

マレーシア国
レビルダム計画

調査報告書

要約版

1989年3月

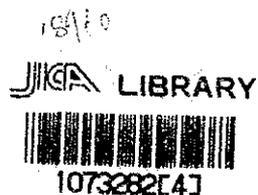
国際協力事業団

鉦計資
CR(3)
89-91

マレーシア国
レビルダム計画

調査報告書

要約版



1989年3月

国際協力事業団

鉦計資
CR(3)
89-91

国際協力事業団

18960

目 次

EQUIVALENTS AND ABBREVIATIONS

1. まえがき	1
1. 1 調査の背景	1
1. 2 調査の目的と内容	1
1. 3 調査活動	3
1. 4 謝 辞	5
2. 要約と結論	6
2. 1 結 論	6
2. 2 多目的ダム開発案	10
2. 2. 1 概 要	10
2. 2. 2 電力開発	11
2. 2. 3 洪水調節	15
2. 2. 4 農業灌漑	20
2. 3 環境問題	25
2. 4 事業の経済性	32
2. 5 事業実施計画	35
3. 地 質	40

4. 水 文	42
5. フィジビリティ設計	44
TABLE AND FIGURES	46

EQUIVALENTS AND ABBREVIATIONS

Measurement

1 - milli-micron (um)	- $1 \times 10^{-9}m$
1 - meter (m)	- 3.2808 feet
1 - feet (ft)	- 0.3047 meter
1 - kilometer (km)	- 0.6214 mile
1 - mile	- 1.6093 kilometer
1 - acre	- 4,046.85 m ²
1 - hectare (ha)	- 10,000 m ²
1 - square mile	- 2.58985 km ²
1 - cubic meter (m ³)	- 35.316 cubic feet
1 - liter (l)	- 0.2642 U.S.gallon
1 - U.S.gallon (gal)	- 3.785 liter
1 - barral (bbl)	- 158.987 liter
1 - million cubic meter (MCM)	
1 - gram (g)	- 0.00220 pound (lb)
1 - kilogram (kg)	- 1,000 gram
1 - metric ton (ton)	- 1,000 kilogram
1 - kilo volt (KV)	
1 - kilo volt-ampere (KVA)	
1 - kilowatt (KW)	- 1.341 horsepower
1 - kilowatt (KW)	- 1,000 watt
1 - megawatt (MW)	- 1,000 kilowatt
1 - kilowatt-hour (KWH)	- 3,412.1 BTU
1 - gigawatt-hour (GWH)	- 1,000,000 kilowatt-hour
1 - terwatt-hour (TWH)	- 1,000 gigawatt-hour
1 - British thermal unit (BTU)	- 2.931×10^{-4} kilowatt-hour
1 - million British thermal unit (MBTU)	- 1,000,000 British thermal unit
1 - cubic meter per second (m ³ /s, m ³ /sec or cms)	
1 - lugeon (Lu)	- 1l/min / m/10 kgf/cm ²
1 - kilogram per square centimeter (kg/cm ²)	- 14.1935 pound per square inch (psi)
1 - meter in aqua (MAq)	

Domestic Organization

Drainage and Irrigation Department	DID (JPT)
Department of Statistics	DS
Department of Environment	DOE
Department of Forestry	DOF
Economic Planning Unit	EPU
Federal Land Development Authority	FELDA
Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority	FELCRA
Geological Survey Department	GSD
Institute of Medical Research	IMR
Jabatan Orang Asli	JOA
Jabatan Kerja Raya	JKR (PWD)
Kelantan Agriculture Development Authority	KADA
Kelantan South Land and Regional Development Authority	KESEDAR
Ministry of Agriculture & Cooperation	MOAC
Ministry of Finance	MOF
National Electricity Board	NEB (LIN)
Public Works Department	PWD
State Economic Planning Unit	SEPU
State Development Department	SDD
Tourist Development Corporation	TDC
University Sains Malaysia	USM

International and Foreign Organizations

Asian Development Bank	ADB
American Association of State Highway officials	AASHO
Engineering Expert Association of New Zealand, Inc.	ENEX
Japan International Cooperation Agency	JICA
Japan Society of Civil Engineer	JSCE

Others

Aluminum Cable Steel Reinforced	ACSR
Benefit Cost Ratio	B/C
Biochemical Oxygen Demand	BOD
Bench Mark	BM
Capital Recovery Factor	CRF
Cost, Insurance & Freight	CIF
Compacted & Undrained	CU
Cohesion	C
Center to center	ctc
Chemical Oxygen Demand	COD
Degree centigrade	°C
Design Silt Level	DSL
Elevation above Mean Sea Level	EL.
Environment Impact Statement	EIS
Economic Internal Rate of Return	EIRR
Flood Water Level (Reservoir design flood level)	FWL
Free on Board	FOB
Financial Internal Rate of Return	FIRR
Fiscal Year	F.Y.
Foreign currency	F/C
Figure	Fig.
Geologic N62° E --- Strik 68° S --- dip	N 62° E/68° S
Gravity Acceleration	g
Gross Domestic Product	GDP
Growth Production Value	GPV
High Water Level (Maximum Service Level)	HWL
Internal Friction Angle	ϕ
Irrigation Agriculture Development Program	IADP
Japanese Industrial Standard	JIS
Kelantan River Basin Study	KRBS
Kampung (Village)	kg.
Low Water Level (Minimum Service Level)	LWL

Local currency	L/C
Main Transformer	M.Tr.
Minutes of Meeting	MOM, M/M
Mean Sea Level	MSL
Note of Discussion	NOD
Not available/Not Applicable	n.a.
Ocean Freight & Insurance	OF & I
Operation and Maintenance	O & M
Permeability Coefficient	k
Per unit	P.u.
Probable Maximum Flood	PMF
Power Station	P/S
Production Cost	PC
Roller Compacted Concrete	RCC
Revolution per Minute	rpm
Ratio of Total Storage Volume of Reservoir to Total Annual Discharge of River	C/I
Rock Quality Designation	RQD
Seismic Coefficient	k
Standard Penetration Test	SPT
Standard System Kelantan	SSK
Substation	S/S
Sungai (River)	Sg.
Scope of Work	S/W
Sverdrup-Munk-Bretschneider Method	S.M.B. Method
Tailrace Water Level	TWL
Transmission Line	T/L
Velocity	V
Volume	V

CURRENCY EQUIVALENTS

US\$ 1.00 = 2.5 Ringgit (M\$)

1. ま え が き

1. まえがき

1.1 調査の背景

本プロジェクトは、1979年3月からJICA調査団による現地調査が開始され、1980年11月に中間報告書ドラフトを作成してマレーシア側へ説明を実施し、1981年3月には正式に中間報告書をマレーシア側に提出した。この報告は、ジャラム・パンジャン地点を最適開発候補地とした堤高69.5m、計画最高水位標高90mのフィルタイプダム、発電出力151MWの水力発電計画を主目的とし、洪水調節計画、灌漑用水供給計画を従目的とするものであった。

この中間報告書に対し、水没予定地域が農業開発の土地計画と一部競合するところから、ケラントン州政府の同意が得られず、そのためマレーシア政府より日本側に計画の変更、他のプロジェクトへの実施振替を求める等の動きもあったが、1982年8月、日・マ技術協力年次協議において、本件技術協力を終了することが決定した。

その後レビル川の下流本流であるケラントン川流域の洪水発生、地域開発の進展につれてレビル川ダム計画についてマレーシア側の認識が深まり、いったん中断した本件調査計画の完結を求める動きが生まれた。1984年の日・マ年次協議でマレーシア政府は本件調査再開を口頭要請してきたのに続いて、1985年4月には正式要請があり、加えて1986年度年次協議でプライオリティ第一位として再度要請された。以上の状況を踏まえ、日本国政府関係者は慎重な検討を加えた結果、1986年12月に事前調査のため現地に調査団を派遣して現地調査およびマレーシア側との協議を行った。その結果、本件の調査再開の妥当性が確認され、1986年12月17日JICAとEPU（経済企画局）との間で本調査に関するS/WおよびM/Wの合意署名がなされた。

1.2 調査の目的と内容

レビル川におけるダム開発計画（水力発電および洪水調節・灌漑を含む）を作成し、比較検討のうえ、技術的、経済的および財務的に最適な開発規模および開発計画を策定して、フィジビリティ調査報告書を作成することにある。

今回の調査は、1981年3月の中間報告書の結論に基づき、ダム地点はジャラムパンジャン、ダムはロックフィルタイプとして、計画諸元を検討するものである。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3段階に分けて実施した。

<u>段 階</u>	<u>期 間</u>
(1) プロジェクト再評価段階	1 ヶ月
(2) 現地調査段階	8 ヶ月
(3) フィジビリティ・デザイン段階	11 ヶ月

1. プロジェクト再評価段階

- (a) 中間報告書に述べられたプロジェクトに対する各案の再検討
- (b) 現地踏査（計画地域全般と、特にジャラム・バンジャン・ダムサイト）
- (c) プロジェクト地域における各種開発計画の追加データの収集
- (d) 各種比較案・計画の比較検討分析
- (e) 詳細フィジビリティ用の最適開発計画レイアウトの検討および勧告
- (f) 最適プロジェクトの現地調査およびフィジビリティ・スタディの詳細プログラムの作成

2. 現地調査段階

(i) ダム調査

- (a) ダム構造物の地形測量（基標および BM 設置を含む）
- (b) 主要構造物、原石山その他所要箇所の物理探査
- (c) 上記箇所のボーリングおよび透水試験
- (d) トレンチ地質調査と材料試験用サンプルの収集
- (e) 試掘坑による地質調査と材料試験用サンプルの収集
- (f) 特定地点における流量・流（堆）砂測定
- (g) フィル材試験、土質試験、コンクリート骨材試験、基岩強度試験および水質調査

(ii) 洪水調節計画調査

- (a) ケラントン川水系における他ダム計画の関連資料収集検討
- (b) レビル川下流部およびダム下流のケラントン川流域における社会・経済開発計画データの収集検討
- (c) 計画地域およびレビル川下流地域における居住分布情報収集
- (d) 洪水調節調査に関連する情報の収集

(iii) 環境調査

レビル川およびその周辺の環境問題の調査（以下を含む）

- (a) レビル川、湛水地域および流域の陸性・水性生物環境システムのベースライン調査
- (b) 公衆衛生調査（特に水性の病原虫 schistosomiasis と zoonosis）
- (c) 考古学および社会・文化面の調査（ダム建設工事と貯水池湛水による人口移動を含む）
- (d) 本計画の及ぼすプラス面マイナス面の影響の検討と対策の策定

3. フィジビリティ・デザイン段階

- (a) 電力需要と電源開発計画の調査および開発制約条件（多目的ダム下流の流量変動等）を考慮した本件プロジェクトの出力・電力量算定
- (b) 各種工作物の予備設計と所要の図面・図表・計算書類作成
- (c) 水車発電機と関連機器の容量決定を含む電力機器の設計
- (d) 外貨・内貨別建設工事費の積算と資金表の作成
- (e) 発電および洪水調節、灌漑用水供給諸目的を考慮した最適運用計画の検討
- (f) レビル・ダムにおける洪水調節がレビル川下流およびケランタン川流域に及ぼす影響
- (g) 非電力便益を含む経済・財務分析（所要の感度分析を含む）
- (h) 本プロジェクトが環境に与えるインパクト（特に社会経済面）評価
- (i) CPM 図（クリティカルパス法）またはロジックバーチャートによる建設工程の検討

1.3 調査活動

本最終報告書は、前記の第2段階での現地調査および日本国内で実施した第3段階フィジビリティ・デザインの結果をまとめたものである。

調査活動の第1段階では、前回の中間報告書（1981年3月）の見直し作業および予備調査であり、1987年3月にJICA調査チームを現地に派遣し、1ヶ月にわたって情報ならびに資料の収集に当たった。調査団は、ダム、地質、水文、発電土木、洪水調節、水力電気、農業、経済および環境の専門家から成った。この調査結果として、JICA調査チームは「リアプレイザルレポート（インセプションレポート）1987年3月」を提出した。同報告書は1987年6月、EPUにおいて討議され、JICA調査チームのチームリーダー1名が討議に出席した。

第2段階は、現地調査であり、1987年5月から測量とボーリング調査の専門家を各1名現地に派遣し、地元請負業者と請負契約を締結し、地形測量と地質ボーリング調査を実施した。これらの作業は、1987年10月末日に終了した。

また、GSDが弾性波探査を1987年9月から2ヶ月間にわたって実施し、このための技術アドバイザーとしてJICA調査チームの弾性波探査専門家1名を2ヶ月間現地へ派遣した。弾性波探査の計測データは、1988年1月までに日本に送付され、JICA調査チームにより、解析・評価を実施した。

