

マレーシア国

サラワク小水力発電開発計画

調査報告書

第四卷

ムダミット-2 水力発電開発計画

主 報 告 書

昭和63年7月

国際協力事業団

鉦計資

CR 6

88-94-1/8

国際協力事業団

18354

マレーシア国

サラワク小水力発電開発計画

調査報告書

第四卷

ムダミット-2水力発電開発計画

主 報 告 書

JICA LIBRARY



1069446E1J

18354

昭和63年7月

国際協力事業団

報告書の構成

和 文

第一卷	ムコ水力発電開発計画主報告書
第二卷	ムコ水力発電開発計画補遺書
第三卷	ムコ水力発電開発計画資料集
第四卷	ムダミットー2水力発電開発計画主報告書
第五卷	ムダミットー2水力発電開発計画補遺書
第六卷	ムダミットー2水力発電開発計画資料集
第七卷	サラワク小水力開発地点選定
第八卷	サラワク小水力開発地点選定補遺書
	要 約 報 告 書

英 文

Volume I	Main Report for Feasibility Study on Mukoh Hydroelectric Power Project
Volume II	Appendix for Feasibility Study on Mukoh Hydroelectric Power Project
Volume III	Data Book for Feasibility Study on Mukoh Hydroelectric Power Project
Volume IV	Main Report for Feasibility Study on Medamit-2 Hydroelectric Power Project
Volume V	Appendix for Feasibility Study on Medamit-2 Hydroelectric Power Project
Volume VI	Data Book for Feasibility Study on Medamit-2 Hydroelectric Power Project
Volume VII	Main Report for Identification of Small Scale Hydroelectric power Projects in Sarawak
Volume VIII	Appendix for Identification of Small Scale Hydroelectric power Projects in Sarawak

序 文

日本国政府は、マレーシア政府の要請に基づき同国のサラワク小水力発電開発計画に関するフィージビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、日本工営株式会社岩崎泰夫氏を団長とする調査団を1986年8月より1988年3月までの間、数次に亘り現地に派遣し、調査を実施した。帰国後、これら現地調査で得られた結果に基づいて、関連データの検討、解析などの国内作業を行った。

本報告書はこれらの結果を取りまとめたものである。本報告書がマレーシア国の電力安定に寄与すると共に、日本・マレーシア両国間の友好親善の一助となれば幸いである。

終わりに、本件調査に際し多大の御協力を頂いたマレーシア国政府関係機関、在マレーシア日本国大使館、外務省並びに通商産業省の関係各位に対し、深く感謝の意を表すものである。

1988年7月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

サラワク小水力発電開発計画調査

1988年7月

国際協力事業団総裁

柳谷謙介殿

伝達状

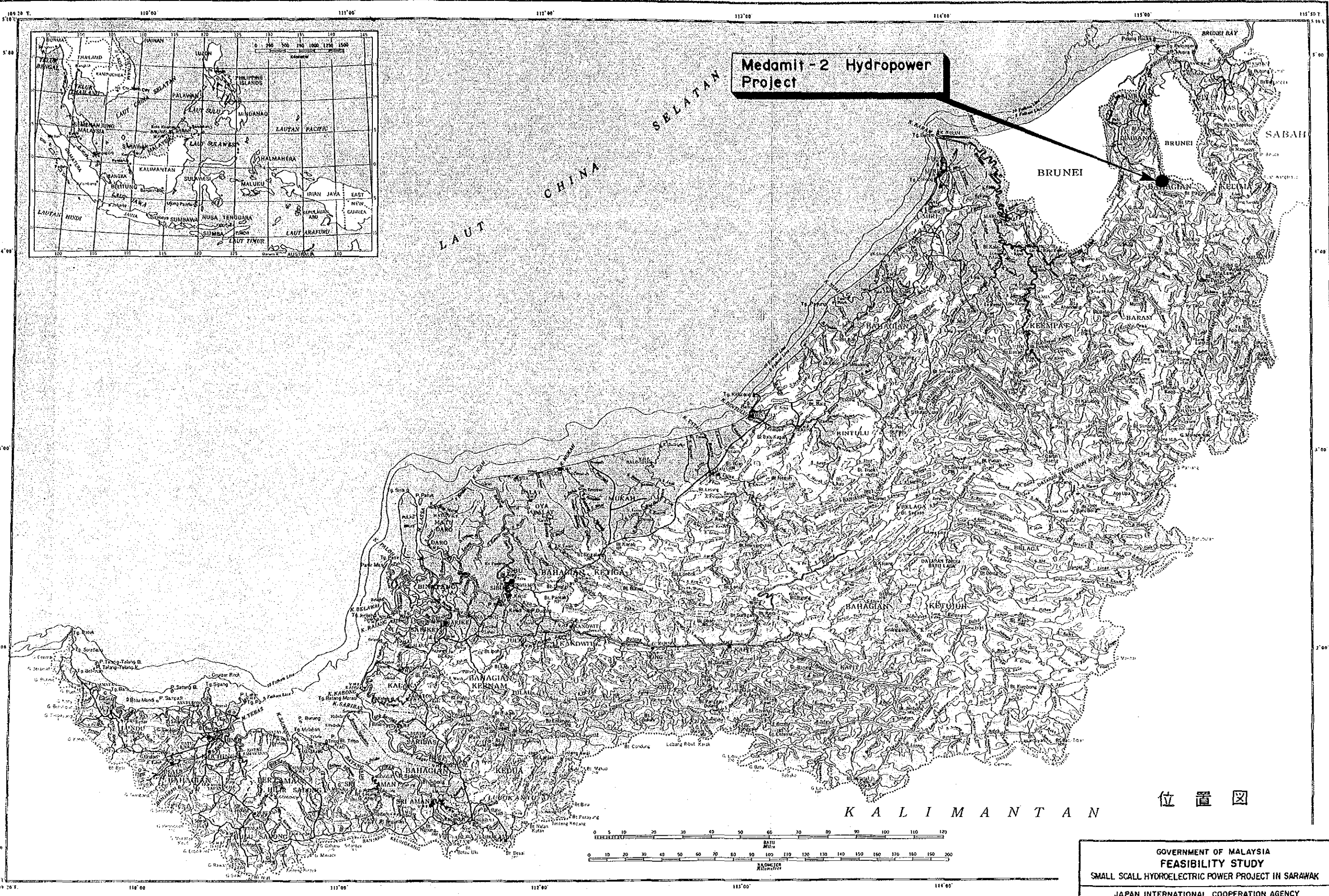
マレーシア国において実施致しましたサラワク小水力発電開発計画調査に関する最終報告書をここに提出致します。調査は、マレーシア政府が自国のエネルギー政策として、サラワク州において石油消費減少のため小規模水力発電を行いたいという意向に沿って実施され、その成果をとりまとめたのが本報告書であります。

報告書は、最適電力開発地点として選定されましたムコおよびムグミットー2小水力発電計画に対して実施されたフィージビリティスタディに対する主報告書、附属報告書および資料集、並びに最適電力開発地点の選定に係る調査に対する主報告書および附属報告書の計8冊で構成されております。各々主報告書には、フィージビリティスタディおよび最適開発地点選定のため実施しました検討結果、また附属報告書には技術的検討の詳細が述べられております。資料集には、調査段階で使用しましたデータを掲載しております。

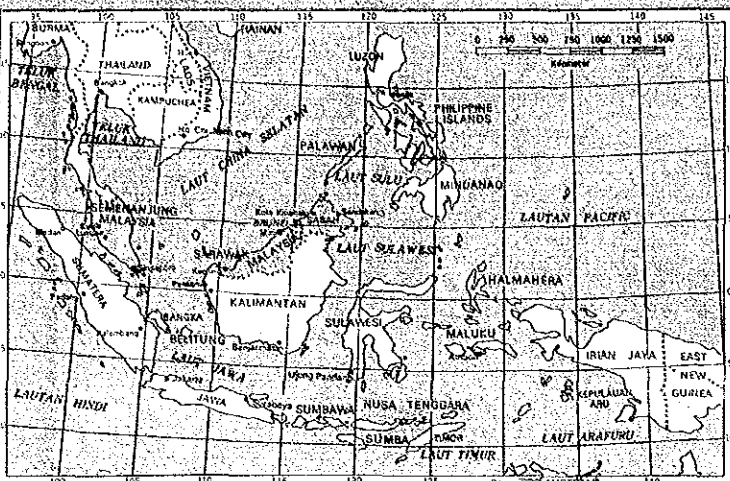
貴事業団をはじめ、外務省、通商産業省、在マレーシア日本大使館およびマレーシア国側の関係者各位に対し、調査団に対する助言、助力を心から感謝致します。本調査の成果がサラワク州の今後の小水力発電開発にとって有益なものとなる様心から希望するものであります。

サラワク小水力発電開発計画調査団

団長 岩崎泰夫



Medamit - 2 Hydropower Project



位置図

GOVERNMENT OF MALAYSIA
FEASIBILITY STUDY
 SMALL SCALE HYDROELECTRIC POWER PROJECT IN SARAWAK
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

要 約

調査の背景及び目的

1. スリアマン、サリケイ、リンバン及びカピットの4電力需要地における小水力開発地点がまず選定された。フィージビリティ調査段階に進む計画の選択は三段階スクリーニング法により実施された。そして、リンバン電力需要地に対してはムダミットー2計画がフィージビリティ調査を実施する計画として選ばれた（口絵参照）。
2. 第五巻及び六巻を含む本第四巻の目的は西暦2010年までのリンバンの電力需要の伸びを考慮しながら、ムダミットー2計画の最適開発案を見出し、さらに技術的、経済的、財務的実施可能性を検討するものである。

リンバン電力需要地及びムダミットー2開発地点

3. サラワクの第五行政区の首都であり、ムダミットー2計画の需要地であるリンバンは両ブルネイに挟まれたリンバン川の河口近くに位置している。このリンバンの地理的特徴はブルネイとの結び付きを強くしている。実際、スピードボートに乗ると30分でブルソイの首都バンダールスリベガワンに到着出来る。
4. リンバンの電力需要は1980年における1,100kWから1986年の2,500kWに増加した。年平均14.7%の伸び率になっており、サラワク全体の伸び率12.9%と比べて高い率になっている。
5. ムダミット川はパゴン山の西側斜面に源を発し、東ブルネイとの国境線に沿って北北西に流下する。ムダミット川は丘陵地帯を約50km流下した後、ムダミット村でリンバン川に合流する。

ムダミットー2計画の開発地点はリンバン川の合流地点から約20km上流のムダミット川の中流域に位置している。一方、発電所はムダミット村から約20km上流のリンバン川

に位置している。約 4,550mの導水路が両地点を結ぶ。

開発地点の状況

6. ムダミットー2計画開発地点一帯の尾根は北西方向に走行しており、稜線はかなり険しい傾斜を示している。この稜線に平行にムダミット川が北に、リンバン川が南に流れている。段丘やゆるやかな斜面は崖錐堆積物に覆われており、所々険しい崖が見られる。
7. プロジェクト地帯は古第三紀暁新世のムル岩層、古第三紀始新世から新第三紀中新世のムリナウ石灰岩層さらに新第三紀中新世のセトップ頁岩層から成っている。北北西の走行及び北東方向へ傾斜しているムリナウ石灰岩層及びセトップ頁岩層は不整合面によって区分されている。
8. サラワクの気候は年間通して高温多湿の熱帯雨林気候に属する。雨期をもたらす北東季節風は10月中旬から4月中旬まで続く。一方、乾期に対応する南西季節風は4月中旬より10月中旬まで続く。
9. サラワクの降雨は豊富で年間平均 3,700mm程度である。そして年間雨量の約30%から40%が乾期に降る。
10. 186km²の流域面積を持つ開発地点での長期流出は平均15.0m³/secと推定されている。又、流況曲線から、濁水流量は約5 m³/secである。

電力需要予測

11. 電力需要は家庭用、商業用、工業用及び街灯用の4セクターに分けて予測した。リンバンにおける電力消費すなわち売電は各セクターの消費を合計することにより推定された。さらに、発電量および最大電力は算定した電力消費に基づき推定された。次表はリンバンにおける電力需要の概要を示す。

電力需要予測（中間）

年	消費電力量 (MWh)	発電量 (MWh)	最大電力需要 (kW)	年負荷率 (%)
1984	8,083	9,462	1,912	56.5
1985	9,239	10,609	2,006	60.4
1986	10,212	11,596	2,502	53.0
1987	11,390	13,090	2,720	55.0
1988	12,570	14,450	2,840	58.0
1989	13,730	15,780	3,110	58.0
1990	14,960	17,200	3,390	58.0
1995	22,580	25,950	5,110	58.0
2000	31,110	35,750	7,290	56.0
2005	41,190	47,340	9,650	56.0
2010	54,020	62,090	12,660	56.0

12. 電力の高低需要予測は家庭部門の電化率及び工業部門の電力消費の上昇率を変えることにより推定された。その結果高需要における電力消費は西暦2000年及び2005年において中間需要と比べてそれぞれ10%、15%高くなった。一方、低需要においては中間需要に比べて2000年において10%、2005年において12%低くなった（図-4.12及び4.13参照）。

最適開発案及び最適投入時期

13. ムダミット-2計画の最適開発規模及び最適投入時期は長期電力開発計画におけるムダミット-2計画の開発規模及び時期を見出すことによって決定された。

14. ムダミット-2計画の水力開発における三つの代替案が考えられた（図-5.3参照）。これら三つの代替案の基本的考えは次の通りである。

A l t - 1 : ダムにより発電用落差を生じさせ、ダム直下の発電所で発電する案

A l t - 2 : ダムにより生じさせた落差のほか 300mの長さの導水路により大きく蛇行する河道を短絡させることにより落差を増加させる案

A l t - 3 : 4,550mの長さの導水路によりムダミット川の水をリンパン川に転流させ、75mから95mの発電用落差を生じさせる案

これらの三代替案の主要諸元は次の通りである。

単位：m

代替案	A 2 t - 1	A 2 t - 2	A 2 t - 3
常時満水位	130.5-150	130.5-150	130.5-150
最低水位	130	130	130
放水水位	114	110	56
導水路長	0	300	4,550
鉄管路長	40	40	230

15. 最適化検討の結果、ムダミットー2計画の最適開発案は次の通りとなった（図-5.5.及び5.7参照）。

代替案	: A 2 t - 3
常時満水位	: 131.5m
最低水位	: 130.0m
放水水位	: 56.0m
ダム型式	: コンクリート重力型
導水路長	: 4,550m
鉄管路長	: 230m
最大使用水量	: 8.9m ³ /sec
常時使用水量	: 4.5m ³ /sec
ムダミット川への維持用水	: 0.5m ³ /sec
ピーク運転時間	: 12時間
定格水頭	: 69.27m
最大出力	: 5.1MW
年間発生電力量	: 36.1 GWh
建設費	: M\$ 59.0百万
純便益（総計）	: M\$ 4.4百万
経済的内部収益率	: 11.7 %

16. ムダミットー2計画の最適投入年の検討は長期電力投入計画において最適とされた開発規模(5.1MW)の投入年をずらすことによってなされた。最適投入検討結果は次の通りである。

投入年	10%割引率に おける純便益 (M\$百万)	経済的内部 収益率 %
1996	4.37	11.7
1997	4.63	11.9
1998	5.09	12.4
1999	5.02	12.7

1998年ムダミットー2の投入はM\$5.09百万の最大純便益を得た。しかし、純便益は投入年を変化させてもあまり変化がなかった。さらに、ムダミットー2計画は投入年をずらしても高い実施可能性を示しているので、早期投入が推奨される。

主要構造物の基本設計

17. 本計画の主要構造物は 8.9m³/secを取水する取水口、4,550mの長さの導水路、サージタンク 5.1MWの発電規模を有する発電所等である。系統の信頼性及び水車・発電機の維持を考慮して発電機は2台とした。

さらに、本計画においてリンバンまで電力を送電するために33kVの送電線が58km建設される。

18. 主要構造物に対する設計は建設費を概算見積るために実施された (図-6.1から6.5参照)。

建設計画及び費用

19. 本計画の建設に対して1988年から1995年までの8年間が必要であろう。1988年から1991年までの最初の4年間は建設費の手当て、コンサルタントの選択、詳細設計及び入札に割り当てられる。1992年から1995年までの後半の4年間に本計画は建設される (図-7.1参照)。

20. 本ムダミットー2計画の建設に対して必要とされる費用はM\$ 58,959,260と算定された。このうちM\$ 36,153,853は外貨分で、M\$ 22,805,407は内貨分である。内外貨分の年ごとの振り分けは次の通りである。

年	外貨 (M\$)	内貨 (M\$)	合計 (M\$)
1991	337,180	674,452	1,011,632
1992	6,445,770	5,489,892	11,935,662
1993	8,790,400	6,094,969	14,885,369
1994	12,711,271	6,741,616	19,452,887
1995	7,869,222	3,804,478	11,673,700
Total	36,153,853	22,805,407	58,959,260

経済的及び財務的实施可能性

21. ムダミットー2計画の経済的実施可能性はリンバン電力システムの長期電力開発に基づいた最適化検討によって実施された。ムダミットー2計画の最適開発規模に対する経済的実施可能性は経済的意味における商品の価格査定、財務的費用から経済的費用への転換率の検討を詳細に行って実施した。その結果は次表に示される。

投入年	純便益 (M\$百万)	EIRR (%)
1996	4.37	11.7
1997	4.63	11.9
1998	5.09	12.4
1999	5.02	12.7

純便益の算定に10%の割引率が適用された。純便益が全ケースとも正であるので、ムダミットー2計画は経済的にいって実施可能である。

最適投入年は1998となった。しかし、純便益の変化は投入年を変化させてもあまり変わらずさらにムダミットー2計画が高い経済的実施可能性を示しているので、早期投入(1996年)が推奨される。

22. 財務分析はムダミットー2計画の財務的実施可能性及び実施機関(SES CO)の経営力を検討した。実施機関の経営力とは投資費用の内貨および外貨の返済力あるいは内

貨分の費用を分担する能力があるかどうかの問題である。

ムダミット-2計画の財務的収益率(FIRR)は8.4%になった。8.4%のFIRRは内貨分に対する連邦政府の金利(7.5%)および外貨分に対するソフトローンの金利(4%)より高いので、ムダミット-2計画は財務的にいて実施可能といえる。

