は1:1の勾配で安定されよう。斜面の安定と基礎の深さを決めるために十分な調査が必要とされる。

6.5.5 原 石 山

新鮮な砂岩は、建設材料として適切であるが、頁岩は劈開が多いため適切でない。図6-3、図6-4はそれぞれ上部と下部の原石山地点を示し、そこでは、堅硬な砂岩が分布する。しかし、新鮮な砂岩は15 m~30 mの深さの風化岩によっておおわれている。掘削量は堅硬岩の厚さと分布範囲が判明すれば計算することが出来る。詳細な調査にあたっては良好な地形図が必要とされ、今回は1万分の1の縮尺の地形図を原位置で作成した。図6-3、図6-4に示す上部及び下部の新鮮な岩石の採取量は、それぞれ $9.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ 及び $1.24 \times 10^6 \text{ m}^3$ 程度となる。今後ボーリング、弾性波探査、岩石試験等を実施し、採取可能量を計算する必要がある。

6.5.6 土 取 場

風化土や風化岩は、粘土、砂、風化岩片で構成され、土取場の材料源となり、ロックフィルダムの透水材料として良好と考えられる。ダムサイトからの距りと材料の採取の可能性からみて、上部地点及び下部地点の土取場として、それぞれ図6-3及び図6-4にその候補地点を示してある。

現河床堆積物は、石英質砂から成りダムサイトから近距りに分布する点からみて、非常に価値あるものである。図6-17は、フルイによる粒度加積曲線であり、この図によれば河床の砂は中粒砂~粗粒砂~細礫から成り、コンクリート細骨材として用いることができよう。

なお、上部地点土取場として図6-3に示すように、テルムス川下流部左右両岸の候補地を選定したが、測量の結果本候補地の標高が低く、ダム仮橋切により相当部分が水没するので、土取場として良好でないと判断される。

6.6 地 震 活 動

最近、地震活動性が大構造やそのパターンの見地から明らかにされつつある。すべての震央は、多少のずれがあるものの実質的に地形的な地溝の場所にあることが指摘されている。

図6-18は、1961年から1967年までの東南アジアにおける地震活動性を示している。これ

をみると、インドネシア島弧にそって震央が帯状に分布しているのがわかるが、マレー半島は地殻変動に対して安定なスンダ大陸棚の一部として形成されている。したがってその中で地震は認められていない。

図6-19は、地震のマグニチュード、深さ、震央位置のわかっている地震からもたらされる地震加速度を示している。マレー半島の地震加速度は $0.01g$ ($\approx 10\text{gal}$)以下であると推定される。

7. 水文・気象

7. 水文・気象

7.1 概 要

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、降雨をもたらし、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。1,000 mm 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く、また大気湿度は最高となる。

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。

西季節風の接境期に当る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。

7.1.1 気 温

テカイ川近傍のクアラタハンにおいて1972年から1979年の記録によれば年平均気温は26.0℃で平均気温は5月の27.1℃が最高で、1月の24.1℃が最低である。平均気温の最高と最低の温度差はわずか3.0℃で年間を通じて大きな変化はない。しかし気温の日変化は比較的大きく、早朝6時頃の気温が最も低く昼間は13時頃が最も高く、最高と最低との温度差は平均値でも6℃を越す。

7.1.2 相対湿度

バハン川流域の中央部にある都市テムローにおいて年間の平均値で86%と高い値を示すが、年間を通じての変化では最低が3月から4月にかけての85%、最高が11月の89%となって、その差は4%程度とその変動はわずかである。相対湿度も季節変化よりは日変動のほうが大きい。

7.1.3 日照時間

年間の平均日照時間は、東海岸のクアタンでは5.79時間でバハン流域の高標高部に位置するカメロンハイランドでは4.67時間と短い。2月～4月の乾期では約6～7時間で雨期の11月～12月は4時間弱と短い。

7.1.4 蒸 発

バハン流域の蒸発量はClass A(black) pan によって測定され、年間約1,800mm程度である。北東モンスーン期を除いて均等に分布する。高標高部のカメロンハイランドで年間1,200mm、バハン川中流部のクアラタハンで1,270mm、海岸部のクアタンで1,660mmとなっている。

実蒸発散量の値は湿度が高い為に、蒸発量とほとんど変わらない。

7.1.5 風

バハン流域に吹く風は年中弱く、平均風速は海岸部で1.7 m/s、クアラタハンでは0.37 m/s以下である。海岸部での風向きは12月～3月の間は主に北から北東の風、6～10月の間は西から南西の風である。風速としては、北東の風が最も強い。北緯5°以南は台風に見られないのでこの流域も同じである。

7.2 降 雨

7.2.1 降雨の一般的特徴

マレイ半島の降雨は、まずデイル氏により研究され、以下に記す5地方のパターンがあると論じられた。

- (i) 北西地方では、雨季節風期の移行時期に最も雨が多く、北東季節風期には最も雨が少なく、南西季節風期には、その中間の降雨量を示す。クダおよびパリス地方の平原部では、クダ高地および他の山間部より降雨量は少ない。

- (ii) 西部地方でも、両季節風の移行時期、すなわちまず4月（降雨時季短い）そして10～11月（総計では最多雨季となる）。雨は、北東季節風に基づくものが多く、南西季節風による時期、たとえば7月は極めて少量である。
- (iii) ポートディクソン、ムア海岸地方では、第1季節風移行時に多くの降雨を伴う。通常、南西季節風時は降水量の立ち上りは少なく、北東季節風時に最大降雨量を見るのが常である。
- (iv) 南西地方では、年間を通じての、月間降雨量の変動は少ない。内陸部より海岸部で降雨が増加する傾向にある。
- (v) 東部地方では、北東季節風時に豪雨に見舞われるが、他時季は、極めて少量の降水にとどまる。

図-2に、各地方の区分図を示す。

7.2.2 年 雨 量

図7-3の等雨量線図は1961年～1970年までの10年間の97観測所の年降水量記録を使ってMMS (Malaysian Meteorological Service) が作成したものである。

年平均降雨量の記録は、流域中央部のムンテカブの2,060mmからEast Coast Rangeを代表すると考えられるS.Lembing Hospitalにおける3,630mmの範囲までとなっている。

バハン川流域における雨量観測所の分布は高度300以上の高標高部は21地点とすくなくトレンガヌ及びケランタンの境界近くの雨量値はほとんどわかっていない。

バハン流域の年平均雨量は、概ね2,300mm～2,400mmと推定される。

テカイ川流域内にはStation No 4227001と4127001の雨量計があるが、観測開始1974年から新しく、又、欠測が多い為にテカイ川流域平均雨量を代表するには至らないが近傍の観測所から推定すると約2,300～2,400mmと思われる。

7.2.3 月 雨 量

(i) バハン川流域月雨量

図7-3はバハン流域内で顕著な月雨量変化を示す観測所（クアタン、ムンテカブ、カメロンハイランド）と考えられる月雨量パターンを示した。表7-2はその3つの代表的観測所における月平均降雨量、標準偏差、最大値、最小値の月ごとの統計をまとめたものである。それから次のことがわかる。

- i) クアタランによって代表される東海岸においては季節による変化が大きい。
 (coefficient of variation 0.60)年降雨量の半分近くが、北東モンスーン時期の11月～1月の間に発生する。
- ii) カメロンハイランドによって代表される高標高部域では降雨量は年間を通じてもっとも平均している。降雨量が最大となるのは2回のモンスーン移動期である4月と10月に発生する。
- iii) ムンテカブによって代表される流域中部は最も乾燥した地域で年間の降雨量もあまり変化しない。
- iv) 一般に流域が最も乾燥しているのは6月と7月であるが2月に降雨量が最低を示すこともある。

表7.2はクアラタハンの統計値であるが、これは流域中流部同様の特徴を表している。

(2) テカイ川流域月雨量

テカイ川流域内では、コロンボ計画下のオーストラリア・スタディ・チームの技術援助のもとに1973年3個のデジタル式自記雨量計が設置されたのが最初である。1981年7月に入手した観測所の位置図では Station No. 4227001 と 4127001 の2地点であるが

表7-3 相関回帰分析の使用月間降雨資料

Station No.	Station Name	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
4324113	Kuala Tahan Taman Negara										
4227001							□	□□	□□	□□	
4127001						□□	□□	□	□		□□
4023001	Sg. Yap					□					
4223115	Kg. Merting										
4023117	Sek. Keb. Kg. Tembeling										
3933003	Balok Kuantan										
3924072	Paya Kangsar Pumphouse										
3828091	Ulu Iepar Estate										

(Source; N.W.R.S.)

入手したデータは数ヶ月のみであった。これらのデータを用いて近傍の観測所との相関回帰分析をおこなった。

この結果、テカイ川流域内の Station № 4227001 の近傍の観測所からの回帰式から判断すると月雨量は他の観測所より多い。又 Station № 4127001 は逆に観測値は少ない。

7.2.4 確率解析

図7-5は、確率 $1/2$ 年及び $1/100$ 年の日雨量及び5日連続雨量の地域的分布を示したものである。これらは流域内の30地点の観測所で得られた34年間の記録にもとづいて作成された。

これからもわかるように、降雨が最も激しいのは流域の北東部で最も降雨の少ないのは流域の西部である。

図7-6はクアタン、カメロンハイランドの短時間降雨強度曲線を示したものである。図中には対数正規分布法による曲線とガンベル法による曲線を示してある。これからも判るようにガンベル法は対数正規分布よりも一般に高い推定値を示している。

表7-7は、4つの気象観測所における継続時間15分～10日の降雨について最大雨量を示した。東海岸の3つの観測所は類似しているが、カメロンハイランドの観測値ははるかに少なく、これは流域西部の特性と思われる。

7.3 河川流出

7.3.1 テカイ川流量資料の検討

テカイ川の水位観測は NEB により 1972 年から本川テンブリン川との合流点より約5km上流のベスト地点で実施している。又、テカイ川流域近傍としてはテンブリン川とテカイ川合流点より15km上流テンブリン川、クアラタハン地点で NEB により実施されている。

(i) 水位一流量曲線の検討

水位に対応する流量観測は 1972 年 4 月より実施され約 90 の観測値を得ているが、実測最大水位 3.31 m、実測最大流量 15000 m³/s が限度で、高水位の流量実測が得られていない。