ダム築造材料の室内試験は、NEBケニールダムの現場試験室で実施され、JICA調査チームは技術アドバイザーとして、材料試験の専門家を1987年9月から2ヶ月間、現地へ派遣した。

環境基本調査はマレーシア側によって実施され、NEBは自然環境と社会・経済の調査をUSMに、鉱物資源調査をGSDに、また医療環境調査をIMRにそれぞれ委託した。JICA調査チームは、1987年6月に専門家を1.0ヶ月現地に派遣し、USM調査チームとのディスカッションおよび合同現地調査に参加し、また1987年11月に再び同専門家をマレーシアに派遣し、USMが作成した環境レポートのドラフトをディスカッションした。USMは1987年12月付で最終環境基本調査レポートを提出した。

GSDは1987年11月付で、鉱物資源予備評価報告書を提出している。

IMRの医療環境レポートは1989年1月現在、JICA調査チームはまだこれを入手していない。現地調査段階では作業の進捗を3回のプログレスレポートによって報告した。

No.1	June 1987
No.2	September 1987
No.3	November 1987

第3段階は、フィジビリティ・デザイン段階であるが、その最初に、プロジェクトの開発規模を比較検討し、最適案を決定する作業が含まれている。この作業は、日本国内で、1987年12月から1988年1月までの2ヶ月間で実施された。この結果は第2段階の現地調査結果と合わせて下記の報告書によって報告され、マレーシア側とディスカッションされた。

- ・レビルダム計画調査 中間報告書 1988年2月
- ・レビルダム計画調査 添付資料 1988年2月
- ・レビルダム計画調査 環境影響評価報告書 1988年2月

マレーシアにおける上記レポートに対するディスカッションの内容に関しては、Appendix Attachment 1-1 および Attachment 1-2 に示す。

Attachment 1-1	MOM of Technical Meeting	March 7, 1988
Attachment 1-2	MOM of Steering Committee Meeting (08/3/1988)	March 11, 1988

また、JICA調査チームは1988年9月5日付 NEBレターにより上記の環境影響報告書に関する DOEコメントを受けとった。(本コメントに対するJICA調査チームの反応に関しては Appendix Table 11-0-1チェックリスト参照)

フィジビリティ・デザイン作業は、1988年8月より再開された。この開始は当初の作業計画よりも4ヶ月の遅れであるが、この理由はクランタン川流域治水計画調査との整合をおこなうために、同調査における治水計画基本諸元の検討結果が得られる時期を考慮したことによる。

上記の調査活動に基づき、全ての作業の結果をとりまとめて、1989年1月に最終報告書(案)が提出され、同年2月にマレイシア側とのディスカッションがもたれた。最終報告書(案)は、要約版、本文および添付資料からなつた。上記のディスカッションの内容は Appendix Attachment 1-3およびAttachment 1-4に示す。

Attachment 1-3 : NOD for Technical Committee Meeting
on Lebir Dam Project (25/2/1989)

Attachment 1-4 : MOM on Draft Final Report for the Feasibility Study
of the Lebir Dam Project (28/2/1989)

本調査報告書1989年3月は、上記ディスカッションにおけるマレイシア側のコメントを組入れてとりまとめた。報告書は要約版、本文および Appendix の3部よりなる。

1.4 謝 辞

本調査に関し、マレイシア連邦政府、ケランタン州政府ならびに関係諸機関が差しのべられた御協力に深く感謝いたします。

特に、連邦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の総括的な役割を果たしていただき、また国家電力庁は、プロジェクト実施機関として技術スタッフの協力、設備の貸与、資料の提供等により、本調査の直接の推進に大きな貢献をいただきました。

さらに、関連資料の提供に多大の協力をいただいた連邦政府および州政府の灌漑排水局、公共事業局、KADA, FELDA, KESEDAR, 森林局, 衛生局, 環境局にお礼を申し上げます。

また、環境諸調査に当たられたマレイシア科学大学、医療研究所、ならびに鉱物資源調査と弾性波探査を実施された地質局にも、深く感謝の意を表します。

2. 要約と結論

2. 要約と結論

2.1 結論

(1) マレーシア ケランタン州最大の河川であるケランタン川の流量を安定化する1つの方法として、ケランタン川支流レビル川ジャラム・パンジャン地点においてレビルダム計画を立案した。

(2) レビルダムと貯水池の規模は次のとおりである。

主ダム：型式 中央土質コアシャ水壁型ロックフィルダム
 天端標高 EL. 92.0m
 ダム高 73.0m
 堤体積 $3.1 \times 10^6 \text{ m}^3$

サドルダムⅠ：型式 中央土質コアシャ水壁型ロックフィルダム
 天端標高 EL. 92.0m
 ダム高 67.0m
 堤体積 $1.5 \times 10^6 \text{ m}^3$

サドルダムⅡ：型式 アースフィルダム
 天端標高 EL. 92.0m
 ダム高 48.0m
 堤体積 $0.7 \times 10^6 \text{ m}^3$

貯水池：

	水面標高 (EL. m)	貯水量 (10^6 m^3)	湛水面積 (km^2)
10,000年確率洪水時 (ダム設計洪水量)	88.1	3,955	226
50年確率洪水時 (計画高水)	84.9	3,276	195
常時満水時	80.0	2,392	154
最低水位時	60.0	502	46
緊急時最低水位時	50.0	167	21
設計堆砂面積	47.0	117	15

(3) ダムによる水没問題は次のようである。

水没地種類	WL. 80m	WL. 88.1m
農業プランテーション	9,627 ha	14,717 ha
森 林 地	5,773 ha	7,883 ha
計	15,400 ha	22,600 ha

農業プランテーションの所有者は FELDA, KESEDAR, FELCRA および ADB プロジェクトである。プランテーションは、現在も開発中であり、水没予定地の中で、1990年時点で作付されると推定される面積は 10,000 ha である。(WL. 88.1m 以下)

この面積を移転・補償の対象とした。非農業プランテーションは、レビル川沿岸入植者とオラン・アスリに関するものである。

移転人口は、レビル川沿岸入植者、プランテーション入植者およびオラン・アスリを含めて、775家族(4,694人)である。水没道路は、プランテーション内で延長52km、原木運搬道路約30kmである。

これらの水没問題の解決策として、既存 Ciku プランテーション北部への拡張、グアムサン南部に点在するプロットへの移住によると同時に、レビルダム湖における養魚事業の開発によって数百家族を支援することが可能と考える。

(4) ダムによるその他の環境問題とその対策は次のようである。

影響項目	対 策
発電放流による水位変動	<ul style="list-style-type: none"> ・ケラントン川下流における農業取水には影響なし。 ・レビル川の濁水に対しては逆調整池 ・下流住民への放流警報装置 ・河岸浸蝕は小規模につき特に対策しない。
水 質	<ul style="list-style-type: none"> ・水没地内の樹木の除去 ・水質モニタリングの結果による土地利用計画 ・エロージョン防止の湖岸保全林
魚 類	<ul style="list-style-type: none"> ・魚道の設置(必要に応じて) ・養魚事業の開発

動物	<ul style="list-style-type: none"> ・大型動物の移転 ・希少種の保存
植物	<ul style="list-style-type: none"> ・希少種の保存
鉱物資源	<ul style="list-style-type: none"> ・詳細調査、重要性のゆえ、特に優先的配慮が望まれる。

(5) レビルダムによる多目的便益は次のとおりである。

(a) 電力開発

最大出力267.6 MW、年発電量 373.3 GWh、年間プラントファクター16 %のピーク発電が可能である。コンバインドサイクルを代替電源として、レビル水力の便益を評価すると年間 64.2×10^6 M\$となる。この算定ベースは、コンバインドサイクル建設費 M\$ 1,150/kW、燃料費 3.5M\$/MBTU、ディスカウントレート10 %である。

(b) 洪水調節

レビルダムの発電常時満水位EL. 80.0m上の洪水調節容量 15.63億 m^3 (最大)を使用することによって、下流ギルマード橋地点の洪水ピーク流量を例えば、ダム設置前に50年確率洪水であったものを14年確率洪水まで軽減することができる。

また、ダム設置前の14年確率洪水は5年確率洪水に軽減できる。これらの洪水軽減効果を金額ベースで評価すると、1987年価格、2000年時点の資産に対し、年間 16.1×10^6 M\$の便益となる。なお、この便益をケラント川流域治水計画調査中間報告書1989年 1月のベースで算定すると、年間 27.3×10^6 M\$となる。

(c) 農業灌漑

レビルダムによって年間の河川流量の変動を調整すると、常時水量 $80 m^3/s$ が得られる。実際には、この水量は $640 m^3/s$ のピーク流量として発電に使用され下流に放流されるが、農業取水が行われるダムから90km下流のポンプ場に到達する時は $70 \sim 80 m^3/s$ に平滑化され灌漑用水としてこの水量を常時使用することが出来る。この新規の用水を既存および新規の灌漑可能面積 65,326 haで使用し、灌漑輪作方式によって、米と落花生、とうもろこし、ソルガム、野菜等の換金作物を生産することができる。これらの農業便益を評価すると年間 15.0×10^6 M\$となる。

- (6) レビルダムは詳細設計に着手してから90ヵ月で完成させることができる。おもな活動期間は、詳細設計21ヵ月、入札・契約手続19ヵ月、本工事50ヵ月である。
- (7) レビルダムの事業費は予算費含みで総額 640×10^6 M\$ である。その内訳はダム費 239×10^6 M\$、電力費 262×10^6 M\$ および環境費 139×10^6 である。環境費は、移転・補償費 118×10^6 M\$ や環境対策費 17×10^6 M\$ を含む。
- (8) レビルダムプロジェクトの経済性は次のようである。

目的区別	EIRR (%)	FIRR (%)
電力	8.6 (6 以下)	20.1
電力+洪水	12.8 (10.7)	--
電力+洪水+農業	13.8 (12.4)	--

ただし、評価のベースは次のとおりである。

発電所平均最大出力	: 240.5 MW
年間可能電力量	: 372.2 GWh
代替電源 (CCYW) 建設費	: 1,150 M\$/kW
代替電源燃料費	: 7.5 M\$/MBTU (国際価格ベース)
	: 3.5 M\$/MBTU (NEB購入ベース)
洪水軽減便益	: 年間 27.3×10^6 M\$

(ケラントン川流域治水計画調査ベース)

農業便益 : 年間 15.0×10^6 M\$ (65,326 ha 灌漑輪作方式)

EIRR () 内の数値は代替電源燃料が NEB購入ベースの時。

- (9) レビルダム計画が環境に与える最大の影響は、WL、88.1m で 14,700 ha におよぶ農業プランテーションの水没である。これらの移転と再配置の問題を解決することが、最重要であろう。

その他の環境問題は、今後、さらに詳細調査が必要であるが、諸対策を講じることによって影響を許容範囲に軽減することができる。

一方、ダムの建設によって、貴重な水力ピーク発電が可能となり、ケラントン川下流の洪水を軽減して、ダム上流での水没面積以上の土地を冠水から救済することができる。さらに、ケラントン川の流量の安定化によって、12,000 ha をこえる農地に新規の灌漑用水の供給を可能とし、農業生産向上の機会を提供する。このように本プロジェクトはマレーシア全体の経済に対しても、また、ケラントン州の社会・経済開発にとっても貢献するであろうこと大である。プロジェクトの実現に向かって速やかに必要な活動が継続され、推進されることが望まれる。

2.2 多目的ダム開発案

2.2.1 概 要

- (1) マレイ半島東海岸北部に位置するケラントアン州は約15,000km²の州土を有する。ケラントアン川は、流域面積13,100km²、最長流路 360kmで州土の87 %を占め、ケラントアン州とは極めて関係の深い河川である。

本計画の対象であるレビル川は、このケラントアン川の一支流であり、ケラントアン川河口より88kmさかのぼったKuala Krai地点でガラス川と分岐する。レビル川の流域面積は約 3,400km²であり、また最長流路は約 120kmである。レビルダムサイト（ジャラム・パンジャン地点）はこの分岐点より37km上流に位置する。

ダムサイトにおける流域面積は 2,474km²である。

なお、ダムサイト下流 3kmの地点にトワラン水位観測所があり、その流域面積は 2,480km²である。またレビル川合流点より約35km下流に、有名なギルマード橋水位観測所があり、ここにおけるケラントアン川の流域面積は12,100km²である。このギルマード橋地点はケラントアン川の洪水を観測するうえで非常に重要な位置を占めており、1940年より洪水観測が継続されている。

- (2) ケラントアン州は、マレイ半島においても多雨地域に属する。年間の降雨量は、2,000mm～ 3,500mmであり、州のうちでも海岸地域で多く、内陸に向うに従って減少する。これは降雨の相当の部分が、毎年10月から1月にかけて生じる北東モンスーンによってもたらされるためである。これらの降雨によってケラントアン川はしばしば増水し、ケラントアン州の海岸地域に洪水被害をもたらす。

