

6. 電力計画

6. 電力計画

6.1 電力需要の将来見通しと水力発電所の必要性

6.1.1 電力需要想定

Table 6-1 は、NEBが行ったエネルギーおよび需要想定 (Energy and Demand Foreca) の一部分を示したものである。

ところで、現在、レビル水力発電所の投入年度は、2000年前後と考えられるので、2000年以降について、発電電力量の年平均増加率を求めて見ると、次のとおりである。

期 間 (年)	年増加率 (%)
2000～2005	6.09
2005～2010	5.84
2000～2010	5.97

すなわち、2000年からの前期5ヵ年では、6.09%、後期5ヵ年では、5.84%の年平均増加率が見込まれており、後年度には、若干鈍化傾向が考えられているが、通算10ヵ年では、約6%の年増加率が考えられている。なお、この期間の年負荷率は、変化するものとは考えられておらず、その値は、毎年68.0%である。

6.1.2 電力需要の形態

Table 6-2 は、NEBの1986年実績データをもとに、負荷持続時間を月別および季節別に整理して示したものである。これらのデータをもとに、季節別負荷持続曲線を描いたものが、FIG. 6-1 および6-2 である。

FIG. 6-3 は、負荷持続曲線の季節別の特異性を判断するために、FIG. 6-1および6-2 に描いた2つの負荷持続曲線を比較したものである。FIG. 6-3から明らかな通り、2つの負荷持続曲線は、ほとんど類似している。そこで、今後の検討を簡略にするため、FIG. 6-3を考慮して、FIG. 6-4に示す修正負荷持続曲線を作成した。

上に述べたとおり、年負荷率が変化しないことおよび季節別負荷持続曲線に大きな差異がないことを考慮して、この修正負荷持続曲線は、どの年度のどの季節にも適用することが可能である。FIG. 6-4 の修正負荷持続曲線から、季節別負荷率を求めると、69.175%である。

Table 6-1 Energy and Demand Forecast by NEB
 ~at Generating End~

F. Y.	Generation		System Peak Load (MW)	Load Factor (%)
	(TWh)	(%)		
1998	29.547	(6.27)	4,975	67.80
1999	31.440	(6.25)	5,286	67.90
2000	33.449	(6.24)	5,615	68.00
2001	35.486	(6.09)	5,957	68.00
2002	37.647	(6.09)	6,320	68.00
2003	39.940	(6.09)	6,705	68.00
2004	42.372	(6.09)	7,113	68.00
2005	44.952	(6.09)	7,546	68.00
2006	47.578	(5.84)	7,987	68.00
2007	50.357	(5.84)	8,454	68.00
2008	53.299	(5.84)	8,948	68.00
2009	56.413	(5.84)	9,470	68.00
2010	59.708	(5.84)	10,024	68.00

Note : () shows Growth Rate of Generation

Table 6-2 Load Duration (P.U) (Based on MEB'S Data)

Year	1985					1986		1986					1986				
	Month HH	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Subtotal	Mean	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Subtotal	Mean
2300								0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2200								0.000	0.000	0.010	0.020	0.020	0.010	0.020	0.020	0.080	0.013
2100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.003	0.020	0.030	0.024	0.024	0.034	0.099	0.094	0.381	0.064
2000	0.025	0.040	0.020	0.015	0.015	0.020	0.059	0.030	0.113	0.149	0.167	0.139	0.139	0.208	0.183	0.959	0.160
1900	0.154	0.153	0.105	0.094	0.094	0.108	0.118	0.122	0.222	0.238	0.241	0.212	0.212	0.297	0.252	1.462	0.244
1800	0.254	0.262	0.216	0.221	0.221	0.222	0.192	0.228	0.305	0.322	0.325	0.279	0.279	0.376	0.337	1.944	0.324
1700	0.333	0.370	0.295	0.324	0.324	0.296	0.266	0.314	0.384	0.366	0.414	0.360	0.360	0.470	0.419	2.443	0.407
1600	0.418	0.460	0.379	0.421	0.421	0.379	0.355	0.402	0.473	0.480	0.498	0.438	0.438	0.545	0.490	2.924	0.487
1500	0.498	0.530	0.454	0.505	0.505	0.473	0.433	0.482	0.542	0.545	0.557	0.508	0.508	0.604	0.551	3.317	0.553
1400	0.564	0.587	0.514	0.558	0.558	0.547	0.507	0.546	0.616	0.609	0.631	0.578	0.578	0.683	0.634	3.751	0.625
1300	0.649	0.658	0.582	0.621	0.621	0.621	0.576	0.618	0.690	0.678	0.754	0.690	0.690	0.777	0.738	4.327	0.721
1200	0.767	0.748	0.693	0.729	0.729	0.700	0.700	0.723	0.798	0.807	0.901	0.818	0.818	0.926	0.901	5.151	0.859
1100	0.931	0.911	0.835	0.885	0.885	0.867	0.837	0.878	0.946	0.931	0.980	0.901	0.901	0.990	0.978	5.726	0.954
1000	0.990	0.986	0.955	0.985	0.985	0.980	0.926	0.970	0.985	0.980	1.000	0.956	0.956	1.000	0.995	5.916	0.986
900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.980	0.997	1.000	0.995	1.000	0.986	0.986	1.000	1.000	5.950	0.997
800							1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	6.000	1.000

Max. : 2.163.9 (Feb.) Min. : 870.8 (Feb.) Max. : 2.278.0 (May) Min. : 854.6 (Jun.)

