

マレーシア国

サラワク小水力発電開発計画

調査報告書

要約書

ムコ水力発電開発計画
ムダミット-2 水力発電開発計画

昭和63年7月

国際協力事業団

鉦計資
J R
88-93



マレーシア国

サラワク小水力発電開発計画

調査報告書

要約書

ムコ水力発電開発計画

ムダミット-2 水力発電開発計画

JICA LIBRARY



1071177E8J

18759

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

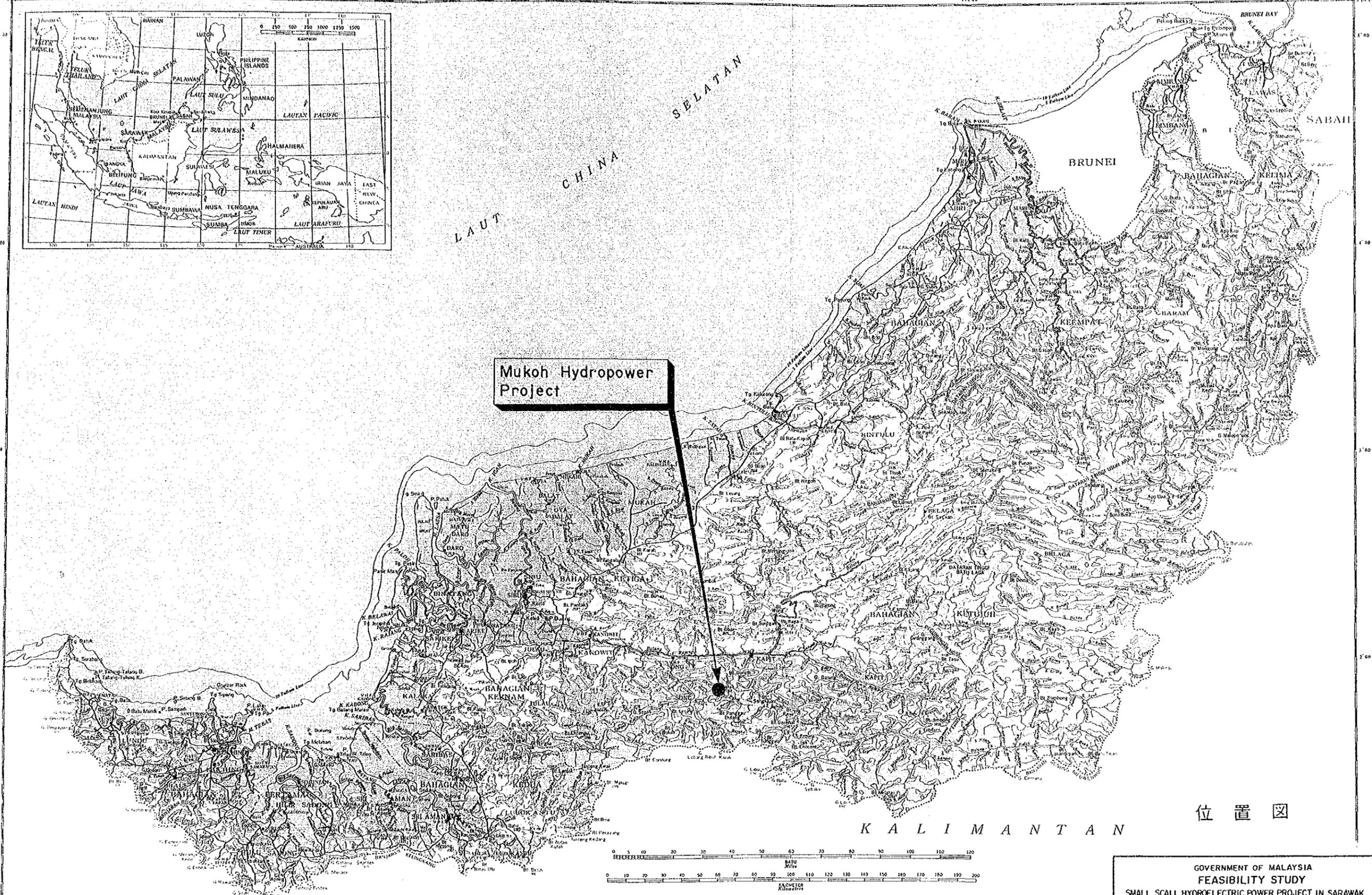
団長 岩崎泰夫

ムコ水力発電開発計画主報告書



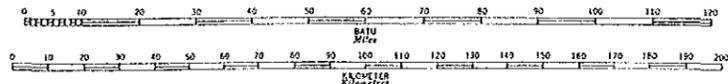
LAUT CHINA SELATAN

Mukoh Hydropower Project



位置図

KALIMANTAN



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。
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、財務的实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. ムコ川に沿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暁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. 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-1及び2参照)。

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-3参照)。これらの代替案の基本的考えは次の通りである。

Aelt-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

Aelt-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

Aelt-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。

単位 : m

代替案	Aelt-1	Aelt-2	Aelt-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-4,5及び6参照)。

代替案 : Aelt-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。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-7及び8参照）。

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-9参照）。

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系統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（SESCO）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SESCO自身によって手当された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（表-1参照）。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SESCO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-2参照）、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。

付 表

表一 財務表

(Unit : M\$)

No Year	Local Currency Portion		Foreign Portion		Revenue	Balance	Accumulated Balance
	O&M	Interest Repayment	Interest Repayment	Interest Repayment			
1 1992	188,960		98,350			-283,310	-287,310
2 1993	523,960		518,060			-1,042,202	-1,329,330
3 1994	723,480		841,640			-1,565,120	-2,894,450
4 1995	221,690		841,640		2,204,800	417,990	-2,476,460
5 1996	221,690		841,640		2,264,000	477,190	-1,999,270
6 1997	221,690	946,510	841,640		2,326,020	316,180	-1,683,090
7 1998	221,690	946,510	841,640		2,382,340	372,500	-1,310,590
8 1999	221,690	946,510		1,662,030	2,433,020	-397,210	-1,707,800
9 2000	221,690	946,510		1,662,030	2,475,260	-354,970	-2,062,770
10 2001	221,690	946,510		1,662,030	2,511,870	-318,360	-2,381,130
11 2002	221,690	946,510		1,662,030	2,537,220	-293,010	-2,674,140
12 2003	221,690	946,510		1,662,030	2,559,740	-270,490	-2,944,630
13 2004	221,690	946,510		1,662,030	2,576,640	-253,590	-3,198,220
14 2005	221,690	946,510		1,662,030	2,593,540	-236,690	-3,434,910
15 2006	221,690	946,510		1,662,030	2,610,430	-219,800	-3,654,710
16 2007	221,690	946,510		1,662,030	2,627,330	-202,900	-3,857,610
17 2008	221,690	946,510		1,662,030	2,644,220	-186,010	-4,043,620
18 2009	221,690	946,510		1,662,030	2,658,300	-171,930	-4,215,550
19 2010	221,690	946,510		1,662,030	2,675,200	-155,030	-4,370,580
20 2011	221,690	946,510		1,662,030	2,675,200	-155,030	-4,525,610
21 2012	221,690	946,510		1,662,030	2,675,200	-155,030	-4,680,640
22 2013	221,690	946,510		1,662,030	2,675,200	-155,030	-4,835,670
23 2014	221,690	946,510		1,662,030	2,675,200	-155,030	-4,990,700
24 2015	221,690	946,510		1,662,030	2,675,200	-155,030	-5,145,730
25 2016	221,690	946,510		1,662,030	2,675,200	-155,030	-5,300,760