23. 内貨外貨のローンを返済するSESCOの経営能力は歳入と金利を含めた借入金返済の財務表を作ることによって検討された。内貨分が連邦政府ローン(7.5%)および外貨分がソフトローン(金利4%)によって賄なわれた場合(表-1参照)、純資金の流れはムダミット-2計画の運開と共に正である。

内貨分がSESCO自身の資金、外貨分がソフトローンによって賄なわれた場合(表-8参照)、歳入と支出の差額は、ムダミット-2計画の投入年(1996)において正になるが、運転開始年度における内貨の負担金及び外貨に対する金利返済金の累計額がSESCOの財務管理能力内にあるか否かが問題となる。従って、融資方法としては、前者の内貨が連邦政府ローン、外貨がソフトローンによって賄なわれるケースが適正と判断する。

更に、将来のカピット電力供給システムが全てディーゼルプラントで形成される場合と本小水力とディーゼルの組み合わせで形成される場合の2ケースで収入と費用のバランスを試算した結果、運転・維持費用の大きな支出項目である燃料費の上昇又は一定という仮定条件にも係らず、収入・費用のバランス及びその累加が本計画を投入する場合の方が有利であることが判明した。

目 次

	頁
第一章 序 文	1-1
1.1 調査の背景	1-1
1.2 調査の目的	1-2
1.3 作業進捗	1-3
1.4 JICA調査団	1-3
第二章 プロジェクト対象地区	2-1
2.1 リンパン電力需要地	2-1
2.2 ムダミット-2水力開発地点	2-1
2.3 社会経済	2-2
第三章 計画地点の状況	3-1
3.1 位置と地形	3-1
3.2 地 質	3-1
3.2.1 地質概要	3-1
3.2.2 計画地点の地質	3-2
3.2.3 土地地質的評価	3-2
3.2.4 地 震	3-5
3.3 気象および水文	3-6
3.3.1 概 説	3-6
3.3.2 気 象	3-7
3.3.3 水 文	3-8
3.3.4 堆砂および水質	3-10
3.3.5 水 利 権	3-11

	頁
3.4 構造物の主要材料	3-11
3.4.1 概 要	3-11
3.4.2 室内材料試験	3-11
3.4.3 コンクリート骨材	3-12
3.5 環 境 状 況	3-13
3.5.1 概 論	3-13
3.5.2 環 境 の 現 状	3-13
3.5.3 環 境 へ の 影 響	3-15
第四章 電力供給及び需要	4-1
4.1 電気事業の体制	4-1
4.2 既設電力供給システム	4-1
4.2.1 サラワク全体	4-1
4.2.2 リンバン地域	4-3
4.3 電力需要の現状と推移	4-3
4.3.1 サラワク全体	4-3
4.3.2 リンバン地域	4-5
4.4 電力需要予測	4-7
4.4.1 目 的	4-7
4.4.2 方 法	4-7
4.4.3 需要予測に関する既存調査	4-9
4.4.4 リンバン地域に対する電力需要予測	4-10
4.4.5 検 討 結 果	4-14
4.4.6 既存調査との比較	4-16
4.5 需給バランス	4-17

	頁
第五章 計画決定検討	5-1
5.1 最適規模策定	5-1
5.1.1 概 説	5-1
5.1.2 長期投入計画検討の為の条件及び入力データ	5-1
5.1.3 開発代替案	5-5
5.2 最適開発案及び最適投入時期	5-7
5.3 感度分析	5-9
第六章 基本設計	6-1
6.1 概 要	6-1
6.2 主要構造物の設計	6-2
6.2.1 取水ダム	6-2
6.2.2 水 路	6-4
6.2.3 発 電 所	6-7
6.3 機 械 設 計	6-7
6.3.1 ゲート及びトラッシュラック	6-7
6.3.2 鉄 管	6-9
6.4 発 電 機 器 設 計	6-9
6.4.1 発電機器及び付属機器	6-9
6.4.2 屋外開閉所	6-10
6.5 送 電 線 及 び 変 電 所	6-10
6.5.1 は じ め に	6-10
6.5.2 送 電 線	6-11
6.5.3 変 電 所	6-12

	頁
第七章 施工計画と積算	7-1
7.1 施工計画と工程	7-1
7.1.1 一般	7-1
7.1.2 工程	7-1
7.1.3 施工計画と方法	7-4
7.2 積算	7-7
7.2.1 建設工事費	7-7
7.2.2 建設工事費の年資金展開	7-9
第八章 プロジェクト評価	8-1
8.1 経済評価	8-1
8.1.1 評価方針	8-1
8.1.2 条件仮定	8-2
8.1.3 便益分析	8-4
8.1.4 費用分析	8-5
8.1.5 経済評価	8-5
8.2 財務分析	8-7
8.2.1 財務分析の目的	8-7
8.2.2 条件・仮定	8-8
8.2.3 財務分析	8-11

	頁
第九章 今後の調査検討	9-1
9.1 概 括	9-1
9.2 ポストフィージビリティスタディ調査	9-1
9.3 詳細設計	9-2
9.3.1 目 的	9-2
9.3.2 作業範囲	9-2

参考文献

添 付 表 一 覧 表

表 番		頁
表 1. 1	サラワク州における設備容量、発電力量および電力消費量	T-1
表 3. 1	材 料 試 験 結 果 (1 / 2)	T-2
表 3. 1	材 料 試 験 結 果 (2 / 2)	T-3
表 3. 2	調査孔およびサンプリング位置図 (1 / 2)	T-4
表 3. 2	調査孔およびサンプリング位置図 (2 / 2)	T-5
表 3. 3	環 境 影 響 調 査 結 果 (1 / 2)	T-6
表 3. 3	環 境 影 響 調 査 結 果 (2 / 2)	T-7
表 4. 1	サラワク州における設備容量	T-8
表 4. 2	サラワク州における発電力量	T-9
表 4. 3	サラワク州における電力消費量	T-10
表 4. 4	サラワク州における最大需要電力	T-11
表 4. 5	サラワク州における電力消費者数	T-12
表 4. 6	電力消費の内訳 (リンバン地区)	T-13
表 4. 7	家庭および商業用消費電力の内訳 (リンバン地区)	T-14
表 4. 8	消費者あたりの年間電力消費量 (1 / 2)	T-15
表 4. 8	消費者あたりの年間電力消費量 (2 / 2)	T-16
表 4. 9	電力消費量の計算 (リンバン地区)	T-17
表 5. 1	既設、建設中および建設予定の発電所 (リンバン地区)	T-18
表 5. 2	ディーゼル発電所の建設費と運転維持費	T-19
表 5. 3	主 要 工 事 単 価	T-20
表 5. 4	ムダミット 2 計画における最適案	T-21
表 5. 5	プロジェクト評価ーキャッシュフロー表 (1 / 2)	T-22
表 5. 5	プロジェクト評価ーキャッシュフロー表 (2 / 2)	T-23

表 番		頁
表 5. 6	ディーゼル発電によるキャッシュフロー表 (リンバン地区) (1/2)	T-24
表 5. 6	ディーゼル発電によるキャッシュフロー表 (リンバン地区) (2/2)	T-25
表 7. 1	建設費の算定	T-26
表 7. 2	建設費の内訳 (1/4)	T-27
表 7. 2	建設費の内訳 (2/4)	T-28
表 7. 2	建設費の内訳 (3/4)	T-29
表 7. 2	建設費の内訳 (4/4)	T-30
表 7. 3	建設費の支出スケジュール (1/4)	T-31
表 7. 3	建設費の支出スケジュール (2/4)	T-32
表 7. 3	建設費の支出スケジュール (3/4)	T-33
表 7. 3	建設費の支出スケジュール (4/4)	T-34
表 8. 1	経済費用への変換係数リスト	T-35
表 8. 2	経済的建設費の算定 (ムダミット 2 計画)	T-36
表 8. 3	ムダミット-2 を含む電力投入計画	T-37
表 8. 4	経済的費用-便益のキャッシュフロー (1/2)	T-38
表 8. 4	経済的費用-便益のキャッシュフロー (2/2)	T-39
表 8. 5	過去及び1995年における S E S C O の財務状況	T-40
表 8. 6	ムコ計画の財務的キャッシュフロー	T-41
表 8. 7	財 務 表	T-42
表 8. 8	財 務 表	T-43
表 8. 9	財 務 表	T-44
表 8. 10	リンバン・システムの財務表 (ディーゼル発電)	T-45
表 8. 11	リンバン・システムの財務表 (ディーゼル発電)	T-46
表 8. 12	リンバン・システムの財務表 (小水力+ディーゼル発電)	T-47
表 8. 13	リンバン・システムの財務表 (小水力+ディーゼル発電)	T-48

添 付 図 一 覧 表

図 番		頁
図 3. 1	ムダミット-2地区の地質図	F-1
図 3. 2	取水口地点での流況曲線 (ムダミット2計画)	F-2
図 3. 3	コンクリート骨材採取可能地域	F-3
図 4. 1	SESCOの管轄区と発電所	F-4
図 4. 2	クチン-シブ間の送電線系統図	F-5
図 4. 3	リンバン電力系統の系統図	F-6
図 4. 4	サラワク州における発電電力量と売電量	F-7
図 4. 5	サラワク州における設備容量と最大電力需要	F-8
図 4. 6	サラワク州における電力消費の内訳	F-9
図 4. 7	サラワク州における消費者あたりの年間消費電力量	F-10
図 4. 8	設備容量および最大電力需要 (リンバン地区)	F-11
図 4. 9	年負荷率の変化 (リンバン地区)	F-12
図 4. 10	月別電力消費量の変化 (リンバン地区)	F-13
図 4. 11	日負荷曲線 (リンバン地区)	F-14
図 4. 12	電力消費量予測とその上下限值	F-15
図 4. 13	ピーク負荷予測とその上下限值	F-16
図 4. 14	電力消費量予測値の比較	F-17
図 4. 15	ピーク負荷予測値の比較	F-18
図 5. 1	日負荷曲線 (リンバン地区)	F-19
図 5. 2	調整池容量曲線 (ムダミット2計画)	F-20
図 5. 3	代替案の比較検討 (ムダミット2計画)	F-21
図 5. 4	貯水容量-使用水量曲線 (ムダミット2計画)	F-22
図 5. 5	純便益および経済的内部収益率 (ムダミット2計画)	F-23
図 5. 6	ピーク負荷に対する供給計画 (リンバン系統)	F-24

図 5. 7	電力量に対する供給計画 (リンパン系統)	F-25
図 5. 8	ディーゼル発電によるピーク負荷に対する供給計画 (リンパン系統)	F-26
図 5. 9	ディーゼル発電による電力量に対する供給計画 (リンパン系統)	F-27
図 6. 1	取水ダム (ムダミット 2 計画)	F-28
図 6. 2	導水路および水圧鉄管 (ムダミット 2 計画)	F-29
図 6. 3	水圧鉄管平面図 (ムダミット 2 計画)	F-30
図 6. 4	水圧鉄管縦横断図 (ムダミット 2 計画)	F-31
図 6. 5	発電所概要図 (ムダミット 2 計画)	F-32
図 6. 6	送電線ルート平面図 (ムダミット 2 計画)	F-33
図 6. 7	電力系統図 (リンパン地区)	F-34
図 6. 8	変電所の配置図	F-35
図 7. 1	施工計画スケジュール	F-36
図 7. 2	施工プラント配置図	F-37
図 7. 3	施工時転流計画案	F-38

第一章 序 文

1.1 調査の背景

サラワク州はボルネオ島の北部北緯1度から5度、東経110度から115度に位置している。面積は124,450km²を有する。沖積平野が北西部に広がり、そこをインドネシア領との国境上に嶺線を持つ山脈から発した多くの川が流下している。気候は高い湿度を持つ日が一年中続く熱帯雨林地帯に属する。気温及び相対湿度は年中変化が少なく高い日が続く。

年間降雨量は平均3,700mmと多く、山がちな地形は大きな包蔵水力を有する。経済的に開発可能な包蔵水力は年間63,000GWh程度であり、全マレーシアの約53%を有している。

サラワク州で最初的水力開発であるバタンアイ計画(108MW)は1985年に完成したが、州全体からみればまだ開発の手が入っていない状態にあるといってもよい。

サラワク州の電力はサラワク電力供給公社(SESOCO)によって供給されているが、電力系統はまだまだ孤立した状態にある。そして電力供給源は主にディーゼル及びガスタービンである。1984年にはSESOCOは229MWの設備容量を持ち、表1.1に示す通り、601GWhの電力を発電した。ピーク負荷及び年間発電量は1975年から1984年の10年間に平均ほぼ13%の率で増加した。そして1985年のバタンアイの投入により、設備容量は352MW、発電量は704GWhと大きく飛躍した。1986年7月において、SESOCOは図4.1に示す通り60の発電所を有している。

マレーシア政府は1986年に策定された第5次マレーシアプランにおいて1986年から1990年までのエネルギー政策を設定した。第5次プランはエネルギー源として石油に頼ることから、石油、水力、天然ガス及び石炭の四エネルギー源に安定供給を確保しながら分散することを力説している。この戦略の目的はマレーシア固有の非石油エネルギー資源、すなわち天然ガス、水力を有効利用しようとするものである。このエネルギー政策にそい、SESOCOは可能な限り、電力源として化石燃料に過剰に頼っている現状を減少することを目的として、豊富な水力資源を開発する計画を立てた。

第5次マレーシアプランは次の通りサラワク州のエネルギー政策に引用される。

SESCOの発電量は1985年における704GWh/年から1990年には1,600GWh/年に達するであろう。実施すべき主要プロジェクトは54MWの設備容量を持つウルアイ水力計画である。実施可能性のあるプロジェクトを選定する為、いくつかのフィージビリティ・スタディーが計画されている。これらはスリアマン、カピット、サリケイ及びリンバン地区の小水力プロジェクト及びムルム、バレ及びベラガの大水力プロジェクトを含む。大資本投資を必要とするバクン水力計画の実施においては、実施決定に先立ち、財務的見地から充分検討する必要がある。

1984年7月、マレーシア政府はサリケイ、スリアマン及びリンバン地区への電力供給を目的とした小水力開発のフィージビリティスタディーの技術援助を日本政府に要請した。この要請に応え、国際協力事業団（JICA）は1985年1月24日から2月6日までの期間マレーシアに事前調査団を派遣し、スリアマン及びサリケイ地区を踏査した。この踏査期間中に、マレーシア政府はカピットも対象地区として加えることをJICAに要請した。

JICAは1985年10月8日から27日までの期間、再度マレーシアに事前調査団を派遣、リンバン及びカピット地区への補足調査を実施し、作業範囲（Scope of works）についてマレーシア政府と討議した。

調査の作業範囲はマレーシア政府の経済企画庁（EPU）とJICAの間で1986年8月8日に調印された。その後直ちに調査は開始された（8月11日）。

1.2 調査の目的

サラワク州における小水力開発に関する本報告書は8分冊からなる。第七巻及び八巻はスリアマン、サリケイ、リンバン及びカピットの電力需要地に対する水力開発地点を選定し、フィージビリティ・ステージに進む計画を選定している。そして、ムコ及びムグミットー2両計画がフィージビリティ・スタディを実施する計画として選ばれた。第一巻から第六巻はムコ及びムグミットー2両計画の実施可能性を検討している。

第五巻及び六巻を含む本第四巻の目的はムダミットー2水力発電計画の最適開発案を策定すると共に、西暦2010年までのリンバン電力系統の電力需要を考慮しながら、技術的、経済的そして財務的实施可能性を検討するものである。

1.3 作業進捗

本ムダミットー2計画のフィージビリティ・スタディは第七巻で検討された通り5つの有望水力計画のうちフィージビリティ・スタディを実施する計画を選ぶため1987年1月21日に開催された運営委員会の決定に基づいて1987年5月に開始された。

電力需要予測、水文調査や地形測量、弾性波探査、ボーリング作業や材料調査等の現場調査はJICA調査団のマレーシア到着後直ちに開始され、解析を含め1987年9月までに完了した。

プロジェクトの最適規模決定、構造物の予備設計、施工計画の立案及び経済・財務評価から成るフィージビリティ・スタディは現場調査の結果に基づいて実施された。そして、JICA調査団は最終報告書(案)作成のため1987年12月中旬日本に帰国した。

運営委員会が事前に送附された最終報告書(案)を討議するために1988年3月4日に開催された。最終報告書(案)に対して討議されたことを織り込み、最終報告書が1988年5月に提出され、本調査の全作業が終了した。

現地調査やフィージビリティ・スタディを通してSESCOから派遣されたカウンターパートは調査に最大限参加し、本調査の調査結果に大きく寄与した。

1.4 JICA調査団

本調査作業に従事したJICA調査団員は、次の通りである。

岩崎 泰夫	総括	日本工営
阿部 敬次	建設(構造設計)	日本工営

竹中 節	建設（発電計画）	日本工営
有働 忠久	建設（材料試験）	EPDCI
井上 美公	建設（水文・コンピュータ解析）	日本工営
宮島 幸一	電力設備（発電機械）	EPDCI
大森 孝則	電力設備（送変電）	EPDCI
佐土原文博	建設（地質）	EPDCI
小泉 斉	建設（弾性波探査）	EPDCI
築瀬 貢	建設（測量）	EPDCI
佐藤 誠	建設（施工計画・積算）	EPDCI
多田 宗則	評価（経済・財務）	日本工営

第二章 プロジェクト対象地区

2.1 リンバン電力需要地

サラワク州第五行政区の首都であり、ムダミットー2計画の需要地であるリンバンは両ブルネイに挟まれたリンバン川の河口に位置している。この地理的特性はブルネイとの緊密な関係をもたらしている。実際ブルネイの首都バンダールスリベガワンまでスピードボートで行けば30分で行く事が可能である。

上記ブルネイとの緊密な関係と共に、サラワク州で石油について外貨獲得源である製材業がリンバンの繁栄を支えている。しかし、リンバンは現在他の地域とを結ぶ道路網の不備によりサラワク州内において孤立していると言える。

サラワク州第五行政区における二つの管轄区の一つであるリンバン管区は 3,978km²の面積に対して43,824人(1980年)の人口を有している。これは平方キロメートル当り11人の密度となっている。人口の大部分はリンバン市街地及びリンバン川の下流沿に住んでおり、主に農業に加えて製材業や商業活動に従事している。