観測結果に依ると、水位と流量の関係は、1つの関係曲線で示すことができず、年別に変動するので各年の観測結果を比較して次の関係式を得た。(図7-9～15参照)

又 NEB で作成した水位一流量表とも良好な関係であるのが判る。同様にクアラタハン

においても良好な水位-流量曲線が得られた。

7.3.2 流量比較

クアラタハンの雨量、カテイ川ベスト地点流量とテンブリン川クアラタハン地点流量との相関関係を把握するため、クアラタハン地点流量を流域比でベスト地点流量と比較すると、クアラタハン地点流出とベスト地点流出の反応関係は概ね一致している。

7.3.3 ダムサイト流量

テカイ川水力発電開発計画に使用する流量は、ベスト地点の流量資料に欠測が多いこと、テカイ川流域が多雨地帯にもかかわらず流出高が低いこと等を考慮してクアラタハンの流量を流域換算して求めた。

なおクアラタハン地点流量の欠測補填は、次の手順で行なった。

- (i) ベスト地点流量がある場合は、各月の流量相関分析による回帰式で求めた。
- (ii) ベスト地点流量も欠測の場合で、欠測期間の短いときは流量の低減を考慮して補填した。長期にわたっている場合(1976年6月、7月)は、他の年の月雨量に対する月流出量を考慮して補填した。

・下部地点流量

$$Q_{LD} = Q_K \times \frac{A_{LD}}{A_K}$$

・上部地点流量

$$Q_{UD} = Q_K \times \frac{A_{UD}}{A_K}$$

ここに Q_{LD} : 下部地点における流量

Q_{UD} : 上部地点における流量

Q_K : クアラタハン地点流量

A_{LD} : 下部地点流域面積=1390 km²

A_{UD} : 上部地点流域面積=1200 km²

A_K : クアラタハン地点流域面積=3220 km²

クアラタハン地点流量を流域換算の結果、上部地点及び下部地点における年平均流量は40 m³/s、46 m³/sである。各ダムサイトにおける流況を整理すると表7-9の如くでありこれからも判るように1977年は渇水年である。下部地点における平均年間流出量は1,470×10⁶

年流出高は 1,060 mm となる。月雨量の相関解析結果及びクアラタハン地点雨量 (Avg = 2,100 mm) から推定したテカイ川流域平均雨量は 2,300 ~ 2,400 mm であり、実蒸発散量を 1,300 mm とすれば、年流出高 1,060 mm は妥当な値と思われる。

7.4 洪水

7.4.1 既往洪水

バハン川流域の洪水は北東モンスーン時期の12月後半から1月初旬にかけて発生しており著名な洪水として、1926年の洪水、1971年1月洪水、1972年12月洪水等がある。図7-19はMMSKによって提供された等雨量線図である。これからも判るようにテンブリン川の上流部すなわちトレンガヌとの境界部は流域内でも多雨地帯であることがわかる。

i) 1926年洪水

洪水規模は今世紀最大だが、流域内の開発もあまり進んでいなかった為に破滅的な損害は免れた。

ii) 1971年洪水

1970年12月26日から大雨が降り始め、この日の降雨量は東海岸で314mm、テンブリン(Tembeling)流域では104mm、ジェライ(Jelai)流域で109mm降った。29日にはほとんどの地域で雨が弱くなった。その後30日から再び降り始め1971年1月5日まで続いた。1日の降雨量は東海岸で最高の341mm、テンブリン流域142mm、ジェライ流域で124mm、スマンタン(Semantan)流域で154mm、テリアン(Teriang)流域で221mmを記録した。主な支流では洪水のピークが1月4日、5日であった。

1931年~1971年の40年間大きな洪水がなかった為に比較的浸水しやすい低地域で、都市開発及び農業開発が進められていた。したがって、ムンテカブ(Mentekab)では商業及び住宅地域のほとんどが浸水し、スマンタン川(Sg.Semantan)では鉄道橋のレールすれすれまで水位があつた。被害総額3800億M\$,死者24人。避難者15万3千人、洪水被害規模は最大である。

iii) 1972年12月洪水

降雨は12月11日に始まり、12月23日まで続いた。13日間に記録された全降雨量の最高は東海岸の1,150mm、テンブリン流域では410mm、ジェライ流域では298mmだった。この豪雨の特徴は流域の東半分集中したことである。被害はペカン(Pekan)、テムロー(Temerloh)、ムンテカブ(Mentekab)の各市で多かった。被害総額600億MS。

7.4.2 確率洪水流量

図7-21はパハン川流域で得られた Regional Flood Frequency Curves である。これはパハン川流域の6観測所(表7-11)で得られた水位-流量をガンベルのモーメント法により確率処理し、確率流量と流域面積の関係を対数用紙にグラフ化したものである。

この図の推定能力をさらに5観測所(表7-10)の水位と流量により検証した。

この結果、パハン川流域は、次の2つの地域に分けられた。

- ・ S. Tembeling and East of S. Pahang (Region 1)
- ・ S. Jelai and West of S. Pahang (Region 2)

したがって、テカイ川流域は Region 1 に属し、下流ダムサイトにおける100年確率洪水流量は概ね $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

7.5.3 ダム設計洪水流量

ダムは、半ば永久的に河川を横断して流水を貯留または取水するため人工的に建設された工作物であり、その設計に際しダム地点を流下する洪水に対して安全であるような措置をとらねばならない。この場合対象となる洪水量は、ダム地点に発生し得ると予想される最大規模の1000年確率洪水流量とする。

パハン川流域で計画されているダム地点のダム設計洪水量は、単位図法(Unit Hydrograph)により算出された。

表7-11 設計洪水流量

Damsite	Tekai Lower	Tembeling Upper	Tembeling Lower	Telom/Jelai Kechil
Area (km^2)	1,390	2,850	5,150	2,090
5-day Rainfall (mm)	1,680	1,680	1,680	640
Mean Point Rainfall	1,230	1,260	1,180	640
Unit Hydrograph Log Time (hr)	24	30	40	20
Initial Base-flow ($\text{m}^3/\text{sec.}$)	110	230	420	200
Effective Rainfall (mm)	740	700	480	290
Inflow Peak ($\text{m}^3/\text{sec.} \times 10^3$)	5.01	8.67	10.17	5.71

(Source; 3.5.13, Vol.3 Pahang River Basin-Study)

又、図7-22は他のプロジェクトで採用された設計洪水流量 (Design Flood) をもとに、包絡線 (Envelope Curves) を引いたもので4地帯に分けられる。

7.5 河川流砂量

7.5.1 流砂観測

テカイ川では、定期的な河川流砂の測定は実施されておらず、パハン川の流砂測定も1972年以降から実施され始めた。

パハン川の流砂測定は DID (Drainage and Irrigation Dep.) によって表7-12に示す5地点で実施されている。

表7-12 流砂観測結果

Station No.	Station Name	Catchment Area (km ²)	Data Period	Average Sediment Concentration (ppm)
3423421	Semantan	2,920	72-78	110
3424411	Pahang	19,000	72-74	140
4019462	Lipis	1,670	72-76	130
4023412	Pahang	13,200	72-74	150
4223450	Tembeling	5,050	74-77	130

(Source; N.W.R.S.)

7.5.2 流砂濃度

パハン川の流砂濃度は、資料の結果、110~150 ppm程度である。テカイ川については1981年7月~9月にプロジェクトチームにより5地点で各3個のサンプリングを実施した。その結果約10 ppmとパハン川本川に比べて澄んでいた。これは、サンプリングの実施時期が乾季であることも反映している。

7.5.3 貯水池内の堆砂

貯水池内の堆砂は主として雨量、河川勾配、地質、地況 (植生状況) によって定まる。砂礫のような粗粒物質の堆砂量を精度よく求めるためには、ダム構築後数年間に亘り測定しなければならない。既設ダム貯水池の堆砂量測定結果によれば、森林地域における堆砂量は一般に、年間100 m³/ha以下とされている。

難波は、日本における多数の堆砂量測定結果から次の経験式を提案している。

$$E = 0.02743 \times \frac{PR}{F} - 240.9$$

ここに、

E : 年間堆砂量 (m³/k²)

P : 年間平均雨量 (mm)

R : 起伏量 (mm)

F : 森林占有率 (%)

当計画地点の P、R、F の値は次のように想定される。

$$P = 2400 \text{ mm}, \quad R = 500 \text{ mm}, \quad F = 100 \%$$

そこで前述の式を用いて堆砂量を計算すれば、年間堆砂量 (E) は 88.3 m³/k² となる。この値よりも多量の堆砂があることを考慮しても、年間 100 m³/k² の値を越える可能性は少ない。当計画地点の集水面積は概ね 1,200 k² であるので、当貯水池に堆砂する量は年間 120,000 m³ (1,200 k² × 100 m³/k²) 程度であると推定される。

(難波宣士：林業試験所研究報告 第 173 号、1965)

7.6 蒸発量

7.6.1 蒸発量

パハン川流域における蒸発量の観測は DID (Drainage and Irrigation Department) 及び NEB によって実施されている。低標高部に多い JPT 観測所と NEB 観測所の Class A Pan 蒸発値を用いて高度と蒸発量の関係を示すと図 7-24 の如くである。

パハン川流域における Class A Pan 蒸発量データから判断すると季節による変化は比較的少なく、また各年の同じ月のデータもあまり変化しないことがわかる。

表 7-13 にパハン流域内の 3 代表的観測所及びテカイ川流域近傍のクプラタハンにおける月平均蒸発量と標準偏差を示した。最大蒸発量は 5 月頃、最小蒸発量は 12 月頃に記録され、全体の範囲は月平均値の 20~25 % 位である。

7.6.2 実蒸発散

降雨量及び流出量記録がある地点では、その差から直接実蒸発散量をもとめることができる。

表7-14はマレーシア半島の6つの流域とテカイ川流域地点について計算したものである。

図7-24は高度と実蒸発散量の関係を示したものである。

テカイ川流域の場合クアラタハンの年雨量から推定すると約1280mmとなる。

8. 環境問題

8. 環 境 問 題

8.1 概 要

プロジェクトの開発にあたっては、その開発行為が自然および社会環境に与える影響を事前に予測し、計画の検討を行うことが必要である。したがって計画地点に現存する自然環境の現状把握は、開発が与える環境影響や将来的な変化を予測するうえで、重要な初期条件となるものである。本調査では、本プロジェクトの環境に与える影響を検討するために必要な現地調査に先立って、地域のおおよその環境条件を把握するために行ったものである。