表一 2 財 務 表

No	Year	Cost	Interest	Repayment	Revenue	Balance	Accumulation
1	1992	2,519,460	98,350			-2,617,810	-2,617,810
2	1993	4,466,220	518,060			-4,984,260	-7,602,070
3	1994	2,660,770	841,640			-3,502,410	-11,104,480
4	1995	221,690	841,640		2,204,800	1,141,470	-9,963,010
5	1996	221,690	841,640		2,264,000	1,200,670	-8,762,340
6	1997	221,690	841,640		2,326,020	1,262,690	-7,499,650
7	1998	221,690	841,640		2,382,340	1,319,010	-6,180,640
8	1999	221,690		1,662,030	2,433,020	549,300	-5,631,340
9	2000	221,690		1,662,030	2,475,260	591,540	-5,039,800
10	2001	221,690		1,662,030	2,511,870	628,150	-4,411,650
11	2002	221,690		1,662,030	2,537,220	653,500	-3,758,150
12	2003	221,690		1,662,030	2,559,740	676,020	-3,082,130
13	2004	221,690		1,662,030	2,576,640	692,920	-2,389,210
14	2005	221,690		1,662,030	2,593,540	709,820	-1,679,390
15	2006	221,690		1,662,030	2,610,430	726,710	-952,680
16	2007	221,690		1,662,030	2,627,330	743,610	-209,070
17	2008	221,690		1,662,030	2,644,220	760,500	551,430
18	2009	221,690		1,662,030	2,658,300	774,580	1,326,010
19	2010	221,690		1,662,030	2,675,200	791,480	2,117,490
20	2011	221,690		1,662,030	2,675,200	791,480	2,908,970
21	2012	221,690		1,662,030	2,675,200	791,480	3,700,450
22	2013	221,690		1,662,030	2,675,200	791,480	4,491,930
23	2014	221,690		1,662,030	2,675,200	791,480	5,283,410
24	2015	221,690		1,662,030	2,675,200	791,480	6,074,890
25	2016	221,690		1,662,030	2,675,200	791,480	6,866,370