上記状況のもと、リンバンにおける電力需要は1980年における1,100kW から1986年における 2,500kWに増加している。年平均において14.7%の増加率となっている。この数値は全サラワク州における12.9%と比べて高い率となっている。

2.2 ムダミットー2水力開発地点

ムダミット川はパゴン山の西斜面から発し、ブルネイとの国境線ぞいに北北西方向に流下する。ムダミット川は丘陵地を約50km流下した後、ムダミット村でリンバン川に合流する。

ムダミットー2計画はムダミット川の水をリンバン川に導水することにより生ずる落差を用いて発電する計画である。開発地点はリンバン川との合流地点から約20km上流のムダ

ミット川の中流域に位置している。一方、発電所はムダミット村から約20km上流のリンバン川沿に位置している。約 4,400m長の導水路が両地点を結ぶこととなる。

ムダミット村から開発地点までは木材搬出道路を使うが、既存の道路がリンバンからダム地点、発電所地点の双方につながっている。さらに、既存道路の改良は公共事業省により実施されているので、建設用道路の工事はわずかなものである。

2.3 社会経済

サラワク州における主要部族はマレイ、メラナウス、イバン、ビダユ、中国人その他である。1980年の人口調査によると、イバン人が 368,500人、中国人が 360,680人、マレイ人は 248,800人、ビダユ 104,900人そしてメラナウス69,000人となっている。

リンバン地区においてはその他に属する土着部族民の人口が43,824人（1980年）のうち17,700人と最も多く、12,400人のマレイ、 6,300人の中国人、 6,300人のイバン人と続く。節2.1で述べた通り、人口の大半はリンバン市街地及びリンバン川下流沿に住み、リンバン地区の後背地は深い森林となっており人口密度は希薄である。

地域内の主要産業は農業と林業である。農業はリンバン川の下流域に広がった平野で良く発達しており、主要産品は米である。

リンバン地区は熱帯雨林に属している所以、森林資源に恵まれている。製材業はリンバン地区での最大収入源であり、地域の最大労働機会を与えている。

第三章 計画地点の状況

3.1 位置と地形

ムダミット2計画地点はサラワク北部のリンバンより南々東約50km地点に位置する。計画地点周辺の地域は、急峻な山稜と山腹斜面を有する北西-南東方向に伸びる稜線で特徴づけられる。計画地北方のムダミット川と南方のリンバン川はこれらの稜線と併走して流下する。これらの河川に沿っては一般に、崖錐堆積物によって覆われる緩斜面や段丘面が発達し、急斜面は部分的に認められる。

ダムサイトはムダミット川支流のデバロン川の屈曲点から下流400m程度の狭さく部に計画されている。

本計画には3つの代替案があるが、その配置等は後述5章で述べる(図5.3参照)。それぞれの概略的な計画は以下に示すとおりである。

代替案-1の発電所はダムサイト直下流右岸に位置する。

“ 2の ” はダムサイトより下流約400m左岸に位置する。

“ 3の ” はリンバン川の支流サリドン川から1.8km下流のリンバン川右岸の沖積段丘に位置し、ダムサイトからは4.5km離れている。

3.2 地質

3.2.1 地質概要

本調査地域の地質は、第三紀晩新世のムル累層、始新世~中新世のメリナウ石灰岩累層および中新世のセトップ頁岩累層よりなる(図-3.1参照)。

調査地域には断層や小規模な破碎帯が認められ、そのうちサリドン川河口に幅5m、ダムサイトでは数本の断層が確認されている。

メリナウ石灰岩累層は、計画地点付近のリンバン川右岸では厚さ数mm~数cmの石英脈を挟み、一般に灰白色を呈す塊状石灰岩である。

セトップ頁岩累層は、灰白色を呈す細粒砂岩層を伴うが主に頁岩層からなる。

上記基盤岩を覆う被覆層は、段丘と堆積物、崖錐堆積物および河床砂礫層があり、これらは小規模に分布している。

3.2.2 計画地点の地質

ムグミット2地点の地質は石灰岩、頁岩および砂岩よりなる。石灰岩は代替案3の発電所付近のリンバン川右岸に点在して露出する。本岩は灰白色を呈し、堅硬で塊状をなし、上位の頁岩とは不整合で接する。

不整合面には、地表から浸透した地下水によって石灰岩が溶蝕され空洞が形成されている可能性がある。代替案3の発電所から水圧管路の中央部にかけて、石灰岩がレンズ状に分布している。

頁岩は調査区域に広く分布し、粘板岩質で、岩片は破碎し、褶曲や断層が発達し、全体に変質している。新鮮な頁岩の露頭では灰～暗灰色を呈し、厚さ2～3cmの砂岩層と5cm程度の頁岩が互層している。本岩は、ダムサイト右岸、代替案2の水路の大半および代替案-3の導水路トンネルと水圧管路の水槽側にかけて分布する。

砂岩はムグミット川とリンバン川との中央部に数枚認められるほか、ダムサイト付近にレンズ状に分布している。ダムサイトでの砂岩は薄い頁岩層を挟み、下流側へ30～40°で傾斜している。砂岩部は塊状で堅硬であり、開口した低角度節理と鉛直方向節理の2方向の節理が発達している。この砂岩はムグミット川左岸ダム軸から下流30m地点で認められるように、頁岩とは上盤、下盤とも断層で接し、断層の両側は強く破碎されている。代替案2、3の取水口は砂岩よりなる。

3.2.3 土木地質的評価

3つの代替案の基盤岩の状況は、地質調査結果とその検討結果に基づいて述べる。

(1) 代替案-1

(a) ダム

ダムサイトでは3本のボーリング（BMe-1、2、4）と弾性波探査1測線（MeA）が実施された。

ダムサイトの基盤岩は左岸、河床、右岸の低標高部にかけて砂岩が、右岸の高標高部に

は頁岩が分布している。

これらの岩盤はコンクリートダムの基礎として地耐力は充分であるが、砂岩には下流へ落ちる低角度節理があり、また砂岩の透水性はルジオン値が1～32.5と大きい。一方頁岩は1～2.4と透水性は小さくなっている。

従って、ダムを建設する前に透水性の低減、せん断強度の増加の為にグラウトやロックボルト等の対策が必要となろう。しかしながら、高透水ゾーンの分布は不明であるので、詳細設計段階で、ダムの安定性や透水性についてより詳細な調査が必要である。

南北方向に走る断層が右岸に見られるが、ダムは塊状の砂岩の上に作られるので、この断層の影響を受けることはないと判断されるが、この点についても詳細設計段階で明らかにすべきである。

(b) 発電所

発電所が位置する右岸には、砂岩と頁岩を覆って段丘堆積物や崖錐堆積物が分布している。これら被覆層の厚さは不明であるが、河沿いの露岩状況と地形図から判断して5～8mと推定される。また、この地点の砂岩と頁岩には発電所の基礎として問題はないものと考えられる。

(2) 代替案-2

(a) 水路

導水路トンネル

ダムサイトと導水路トンネルの取水口から50m間は薄い頁岩層を挟む砂岩よりなる。砂岩と頁岩との境界に入る断層はその先で、頁岩中を通過するトンネルと平行もしくは鋭角で斜交する。トンネル区間が、この断層を切る場合は、砂岩が分布する地域では湧水の可能性がある。

水槽および水圧管路

水槽と水圧管路の地質は導水路トンネルに分布するものと同じ頁岩が分布する。水槽と水圧管路は、やや風化～新鮮な頁岩に基礎を置くことができるものと思われる。

(b) 発 電 所

発電所地点の地質は導水路トンネルに分布するものと同じ頁岩が分布する。発電所は中程度に風化した頁岩を基礎とするものと考えられる。

(1) 代替案－3

導水路トンネル

導水路トンネルの地質は砂岩と頁岩よりなる。取水口から50mまでの区間には薄い頁岩層を挟む砂岩が主に分布する。その他は砂岩をレンズ状に挟む頁岩が分布するが、土被りが100～300mと厚いので、良好な頁岩層が分布しているものと考えられる。しかし、取水口から50mまでに分布する砂岩と、取水口から110m地点はそれぞれ断層によって形成された節理があるものと思われ、これらの区間では建設中に湧水があるものと考えられる。

以上より、詳細設計段階で、断層の性状や、節理の間隔を把握するためにより詳細な地質調査が必要である。

水槽および水圧管路

水槽と水圧管路では、ボーリングが2ヶ所（BMe-5、6）と弾性波探査3測線（MeD、E、F）が実施された。

水槽と水圧管路の地質は頁岩と石灰岩よりなり、両者の間に不整合面と破碎帯の影響と推定される1,600m/sの低速度帯が分布している。

水槽から水圧管路にかけては、強風化したラテライト質の硬い粘土状～軟岩状の頁岩と石灰岩が厚さ10～20mで分布している。水槽はやや風化～新鮮な頁岩に着岩できるが、固定台はN値50以上の軟岩状に風化した頁岩を基礎とすることになる。

以上より、詳細設計段階で、土砂や岩盤の変形係数や弾性係数等の設計定数を求めるために孔内水平載荷試験や他の方法によって、より詳細な地質調査を実施する必要がある。

発 電 所

発電所地点ではボーリング1ヶ所（BMe-7）と弾性波探査1測線（MeG）が実施された。

BMe-7孔で実施されたルジオンテスト結果より、石灰岩層は高いルジオン値を有している。

発電所地点の基礎岩盤は厚さ7~10mの段丘堆積物に被覆されている石灰岩である。石灰岩を基礎とする場合、段丘堆積物を掘削する必要がある。

石灰岩の高い透水性は、発電所地点での石灰洞の可能性を示唆している。本調査時にはこの石灰洞は見つからなかったが、詳細設計時においては石灰洞の可能性を考慮して調査を進める必要がある。

3.2.4 地 震

サラワクは環太平洋火山帯とインドネシア島弧に挟まれてるもののこれら火山帯に属さない。

第三紀後半から第四紀にかけて、現在中央サラワク地帯の褶曲している第三紀層分布域に大規模な火山作用が起り、玄武岩質岩からなるホセ山脈、ウスアパウ台地およびリナバリア台地を形成した。

西部サラワクで最も新しい火成岩は、恐らく第四紀初頭のセマタンにおける安山岩熔岩であろう。しかしながら、サラワクでは最近火山活動は認められておらず、火山に起因する地震の発生する可能性は少ないものと考えられる。

サラワクにおける地震の記録は、マレーシア気象庁によって発刊された「マレーシアとその周辺地域における地震研究」で知ることができる。この研究によれば、1896~1976年の間に半島マレーシアで17、サバで7およびサラワクで2回の地震があったと記録されている。

サラワクにおける2回の地震記録を以下に示す。

a. 年 月 日 : 1958年6月30日

場 所 : クチン

震度(メルカリの震度階)

: V

被害報告 : 2回に亘り「ゆれ」を感じ、寝ている人が目をさます。

資 料 : サバ州立図書館、1958年6月5日、北ボルネオニュース、サバタイムス

b. 年 月 日 : 1965年7月21日

場 所 : ニアとベケヌ、第4行政区

震度(メルカリの震度階)

: IV

被害報告 : 「かるいゆれ」が報告されている。ドアがバタつき、窓がガタガタなる。大きな被害なし。

資 料 : サバ州立図書館、1965年7月22日、サラワクトリビューン

上記の地震は南シナ海に沿った海岸地帯で発生したもので、内陸部での地震の報告はない。これは安全側に考えると、内陸部に地震の発生がなかったのではなく、地震があってもその記録がなされなかったとも考えられる。

また、バタン・アイダムでは $K=0.05g$ 、バクーンダムでは $K=0.15g$ (何れもロックフィルダム)の設計震度を採用している。これらを考慮し、ムダミットー2計画では $K=0.05g$ を提案する。

3.3 気象および水文

3.3.1 概 説

サラワク州の気候は、熱帯雨林気候帯に位置し年間を通じて湿度は高い。一般に北東貿易風が10月中旬から4月中旬まで、また南西貿易風が4月中旬から10月中旬まで発生する。南西貿易風は北東貿易風に比べ活発でないため、サラワク州の雨期は北東貿易風の発生時期と一致している。サラワク州の南西地域では、この北東貿易風の影響で雨期と乾期が季節的に顕著であるが、サラワク州北東部(特にサバ州との境界付近)では、南西貿易風の影響をも受けるため、雨期と乾期の区別は明確ではない。

サラワク州における年平均降雨量は3,700mmで、そのうち3割から4割は乾期に降る。

3.3.2 気 象

サラワク州における気象データは、マレーシア気象庁により4観測所において比較的長期にわたって観測されている。

日平均気温は年間を通じて約26℃と一定しており、その変化は15℃程度の日変化に起因している。日平均相対湿度も季節的に微かな変化はあるものの85%から87%で一定している。

日平均日照時間は5.7時間であり、年間総日照時間は2,080時間と推定される。

地上最大風速は1964年9月にクチン空港において31.8m/sを記録している。日平均地上風速は0.9m/sから1.3m/sである。

日蒸発量の観測は、マレーシアかんがい局により、14観測所で実施されている。その中で、ムダミット-2計画区域に最も近い観測所はウコンである。ウコンにおける月蒸発量は、104mmから129mmであり、年間総蒸発量は1,382mmと推定される。

1986年に発行された「Sarawak Hydrological Year Book (1981~1982)」では、136箇所の雨量観測所のデータが収録されている。過去20年間におけるサラワク州の年平均降雨量は3,700mmと推定される。年最大降雨量は1970年の4,310mmであり、年最小降雨量は1972年の3,272mmである。

136箇所の雨量観測所のうち、ムダミット-2計画に最も近い観測所はルボック・ラランである。このルボック・ラランとサラワク州北東部において最も信頼性の高いウコンでの月降雨量データとの相関解析を行なった。結果として、ルボック・ラランでの年平均降雨量は4,487mmと推定された。また、年最大降雨量は1967年の5,286mm、および年最小降雨量は1972年の3,751mmであった。

3.3.3 水 文

(1) 概 説

サラワク州における河川水位観測は、マレイシアかんがい局により49箇所の流量観測所

で行なわれている。この中で、31箇所が自記水位記録計、また18箇所がスタッフ読み取り式である。しかしながら、ほとんどの観測所は流域面積が1,000km²以上の主要河川に設置されている。

サラワク州を代表する15の流量観測所において流域流出高を算定すると、流域平均降雨高と流出高との比は0.5から0.82である。

(2) 低 水 解 析

流れ込み式発電計画の開発規模の算定にあたっては日流量を大きい順に並び換えた流況曲線を利用した。しかしながら、ムダミット河流域には流量観測所がないため、タンクモデルを用いて、取水口予定地点における日流量を生成することとした。

タンクモデルの定数決定にあたっては、ムダミット-2計画流域面積と同規模のカンボン・ギット（流域面積440km²）およびブアン・ビディ（流域面積217km²）の同定結果を利用した。

同定されたタンクモデルを用いて取水口予定地点の流況曲線はルボック・ラランの3年間の日雨量データをもとに作成した。

また、ルボック・ラランにおける年降雨量の分布は、正規分布にしたがうと仮定し、加重平均法により、取水口予定地点における代表流況曲線を算定した（図-3.2参照）。推定した取水口予定地点における年平均流量は15.0m³/s程度である。

また、算定した代表流況曲線によれば、取水口予定地点における保証流量は $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度である。

(3) 高水解析

比較的長期間にわたってロング・スマドにおいて記録された毎年の日最大降雨量をもとに確率計算を行った。計算手法として (i) ガンベル法、(ii) 岩井法および (iii) 対数ピアソンⅢ型を採用し、降雨記録のプロットングポジションとの整合性を検証した。上記3手法とも整合性は良いので、マレイシアかんがい局の推奨するガンベル法での結果を採用した。

一般に、流域平均雨量はその流域面積が増加するにつれ減少する傾向にある。地点雨量から流域平均雨量を推定するにはDAD解析が必要であるが、統計的手法で流域平均雨量への変換係数を算定するにはデータ量が不足している。したがって、マレイシアかんがい局の推奨する流域面積と変換係数の関係から、ムコ流域における変換係数を0.93と推定した。

雨量継続時間曲線はクチン空港で記録された4豪雨記録より時間雨量分布曲線を推定した。データによれば24時間総降雨量のうちその80%が15時間以内に生起していることが判明した。

雨量継続時間曲線は上記データの算術平均をもって代表値とした。

計画降雨の算定にあたっては、バタン・アイ水力発電計画（流域面積 $1,200 \text{ km}^2$ ）における計画高水を参考にした。上記計画における確率洪水波形から判断して、洪水の直接流出は30時間程度であり、洪水到達時間を減じると、24時間降雨が確率洪水を生起させると考えられる。

取水口予定地点における単位図は中安総合単位図法を用いて算定した。上流域において洪水発生直前には土壌は飽和していると考え、安全側の立場から初期損失雨量を無視した。

また、損失雨量を毎時 2.5mm と仮定した。

取水口予定地点における確率洪水流量は $542\text{m}^3/\text{s}$ (1/50)、 $595\text{m}^3/\text{s}$ (1/100) および $648\text{m}^3/\text{s}$ (1/200) と算定した。

一方、発電所予定地点であるリンバン河流域では、マレイシアかんがい局により 2 箇所 (ナンガ・ムダミットおよびエンスンガイ) の水位観測所が設置されている。今回の検討には、比較的長期間にわたって観測されているナンガ・ムダミットにおける流量記録を採用した。

発電所予定地点における流況曲線は、ナンガ・ムダミットの流量観測値との流域面積比で求めた。発電所予定地点での平均流量は $210\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。また、平均水位は 55.740m である。

発電所予定地点における洪水ピーク流量は、ナンガ・ムダミットにおける頻度分析の結果に、クリーガーの比流量関係式を応用して算定した。発電所予定地点における洪水ピーク流量は $1,300\text{m}^3/\text{s}$ (1/50)、 $1,400\text{m}^3/\text{s}$ (1/100) および $1,500\text{m}^3/\text{s}$ (1/200) である。

本調査の流量予測は観測期間の短かい資料、もしくは他流域の資料によってなされた。よって、より精度の高い流量予測を得るために、気象・水文観測が継続して実施されることが望まれる。