本開発計画に関して、現段階では、自然環境および社会環境についての、詳細な学術調査は行っていない。本報告書の作成にあたっては、現地における実査の他、現地踏査および関連諸機関の訪問と、ヒアリングを行い、資料収集を行った。意見聴取では、下記の諸機関について行い、資料の提供をうけた。

目的 Item	機関名 Name of Visiting Office
環境一般 Environmental Aspects	科学省環境庁 Ministry of Science, Technology and Environment Environmental Division
漁業 Fishery	農林省教育庁 Agriculture Ministry, Training Division
考古学 Archaeology	国立博物館 National Museum
動物 Animal	鳥獣保護局 Dept. of Wildlife
林業 Forestry	林業試験場 Forestry Research Institute
林業 Forestry	林野庁 Dept. of Forestry
動物 Zoology	マレイ大学動物学科 Zoological Dept. University of Malaya
公衆衛生 Public Health	国立医学研究所 Medical Research Institute
野生動物 Wildlife	国立公園・鳥獣保護局 Wildlife Dept. of National Park
地域計画 Regional Plan	パハン州経済企画庁 Economic Planning Unit of Pahang State
林業 Forestry	パハン州森林局 Forestry Dept. of Pahang State
漁業 Fishery	パハン州水産局 Fishery Dept. of Pahang State
公衆衛生 Public Health	パハン州公衆衛生局 Medical Dept. of Pahang State
農業 Agriculture	パハン州農業局 Agriculture Dept. of Pahang State
水文 Hydrology	水資源調査団 National Water Resources Study Team
気象 Meteorology	

本計画地点は気候的には、熱帯気候の中でも年間降雨量も2,200mmを超え、⁴Trollの気候区分で熱帯多雨気候とされる。また、西マレーシアの降雨量を見ると、マレー半島の東西両背稜山地などの影響をうけて、図8-1に示したように、年間降雨量および月別降雨量に各地の特性が見られる。本計画地点の特徴をこの図からみると、マレー半島南部の平地部に比較して降雨量が多いが、山地典型部が示す程、顕著な雨量を示してはいない。図8-2は、本計画地点の北方約30kmにあるクアラタハンの月別降雨量を示している。この月別降雨量の分布をみると、図8-1に示された測定点であるクアントン(Kuantan)、ペカン(Pekan)などの海岸部の月別降雨量の分布程、顕著なモンスーン型の雨季、乾季の季節変化を呈しておらず、図8-1の中のクリピス(Klipis)、イポー(Ipoh)などと同様の傾向がみられる。従って、本計画地点周辺での気候条件は、熱帯多雨気候にあつては、比較的平準化した月別降雨量の傾向を示すものと考えられる。

本計画地点における植物相は、熱帯多雨林に属している。この森林の特徴は、世界の植物群落の中で最も複雑な構造と、極端に豊かな種類組成をもつとされ、きわめて生産性が高い。従って、この豊かな森林が賦存する動物も多く、熱帯多雨林における野性動物の保護が注目されてきている。

パハン州に生息する魚類のうち、食用に供せられるものも多く、要所には市場が成立している。また、このテンブリン川は、中国大陸から民族的な移動が行われたルートのひとつとされるため考古学的な遺跡がいくつか確認されている。

現在の土地利用をみると、テンブリン川沿いに若干の農業が成立している他、原生林に近い国有の森林であり、森林保護区に指定されている地域も多い。林業では、択伐を主体とした有用材の採集が行われている。

全体的には、経済的活動よりも、自然性に優れた地域であるといえる。

水力の電源開発では、ダム、発電所、水路等や道路を建設する。ダム堤体の建設によって上流にはダム湖が出現し、下流側では、河川流量の変化が起きる。また発電所や水路、あるいは道路の建設では、地表の植物が伐採され、地形も掘削されたり、盛土をするなど大きな改変を受ける。

本開発計画では、第9章で述べたとおり、上ダム(高さ約90m)、下ダム(高さ約38m)、ともに大規模なダム湖(上ダム約105km²、最大水深約83m。下ダム約24km²、最大水深約33m)

⁴ Troll, C. : Seasonal Climate of the Earth (1966)
World Map of Climatology, Springer

を有している。水位変動は、上部貯水池の場合、貯水池が大きいため、変動速度は最大60cm/月と極めて穏やかである。

本報告書では、上記のように予定されている建設計画が水文条件、生物相、社会経済条件に与える影響について、おおよその予測と考察を行なうこととした。予測にあたっては、現在入手出来た計画地点の環境についての資料をもとに、現況の把握を行なった。しかし、入手した資料のうち、計画地点を直接調査したものが、水質など、本調査で行なったもの以外は殆んど皆無であるので、今後計画地域内でのより直接的な環境調査が必要である。従って、本章は一般的にダム建設で起こる可能性のある影響について考察したものであるといえる。

8.2 水圏に対する影響

8.2.1 流況への影響

(1) 現況について

計画地点およびその近傍の陸水は、すべて河川であり、現段階における踏査と地形図上の探索による限り、湖沼や、鉱物採掘跡の池(Mining Pool)あるいは、水田等の止水型の水域は確認されていない。

流量については、本報告書第7章で述べたとおり、テカイ川下ダム予定地下流のベスト(流域面積1,390km²)におけるものとして、平均約4[×]10⁸m³/日である。また同一地点での観測期間中の洪水時と濁水時の水位変動は約7mである。

(2) 影響について

ダムの建設によって、建設期間および運転期間とも、下流の流況についてはある程度の変化を受けることが予測される。現在の計画では、上部貯水池、下部貯水池それぞれの総貯水量は、3,400[×]10⁸m³、265[×]10⁸m³であり、下部ダム地点における年間流量は1,440[×]10⁸m³であるから両ダムの完成時には、約2.5ケ年分の河川流量を貯留することになる。従って、下流の水生動物および水生植物は、何らかの影響を受けることが考えられる。すなわち、水位の低下により水際を産卵等に利用する魚類、両生類及び水際の植生の生育に変化が生じる。また、ダムによって流送土砂がくい止められ、土砂堆積にも変化が生じる。現実には、下流への河川維持用水の放流をしながら、工事中から一部洪水を開始するとか、洪水が発電可能水位に達したら運転を開始するようにして、下流への影響を最小に止めるような対策を講ずる必要がある。これらの問題を含め下流域における現況への影響についてより詳細な調査を行ない、洪水速度についてもその妥当性を

検討することが好ましい。

ダム湖の貯水後の影響については、ダム湖の出現によるものと、下流河川の流量の変化が考えられる。ダム湖の出現によって、その地域は河川から湖沼系の水域へ変化する。この湖沼系への移行によって、水質的な変化がおこるが、その他の無機環境への影響としては、洪水地域の土壌や地質、あるいは地下水文に与える影響がある。また地下水位の変動による土壌や地質中の水分量に変化が起こるため、地すべり等の可能性が生ずる。また、同時にダム湖への土砂流入が発生することが予測されるため、沿岸の開発では土壌の流亡や地すべり防止に対する十分な注意が必要である。

ダム湖の出現による下流での流量の変化については、貯水池により流量調整がなされることとによって、下流の流況が安定化することが考えられるとともに、沿水効果および農業かんがい水の安定供給などの利水効果が見込まれる。一方、洪水時にダム洪水吐よりの急激な放流の影響も考えられるので、下流域の影響を受ける可能性のある環境影響については、十分な事前調査が必要である。

8.2.2 水質への影響

(1) 現況

ダム建設によって影響を受けると考えられる水質の変化を予測するために、図8-3に示したような両ダムサイト、およびその下流の5地点で水質の現況を把握した(表8-1参照)。水質の測定結果をみると、特に顕著な特徴は見受けられない。窒素化合物の量が若干高いとも考えられるが、注目すべき性格を示すとは考えられない。しかし、パハン水系のより下流地点での観測結果(表8-2、図8-4)を比較すると、下流部では、酸性性を示している。6月に比べ、今回の測定では4回とも(7月、9月2回、10月)はアルカリ性を示しているのが注目される。

(2) 影響

ダム建設工事中および完成後、地表の安定するまでの期間は、濁水の発生が予測される。濁水の発生は、水生あるいはその他、水を利用している動物と水生動物に影響を与える。また、下流の水系利用や景観の阻害要因となる。従ってやむを得ないものを除き濁水の発生を制御するような対策を講ずることが重要である。

ダム湖の出現によって、河川系から湖沼系へ移行するが、その水域の水質は洪水開始から数年間は急激な変化をみることが予測される。その後、次第に安定化すると考えら

れるが、本計画におけるダム湖は、面積が大きくかつ水深も大であるのでいくつかの留意すべき環境影響が考えられる。

まず安定期間中の水質の変化については、洪水によってダムの底となる地域の植物は、水中にあって腐敗し、酸素を消費し、硫化水素などを発生する。更に表土や流入した土砂からの溶出などによって、ダム湖の水質は流水時に比べて、かなり変化することが予測される。この水質の変化は、ダム湖や下流の生物相に影響を与えるが、ある程度の年月を経て徐々に安定化していくと考えられる。

また、長期的にみるとダム湖の水質は富栄養化が進むものと考えられる。すなわち現況水質中にも若干高く存在している窒素化合物が、ダム湖への有機物の流入によってより増大し、またダム湖上層での水温の上昇とともに、プランクトン等の分解も増大し、中程度の富栄養化が進展すると予測される。

8.3 生物に対する影響

ダム建設とともに生物相への影響について、現時点では、即地的な資料の入手が困難であるので、生物相のうち植物（特に樹木）、動物（特に哺乳類と食用に供するものを中心とする魚類）に限ってとり扱うこととした。

8.3.1 植物（樹木）への影響

(1) 現 況

計画地点およびその周辺は、テカイ — テンブリン 森林保護区 (Forest Reserve) に含まれている。また現在、この森林地帯は、林野庁の管理する国有林であり、将来的な林業施策が森林公団 (JENGKA) により予定されている。