付 図

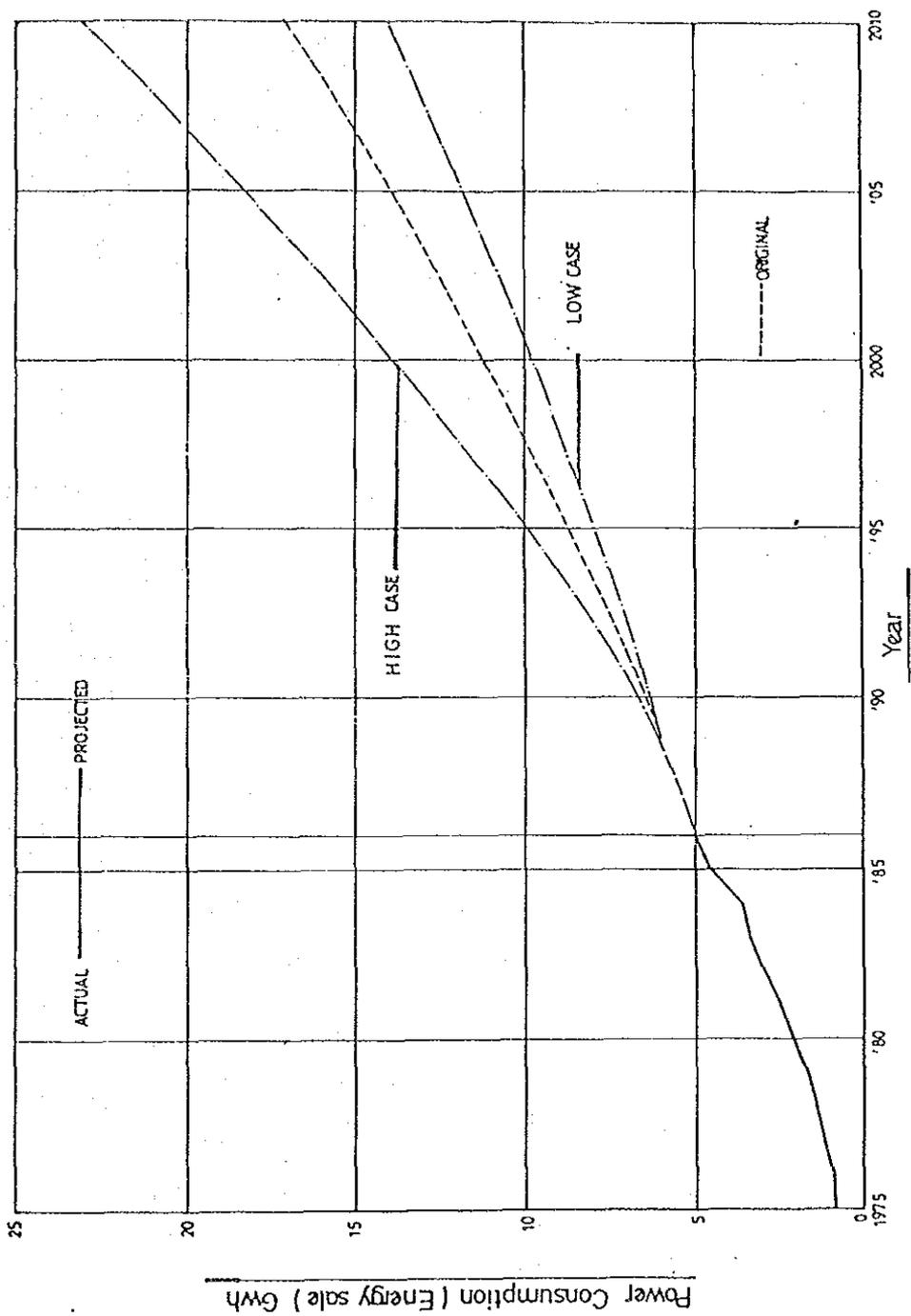


図-1 電力消費量予測とその上下限値

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

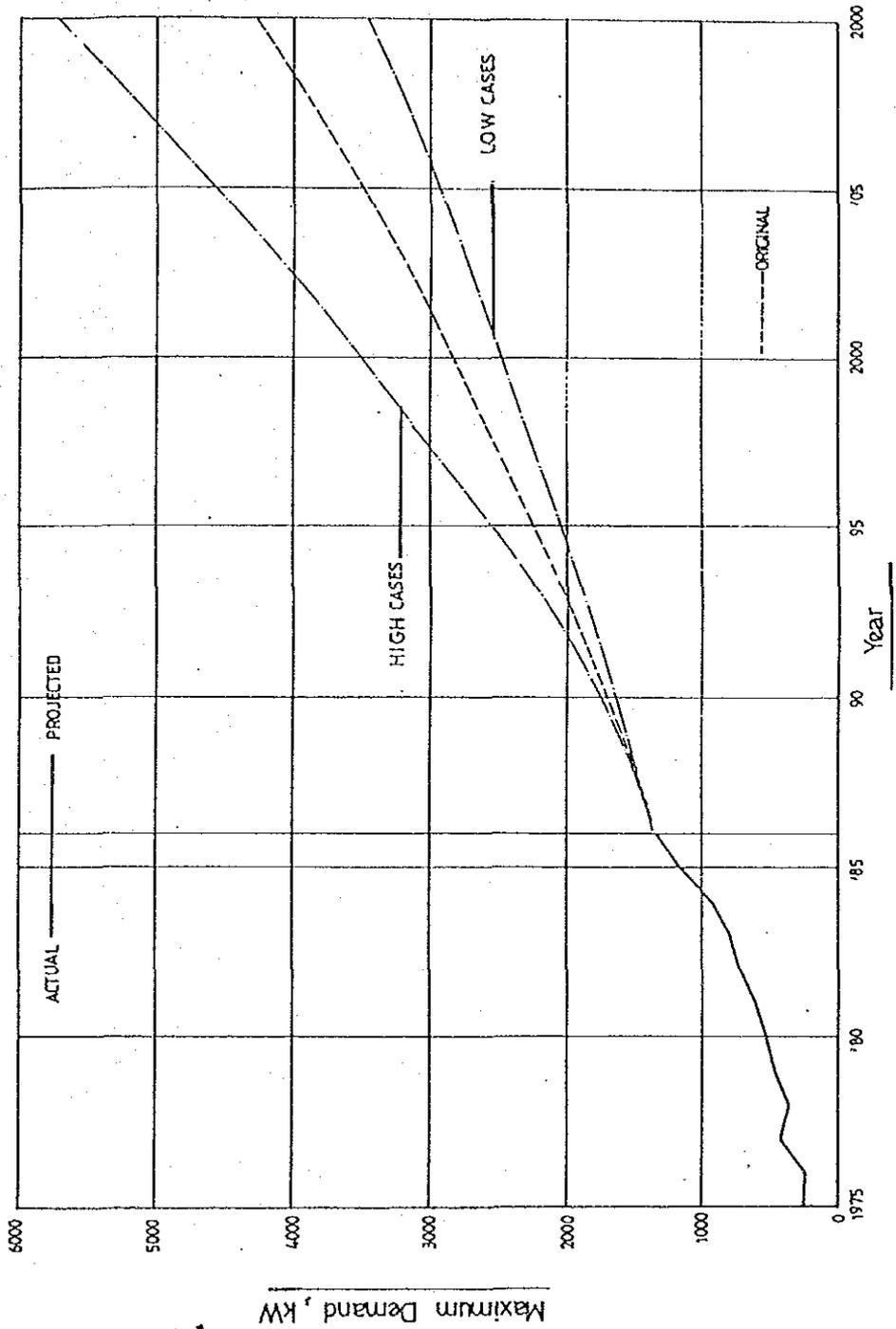


図-2 ピーク負荷予測とその上下限値

GOVERNMENT OF MALAYSIA
 FEASIBILITY STUDY
 SMALL SCALE HYDROELECTRIC POWER PROJECT IN SARAWAK

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

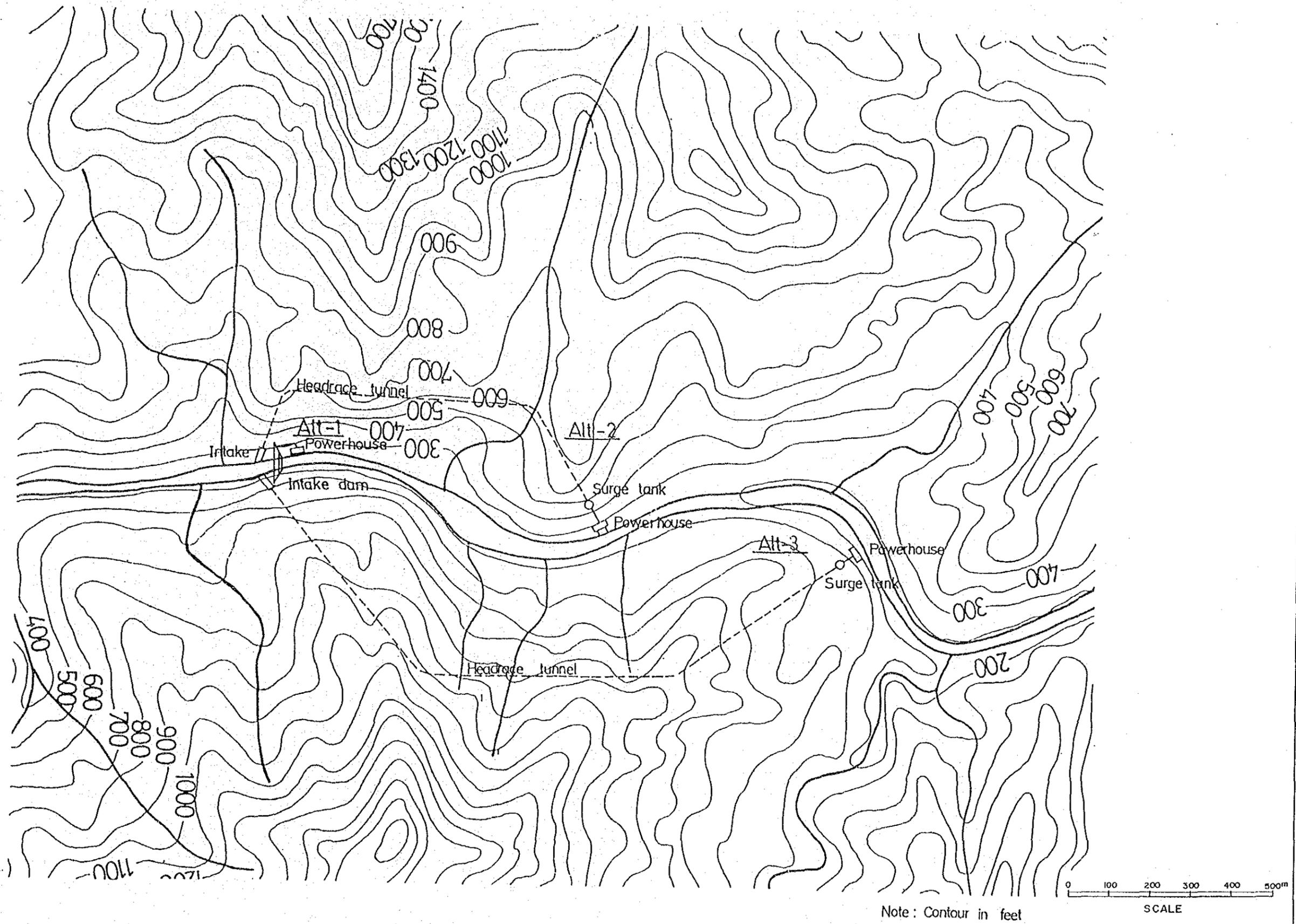


図-3 代替案の比較検討 (ムコ計画)