1967年 1月にはギルマード橋地点で16,000 m³/sの最大流量（50年に1回の洪水とされる）を記録する洪水が発生し、海岸地域から背後地域の入口にまでおよぼ3,000 km²に浸水し、536,800人の人々に影響を与え、このうち 125,000人が避難を余儀なくされ、38人の死者を出した。この時の被害額は、当時の価格ベースで30百万マレイシアドルと見積られている。（1986年価格ベースに換算すると75百万マレイシアドルに相当）洪水はその後常襲的に発生し、1973年、1983年、1984年には相当に大きな洪水によって当時の価格ベースで、それぞれ 6～17百万マレイシアドルの被害をもたらしている。

- (3) 一方、ケラントアン川の流量は、4月～ 6月の時期に大幅に減少し、しばしば渇水状態をひきおこす。ギルマード橋地点における年間の平均流量は 567 m³/sであるものの、渇水月である 4月の平均流量は 305 m³/sに減少し、さらに渇水年に当たると90～ 115 m³/sにまで減じる。この時期は、乾期作の水田の水需要が増加するので、水不足による悪影響が発生する。

- (4) ケラント州は、1985年人口調査によると1.03百万人の人口をもつ。人口分布の面からみると、2,354km²の海岸地域に89.8万人が住み人口密度（382人/km²）が高く、これと反対に12,688km²の背後地域は12.6万人で人口密度（10人/km²）は非常に低い。

ケラント州の土地利用状況は州土の74%を森林が占め、農地は21%の32万haであるが、近年、各種作物（特に水稲）の作付面積が減少し、農業生産活動が鈍化している様相がうかがえる。作付面積が増加する傾向にある作物は、オイルパーム、果樹、野菜、タバコのたぐいである。水稲の作付面積の減少は常襲的な洪水被害と渇水による農民の生産意欲の減退がおもな理由と推測される。

- (5) ケラント州の社会・経済開発を今後、さらに推進するうえで最も重要な要素はケラント川の流況を安定させ洪水を軽減し、生産や社会基盤を保全し、また利水を促進して生産効率を向上させることである。この線に沿ってケラント川におけるいくつかのダム計画が進められて来ているが、本レビルダム計画もその一環に属するものである。ダム事業は一般に広い水没地を必要とし、上流住民の移住という犠牲を余儀なくし、また多大の建設費を要するものであるから、これを最大限に利用すべきものである。ここに多目的ダムの意義が存する。レビルダムの場合、水力発電、洪水調節、農業灌漑、淡水養魚およびリクリエーションがこれに当る。

2.2.2 電力開発

- (6) 電力開発はケラント州だけの問題ではなく、全マレーシアの問題である。西マレーシア全土の電力供給の責務をもつ NEBは着実な電源開発や送電線建設を行なって来て、1987年の現有設備に加えて1991年での設備計画が達成される限り、電力供給上、緊急な問題を生じるものではないが、西マレーシアの GDP成長に引張られて、電力需要の伸びは向う20年間に年率6～7%の増加を示すものとNEBでは予想している。

NEB Installed Capacity (MW) in 1991

	(MW)	
gas turbine	72	(1.5%)
hydro Power	1,284	(26.3%)
oil fired	405	(8.3%)
gas fired	2,528	(51.7%)
Coal fired	600	(12.3%)
Total	4,889	(100.0%)

*NEB では、1991年以降の電源開発計画は、策定されていない。

NEB Demand Forecast (1987)

Year	Sales (Gwh)	Peak load (Mw)
1986	11,421	2,268
1990	14,962 (6.98)	2,984 (7.10)
1995	20,754 (6.76)	4,142 (6.78)
2000	28,216 (6.34)	5,615 (6.27)
2005	37,920 (6.09)	7,546 (6.09)
2010	50,368 (5.84)	10,024 (5.84)

()内の数字は年伸び率(%)

- (7) NEBの1991年設備計画が達成されると、この時点で4,889 MWの電源設備を保有することになり、電力系統の必要予備率を30%とすれば、ピーク需要が3,661 MWに達するであろう1993年まではこの電源により運営できるが、この時点を過ぎると何等かの新規電源開発が必要となろう。

レビル水力の投入可能時期の1999年付近でみると、ピーク電力と電力量の需要増加は次のとおりとなる。

	1998	1999	増分	伸び率
Peak load (MW)	4,975	5,286	311	(6.25%)
Energy sales (GWh)	24,961	26,540	1,579	(6.32%)

ピーク需要についていえば、この増加量は後述するレビル水力の最大開発規模に匹敵するものである。

- (8) 変動する電力負荷に供給力をどのように対応させていくかは電力産業の最重要問題の一つである。このために水力では貯水池式や揚水式が考えられ、また火力ではガスタービンやコンバインドサイクルが考案されて来た。

マレーシアの既設水力の最大出力は、プラントファクターがおおむね30%で計画されてきているが、本調査では、西マレーシアにおける貴重な可能水力地点であるレビルにおいて出来る限りピーク需要に役立つことを考慮して12.5%のプラントファクターの範囲まで検討することとした。

そこで、レビルダムサイトの地形・地質条件上の制約を考え、また河川流量条件も考慮して可能開発規模として発電用常時満水面標高(HWL) EL. 60m ~ EL. 85 m、常時使用流量40 m³/s ~ 80 m³/sの範囲で各規模の開発比較案を作成し、各案について発電所の最大出力、年平均可能発生電力量および事業費を算出した。

(Main Report 第6章 6.2節参照)

項目	範囲
最大出力	19.9 MW ~ 300 MW
年可能発生電力量	142 GWh ~ 411 Wh
事業費	384×10^6 M\$ ~ 888×10^6 M\$

規模検討の対象となったケースは全部で81個であったが、このうち、35ケースについて経済性の検討を行った。(Main Report Table 6-2-3参照)
このうち、経済的観点から有利と考えられるケースは次のとおりである。
ただし、ここに示した純便益は発電用常時満水位の上に洪水調節容量を設けることによる洪水軽減便益と、ダムによる河川流量の調整効果にもとづくケラントン川下流地域の農業灌漑によって得られる農作物の増収とを含む多目的便益である。

H W L (m)	Qf (m^3/s)	α	MW	GWh	純便益 ($\times 10^6$ M\$)		
					i=8%	i=10%	i=12%
85	80	5	188	402	$\Delta 1.33$	$\Delta 22.93$	$\Delta 47.54$
85	80	6	225.6	402	0.45	$\Delta 21.39$	$\Delta 46.27$
85	80	8	300.8	416	2.14	$\Delta 20.77$	$\Delta 46.91$
80	80	5	170.7	365	0.03	$\Delta 18.89$	$\Delta 40.35$
80	80	6	204.9	370	1.67	$\Delta 17.45$	$\Delta 39.17$
80	80	8	273.2	380	1.85	$\Delta 18.67$	$\Delta 42.00$
80	70	6	179.3	377	0.18	$\Delta 18.98$	$\Delta 40.71$

ここで、総事業費は中間報告書段階での概算値であり、やや大きく見積られているので、多くのケースで純便益はマイナスとなり、ディスカウント・レート8%で、わずか6ケースに僅少のプラスが見られるに過ぎない。しかし、各ケース間の相対的差異から、全体として次のような傾向が認められる。

- (a) ダム高の高いケースがより有利である。
- (b) ピーク率が大きく、出力の大きいケースがより効果的である。

以上の結果より、HWL = 80m, Qf = 80 m^3/s , α = 8のケースとHWL = 85m, Qf = 80 m^3/s , α = 8のケースが経済的観点からほとんど同等のものとしてクローズアップされるが、前者を最適案として提案し後者を棄却する。その理由は次のとおりである。

- (a) HWL = 85mのケースは設計洪水量の流入時に貯水位が94mまで上昇する。これはレビルダムサイトの地形・地質条件からの制約と考えられる90mを4mオーバーするものである。一方、HWL = 80mのケースは設計洪水水位が87.9mでとどまる。
- (b) 貯水位がWL 90mをこえると水没面積は一段と大きくなる。農業プランテーションに対するインパクトをできるだけおさえたケースを選択する。
- (9) 最適案のケースについてフィジビリティ・デザインをおこなった結果を基に、主要な電力開発計画諸元を示すと次のとおりである。
(詳細はTable 1 計画主要諸元参照)

常時満水位 (HWL)	:	EL. 80.00m	
最低水位 (LWL)	:	EL. 60.00m	
利用水深および発電貯水量	:	20m, $1890 \times 10^6 \text{ m}^3$ (211 GWh)	
放水水位 (放水路終端)	:	EL. 28.00m	
最大総落差	:	52.00 m	
最大有効落差	:	49.66 m	
常時/最大使用水量	:	80/640 m^3/s	
水圧トンネル内径、延長、条数	:	8.6 m, 202.8 m, 2条	
水車	:	立軸カプラン 136,800 kW	2台
		水車流量 320 m^3/s	
		回転数 125 rpm	
発電機	:	立軸同期発電機 149,000 kVA	2台
関連送電線 電圧/亘長	:	275 kV, 7km	
年可能発生電力量	:	373.3 GWh	
最大出力	:	267.6 MW	
年平均最大出力 (35ヵ年平均)	:	240.5 MW	
年平均流入量	:	112.6 m^3/s (396 GWh)	
電力専用事業費 (1987年価格)	:	$262.0 \times 10^6 \text{ M\$}$	
年平均便益* (1987年価格)	:	$63.8 \times 10^6 \text{ M\$}$	

* ディスカウントレート10%のとき、送電端供給力に対して、次のとおり計算される。

$$238,580 \text{ kW} \times \text{M\$ } 209.1 / \text{year} + 372.2 \times 10^6 \text{ kWh} \times 0.03729 \text{ M\$/kWh}$$

$$= (49.89 + 13.88) \times 10^6 = 63.77 \times 10^6 \text{ M\$}$$

2.2.3 洪水調節

(10) ケラントン川は、11月から翌年の2月にかけて、南シナ海からの東北モンスーンによってもたらされる大降雨によって、この時期に洪水を多発して来た。洪水による被害はギルマード橋下流から、パッシールマス、州都コタバルを含む地域に広がる。1927年に大洪水に見舞われ（ただし、この時の正確な記録は得られていない）、次いで1967年1月にも大洪水が発生し、この時の冠水面積は約300,000ha被害額30百万マレイシアドル（1967年時点価格）と推定されている。

ギルマード橋測水所において1940年から1986年までの47年間に観測された洪水は45回あり、そのピーク洪水量は1,500 m^3/s から16,000 m^3/s の範囲にある。ちなみに、同期間にピーク洪水量が6,000 m^3/s を超える洪水は18回を数えられる。このうち、1965年以来10洪水に対して、被害額の記録が得られている。

本調査では、レビルダムを発電と共に洪水制御を目的として開発した時、どのような洪水軽減効果が得られるかを検討した。

(11) レビルダムによる洪水調節は、発電用 H.W.L.の上に設けられる貯水容量によって行うことを基本とする。この追加貯水容量の大きさは、流入洪水の大きさ、下流域における洪水軽減の度合いに関係するが、貯水容量を得るためのコストと洪水軽減便益との経済性も考慮しなければならない。流入洪水量の推定は、流量記録と降雨データの両方に基づいて行う。レビルダムサイトから3km下流のトワラン水位観測所における洪水観測記録は、1967年以降断続的ではあるが、1984年までに14洪水について残っている。1967年の4,200 m^3/s が最大であり、続いて1979年および1983年の3,900 m^3/s と続く。このトワランにおける14観測洪水はギルマード橋水位観測所の観測洪水と同一洪水であり、両者の相関関係を知る手がかりとなる。

(12) 一方、レビル川流域内の雨量観測所はダム上流に1箇所（STN TELE KG ARING No. 5）あり、またダム下流に STN TELE KG LALOK（No. 11）、STN KERETAPI MAN EKURAI（No. 12）および SEK KEB LALOH ULU（No. 20）の3箇所がある。このうち No. 20 がダムサイトに最も近い。No. 5の観測記録は1981年と1982年の2年分しかない。No. 12 は、1964年以降観測データがない。最もデータがそろっているのはNo. 20 である。

(13) ダムに流入する洪水量を推定するために流出モデルを作成し、降雨データをこれにインプットする。流出モデルのキャリブレーションには、1983年12月洪水（トワラン地点ピーク流量3,900 m^3/s ）と1984年12月洪水（トワラン地点ピーク流量3,430 m^3/s ）の2洪水を使用した。この2洪水に対しては、ギルマード橋とトワランの両水位観測所で水位-時間記録がとられているので、比較を正確におこなうことができる。

