

マレーシア国

サラワク小水力発電開発計画

調査報告書

第一巻

ムコ水力発電開発計画

主報告書

昭和63年7月

国際協力事業団

鉅計資

CR 6

88-94-1/8



マレーシア国

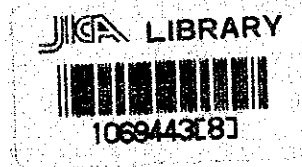
サラワク小水力発電開発計画

調査報告書

第一卷

ムコ水力発電開発計画

主 報 告 書



18351

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

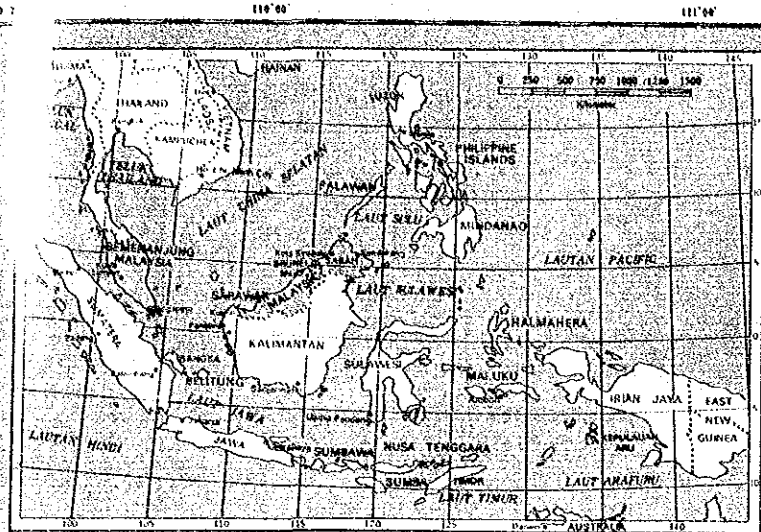
マレーシア国において実施致しましたサラワク小水力発電開発計画調査に関する最終報告書をここに提出致します。調査は、マレーシア政府が自国のエネルギー政策として、サラワク州において石油消費減少のため小規模水力発電を行いたいという意向に沿って実施され、その成果をとりまとめたのが本報告書であります。

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ダミッター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。

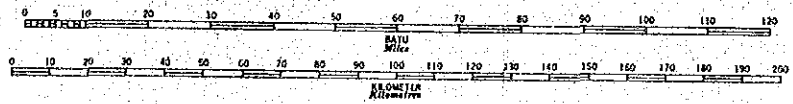
貴事業団をはじめ、外務省、通商産業省、在マレーシア日本大使館およびマレーシア国側の関係者各位に対し、調査団に対する助言、助力を心から感謝致します。本調査の成果がサラワク州の今後の小水力発電開発にとって有益なものとなる様心から希望するものであります。

サラワク小水力発電開発計画調査団

団 長 岩 崎 泰 夫



Mukoh 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、カピット電力需要地に対してはムコ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. 第二巻及び三巻を含む本第一巻の目的は西暦2010年までのカピットの電力需要の伸びを考慮しながら、ムコ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。

カピット電力需要地及びムコ開発地点

3. サラワクの第七行政区の首都であるカピットは西向きに流れるラジャン川の河口から約200km上流の南岸に位置している。
4. カピットの電力需要は1980年における529kWから1986年の1,358kWに増加した。年平均17%の伸び率になっている。西暦2000年及び2010年にはそれぞれ2,800kW及び4,300kWのレベルまで達するとみられる。
5. 一方、ムコ計画の開発地点はカピットから直線で約27kmのムコ川が北向きに流下する地点に位置している。

開発地点の状況

6. ムコ川にそったするどい起伏は小さな谷間や支川の浸食により形成されている。小さな段丘やゆるやかな傾斜は下流地区の河川にそって発達している。さらに、崩壊や地すべりが山の斜面に見られる。