当地域の自然森林植生の型は、前述のとおり、熱帯多雨林である。この熱帯多雨林は一般的には、豊かな種類組成をもち、林分は明確な層区分がむずかしく複雑な構造を有することが多い。特に、「最上層木の高さは高く、上層木から下層木まで、非常にすらりと伸びた幹をもつことが特徴となっている。高さ 25~35m で、林冠、連続してうっべいし、その上に不連続に突出した巨大高木層をもつ」とされている。(小川房人：熱帯の生態 I — 森林 — より引用)

計画地点を対象とした森林生態学的研究成果は、今のところ何もない。そのため、計画地点隣接地における、森林伐採地区から伐出材の記録を、類似的な環境を呈するもの

として引用したものが表 8-3 である。この表に示された樹種は、その記録の目的からして、有用材として経済的価値の高い高木樹種であり、この地域の森林構成種を網羅したもとはなっていない。

この森林の主要構成樹種は、フタバガキ科 (Dipterocarpaceae) の諸属に属するものであり、この科以外の出現種も、フタバガキ科の森林に随伴して現われるもの (WYATT-SMITH : 1964) である。フタバガキ科の森林型区分を行なった * WYATT-SMITH によると、フタバガキ科林は、おおそ標高によって大きく Lowland dipterocarp forests (海拔約 300m)、Hill dipterocarp forests (約 300m ~ 約 750m)、および Upper dipterocarp forests (約 750m ~ 約 1,200m) に区分され、いずれも、フタバガキ科の高木種を多種含む林相で、共通種も少ない。本計画により、なんらかの直接の影響を受ける地域の標高は約 80m から約 500m と考えられる。したがって、本計画地点は、Lowland dipterocarp forest と Hill dipterocarp forest から成っていると推察することができる。

なお、計画地点の森林の学術調査が行なわれていないので、貴重種などについては不明であるが、部分的な踏査による印象では、焼畑農業は行なわれたとしても、ある程度限定的な面積であると考えられる。また、ゴムやココヤシのプランテーションの存在も報告されていない。林分は、原生林かそれに近い状態に回復した 2 次林を主体としている。

(2) 影 響

植物に対する影響は、各種構造物の設置等、建設工事に伴う諸行為や、ダム湖の出現などによって、直接的、間接的に、植物が損壊をうける。

特にダム湖の出現においては、地下水位の変化によって、水際の植物が直接的な影響をうけ、また将来的には、水辺湿潤植物群落や、水面浮遊性植物群落と水中植物群落の発達の可能性もある。また、水際においては、水位が変動するので、土壌水分の変化による植物生活への変化が考えられる。

建設行為によって、消滅したり損壊をうけた植物については、地枝を回復し、土壌流失を防止するためにも、極力、緑化をしてなるべく初期的な現状回復をすることが望ましい。

* J. Wyatt-Smith : Malayan Forest Records, 6:23

また、止水域の出現等によって、新たに侵入してくる種については、ダム機能を阻害するような種の繁殖を制限する必要がある。ダム湖の蒸散損失に影響を及ぼすヒアンス等の浮遊性水草の繁殖は、富栄養化をコントロールする意味からも、制約する必要がある。

ダム湖洪水に伴って、現況林分の伐開を行なうが、立木および枝葉は、水質に悪影響を与えるので、あらかじめ出来るだけ撤出することが望ましい。

8.3.2 動物への影響

(1) 大型哺乳類の現況

計画地点周辺は、人為がきわめて少ない熱帯多雨林であり、この森林の高い生産力からみると、動物に与える賦存力は極めて大きいと推測される。計画地点における動物の生息状況の学術的調査が行なわれていないので、その生存種などの動物生息状況は、明確に把握できていない。しかし、パハン州北部は、国立公園もあるなど、マレー半島の中でも、原始性の高い森林が多く残存している地域である。パハン州は面積も広いが、同時にそのような環境的な背景もあって、大型哺乳類の頭数も多い。図8-5は、象(ELEPHANT)、セラダー(SELADANG)、サイ(PHINOCEROS)の全国頭数分布を示しており、パハン州に最も多い頭数が生息していることが分る。また表8-4は上記3種について、全国の頭数を、1965年と1968年で比較したもので、著しい頭数の減少を示している。

この頭数の減少は、熱帯多雨林の面積の減少が大きな要因のひとつとされている。熱帯多雨林が、ゴムやヤシの農園として開発されると、頭数の減少と同時により奥地へ動物は移動し、パハン州北部の森林でも、この傾向がみられるとされている。

計画地点およびその周辺地域における大型哺乳類の生息状況は、調査がないため不明である。

(2) 小型・中型哺乳類の現況

小型・中型哺乳類についても、大型哺乳類と同様に、本計画地域での現地調査はなされていないが、熱帯多雨林の高い生産性から考えて、計画地点にも多種多様な小型・中型哺乳類が生息しているものと推察できる。

熱帯多雨林における小型・中型哺乳類の分布を、トレンガヌにおける調査報告(TRENGGANU HYDROELECTRIC PROJECT ENVIRONMENTAL APPRAISAL)

表 8-4 Comparison of Numbers of Rhino and Elephants, Seladang in Malaysia

	<u>Rhino</u>	<u>Elephant</u>	<u>Seladang</u>
1965	47	692	706
1968	20	482	346

(Malaysia Environment and Development,
A World Bank Environmental Mission, 1975)

表 8-5 Density of Primates in Forest

Species		Density of Species (Animal/km ²)	
		Secondary Forest	Primary Forest
<u>Macaca fascicularis</u> (Long-tailed Macaque)	*	1.54	0.37
<u>Macaca nemestrina</u> (Pig-tailed Macaque)	*	0.13	-
<u>Presbytis cristana</u> (Silvered-leaf Monkey)	*	0.26	-
<u>Presbytis melalophos</u> (Banded-leaf Monkey)	*	2.95	2.22
<u>Presbytis obscura</u> (Spectacled or Duskey-leaf Monkey)	**	0.64	0.74
<u>Hylobates lar</u> (White-handed Gibbon)	*	0.89	1.11
<u>Hylobates syndactylus</u> (Siamang)	*	0.51	1.11

Notes: * protected animals
** totally protected animals

(Source; Man's Impact on the Primates of Peninsula Malaysia)

REPORT 1987年およびI.M.R.による1978年9月の医学—生態学調査の報告
 1979年)からみると、主要な種別は次のとおりである。

すなわち、ジャコウネコ(CIVETS)、MUSANG、イタチ(WEASELS)、リス(SQUIRRELS)、サル(MONKEYS)、ネズミ(RATS)、コウモリ(BATS)等である。

特に、人間の進化の謎を解く鍵をにぎるといわれる原猿類(PRIMATES)も多種生息しており、表8-5として、マレーシア半島域に生息するものを示した。

(3) 哺乳類への影響

ダムの建設によって与える影響として、建設工事期間中のものに、発破などの衝撃音や人の活動がある。また、工事完了後のものとしては、ダム湖の出現と、河川流量の変化による水際・砂州の環境変動がある。

また、ダムの出現やその他の建設行為による森林の消滅もしくは損壊は、動物の食料源のみでなく、隠れ場、休息の場、繁殖の場など、生活環境に変化を与えるので、計画地点の哺乳類の現況を把握し、その重要なものについて、十分な考慮を払う必要がある。

(4) 魚類の現況

計画地域周辺には、湖沼のような止水域は存在しない。生息する魚類はすべて流水型であるが、テカイ川における魚類の生息分布については、未だ調査が行われていない。

現地地点で入手し得たものは、計画地点近傍の市場で、テンブリン川で捕獲され、売買されている魚種である。これを表8-6として示したが、当然のことながら、食用に供せられるもので、コイの仲間の種が中心となっている。この中で注目すべき魚種はJelawatである。

Jalawatは別名King's Fishとも呼ばれ、成長すると体長50cmにもなり、生息地が限られており、特に瀬となった冷水域を好み、数も少ない高価な魚である。

(5) 魚類への影響

魚類への影響は、一般的には流量の極

表8-6 Jarantutの市場における
 主な商品魚種

No.	Type of fish
1	Jelawat
2	Kelah
3	K. Kunyit
4	P. Mocong
5	Tenggalan
6	Kerai biasa
7	Belida
8	Tapah
9	Baung
10	Sebarau

端な減少、水質の悪化によることが多い。すなわち、建設工事期間中における濁水の発生、洪水時の下流側流量の減少、また、運転段階における富栄養化、硫化水素、水温の変化あるいは、その他の水質の悪化が、主要な影響要因である。さらに、その他ダムによる水系の不連続化がある。特に、上流域に産卵場所をもっている種にとっては、水系の不連続化の与える影響は大きい。

テカイ川の魚類生息については、調査を行ない、各魚種毎に上記のような影響要因による環境の変化が与える影響について、十分に把握する必要がある。

(6) その他の動物について

動物の調査では、なるべく広範囲な動物相の調査をすることが好ましい。すなわち、陸生動物では、哺乳類の他に、鳥類、爬虫類、両生類、昆虫類および陸生貝類がある。また、水生動物では、魚類の他、水生昆虫等がある。

特に、学術的あるいは地域の生態系の維持にとって貴重な動物や、公衆衛生上重要な中間宿主となるものなどについて、重点的な調査を行なうことが必要である。たとえば学術的に貴重なものとして、トレンガヌではカメ (Turtles) (Batagurbaska, Callagur borneoensis の2種) が注目された。また、公衆衛生上重要なものとしては陸生巻貝 (Snails) が注目されている。

8.4 社会・経済に対する影響

8.4.1 コミュニティへの影響

(1) 現況

ダム湖の洪水予定地域および、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。

山地少数民族であるバテク族はネグロ系で、焼畑農業にも従事し、同時に狩猟採集によって生計をたてており、1978年の時点で、テカイ川周辺における人口は28家族61人が確認されている。テカイ川流域での主な集落では、PASIR GAJAK上流のKg・BATANG (Sungai TEKAI) にあるものが確認されている。