このようにして検証された流出モデルに確率降雨量をインプットして求めた確率洪水量は次のとおりである。

確 率 年	トワラン地点 (m^3/s)	ギルマード橋 (m^3/s)	トワラン/ギルマード
10000	10,604	31,413	0.338
1000	8,282	25,078	0.330
200	6,663	20,679	0.322
100	5,951	18,752	0.317
50	5,260	16,851	0.312
20	4,323	14,315	0.302
10	3,595	12,340	0.291
5	2,846	10,294	0.276

(14) ダムに流入する洪水量をどれだけ貯留し、洪水ピーク流量をカットして下流の洪水軽減をおこなうかが、ダムによる洪水調節の次のポイントとなる。本計画の場合、下流の計画基準点であるギルマード橋地点の洪水量をどれだけ軽減できるかという点にある。その場合に比較のパラメーターとなるのは、ダム高、洪水吐の規模と洪水調節方式であるが、本調査では洪水吐の人為的操作の加わらない自由越流自然調節方式（固定堰型洪水吐）を基本としたので、比較はダム高と洪水吐の越流幅のみとなる。洪水吐の規模は治水計画における基本高水処理する機能と同時に、設計洪水量を処理してダムの安全を守る機能の両方が要求される。そこで、若干の試算をおこなったうえ、洪水吐の越流幅を 160m と決定し、これを各ダム高比較案に採用する。ダム高は発電常時満水位の上に必要な洪水調節容量を加えたものである。

(15) ダムによる洪水軽減効果の評価は、まずギルマード橋における洪水ピーク流量の減少を求め、別に求めたギルマード橋における洪水ピーク流量と過去の洪水被害額との関係（Main Report 第7章 Fig. 7.6 page 7-22 参照）から、ダムの有無によって洪水被害の軽減がいかほど期待できるかを求めることによっておこなう。DID では、1965年以來 Flood Report をまとめ、洪水被害額を算定してきたが、1986年までの22年間の10洪水による被害総額を1986年価格であらわすと165 百万マレイシアドルとなる。年単純平均で 7.5百万マレイシアドルである。（Main Report 第7章 Table 7-2参照）

ケラントン川における他ダム計画とレビルダムの各ダム高比較案による洪水軽減期待値を以下に示す。

ケース	洪水調節容量 ×10 ⁶ m ³	年平均想定被害額	ダムによる年平均
		(1986年価格) ×10 M\$	被害軽減期待値 ×10 M\$
ダムなし	0	30.1	0
ネンギリダムのみ		19.3	10.8
ダボンダムのみ		16.5	13.6
レビルダムのみ (HWL 70 m)	1,329	23.6	6.5
レビルダムのみ (HWL 75 m)	1,590	21.0	9.1
レビルダムのみ (HWL 80 m)	1,846	19.1	11.0
レビルダムのみ (HWL 82 m)	2,011	18.4	11.7

上表に見られるように、レビルダムにおいて洪水調節容量が増加するに従って被害軽減期待値も増加する。

今、これらの経済性を簡単に比較すると次のとおりである。

ダム高 (HWL, m)	(V)	(C)	(ΔB)	ΔB/ΔC
	増分洪水調節容量 (10 ⁶ m ³)	増分ダム費 (10 M\$)	増分軽減額 (10 M\$)	
70	—	—	—	
75	261	13.1	2.6	1.50
80	256	12.8	1.9	1.12
82	165	8.3	0.7	0.64

$$C = V \times 0.05 \text{ M\$}/\text{m}^3$$

$$\Delta C = 0.132 \times C \quad (10\% \text{ ディスカウントレート仮定})$$

レビルダムのダム費（含補償費）は、有効貯水量 1 m³ 当り M\$ 0.14 ~ 0.10 の範囲にある。また、有効貯水量 1 m³ 増分のダム費増分は約 0.05 M\$ である。

前表より、洪水調節の経済効果は、ダム高が大きい程有利であるが、HWL 80m がほぼ限界であることがわかる。

- (16) 1988年4月より開始された JICA によるクランタン川流域治水計画調査では基本高水を 50 年確率洪水量と設定し、レビルダムにおいて 50 年確率洪水量と共にダム設計洪水量进行处理する洪水吐案 4 種類を想定した。第 1 案は、越流頂標高 EL. 80m、越流幅 150m の固定堰で、JICA レビルダム調査チームが想定したものと同形であり、越流幅が 160m から 150m に 10m 短縮されたものである。第 2 案から第 4 案までは、50 年確率洪水量进行处理する洪水吐とダム設計洪水量进行处理する洪水量とを機能上区別して、固定堰の越流頂を 2 段にしたものである。こうすることによって、50 年確率洪水量のピーク流量のカット率の増加を図り、洪水軽減効果の向上を目ざしたものである。しかしながら、ダムサイトの地形・地質条件からダム高に制約があるため、50 年確率洪水量进行处理する越流頂は EL. 80m を下回り、第 2 案から第 4 案まで、それぞれ EL. 79.3m、EL. 77.9m および EL. 76.3m と設定された。

JICA レビルダム調査チームでは、これを受けて各案に対する洪水便益を算定し、次のような結果を得た。

ケース	HWL	50年確率 洪水量	洪水放流量	ピーク カット率	年平均想定 被害額	ダムによる 年平均被害 軽減期待値*
	(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(%)	(10 ⁶ M\$)	(10 ⁶ M\$)
ダムなし	—	5,560	5,560	0	26.961	0
1	80.0	5,560	3,190	43	18.806	8.155
2	79.3	5,560	2,920	47	18.368	8.593
3	77.9	5,560	2,260	59	17.418	9.543
4	76.3	5,560	1,660	70	16.758	10.203

* 1986 level, 1986 price

ただし、ここにおける年平均想定被害額の算定は 50 年確率を超える洪水についても、上記(15)にのべた関係図にもとづきおこなった。

一方、ケラントン川流域治水計画調査においては、その Interim Report Part II Supporting Report January 1989 の Table V.5.7 (page V-71) において、ダムなしのケースで 50 年確率以下の洪水による年平均想定被害額として 42.57 百万マレイシアドル (1988 level, 1988 price) を算定している。

JICA レビルダム調査チームが、上記 Table V.5.7 にもとづき、レビルダム洪水吐第 1 案 (HWL 80m、固定堰越流頂 150m) がある場合の年平均想定被害額を求めると、26.29 百万マレイシアドルとなった。(第 7 章 Table 7-4 page 7-31 参照)

この差 16.28 百万マレイシアドルは、レビルダムによる洪水ピークカットの効果によるものと考えられる。これを 2000 年時点の値 (1988 年 price) に換算すると、 $16.28 \times 1.665 = 27.3 \times 10^6$ M\$ となる。

JICA 流域治水調査チームによる洪水被害想定額は、Kuala Krai から下流のケラントン川流域における現地調査の結果から得られたものであり、精度が高い。一方、JICA レビルダム調査チームは、過去の被害実績をベースにしており、現時点までの州富の増加を評価していないうらみがある。

(17) 上記(16)において、レビルダムの洪水吐に 4 案あることをのべたが、第 1 案にくらべると第 2 案以下は電力便益が減少する。これを算定し、先の洪水軽減便益の増加と合わせて評価すると次のようになる。

ケース	HWL (m)	出力 (MW)	電力量 (GWh)	* 電力便益 (10^6 M\$)	** 洪水軽減便益 (10^6 M\$)	便益合計 (10^6 M\$)
1	80.0	267.6	373.3	69.87	16.98	86.85
2	79.3	262.0	366.6	68.46	17.90	86.36
3	77.9	246.2	358.5	64.85	19.87	84.72
4	76.3	227.6	348.1	60.57	21.25	81.82

* ここでは、概略検討のため、送電端供給力をベースにして算定している。

** 2000 year level, 1987 price

これに対して事業費の方はダム高が変わらず、洪水吐は第 1 案にくらべて越流頂標高が低くなるに従って工事費が増える。また、発電設備費も kW 当りの単価は高くなり、全体として、ほとんど事業費の低減は認められない。

従って、洪水吐第 1 案を最適案として確認する。

(18) 最適案のケースについて、フィジビリティ・デザインをおこなった結果を基に洪水調節計画諸元を示すと次のとおりである。

ダム天端標高	:	EL. 92.0 m
設計洪水量 (10000 年確率)	:	10,600 m ³ /s
設計洪水位	:	EL. 88.1 m
計画洪水量 (50年確率)	:	5,250 m ³ /s
サーチャージ水位	:	EL. 84.9 m
ピーク放流量	:	2,950 m ³ /s
既往観測最大洪水量 (1967年)	:	4,200 m ³ /s
発電常時満水位 (H.W.L.)	:	EL. 80.0 m
洪水調節容量 EL. 84.9 -- EL. 80	:	884 × 10 ⁶ m ³
EL. 88.1 -- EL. 80	:	1,563 × 10 ⁶ m ³
洪水吐型式	:	自由越流シュート式
越流頂標高	:	EL. 80.0 m
越流幅	:	150.0 m
洪水軽減便益	:	16.98 × 10 ⁶ M\$
(2,000 level, 1987 price)	:	27.3 × 10 ⁶ M\$

(Basin-Wide Study Base)

ただし、レビルダムだけでは、50年確率までの洪水を完全に防ぐことはできず、そのためには下流の河道改修も行わなければならない。現河道のままでは、50年確率洪水を14年確率洪水に軽減するものであり、レビルダムのみによって防ぐことのできる洪水は、ギルマード橋におけるピーク流量が 6,000~7,000 m³/s までのものである。

2.2.4 農業灌漑

(19) ENEXのKelantan River Basin Study (KRBS, 1977年)において計画された7灌漑地区と、既存のKADAおよびKemasin-Semerak 地区の合計灌漑可能面積 78,826 haにつき、レビルダムからの放流に基づくケラントラン川下流の流量増加によってもたらされる農業便益についてスタディした。

(20) 第5次マレーシア計画(1986-1990年)によると、ケラントラン州における将来の米生産のための努力は、Kemubu と Kemasin & Semerak 穀倉地帯に重点的に集中させることになろう。他方、非穀倉地帯の既水田における米生産は、漸次、

局面転換をはかり、もっと儲かる作物に転換してゆくであろう。このような農業政策を考慮しながら、マレーシアおよびケランタン州における米の需給見通しをスタディした。

ケランタン州における 1980 年より 1985 年までの 6 カ年間の米の自給率は、84~100 % であって、かなり不安定である。これは、全州の不安定な米生産に困っている。この州の米生産量が全国生産量に占めるシェアは、上記期間内において約 8 %ないし 12 %であった。

ケランタン州における雨期作水稻の作付面積は、1972/73年 70,389 ha から 1984/85年 33,189 haまで減少してきた。面積減少の主要な要因は、洪水、旱魃、昆虫等による被害である。洪水不安による農家の作付意欲の減退、苗床の洪水被害による作付不能、3月、4月の用水不足による乾期水稻の作期の遅延、従って雨期水稻の苗代・田植期との重複等が主な理由としてあげられる。さらに、3月、4月における用水不足期と雨期作水稻の幼穂形成期や穂ばらみ期との重複は、旱魃被害の原因となっている。

ケランタン州における乾期作水稻作付面積の1972年より1985年までの推移は、雨期作水稻より、はるかに安定している。これは、州の全体作付面積の約 86 % ~ 96 % を占めるKADA地区の乾期作水稻の作付面積が安定しているからである。しかしながら、1980年以降、減少してきた。最大の被害要因は、昆虫害である。

ケランタン州の米生産量が全国生産量に占めるシェアは、全国の米需要がケランタン州の米生産量に期待する度合として理解できる。全国およびケランタン州における米生産量の 2010 年までの見通しをスタディした。その結果、州の米生産量の対全国シェアが、現状より高まるにつれて、上述した非穀倉地帯に属する 7 灌漑地区における米の新規追加量の必要性が高くなる。

- (21) 7 灌漑地区の既水田面積は 19,776 haで、うち灌漑田 38 %、天水田 62 % である。レビルダムよりの放流に基づくケランタン州の増加流量を有効に利用するために、この天水田 12,272 ha を灌漑地に転換し、作物の多様化と集約化を進めるための作付計画を策定した。

7 地区における作付計画は、水稻単一作付方式と、灌漑輪作方式の 2 方式についてスタディした。後者は、雨期に水稻を作付け、乾期に畑作物を主体とし、一部水稻を作付する方式である。畑作物の種類は、ENEX報告書に基づき、タバコ、落花生、とうもろこし、ソルガム、野菜である。

DID ケランタンは、ケランタン川から取水される水需要量を、灌漑用水 90 m³/s、上工業用水 20 m³/s、(ケマシン、セマラクスタディは 5 m³/sと評価) 塩分除去用、余剰流量 80 m³/s、合計 190 m³/sと見込んでいる。将来、上述した新規 7 地区の用水需要が発生した場合、灌漑用水 90 m³/sの枠をオーバーすることになる。