7. ムコ計画開発地点一帯の基盤は古第三紀晩新世から古第三紀始新世におけるペラガ岩層の第二期（カビット層）である。岩層は砂岩を含む変成頁岩から成っている。
8. サラウ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. サラウ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. 292km²の流域面積を持つ開発地点での長期流出は年平均19.1m³/secと推定される。又、流況曲線から、濁水流量は約6 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。カビット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された電力消費に基づき推定された。次表はカビット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	3,689	4,209	948	50.7
1985	4,611	5,038	1,184	48.6
1986	5,045	5,528	1,358	46.5
1987	5,410	6,150	1,430	49.0
1988	5,760	6,545	1,490	50.0
1989	6,130	6,970	1,590	50.0
1990	6,520	7,410	1,690	50.0
1995	8,710	9,900	2,260	50.0
2000	11,260	12,800	2,810	52.0
2005	13,840	15,730	3,450	52.0
2010	17,080	19,410	4,260	52.0

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23%、32%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13%、2005年において16%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. ムコ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コ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. ムコ計画の水力開発において三つの代替案が考えられた(図-5.3参照)。これらの代替案の基本的考えは次の通りである。

A_{ℓt-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_{ℓt-2} : ダムにより生じさせた落差のほか 1,120mの長さの導水路により約13mの落差を増加させる案

A_{ℓt-3} : 約 1,740mの長さの導水路によりさらに落差を増加させる案

これらの三代替案の主要諸元は次の通りである。

代替案	単位 : m		
	A _{ℓt-1}	A _{ℓt-2}	A _{ℓt-3}
常時満水位	89-110	89-110	89-110
最低水位	87	87	87
放水水位	73	60	56
導水路長	0	1,120	1,740
鉄管路長	50	50	70

15. 最適化検討の結果、ムコ計画の最適開発は次の通りとなった(図-5.5.5.6及び5.7参照)。

代替案 : A_{ℓt-1}

常時満水位 : 90.0m

最低水位 : 87.0m

放水位	: 73.0m
ダム型式	: コンクリート重力型
最大使用水量	: 18.8m ³ /sec
常時使用水量	: 6.3m ³ /sec
ピーク運転時間	: 8時間
定格水頭	: 14.98m
最大出力	: 2.32 MW
年間発生電力量	: 13.0 GWh
建設費	: M\$ 27.5百万
純便益(総計)	: M\$ 1.7百万
経済的内部収益率	: 11.3%

16. ムコ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(2.32MW)の投入年をずらすことによってなされた。最適投入年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 %
1995	1.74	11.3
1996	2.13	11.9
1997	2.22	12.1
1998	2.17	12.3

1997年ムコの投入はM\$ 2.22百万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わりがなかった。さらに、ムコ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取水口が組み込まれた23m高さの取水堰、44m長の鉄管路、2.32MWの発電規模を有する発電所等である。システムの信頼性及び水車・発電機の維持を考慮して発電機は2台となっている。

さらに、本計画においてカピットまで電力を送電するために33kVの送電線が35km建設される。既存道路と開発地点をむすぶ7kmに対して建設用道路が建設される。

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及び6.2参照）。

建設計画及び費用

19. 本計画の建設に対して1988年から1994年までの7年間が必要であろう。1988年から1991年までの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1994年までの後半の3年間に本計画は建設される（図-7.1参照）。

20. 本ムコ計画の建設に対して必要とされる費用はM\$ 27,478,060と算定された。このうち、M\$ 18,255,497は外貨分で、M\$ 9,222,563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\$)
1992	2,227,777	2,433,139	4,660,916
1993	9,185,620	4,270,468	13,456,088
1994	6,842,100	2,518,966	9,361,066
Total	18,255,497	9,222,563	27,478,060

経済的及び財務的实施可能性

21. ムコ計画の経済的実施可能性はカピット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。ムコ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)	E I R R (%)
1995	1.74	11.3
1996	2.13	11.9
1997	2.22	12.1
1998	2.17	12.3

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、ムコ計画は経済的にいって実施可能である。

最適投入年は1997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コ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(1995年)が推奨される。

22. 財務分析においてムコ計画の財務的実施可能性及び実施機関(SESOCO)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外貨の返済力あるいは内貨分の費用を分担することが出来るかどうかの能力のことである。

ムコ計画の財務的収益率(FIRR)は6.7%になった。内貨分が連邦政府ローン、外貨分がOECFのソフトローンで賄われる場合、このFIRRは連邦政府ローンの利率(7.5%)よりわずかに低く、OECFローンの利率(4%)より高い。総合的にいって、6.7%のFIRRは内貨外貨の総合金利約5.2%より大きいので、財務上本計画実施の妥当性は実証できる。もし、内貨分がSESOCO自身によって手当されるならば財務的実施可能性は充分確保される。