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

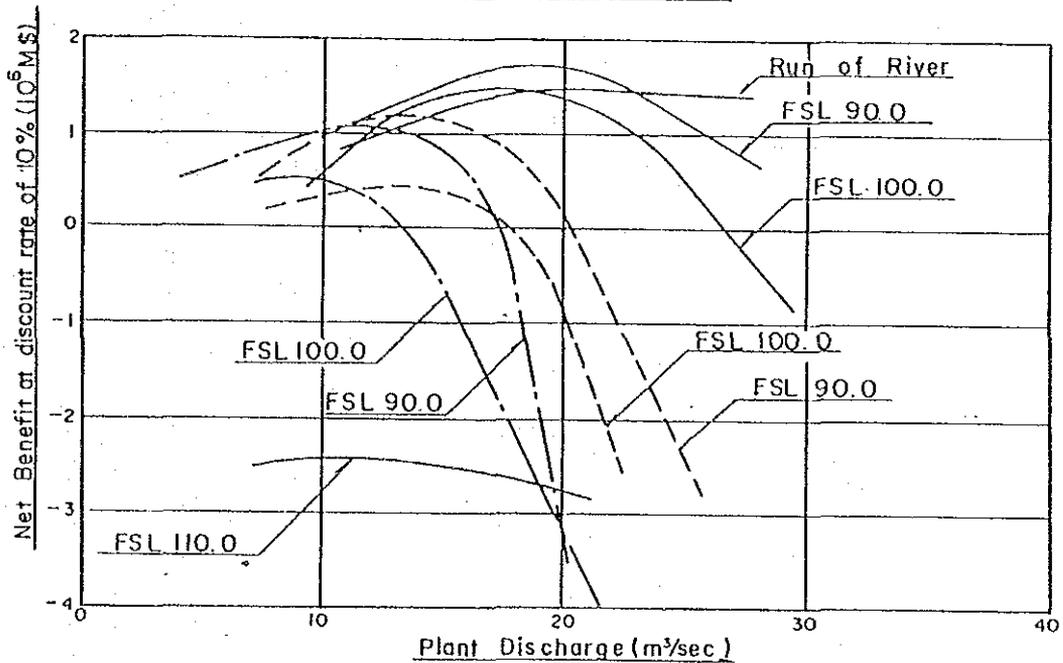
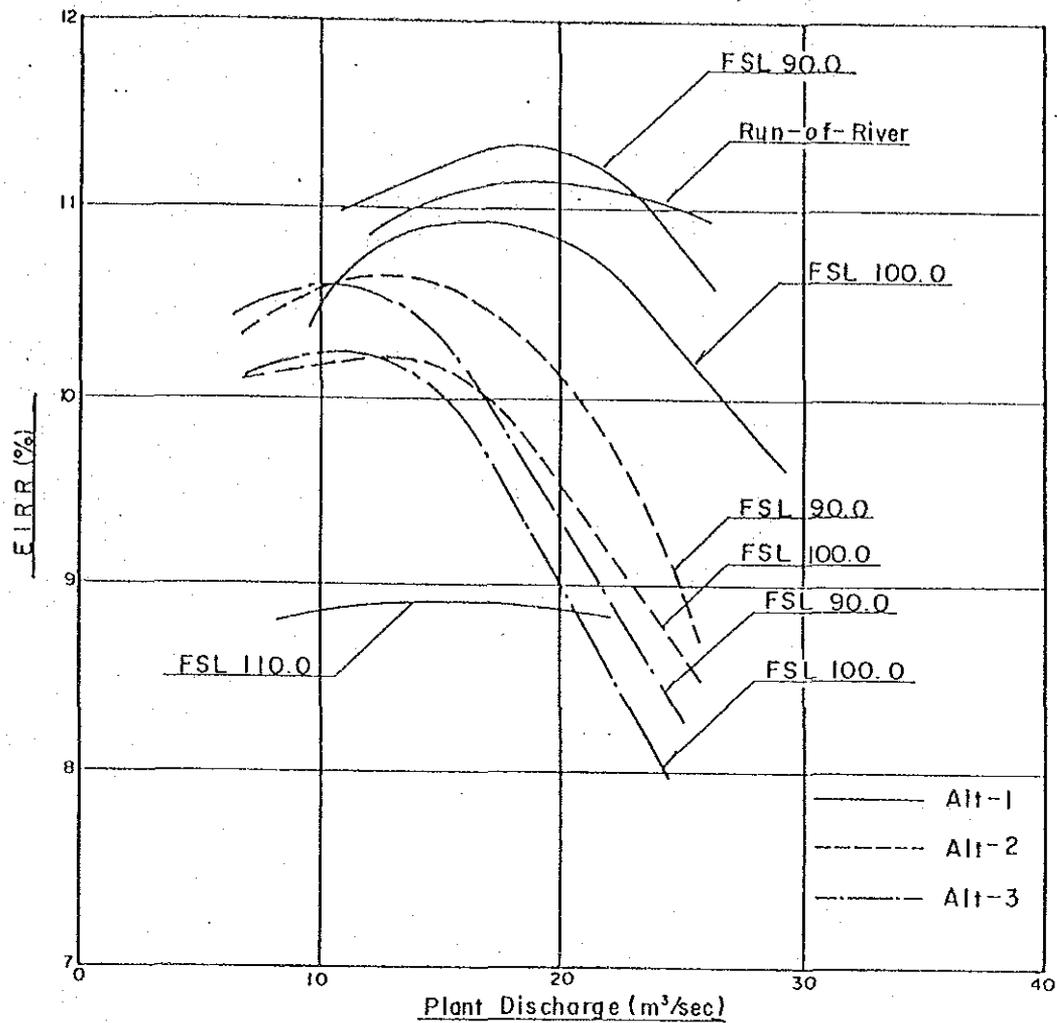


図-4 純便益および経済的内部収益率
(ムコ計画)

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

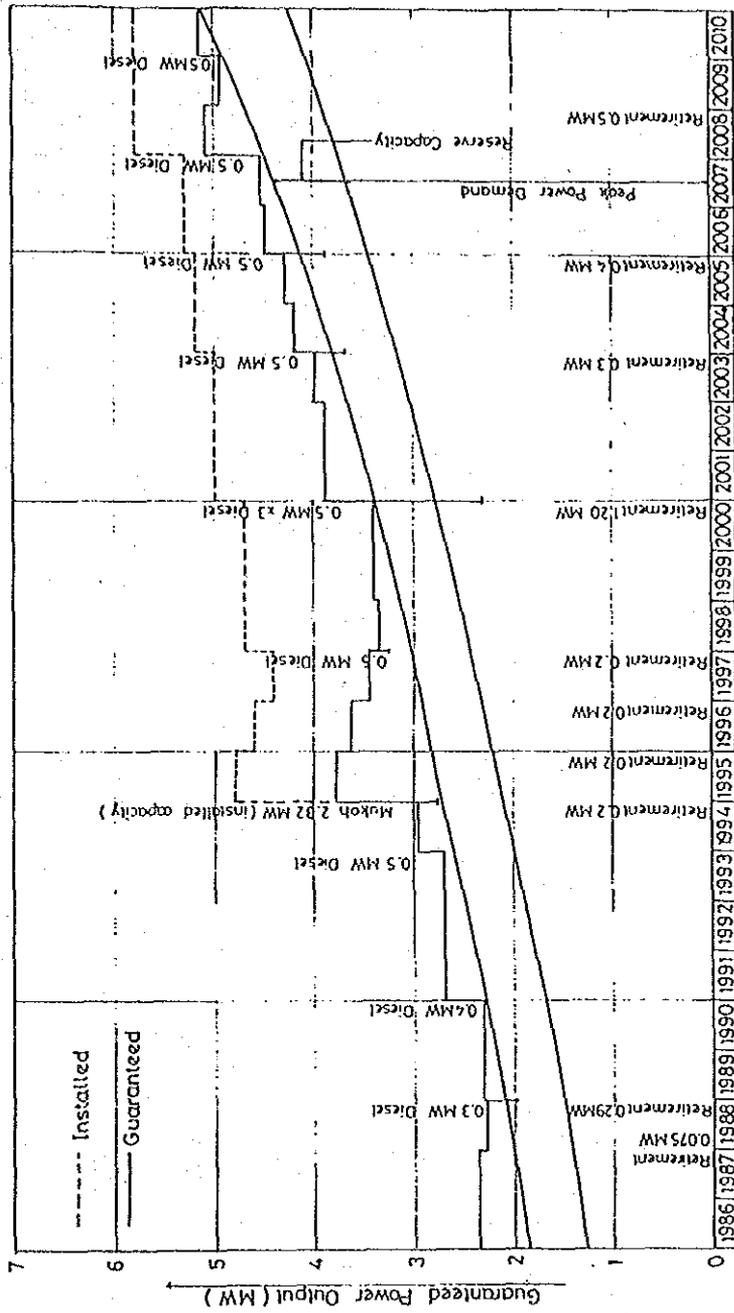


図-5
ピーク負荷に対する供給計画 (カピット系統)