Fig. 6-1 DURATION CURVE (1) - NORMALIZED
(Sept. 1985 to Feb. 1986)

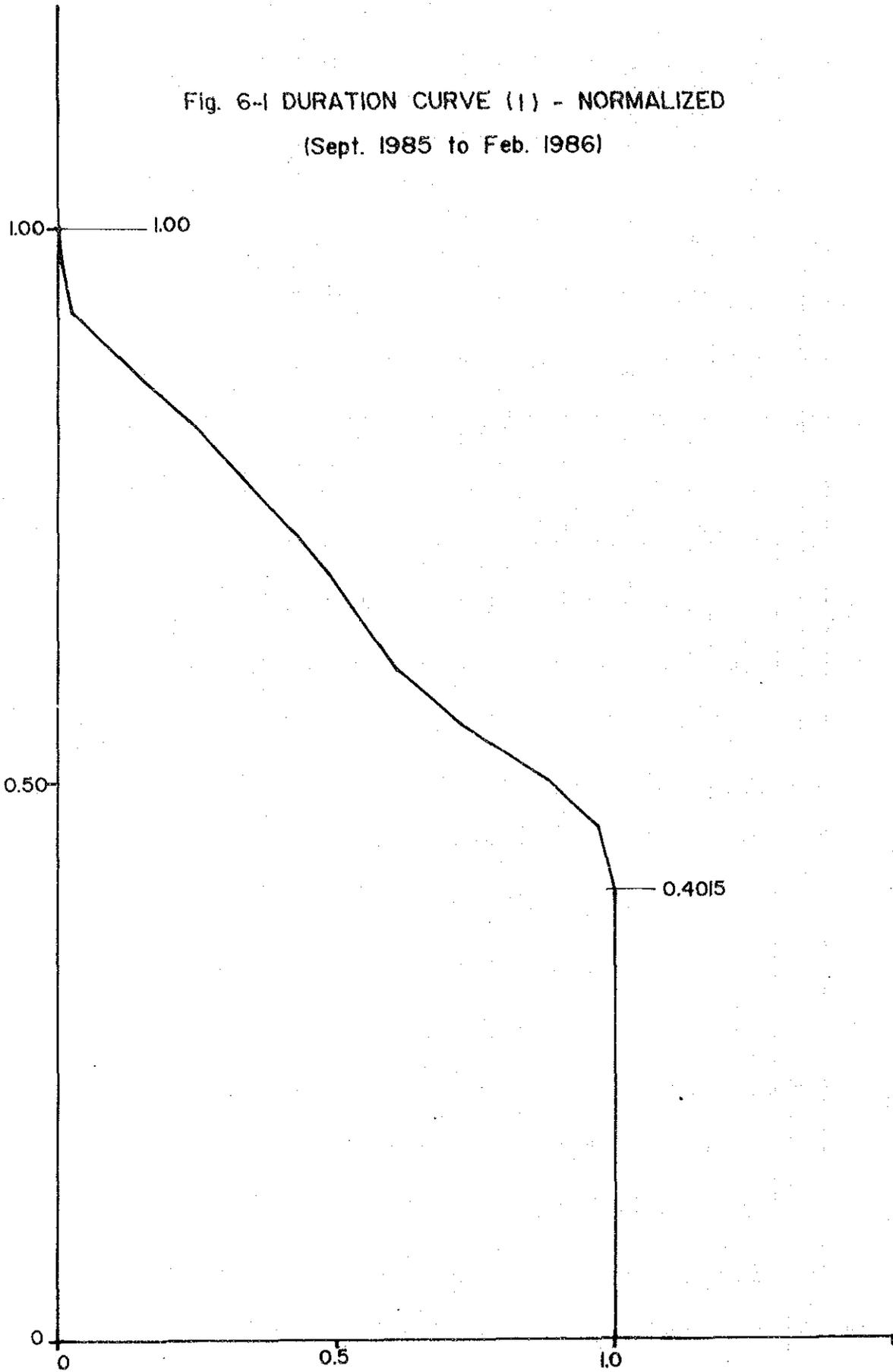


Fig. 6-2 DURATION CURVE (2) - NORMALIZED

(Mar. 1986 to Aug. 1986)