本計画では、とりあえずレビルダム完成後のケランタン川における増加流量のみを考慮した水需給バランスをスタディした。

- (22) KRBSを基礎として仮定された上述9灌漑地区の長期発展計画によると、地区別の用水需要は、段階的に増加する。そこで、水需給バランスをケース1(KADA+Kemasin-Semerak, 46,800 ha)、ケース2(KADA, 他4地区:55,870 ha)、ケース3(9地区:78,826 ha)、ケース4(8地区:65,326 ha)の4ケースについてスタディした。レビルダムからの放流は、ダムが無い場合、70 m³/s放流、80 m³/s放流の場合の3ケースとした。これらを組合わせた10ケースをスタディした。

スタディは、1967年より1984年までのギルマード橋地点におけるケランタン州の旬別流量および同期間の旬別単位必要水量を基礎データとして行われた。灌漑必要水量、供給水量、灌漑必要水量を除いたケランタン州の確保流量、残流量を1967年より1984年までにわたり旬別に計算した。確保流量は、上工業用水および塩分除去用余剰流量よりなり、85 m³/sおよび100 m³/sの2ケースとした。旬別流量より、旬別必要水量を差引いて得られる残流量が、確保流量を下回る頻度を用水不足とみなした。

KADA II Improvement Project において採用された10年確率雨量の計画基準を上述のスタディに適用すると、レビルダムよりの70 m³/s以上の放流は、ケース3の確保流量100 m³/sの場合を除き、ケース2、ケース3、ケース4の各ケースにおいて、灌漑9地区の用水補給を安定させると推定できる。

- (23) KADA II 地区の West Bank地域、Lemal & Alor PasirとPasir Mas 地区の用水路末端地域の水田の一部、約1,540haは、標高が高いため常習的な用水不足地区となっている。これは、ポンプ場からの揚水量が少なく、用水路の実際の水位が設計水位を下廻るときには、標高の高い水田に水がのらないためである。これらの面積は、Lemal Irrigation ComponentやKADA II のポンプ更新事業の完成後も、用水不足地区とみなされるので、レビルダム放流による受益面積と推定した。

1975年から1984年まで、10ヶ年間のケランタン州の旱魃被害面積は、年平均、雨期水稲1,172ha、乾期水稲35ha、合計1,207haである。このうちKADA II のEast Bank 地域 Kemubu 地区は、おのおの、693 ha、29 ha、合計722 haである。これらの旱魃被害面積の解消を、レビルダム放流による便益発生面積と仮定した。

Kemasin-Semerak 地区は、その用水需要量の不足分を Kemabu 揚水機場を通じてケランタン川に依存する計画である。水需給バランススタディの結果により、この地区については、レビルダム放流による便益発生は見込まないものとした。

(24) 新規灌漑7地区における便益発生要因は、用水補給による灌漑面積の増加、従って、天水田の解消である。これらの灌漑田に水筒および diversification crop を作付けることにより便益発生が可能となる。

農業便益は、5ケースに分けて評価する。ケース1よりケース4までの4ケースは、前述の用水需給バランススタディにおける各ケースと一致する。これら4ケースの作付方式は、水稻単一作付方式である。ケース5は、灌漑輪作方式である。

年増加便益は、1999年より発生し、20年後の2018年には、次のように見込まれる。

年増加便益	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
	————— 百万 M\$ —————				
市場価格ベース	1.48	8.95	35.57	22.05	48.74
経済価格ベース	1.25	7.80	28.68	17.56	45.61

ケース別の内部収益率を比較すると、下表のように diversification crop を作付するケース5が最も高い。

内 部 収 益 率

ケース	財政的 内部収益率	経済的 内部収益率
2	11.0	11.6
3	12.5	12.5
4	12.8	12.7
5	18.3	19.9

渇水期の河川流量は、レビル貯水池の流量調節によって、安定的な流量増加を発生し、下流の農業生産を増加し、市場価格ベースで年間 22.05～48.74×10⁶ M\$ の農業純生産額をもたらす。

(25) レビルダムを利用したケラタン川下流域における農業灌漑計画の主要諸元をあげると次のとおりである。

灌漑可能面積	65,326 ha
(既存地区および新規地区を含む)	
既存計画による水需要想定	
(レビルダムによる調整含まず)	
灌漑用水	90 m ³ /s
上工用水	20 (5) m ³ /s
塩害対策用水	80 m ³ /s
計	190 (175) m ³ /s
ギルマード橋10年渴水量	95 m ³ /s
レビルダムによる調整日平均流量*	80 m ³ /s
レビルダム緊急放流量**	335×10 ⁶ m ³ (50 m ³ /s×77日)
灌漑専用事業費 (1986年 price)	160.4×10 ⁶ MS
年平均純農業便益(ケース 5) (経済価格 1999-2049年)	15.0×10 ⁶ MS

()内は Kemasin-Semerak Study による。

* レビルダムによる調整後の放流は発電所を通じて1日3～4時間640 m³/sの割合いで放流されるが、約90km下流の灌漑ポンプ場に到達する時は流量が平滑化され、70～80 m³/sの変動範囲にある。
(Main Report 第11章 11.12.1 節参照)

** レビル貯水池 LWL = 60m以下 WL 50mまでの3.35億m³の貯水を異常渴水時に底部排水管(呑口敷 EL. 50 m)を通して45～80 m³/sの範囲で緊急放流することができる。

2.3 環境問題

(1) 上流水没地問題

レビルダムによる上流湛水面積は次のとおりである。

種 類	WL 60m (ha)	WL 70m (ha)	WL 80m (ha)	WL 90m (ha)
農業プランテーション	2,656	5,472	9,588	16,379
森林地	1,944	3,428	5,812	8,321
計	4,600	8,900	15,400	24,700

農業プランテーションを所有者別に示すと次のとおりである。

所 有 者	総面積 (ha)	WL 70m (ha)	WL 80m (ha)	WL 90m (ha)
KESEDAR	27,626	3,839	5,667	8,185
FELDA	23,965	1,240	3,094	6,885
FELCRA	405	30	77	129
ADB Project	—	363	750	1,180
計	51,996	5,472	9,588	16,379

ただし、ここに示した水没農業プランテーションは将来計画も含む。従って、レビルダム建設が決定され、水没予定地での開発が1990年以降凍結されたと仮定すると、その時点までに開発され、移転の対象となる面積を次のように推定する。移転対象は、標高88.1m以下とする。この高さはダム設計洪水位に等しい。

所 有 者	EL 88.1 m以下移転対象面積 (ha)
KESEDAR	4,935
FELDA	3,904
FELCRA	114
ADB Project	1,047
計	10,000

このうち、ゴムプランテーションは3,100ha、オイルパームは6,900haである。これらプランテーションの移転先として USM環境レポート1987年12月は、Cikuプランテーションの北側の区域を示唆している。

水没する森林地のうち未伐採の面積は 3,200~4,500ha と推定される。
非プランテーション農地の水没面積は次のとおりである。

- レビル川沿岸入植者 2,000エーカー (809ha)
- オラン・アスリ 55エーカー (22ha)

- (2) 上流水没地における移住人口は次のとおりである。
(USM 環境レポート1987年12月による。)

種 別	家 族 数	人 口
レビル沿岸入植者	100	500 人
プランテーション入植者	675	4,050 人
オラン・アスリ	—	144 人
計		4,694 人

移住先の候補地として USMはレビル沿岸入植者に対してはグアムサン南部に点在する小プロットを、またプランテーション入植者には前述のCiku北部そしてオランアスリに対しては、マレー人入植者の近傍を示唆している。

また、レビル貯水池内での養魚事業を開発すれば、数百家族の雇用を確保することも可能と考えられる。(Main Report 第11章 11.11節参照)

- (3) 発電による下流河川の水位変動

レビル川をダムによって堰きとめ、発電所を通して放流すると、ピーク発電放流時に河川が増水し、運転停止時には減水して、下流域に種々の悪影響をおよぼすことが懸念される。これらに対し、本調査では次のような検討を行って対策を立案した。

- (a) 農業取水への影響

レビル発電所からのピーク放流量 $640 \text{ m}^3/\text{s}$ は約90km下流のポンプ場まで約20~40時間かかって到達し、その間に流量は $68 \text{ m}^3/\text{s}$ ~ $81 \text{ m}^3/\text{s}$ の範囲まで平滑化される。現在のポンプ場の取水位からみても悪影響をおよぼすことはない。(Main Report 第11章 11.12.1節参照)

- (b) レビル川下流の渇水

レビル発電所から下流のレビル川は、ケランタン川との合流点までの37km区間が発電停止時間中(1日約20時間)渇水状態となることが予想される。残流域からの流量だけでは4月~9月の渇水期の最小流量は下流河道の上流側で $1 \sim 2 \text{ m}^3/\text{s}$ 、下流側で $3 \sim 4 \text{ m}^3/\text{s}$ と推定される。

そこで、発電所下流 3.3kmの地点に高さ 5.4m、貯水量87万 m^3 の逆調整池から発電停止時間のあいだ12 m^3/s の流量を放流し、維持用水とする。(Main Report 第11章 11.12.3節参照)

(c) レビルダムの建設によって流砂の供給がストップし、下流の河床低下が生じ、これが河岸の浸食を促進する可能性と発電放流の水位変動による浸食の可能性について検討した。その結果は、河床低下はダム下流 5km区間で 1 ~ 2m、これより下流 5km区間で 0.5 ~ 1m程度と推定され、その規模は小さい。また水位の降下速度は、発電所近傍で30cm/30分、8.5km下流では20cm/30分であり、河岸浸食が生じたとしても小規模のものと判断される。水流による河岸の掃流力は比較的小さく、ダムサイト下流0.74kmで移動限界粒径が18mm、下流2.64kmでは 3 ~ 4mmとなるので、河岸浸食は生じたとしても極めて限られた範囲であると判断される。(Main Report 第11章 11.12.4節参照)

(d) 発電放流および洪水吐放流による下流河川の増水に対して下流住民に警報を与える装置を設置する。(Main Report 第11章 11.12.5節参照)

(4) 水質問題

ダムの築造によって生じる人造湖の大きさは、ダムの高さによって変化するが、人造湖の水面高がWL. 70mで 8,900 ha, WL. 90mで 24,000 haに及ぶ。これらは、ダムサイトにおける流域面積247,400 haのそれぞれ3.6%と9.7%に当たる。水没面積のうち農業プランテーションがおおむね60%を占め、残り約40%は森林である。

また、人造湖の容量は、水面高WL. 70mで11.8億 m^3 、WL. 90mで44.0億 m^3 であり、これらの量はダム地点の年間平均流量(35.5億 m^3)のそれぞれ33.2%および123.9%に相当する。平均水深は、水面高WL. 70mと90mでそれぞれ13mおよび18mである。

レビル川の水質の状態は、上流部では人為的な影響の少ない熱帯の河川の特徴を現わしているが、アリン川合流点より下流では、人為的な開発の影響が現われた状況を示す。人造湖による水質への影響は、水没地の状態によって異なる。湛水が始まると土壌や水没する樹木から、多くの栄養物資や有機物質が放出され、湖水の富栄養化が促進される。また、人造湖の周辺には広大な農業プランテーションが開発されており、その合計は約 52,000 haに達し(ただし水没面積も含む)、これらの農地で使用する肥料等の多くの有機物質が人造湖に流入し、水質の悪化を促進する。

このような水質に対するインパクトを出来るだけおさえる為にとるべき対策として、次のようなことが考えられる。

- (a) 水域の栄養化を事前に防ぐための対策として、水没地内の樹木を伐採、除去する。除去にあたっては、域外への搬出を基本とする。
- (b) 周辺の土地の発展的利用については、当面の間、凍結し、水域の水質、生物等の湖沼学的なモニタリングを継続していく。この結果を待って、水域の環境容量から集水域での土地利用の計画を立案していく。
- (c) 水域への堆積物による影響を防止していくため、裸地の部分については植林をし、エロージョンの防止を図る。

(5) 魚類

ケラントン川は、淡水魚の豊富な河川としてよく知られている。特に、TOR-TAMBROIDES (IKAN KELAH) と SCLEROPAGE FORMOSUS (IKAN KELISA) が豊富である。レビル川の魚種の構成は多様であり、西マレーシアの大きな河川に生息する魚種の構成に類似している。レビル川上流では、上記2種の他に、TOR DURONENSIS (IKAN KELAH PUTEH), P. DURUP HANI (IKAN KERAJ), P. BULU (IKAN TEN GGALAN), A. HEXAGONOLEPIS 等が見つかっている。

レビル川における漁業は、沿岸入植者を含む地域居住者による小さなスケールの職人的な漁業形態で成り立っている。大部分の漁民は、自身の消費のためにパートタイムで操業し、フルタイムの漁民は、ごく少数に過ぎない。高級魚は少量であるが、マーケットに出している。