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

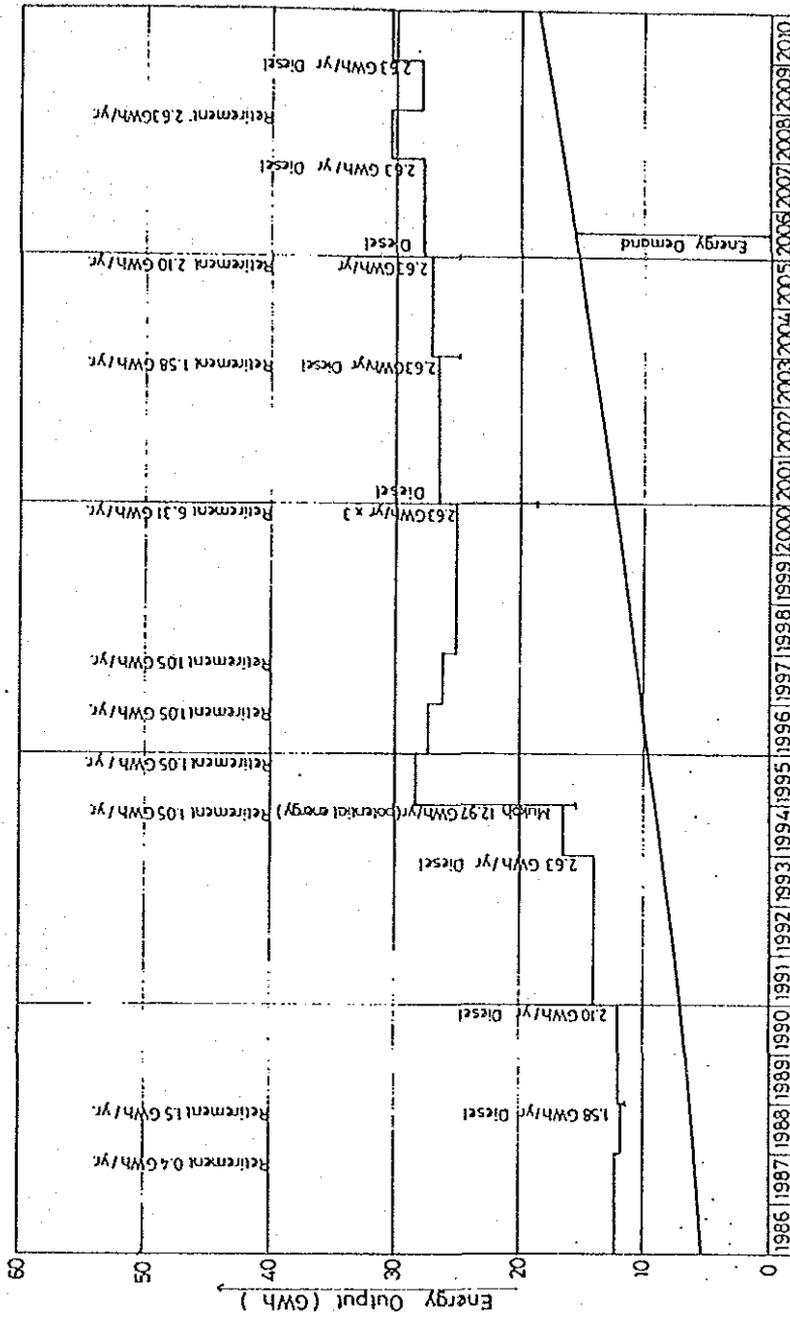
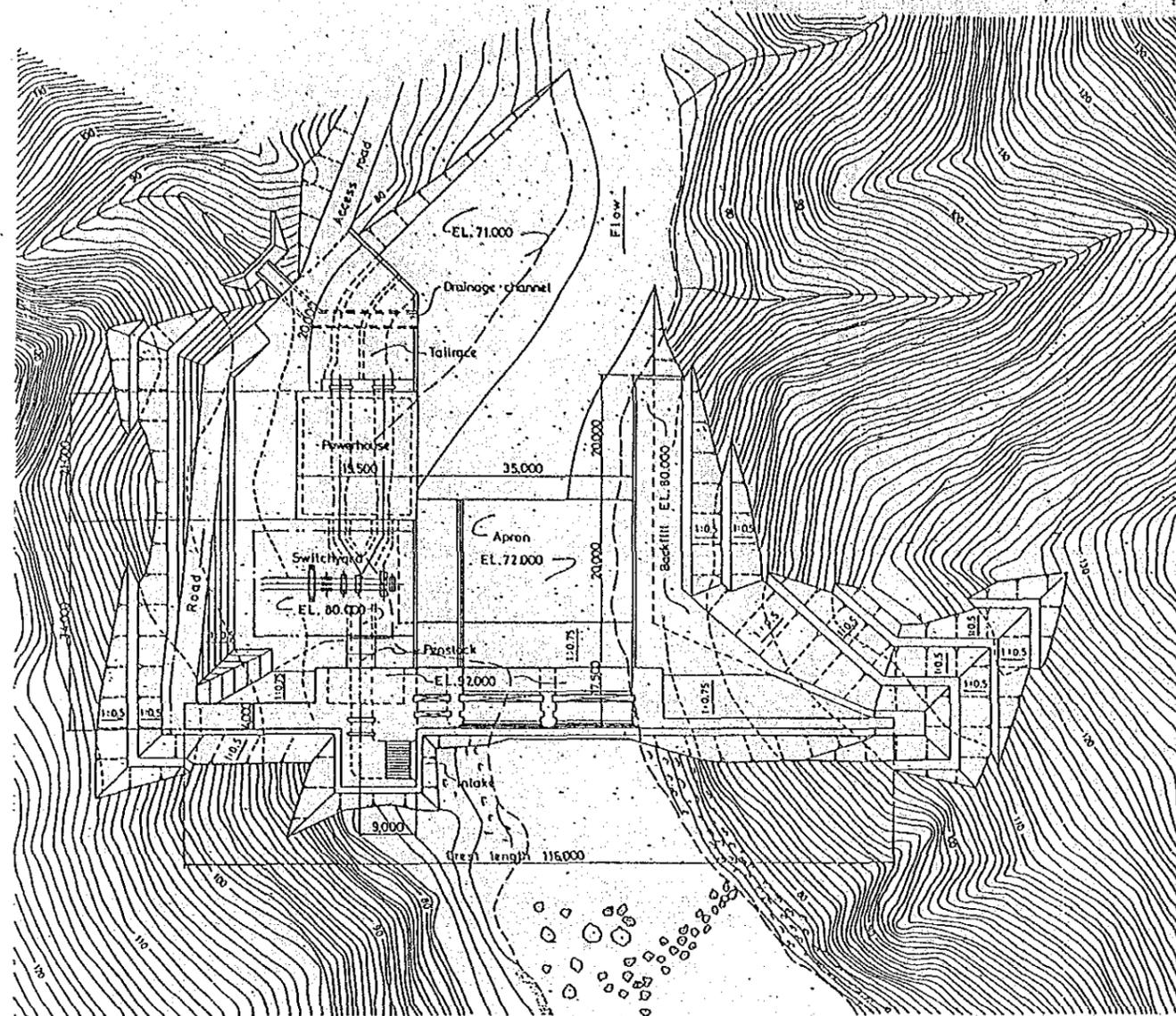
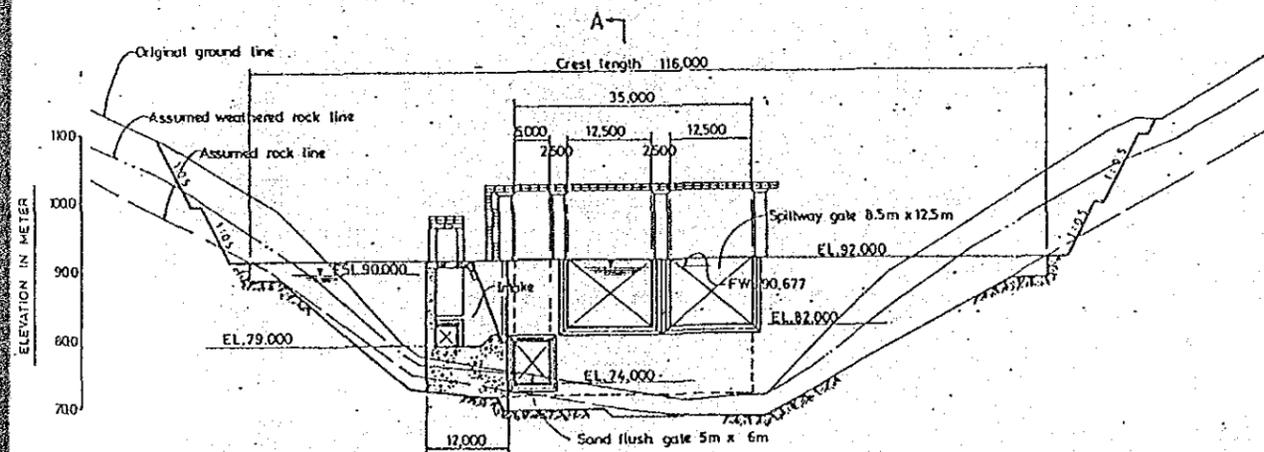