3.3.4 堆砂および水質

河川流水中に含まれる流砂量測定を1987年6月に実施したが、流量流砂量曲線を推定するにはまだ不十分である。

したがって、年崩壊土砂量 1.0mm をバタン・アイおよびバクンの両水力発電計画を参考にして推定した。取水堰地点における年通過流砂量は19万 m^3 と算定される。

リンバン河において1974年4月にマレイシア農業局において水質検査が実施されている。データによれば、水力発電施設に悪影響を及ぼす成分は含まれていない。又、本調査においても水質調査を実施している。

3.3.5 水 利 権

取水口予定地点より上流には住居はない。ムダミット河に沿う集落において最上流端は、取水口予定地点より 8.5km下流に位置している。河川水は住民の飲料水として利用されているので、ムダミット河の流水をリンバン川へ転流して発電する場合には、ムダミット河下流への河川維持用水として 0.5m³/sを確保することが必要である。

また、ムダミット河において木材搬出は全て木材搬出用道路が利用されている。

3.4 構造物の主要材料

3.4.1 概 要

このプロジェクトの主要水理構造物は、コンクリート重力ダム、導水路トンネル、サージタンク、発電所および放水路のようなコンクリート構造物である。したがって、コンクリート骨材が主な調査対象である。骨材所要量は全量が、約43,000m³であり、うち砂利が約28,000m³と砂が15,000m³である。

現地踏査に基づきコンクリート骨材の採取候補地として、7個所の砂、砂利から成る河床砂れき堆積個所を選定調査した。ムダミット川で2個所、リンバン川で5個所である。7個所の採取候補地を図3.3に示す。また上記に加え、ダムサイト下流0.1kmの左岸部に位置する原石山候補地点においてもサンプリングを行い、室内材料試験を実施した。

3.4.2 室内材料試験

現地調査の間に材料の採取候補地にテストピットを掘り室内試験用の試料を採取し、試

料はクチン市に運びふるい分析、比重および含水比等の室内試験を実施した。

材料採取候補地のテストピットおよび試料採取の技術仕様には、アメリカ合衆国土木学会のコンクリート骨材の材料試験用に定めたASTMを適用した。室内試験用の粗骨材試料の最大粒径は80mmとした。

室内材料試験結果を要約したものを表3.1に示す。ムグミット川の砂、砂利は、砂がやや比重が軽く、含水比もやや高い、砂利は若干の軟石を含むが、コンクリート骨材として使用可能な品質を示している。

一方、リンバン川の砂は、表3.1の有機不純物含有試験の結果が示すように若干の有機物を含んでいるので、やや比重が軽く、含水比もやや高く安定性も悪い特性を示している。リンバン川の砂をコンクリート骨材として使用するには、清い水で十分に洗う必要がある。砂利は若干の軟石を含むが、すりへり抵抗試験では良い結果を示しているので、コンクリート骨材として使用できる。

また、ダムサイト下流の採石に対する室内試験結果は表3.1に示されるが、この結果から同地点で得られる採石もコンクリート骨材としての使用に適しているものと判断される。

3.4.3 コンクリート骨材

表3.2にコンクリート骨材の採取可能量、運搬距離等を示す。ムグミット川の2個所の採取候補地点の材料は、ダム、取水口および導水路トンネル等のコンクリート骨材とし適用するものであるが、採取量に限りがあるのみならず、室内試験結果ではコンクリート骨材として使用できるものの、河床砂れき堆積物には砂、砂利ともに多くの玉石を含んでいる。したがって、ダム、取水口および導水路トンネル等の建設用コンクリート骨材の所要量は、ダム直下流左岸にある砂岩山腹から採取するものとする。砂岩のコンクリート骨材としての適用性については、室内試験により確認している。

一方、導水路トンネル、サージタンク、発電所および放水路のコンクリート骨材所要量は、堆積量も充分にあり、搬出も容易であるリンバン川の5個所の採取候補地の河床砂れき堆積物より採取する。しかし、河床砂れき堆積物にはコンクリート骨材として適切な粒径以上の多くの玉石を含んでいるので、コンクリート骨材の所要量を得るためには砕砂、砕石を必要とする。なお、リンバン川の河床砂れき堆積物は、ダムコンクリート構造物の

コンクリート骨材として使用することが考えられるが、山間部で25kmの長い運搬距離は経済的に成り立たない。詳細な構造物の主要材料については、第五巻の付録Ⅱを参照された

3.5 環境状況

3.5.1 概 論

大きなプロジェクトを実施する場合、環境に与える影響がサラワク州においても大きな関心事である。この点を考え、ムダミットー2水力開発プロジェクトのフィージビリティ調査の一部として環境調査が実施された。

環境調査の目的はまず第一に開発地点近傍、特にムダミット川流域の環境の現状を明らかにすることであり、第二にムダミットー2計画の環境に与える影響を評価することである。本計画がまだ初期の計画段階にあるので、今回の環境評価は予備的なものである。

3.5.2 環境の現状

ムダミット川流域の環境の現状は既存データ、報告書、現地聴取、現地踏査等にもとずいて検討された。検討された事項は土地利用、経済活動、公共衛生、水質、植生、野生動物、魚類と漁業、および自然保護等である。

土地利用と植生

ムダミット川のほぼ全域は永久森林に覆われている。サラワクにおいて永久森林は保存森、保護林及び地域共有林の三つのカテゴリーに分けられる。それぞれのカテゴリーの定義は次の通りである。

保 存 林：現在及び将来の居住者の利益のため永遠に保存する永久森林

保 護 林：生産林として開発した場合、土壌及び流域の管理が実際むずかしい永久

森林で保護が必要なもの。

地域共有林：特定社会の薪炭源とする永久森林

ムダミット川流域の森林は保存林に属し、製材業が盛んである。ムダミットー2計画地域の土地は政府によって所有されている。計画地点から8.5km下流に住んでいる住民の生活活動範囲は計画地点までのびていないので、土着民はプロジェクトの開発に対して習慣上の土地使用权を要求しないであろう。

公共衛生

今日土着民を悩ます病気の多くは伝染病あるいは栄養不足によるものである。最も一般的な病気はマラリヤと結核であり、毎年かなりの人が新たに発病している。

水力開発によって影響を受ける病気はマラリアであろう。一方水生かたつむりによって伝染するジストマは調整池がかたつむりにとって良い環境にないので、問題ないであろう。

水 質

水質試験が本調査の一部として本計画地点の近傍で実施された。その結果、にごりなく溶存酸素の多い良質の水であった。しかし、試験が試験水採取後かなり時間が経過して実施された為か、試験水は弱酸性を示した。

ムダミットー2計画の調整池に貯留される水はせいぜい数日滞留するのみであろう。よって、調整池によってムダミット川の水質が低下することはないであろう。

野生動物

ムダミット川流域における野生動物に関するデータはない。土着民へのヒアリングによると主な野生動物は次の通り。

哺乳類

いのしし
バーキング鹿
ねずみ鹿
やまあらし
のろまざる
てながざる

爬虫類

へび
とかけ

魚類と漁業

ムダミット川の魚類はヤマ、ラバグ、ベリダック、テンガダック、バオン、ラジョン等であり、これらの魚は土着民の主要蛋白源である。又、これらの魚は雨期に清流を求めて上流に移動する習慣をもつ。

3.5.3 環境への影響

ムダミットー2計画の環境への影響評価は自然及び住民に対して有益か有害かで次の五段階に分けた。

+H : 大きく有益

+L : 有益

O : 影響なし

-L : 影響あり

-H : かなり影響あり

ムダミットー2計画の環境への影響評価は表3.3に示されている。堆砂、植生、野生動物及び魚類・漁業に“影響あり”の評価を受けた。しかし、もっと詳細の環境調査が行な

われ、プロジェクトの実施に対して注意深い対策がなされれば“影響あり”の評価は“影響なし”の評価に変わるであろう。

第四章 電力供給及び需要

4.1 電気事業の体制

サラワク電力供給公社（SESCO）はサラワク州において、マレーシア政府により定められた布告に基づき、電力供給に責任を負う唯一の電気事業者であり、その役割は次の通りである。

- (1) 「サラワク電力供給に関する布告」（1962年）により、SESCOに引き継がれた電力設備などの管理、運営を行う。
- (2) SESCOが必要とみなした電力設備を建設し、管理、運営する。
- (3) サラワク州における経済開発を迅速化する為、電力エネルギーの生産を促進し、奨励する。
- (4) 合理的な価格で電力供給を確保する。
- (5) サラワク州内の発電、送配電及びエネルギーの使用に関する全ての事項について政府に諮問する。

さらに、サラワク電力供給公社は政府の政策にもとずき、辺地々域住民の生活レベルの向上を図るべく、地方電化計画を推し進めている。

4.2 既設電力供給システム

4.2.1 サラワク全体

1. 発電設備

SESCOは増大する電力需要に対応する為、1986年末迄に図4.1に示す如く、60ヶ所（総設備出力 364,642KW）にのぼる発電所を建設し、運転を行っている。主要10ヶ所の需要地域における1975年以降の設備出力の推移は、表4.1に示す通りである。1986年末現在の設備出力を10年前と比較すると、4.5倍に増大している。

これらの発電設備は主に、ディーゼルとガスタービンにより構成されている。しかし、1985年にサラワクで最初の大水力発電所として、108MWの発電出力（27MW×4台）を有す

バタンアイが営業運転に入った。

1986年末現在における発電設備の内訳は次の通りである。

発電設備の内訳

ディーゼル	ガスタービン	水 力	計
50%	20%	30%	100%

バタンアイ水力発電所の発電電力は、主としてクチン地域でベース・ロードにあてられており、ガスタービンは、クチン、ミリ及びピントゥル地域に設置されている。本計画の対象地域であるリンバンを含む他の地域では、それぞれ独立した送配電網とディーゼルにより電力供給を行っている。

2. 送 配 電 網

バタンアイ発電所の開発に関連し、同発電所－クチン間総延長 215kmの 275KV送電線が時を同じく建設された。本送電線のシブへの拡張工事は、現在進行中であり、計画の概略を図4.2に示す。SESCOはさらにピントゥルまで延ばすべく計画中であり、これは将来サラワク州の電力系統の大動脈となるであろう。

電力は、33KV、11KV及び 6.6KVの各電圧で送、配電されており、一般需要家の受電端は、交流50Hz、400/230V（3相／単相）で配線されている。1983年度のSESCO年次報告書によると、既設送、配電線の合計延長は 3,757kmであり、内訳を以下に記す。

送、配電線の内訳

電 圧	(単位：km)			
	33KV	11KV	6.6KV	400/230V
架 空 線	140	702	95	1,864
埋設ケーブル	22	474	114	346
計	162	1,176	209	2,210

河川横断部と市街化区域を除き、架空配電線の大部分に木柱 (Belian) が採用されている。

4.2.2 リンバン地域

(1) 発電設備

リンバン発電所の1986年末時点の設備出力は、表4.1に示す如く、合計3,585KW（ディーゼル8台）であり、各発電機出力は図4.3のリンバン地域電力系統図に記された通りである。

(2) 配電網

当該地域の既設配電網は、11KV、6.6KV及び400/230Vの架空線と埋設ケーブル並びに、16KVAから1,000KVAの容量からなる配電用変圧器より構成されており、1983年末時点における線路亘長は、以下の通りである。

リンバン地域の線路亘長

電 圧	(単位：km)		
	11KV	6.6KV	400/230V
架 空 線	8.7	7.8	43
埋 設 ケーブル	4.8	9.7	5.7
計	13.5	17.5	48.7

上述の系統図に示めされた配電用トランスの容量から、電力消費は市街地区に、集中されているのが、うかがえる。

4.3 電力需要の現状と推移

4.3.1 サラワク全体

1. 発電及び売電々力量

1986年におけるサラワク全体の発電及び売電々力量は各々706.5GWh、568.6GWhであり、1975年以降の推移を表4.2、4.3及び図4.4に示す。1980年を基準とすると、発電及び売電々力量の年平均伸び率は、それぞれ12.1%及び10.9%となっており、サラワクの主要4需要地域の伸び率を要約すると、次の通りである。

年平均伸び率 (1980~1986)

(%)

需要地域	クチン	シブ	ミリ	ピントゥル
発電々力量	12.1	7.7	11.2	25.6
売電々力量	9.8	7.2	9.9	24.9

上表より、ピントゥルにおいてはLNG生産及び工業化計画（肥料工場等）により、他地域に比べ急速に成長していることがわかる。

一方、所内電力を含む送電損失は、電力系統の拡張に伴ない、14.2%（1980年）から19.5%（1986年）に増大した。

2. 最大電力

1986年のサラワク全体の最大電力は141.4MWを記録した。1975年以降の推移は表4.4に示された通りであり、最大電力は年率12.9%で伸びている。また、設備出力と最大電力の関係は図4.5に示すが、パタンアイ発電所が投入されたことにより、1985年以降は供給予備力に余裕が生じている。

過去6年の年負荷率は51.2%（1982年）から57.0%（1986年）の間で変動しており、実績を以下に示す。

年 負 荷 率

(%)

年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
サラワク全体	55.1	54.1	51.2	54.7	55.0	56.1	57.0

3. 電力消費

電力消費については、(a)住宅用、(b)商業用、(c)工業用、(d)公共照明用の4つの分野に大別される。1986年の総消費電力量568.5GWhに対する各比率は次の通りである。

部門別消費電力量 (1986年)

(%)

部 門	住宅用	商業用	工業用	公共照明用	計
比 率	30.2	48.3	20.2	1.3	100

図4.6に1980年、1983年及び1986年の各部門における消費電力量の実績を示す。1980年から1986年までのこれら各部門の年平均増加率は、住宅用12.8%、商業用11.1%、工業用8.4%及び公共照明用9.3%である。

4. 需要家数と需要家当りの消費電力量

1975年からの需要家数の動向については、表4.5に詳述する通りであり、1986年末時点における総需要家数は136,041であった。過去6年の平均伸び率は約11%であるが、ピントゥル及びリンバン地域では各々21.7%、12.0%と平均値をうわまわる伸びを示している。

主要需要地域と本プロジェクト対象地域であるリンバンにおける需要家当りの平均消費電力量は図4.7に示す通りである。

特にピントゥルにおいては、大口需要家の進出により、需要家当りの年間消費電力量は、2,000KWh(1975年)から6,700KWh(1986年)にと飛躍的な伸びをしめしている。クチン及びミリ等の主要地域では、1985年で5,700KWhのレベルに達しており、リンバン、カピットでは、3,500KWhから3,800KWhとなっている。

4.3.2 リンバン地域

1. 発電及び売電々力量

リンバンにおける1986年の発電及び売電々力量は、表4.2及び4.3に示す如く、各々11,596MWh及び10,212MWhである。過去6ヶ年の平均増加率は、それぞれ発電々力量13%及び売電々力量13.6%であり、この2つの高い伸び率は、本プロジェクト対象地域において、地方電化計画に加え、活発な経済活動の進行を明らかにしている。

リンバンの既設電力システムにおける送電損失(所内電力を含む)は、1980年からの平均で見ると13%となっている。

2. 最大電力

1986年の最大電力は、前年の2,006KWから2,502KWにと著しく上昇しており、これは24.7%の非常に高い伸びを示すものである。設備出力と最大電力の関係については、図4.8

に示す通りであり、増大する最大電力に対し、適当な供給予備力を確保すべく、なんらかの対策を講じる必要があると思料される。

1975年からの平均年負荷率は約54.2%で、クチン及びミリ地域と比較した年負荷率の変化については、図4.9に示す通りである。リンバンにおける年負荷率は上昇の傾向をみせているが、電力系統の拡大に伴ない56%から58%の範囲に落ち着くものと思われる。

3. 電力消費

1980年からの各部門における消費電力量の実績は、表4.6に示す通りであり、1986年の売電々力量に対する各比率を以下にまとめた。

部門別消費電力量 (1986年)

(部 門)	住宅用	商業用	工業用	公共照明用	計
(比 率)	28.6%	58.9%	11.8%	0.7%	100%

過去6ヶ年の各部門の年平均伸び率は、各々住宅用19.5%、商業用8.7%、工業用61.8%、公共照明12.2%である。

電力消費の月別変化は図4.10に示す通りであり、12月から3月にかけては消費が落ち込むという季節的変動が、はっきり表われている。リンバンの1987年5月25日(月曜)の日負荷曲線は、図4.11に示す通りである。その日負荷率は77%であった。

4. リンバンにおける大口需要家

リンバン・トレーディング(木材関連会社)、無線局、病院、テレビ局等が、主要な需要家である。これら需要家の1987年前半における売電々力量(消費電力量)に占める割合は、約20%であり、年々低下する傾向を見せている。

5. 需要家数

4.3.1(4)で記した如く、リンバン地域の需要家数は、他の需要地域に比し、高い伸び率

(12%)で増加している。1986年末時点の各部門における需要家数は次の通りである。

リンパン地域の需要家数
(1986年末時点)

住宅用	商業用	工業用	公共照明用	計
1,983	572	2	1	2,558

4. 各部門の1需要家当りの電力消費

1986年の各部門における1需要家当りの消費電力量の実績は以下の通り。

1需要家当りの年間消費電力量

	<u>住宅用</u>	<u>商業用</u>	<u>工業用</u>	<u>公共照明</u>	<u>合計</u>
消費電力量 (MWh)	2,922	6,014	1,206	70	10,212
需要家数	1,983	572	2	1	2,558
1需要家当りの 消費電力量 (KWh)	1,474	10,514	603,000	-	

尚、1985年のリンパン地域の電化率は37%である。

4.4 電力需要予測

4.4.1 目的

本調査における電力需要予測の目的は、計画された小水力発電所に連系される予定需要地域の将来における需要を確認し、本計画の適正な開発時期及び開発規模を策定することである。

4.4.2 方法

通常、10年以上の長期にわたる電力需要想定については、GDP（国内総生産）との相関を考慮して、電力需要の想定を行なうマクロ手法が適用される。

しかしながら、上記手法は、今回の対象需要地域の様に、それぞれ独立した単独系統により運営されている場合、電力需要と経済活動の間に密接した相関関係を見いだすことは出来ず、本調査に採用することは、大変むずかしい。