新しい人造湖の出現と、その水質の変化に伴って、適合する魚種が決まるが、現在レビル川に生息する魚種の60～70%が新しい環境に適合すると考えられる。新しく出現する種の中で、どの種が優勢となるかは、人造湖の生物化学的様相によって異なるが、淡水産業にとっては良い漁場を提供する可能性を持っている。ただし、ダムは河川の上下流を回遊する M. ROSENBERG (UDAN-GALAH) のような魚種にとっては障害を与える。

新しい人造湖を利用して、淡水産業を振興させるためには、次のような施策が必要である。

- (a) 水域の水質および生物等の湖沼学的 (limnological) モニタリングを行い、魚類学的な検討を行って養殖漁業の計画を立案する。
- (b) 養殖漁業計画を事業化する機関を創立する。
- (c) 河川の生態系の連続性を保ち、UDAN GALAHのような種の生息を可能にするため、FISH LIFT を設置する。

(6) 水性植物 (Aquatic Weeds)

熱帯の人工湖においては、貯水池の管理上しばしば問題となる水性の植物が広範囲に発生し、成長を続けることが見られる。現在、レビル川にはそのような影響をおよぼす水性の MACROPHYTES の存在はないが、それらは、熱帯の貯水池においては、容易に発生し、増殖をしていくため注意が必要である。

このために、水域のモニタリングを継続して行い、水性植物の繁茂を見つけ次第、除去する作業班を設置する必要がある。

(7) 動物 (Fauna)

マレーシア国における多くの野生生物は、WILDLIFE LAWS OF MALAYSIA によって保護されている。本計画に関わる地域においても多くの野生生物が生息していることが確認されている。

この地域で生息をする小型ほ乳類では、Stump-tailed Macaque (Macaca-arctoides) が、北マレーシアでは希な存在としてあげられる。

大型ほ乳類としては、絶滅の危機に瀕しているもの、あるいは保護されるべき希な動物種として、RED DOG, PANTHER, TIGER, BANTENG, ELEPHANT, TAPIR, PRIMATES, GIANT SQUIRRELS 等が発見されている。

鳥類においては、興味のある種としてあげられるサイチョウ (HORNBILL)、キジ (ARGIES PHEASANT) 等が発見されている。

絶滅の危機に瀕する保護対象種としては、ほ乳類では 11 種が数えられる。

鳥類では、3 種が数えられる。

(1) Pheasant

(2) Hornbill

(3) 猛禽類 (Birds of prey)

これらの貴重な動物類をダムによる水没から救済する対策としては、水没地からより高い安全な地域へ移動させることであり、その技術的方法は、いくつか提案されるが、移動先の生息環境も重要であり、今後の詳細調査によって、トータルな動物の生存、保護の対策を確立することが必要である。

(8) 植物 (Flora)

植物調査においては、2つの地点でそれぞれ、35-FAMILIES, 75-GENERA, 122-SPECIES, および 27-FAMILIES, 65-GENERA, 95-SPECIES が確認された。

2つの地点の合計は、40-FAMILIES, 102-GENERA, 185-SPECIES であり、2つの重複は極めて少なく、これは熱帯の豊富な植物相を示していることに他ならない。また、ここには薬用として価値のある多くの薬草も生育している。特徴的であったのは、Rafflesia arnoldii であり、これは世界で最も大きな花をつける寄生植物である。

今回の調査では、認識の出来なかった種が38種存在しており、未発見の種の存在の可能性が高いことを示している。

2つの地点のバイオマスは、おのおの、439.67 tonne/ha, 359.39 tonne/haであり、平均は399.53 tonne/haであった。これは、熱帯の森林においては平均的な値であるといえる。

植物に対する人造湖の出現の影響範囲は、基本的には水没面積に相当する。

しかし、水没をする土地には、現在、広大な農地が存在しているため、植物学的な観点からは、ダム計画の影響を見積る場合、農地、水面等を除いた森林部分に相当すると考えてよい。その面積は、以下のようになる。

- 1) ダム高70mの場合、3,821ha、流域の 1.5 %
- 2) ダム高90mの場合、9,630ha、流域の 3.9 %

植物に対する影響は、ダムの計画を実施する限りにおいては避けることのできないことになる。このような植物の生息環境に対して何等かの保全対策を考えるとしたら、以下の事項があげられる。

(a) 学術的な詳細な調査の実施による種の保全

計画地域の植物相は、調査によって把握されたように多様な植物によって構成されており、さらに詳細な調査を繰り返すことによってもっと多くの未発見の種の確認の可能性がある。よって、熱帯の植物学的な観点から、種の保全を重要視し、再度学術的な調査を行うことが必要である。

(9) 観光資源

ケラントンの観光について、TDC (Tourist Development Corporation) がまとめた報告によると、1986年にケラントン州を訪れた観光客は、国内観光客が224,816人であり、また外国人観光客が29,240人である。これらの観光客の平均的な滞在日数は、外国人が1.7日、国内が1.6日となっている。

タマンネガラは、計画地域のタハン山を隔てたバハン側で観光資源として活用されている。ケラントン側からのアプローチは、TDCによると、Wildlife Departmentと協力のもとに検討中である。しかし、これらの計画は、まだ具体的なものではない。

レビルダム計画は、水没地の自然や居住地に影響を与えるが、観光資源の可能性を与えることになる。一つは、広大な貯水池を利用した水面そのものを観光資源として利用する計画であり、もう一つはタマンネガラへの足がかりとしての貯水池の利用である。幸いにして、貯水池の西側は、クアラクライグアムサンハイウェイが整備され、そこからの貯水池へのアプローチは容易である。つまり、ここでの観光開発の基本戦略は、西側からのアプローチを基本に考えることができる。

このように、観光地としての可能性は大きい。しかし、その開発に当たっては、水産資源の状態、タマンネガラ生物資源の状態といった人為的には解決の困難な環境の状況について検討し、その管理の体制を含めて綿密に計画されなければならない。

(10) 鉱物資源

地質学、地球物理学、地球化学的な検討より、この地域には、15の興味深い anomaly が見つかっている。そのうち、2つはプライオリティが特に高い。そのプライオリティは、順次、プライオリティ2が3カ所、プライオリティ3が2カ所存在し、その他はそれ以下のプライオリティである。プライオリティの高い場所は、1カ所はU, Mo が有力であり、もう1カ所はPb, Znが有力である。また、この地域では、金が埋蔵されている可能性があり、特に南部地域では可能性が残されている。

これらの地域が、ダム建設によって水没すると、採掘が不可能になる。そのため、早急に詳細な調査を実施し、鉱物の価値について検討されなければならない。

(11) 考古学遺跡 (Archeological Relics)

この地域は、FELDA やKESEDAR 開発時の経験から、考古学的な貴重なものの存在はないと考えられる。この地域で見つかったオランアスリは、Bateq-Negritosであり、彼らは、放浪の狩人であり、狩猟部族である。彼らがこの地に移動してから、多くの財産を保有しているという報告は見つかっていない。また、彼らが特別な場所に考古学的な崇拝物をもっていることも知られていない。

また、ケランタン州の史跡の文献についてもレビル川流域にはその存在は確認されていない。

(12) 結 論

レビルダム計画が環境に与える最大の影響は最大 14,700 haの農業プランテーションの水没である。これはレビル川流域においてKESEDARとFELDAが開発中の全面積 51,000 haの約30%に当る。これらの水没プランテーションに代わる適地を見つけて、再配置が出来るかどうか、この問題のカギとなっている。

その他の環境問題は、今後、詳細な調査が必要であるが、諸対策を講じることによって影響を最小限にとどめることができ、本プロジェクトの実現を防げる要因とはならないであろう。

水没農業プランテーションの移転先としては、既存Cikuプランテーションの北方への拡張が示唆されている。また、ダムによって出現する人造湖の広い水面を利用して養魚事業を振興すれば（例えばフローティングネットによる方法）、水没移住家族のかなりの部分を吸収することができるであろう。（Main Report 第11章 11.11節参照）

ダムによってケラントン下流地域では、洪水を皆無にできないまでも、頻度を下げ、ダム上流での水没面積以上の土地を下流地域で冠水から救済し、被害を軽減することが期待できる。またケラントン川の流量の安定化に寄与して、下流地域の農地12,000ha以上の面積に新規の灌漑用水を供給し、輪作方式によって収益の高い農業生産の機会を提供する。

以上の考察にもとずき、本レビルダムプロジェクトは、実現に向かって速やかに必要な活動が継続され、推進されることが望まれる。

2.4 事業の経済性

(1) 本プロジェクトの事業費は次のとおりである。

項 目	予備費除外	予備費含
	10 ⁶ M\$	10 ⁶ M\$
(a) 準備費	54.1	59.5
(b) 土木工事費	218.7	251.5
(c) メタル工事費	19.6	21.6
(d) 電気機器工事費	141.8	148.9
(e) 移転・補償費	80.7	88.7
(f) エンジニアリング費	50.8	55.9
(g) 事業者事務費	12.7	14.0
計	578.4	640.1

準備費は本工事のためのアクセス道路や工事用電力線等の準備工事費とプロジェクトによる環境インパクトを軽減するための環境対策費とから成る。

移転・補償費と環境対策費を含めた環境費は予備費除外で 122.5 million M\$、予備費含みで134.8 million M\$である。予備費はフィジカルコンテンジェンシーで価格変動は含まない。計上額は61.7 million M\$である。建設中利子は計上していない。価格は1987年ベースである。外貨と内貨の換算レートは 1US\$ = 2.5 M\$とした。

(2) 事業費の内外貨区別は次のとおりである。

区 分	予備費除外	予備費含
	10 ⁶ M\$	10 ⁶ M\$
内 貨	290.7	325.2
外 貨	287.7	314.9
計	578.4	640.1

(3) 事業費の年度別支出計画は予備費含みで次のとおりである。

年	イベント	F / C	L / C	Total
		10 ⁶ M\$	10 ⁶ M\$	10 ⁶ M\$
1990	農地移転計画	0	2.05	2.05
1991	詳細設計開始	9.23	12.65	21.88
1992	入札実施、準備工事開始	2.52	18.92	21.44
1993	農地移転実施	2.10	20.83	22.93
1994	本工事着工	26.52	49.25	75.77
1995		58.35	55.41	113.76
1996		56.65	65.02	121.67
1997	ダム湛水開始	104.48	73.35	177.83
1988	発電所運転開始	46.51	19.79	66.30
1999		8.60	7.91	16.51
計		314.96	325.18	640.14

(4) 事業費を目的別の区分で見ると次のとおりである。

区 分	予備費除外	予備費含
	10 ⁶ M\$	10 ⁶ M\$
ダ ム	210.4	238.9
電 力	241.7	262.2
環 境	126.3	139.0
計	578.4	640.1

電力をさらに細分すると次のとおりである。

細 分	予備費除外	予備費含
	10 ⁶ M\$	10 ⁶ M\$
準備工事	7.4	8.1
土木工事	69.4	79.8
メタル工事	14.2	15.6
電気機器工事	141.8	148.9
エンジニアリング/事業者事務費	8.9	9.8
計	241.7	262.2

(5) 本プロジェクトの経済効果を評価すると次のとおりである。

セクター	年便益(B)	年経費(C)	B/C	EIRR
	10 ⁶ M\$	10 ⁶ M\$		%

(5) 本プロジェクトの経済効果を評価すると次のとおりである。

セクター	年便益(B)	年経費(C)	B/C	EIRR
	10 ⁶ M\$	10 ⁶ M\$		%
電力	63.77	86.19		
小計	63.77	86.19	0.74	< 6
洪水	16.17	0		
計	79.89	86.19	0.93	9.0
農業	14.99	0		
合計	94.88	86.19	1.10	11.1

ただし、算定ベースは次のとおりである。

- (a) ディスカウントレート 10 %
- (b) レビル発電所の出力価値
 - 35ヶ年平均最大出力 240.5 MW
 - 代替電源 (CCYW) 年経費 209.09 M\$/kW
- (c) レビル発電所の発電量価値
 - 35ヶ年平均発電量 - 所内電力 372.2 GWh
 - 代替電源燃料費 (3.538 M\$/MBTU ベース)
 - MWh当り可変費 37.29 M\$/MWh
- (d) 洪水軽減便益 レビルダム調査チーム見積りベース
- (e) 農業便益ケース 5 灌漑輪作方式 (作物、米、落花生、タバコ、
とうもろこし、ソルガム、野菜等)
 - 灌漑面積 65,326 ha
- (f) 事業費は予備費含みの M\$ 640million

上記の経済評価は、各種パラメーターをプロジェクトにとって最も過酷なケースとして選んだため、経済効果が低目に見積られているうらみがある。そこで、各種パラメーターを現実的な範囲で与えて感度分布をおこなった。その結果は次のとおりである。