図-6 電力量に対する供給計画 (カピット系統)

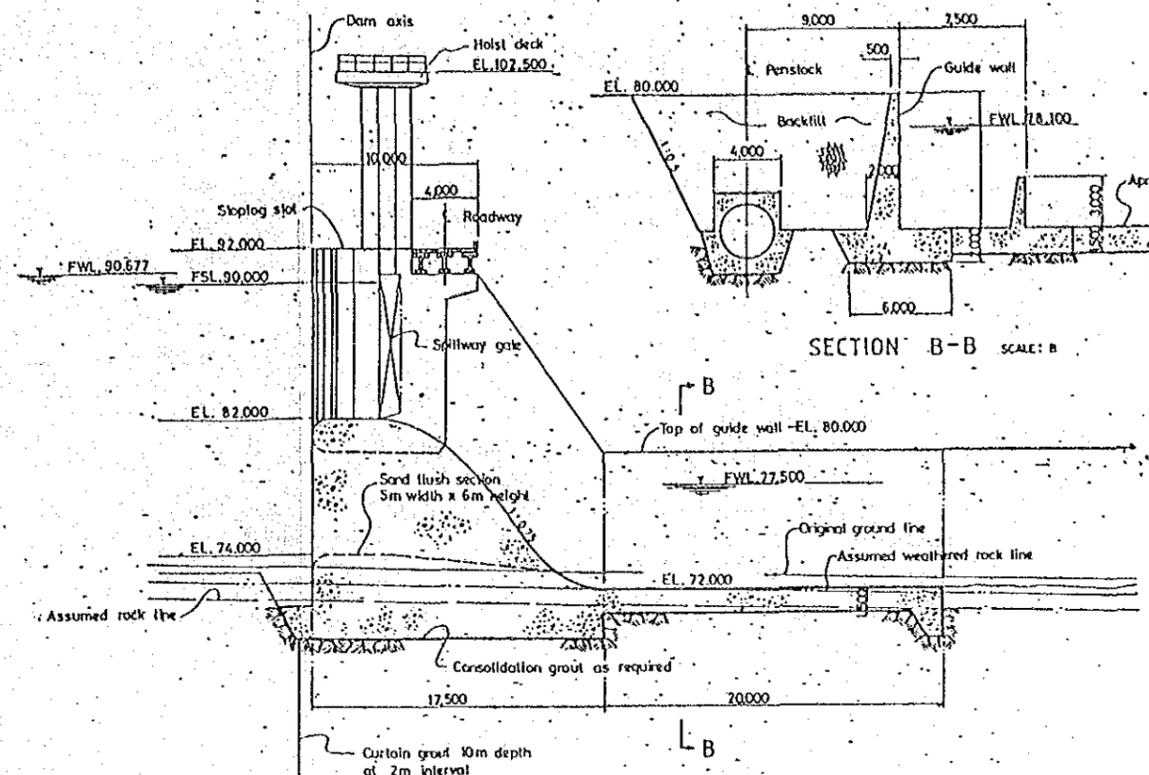
GOVERNMENT OF MALAYSIA
 FEASIBILITY STUDY
 SMALL SCALE HYDROELECTRIC POWER PROJECT IN SARAWAK
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