23. 内貨外貨のローンを返済するSESOCO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(表-8.7参照)。内貨分が連邦政府ローン(金利7.5%)によって賄われた場合、純資金の流れは数年の支払い猶予期間をのぞき継続して負となった。

内貨分がSESOCO自身の資金、外貨分がソフトローンによって賄われた場合(表-8.8参照)、歳入と支出の差額は、ムコ計画の投入年(1995)において正になり、純資金

量の累加は西暦2004から正に変わった。よって、実施機関であるSESCOはムコ計画の維持において財務的にいて健全な状態にあるといえる。さらに、内貨の負担金と外貨の返済金の合計はSESCOの財務的能力内にあるといえる。従って、融資方法は内貨分はSESCOの自己融資、外貨分はソフトローンによって賄なわれるケースを推奨する。

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 J C I A調査団	1-3
第二章 プロジェクト対象地区	2-1
2.1 カピット電力需要地	2-1
2.2 ムコ水力開発地点	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 土木地質的評価	3-2
3.2.4 地 震	3-4
3.3 気象および水文	3-6
3.3.1 概 説	3-6
3.3.2 気 象	3-6
3.3.3 水 文	3-7
3.3.4 流砂および水質	3-9
3.3.5 水 利 権	3-9

	頁
3.4 建造物の主要材料	3-10
3.4.1 概 要	3-10
3.4.2 室内材料試験	3-10
3.4.3 コンクリート骨材	3-10
3.5 環 境 状 況	3-11
3.5.1 概 論	3-11
3.5.2 環 境 の 現 状	3-11
3.5.3 環 境 へ の 影 響	3-14
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 カピット地域	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 カピット地域	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	4-8
4.4.4 カピット地域に対する電力需要予測	4-9
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	4-16

	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	6-1
6.2.1 計画地点の状況	6-1
6.2.2 取水ダム	6-2
6.2.3 鉄 管	6-4
6.2.4 発 電 所	6-5
6.3 機 械 設 計	6-5
6.3.1 ゲート及びトラッシュラック	6-5
6.3.2 鉄 管	6-7
6.4 発電機器設計	6-7
6.4.1 発電機器及び付属機器	6-7
6.4.2 屋外開閉所	6-8
6.5 送電線及び変電所	6-8
6.5.1 送 電 線	6-8
6.5.2 変 電 所	6-9

	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	7-3
7.2 積 算	7-5
7.2.1 建設工事費	7-5
7.2.2 建設工事費の年資金展開	7-7
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 評 価	8-7
8.2.1 財務分析の目的	8-7
8.2.2 条件・仮定	8-7
8.2.3 財 務 分 析	8-11
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

	頁
9.3 詳細設計	9-2
9.3.1 目的	9-2
9.3.2 作業範圍	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	T-4
表 3. 3	環 境 影 響 調 査 結 果 (1 / 2)	T-5
表 3. 3	環 境 影 響 調 査 結 果 (2 / 2)	T-6
表 4. 1	サラワク州における設備容量	T-7
表 4. 2	サラワク州における発電電力量	T-8
表 4. 3	サラワク州における電力消費量	T-9
表 4. 4	サラワク州における最大電力需要	T-10
表 4. 5	サラワク州における電力消費者数	T-11
表 4. 6	電力消費の内訳 (カピット地区)	T-12
表 4. 7	家庭および商業用電力消費量の内訳 (カピット地区)	T-13
表 4. 8	消費者あたりの年間電力消費量	T-14
表 4. 9	電力消費量の算定 (カピット地区)	T-15
表 5. 1	既設、建設中および建設予定の発電所 (カピット系統)	T-16
表 5. 2	ディーゼル発電所の建設費と運転維持費	T-17
表 5. 3	主 要 工 事 単 価	T-18
表 5. 4	経済的プロジェクト評価 (ムコ計画)	T-19
表 5. 5	経済的費用のキャッシュフロー (1 / 2)	T-20
表 5. 5	経済的費用のキャッシュフロー (2 / 2)	T-21
表 5. 6	ディーゼル発電によるキャッシュフロー表 (カピット系統) (1 / 2)	T-22
表 5. 6	ディーゼル発電によるキャッシュフロー表 (カピット系統) (2 / 2)	T-23
表 7. 1	建 設 費 の 算 定	T-24