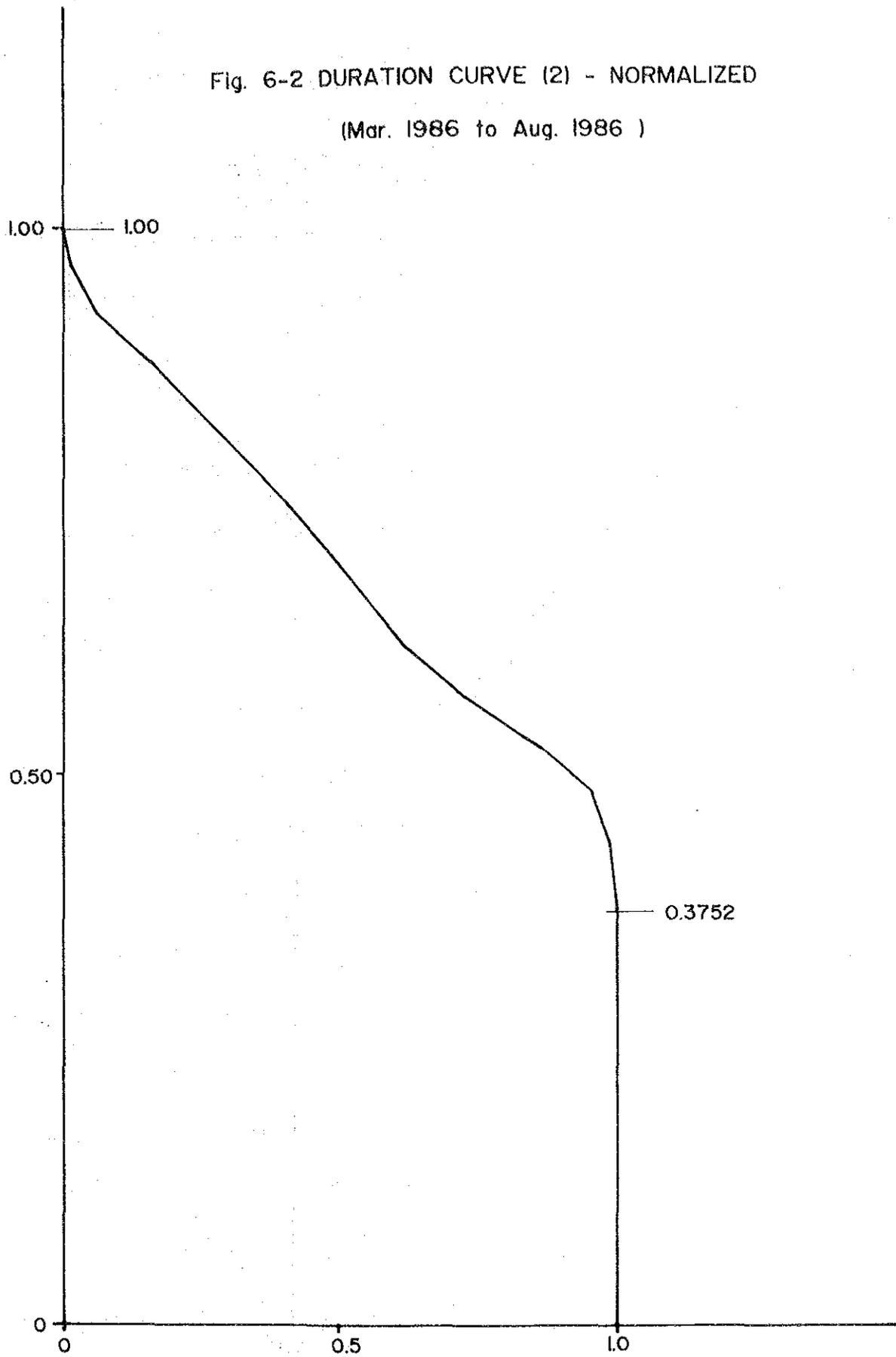


Fig. 6-3 DURATION CURVE (1 and 2)-NORMALIZED

(1) Sept. 1985 to Feb. 1986