従って、需要予測にあたり、需要家を住宅用、商業用、工業用、公共照明用の4つの部門に分け、これらを積上げることにより行なう。

各部門における予測手順を以下に詳述する。

1. 住宅用

住宅用需要電力量は、電化率及び1戸当りの年間平均消費電力量を要素とし、その伸び率を推定することにより想定する。これら伸び率の予測手順は次の通りである。

- まず、当該地域の人口を、統計資料及びマレーシア第5次国家計画（1986～1990）で予測された人口増加率を参照し、想定する。
- 第2に、当該地域における住宅数を、統計資料を基にし、求める。
- 第3に、電化率を、州内の主要地域であるクチン、シブの電化率の動向実績を参考にし、当該地域での過去のすう勢を基に予測する。
- 第4に、1戸当りの年間消費電力量を、前述のクチン、シブのそれらの伸び率を目安とし、対象地域における傾向をもとに推定する。
- 最後に、住宅用需要電力量を、SESCOから電力供給をうける住宅数に、1戸当りの年間消費電力量を乗ずることにより求める。

2. 商業用

商業用需要電力量は、住宅用と同様、当該部門の需要家数に、1需要家当りの年間消費電力量を乗ずることにより求める。

尚、一需要家当りの消費電力量は、クチン、シブにおける消費量のレベル及び伸び率を参照し、対象地域における過去の実績をベースに見積ることとする。

3. 工業用

本調査による市場調査及び質問状に対する回答によれば、リンバン地域においては、特に掲げる様な大口需要家の投入計画はない。従って、工業用需要電力量については、過去の傾向から想定するにとどめる。

4. 公共照明用（街灯）

公共照明に使用される電力は、他の部門に比べ極めて少ない。従って、過去の実績をもとに需要電力量の計算をする。

上記により積上げられた需要電力量に対し、必要となる発電々力量は、送電損失及び所内電力を考慮し推定する。

4.4.3 需要予測に関する既存調査

1. SESCOによる電力需要予測

1986年に行なわれたものが最新であり、2010年迄の長期予測を、クチン、シブ、ミリ、ピントゥル、サリケイ、スリアマン、リンバンの州内主要需要地域とその他（50以上の小需要地域を、一つにまとめてある）に対し、需要予測を行ってある。

SESCOの説明によれば、各部門の消費電力量の実績を注視し、想定されており、工業用部門においては、特に大口需要の投入は、見込んでいないとのことであった。

2. SAMAコンソーシアム（西独）の行った電力需要想定

電力需要想定に関し、SAMAは2つの報告書を作成している。これらは、

(a) 電力総合開発計画（第2巻） 1981年4月、及び

(b) サラワク州水力開発に関する提案 1983年2月

後者は、先に作成された総合開発計画を見直したものだと思われ、内容に大きな差は見あたらぬ。「提案」では、将来の電力需要については、サラワク州の各需要地域における消費電力量をもとに、これを外挿することにより求めたと、記述されている。

4.4.4 リンバン地域に対する電力需要予測

1. 住宅用部門の電力需要

人口動向、電化率、1戸当りの年間消費電力量の想定に使用した基本データ及び諸元を以下にまとめる。これらは、主にサラワクの統計資料及びSESCOから提出された資料及び情報による。

(a) 人口の動向

主要管区（州内は25の管区に分かれている）及び対象需要地域であるリンバンの人口は次の通りである。

管区	1970	1980	伸び率 (%)
クチン	215	315	3.9
シブ	98	139	3.6
ミリ	58	101	5.7
ピントゥル	39	58	4.0
サリケイ	34	44	2.6
リンバン	20	25	2.3
カピット	30	38	2.4
サラワク全体	976	1,308	3.0

上表より、工業化計画が進んでいる地域、例えばピントゥル等で人口急増の傾向が顕著である。

リンバン地域における将来の住宅数を推定するにあたり、当該地域の人口増加率を、表4.6に示めされる如く、小規模工場の新規稼働により、工業部門の消費量が増大していることを勘案し、各々、1985年3%、1990 2.5%、2000及び2010年 2.4%と見積った。将来の人口増加率の予測は、マレイシア第5次国家計画を参照した。

(b) リンバン地域の電化率予測

1980年と1985年のリンバン及び主要2地域のクチン、シブにおける電化率の実績は、以下の通りである。

電 化 率

年	リンバン	クチン	シブ	(カピット)
1980	20%	47%	51%	(5.5%)
1985	37%	64%	61%	(8.7%)

リンバン地域の電化率は、政策によりSESCOが実施する地方電化計画により、現状よりさらに改善されると判断されることにより、各々1990年に45%、2000年に55%、2010年に60%に達するものと考察される。

(c) SESCOより電力供給をうける住宅数

SESCOより電力供給をうける住宅数は、以下の如く概算される。

SESCOより電力供給をうける住宅数

年	1980	1990	2000	2010
人口 (x 1,000)	25	32.8	41.2	52.7
推定住宅数	4,170	5,470	6,870	8,780
SESCOより電力供給をうける住宅数	898	2,460	3,780	5,270

1世帯当りの家族人数は、1984年統計資料より、6人と設定した。

(d) 1戸当りの年間平均消費電力量

調査団により収集された資料(表4.7参照)によれば、1戸当りの年間平均消費電力量は、各々1984年 1.40MWh (=2,181.096/1,560)、1985年 1.52MWh、1986年 1.59MWhであり、1.59MWhの値を住宅用部門の需要電力量計算のベースとして用いることとする。

一方、1戸当りの年間平均消費電力量の増加率については、表4.8に示すクチン及びシブ地域における伸び率の実績を参考にし、年率4%以内と推定した。

特に電化の初期の段階においては、テレビ、冷蔵庫、エアコン、扇風機等家庭電

化製品の普及により、電力消費は高い伸びを示すが、それらの普及後は、ゆるやかになるものと考えられる。

(c) 住宅用需要電力量

上で述べた手順により、リンバン地域の住宅用年間需要電力量を計算し、まとめると次の通りである。

住宅用としての年間需要電力量		(MWh)
年	年間需要電力量	
1984	2,181	
85	2,507.	
86	2,922	

87	3,394	
88	3,752	
89	4,153	
90	4,579	
95	6,624	
2000	9,526	
05	12,176	
10	15,547	

詳細を表4.9に示す。

2. 商業用部門の電力需要

(a) 商業用部門における需要家数

当該部門の需要家数は、住宅数と近密な関係を有している。SESCOの資料より、住宅数に対する商業用部門の需要家数の割合を求めると、次の様になる。

商業用部門における需要家数の比率 (住宅用=100)			
年	リンバン	クチン	ジブ
1980	37.0	22.3	23.9
1982	36.2	22.4	22.9
1984	31.1	(22.0)	(22.2)
1986	28.8	21.8	21.3

カッコ内は、推定値である。

上表より、この比率を、リンバンの地域性と都市部の規模等を考察し、各々、1990年28%、2000年27%、2010年26%と予測する。従って、推定需要家数は、それぞれ、1990年 690、2000年 1,020、2010年 1,370となる。

(b) 1 需要家当りの年間平均消費電力量

当該部門における1 需要家当りの年間平均消費電力量は、表4.7に示す通り、各々1984年 9.57MWh (=4,727.352/494)、1985年10.26MWh、1986年10.81MWhであり、最新の10.81MWhを電力需要予測の基準値としてあつかう。

又、表4.8にクチンとシブにおける1 需要家当りの年間平均電力量と、その増加率の実績を示す。これらを基に、リンバンのこの部門における伸び率を下表のごとく予測した。

年間平均消費電力量の伸び率

年	1990	2000	2010
伸び率	3%	3%	2%

(c) 商業用需要電力量

前述(a)、(b)で設定した条件により、商業用の年間需要電力量を概算すると、以下の通りである。

商業用としての年間需要電力量

(MWh)

年	年間需要電力量
1984	4,727
85	5,463
86	6,014
87	6,567
88	7,220
89	7,788
90	8,348
95	12,751
2000	16,657
05	21,806
10	27,921

詳細を表 4. 9 に示す。

3. 工業用部門の電力需要

工業用部門における電力需要は、建設及び進出の予定されている工業化計画がないところから、過去の推移をもとに予測する。

1986年の消費実績 1,206MWh (表 4. 6 参照) を起点にとり計算を行ない、結果を以下に示す。

工業用部門における伸び率と需要電力量

年	1986	1990	2000	2010
伸び率	—	12%	9%	8%
需要電力量 (MWh)	1,206	1,894	4,704	10,156

4. 公共照明部門における電力需要

表 4. 6 よりわかる通り、公共照明に使用される消費電力量は、1986年においては全消費量の 0.7% と微々たるものである。従って、工業用部門と同様に過去のトレンドより推定し、その結果を以下にまとめる。

公共照明部門における伸び率と需要電力量

年	1986	1990	2000	2010
伸び率	—	10%	8%	6%
需要電力量 (MWh)	70	102	220	394

4. 4. 5 検討結果

本項では、前項 4. 4. 4 で述べた基礎資料及び諸元を基に行った電力需要予測の結果を述べる。この結果は、いわゆる「ノーマル」な成長を表わすものである。

さらに、仮定した各数値の不確定要素を考え合せ、需要ののびが高い場合（最大）と低い場合（最小）の両ケースについても、各々需要想定を行った。

1. 需要予測（ノーマル）の結果

リンバン地域の電力消費量（売電々力量）は、住宅用、商業用、工業用及び公共照明用の各部門における需要電力量を、総計することにより求める。さらに、発電々力量と最大電力は、推定された需要電力量を基に予測する。以下にリンバン需要地域の需要予測の要約を示す。

需要予測結果（ノーマル）

年	需要電力量 (MWh)	発電々力量 (MWh)	最大電力 (KW)	年負荷率 (%)
1984	8,083	9,462	1,912	56.5
1985	9,239	10,609	2,006	60.4
1986	10,212	11,596	2,502	53.0
1987	11,390	13,090	2,720	55.0
1988	12,570	14,450	2,840	58.0
1989	13,730	15,780	3,110	"
1990	14,960	17,200	3,390	"
1995	22,580	25,950	5,110	"
2000	31,110	35,750	7,290	56.0
2005	41,190	47,340	9,650	"
2010	54,020	62,090	12,660	"

上述の需要電力量に対し必要となる発電々力量は、送電損失と所内電力を加味し、求めた。この値は過去の送電損失と所内電力の実績より13%であり、この比率を適用する。一方、年負荷率については、サラワク州内主要需要地域の過去の実績を参照し、かつ当該地域の推移より設定した。

2. 最大及び最小予測

電化率と工業用部門の需要電力量の各伸び率を変えることにより、相方のケースについて需要想定を行う。何故ならば、この2つの項目については、他に比べ、より高い不確定部分を含むためである。

(a) 電化率

最大及び最小予測に使用した電化率は、次の通りである。

最大及び最小予測における電化率

(単位：%)

年	原案 (ノーマル)	最大	最小
1990	45	50	45
2000	55	60	50
2010	60	70	55

(b) 工業用部門の需要電力量の伸び率

本部門の電力需要予測は、過去の推移をもとにしている。前に述べた様に、他の部門に比べ不確実な要素が多いところから、下記の伸び率を適用し、相方のケースについて検討した。

工業用需要電力量の伸び率

(単位：%)

年	原案 (ノーマル)	最大	最小
1990	12	14	10
2000	9	12	8
2010	8	10	6

両最大及び最小予測については、「ノーマル」のケースで用いた手順により行った。想定結果は図4.12及び4.13に示す通りであり、原案(ノーマル)に比べ最大予測では、各々10%(2000年)、15%(2005年)高くなっており、一方最小予測では、2000年で10%、2005年で12%低くなる。

4.4.6 既存調査との比較

4.4.3項で述べた如く、対象需要地域であるリンバンについては、2つの既存調査報告があり、一つは1986年にSESCOが、もう一つは1983年にSAMAコンソーシアムが行っている。需要電力量と最大電力についての、既存調査との比較を以下にまとめる。

1. SESCO

図4.14及び4.15に見られる様に、需要電力量と最大電力に関しては、両者間に著るしい

差はない。需要電力量と最大電力の平均伸び率の比較を以下に示す。

平均伸び率の比較

(単位：%)

年	需要電力量		最大電力	
	SESCO	JICA	SESCO	JICA
1986 - 1990	8.2	10.0	6.3	7.9
1990 - 2000	7.8	7.6	8.1	8.0
2000 - 2010	5.9	5.7	5.9	5.7

1986～1990年にみられる違いについては、需要予測に採用された資料の違いによるものと判断される。本調査では、1986年の最新の実績をベースとして使用している。

2. SAMAコンソーシアム

SAMAコンソーシアムによる電力需要予測は、外挿法によっている。報告書によると、以下の伸び率が売電々力量（需要電力量）に採用されている。

売電々力量の伸び率

年	1986	1990	2000	2010
成長率	9.5%	9%	8%	7%

1980年から1986年迄の平均増加率の実績は、年率13.6%と高く、SAMAの予測は、これより低い。しかしながら、2001年以降については7%という高い伸び率を予測しているところから、2009年以後は本調査団の予測より大きくなっている。

4.5 需給バランス

前節で述べた需要予測に従うと、リンバンの最大電力は1986年の2.5MWから、3.4MW（1990年）、5.1MW（1995年）、7.3MW（2000年）及び12.7MW（2010年）に増大すると予想され、一方必要となる年間発電々力量は、1986年の11.6GWhから、17.2GWh（1990年）、26.0GWh（1995年）、35.8GWh（2000年）、62.1GWh（2010年）になるであろうと推定できる。

さらに、供給信頼度を保つ為に予備力が必要となる。最大出力のディーゼルユニット又は、最大電力の20%のどちらか大きい方を予備力として考えると、合計設備出力は、各々 4.4 MW (1990年)、 6.1MW (1995年)、 8.8MW (2000年) 及び15.2MW (2010年) に達するであろう。

一方、現在のリンバン系統における供給力は、1990年までに2台のディーゼル(合計1.6MW)と150KWのミニ水力が増設されることにより、強化されることになる。しかし、1990年以後はディーゼル発電所の耐用年数による廃棄により、この供給力は徐々に低下していく。従って、1991年以降に新規発電所の投入が必要となる。本ムダミットー2水力発電所は、政府のエネルギー転換政策に基づき、ディーゼルに代り、リンバン系統に投入される有望な計画である。

第五章 計画決定検討

5.1 最適規模策定

5.1.1 概 説

ムダミッター2計画の最適開発規模及び最適開発時期は系統の最適長期設備計画におけるムダミッター2計画の開発時期及び規模を見出すことによって決定される。電力負荷曲線における水力とディーゼルとの給電分担をパラメーターにしてムダミッター2計画を含む長期電力設備計画に必要な資本費および燃料費を含めた運転維持費の合計の現在価値を最小ならしめる設備計画を見出すことである。

ムダミッター2計画の最適開発規模はムダミッター2の開発代替案を含む多くの長期投入計画のうちで純便益最大を与える長期投入計画に現われるムダミッター2計画の開発規模と定義する。便益は次節に述べる通り最適代替電力源と考えられるディーゼルプラントによって作られる最適長期投入計画にかかわるコストとする。一方、コストはムダミッター2計画を含む長期投入計画のうちで最小費用を与えるものから算定される。

比較のためのムダミッター2計画の開発代替案は最大使用水量及びダム高さ（常時満水位）を組み合わせることにより作られた。ムダミッター2計画の売電量の算定、水力とディーゼルとの給電分担の検討には日電力負荷曲線及び365日間の日流量（1986年）を用いた。

5.1.2 長期投入計画検討の為の条件及び入力データ

長期投入計画検討に当たっていくつかの条件を設定した。それらは次の通りである。

(1) 割引計算に適用されるパラメータ

- 割引率 : 10%
- 投資期間 : 1987年から2010年までの24年間
- 評価期間 : 1987年から2036年までの50年間

主割引率として10%の割引率を設定した。割引率を変化させた場合の検討は感度分析に含めた。

(2) 電力需要は高低需要を含めて西暦2010年までを予測した。以降は2010年の需要のみを対象とした。

(3) 電力需要の予備力

最大ディーゼルプラントもしくは年最大需要の20%の大きい方を所要予備力とした。

(4) 電力負荷曲線及び負荷率

電力量需要の形を表わす電力負荷曲線は日電力負荷記録及び電力予測にもとずいて想定した。図5.1はリンバン電力系統の投資期間に適用される日負荷曲線を示す。考慮されたプラントで電力量需要が満されるか否かはこの日負荷曲線による。

系統の年負荷率は次の通り予測した。

1987年	:	55%
1988年から1999年まで	:	58%
2000年から2010年まで	:	56%

長期電力投入計画における水力計画の電力は日負荷曲線と日流量に基づくシミュレーションによって得られる発生電力のうちで最小のものとして定義される保障電力（渇水期最大出力）で評価される。この保障電力は負荷の大きさによっても異なり、負荷の増大に伴って保障電力も大きくなる。これは所要補助ディーゼルの容量を年毎に一定化することによる。

水力計画から発生する電力は保障電力を増大させる為に乾期においては負荷曲線のピーク部分を受け持つものとした。

(5) 既存及び建設中プラント

表 5. 1 は長期投入計画検討に必要な情報を含めてリンバン電力系統にある既存及び建設中のプラントを示す。

(6) 代替電力源

ー代替火力

リンバン電力需要地において電力需要は1986年の 2.5MWから2010年の12.7MWに増加すると予測される。

ガスタービンの経済的規模は10MWから 100MWの範囲であり、系統へ新規に投入されるプラントの規模はせいぜい1 MWから2 MWの範囲であるので、ガスタービンの経済的投入規模よりはるかに小さい。よってディーゼルプラントのみが代替火力として選ばれる。

ーディーゼルプラント

表 5. 2 に示されるディーゼルプラントが順次繰返し系統に投入されるものとする。

既存プラントの退役は投資期間中に寿命が来た場合考慮される。新規に投入されるプラントの場合寿命がきたとき新規交替が考慮される。ディーゼルプラントの寿命は表 5. 2 に示すように15年とした。又交替費用は初期費用の90%とした。

長期投入計画において用いる経済コストは建設費に対して次の様に定めた。

資 本 費	:	0.85
運 転 維 持 費	:	0.97
燃 料 費	:	0.86

世界銀行、アメリカのエネルギー省等によって原油価格は1990年代以後徐々に上昇するであろうと予測されている。これは最適規模を決定する本検討においても考慮される。表5.2に投資期間中における燃料費の上昇率をも示す。