8.4.2 公衆衛生への影響

(1) 現況

計画地点およびその周辺のテカイ川流域では、マラリア (MARARIA)、腸チフス

(TYPHOID)、肺結核 (TUBERCULOSIS)、デング熱 (DENGUE FEVER)、フィラリア症 (FILARIASIS)、住血吸虫症 (SCHISTOSOMIASIS) などの熱帯性の疾病の発生の可能性が考えられる。計画地点の学術調査を行っていないので、具体的な可能性を検討することはできない。しかし、入手し得た資料をもとに、他の類似環境の調査 (たとえば、トレンガヌ水力発電計画での医学— 生態学調査、1979 など参照) の結果から推定すると、本計画地点で、上記疾病の媒介動物が生息すると考えられるため、感染の可能性は否定し得ない。

これらの感染症の要因は一般に感染の原因と、媒介となる動物および感染を受ける人間の存在に区分される。従って、これらの感染を制御するためには、媒介となる動物 (中間宿主) とその動物の生息環境に対する処理および工事に伴う人間の集中に対して、生活環境の整備を含んだ予防医学的処置が重要となっている。

(2) 影 響

本計画の実施に伴って、疾病の発生、あるいは増加をもたらす原因となる行為は、建設工事期間中における工事労働者の集中と、ダム湖の出現による水質の変化、水辺の植物の変化など媒介動物の生息環境に与える影響が主なものである。

マラリアは多様な動物を媒介するが、その主要なものに、*Aopheles Maculatus* がある。この蚊が好む生息環境は、湿潤土壌の草本群落である。ダム建設は、森林の伐開と湛水などによって、このような環境を出現させているので十分な対策が必要である。一般にマラリアの予防、感染後の処理は政府によって十分に行なわれている。しかし、建設工事中の労働者の集中に対しては、特に入念な予防的処置を講じ、疾病の発生と伝染に備えて速やかな対応が可能ないように、公衆衛生管理体制を設ける必要がある。

フィラリア症の原因となる、半定期性 *Brugia Halayi* を人間媒介する中間宿主には、猫や猿および蚊などがある。蚊としては、ホテイアオイ (*Eichhornia Crossipes*) や Water fern (*Salvinia Spp.*) を生息環境として好む *Mansonia (Mansonioides)* 属などがある。水位の変動や水際線の増加により、上記 *Mansonia* 群が好む生息環境の増加が予測される。

住血吸虫症 (*Schistosomiasis*) の中間宿主は、陸生巻貝 (*Snail*) である。本計画の実施によって、水際線が増加し、また植物を伐開することによる日照条件の変化が予測されるが、これは陸生巻貝が好む生息環境とされている。エジプトのアスワンダムとガーナのボルタダムで、住血吸虫症の発生が増加した報告がある。また、マレイシアに

よる罹病事例をみると、表8-7として示したように、本計画地点より西方約90kmの地点(Kg Kuala Koyan: テカイ河上流ではないが、同一バハン水系にある)での調査によって、山地少数民族の総検体数のうち1.5%のものから住血吸虫症(Schistosomiasis)が確認されている。従って、本計画の実施によって、住血吸虫症の感染可能性を否定することはできない。

上記のように、本計画の実施によって、マラリア、フィラリア、住血吸虫症などを中心とした病気が発生する可能性が増大するので、十分な疫病学的事前調査を含んだ対策が必要である。

表8-7 住血吸虫症(Schistosomiasis)の感染率

Percentage affected by schistosomiasis	Sample	Scientific Name
1 1%	Snails	Robertsiella coporensis
2 20%	Jungle Rats	Rattus Muelleri
3 1.5%	Human population of Orang Asli	

(Source; Results of data collected by Institute of Medical Research at Kg Kuala Koyan River Jelai)

4.3 文化財への影響

(1) 現況

開発計画地域周辺では、テンブリン川で、いくつかの重要な考古学的な遺跡が知られている。図8-9は、テンブリンとその周辺地域における主要な遺跡、あるいは遺物の確認地点を示したものである。このうち、テンブリン川沿岸のものが主要であり、北からJERAM KAWI, KUALA NYONG, TELOK LUBOK PUI, BUKIT JONGといった地点で、遺物が確認されている。1900年代から考古学の調査対象となって来た著名な遺跡であって、Leolithicの石器や、青銅器、鉄器など多様な遺物が確認されている。

テンブリン沿岸が考古学的に注目されているのは、古代における中国からの南下ル

ートであったと、されているからである。すなわち、中国大陸からマレーシア半島を南下する陸上ルートはタイのPATTANI、マレーシアのコタバル(Kata Baru)、クランタン川(Sg. Kelantan)沿岸、そしてテンプリン川沿岸を通るのが、ほぼ定説となっている。BC 200年頃と推定される青銅製の鐘も、テンプリン川沿いで発見されるなど、南下ルートの存在を示す遺物も多い。

テカイ川については、現在まで考古学調査が行なわれていないので、遺跡の有無は不明である。

(2) 影 響

開発計画が文化財に対して、与える影響には建設工事の活動による遺跡の発見と破壊がある。遺跡の発見は、遺物が地表表面に散布していたものをみつける場合や、地下に埋蔵されていたものを発見する場合などがある。

また、建設工事による遺跡の破壊としては、遺跡の存在に気がつかずに工事を進めてしまう場合や、発見はしたが何らかの理由で報告をしなかった場合などがある。また、遺物は発見したが、発掘をすることが出来なかったために、遺構を確認できなかつたり、他の関連する遺物を調査できない場合など多様である。

建設工事によって、文化財を破壊もしくは、損壊しないために、出来るだけ事前の調査を行ない、さらに、建設工事着手後であっても、遺跡を発見したときに、適切な対応をとることが可能なような準備をしておくことが望ましい。

8.5 産業活動への影響

8.5.1 概 要

建設計画地域における産業活動は、現在林業が主たるものであり、漁業および農業については近傍のテンプリン川とその沿岸で、地域消費型の小規模なものが行なわれているにすぎない。

8.5.2 林 業

森林資源の損失で最も大きなものは、このダム湖による水没であり、その水没面積は、上部ダムが約106kd、下部ダムが約24kdである。その損害額は、樹種毎の蓄積量、経済的価値がある程度求められていなければならない、将来的な調査を待たなければならない。

通常、ダム建設の場合に予定される水没地の森林は、ダム湖に有機物を与えて、水中植

素を消費する。そこで水をくささせないためと、材の有効利用の観点から、洪水前に林業施業計画に組みこんで、適宜伐採することがよいと考えられる。

合板材料材の価格例（テカイ川流域の材について）

(Price: price per ton delivered to factory at 4th Milestone, Jalan Mersing, Kluang, Johor.)
(As of April, 1980)

	Class	20" up	16" / 19"	14" / 15"
Mersawa	A	M\$285	M\$270	M\$150
M. Pa'ang, M. Pipit	A	285	270	150
Mengkulang	A	285	270	150
Nytoh (Saft), M. Pasir	B	180	165	100
Kédondong, Kasai	B	170	155	100

(Source; Forestry Department of Pahang State)

洪水後、ダム湖の水面の上下動により、水際の森林土壌は、有機質土壌を失うと共に、甚だしい場合には激しい土壌侵食をおこす可能性があるため、施業に際しては計画的な伐採を行ない、表土の保全にも留意する必要がある。

ダム下流では、建設時に取りつけられた道路により、森林の管理が容易になり、その存在価値の上昇することがみとまれる。

8.5.3 農 業

現在、本計画地点およびその周辺で農業を営んでいる人々は存在しない。また、計画完成後も地形的な理由からテカイ川周辺で農業開発が実施される可能性も少ない。しかし、将来ダム建設工事によりジュランツツツ〜テカイ川間の材木搬出道路が整備された場合、波及効果としてこの道路周辺での農業開発が進むことが考えられる。

現在も一部にゴム園、オイルパームの農園があり、特にテカイ川寄りの原生林地帯の農業開発が有望である。

8.5.4 漁 業

現時点で得られた資料によると、魚類の生息を強く抑制するような水質的な環境要因は、

今のところ存在していない。

特に、丸印のついているものはテンブリン川沿いで、計画地点に比較的近いジョランツットの町の市場で取引されている魚種である。売上量は、若干の経年的な変化が見られる。

近年、マレーシア政府は淡水魚類の重要性を認識し、全国に水産試験場や水産事務所を設け、淡水魚の普及につとめている。

ダム建設との関連では、水質や流量が変化することによって、下流域の漁業に影響を与える可能性があるため、少なくとも、流量について維持水量を保つ必要がある。また、出現するダム湖における魚の放流、養殖計画も産業的利点として、将来的には検討することができる。

パハン州での魚種別水揚げ量 (1971年～1976年)

Species	Quantity of fish sold (piculs)					
	PAHANG RIVER					
	'71	'72	'73	'74	'75	'76
○ Jelawat	2	10	14	11	4	5
○ Kelah	2	9	7	9	6	2
○ Kerai	6	2	3	2	5	14
○ Tenggalan	3	8	112	11	3	3
Temelian	+	-	-	1	+	+
○ Baung	3	4	5	7	3	4
Lawang	3	3	8	9	3	9
Pantin	5	14	21	21	7	4
○ Tapah	+	9	12	20	5	15

* 1 picul = 60.6 kg

+ less than 1 picul

○ Major kinds of fishes sold on Jerantut market

Note: Sales of some species of riverine fishes in PAHANG state from 1971-1976

(Source; Annual Fisheries Statistics 1971 -1976, Fisheries Division, Ministry of Agriculture)

8.6 おわりに

本計画の実施が現在の環境に与える影響は、広範囲にわたっている。本計画の現段階では、具体的な諸元が最終的に定まっていなため、環境影響の原因となる行為を明確化することが出来ない。また、影響を受ける現存環境についても、生物などに関する調査が行なわれていないので、現況の把握に限界がある。従って厳密な意味での、環境影響の予測は困難であるといえる。

しかし、計画の初期段階という条件を踏えて、計画の妥当性を、現段階で得られた知見をもとに検討すると、その要点は次のとおりである。

- ① 生物環境に関する学術的調査が必要である。特に、森林の植物社会学的調査を行ない、環境変化に対して、森林がどのような構造的影響をうけるのか、その検討が必要である。
また、動物について、学術的貴重性の他、産業的観点、疫学的観点などから検討する必要がある。
さらに、水生植物、水生動物について、流況の変化、水質の変化が与える影響を明らかにする調査が、重要である。
- ② 山地少数民族および考古学について、踏査を含んだ調査を行なう必要がある。
- ③ 公衆衛生の観点からある現況調査と、労務者宿舍などの集中に関する対策を十分にたてる必要がある。
- ④ 上記①～③を中心とした、幾多の課題があるが、計画の現段階において、環境について入手し得た知見にもとづいて考察ある限り、それらの課題は計画を断念させるものとはいえない。