(2) Mar. 1986 to Aug. 1986

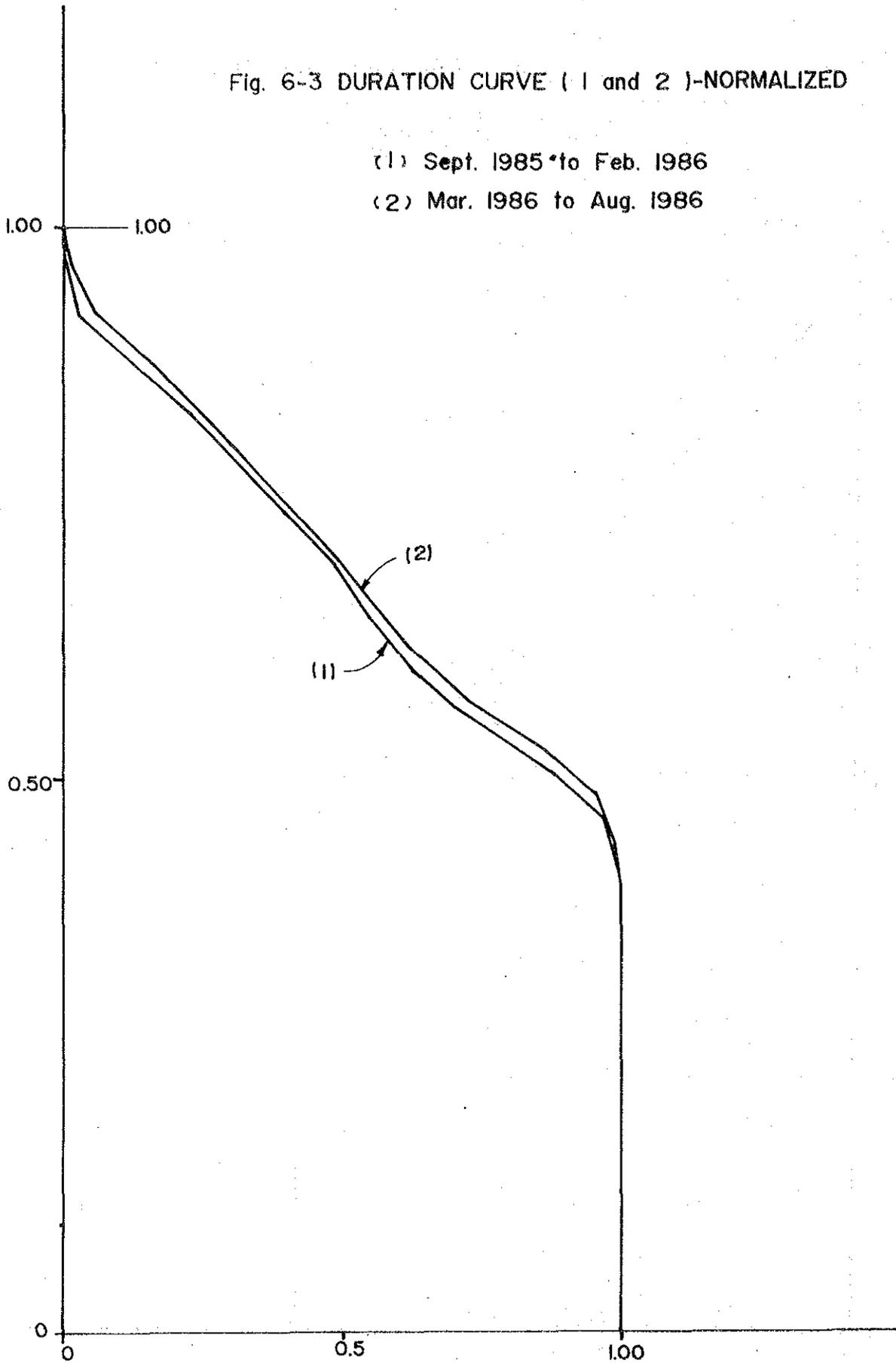
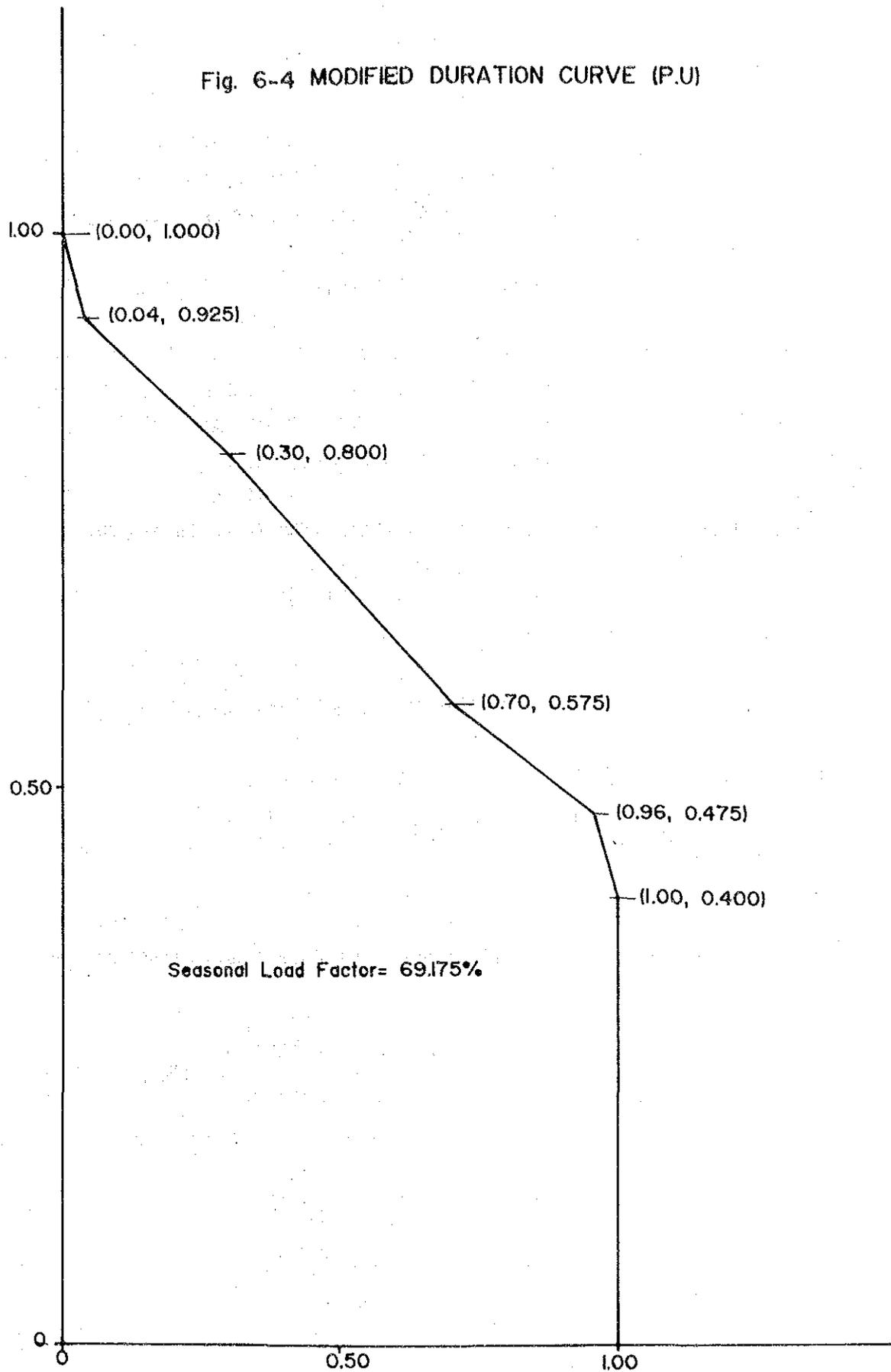