(7) ディーゼルプラントの移転及びコールドリザーブ

ディーゼルプラントはムダミットー2計画の投入により三年以上連続して使用されず、さらに系統がムダミットー2計画の一台が使用不能の場合でも需要に見合うだけの発電規模を有している場合、他の系統に移転させられる。移転ディーゼルはムダミットー2を含む長期設備計画において負のコストとして算定され、その価値は投入費用の80%と算定した。

一方、三年以内に再度使用されるディーゼルプラントは系統内にコールドリザーブとして残され、その間固定運転維持費を零とした。

(8) 建設に先立って必要とされる先行期間は1987年の初めから5年と想定した。(図7.1参照)。その内分けは次の通り。

フィージビリティ・スタディ	:	17ヵ月 (1988年5月まで)
詳細設計及び建設の資金調達	:	12ヵ月 (1988年6月から1989年5月まで)
コンサルタントの選択を含め詳細設計	:	19ヵ月 (1989年6月から1990年12月まで)
建設に対する入札及び契約	:	10ヵ月 (1991年1月から1991年10月まで)

ムダミットー2計画の建設は建設に先立つ諸々の作業に続いて1991年11月に開始されると想定される。したがって、ムダミットー2計画の商業運転は1996年の初めと仮定した。

長期投入計画において用いられる経済コストは第八章の検討に基づき建設費の0.85であると算定される。さらに、建設費の年度別支出比率は各年 1.5%、16.6%、26.1%、35.0%及び20.8%と算定された。

ムダミット-2計画の最適開発規模を見出す検討では、同計画の投入時期を工程上最も早い1996とした。そして、最適投入時期は最適とされた規模に対して、投入年をずらすことによって検討した。

感度分析は将来のコストや想定に含まれる不確実性を検討するために実施し、次のケースが感度分析を実施するケースとして選ばれた。

- 割引率の変化；10%の割引率に加え、4%、5%、8%及び12%
- 高低電力需要予測
- ムダミット-2計画に対して10%資本費増加
- ディーゼルプラントの燃料費を10%増減
- ディーゼルプラントの燃料費を1987年価格に固定

5.1.3 開発代替案

ムダミット-2計画のダムサイト地点は一連の急峻な流れが続くムダミット川の山あい位置している。この地形的特徴に加え、このダム地点は満水位を標高 150m (図-5.2 参照)にした場合河川流量を季節調整することが可能な11百万m³程の貯水池を作ることも出来る。

図-5.3に示す通りムダミット-2計画の水力開発に対して三つの代替開発案が考えられる。これらの三代替の基本的開発概念は次の通り。

- 代替案-1 : ダム直下に発電所を持ちダムによって作られた落差を用いて発電する案

代替案-2 : 300mの長さの導水路で大きく蛇行する河道を短絡させ落差を増加させる案

代替案-3 : 75mから95mほどの落差を作るために 4,550mの長さの導水路でムグミット川の水をリンバン川に導水する転流案

これら三代替案の主要諸元は次の通り。

単位 : m

代 替 案	代替案-1	代替案-2	代替案-3
常 時 満 水 位	130.5-150	130.5-150	130.5-150
最 低 水 位	130	130	130
放 水 水 位	114	110	56
導水路トンネル長	0	300	4,550
ベンストック長	40	40	230

最低水位は排砂門により標高 130mに固定せしめた。代替案-3においてはムグミット川の河川維持用水を 0.5m³/secとした。

貯水池シミュレーションは有効貯水量と常時使用水量の関係を見出す為を実施された。図-5.4はムグミット川の計画地点での有効貯水量と常時使用水量との関係を示す。

最適化すべきパラメータの一つである最大使用水量は常時使用水量の1.33倍（18時間ピーク運転）から4倍（6時間ピーク運転）の範囲で変化させた。水車発電機の総合効率は0.84とした。

建設費は各々の代替案に対して最大使用水量、ダム高さ、落差等をもとに算定した。各構造物の工事数量は各構造物の諸元を求めて算定した。各構造物の建設費は表5.3に示す単価に工事数量をかけて求めた。建設費は1987年12月価格とし米ドル・マレイシアドル間の通貨交換率を次の通りとした。

$$US \$ 1.00 = M \$ 2.50$$

直接建設費の他、技術費、政府管理費及び予備費がプロジェクト実施上必要費用として計上されており、技術費及び政府管理費は直接建設費の15%、予備費は直接建設費、技術費及び政府管理費の合計の15%と想定した。

5.2 最適開発案及び最適投入時期

ムダミット-2計画の最適開発規模を求める検討結果を表-5.4及び図-5.5に示す。代替開発案-3において最大使用水量を8.9m³/sec、常時満水位を標高131.5mにした場合、最大純便益4.4百万マレイシアドル及び経済的内部収益率11.7%が得られた。この開発案をムダミット-2計画の最適開発規模とする。開発の概要は次の通りである。

開発代替案	: 代替案-3
常時満水位	: 標高131.5m
最低水位	: 標高130.0m
放水水位	: 標高56.0m
ダムタイプ	: コンクリート重力式
水路長	: 4.550m
最大使用水量	: 8.9m ³ /sec
常時使用水量	: 4.5m ³ /sec
ムダミット川への維持水量	: 0.5m ³ /sec
常時使用水量に対する	
ピーク運転時間	: 12時間
定格落差	: 69.27m
最大出力	: 5.1MW
年間発生電力量	: 36.1GWh
建設費	: M\$59.0百万
総純便益	: M\$4.4百万
経済的内部収益率	: 11.7%

代替案-3はムダミット川からリンバン川への転流案なので、0.5m³/secをムダミット川下流への維持流量とする。実際、ダム地点からリンバン川との合流地点までの流間には

4軒のロングハウスと製材キャンプが一つある。そして住民は飲料水の水源をムダミット川に頼っている。

最適開発規模及び全ディーゼルに対するコスト流れ図を表-5.5及び5.6に示す。最適開発規模を開発するのに必要な費用は第七章の表-7.1に示されるごとく59.0百万マレイシアドルである。

図-5.6及び5.7は1987年から2010年までのリンバン電力系統の電力需要が満せるようにムダミット-2計画とディーゼルプラントの組み合わせによる最適長期電力設備計画を示す。2台の水車発電機は保障電力を出来る限り大きくするために1996年に同時に投入される。図-5.8及び5.9は全ディーゼルプラントによる電力需給関係を示す。

ムダミット-2計画の最適投入時期の検討は最適開発規模とされた5.1MWの開発規模に対して投入年をずらすことによって行った。その結果は次の通りである。

投入年	10%割引率における 純便益、M\$百万	内部収益率 %
1996	4.37	11.7
1997	4.63	11.9
1998	5.09	12.4
1999	5.02	12.7

1998年にムダミット-2計画を投入した場合に最大純便益5.09百万マレイシアドルを得たが、純便益の変化は投入年を変化させてもほとんどかわりなかった。

1998年の投入において最大純便益が得られた理由はディーゼルプラントの燃料費を上昇させたことによる。すなわち、燃料費を上昇させた場合最適投入年はうしろに動く傾向がある。しかし、ムダミット-2計画は投入年を変化させても、高い実施可能性を示していることから、早期開発が望まれよう。

ムダミット-2計画の早期投入の正当性は後節8.2.3で述べられている様に本計画の財務表を作成することにより財務面からも検討された。ムダミット-2計画の投入年をずら

すことによる財務表の変化は内貨分が連邦政府、外貨がソフトローンによって融資される条件のもと次の通り計算された。

投 入 年	収入と元利支払いの バランスが正になる年	満期期間内 における累加
1996	2004	11,840,720
1997	2005	9,475,640
1998	2008	6,777,710
1999	2012	3,573,610

満期期間内における収入と元利支払いのバランスの累加はムダミットー2計画が1996年に投入された場合最大となった。よって、ムダミットー2計画の早期投入の正当性は財務面からも裏付けられた。

長期投入計画検討の為に条件及び入力データにおいて討議された様に、ムダミットー2計画のもっとも早い投入年は建設に先立って必要とされる資金調達、詳細設計さらに建設に対する入札及び契約が原則的に順次行なわれるものとして1996年年頭とされた。

ムダミットー2計画の実施可能性の検討は建設に先立って必要とされる資金調達、詳細設計、さらに建設に対する入札及び契約の一部が平行して行なわれ投入時期が早められる場合、すなわち1994年及び1995年に投入が可能な場合においても評価した。ムダミットー2計画が1994年に投入可能な場合、内部収益率が11.8%、純便益が2.59百万マレイシアドルとなった。1995年に投入が可能な場合において、内部収益率が11.1%、純便益が3.48百万マレイシアドルとなった。よって、ムダミットー2計画は投入時期が早められても実施可能性を維持していると判断される。

5.3 感 度 分 析

感度分析はムダミットー2計画の投入を最も早い投入年である1996年に設定して実施された。感度分析を実施したケースは次の通りである。

- 割引率の変化；10%の主割引率に加え、4%、5%、8%及び12%
- 高低電力需要予測
- ムダミットー2計画に対して10%資本費増加
- ディーゼルプラントの燃料費を10%増減
- ディーゼルプラントの燃料費を1987年価格に固定

割引率の変化による感度分析の結果は次の通りである。

割引率、%	純便益、M\$百万
4	59.2
5	42.1
8	13.4
10	4.4
12	-0.8

需要予測に含まれる不確定性に対する感度分析の結果は次の通り。

需要予測	割引率10%における 純便益、M\$百万	経済的内部 収益率、%
高	5.4	12.0
中間	4.4	11.7
低	2.9	11.0

ムダミットー2計画は高需要予測に対して経済的内部収益率12%となり高い実施可能性を示している。一方、低需要予測においても11.0%の経済的内部収益率を保持している。

ムダミットー2計画の資本費を10%増加させた場合、経済的内部収益率は10.7%となった。ディーゼルプラントの燃料費を10%上げた場合、内部収益率は12.4%となる。反対に燃料費を10%下げた場合でも、内部収益率は10.9%を維持した。ディーゼルプラントの燃料費を1987年価格に固定した場合、8.2%の内部収益率を得た。

将来の建設費や仮定に含まれる不確定性に対する感度分析の結果として、ムダミットー2は開発するのに値する計画と結論づけられる。

第六章 基本設計

6.1 概要

本章に於いてムダミットー2プロジェクトの最適案として選定された計画の主要構造物の予備設計について述べる。尚当計画はムダミット川の流水をリンバン川に転流し発電に供するものである。当設計はフィージビリティスタディにおいて建設費算定上必要な精度にて行われた。

プロジェクトの基本諸元は前章での最適計画の検討結果より以下の通り得られている。

－取水池の満水位	: 標高 131.5m
－取水池の最低取水水位	: 標高 130.0m
－常時使用水量	: 4.5m ³ /秒
－最大使用水量	: 8.9m ³ /秒
－最大使用水量時の放水水位	: 標高56.0m
－最大使用水量時の総落差	: 75.5m
－発電設備容量	: 5.1MW (2.55MW×2)
－ムダミット川下流への 河川維持用水放流管	: 0.5m ³ /秒容量

当プロジェクトにはムダミット川に築造する高さ19.5mのゲート付き取水ダム、水路へ8.9m³/秒導水する為の取水口、長さ4.554mの導水路トンネル、サージタンク、長さ27mの鉄管路および設備容量5.1MWの発電設備を含む。発電機器台数は系統の信頼性及び水車・発電機の補修を考慮し2台とした。当プロジェクトは更に延長58km、電圧33kVの送電線を建設し、発電電力をリンバン変電所へ送電する。

6.2 主要構造物の設計

6.2.1 取水ダム

本取水ダムはムダミット川の河川水をリンパン川へ転流し、又日調整容量を確保することを目的とする。本ダム地点は狭窄部入口に位置し、河川幅約20m、河床標高 114.0mである。

ダム地点の地質は左岸から右岸河床部に分布する砂岩及び右岸に分布する頁岩より成る。これ等の岩はダム基礎として十分な地耐力を有する。しかしダム地点の砂岩は数多くの低角度節理が発達しており透水性は高いものと思われる。この状況を改善する為グラウトによる基礎処理が必要となろう。

添付図 6 - 1 に取水ダム及び付帯構造物の一般計画図を示す。

設 計 概 念

取水ダム及び関連構造物の設計は以下の概念により進められた。

- a) ダム基礎はカーテン及びコンソリデーショングラウトにより堅固で水密性の高い基礎とする。
- b) 取水ダムにゲート付きオリフィス（排砂門）を設け、その敷高は現河床標高としてたん水池内の堆砂位を出来る限り低く抑える。
- c) 取水池内の堆積土砂は洪水時に排砂門ゲートを開いて排砂する。
- d) 大きな洪水は越流余水吐より放流する。

取 水 ダ ム

満水位標高 131.5mは前節 6.1 で述べた如く出力 5.1MWを12時間ピーク発電するのに必要な貯水容量 190,000m³を基にして決定された。

余水吐の型式は経済性の比較検討よりゲートを有する越流せきとした。

以上の結果に基づき取水ダムの基本諸元は次の通りとなる。

- a) ゲート天端標高：満水位 + 0.5m = 標高 132.0m
- b) ダム天端標高：満水位 + 2.0m = 標高 133.5m
- c) 余水吐ゲート：7.5m幅、7.5m高、2門

上記ダム天端標高は200年再起確率の設計洪水量 648m³/秒（第五巻付録Ⅲ参照）が余水吐上を越流する時の洪水位標高 132.322mに対して約1.2mの余裕高を有する。下流河岸住民に対する用水確保はダム堤体に設けた直径50cmの鉄管を通して行う。

更に取水ダム下流の河床はコンクリート護床工で保護し、ダムの安定を損う余水吐からの越水による洗掘に対処する。

取水ダムの安定

取水ダムの安定は転倒、滑動及び基礎の地耐力に対して検討した。転倒に対しては合成力の作用点がダム基礎幅の中央3分の1内に入るよう検討した。更に滑動に対して取水ダムは十分な抵抗力を持たせて設計した。これ等の安定計算に於いて水平地震係数0.05gを考慮した。

取水口

取水口は左岸側取水ダムの直上流に設け、ダム低部の開口部より定期的に排砂し、取水口近傍の堆砂位を出来る限り低く抑える。

取水口敷高は、取水位が低水位 130.0m迄下がっても導水トンネルへの空気連行が生じないだけの水深がとれる様標高 123.0mとした。

転流工

本計画の施工法は半川締切り工法による。

一次転流は右岸側に開水路を設けて行う。開水路は2年確率洪水量 $277\text{m}^3/\text{秒}$ の通水能力を有する。

二次転流は一次工事で築造されたダムの低部開口部を通して行う。二次転流の設計洪水量は二次工事期間に於けるダムの小工事量を考慮し、約年4回発生頻度の $130\text{m}^3/\text{秒}$ とした。

上記各転流に必要とされる仮締切ダムは永久構造物を利用できる様に配置してある。すなわち一次仮締切ダムとして余水吐右岸導流壁を利用し、二次仮締切ダムとしてエプロン上の隔壁を利用している。

6.2.2 水路

水路は延長が最短となる様ムダミット川とリンパン川が最も近接する地点を結ぶルートとした。水路は水平長 $4,761\text{m}$ で、図6.2に示す如くサージタンクにより $4,554\text{m}$ の導水路と 207m の鉄管路に分かれる。又図6.3、6.4に鉄管路の詳細を示す。

導水路は取水口直下流及びサージタンク直上流部での2ヶ所の水平曲線部の他は直線ルートとした。導水路上の地山はトンネル工事に十分な土被りを有する。サージタンクは基礎岩盤が堅固で安定した構造となる様、その位置が決められた。鉄管は上流部のトンネル区間以外については建設コストの小さい露出型とした。当露出型鉄管路は尾根沿いに設けた。

水路工事に於いて地質の面で大きな問題はないと思われる。導水路ルートの子質の大部分は、おびただしい数の薄い砂岩層を挿入している頁岩でスクップ頁岩と言われているものである。この岩はいくつかの小規模な断層があるもののトンネル工事には十分適してい

ると判断される。鉄管路の地質は上部の頁岩、下部の石灰岩より成り、これ等の境界線はほぼ鉄管路の中央を横切っている。この境界をはさんで幅約70mの弱層が存在する。従って固定台はこの弱層領域外に設けた。

導水路トンネルの設計

コンクリート巻立て構造のトンネル径を決定するため、次の要素を考慮して経済比較を行った。

- a) 建設コスト
- b) トンネル内の損失水頭により生ずる損失エネルギー価値
- c) 維持管理費

更に経済的な構造を求めため、上で求めたコンクリート巻立て構造と吹付コンクリート巻立て構造との経済比較も行った。

これ等の比較より、設計流量 $8.9\text{m}^3/\text{秒}$ に対して内径 2.5m のコンクリート巻立て構造を採用することとした。トンネルの横断面は図6.2に示す通りである。

サージタンクの設計

有効落差 100m 以下のフランシス水車は通常40%以下の水撃圧で設計されている。制水口型サージタンクの場合この水撃圧は55%にも及ぶ。この為当サージタンクは単動型とした。

サージタンクは鉄筋コンクリート構造とし、その大部分を岩盤内に納めた。

サージタンクの主要形状を図6.4及び以下に示す。

シャフト直径 : 5.5m

シャフト高	:	34.5m
上昇サージ水位	:	標高 146.8m (満水位+15.3m)
下降サージ水位	:	標高 118.2m (低水位-11.8m)

鉄管の設計

鉄管は図 6. 2 に示す様に 67m のトンネル区間及び 160m の露出型鉄管に分けられる。

トンネル区間での据付けの為、図 6. 4 に示す通り必要に応じてロックボルトで支えられた掘削面と鉄管との間に 60cm の作業空間を設ける。鉄管据付け後この空間はコンクリートで充填する。