表 番		頁
表 7. 2	建設費の内訳 (1 / 3)	T-25
表 7. 2	建設費の内訳 (2 / 3)	T-26
表 7. 2	建設費の内訳 (3 / 3)	T-27
表 7. 3	建設費の支出スケジュール (1 / 3)	T-28
表 7. 3	建設費の支出スケジュール (2 / 3)	T-29
表 7. 3	建設費の支出スケジュール (3 / 3)	T-30
表 8. 1	経済費用への変換係数	T-31
表 8. 2	経済的建設費の算定 (ムコ計画)	T-32
表 8. 3	ムコを含む電力投入計画	T-33
表 8. 4	経済的費用便益のキャッシュフロー (1 / 2)	T-34
表 8. 4	経済的費用便益のキャッシュフロー (2 / 2)	T-35
表 8. 5	過去及び1995年における S E S C O の財務状況	T-36
表 8. 6	ムコ計画の財務的キャッシュフロー	T-37
表 8. 7	財 務 表	T-38
表 8. 8	財 務 表	T-39
表 8. 9	財 務 表	T-40
表 8.10	カピット・システムの財務表 (ディーゼル発電)	T-41
表 8.11	カピット・システムの財務表 (ディーゼル発電)	T-42
表 8.12	カピット・システムの財務表 (小水力+ディーゼル発電)	T-43
表 8.13	カピット・システムの財務表 (小水力+ディーゼル発電)	T-44

添 付 図 一 覧 表

図 番		頁
図3.1	地 質 図	F-1
図3.2	取水口予定地点での流況曲線（ムコ計画）	F-2
図3.3	コンクリート骨材採取可能位置	F-3
図4.1	SESCOの管轄区および発電所	F-4
図4.2	クチンシップ間送電線系統図	F-5
図4.3	カビット電力系統の系統図	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電力消費量	F-10
図4.8	設備容量および最大電力需要（カビット地区）	F-11
図4.9	年負荷率の変化（カビット地区）	F-12
図4.10	月別電力消費量の変化（カビット地区）	F-13
図4.11	日負荷曲線（カビット地区）	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（カビット地区）	F-19
図5.2	調整池容量曲線（ムコ計画）	F-20
図5.3	代替案の比較検討（ムコ計画）	F-21
図5.4	貯水容量－使用水量曲線（ムコ計画）	F-22
図5.5	純便益および経済的内部収益率（ムコ計画）	F-23
図5.6	ピーク負荷に対する供給計画（カビット系統）	F-24

図 番	頁
図5.7	電力量に対する供給計画（カビット系統）…………… 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 （カビット系統）…………… 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 （カビット系統）…………… F-27
図6.1	取水堰および水圧鉄管平面図（ムコ計画）…………… F-28
図6.2	発電所概要図（ムコ計画）…………… F-29
図6.3	送電線ルート平面図（ムコ計画）…………… F-30
図6.4	電力系統図（カビット地区）…………… F-31
図6.5	変電所の配置図…………… F-32
図7.1	施工計画スケジュール…………… F-33
図7.2	施工プラント配置図…………… F-34
図7.3	施工時転流計画案…………… F-35

第一章 序 文

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高く変化が少ない。

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。

サラワク州で最初の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、表1.1に示す通り229MWの設備容量を持ち、6016Wh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7046Wh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ている。

S E S C O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（J I C A）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J I C Aに要請した。

J I C A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捕足調査を実施し、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（E P U）とJ I C A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、ムコ及びムダミッター2両計画がフィージビリティ・スタディーを実施する計画として選ばれた。

第二巻及び三巻を含む本第一巻の目的はムコ水力発電計画の最適開発案を策定すると共

に、西暦2010年までのカピット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実施可能性を検討するものである。なお、第四巻から第六巻はムダミットー2計画の実施可能性を検討している。

1.3 作業進捗

本ムコ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量調査等の現場調査はJICA調査団のマレイ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
宮嶋 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 カピット電力需要地

サラワク州第七行政区の首都であり、ムコ計画の需要地であるカピットは西方に流下するラジャン川の河口から約200km上流の南岸に位置している。

カピット地区のまわりで道路建設は進んでいるものの、現在カピット地区に行くにはラジャン川を行き来する船舶による。カピットに行く他の交通手段は週二回シブーカピット間を運行している航空機による。