Fig. 6-4 MODIFIED DURATION CURVE (P.U)



6.1.3 送電端電力需要

この計画調査の検討に当って、電力需給バランスは、送電端で行なうこととする。その理由は、もし、発電端で検討するものとするれば、所内率 (Station Use Rate) の異なる代替案の相互比較において、各代替案の発電端電力需要は、それぞれ異なる値を使用する必要がある、繁雑さが伴うためである。

Table 6-3 は、発電端および送電端の電力量および電力ならびに年負荷率を示したものである。発電端の値は、Table 6-1 に示したNEB想定値である。また、送電端の値は、過去のNEBの記録を考慮して、所内率を5%と見なして計算している。なお、検討は、各年を前半と後半に分けて行なうものとし、各期間(6ヵ月)の季節別負荷率は、ともに69.175%で、しかも、それらの負荷持続曲線は、修正負荷持続曲線に従うものとした。さらに、年負荷率は、NEBの想定値によった。

Table 6-3 には、このような条件を考慮して、各年の前半および後半のそれぞれの送電端電力を示している。また、Table 6-4 には、各年の前半および後半の送電端電力量およびそれらの月平均送電端電力量などを示している。

6.1.4 既設貯水池式水力発電所の供給力

Table 6-5 は、既設貯水池式水力発電所の設備容量および発電可能電力量などを示したものである。すなわち、合計設備容量は、931 MWで、前半および後半の発電可能電力量は、ともに月平均 210.8 GWhである。

これらの送電端における値は、それぞれ923.6 MWおよび 209.1 GWhである。また、年間の送電端発電可能電力量は、2509.8 GWhであって、そのプラント・ファクターは、約31%である。

将来、貯水池式水力発電所の新增設計画 (Expansion Program) がないものと仮定して、送電端需要電力量に対する既設貯水池式水力発電所の送電端発電可能電力量の割合を求めると次のとおりである。

年 度	（貯水池式水力発電所の） 送電端発電可能電力量）の割合
2000	7.9 %
2005	5.9 %
2010	4.4 %

Table 6-3 Demand Forecast (Integrated System)

F. Y.	Generating End		Sending End		Yearly Load Factor (%)
	GWh *	MW *	GWh **	MW **	
1998	29,547	4,975	28,070	4,538 4,726	67.80
1999	31,440	5,286	29,868	4,836 5,021	67.90
2000	33,449	5,615	31,777	5,153 5,335	68.00
2001	35,486	5,957	33,712	5,467 5,659	68.00
2002	37,647	6,320	35,765	5,800 6,004	68.00
2003	39,940	6,705	37,943	6,153 6,370	68.00
2004	42,372	7,113	40,253	6,528 6,757	68.00
2005	44,952	7,546	42,704	6,925 7,169	68.00
2006	47,578	7,987	45,199	7,330 7,588	68.00
2007	50,357	8,454	47,839	7,758 8,031	68.00
2008	53,295	8,948	50,630	8,211 8,500	68.00
2009	56,413	9,470	53,592	8,691 8,997	68.00
2010	59,708	10,024	56,723	9,199 9,522	68.00

Note: (1) *: NEB's Date (2) $GWh^{**} = GWh^* \times 0.95$
(3) MW^{**} (Lower Figures) = $GWh^{**} / (8.76 \times \text{Load Factor})$
(4) [MW^{**} (Upper Figure) + MW^{**} (Lower Figure)]
 $\times 8.76 / 2 \times 0.69175 = GWh^{**}$

Table 6-4 Sent Out Energy by Period (GWh)

F. Y.	Sept. ~Feb.		Mar. ~Aug.		Yearly Total
	Per Month	Semiannual	Per Month	Semiannual	
1998	2,291.6	13,750	2,387.0	14,320	28,070
1999	2,442.1	14,652	2,535.5	15,216	29,868
2000	2,602.1	15,613	2,694.1	16,164	31,777
2001	2,760.7	16,564	2,857.7	17,148	33,712
2002	2,928.9	17,573	3,031.9	18,192	35,765
2003	3,107.1	18,643	3,216.7	19,300	37,943
2004	3,296.5	19,779	3,412.1	20,474	40,253
2005	3,497.0	20,982	3,620.2	21,722	42,704
2006	3,701.5	22,209	3,831.8	22,990	45,199
2007	3,917.6	23,506	4,055.5	24,333	47,839
2008	4,146.4	24,878	4,292.3	25,752	50,630
2009	4,388.8	26,333	4,543.3	27,259	53,592
2010	4,645.3	27,872	4,808.4	28,851	56,723

Table 6-5 Installed Capacity and Period of Existing Reservoir Type Hydro Power Plants