露出型鉄管は固定台及びリングガーダー支台により支える。固定台は鉄管曲管部に設け、リングガーダー支台は約 15m 間隔に置く。

当フィージビリティスタディ段階では以下の設計概念及び仮定により経済的な鉄管径を決定した。

- a) 鉄管径の算定は導水路トンネルの径を求めた方法と同じ方法で行った。
- b) 板厚の決定に於いては次の仮定により水撃圧を計算した。
 - 単動型サージタンクを有する鉄管路の水撃圧を“イエーガーの公式”により求める。
 - 水車の閉鎖時間を 2.0 秒とする。
- c) 鉄管には S M クラスを用いる。許容最大及び最小板厚はそれぞれ 25mm、6 mm である。

先に述べた概念と仮定を基にして経済比較を行った結果鉄管の直径は 2.3m - 2.0m となる。

6.2.3 発 電 所

地上式発電所はリンバン川が流れをほぼ直角に左に向きを変える右岸に位置している。発電所は1機当り2.55MWの発電設備2機を収納し、鉄筋コンクリート構造である。発電所まわりの地表は標高62.0mとし、リンバン川の100年洪水水位標高59.9mに対して約2mの余裕高を有する。

発電所基礎となる石灰岩は10m以上の表土におおわれ河床に向かって急勾配で落ちている。石灰岩は割れ目の発達により透水性が高いと思われる。しかし当発電所の工事をする上で困難な問題はない。

図6.5に発電所の一般概要図を示す。

6.3 機 械 設 計

6.3.1 ゲート、トラッシュラック、バルヴ

固定ローラ型は最も一般的であり中規模ゲートの典型的なもので、かつローラーゲートやフラットゲートなど他の型式に比べコストはほとんど変わらない。従って当フィージビリティスタディでは本プロジェクトのゲートに固定ローラー型を採用する。以下にゲート、トラッシュラック及びバルヴの型式及び諸元を示す。

余水吐ゲート

型 式 : 固定ローラーゲート
門 数 : 2 門
寸 法 : 7.5m高、7.5m幅
巻上げ機 : 固定型ワイヤロープ巻上げ機

土砂吐ゲート

型 式 : 固定ローラーゲート
門 数 : 1 門
寸 法 : 6 m高、5 m幅
巻上げ機 : 固定型ワイヤロープ巻上げ機

取水口ゲート

型 式 : 固定ローラーゲート
門 数 : 1 門
寸 法 : 2.5m高、2.5m幅
巻上げ機 : 固定型ワイヤロープ巻上げ機

ドラフトチューブゲート

型 式 : スライドゲート
門 数 : 1 門
寸 法 : 1.5m高、2.4m幅
巻上げ機 : 走行型モノレール巻上げ機

トラッシュラック

型 式 : 固定型
組 数 : 1 組
寸 法 : 9.5m高、6.0m幅
バー間隔 : 50mm

入 口 弁

型 式 : 蝶形弁

台 数 : 2
直 径 : 1.0m
作 動 : 油圧シリンダー型

6.3.2 鉄 管

サージタンクから水車2台の入口弁に至る間一条の鉄管を設ける。鉄管は延長 221mで管本体、漸縮管、分岐管、伸縮継手、リングガード、曲管、マンホール、水止め及びスラストカラー、その他より成る。

鉄管は内圧・外圧、軸力、地震力又は風圧の最大荷重条件に対し十分な強度を持たせて設計した。

概要は次の通りである。

型 式 : 露出型及び埋設型でY分岐を有する
条 数 : 1 条
内 径 : 2.3m - 2.0m (Y分岐後は 1.4m - 1.0m)
長 さ : 221.0m

6.4 発電機器設計

6.4.1 発電機器及び付属機器

発電機器の設計諸元は以下の通りである。

- 1) 満 水 位 : E L. 131.50
- 2) 最低運転水位 : E L. 130.00
- 3) 最大使用水量 : 8.9m³/sec
- 4) 放水路水位 (最大使用水量時) : E L. 56.00
- 5) 基 準 落 差 : 69.27m

水車及び発電機を、上記条件をもとに設計した結果は以下の通り。

1. 水 車

与えられた基本条件から、立軸及び横軸フランシス水車の両方を、本プロジェクトに適用することが出来る。機器代及び発電所建屋の工事費を勘案し、下記を選定した。

a) 型 式	:	立軸フランシス
b) 台 数	:	2 台
c) 定格出力	:	2,650KW
d) 定格回転数	:	750rpm

2) 発 電 機

a) 型 式	:	立軸、回転界磁型 3 相交流発電機
b) 台 数	:	2
c) 定格出力	:	2,550KW
d) 発電機容量	:	3,000KVA
e) 定格電圧	:	6.6KV

発電所の主要付属機器は、次の通りである。

- 10トン天井走行クレーン 1台、及び
- バタフライ・タイプ入口弁（直径 1.0m、最大静落差75m）2台

6.4.2 屋外開閉所

セントラル方式を採用し、発電機2台に対し、6,000KVAの主要変圧器1台を設置する。

さらに、関連33KV開閉所機器（しゃ断器、断路器、避雷器等）を設置する。

6.5 送電線及び変電所

6.5.1 はじめに

ムダミットー2計画の対象需要地であるリンバンにおける電力供給は、11KV配電線に依

り行われており、図 6.6に示す如くベラワン村を經由し、クボン村まで伸ばされている。

サリバン川ミニ水力発電所は、ムダミット村の近く、リンバン川の支流であるサリバン川に現在建設中である。本ミニ水力発電所を既設リンバン～クボン11KV配電線に接続すべく、現在この工事も進行中である。この新規配電線は、ムダミット～リンバンを結ぶハイウェイに沿って設けられる。

ムダミット村とリンバン間のリンバン川に沿って、たくさんの村落が点在している。ムダミット-2よりの電力はリンバンの外に、現在建設工事中の11KV配電線から線路を延長することにより、これら村落にも供給されよう。

この様な事情より、ムダミット-2発生電力をリンバンに供給するため、送電線と変電所を新設する。

6.5.2 送 電 線

33KV送電線をリンバンの郊外に新規に設ける変電所（図 6.6 参照）と、ムダミット-2発電所との間に新たに建設する。送電線亘長は58kmであり、この内発電所からの最初の28kmは、ジャングルを切開いて建設された起伏のある伐採道路を通過し、残り30kmは、ムダミット村とリンバンを結ぶハイウェイに沿って建設される。最初の28kmについては、支障木伐採に加え、各種径間についての装柱について考慮する必要がある。一方、残り30km部分については、特に障害になるものは見当たらない。

33KV送電線（空中ケーブル）に、現地語で「鉄の木」又は「ベリアン」と称される木柱を使用することを考慮する。ベリアン材は 100年以上の使用に耐え、現地生産されており、かつ据付が簡単である。

送電々力 5,100KW及び送電距離58kmより、下記事項を考慮に入れ、33KVの送電々圧を選定することにする。

- (1) S E S C O送配電線の標準電圧は、11、33、132及び 275KVである。
- (2) 送電線ルート上に近在する需要家に対し、柱上変圧器により、33KVから11KVに直接分岐できる。
- (3) もし、66KVを採用する場合、この電圧は 5,100KWの送電々力と58kmに及ぶ送電距離から採用しうる電圧の一つではあるが、S E S C Oの標準になく、事故時に機器の予備品等の入手がむずかしい。

ダムへの配電線及びダム～発電所間の通信ケーブルも、かつ用意する。

6.5.3 変 電 所

リンバンの南10kmのサイトを、新設する変電所（図6.6参照）の候補地点として選定した。リンバン～クボン間の既設11KV配電線は、本地点を経過している。

主要変電所機器の構成は以下に示す通りである。

— 6,000KVA 主要変圧器	— 台
— 33KV開閉機器（CB、DS及びLA）	— 式
— 11KV配電線用キュービクル	— 式
— 制御盤及び直流電源装置	— 式

変電所の機器配置を図6.8に示す。

第七章 施工計画と積算

7.1 施工計画と工程

7.1.1 一般

ムダミッター2プロジェクトに関するエンジニアリング・サービスを除く全ての業務は基本的には事前資格審査を含む国際競争入札によって選定された業者により行われる。

プロジェクト業務の実施形態は次の通りである。

- 主要土木工事 : 国際競争入札
(河流処理、ダムと取水口、水路、
発電所(建屋を含む)、放水路、
排水路と道路)
- 金物工事 : 国際競争入札
(ダム、取水口と水圧管路)
- 発電設備 : 国際競争入札
- 送電線と変電所 : 国際競争入札
- エンジニアリング・サービス : 特 命
(詳細設計と施工監理)

7.1.2 工程

1. 建設期間

プロジェクトの建設期間は1987年初めより起算して9年と計画されている。最初の5年間で、建設資金の調達、エンジニアリング・コンサルタントの選定、詳細設計と入札が行われる。後半の4年間で建設工事が行われる。

建設資金の調達は、サラワク電力公社プライムミニスター部経済計画局により行われる。プロジェクトを完成させるためには、次の基本的な工程が守られなければならない。

a) 資金調達	: 12ヶ月	(1988年6月～1989年5月)
b) エンジニアリング・サービスの契約	: 3ヶ月	(1989年6月～1989年8月)
c) エンジニアリング・サービス (詳細設計)	: 16ヶ月	(1989年9月～1990年12月)
d) 事前資格審査(入札、契約)	: 3ヶ月	(1990年10月～1990年12月) (詳細設計のエンジニアリング・サービス期間中)
e) 入札と契約	: 10ヶ月	(1991年1月～1991年10月)
f) 建設工事	: 50ヶ月	着工 1991年11月 竣工 1995年12月
g) 発電開始	: 1996年1月始め	

プロジェクトの全体工程と仮設備般平面を図7.1と7.2に示す。

2. 各年毎の工事実施概要

a) 工事第一年(1991年11月～1992年10月)

最初の約5ヶ月で進入道路、宿泊設備の建設、ディーゼル発電機の据付け等の準備工事が行われる。

準備工事終了後直ちに二つの導水路作業横坑、一つは、ダムサイト、もう一つは発電所サイト、の掘削が行われる。作業横坑が完成後、ダムと発電所サイトの両方より本トンネルが掘削される。

取水ダムでは、転流のための河床拡幅を目的に右岸側で掘削が開始される。同時にダム左岸上部の掘削も行われる。河床拡幅後河流処理のためコファードムとコンクリートよう壁が建設される。

水圧管路では、大部分の明り掘削が終了する。

b) 工事第二年 (1992年11月～1993年10月)

導水路トンネルの掘削は、第二年全期間続けられる。取水ダムでは、左岸の掘削は、第二年第七月 (1993年5月) までには完成される。引続いてダム左側部分のコンクリートが打設される。取水口ゲート、土砂吐ゲート、洪水吐ゲート1門が据付けられる。ダム左側部分が完成後、河流処理のため、新たにコフエーダムが建設され、ダム右側部分の締切と河流の土砂吐き通過による左岸側への転流が行われる。

水圧管路の掘削は、第二年第二月 (1992年12月) までには終了する。引続いてアンカーブロックコンクリートが打設される。

サージタンクの明り掘削は、水圧管路の掘削後開始される。引続いてサージタンク立坑掘削が始まり第二年第十月 (1993年8月) までに終了する。サージタンク立坑巻立コンクリートは、2ヶ月で、打設される。

排水路工事は2ヶ月で行われ、発電所工事開始前に完成される。

発電所明り掘削は、排水路工事完成後、行われる。

c) 工事第三年 (1993年11月～1994年10月)

導水路トンネルの掘削は、第三年第四月 (1994年2月) までには終了し、引続いてトンネルコンクリート巻立が始まる。

取水ダム右岸側の掘削とコンクリート打設は第三年第五月 (1994年3月) までには終了する。

発電所の全掘削と大部分のコンクリート打設は終了する。放水路工事は、第三年第五月 (1994年3月) までには終了する。

洪水吐ゲートと水圧鉄管の据付けは第三年の末までには終了する。

d) 工事第四年 (1994年11月～1995年10月)

導水路トンネルのコンクリート巻立は第四年第十月 (1995年8月) までに完成する。

引続いてコンソリデーショングラウチングと裏込めモルタル注入が開始され、第四年の末までには完了する。

全ての土木工事は第四年の末までには完了する。

発電所のドラフトチューブやケーシングなどの機器周辺のコンクリート打設が完了する。

発電機器、送電線と変電所の全ての工事は第四年の始めに開始され、第四年の末までには終了する。

e) 工事第五年 (1995年11月～1995年12月)

貯水池湛水は最初の月に開始される。引続いて水路充水と有水試験が開始され第二月の末までには完了する。

商業運転は、1996年1月始めより開始される。

7.1.3 施工計画と方法

1. 進入道路

建設用資材と設備機器の荷卸しができるリンバン市からダムと発電所サイトまで木材搬出用道路が伸びている。この木材搬出用道路の大部分は改良する必要がないが、両サイト付近19kmは建設資材と設備機器の輸送には狭く路面が荒れているため改良する必要がある。

1.1 kmの道路が、ダム及び発電所サイトと木材搬出用道路を結ぶための進入道路として建設される必要がある。

建設の必要な進入道路と橋梁は以下の通りである。

—— 進入道路の建設	:	1.1km
—— 既設道路の改良	:	19.0km
—— 橋梁の建設	:	20m × 1 10m × 5

2. 工事プラント

ダム及び発電所サイトで必要とされる総コンクリート量は、それぞれおおよそ約22,000 m³及び15,000 m³である。コンクリート打設量と工程より、骨材及びコンクリートプラントは、次のようになる。

サイト	プラント	能力	数量
ダム	骨材プラント	20 t/hr	1台
	コンクリートプラント	24m ³ /hr	1台
発電所	骨材プラント	15 t/hr	1台
	コンクリートプラント	24m ³ /hr	1台

3. 河川処理

取水ダムの規模と河川の地形状況を考慮すると工事期間中の河川処理は、半川締切で行われるだろう。

河川処理計画を図7.3に示す。

4. 取水ダム

取水ダムの建設順序は、図7.3に示す通りである。

ダムの右岸は、河川処理を行うために掘削される。

コファーダムとコンクリートよう壁で左岸を締切り、河流を右側に転流後、左側の全ての掘削工事と大部分のコンクリート工事が行われる。次にコファーダムで右岸を締切ることにより右側の掘削とコンクリート工事が行われる。右岸の工事中、河流は土砂吐門を通過して転流される。

掘削量は約55,000m³である。この掘削工事は約16ヶ月で行われる。この工事に使用される重機は、リッパー付き21トンクラスブルドーザー、0.7m³クラスバックホー、10m³クラスローラードリルとレッグハンマーである。

取水ダムのコンクリート量は約11,000m³であり、この打設は約8ヶ月で完了する。

ダム本体コンクリート及びその他構造物のコンクリートは20トンクラストラッククレーン及び60m³/hrクラスコンクリートポンプにより打設される。掘削した硬岩の一部は、コンクリート骨材として利用される。

ダム打設ブロックは、幅10m、リフト高1mから2mを標準とする。

ゲート据付けは、コンクリート打設期間内に20トンクラストラッククレーンによって行われる。

5. 導水路トンネル

延長約 4.6kmの導水路トンネルの施工は取水口とサージタンク側、すなわち両坑口に設けられた作業横坑よりレール工法により行われる。

導水路トンネルの掘削は全断面掘削により行われ、24ヶ月で終了する。削孔はレッグハンマーによって行われ、掘削ブリは、0.4m³クラスのブリ積み機、8トンクラスバッテリー機関車と 2.0m³クラス運搬車により搬出される。掘削の計画進行速度は、220m/月(110m/断面×2断面)である。

トンネル掘削完了後、スパン12mのスライディンフォームを使って巻立てコンクリートが打設され、18ヶ月で完了する。コンクリートは、6トンクラスのバッテリー機関車けん引の 6.0m³クラスのプレスクリートにより運搬・打設される。コンクリート巻立ての計画進行速度は、300m/月(150m/断面×2断面)である。

コンクリート巻立て後、引続いて裏込めモルタル注入とコンソリデーショングラウトが行われる。

6. サージタンク

サージタンク明り掘削は 0.7m³クラスバックホー、21トンクラスリッパー付ブルドーザーとレッグハンマーにより行われる。サージタンク明り掘削とサージタンク下部のトンネル掘削終了後、サージタンク底部より上方に導坑立坑が掘削される。掘削ブリは水圧鉄管トンネルから搬出される。導坑立坑が貫通後、レッグハンマーにより全断面切上げ掘削が行われる。掘削ブリは 0.1m³クラスバックホーを使用して、導坑立坑に落とされる。

サージタンク掘削工事は7ヶ月で完了する。

立坑掘削完了後、コンクリート巻立てが立坑下方より上部になされる。

7. 水圧鉄管

水圧鉄管の掘削は導水路トンネル掘削と同様な方法で行われ、導水路トンネル掘削工事より先に完成するよう計画されている。

明り掘削は、21トンクラスリッパー付きブルドーザー、0.7m³クラスバックホー、レッグハンマーと 2.2m³クラス履帯式トラクタショベルにより標高の高い所より下方に向けて行われる。アンカーブロックコンクリートは、掘削完了後 1m³バケットと20トントラッククレーンにより打設される。水圧鉄管の据付完了後詰込みコンクリートが打設される。

掘削とコンクリート工事は、12ヶ月で完了する。水圧鉄管の据付けは、7ヶ月で行われる。

8. 発電所

発電所掘削は、リッパ付き21トンクラスブルドーザー、0.7m³クラスバックホー、レッグハンマーと2.2m³クラス履帯式トラクタショベルにより行われる。基礎と側壁コンクリートは、先に打設され、発電設備機器の設置を容易にするための空間が発電所周辺に確保される。柱と床コンクリートは、後に打設される。

水車や発電機のような発電機器は、天井クレーンによって据付けられる。

7.2 積算

7.2.1 建設工事費

1. 一般

ムダミッター2プロジェクトの建設工事費は、最近の建設技術が使用されるという条件の他に更に、プロジェクト地点の地質状況、工事規模、工程を基に積算されている。

工事費の積算は、バタンアイプロジェクト（108MW、1985年）、ミニハイドロプロジェクト（50～1,000KW、1982年～1989年）とマレーシアにおける他のプロジェクトを参考にして行われた。