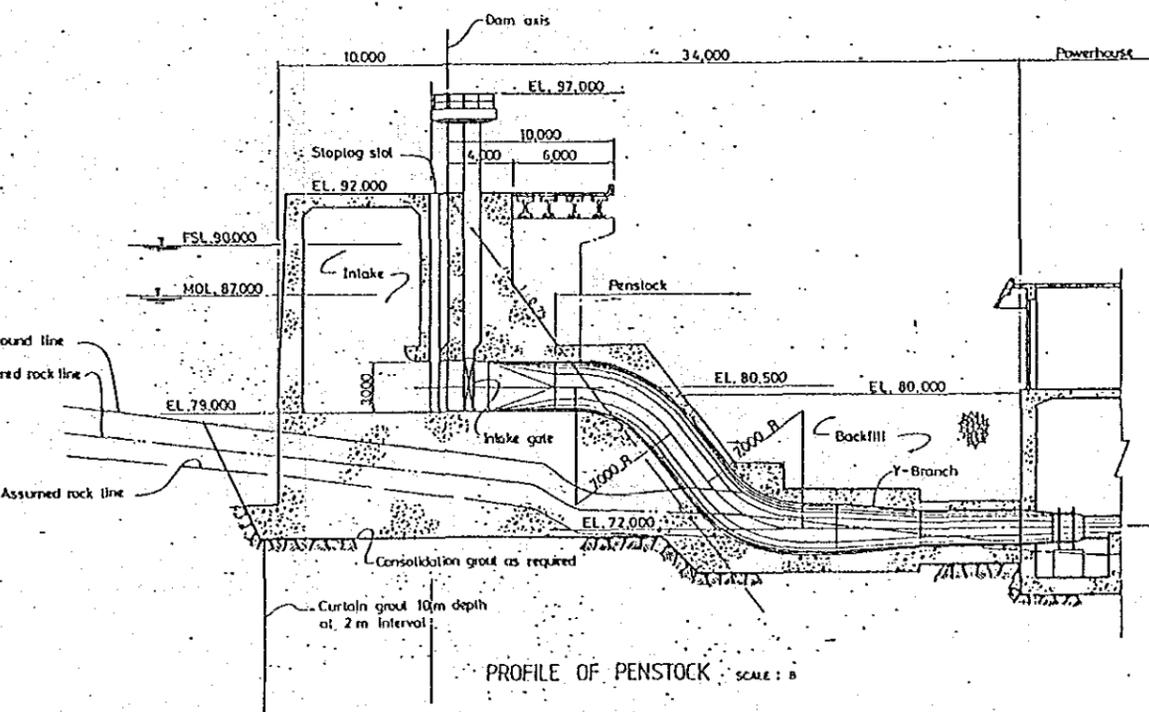
GENERAL PLAN SCALE: A



ELEVATION OF INTAKE DAM SCALE: A



SECTION A-A SCALE: B

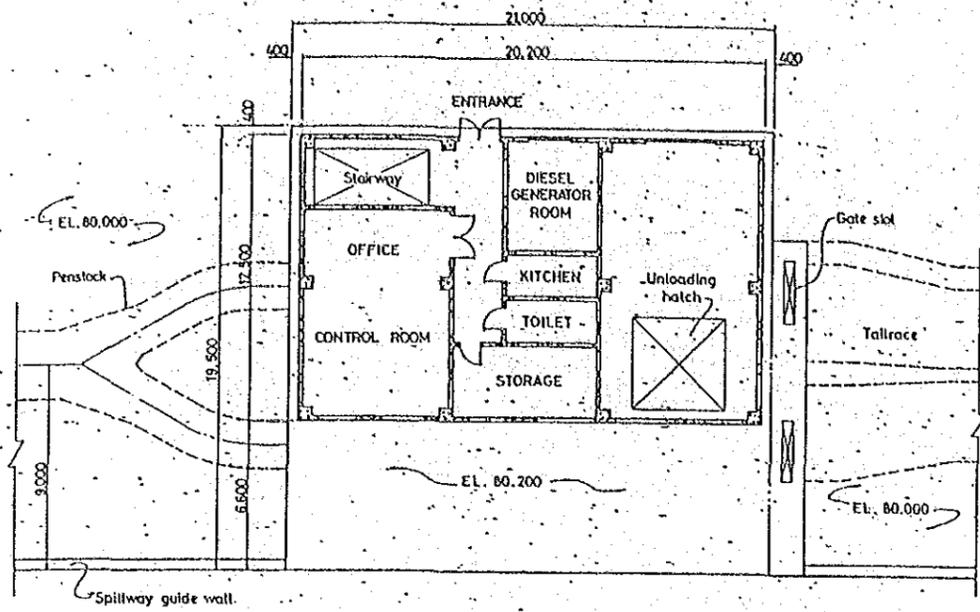


PROFILE OF PENSTOCK SCALE: B

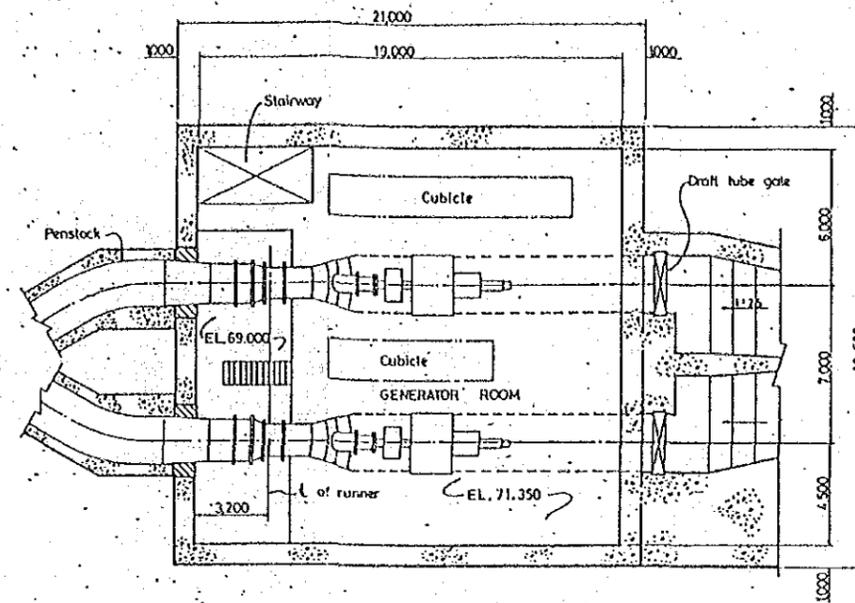
図-7 取水堰および水圧鉄管平面図 (ムコ計画)



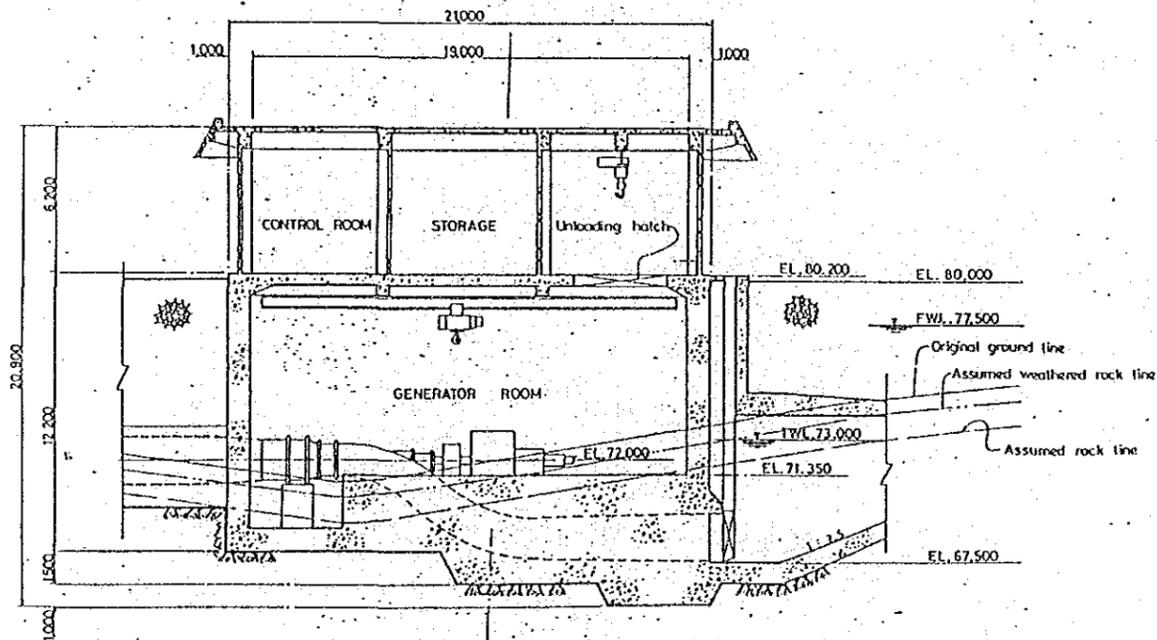
GOVERNMENT OF MALAYSIA
FEASIBILITY STUDY
SMALL SCALE HYDROELECTRIC POWER PROJECT IN SARAWAK
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



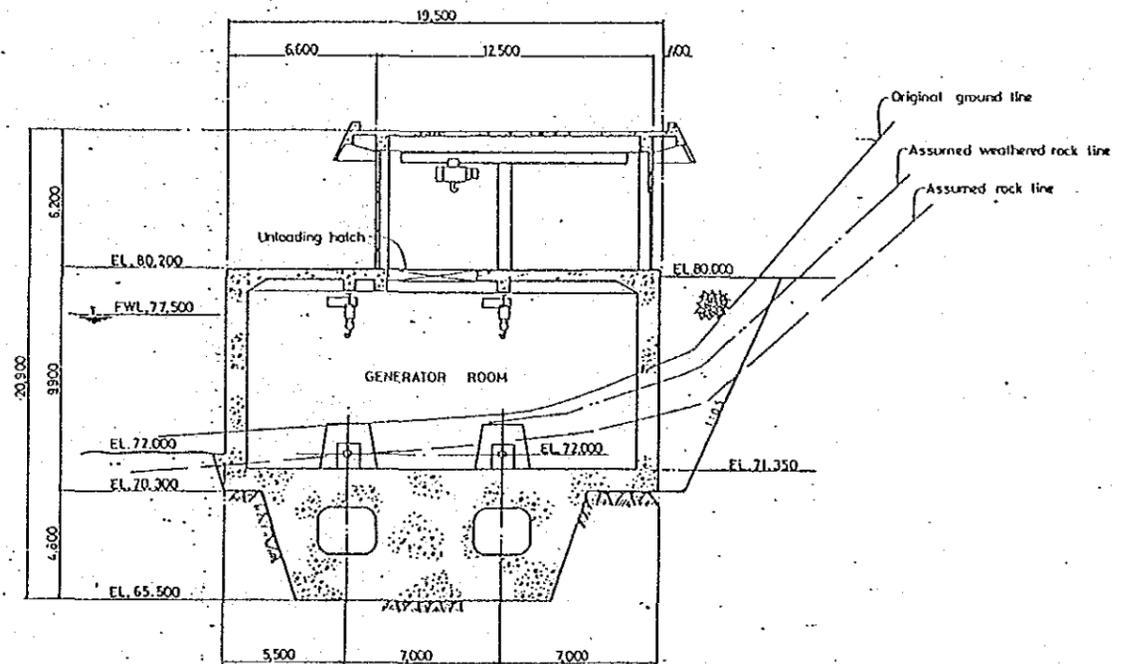
PLAN (EL. 80.200)



PLAN (EL. 71.350)