Plants	Installed Capacity (MW)	Live Storage (GWh)	Period Inflow (GWh)								Plant Factor (%)	
			Sept/Oct	Nov/Dec	Jan/Feb	Mar/Apr	May/June	Jul/Aug	Total			
Bersia	69	3.4	31	32	32	31	31	31	33	190	31.4	
Kenering	114	24	56	57	57	57	56	56	57	340	34.0	
Temenggor	348	278	91	92	92	92	91	91	92	550	18.0	
Kenyir	400	1972	241	242	242	242	241	241	242	1450	41.1	
Total	931 (923.6)	2,277.4	419	423	423	422	419	419	424	2,530 (2,509.8)	31.0	
Mean Per Month	—	—	210.8 (209.1)								210.8 (209.1)	—

Note : () shows Value at Sending End

6.1.5 必要ピーク供給力

FIG. 6-5および6-6は、1999年前半の各月における必要ピーク供給力を例示したものである。これらの図は、ともに同じ内容を示している。すなわち、これらの図は、既設貯水池式水力発電所の送電端における発電可能電力量および設備容量を需要に対応して、全く理想的に無駄なく適合させた場合の状況を示している。

FIG. 6-5において、図に示された必要ピーク供給力よりも多いピーク供給力を開発した場合を想像すると、既設貯水池式水力発電所は、全体に下方に押し下げられる結果、貯水池式水力発電所は、出力をセーブしなければ、需要の持続時間に適合できなくなる。

また、FIG. 6-6において、図に示された必要ピーク供給力よりも少ないピーク供給力を開発した場合を想像すると、そのプラント・ファクターの低い不足部分は、ミドル供給力によって、補われなければならない。

このようなことから、通常、これら両図に示されている必要ピーク供給力は、経済的に妥当な量である。

Table 6-6は、上記の考え方を各年の前半および後半の別に適用して求めた必要ピーク供給力を示したものである。

Table 6-7は、Table 6-6に示した必要ピーク供給力とTable 6-3に示した送電端需要とからその割合を算出したものである。

これによると、2000年から2010年までの間に、必要ピーク供給力は、送電端需要に対する割合で約12%から16%程度になることが判る。

6.1.6 水力発電所の必要性

上記のとおり、必要ピーク供給力は、将来漸次増加の傾向を示すが、一方、既設貯水池式水力発電所の供給力のシェアは低下していくものと考えられる。ピーク供給力の開発は、直ちに貯水池式水力発電所の開発を意味するものではないが、起動・停止が容易で、かつ幅広い出力調整が可能な供給力である貯水池式水力は、技術的見地からピーク供給力として最も好ましいといえる。なお、マレーシア国においては、将来、既設火力発電所の石油から天然ガスへの燃料転換、天然ガスを燃料としたコンバインド・サイクルの開発、エネルギー・セキュリティの観点からの石炭火力の開発などが考慮されている。しかし、また、純国産、非潤滑エネルギー資源である水力発電所開発の経済的意義も重要である。

Table 6-6 Required Peak Capacity and Energy (Per Month)
 ~at Sending End~

Period F. Y.	Sept / Feb		Mar / Aug	
	Capacity (MW)	Energy (GWh)	Capacity (MW)	Energy (GWh)
1999	549.1	16.19	587.0	18.34
2000	614.1	19.93	651.5	22.17
2001	678.6	23.84	718.0	26.33
2002	747.0	28.20	788.8	30.95
2003	819.4	33.00	864.0	36.03
2004	896.4	38.27	943.4	41.57
2005	977.9	44.02	1,028.0	47.63
2006	1,061.1	50.04	1,114.0	53.93
2007	1,148.9	56.53	1,205.0	60.73
2008	1,241.9	63.52	1,301.3	68.04
2009	1,340.5	71.05	1,403.3	75.91
2010	1,444.8	79.14	1,511.1	84.34

Note : Considering Next Condition of Reservoir Type H. P. P.

Out put Capacity at Sending End = 923.6 MW

Monthly Inflow at Sending End = 209.1 GWh

Table 6-7 Percentage of Required Peak Capacity to System Peak Demand

Period F. Y.	Sept / Feb	Mar / Aug
1999	549.1 / 4,836 (11.4)	587.0 / 5,021 (11.7)
2000	614.1 / 5,153 (11.9)	651.5 / 5,335 (12.2)
2001	678.6 / 5,467 (12.4)	718.0 / 5,659 (12.7)
2002	747.0 / 5,800 (12.9)	788.8 / 6,004 (13.1)
2003	819.4 / 6,153 (13.3)	864.0 / 6,370 (13.6)
2004	896.4 / 6,528 (13.7)	943.4 / 6,757 (14.0)
2005	977.9 / 6,925 (14.1)	1,028.0 / 7,169 (14.3)
2006	1,061.1 / 7,330 (14.5)	1,114.0 / 7,588 (14.7)
2007	1,148.9 / 7,758 (14.8)	1,205.0 / 8,031 (15.0)
2008	1,241.9 / 8,211 (15.1)	1,301.3 / 8,500 (15.3)
2009	1,340.5 / 8,691 (15.4)	1,403.3 / 8,997 (15.6)
2010	1,444.8 / 9,199 (15.7)	1,511.5 / 9,522 (15.9)

Fig. 6-5 CONCEPT OF REQUIRED PEAK CAPACITY AND ENERGY (I)