パラメーター			BIRR (%)		
出力 (MW)	燃料費 (M\$/MBTU)	洪水便益 (10 ⁶ M\$)	電力	電力+洪水	電力+洪水 +農業
267.6	3.538	16.1	6.7	10.0	11.8
267.6	7.5	16.1	9.5	12.3	13.6
240.5	3.538	16.1	6.7	9.0	11.1
240.5	7.5	16.1	8.6	11.3	12.8
240.5	3.538	27.3*	6.7	10.7	12.4
240.5	7.5	27.3*	8.6	12.8	13.9

*ケランタン川流域治水計画調査中間報告書 1989年1月ベース

以上の結果、本プロジェクトのEIRRは電力のみで、6～10%、電力+洪水で9～13%、電力+洪水+農業で11～14%程度期待できるので、マレーシア国経済の観点から本プロジェクトを開発する妥当性は十分あると判断する。

- (6) 本プロジェクトの財務検討はレビル発電所と他の既設電源との組合せによって、全電力システムの年負荷率68%に等しい増分需要に対して電力を供給する場合の費用と電気料金収入との比較によっておこなった。

その結果、電気料金が、1985年時点、平均 22.26セント/kWhのベースで、レビルプロジェクトの事業費が10%アップした場合でもFIRRは20%であり本プロジェクトの開発がNEBの財務を圧迫し電気料金を高騰させる要因にはならないと判断する。

2.5 事業実施計画

- (1) うえに述べてきたように、本プロジェクトは上流水没農業プランテーションの移転問題を成功裡に解決すれば、他の環境問題の面からも経済的妥当性の面からも、開発を防げるような要因は見当らず、積極的に推進すべきものと考え、その考えにそって以下に本プロジェクトの実施計画についてのべる。
- (2) 本調査によるフィジビリティ・デザインは下記の現地調査結果によりサポートされたものである。

(a) 地形測量

貯水池域

航測図(1979年製) S = 1/10000

約 346km² (28葉)

主ダム、洪水吐、仮排水路

発電用水路、発電所 実測図(1987年製) S = 1/500
1.9km²(30葉)

サドルダムⅠおよびⅡ 実測図(1987年製) S = 1/500
0.4km²(8葉)

原 石 山 実測図(1987年製) S = 1/500
0.9km²(17葉)

ダム下流河川横断 実測図(1987年製)
S = 1/100 (縦)、S = 1/500 (横)
延長約30km、30断面

ダムサイト、サドルダムサイト

および原石山、基準点測量、8点標石設置(1987年製)

(b) ボーリング調査(1987年実施)

主ダム	3孔	190m
洪水吐	3孔	130m
発電所	1孔	20m
サドルダムⅠ	4孔	160m
サドルダムⅡ	2孔	55m
原石山	4孔	160m
土取場(花崗岩系)	2孔	40m
逆調整池	3孔	30m
計	22孔	785m

(c) 弾性波探査(1987年実施)

主ダム	3測線	1,621m
サドルダムⅠ	1測線	506m
原石山	3測線	2,109m
計	7測線	4,236m

(d) 試験室材料試験

岩石試験	1軸圧縮試験	18個
	安定性試験	3個
土質試験	花崗岩系	7試料
	礫岩系	1試料
	凝灰質砂岩系	5試料
	段丘堆積物	3試料
	計	16試料

(3) 上記(2)における現地調査の数量は、フィジビリティ・デザインに対しては、十分なものであるが、詳細設計のためには、下記の項目の現地調査が必要である。

(a) 地形測量

航測図 (S = 1/10000) 410 km²

実測図 (S = 1/500) 1.0km²

送電線ルート実測 7 km

(b) ボーリング調査 104孔 4,300 m

(c) 横坑地質調査 7坑 360 m

(d) 試験室材料試験 岩石, 土質, コンクリート, 水

(e) 水理模型実験 洪水吐 1式

取水口 1式

(4) 準備工事に対する測量と設計は次の項目と数量を実施する必要がある。

(a) アクセス道路 3km

(b) 原木運搬道路付替 8km

(c) 工専用電力線 66km

(d) 事業者用ベースキャンプ施設 2,500m² (建物)

(e) 通信設備 1式

(5) 環境対策として調査、計画、設計、訓練等に次のような事項を実施する必要がある。

(a) 農業プランテーションの水没地内での開発の凍結、移転先の調査、移転計画と実施

(b) 養魚事業の開発計画とパイロット事業の実施

(c) 環境対策トレーニング

(d) 動、植物の詳細現地調査

(e) 水没森林地の伐採

(f) 湖岸保全林の調査、計画と植林の実施

(g) 堆砂の詳細現地調査

(h) モニタリング (水質、医療)

(i) 水没補償物件調査と補償単価基準

(j) 上流水没地内道路付替

(k) 魚道の建設

(l) 逆調整池の建設

(m) 水文テレメーターおよび放流警報設備

- (6) 詳細設計は21ヵ月間で、下記の要領で行う計画である。ただし環境対策は詳細設計の期間のみならず、プロジェクト完成まで継続する必要がある。

項 目	主 体 者	協 力 者
(a) 現 地 調 査	現地コンサルタント	外国コンサルタント
(b) 本工事詳細設計	外国コンサルタント	現地コンサルタント
(c) 本工事入札図書	外国コンサルタント	現地コンサルタント
(d) 本工事入札者資格審査	外国コンサルタント	現地コンサルタント
(e) 準備工事設計	現地コンサルタント ／入札図書	—
(f) 準備工事工事監理	事 業 者	現地コンサルタント
(g) 環 境 対 策	事 業 者	外国および 現地コンサルタント

詳細設計に必要なエンジニアリング費は次のとおりである。(予備費除外)

項 目	内 貨	外 貨	計
	10 ³ M\$	10 ³ M\$	10 ³ M\$
現 地 調 査	4,886	—	4,886
詳 細 設 計	1,149	5,988	7,137
計	6,035	5,988	12,023

- (7) 本工事の入札は国際競争入札による計画である。入札者資格審査は詳細設計期間中に行う。入札から契約調印まで19ヵ月と見積る。

入札見積期間	3ヵ月
入札書審査、落札決定	9ヵ月
契 約 交 渉	7ヵ月
計	19ヵ月

- (8) 本工事用の施工図面は入札書公開と同時に開始し、契約調印までの16ヵ月間で終了する計画である。

- (9) 本工事の主要数量は次のとおりである。

掘削 土石	$5.3 \times 10^6 \text{ m}^3$
掘削 岩	$1.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
盛立 ロック	$4.0 \times 10^6 \text{ m}^3$
アース	$1.4 \times 10^6 \text{ m}^3$
トンネル掘削	$240 \times 10^6 \text{ m}^3$
火 薬	2,500 ton
コンクリート	$300 \times 10^3 \text{ m}^3$
セメント	$130 \times 10^3 \text{ ton}$
鉄 筋	12,800 ton
鉄 構	3,100 ton

(10) 本工事からの工期は50ヵ月の計画である。詳細設計からプロジェクト完成までは次のとおりである。

(a) 詳細設計	21 ヲ月
(b) 入札・契約	19 ヲ月
(c) 工事監理	50 ヲ月
計	90 ヲ月

入札・契約手続きを含め全工事監理に必要なエンジニアリング費は次のとおりである。工事監理は現地コンサルタントの協力を得て外国コンサルタントが行う計画である。

項 目	内 貨	外 貨	計
	$10^3 \text{ M\$}$	$10^3 \text{ M\$}$	$10^3 \text{ M\$}$
工事監理	6,651	32,182	38,833

ただし、予備費含まず。

3. 地 質

3. 地 質

(1) 計画域周辺の地質構成

主ダム、サドルダム、原石山は火山碎屑岩類 (Pyroclastic rocks) に属する緑色岩類 (green rock group) の分布域にある。この緑色岩類とは主として凝灰岩からなるが、構成粒子が細粒から粗粒まで変化するとともに色調も緑青色から紫色まで変化し、岩相の変化が著しいのが特徴である。またこれら凝灰岩の形成環境は浅海性域にあたったと推定され、陸源の混入物である石英粒子からなる砂、礫を含む箇所が多い。この部分は今回の調査では特に、凝灰質砂岩あるいは凝灰質礫岩と称している。その他、石英粒子 (quartzite) や頁岩の薄層が局所的に介在、混入している箇所が認められる。緑色岩類の中には溶岩起源と推定される部分も存在するが量的には少ない。

(2) 地質構造

地質構造はマレイ半島広域の地質構造と調和的であり、地層は全体には北北西-南南東走向であるが局所的に擾乱している箇所は頻繁に認められる。スランピングや小褶曲構造が頻繁に存在するものと推定される。

(3) 構造線

レビル断層と呼ばれる地質構造線が主ダムサイトの東方約 3.5km の位置を通っており、その走向は北北西-南南東である。この断層は主として中・古生代の堆積岩と花崗岩類との境界に沿って走る。

本調査地域内では、この断層系に属する断層露頭の確認には至っていないが、地層の微褶曲構造は頻繁に認められ、このような箇所では岩盤は細片化していることが多い。

今回の調査では規模の大きい断層、破砕層等の弱層は特に発見されていない。

(4) 地震歴

地震に関しては、スマトラ島西縁部に沿うゾーンにはマグニチュード 6 以上の深発地震が多発しているが、マレイ半島ではほとんど認められない。これはスマトラ島を含むスダ列島がオーストラリアプレートとアジアプレートからなるベニオフゾーンの北端にあるためである。即ち、スマトラ付近は深発地震の多発する不安定なベニオフゾーンの上にあるのに比べてマレイ半島は安定なスダ陸棚にあり、深発地震は極めて少ない地域であると言える。

マレーシア内ではクアラルンプールの東南東方においてマグニチュード 3.8 の地震が 1976 年に起っているほか、トレンガヌ州のケニールダムの貯水池周辺ではマグニチュード 2.5 から 4.6 の微小地震が 1984 年以降 30 回起っている。

(5) 今回の地質調査内容

地表地質踏査	範囲 30km
ボーリング	22孔, 785 m
弾性波探査	7 側線, 4.43 km
テストピット	3 箇所

(6) 地質工学的所見

- (a) 主ダムサイトを構成する岩盤のうち、未風化のものは堅硬であり、高さ70mのダムの基礎として設計上、問題となる点はない。河床部は堅岩が露出しており、堆積物は少ない。アバットメント上部の風化層の厚さは左岸で10m、右岸で20m程度である。特に右岸の細尾根で堅岩の高さがEL. 85mの箇所が認められており、設計洪水位より3m低い。止水の設計の上で、十分な検討を要する。
- (b) サドルダムIサイトを構成する岩盤のうち、未風化の岩盤は堅硬であり、高さ67mのダムの基礎として設計上、問題となる点はない。ただし、風化層が厚く、一部をのぞき30m近くに達するので、この点に関する設計は注意が必要である。
- (c) 発電用水路、発電所地点の風化層は約10mである。新鮮な岩盤は堅硬であるので、構造物の設計に関して、特に問題はない。
- (d) 洪水吐と仮排水路トンネル地点は、風化層が厚いが新鮮な岩盤は堅硬であり、構造物の設計に関して、特に問題はない。
- (e) 原石山の風化層の厚さは10~15mである。この下位にある新鮮な凝灰岩はロック材としても、コンクリート骨材としても適当である。ただし、全体に割れ目が密にはいっており、また、やや割れ易い傾向にあるので採取される岩塊は小径のものが多いと推測される。
- (f) コア材を採取する土取場は候補地として2箇所存在し、それぞれ花崗岩分布域と緑色岩類に属する凝灰質礫岩分布域にある。両者から採れる土質材料はコア材としていずれも適当な物性を有する。

4. 水 文

4. 水 文

- (1) ケラントン川水系に計画されている各ダム地点（流量観測所とほぼ一致する）と治水計画基準点であるギルマード橋地点における流域面積は、次のとおりである。

水位－流量観測所流域面積

観測所名	地点河川名	流域面積 km
トワラン	レビル	2480
ベルタム	ネンギリ	3950
ダボン	ガラス	7480
ギルマード	ケラントン	12100

- (2) ケラントン川流域に関して求められた確率雨量（ティーセン雨量に換算済み）、5日雨量と日雨量は次のとおりである。

確率ティーセン5日雨量の計算値
（ガンベル・チョー法を採用）

確率年 流域	レビルダム	ネンギリダム	ネンギリダム から ダボンダム間	レビルダム、 ダボンダムから ギルマード間
	mm	mm	mm	mm
10,000	1624	498	786	865
1,000	1257	400	625	695
200	1000	333	513	576
100	890	304	464	525
50	778	274	416	473
20	630	235	351	404
10	515	205	301	351
5	396	174	248	296

確率ティーン日雨量の計算値
(ガンベル・チョー法を採用)