9. 計画地点の選定と開発方式

9. 計画地点の選定と開発方式

9.1 概 要

テカイ川水力開発計画の可能性を策定するために調査団は1981年6月中旬より1981年10月末までの5ヶ月間にわたり、予備現地調査を実施した。

現地にて実施したボーリング調査、弾性波探査、地形測量、地質調査等を通じて上部ダム及び下部ダムの候補地点を選定した。

開発方式としては、各々単独開発、上・下部地点一貫開発、混合揚水発電計画が考えられる。混合揚水発電計画については10章で述べることとし、この章では各単独開発、上・下部地点一貫開発の規模決定等についてまとめた。

上部ダム、下部ダムのダムサイト候補地の決定及びダムタイプの決定はダム本体工事費の比較によりおこなった。その結果、ダムサイトは当初考えられた地点に決定し、ダムタイプは上部ダムはロックフィルダム、下部ダムは重力式コンクリートダムに決定した。

各単独開発における最適規模はダム高、発電運転時間、最大使用水量、利用水深等を検討し、年間発生電力量、出力を算出し B/C 、 $B-C$ により決定した。(表9-1、9-2と図9-1)

上・下部地点一貫開発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基準水位を上部発電所の放水位と同一とし、発電運転時間、利用水深を検討し、年間発生電力量、出力を算出し、 B/C 、 $B-C$ により決定した。

図9-2は各単独開発における最適規模の決定までの流れ図を示す。

又、発電計算、経済評価の基本条件は次のとおりとする。

(i) 各ダム地点における基礎流量は1973年1月より1980年12月までの8ヶ年平均流量を用いる。

$$\text{上部ダム地点} \quad Q_f = 40 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{下部ダム地点} \quad Q_f = 46 \text{ m}^3/\text{s}$$

(ii) 発電の年間便益は、代替火力発電所を想定し M^3 及び kwh あたりの年間経費を便益単価として計算する。

$$0.15 \text{ (MS)}/\text{kwh}$$

$$75.09 \text{ (MS)}/\text{kw}$$

(iii) 有効落差は総落差より1多程度の損失落差を差引いて求めた。

各種のダム規模、最大使用水量、利用水深に応じた開発計画に得られた合計便益と合計経

費を求め B/C と $B-C$ を比較し経済的な最適規模を決定する。

- (iv) 電気機器の台数は、保守運用の面も考慮して2機とする。
- (v) 上・下部地点一貫開発における下部ダムの基準水位は上部発電所の放水水位と同一とする。

Table 9-1. Optimum Scale of Developments

Item	Single (One Dam) Development		Series (Two Dams) Development	
Powersite	Upper Dam	Lower Dam	Upper Dam	Lower Dam
Dam Type	Rockfill	Gravity	Rockfill	Gravity
Dam Height (m)	90	60	90	38
Full Supply Level (m)	EL 165.00	EL 105.00	EL 165.00	EL 83.00
Minimum Operating Level (m)	EL 155.00	EL 95.00	EL 155.00	EL 79.00
Effective Depth (m)	10.0	10.0	10.0	4.0
Plant Operation Time (hr)	6	12	6	24
Maximum Turbine Discharge (m ³ /s)	160.0	92.0	160.0	46.3
Installed Capacity (kw)	104,000	38,700	116,000	
Annual Energy Generation (MWH)	225,000	155,000	327,000	
L-5 (kw)	102,000	33,000	114,000	
Construction Cost (10 ⁶ MS)	300	160	396	
Annual Benefit (10 ⁶ MS)	41.37	25.72	57.49	
Annual Cost (10 ⁶ MS)	34.15	18.35	45.12	
B/C	1.21	1.40	1.27	
B-C (10 ⁶ MS)	7.22	7.37	12.37	

Remarks: 1) Upper dam for Series (Two Dams) Development Scheme will be the same as that involved in Single (One Dam) Development
 2) Calculation of the maximum output and annual energy production are as shown Tables 9-3, 9-6 and 9-8.
 3) L-5 means an annual guaranteed output.

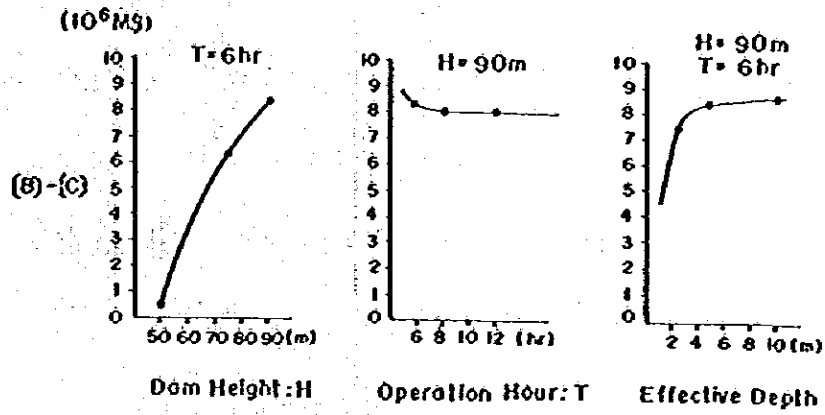
Table 9-2 Optimum Scale of Respective Single (One Dam) Development (1)

Item	Dam Height (m)	Running Hour (hr)	Maximum Turbine Discharge (m ³ /s)	Full Supply Level (m)	Minimum Operating Level (m)	Installed Capacity (KW)	Annual Energy-Generation (GWH)	1-5 Energy (MW)	Annual Benefit (10 ⁶ MS)	Annual Cost (10 ⁶ MS)	(B)/(C)	(B)-(C) (10 ⁶ MS)	Remarks
Lower Dam Qmean = 46m ³ /s	52	6	184.0	EL.97.0	EL.69.5	59,900	116	52	21.29	18.00	1.18	3.29	Dam Height Power Generation Effective Depth
	60	6	184.0	" 105.0	" 87.0	74,000	149	66	27.35	21.03	1.30	6.32	
	60	8	138.0	" 105.0	" 87.0	55,500	149	50	26.11	19.70	1.33	6.42	
	60	12	92.0	" 105.0	" 87.0	37,000	149	33	24.87	18.28	1.36	6.59	
	60	12	92.0	" 105.0	" 95.0	38,700	155	33	25.72	18.35	1.40	7.37	
	60	12	92.0	" 105.0	" 80.0	35,000	144	33	24.05	18.10	1.33	5.94	
Upper Dam Qmean = 40m ³ /s	50	6	160.0	" 125.0	" 98.5	45,000	90	41	16.60	26.12	0.64	-9.52	Dam Height Effective Depth Power Generation Effective Depth
	75	6	160.0	" 150.0	" 141.5	85,000	175	78	32.15	29.52	1.09	2.63	
	90	6	160.0	" 165.0	" 160.5	106,000	223	99	40.87	34.20	1.19	6.67	
	90	8	120.0	" 165.0	" 160.5	79,500	223	74	39.03	32.81	1.19	6.22	
	90	12	80.0	" 165.0	" 160.5	53,000	223	49	37.17	30.99	1.20	6.18	
	90	6	160.0	" 165.0	" 162.5	107,200	216	89	39.05	34.18	1.14	4.87	
90	6	160.0	" 165.0	" 155.0	104,000	225	102	41.37	34.15	1.21	7.22		

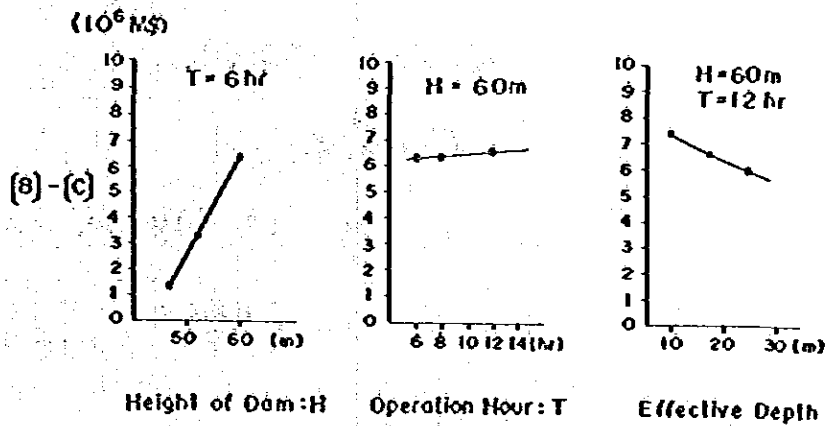
Optimum Scale of Series (Two Dams) Development (2)

Item	Dam Height (m)	Running Hour (hr)	Maximum Turbine Discharge (m ³ /s)	Full Supply Level (m)	Minimum Operating Level (m)	Installed Capacity (KW)	Annual Energy-Generation (GWH)	1-5 Energy (MW)	Annual Benefit (10 ⁶ MS)	Annual Cost (10 ⁶ MS)	(B)/(C)	(B)-(C) (10 ⁶ MS)	Remarks
Lower Dam Qmean = 46m ³ /s	38	6	185.2	EL.83.0	EL.79.0	48,300	102	46	18.71	14.13	1.32	4.58	Power Generation
	38	12	92.6	" 83.0	" 79.0	24,100	102	23	17.0	12.41	1.37	4.57	
	38	24	46.3	" 83.0	" 79.0	12,000	102	12	16.12	10.95	1.47	5.17	