In Sept./ Feb. 1999

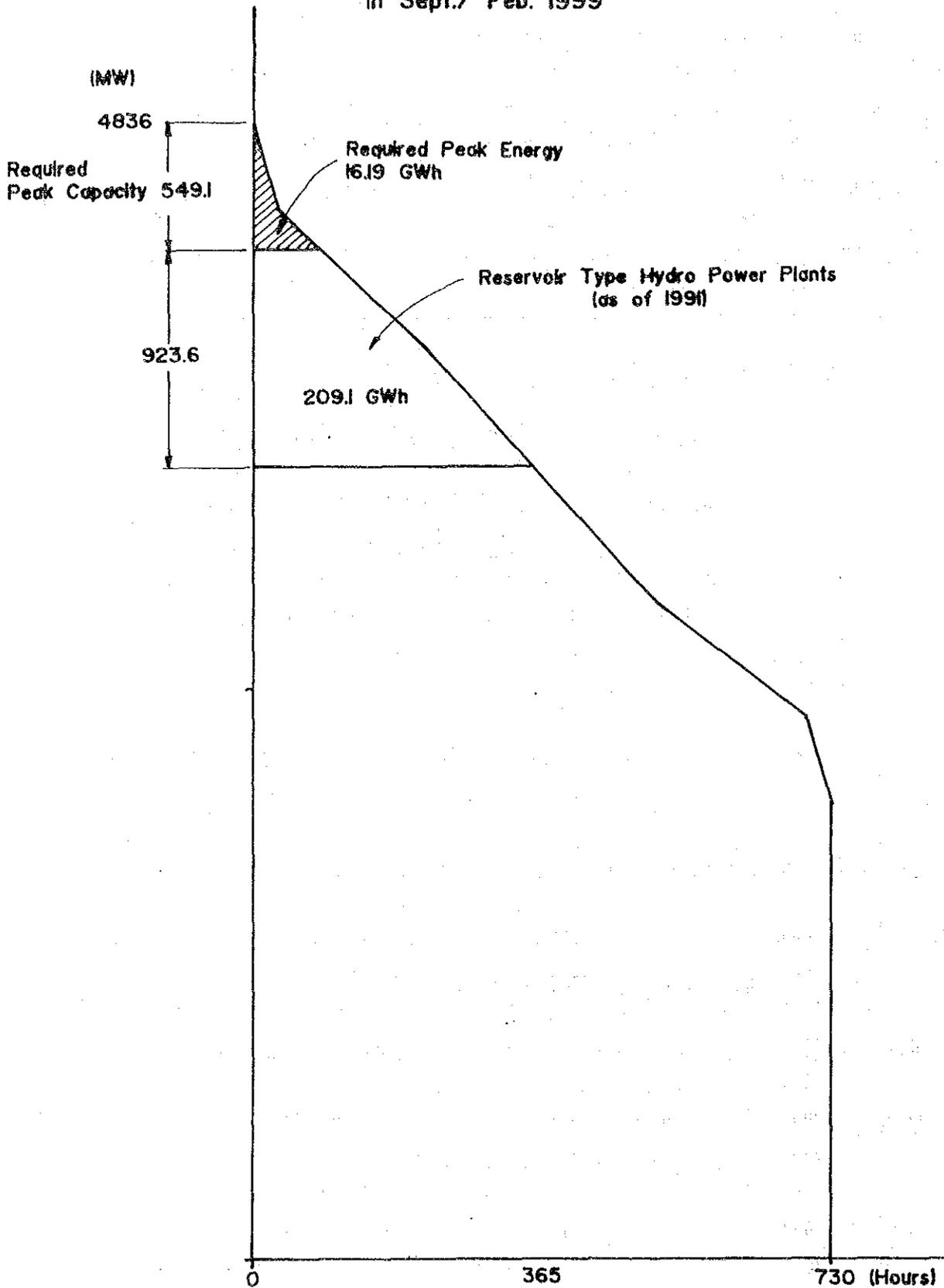
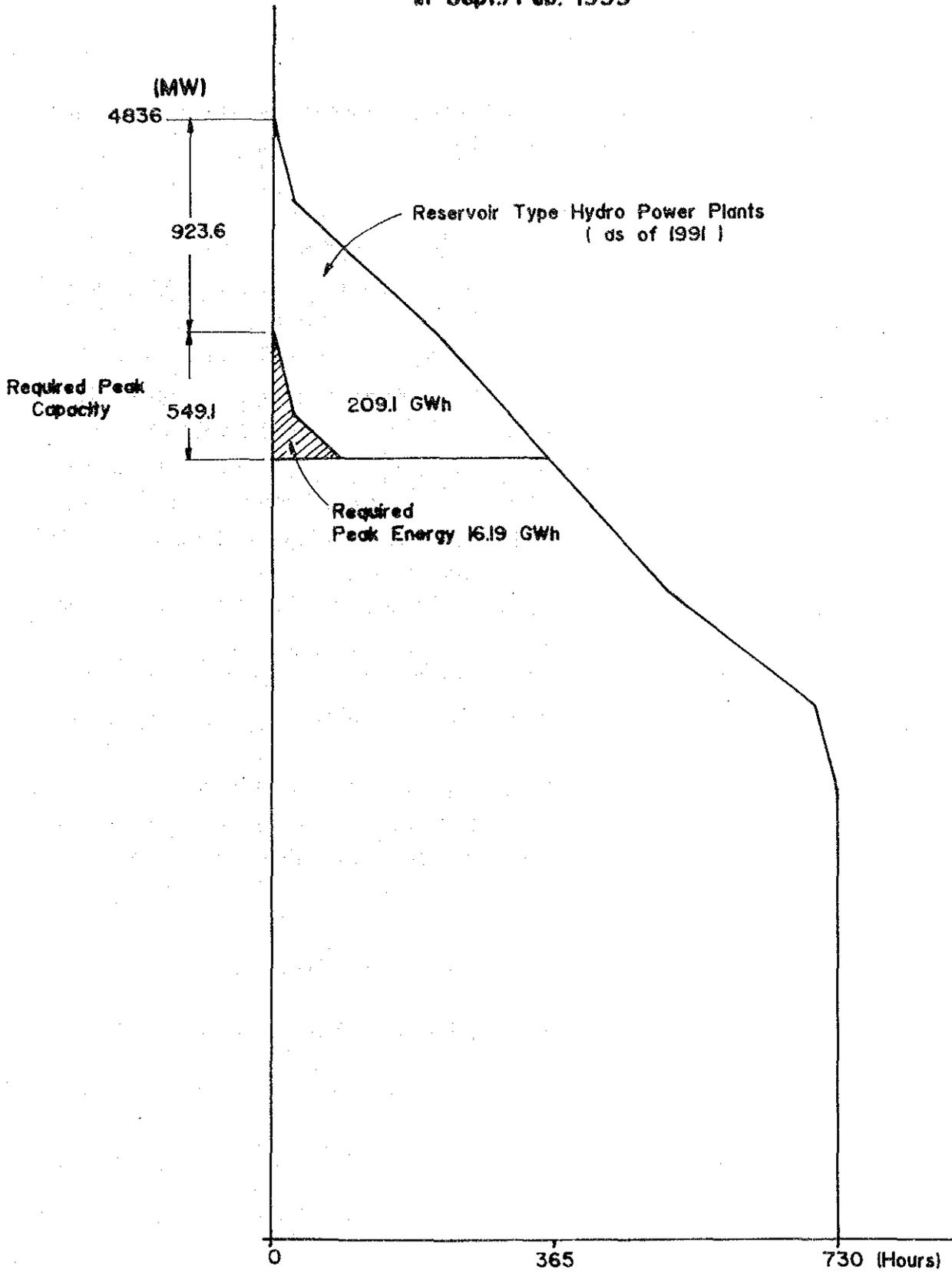