サラワク州第七行政区にある三行政管区の一つであるカピット管区は15,597km²の面積に対して38,429人(1980年)の人口を有している。これは単位平方キロメートル当たり2.5人の希薄な人口密度となっている。全人口の約10分の1は市街地に住んでおり、カピット市街地は第七行政区の他の行政管区であるペラガ及びソン管区を含めた第七行政区全体の通信・商業の中心地となっている。さらに、製材業がカピット地区において発達している。

上記状況のもと、カピットの電力需要は1980年の529kWから1986年の1,358kWに増加している。これは年率17%の平均上昇率となっている。この上昇率はサラワク州の他の電力需要地における上昇率と比べ高い。そして、西暦2000年には電力需要は2,800kW、2010年には4,300kWまでのびると予想されている。

2.2 ムコ水力開発地点

ムコ川はソン及びカピット地区の境界となっている分水嶺の西側斜面に生まれ、支流を集めながら北方に流下する。ムコ川はキラットロングハウス近くで西方にその流れ方向を変えた後テカリット川とその名前を変える。テカリット川はラジャン川の支流の一つであるカティバス川に流入する。

ムコ水力開発地点はカピットから南西方向に直線で27kmで北向きに流下する地点に位置

している。ムコ水力開発地点より上流には人家はない。

ムコ水力開発地点に行く方法はラジャン川とカティバス川の合流点に位置するソンから原住民の助けを得て、小さなボートによる。しかし、ダム建設期間においては、ラジャン川の河岸（ソンから約11km上流）から開発地点近くまでのびている木材搬出道路を使うことが可能である。カピットからムコ水力開発地点まで直接行く方法は現在はない。

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360,000人、マレイ人は248,800人、ビダユは104,900人そしてメラナウスが69,000人となっている。

サラワク州の第七行政区のカピット管区において、イバン人は38,429人（1980年人口調査）のうち約30,000人、続いて中国人の3,000人、マレイ人の約700人である。多くのイバン人はカピット地区の内部や河川ぞいに住み家庭内消費のための農業やジャングルに自生する食べ物をとって生活している。一方、中国人は小工業や商業に従事し他の部族と比べて繁栄的な生活を送っている。

地域内の主要産業は農業と林業である。農業における主要産品はゴム、胡椒、米やランブータン、ドリアンやバナナ等の果実である。野菜はカピット市街地近郊で中国人により栽培されている。米は収穫量は少ないもののカピット管区全域で広範にイバン人により栽培されている。

カピット地区は熱帯雨林に属しているため、森林資源に恵まれている。製材業はカピット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。

このカピット管区は資源的に言えば、開発に対して大きな可能性をひめている。この開発に対する制約は域内及び他地域につながる道路網の不備である。この道路網整備がこの地区の発展に寄与し、しいては高い電力消費の伸びとなる。

第三章 計画地点の状況

3.1 位置と地形

ムコ川は標高 1,021m のバカグ山から標高 853m のティンガン山に連なる東西に延びる山稜に源を発し、支流を集め、流路を北方や北西方向に変えながら大略北西へ流下している。

ムコ川に沿った山々は支谷や溪流によって浸食され急峻な地形を呈している。しかしながら、これらの河川に沿っては、小規模な段丘や緩斜面が発達し、崩壊地形や地すべり地形が山裾に認められる。

ムコ計画はカピットの南西約 27km の標高 250～300m の山岳地帯に位置している。

本計画には 3 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 の発電所はダム直下流左岸に位置する。

代替案 2 の発電所はダムより下流約 950m 左岸に位置する。

代替案 3 の発電所はダムより下流約 1,600m 右岸に位置する。

ダムは 3 つの代替案とも同じダムで計画されている。

3.2 地質

3.2.1 地質概要

本プロジェクトの地質は第三紀暁新世～始新世のペラガ累層のステージ II（カピット部層）よりなり、グレイワッケ（硬砂岩）とサブグレイワッケを挟む弱変質した頁岩で構成されている（図-3.1 参照）。

これらの基盤を被覆する第四紀層は、段丘堆積物や崖錐堆積物である。これら被覆層は現河床にそって小規模に分布するが、特に砂岩で形成された狭さく部（ダムサイトより下流約 120m 地点）より下流側の地域で顕著である。

3.2.2 計画地点の地質

ムコ計画地点の地質は、基本的に塊状砂岩と砂岩の薄層を挟む頁岩との2つの岩相よりなる。頁岩は調査地域の80%に分布し、弱く変質し、断層が多く岩片は破碎質である。砂岩は代替案2の水槽側の導水路トンネルと、代替案3の発電所付近に分布している。