流域 確率年	レビルダム mm	ネンギリダム mm	ネンギリダム から ダボンダム間 mm	レビルダム、 ダボンダムから ギルマード間 mm
10,000	743	277	394	409
1,000	575	222	314	329
200	458	184	258	273
100	402	167	234	250
50	356	150	210	226
20	288	128	178	194
10	236	111	153	169
5	181	93	127	143

- (3) 確率雨量を流出モデルにインプットして求めた確率洪水ピーク流量は次のとおりである。

欠測雨量の推算に平均曲線を使用時の確率洪水量

(m^3/s)

確率年	トワラン	ベルダム	ダボン	ギルマード
10,000	10,604	6,876	16,081	31,413
1,000	8,282	5,600	12,985	25,078
200	6,663	4,730	10,835	20,679
100	5,951	4,339	9,902	18,752
50	5,260	3,944	8,965	16,851
20	4,323	3,439	7,715	14,315
10	3,595			
5	2,846			

- (4) レビル川の流・堆砂量は、注意すべきほどの大きさではない。1977年ENEXレポートでは、比流砂量として $110 m^3/km/year$ を採用している。

カメロン・ハイランドのレンゲットフォール貯水池の堆砂量の実測結果(1963年~1986年)から $168 m^3/km/year$ が求められている。

本計画では、吉良公式を用いて比流砂量 $410 m^3/km/year$ を算出し、この値を提案する。

5. フィジビリティ設計

5. フィジビリティ設計

(1) ダム

ダムの形式は土質コアじゃ水型ロックフィルが経済性の点からすぐれている。動力式コンクリートタイプと比べて予備的検討の結果、工事費が85%と算定された。

ロックフィルの勾配は、地震活動が低い地域である点を考慮し、できうる限り急なものとした。

サドルダムⅡは、ダム高が低いので、アースフィルとした。

築堤材料は構造物の掘削から生じる岩石や土石材料をできうる限り流用して経済性を追及した。

(2) 洪水吐

洪水吐の形式は、ゲートを有しない自由越流シュート式を採用した。ゲートを有する案も検討したが、工事費は増加することが認められた。運転・保守の面からも複雑となる。

仮排水路トンネルを洪水吐として利用する案も検討した。工事費で10百万マレイシアドルの節減ができる可能性があるが、水理的な制限もあり、より詳細な検討が必要であるので、本計画では採用を保留した。

減勢工は最も工事数量の少ないバケット型を提案する。

(3) 仮排水路

20年、50年および100年確率洪水が流入した時、種々のトンネル内径で、上流コファードムの高さがいくらになるかを比較したうえ、内径12.0mのトンネル2本を仮排水路とする計画を採用する。これによって20年確率洪水時に上流水位は58.3m、100年確率洪水で60.9mまで上昇する。

上流コファードムは、50年確率洪水まで防御する計画で天端高EL. 59mを採る。

(4) 水圧トンネル

水圧トンネルの条数は、トンネルルートの地質条件、運転・保守の便宜を考慮して2本案と3本案を検討した。おのおのの案の経済的な内径は別の検討により、それぞれ8.6mと7.8mと求められた。

トンネル条数の検討は発電所の電気機器工事費までを含めて工事費の比較を行ったところ、2本案が工事費で 14×10^6 M\$, 工期で3ヵ月少ないとの結果を得たので、これを提案する。

水圧トンネルのライニングは、上部トンネルは鉄筋コンクリート、斜坑と下部トンネルのみ埋設鉄管とする。

(5) 発電所

発電所敷地の地盤高は、1000年確率洪水時の下流河川水位EL. 43.5mに1.5mの余裕を見込んで、EL. 45.0mとする。

付属建物は、本館建物の上流側に接続して配置する。これは、各種ケーブルの連結と運転・管理の便宜を考慮した結果である。

(6) 放水路

放水路の長さを下流まで2.3km延長する案も検討したが、経済的メリットが得られないとの結果を得たので最短長とした。断面形状は経済性を検討した結果から選定した。

(7) 底部排水管

仮排水路トンネルのうち1本の設置する。用途は、ダム湛水時の下流放流、貯水池水位低下および湯水年の灌漑用水補給である。

Table 1 レビルダム (多目的) 計画諸元

位 置 : ケラント州、ウルケラント郡

河 川 : ケラント川水系、レビル川

ダム位置 : ケラント川合流点クアラクライの上流37km
レビル川トワラン橋より上流3km、河床標高 24.0 m
(クアラクライ-グアムサン高速道路)

水 文 : 流域面積 2,474 km²
年平均流量 112.6 m³/s (1950~1984年平均)
最小流量 (最渇水月4月) 51.1 m³/s (1950~1984年平均)
観測最大洪水量 4,200 m³/s (1967年)
ダム設計洪水量 (10000年確率) 10,600 m³/s
50年確率洪水量 5,260 m³/s
流域年降雨量 2,250mm

貯水池 :

種 類	水面標高 (m)	貯水量 (10 ⁶ m ³)	湛水面積 (km ²)
設計洪水位	88.1	3.955	226
サーチャージ水位	84.9	3.276	195
発電常時満水位	80.0	2.392	154
発電最低水位	60.0	502	46
緊急時最低水位	50.0	167	21
設計堆砂面標高	47.0	117	15

地 質 : ダム基礎岩 凝灰岩、凝灰質砂岩・礫岩
原石山 凝灰岩

水没問題 : 最大水没面積 (WL 88.1 m) 22,600 ha
森林地 7,900 ha
農業プランテーション 14,700 ha
水没人口 4,694 人
レビル沿岸入植者 500 人 (100 家族)
プランテーション入植者 4,964 人 (775 家族)
オランアスリ 144 人

水没補償 : 農業プランテーション移転 10,000 ha
 レビル川沿岸入植者土地 809 ha
 オランアスリ用地 22 ha
 人口移住 4,694 人 (775 家族)
 付替道路 75 km

環境対策 : 水文テレメーター/放流警報設備 1 式
 逆調整池 ダム高 5.4 m
 越流頂標高 EL. 25.4 m
 貯水量 870,000 m³
 魚道 (暫定) 延長 750 m
 湖岸保全林

発電計画

常時満水位 (HWL) : EL. 80.00 m
 最低水位 (LWL) : EL. 60.00 m
 利用水深および発電貯水量 : 20 m, 1.890 × 10⁶ m³
 (211 GWh 容量 × 電水比)
 放水水位 (放水路終端) : EL. 28.00 m
 最大総落差 : 52.00 m
 最大有効落差 49.66 m
 常時/最大使用水量 : 80/640 m³/s
 水圧トンネル内径, 延長, 条数 : 8.6 m, 202.8 m, 2 条
 水車 : 立軸カプラン 136,800 kW 2 台
 最大流量 320 m³/s × 2 台 = 640 m³/s
 回転数 125 rpm
 発電機 : 立軸同期発電機 149,000 kVA 2 台
 関連送電線 電圧/亘長 : 275 kV, 7 km
 年可能発生電力量 (35 年平均) : 373.3 GWh
 最大出力 : 267.6 MW
 年平均最大出力 (35 年平均) : 240.5 MW
 年平均流入量 : 112.6 m³/s
 (396 GWh 総流入量 × 電水比)
 電力専用事業費 (1987 年価格) : 262.2 × 10⁶ M\$

ギルマード橋10年濁水量 : 95 m³/s

レビルダムによる調整日平均流量 : 80 m³/s

レビルダム緊急放流量 : 335 × 10⁶ m³
(EL. 60~50m間貯水) (50 m³/s × 77日)

灌漑専用事業費 : 160.4 × 10⁶ M\$
(1986年 price)

年平均純農業便益(ケース5) : 15.0 × 10⁶ M\$
(経済価格1999年~2049年間平均)

主 ダ ム

型 式	中央土質コア型ロックフィル
天端標高	92.0m
堤 高	73.0m
堤 頂 長	638 m
上流面勾配	1 : 1.85 (EL. 59m バーム幅 12.5 m)
下流面勾配	1 : 1.75 (EL. 40m バーム幅 10.0 m)
堤 敷 長	265 m
堤 敷 標 高	19.0m
基礎岩盤	緑色および紫色凝灰岩
堤 体 積	2,900,000 m ³ (うちコア 392,000 m ³)

サドルダムⅠ

型 式	中央土質コア型ロックフィル
天端標高	92.0m
堤 高	67.0m
堤 頂 長	448 m
上流面勾配	1 : 1.85 (EL. 59m バーム幅 10 m)
下流面勾配	1 : 1.75
堤 敷 長	218 m
堤 敷 標 高	25.0m
基礎岩盤	凝灰質砂岩および礫岩
堤 体 積	1,532,000 m ³ (うちコア 261,000 m ³)

サドルダムⅡ

型 式	アースフィル
天端標高	92.0m
堤 高	37.0m
上流面勾配	1 : 3.5 (EL. 67m バーム幅 10 m)
下流面勾配	1 : 3.0
基礎岩盤	風化凝灰岩、凝灰質砂岩、貫入メタデイサイト
堤 体 積	742,000 m ³ (うちロック 89,000 m ³)

洪水吐

型式	コンクリート自由越流シュート式（ゲート無し）
越流頂標高	80.0 m（発電常時満水位）
越流頂長	150.0 m
水路延長	270.0 m（越流堰ーバケット部）
シュート幅	95.0 m
減勢池	バケット式（上盤 EL. 29 m, 底盤 EL. 26 m）
設計洪水量	10,600 m ³ /s（10,000年確率洪水量）
洪水吐容量	6,400 m ³ /s
コンクリート量	122,000 m ³

仮排水路

型式	トンネル式
対象洪水量	5,260 m ³ /s
断面	円形鉄筋コンクリート 内径 12.0 m × 2条
延長	No.1 585 m, No.2 576 m
呑口敷標高	29.0 m
吐口敷標高	26.0 m
水路勾配	No.1 0.51%, No.2 0.52%
通水量	3,250 m ³ /s (WL 58.3 m)
地質	緑色凝灰岩
コンクリート量	80,000 m ³

底部排水管

位置	仮排水路トンネル No. 1内
型式/口径	ジェットフローゲート 口径 2.0 m
呑口標高	50.0 m
通水量	最大 84.0 m ³ /s, 最小 46.0 m ³ /s (WL 50 m)

取水口

型式	傾斜型側方取水／ゲートシャフト
取水量	320 m ³ /s (1門当り)
個数	2 門
呑口敷標高	48.0 m
呑口部寸法	幅 15.0 ~ 13.3 m, 高 11.6 m
ゲートシャフト	上盤標高 92.0 m, 内径 12.0 m
ゲート	主ゲート 幅 8.6 m, 高 8.6 m 2門 メンテナンスゲート 幅 8.6 m, 高 8.6 m 2門
コンクリート量	12,000 m ³

水圧トンネル

型式	円形鉄筋コンクリート巻トンネル (1部埋設鉄管)
条数	2 条
内径	8.6 m ~ 7.4 m
延長	No.1 196.8 m, No.2 208.8 m
鉄管重量	920 ton
コンクリート量	8,000 m ³

発電所

型式	地上式
寸法	幅 31 m, 長さ 88 m, 高 62 m
地盤高	45.0 m
水車中心高	21.1 m
放水庭水位	28.78 m (最大使用水量 640 m ³ /s)
最低基礎標高	3.0 m
基礎岩盤	緑色凝灰岩
水車	立軸カプラン水車 136,800 kW 2台 水車流量 320 m ³ /s × 2台 = 640 m ³ /s 回転数 125 rpm
発電機	立軸同期発電機 149,000 kVA 2台
主要変圧器	屋外式変圧器 275 kV, 149,000 kVA 2台
コンクリート量	74,000 m ³

放水路

型式	開水路、台形断面 コンクリートライニング
延長	放水庭 40m, 放水路 499 m
幅	インバート幅 20.0m, 側壁勾配 1:1
放水路終点敷高	21.0m
水路勾配	1/3,000
水深	7.0 m (最大使用水量 640m ³ /s)
コンクリート量	12,000m ³

開閉所

型式	屋外式
敷地地盤高	53.0m
敷地寸法	幅 89m, 長 124m
電圧	275 kV
母線構成	複母線方式
引出回線数	4回線

関連送電線

電圧	275kV
回線数	2回線
こう長	7 km

事業費

10⁶ M\$

準備工事費	13.4
土木工事費	251.5
メタル工事費	21.6
電機機器工事費	148.9
環境費	134.8
詳細設計費	13.2
工事監理費	42.7
事業者事務費	14.0
計	640.1 (予備費含)

内貨 325.2 million M\$

外貨 314.9 million M\$

経済性

	<u>EIRR</u>	<u>FIRR</u>
	%	%
電力	8.6 (6 以下)	20
電力+洪水	12.6 (10.7)	-
電力+洪水 農業	13.9 (12.4)	-

貯水量 1 m³ 当りダム費 0.10 M\$/m³

EIRR () 内の数値は、代替燃料費がNEB 購入ベース