TRANSVERSE SECTION

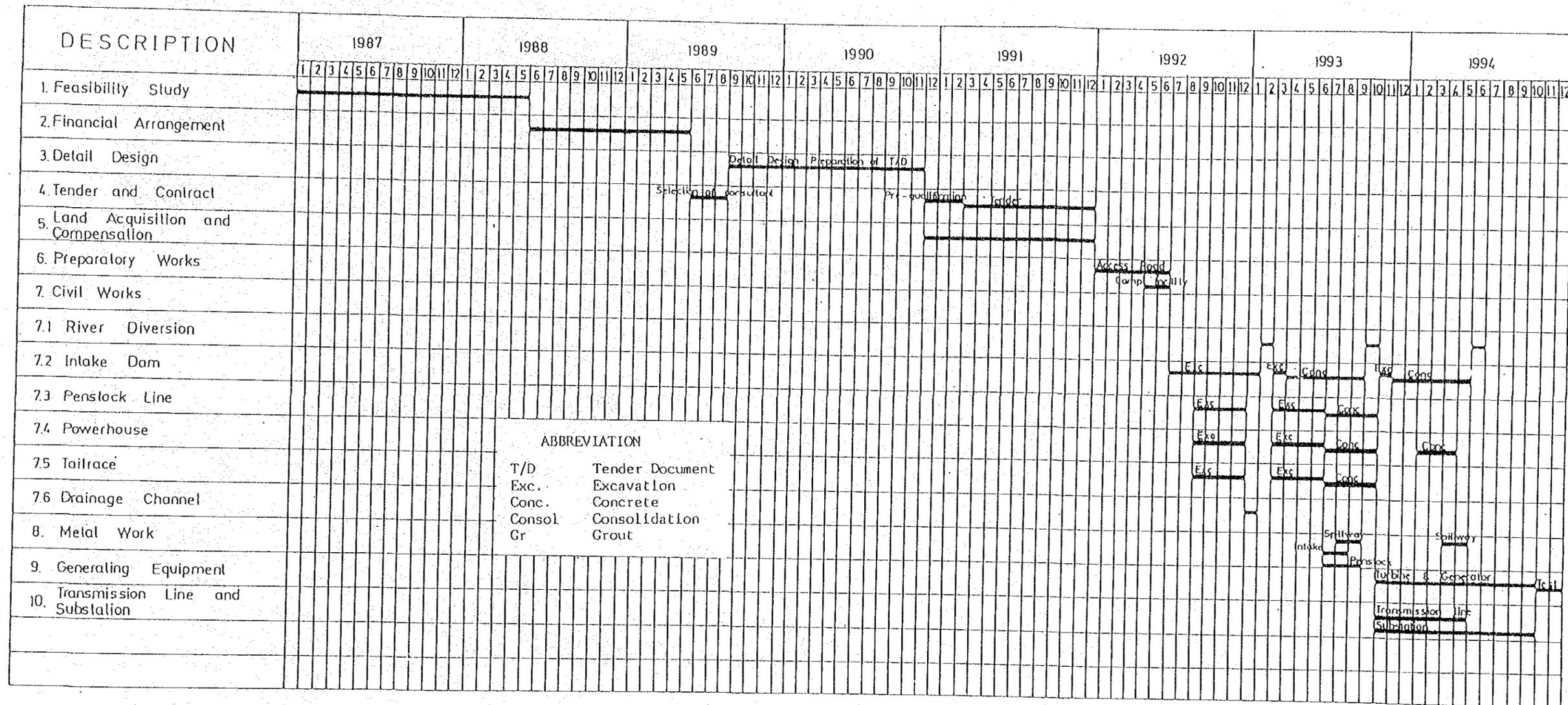


LONGITUDINAL SECTION

図-8 発電所概要図 (ムコ計画)

SCALE: 0 5 10 15 m

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

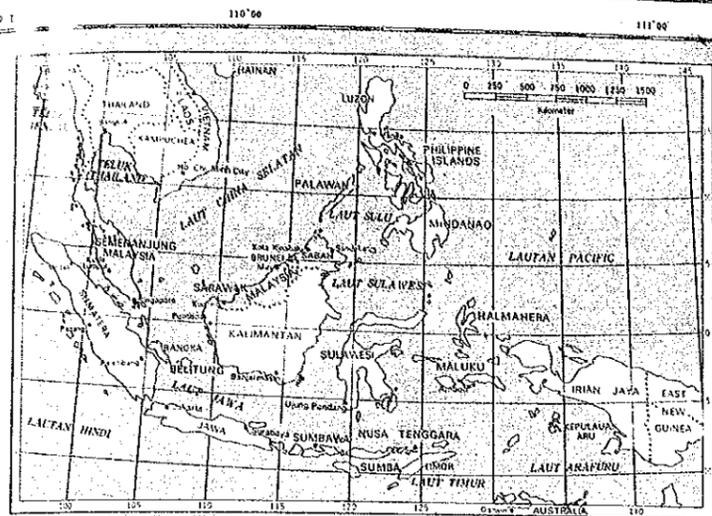


ABBREVIATION
T/D Tender Document
Exc. Excavation
Conc. Concrete
Consol. Consolidation
Gr Grout

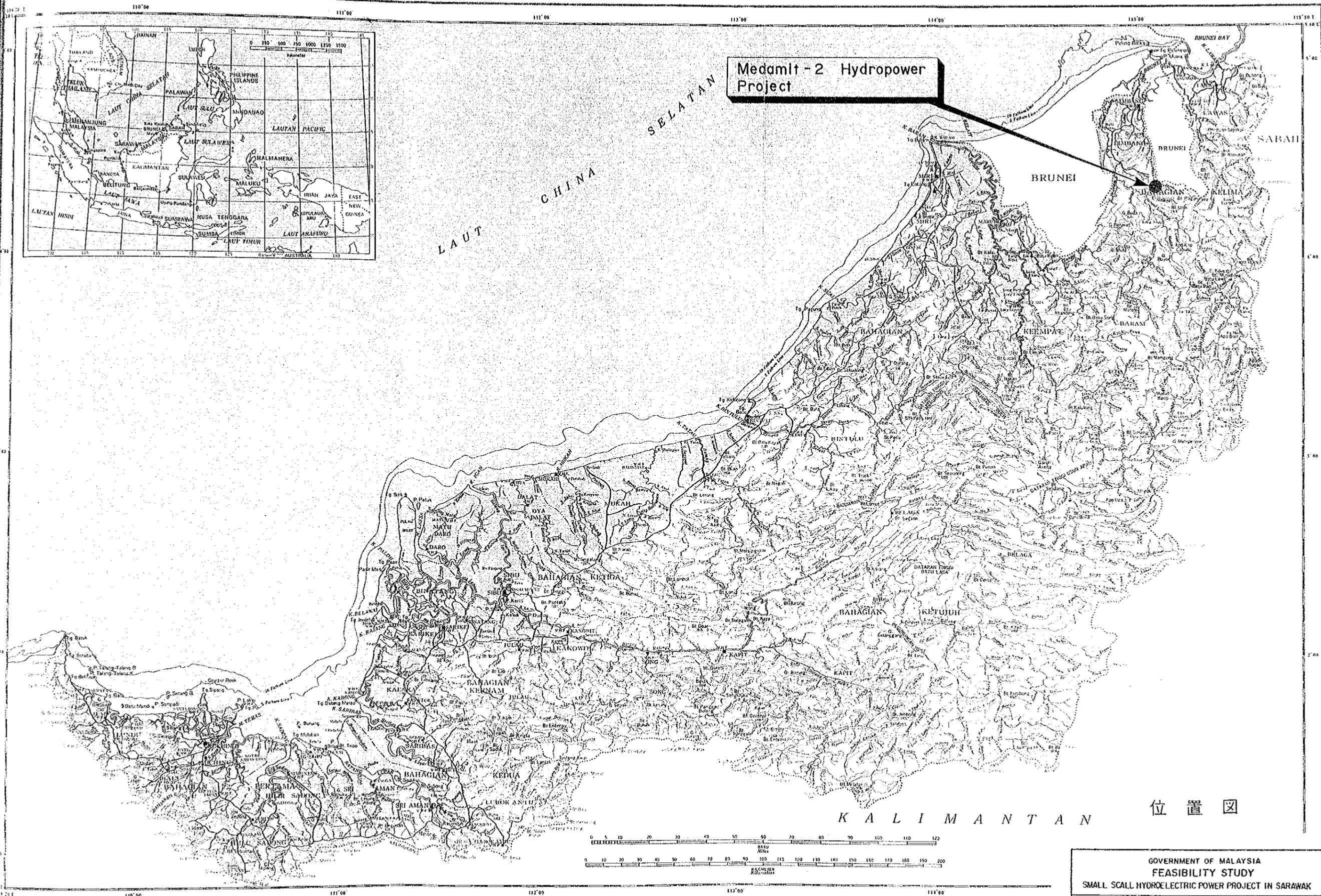
図-9 施工計画スケジュール

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

ムダミット-2水力発電開発計画主報告書



Medamit - 2 Hydropower Project



位置図

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