調査地域には褶曲や断層が発達し、頁岩中には褶曲がひんばんに認められそれらは単斜褶曲である。褶曲に伴って壁開がみられ、一般にN80W、北東～南西の走向傾斜を有する。小断層もひんばんに認められるが、唯一の主要な断層は代替案3の発電所より上流側にN80W90の走向傾斜で認められ、破碎形態は堅い砂岩の基質と砂岩や頁岩の岩片からなる。頁岩は河床では新鮮で堅硬なものが認められるが、一般には強く風化が進んでいる。

縮尺 1:500 の詳細地質図は現地住民との問題解決後 S E S C O の手により作成される。

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より、以下の通りである。

(1) 代替案-1

発電所はダムに近接して計画されているので、地質的評価はダムの項でまとめて述べる。

(a) ダムサイトと発電所

ダムサイトでは2本のボーリング(BMK-1、2)と3本の弾性波探査(MK-A、H、I)が実施された。

ダムと発電所地点には薄い砂岩層を挟む頁岩が基盤一般として分布している。この基盤はやゝ風化～新鮮な頁岩よりなり、ダムと発電所の基礎として問題はないが、河床堆積物に覆われている。河床堆積物は右岸で5m、左岸で10m程度の厚さがあり、これらを掘削する必要がある。

(2) 代替案-2

(a) 水路

導水路トンネル

導水路トンネルはアンカット川と呼ばれる溪流の下を通過する。導水路トンネルにおける地質は主に薄い砂岩層を挟む頁岩よりなるが、取水口より 250～400m間と 850～1,150m間には塊状砂岩が分布している。

アンカット川での土被りは1/50,000地形図では100m程度であるが、実際はこれよりうすいと推定される。アンカット川に沿っては10～15mの厚さの崖錐堆積物が分布しているものと考えられる。

以上の地質状況から判断して、本トンネルはやや風化した岩中を通過するため、トンネル掘削の際、アンカット川付近では湧水する可能性が大きい。

水槽および水圧管路

水槽および水圧管路の地質は薄い砂岩層を挟む中程度に風化した頁岩よりなりこれらの構造物は共にやや風化した頁岩を基礎とすることになる。

(b) 発電所

発電所地点の地質は中程度～やや風化した薄い砂岩層を挟む頁岩よりなる。発電所の基礎は十分な地耐力を有するやや風化した頁岩を基礎とすることになる。

(1) 代替案-3

(a) 水路

導水路トンネル

導水路トンネルでは、ボーリング1ヶ所(BMK-3)と、弾性波探査4測線(MKB、C、D、E)が実施された。

導水路トンネルの地質は薄い砂岩層を挟む頁岩、塊状砂岩(2層)およびシルト岩～頁岩よりなる。これら3つの岩相のうち薄い砂岩層を挟む頁岩がトンネル区間に主に分布するものと考えられる。塊状砂岩は取水口より400～600m間と900～1,100m間とに、下流側に70～80°で傾斜して分布する。

地質および地形状況から判断して、トンネルは主に良好な地質中を通過するものと考えられるが、水槽付近では中程度に風化した岩体となろう。

トンネル掘削中に塊状砂岩が分布するボンカー川付近では湧水に会う可能性がある。

水槽および水圧管路

水槽および水圧管路では、ボーリング1ヶ所（BMK-4）と弾性波探査1測線（MKF）が実施された。

水槽は地表より深さ9～10m、固定台は地表より深さ5m以深の風化したシルト岩に基礎を置くことになる。

(b) 発電所

発電所地点ではボーリング2ヶ所（BMK-5、6）と弾性波探査2測線（MKF、G）が実施された。

発電所周辺の地質は厚さ8～20mの段丘堆積物、崖錐堆積物に覆われた砂岩層を薄く挟む頁岩と厚さ20mの砂岩よりなる。

発電所の基礎は地表より11m以深に分布するやや風化した頁岩に求められるが、段丘堆積物と中程度に風化した頁岩は掘削除去する必要がある。

小さな断層が発電所地点より下流200mに見られるが、この断層は発電所建設に影響を与えないであろう。

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い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。ドアがバクつき、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、ムコ計画では $K=0.05g$ を提案する。