2. 建設工事費

a) 積算基準

積算は、次の基準により行われた。

—— 積算時点は、1987年12月とした。

—— 外貨交換レートは、1987年12月マレーシアにおける一般的なレートであるUS \$ 1.00 = M \$ 2.50としている。

—— 建設工事費は内貨と外貨に分けられている。内貨部分は、主に労務費、国産資材費、国内輸送費と据付費である。

—— 一方、外貨部分は、主に輸入資材、設備、機械費とエンジニアリング・サービ

ス費用である。

—— 洪水吐ゲート、水圧鉄管等の水理設備、電気・機械設備等には、輸入税は免税となるものとする。

—— エンジニアリング・サービスと管理費は、それぞれ直接工事費の10%と5%とする。

—— 予備費は、直接工事費、エンジニアリング・サービス費と管理費の合計の15%とする。

—— 土地代と補償費は必要ないものとするが、送電線のための優先権敷地占有権取得費用は、含まれている。

b) 積 算

(1) 準 備 工 事

—— 進 入 道 路

道路建設費と道路改善費は、サラワクにおける道路建設の契約書を参考にして積算された。

—— 宿 泊 設 備

SESCOの職員とコンサルタント技術者のための宿泊設備費用は、宿泊設備建設の契約を参考にして積算された。

—— 現 地 調 査

詳細設計のための地質調査と地形調査の費用は、このフィージビリティ調査において実施されたボーリング、地形図作成、弾性波探査等の工事費を参考に積算された。

(2) 土 木 工 事

マレーシアにおける類似プロジェクトの建設工事費を調査・検討した結果、サラワク州で建設完了あるいは建設中のボタンアイプロジェクトとミニハイドロプロジェクトの建設工事費を主として参考にして、土木工事費の積算を行った。ムダミットー2プロジェクトにこれらプロジェクトの建設工事費を参考にするに際しては、現場状況、建設条件、労務費、資材費、機械費等を考慮した。

土木工事の主要工種の費用は、数量を基に計算した。

予備設計段階では、雑項目の工事費は、一式で加えられた。

(3) 水理設備

ゲート、スクリーン、除塵機、水圧鉄管などの全ての水理設備は、輸入される。また、これら設備の供給にかかる費用は、各設備の数量と単価より積算された。単価には、材料、加工、輸送と据付にかかわるすべての費用が含まれている。

(4) 電気・機械設備

水車と発電機は輸入され、これら設備の費用には、輸送、保険と据付に関するあらゆる費用が含まれている。一方、変圧器と付属設備については、国内産が使用される。

(5) 送電線と変電所

送電線と変電所の設備の大部分には、国内産が使用される。

c) 建設工事費

プロジェクトの建設工事費は、外貨M\$ 36,153,853、内貨M\$ 22,805,407、合計M\$ 58,959,260と見積られる。建設工事費と詳細見積りを、それぞれ表7.1と表7.2に示す。

7.2.2 建設工事費の年資金展開

工程にもとづいて外貨と内貨の建設工事費の年資金展開が算定されている。資金展開は表7.3に示されているが、要約すると以下のようなになる。

年	外 貨 (M\$)	内 貨 (M\$)	合 計 (M\$)
1991	337,180	674,452	1,011,632
1992	6,445,770	5,489,892	11,935,662
1993	8,790,400	6,094,969	14,885,369
1994	12,711,271	6,741,616	19,452,887
1995	7,869,222	3,804,478	11,673,700
合 計	36,153,853	22,805,407	58,959,260

第八章 プロジェクト評価

8.1 経済評価

8.1.1 評価方針

ムダミッター2小水力発電計画の評価は、従来の代替火力法を使用せず、本計画が将来一つの電力供給源になるリンバン電力供給システムに基づく。在来法、つまり最適代替火力による評価はその選定の適宜性に問題があったが、本計画の評価では、小水力が投入される場合の将来におけるリンバン電力供給システム形成に必要な投資を費用とみなし、小水力が投入されない、つまりディーゼル・プラントからなる同システム形成に必要な投資を便益とする。便益算定の根拠を小水力を実施する場合におけるディーゼル・プラントからなる供給システムに必要な投資金額の費用節約にもとめているので、在来法と考え方は同一であるが、在来法より有利な点は評価をシステム全体で検討することによって、最適代替火力の選定という問題を考慮する必要もない上に、評価基盤が将来のある一定した投入計画期間に基づいているので費用－便益分析の精度がより高い点にある。

第五章における本計画最適規模の策定で記述したように、ムダミッター2小水力を投入しない場合とする場合のリンバン電力供給システムを形成するディーゼルプラントの組み合わせ、及びディーゼルと小水力の組み合わせは、1987年から2010年までの電力需要に見合うように選定されている。評価期間は、小水力の経済寿命（プロジェクト・ライフ）を考慮に入れて、1987年から50年間とする。評価過程として次に示す手順に従った。

- (1) 先ず、最小費用法に基づきディーゼル・プラントからなるシステムを形成する各ディーゼル・プラントの組み合わせの中から最小コストのシステムを選定する。
- (2) 次に、小水力が投入されるシステムでは、最適規模策定の後、その投入時期を替えることによってそのコスト・パフォーマンスを検討し、便益と費用の差を最大とするシステムを最小コストのシステムとして選定する。

(2)の段階で純便益がプラスである限り、ムダジットー2小水力を将来投入する妥当性が証明できる。システムに基づく経済評価は、資本の機会費用が10%であることを仮定して、それと経済内部収益率との比較で検討する。

即ち、第五章で感度分析をも含む評価が記述されているので、本章では経済評価に必要な基本事項に絞って述べる。

8.1.2 条件・仮定

(1) 経済費用算定のガイドライン

外貨分の資機材の価格算定は、基本的にそれらのマレーシア国内における生産能力を考慮して輸入することが必須であることを前提条件として、クチン港到着価格(c i f)に基づいている。

内貨分の中で輸出入の実績をもつ資機材は貿易材とみなし、それ以外の範中に入る物を非貿易材と考慮した。従って、表8.1に示す市場価格から経済価に調整する交換係数の使用に関して、貿易材では輸出入の実績に応じて係数の選択をして、両方の実績がある場合は“合成”の欄にある係数を使用した。

本章で規定する市場価格は、移転収支項目(税)を除いた価格とする。

未熟練労働者の経済費用は、サラクワ全州の少数民族に焦点をあて、彼らの生存維持に必要な食費に相当する賃金を経済費用とした。

ムダジットー2小水力計画実施によって予想される経済補償費用は、踏査の結果、プロジェクトによって地域経済に逸失対象となる市場性をもつ物が見あたらないので経済補償費用は零と決定した。

(2) 経済費用算定

第七章で算定した本小水力の建設費用を資機材、建設用の材料、及び労務費に再分解し、先ず税金を控除する作業から始めた。税金控除の対象は内貨分の建設用材料で、材料費の中で相応分を占める材料とその他に分けて、税率を各々に応じて適用して税額分

を削除した。

経済費用は、(1)のガイドラインに基づき次のように算定した。

- 資機材価格は、第七章でもクチン港到着価格で積算しているのので、経済費用に交換する必要はない。
- 建設材料に適用される交換係数は、(1)のガイドラインで述べた通りである。
- 内貨分に入る資機材に関しては、表8.1に示す“投資材”に相応する交換係数0.85を使用した。
- 経済労務費用は、(1)のガイドラインに基づき、一日当りの労賃を市場賃金の20%に相応するM\$7とした。
- 未熟練労働以外の労務コストは、非貿易材サービスの“建設”の欄に相応する交換係数の0.77を使用した。
- 管理費用に適用される交換係数は0.8とした。
- 最後に、維持・運転費用は、直接経済建設費用の1%とした。

ムダミッター2小水力の経済建設費用の一覧表を表8.2に示す。

ディーゼル・プラントに適用される交換係数は以下に示す考え方に基づき決定した。

- プラントの資本費用に適用される表8.1に示す“投資材”に相応する0.85を使用した。
- プラント運転に必要な燃料費は“原油”の欄に示す交換係数0.86を使用した。
- 維持・運転費用に適用される交換係数は、同費用を構成する労務・必要資機材そして燃料費の割合とその交換係数を検討して、0.97と仮定した。

上記の経済費用は1987年価格で算定し、特に燃料費に関しては将来における実質伸び率も考慮して、国際復興銀行の“商品の価格予想”を参照して将来の価格を1987年価格レベルで算定した。

(3) リード・タイム及び建設期間

便益・費用の評価基盤をシステムに置く上で重要なことは、本計画が物理的にいつ運

転開始可能か、又運転開始までに至る諸作業への考慮である。

本計画建設開始までの期間（リード・タイム）に必要な作業として、F/S調査、詳細設計、入札に必要な諸手続きが挙げられる。更に4年の建設期間を加えるとムグミットー2小水力の運転開始は1996年と予想される。

8.1.3 便 益 分 析

8.1.1節で前述したように、便益は最小費用法によって選定されたディーゼル・プラントからなるリンバン電力供給システムに基づく。選定された同システムの投入計画（投入時期と各プラントの規模）は以下に示す通りである。

No	運転開始年	規 模
1	1988	1.6 MW
2	1992	1.0 MW
3	1993	1.0 MW
4	1994	1.0 MW
5	1996	1.0 MW
6	1997	1.0 MW
7	1999	1.0 MW
8	2001	1.0 MW 2台
9	2003	1.0 MW 3台
10	2005	1.0 MW 2台
11	2007	1.0 MW 2台
12	2008	1.0 MW 2台
13	2009	1.0 MW
14	2010	1.0 MW

プラント番号1と2は、実施機関（SESCO）で既に計画案に載っている。ディーゼ

ル・プラントの償却期間15年を考慮に入れて、投資期間（1987～2010）内に償却対象となるプラントは更新するよう上記プログラムに組み入れている。

評価期間は50年間（1987～2036）に及び長い期間なので、投資期間内に新規設置されるプラントの更新費用を2010年以降に発生させた。更新費用は初期投資の90%と仮定した。以上の仮定に基づいて算定された最小費用法による同システムの現在価格は、割引率10%で85.62マレイシア百万ドルとなる。

8.1.4 費用分析

費用は、最小費用法に基づいて選定されたムグミットー2小水力が投入されるリンバン電力供給システムに基づく。同プロジェクトの運転可能開始年が1996年からなので、同最適規模計画の投入時期を1996年から1999年までの4年間に焦点を当て最適投入時期を検討した。

各投入年毎の同計画が投入されるリンバン電力供給システムにおける投入プログラムを表8.3に示す。割引率10%を採用した場合での各投入年毎のシステムの現在価値は以下の通りに算定された。

1996年	81.25マレイシア百万ドル
1997年	80.99マレイシア百万ドル
1998年	80.52マレイシア百万ドル
1999年	80.60マレイシア百万ドル

上記の結果より、最小費用となる投入年度は1998年で、その費用は80.52マレイシア百万ドルである。

8.1.5 経済評価

便益と費用の差は、より正確に言えば、ディーゼル・プラントからなるシステムと本計

画が投入されるシステムの各々の現在価値の差である。割引率10%以下における便益と費用の差を以下の表に示す。

投入年	差	E I R R (%)
1996	4.37	11.7
1997	4.63	11.9
1998	5.09	12.4
1999	3.02	12.7

ムグミットー2小水力の最適投入時期は、既に8.1.4節で検討したように1998年であるが、これは、便益と費用の差を最大にさせる年でも正当化される。

しかし、各投入年毎の便益と費用の差が僅差であることが上記の表で判明したので、最適投入年の概念に必ずしも固執する必要がない。本計画の早期実施が望まれる以上、1996年に運転開始を設定することに異論はない。実際、上記の表の結果では、同年運転開始の場合の経済内部収益率は11.7%で、資本の機会費用(10%)より高いので経済性の妥当性は保障される。1996年を投入時期とするリンバンシステムのコストと便益のキャッシュ・フローを表8.4に示す。

以上述べた便益・費用を算定する上で重要な仮定の一つとして、将来の燃料費の実質伸び率を考慮に入れていた。表8.4に示すように便益のキャッシュ・フローの中で、燃料費の割合が大きいので、燃料費が現状価格で推移すると仮定する場合、E I R Rに与える影響は多大であると考えられる。以下に示す表では、燃料費が上昇する場合、しない場合に分け、各割引率毎の便益と費用の現在価値を算定した。

割引率	便益		費用	
	上算	現状	上算	現状
7 %	136.8	106.7	116.5	162.0
8 %	115.6	91.2	102.1	90.5
9 %	98.9	78.9	90.6	81.2
10 %	85.6	69.1	81.2	65.5
11 %	74.9	61.2	73.5	67.1
12 %	66.2	54.6	67.0	61.6
13 %	59.0	49.2	61.5	57.0

上記の表より明らかなことは、便益の減少率が費用のそれより大きいことである。従って、燃料費が現状価格で推移するという仮定は、最終の経済評価に悪影響を及ぼす。算定されたEIRRは8.2%という結果に終わった。

8.2 財務評価

8.2.1 財務分析の目的

本節では、ムダミットー2小水力発電計画の財務上の妥当性と、本計画建設に要する外貨及び内貨分を実施主体（SESCO）が借款及び自己融資する場合における返済能力及び融資能力を検討する。財務上の妥当性は財務内部収益率（FIRR）で、返済及び融資能力は、種々の条件を仮定して検討し、また実施主体の財務健全性に及ぼす影響も考察する。

以上述べた財務分析を行うに当たり、同分析に必要な条件と仮定を設定する必要がある。以下、その主な項目を次節に列記する。

8.2.2 条件・仮定

(1) 建設費用

第七章で本計画建設及びその運転・維持（直工費の1%）に必要な費用を1987年価格で積算しているため、本節では、財務分析上必要な運転開始年までの物価上昇率を外貨と内貨とに分けて検討する。外貨及び内貨に適用される将来の物価上昇率は以下の通りである。

	単位：%								
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
外貨	1.0	1.0	1.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
内貨	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

外貨に適用される物価上昇率は国際復興銀行推定に基づく、先進工業国の主要製造業品目の物価上昇率インデックスの加重平均を参照した。内貨分に適用される物価上昇率は、サラワク州の消費者物価指数とその変動に影響を及ぼす要素、特にマネー・サプライの動向に焦点をあてて検討した。現状下で考えられる連鎖反応、原油価格の下落→公共予算・投資の縮小→マネー・サプライの変動→消費者物価指数の変動を考慮に入れて、単純に、消費者物価指数の動向は、原油価格の変動に影響されるとの仮定で内貨分に適用される物価上昇率を検討した。

以上を検討し試算した結果、本小水力計画の財務コストは、M\$ 66,103,240でその内物価上昇変動費はM\$ 7,143,900である。財務コストの外貨と内貨の内訳は、前者はM\$ 42,172,860で後者はM\$ 23,930,380と算定された。

(2) 電力料金設定

将来時点の電力料金設定は本計画の財務妥当性（FIRR）に大きく影響を及ぼすので、現状下における料金設定に至る背景を熟知しておく必要がある。先ず以下に示す表にサラワク州全体及びリンバン地区における過去数年間の平均電力料金の推移を表記する。

単位：M\$/kWh

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
リンバン	0.27	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.31
サラワク	0.23	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.28

上記の表より、リンバンとサラワク全体における1980年代初期5年間に亘る平均電力料金はM\$ 0.33/kWh, M\$ 0.29/kWh を中心に推移している。リンバン地区の平均電力料金がサラワクのそれよりも高い原因として、一つにはディーゼル・プラント運転に必要な軽油が比較的高いこと、その他の原因として、リンバンは大消費地区ではないので、経済学上の“規模の経済”が適応しにくく、勢い平均電力コストが高いと思われる。

以上の電力料金の背景を理解した上で、将来の料金設定を2～3の推定方法で算定してみよう。先ず消費者が支払うべき費用回収方法が挙げられる。費用回収方式で設定する料金はカピットシステムに投入される全てのプロジェクトの総計コストの現在価値を電力販売量の現在価値で除した値である。以下の表に各割引率毎のコストと電力販売量の現在価値と料金を示す。

割引率 (%)	コストの現在価値 (M\$)	電力販売量の現在価値 (kWh)	平均コスト (M\$/kWh)
4	212,990,706	721,240,547	0.30
6	151,114,628	473,686,211	0.32
8	113,836,437	330,883,193	0.34
10	89,868,150	243,687,662	0.37

上記の表より理解できることは、例えば将来の電力料金がM\$ 0.37/kWh である場合、本小水力の財務内部収益率 (FIRR) は10%である。

SESCO自身の財務健全性を維持する一つの指標として、ROR（すなわち稼働下の平均固定資産に対する投資回収率）を最低10%維持する方針がある。RORとFIRRは投資回収率という意味では同一線上にあるので、もし本計画の投資回収率（FIRR）を少なくとも10%にするためには、料金設定は自動的にM\$0.37/kWhとなる。しかし、M\$0.37/kWhは現行料金体系と比較すると非常に高いので再度別の料金推定方法で検討する必要がある。

2番目の推定方法として、現行料金を原油価格又は国内消費者物価指数の上昇率に比例させて上げる方式である。この方法で算定された電力料金はそれぞれM\$0.41/kWh, M\$0.33/kWhと試算された。

しかし、以上の方法で算定された電力料金が本計画に適用できる料金設定であるか否かを実施主体の将来における財務状況（表8.5）を考慮に入れて判断する必要がある。

1995年時点での財務状況予測はSESCO内のシステムプランニングディビジョンシミュレーションに基づいている。この予測結果は将来の電力料金が現行のそれと同じであることが基準条件であり、同年時点における基本財務指標RORとデット・サービス・レーシオがそれぞれ10%及び1.5倍以上の結果に落ち着いているので、将来の料金は現行レベルでも十分納得いく結果となっている。ここで一つ付け加えておくべき重要な仮定は、予測財務表にバクン水力発電計画が組み入れられていないことである。以上の考察より、将来電力料金が上がる可能性は、非常に少ないことが理解できる。

従って、電力料金をM\$0.37/kWh, 又はM\$0.41/kWhに設定する適宜性はないと判断、料金体系は現行レベルで推移し、その上限をM\$0.33/kWhに設定した。

(3) 資金源と融資上の条件

実施主体が今まで関与したいくつかの水力発電プロジェクトへの資金源は、国際機関、2国間援助、そしてマレーシア政府等である。内貨融資先の主な機関はマレーシア連邦政府と非金融機関（例えば厚生年金と社会保障費を資金源とする非金融団体）が挙げられる。外貨融資先としては、国際復興銀行、アジア開発銀行、海外経済協力基金、そし