Fig. 9-1
Upper Dam (Firm-Q = 40 m³/s) Single (One Dam) Development



Lower Dam (Firm-Q = 46 m³/s) Single (One Dam) Development



Lower Dam (H = 38 m) Series (Two Dams) Development

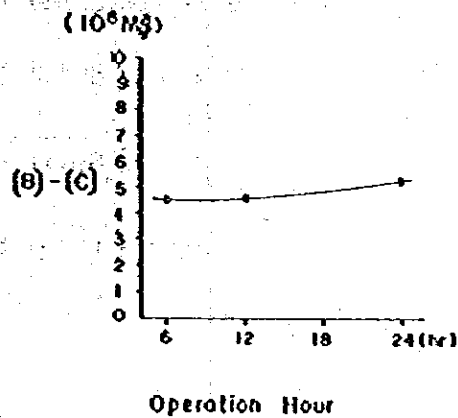
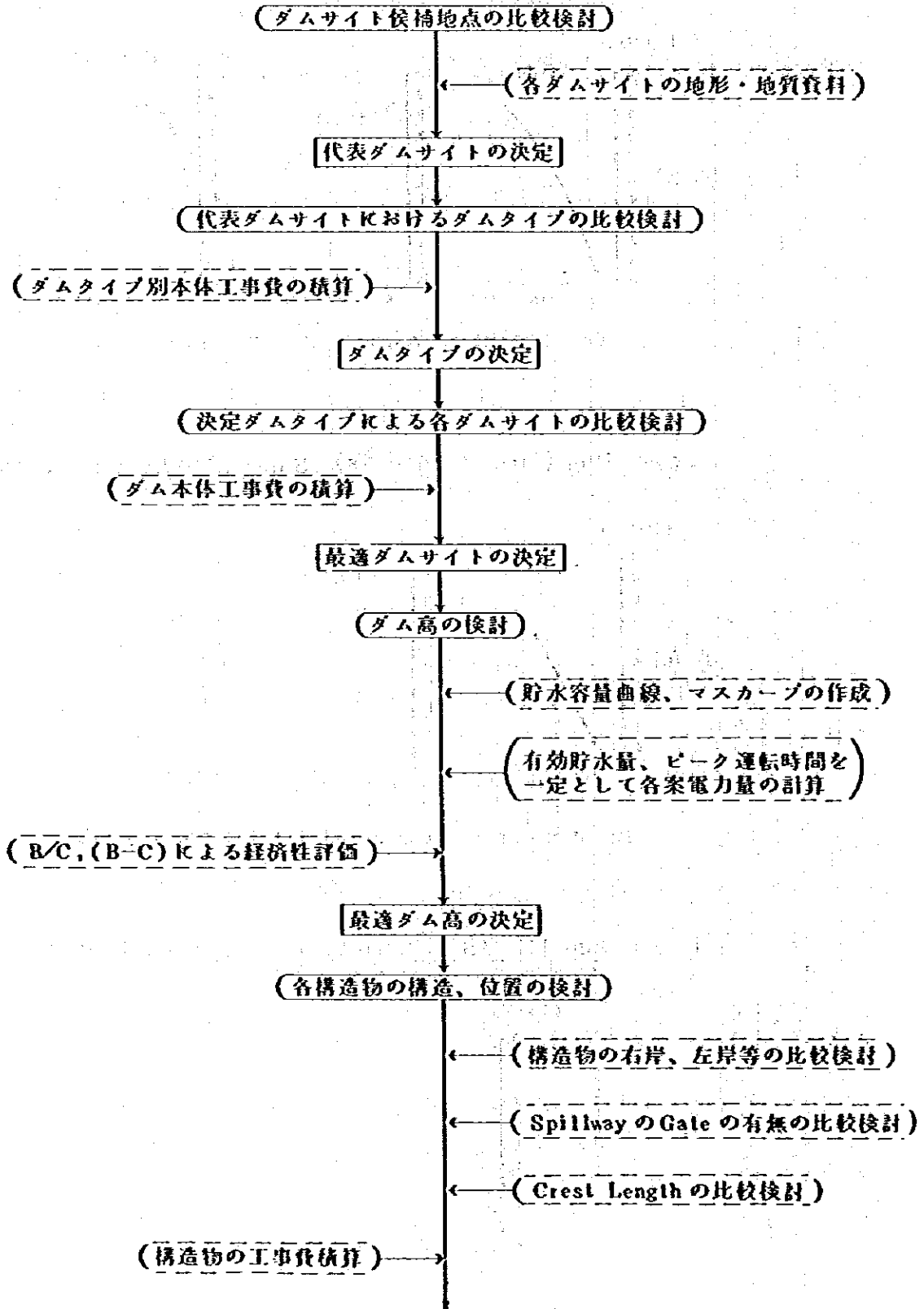
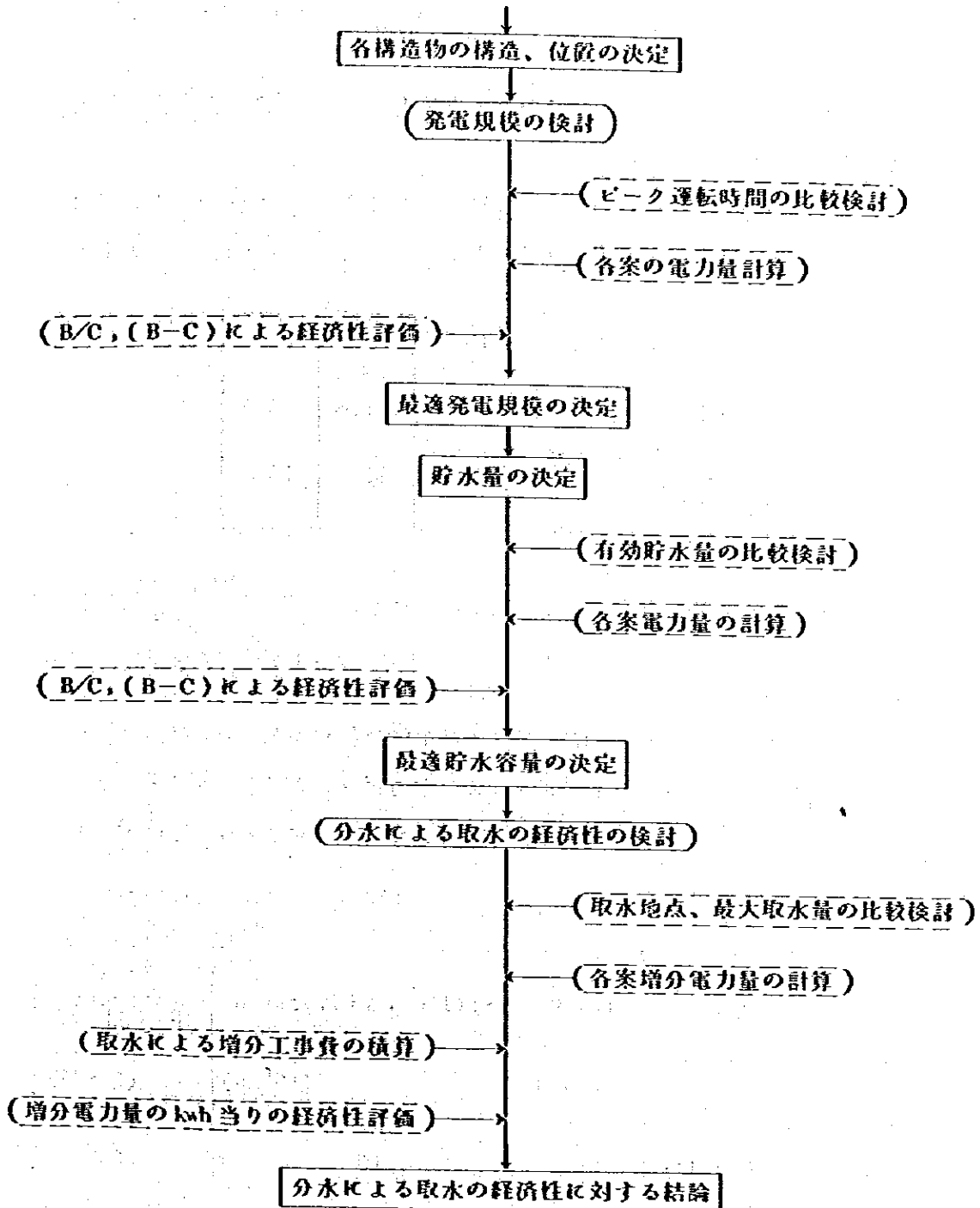


図9-2 各単独開発における最適規模の決定までの流れの図





9.2 上部地点単独開発計画

9.2.1 ダムサイトの検討

現地踏査の結果U-1、U-2、U-3の3ダムサイトが選定されたがこれらのダムサイトの優劣を本体工事費により判定する。

但し、本体工事費の比較の際の条件としては、ダム高は一定(90m)とし、発電所工事費は含まない。また分水による効果も考慮しない。ダムタイプはフィルダムとする。

Name of Dam Site	U-1	U-2	U-3
Embankment ($10^6 m^3$)	3.7	2.6	3.8
Construction Cost of Main Dam ($10^6 M\$$)	78	55	79

この結果、U-2案を最適ダムサイトとして選定する。

9.2.2 ダムタイプの検討

9.2.1で選定されたダムサイトにおいてダム高を90mとしてダムタイプの検討をおこなう。ダムタイプとしてはロックフィルダムおよび重力式コンクリートダムとする。

比較の際の条件としては、発電所の設置は考慮しない。スピイルウェイはゲート有とする。

Dam Type	Main Dam ($10^6 M\$$)	Spillway & Diversion ($10^6 M\$$)	Total Construction Cost ($10^6 M\$$)
Rockfill	55	81	136
Concrete Gravity	156	10	166

この結果、ロックフィルダム案を採用する。

9.2.3 ダム規模の検討

ダム地点流量をもとにマスカーブを作成した。(図9-3) 年間調整できる容量として $V \div 540 \times 10^6 m^3$ となる。上流ダム地点の平均流量 $10 m^3/s$ をファーム流量としピー

ク発電時間 6 hr としてダム高 50 m、75 m、90 m（地形上による最大規模）のケースについて発電計算をおこなった。

発電計算の基本条件は次のとおりとする。

$$\text{有効貯水容量} = 540 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (一定)}$$

$$\text{最大使用水量 } Q_{\max} = 10.0 \times 24 / T \quad (= 160 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$\text{放水位} = \text{EL. 820 m}$$

$$\text{最大出力 } P_{\max} = \eta_1 \eta_2 g h Q_{\max}$$

$$\text{但し } \eta_1, \eta_2, g = 8.5$$

h ……有効落差

T ……運転時間 (= 6 hrs)

Dam Height (m)	50	75	90
Full Supply Level (m)	EL. 125.00	EL. 150.00	EL. 165.00
Minimum Operating Level (m)	EL. 98.50	EL. 141.50	EL. 160.50
Maximum Turbine Discharge (m ³ /s)	160.0	160.0	160.0
Installed Capacity (kW)	45,000	85,000	106,000
Annual Energy Generation (MWh)	90,000	175,000	223,000
L-5 (kW)	41,000	78,000	99,000
Annual Benefit (10 ⁶ M\$)	16.60	32.15	40.87
Construction Cost (10 ⁶ M\$)	229	259	300
Annual Cost (10 ⁶ M\$)	26.12	29.52	34.20
B/C	0.64	1.09	1.19
B-C (10 ⁶ M\$)	-9.52	2.63	6.67

9.2.4 発電規模の検討

9.2.3 の検討により決定したダム高 (= 90 m)、有効貯水容量 (= 540 × 10⁶ m³) を用いてピーク運転時間 6 hr、8 hr、12 hr の 3 ケースについて検討をおこなった。その結果 B/C 及び超過便益 B-C を考慮してピーク運転時間 6 hr が有利と判定された。

$$\text{ダム高} = 90 \text{ m}$$

$$\text{最大使用水量 } Q_{\max} = 10.0 \times 24 / T$$

Peak Plant Operation Time (hr)	6	8	12
Full Supply Level (m)	EL. 165.00	EL. 165.00	EL. 165.00
Minimum Operating Level (m)	EL. 160.50	EL. 160.50	EL. 160.50
Maximum Turbine Discharge (m ³ /s)	160.0	120.0	80.0
Installed Capacity (kW)	106,000	79,500	53,000
Annual Energy Generation (MWh)	223,000	223,000	223,000
L-5 (kW)	99,000	74,000	49,000
Annual Benefit (10 ⁶ M\$)	40.87	39.03	32.81
Construction Cost (10 ⁶ M\$)	300	288	272
Annual Cost (10 ⁶ M\$)	34.20	32.81	30.99
B/C	1.19	1.19	1.30
B-C	6.67	6.21	6.18

9.2.5 有効貯水容量の検討(利用水深の検討)

9.2.4 までの検討により決定した諸元(ダム高90m、ピーク運転時間6hr、最大使用水量160 m³/s)を用いて、有効貯水容量(利用水深)を次の3ケース; 利用水深2.5m、4.5m、10.0mについて発電計算をおこなった。

その結果、利用水深10.0mが有利であると思われる。

ダム高 = 90 m

ピーク運転時間 = 6 hr

最大使用水量 $Q_{max} = 160.0 \text{ m}^3/\text{s}$

Effective Depth (m)	2.50	4.50	10.00
Full Supply Level (m)	EL. 165.00	EL. 165.00	EL. 165.00
Minimum Operating Level (m)	EL. 162.50	EL. 160.50	EL. 155.00
Maximum Turbine Discharge (m ³ /s)	160.0	160.0	160.0
Installed Capacity (kW)	107,200	106,000	104,000
Annual Energy Generation (MWh)	216,000	223,000	225,000
L-5 (kW)	49,000	99,000	102,000
Annual Benefit (10 ⁶ M\$)	39.05	40.87	41.37
Construction Cost (10 ⁶ M\$)	300	300	300
Annual Cost (10 ⁶ M\$)	34.18	34.20	34.15
B/C	1.14	1.19	1.21
B-C (10 ⁶ M\$)	4.87	6.67	7.22

9.3 下部地点単独開発計画

9.3.1 ダムサイトの検討

現地踏査の結果、L-1、L-2の2ダムサイトが選定されたが、これらのダムサイトの優劣を本体工事費（スピルウェイを含む）により判定する。

但し、本体工事費の比較の際の条件としては、ダムタイプは重力式コンクリートダム、ダム高60mとする。発電所の工事費は含まないものとする。

Name of Dam Site	L-1	L-2
Main Dam Concrete Volume including spillway (10^5m^3)	2.1	2.5
Construction Cost of Main Dam (10^6 M\$)	50	59

この結果L-1を最適ダムサイトとして選定する。

9.3.2 ダムタイプの検討

9.3.1で選定されたダムサイトにおいてダム高($H=60\text{m}$)として、ダムタイプの検討を行なうダムタイプとしては、ロックフィルダム、重力式コンクリート、複合ダムとし、比較の際の条件としては発電所の工事費は含まない。

Dam Type	Main Dam	Spillway and Diversion	Total Construction Cost (10^6 M\$)
Rockfill	24	68	92
Concrete Gravity	50	12	62
Compound Type of Rockfill	40	50	90

この結果、重力式コンクリートダムを選定する。

9.3.3 ダム規模の検討

ダム地点流量をもとにマスカーブ(Mass Curve)を作成し、年間調整できる容量として $V=630 \times 10^6 \text{ m}^3$ となる。(図9-3)

下流ダム地点の平均流量 $46 \text{ m}^3/\text{s}$ をファーム流量としてピーク運転時間 6 hr としてダム高 52 m 、 60 m (地形上の最大規模) のケースについて発電計算をおこなった。

$$\text{有効貯水容量} = 630 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{最大使用水量 } Q_{\max} = 46 \times 24/T \quad (= 184 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$\text{放水位 } \text{EL } 50.0 \text{ m}$$

$$\text{最大出力 } P_{\max} = \eta_1 \eta_2 g h Q_{\max}$$

但し η_1, η_2 $g \doteq 8.5$
 h 有効落差
 T 運転時間

Dam Height (m)	52.00	60.00
Full Supply Level (m)	EL. 97.0	EL. 105.0
Minimum Operating Level (m)	EL. 69.5	EL. 87.0
Maximum Turbine Discharge (m^3/s)	184.0	184.0
Installed Capacity (kW)	59,900	74,000
Annual Energy Generation (MWh)	116,000	149,000
L-5 (kW)	52,000	66,000
Annual Benefit ($10^6 \text{ M}\$$)	21.29	27.35
Construction Cost ($10^6 \text{ M}\$$)	158	185
Annual Cost ($10^6 \text{ M}\$$)	18.00	21.03
B/C	1.18	1.30
B-C ($10^6 \text{ M}\$$)	3.29	6.32

その結果、ダムの規模は 60 m とする。

9.3.4 発電規模の検討

9.3.2 の検討により決定したダム高 ($= 60 \text{ m}$)、有効貯水容量 ($= 630 \times 10^6 \text{ m}^3$) を用いてピーク運転時間 6 hr 、 8 hr 、 12 hr の3ケースについて発電計算をおこなった。その結果 B/C、B-C を考慮してピーク運転時間 12 hr が有利と判定された。

$$\text{ダム高} = 60 \text{ m}$$

$$\text{有効貯水容量} = 630 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{最大使用水量 } Q_{\max} = 46 \times 24/T$$

Peak Plant Operation Time (hr)	6	8	12
Full Supply Level (m)	EL. 105.00	EL. 105.00	EL. 105.00
Minimum operating Level (m)	EL. 87.00	EL. 87.00	EL. 87.00
Maximum Turbine Discharge (m ³ /s)	184.0	138.0	92.0
Installed Capacity (kW)	74,000	55,500	37,000
Annual Energy Generation (MWh)	149,000	149,000	149,000
L-5 (kW)	66,000	50,000	33,000
Annual Benefit (10 ⁶ M\$)	27.35	26.11	24.87
Construction Cost (10 ⁶ M\$)	185	173	160
Annual Cost (10 ⁶ M\$)	21.03	19.70	18.28
B/C	1.30	1.33	1.36
B-C (10 ⁶ M\$)	6.32	6.41	6.59

9.3.5 有効貯水容量の検討(利用水深の検討)

9.3.4までの検討により決定した諸元(ダム高60m、ピーク運転時間12hr、最大使用水量92.0m³/s)を用いて有効貯水容量(利用水深)を次の3ケース;利用水深10.0m、18.0m、25.0mについて発電計算をおこなった。

その結果、利用水深10.0mが有利であると思われる。

Effective Depth (m)	10	18	25
Full Supply Level (m)	EL. 105.00	EL. 105.00	EL. 105.00
Minimum Operating Level (m)	EL. 95.00	EL. 87.00	EL. 80.00
Maximum Turbine Discharge (m ³ /s)	92.0	92.0	92.0
Installed Capacity (kW)	38,700	37,000	35,000
Annual Energy Generation (MWh)	155,000	149,000	144,000
L-5 (kW)	33,000	33,000	33,000
Annual Benefit (10 ⁶ M\$)	25.72	24.87	24.05
Construction Cost (10 ⁶ M\$)	161	160	159
Annual Cost (10 ⁶ M\$)	18.35	18.28	18.10
B/C	1.40	1.36	1.33
B-C (10 ⁶ M\$)	7.37	6.59	5.94

9.4 上・下部地点一貫開発計画

上・下部地点一貫開発における最適規模は、上部ダムについては、発電規模の大きい上部単独案の最適規模に固定し、下部ダムの利用水深、発電運転時間、最大使用水量を検討し、年間発生電力量、出力を算出し、B/C、B-Cにより決めるものである。

下部ダムの基準水位は上部発電所の放水水位 (EL. 82.00) とし、発電有効容量は残流域を調整できる容量 ($630 \times 10^6 - 540 \times 10^6 = 90 \times 10^6 \text{ m}^3$) とした。したがって、下部ダムの諸条件は次のとおりとなる。

最高水位 EL. 83.00 m
 最低水位 EL. 79.00 m
 ダム高 = 38 m

Peak Plant Operation Time (hr)	6	12	24
Full Supply Level (m)	EL. 83.00	EL. 83.00	EL. 83.00
Minimum Operating Level (m)	EL. 79.00	EL. 79.00	EL. 79.00
Maximum Turbine Discharge (m^3/s)	185.2	92.6	46.3
Installed Capacity (kW)	48,300	24,100	12,000
Annual Energy Generation (MWH)	102,000	102,000	102,000
L-5 (kW)	46,000	23,000	12,000
Annual Benefit ($10^6 \text{ M\$}$)	18.71	17.00	16.20
Construction Cost ($10^6 \text{ M\$}$)	124	109	96
Annual Cost ($10^6 \text{ M\$}$)	14.13	12.41	10.95
B/C	1.32	1.37	1.47
B-C ($10^6 \text{ M\$}$)	4.58	4.57	5.17

したがって、下部ダムの発電運転時間は 24 hr となる。