Fig. 6-6 CONCEPT OF REQUIRED PEAK CAPACITY AND ENERGY (2)

In Sept./Feb. 1999



6.2 開発規模の検討

6.2.1 規模比較案のパラメーター

ダム式水力発電計画の規模の比較案を策定するために、各種のパラメーターを設定した。それらは次のようなものである。

- (a) ダム高 貯水容量と発電用落差に関係する。
ダムサイトの地形・地質条件を考慮して発電用 HRL = 85m を上限とし、最低を EL. 60m までの範囲で検討する。貯水容量は 85m で 33 億 m^3 、60m で 5 億 m^3 である。
- (b) 常時使用水量 (Qf) 1日24時間を1年を通じて使用することの出来る水量であり、発電所の出力および発生電力量に関係する。
ダム地点における35年間(1950-1984)の月別流況表 (Table 5-1-2) による年平均流量 112.57 m^3/s 、最小年平均流量 49.3 m^3/s (1981年) を考慮して $Qf = 40 \text{ m}^3/\text{s} \sim 100 \text{ m}^3/\text{s}$ の範囲で検討する。
- (c) ピーク率 (α) ピーク発電をおこなうために常時使用水量をピーク発電運転時間内で使用する最大使用水量と常時使用水量との比で与えられる。本検討では、特別の場合を除き $\alpha = 4 \sim 8$ 倍の範囲を選ぶ。従って、ピーク発電運転継続時間は 3 ~ 6 時間となる。プラントファクターは 25 % ~ 12.5 % である。
- (d) 最低水位 貯水池利用の最低水位であり、有効貯水容量と発電用落差に関係する。設計堆砂面標高 47m を考慮して、EL. 50m 以上で検討する。

本 6.2 節で検討するケースの種類を Table 6-2-1 に示す。

Table 6-2-1 Cases Studied With Various Parameters

Peak ratio(α)	Q f		40 m ² /s	50 m ² /s	60 m ² /s	70 m ² /s	80 m ² /s	90 m ² /s	100 m ² /s	Remark
	E.L.	HWL								
2	65									
	60		33							
4	85			1	4	7				
	80			13	16	19				
	75			22	25					
	70			28						
	65			32						
5	85			2	5	8				
	80			14	17	20				
	75			23	26					
	70			29						
	65			3	6	9				
6	85			15	18	21				
	80			24	27					
	75			30						
	70			33						
	65									
8	85					A				
	80					B				
	75					C				
	70			D						
	65			34						

The cases with number are those selected for the economic consideration, but those without number have been discarded during the study due to physical constrain

6.2.2 貯水池運用ルール

規模比較案の発生電力および可能発生電力量の算定に必要な月別発電使用水量決定のための貯水池運用ルールを次のように決めた。

6.2.1 節で述べたとおり、ダムの高さ（貯水池の HWL）、貯水池の使用容量（貯水池の LWL）、および発電所の出力（最大使用水量、常時使用水量）をパラメーターとして、これらの組合せの中で最適な規模を選定する事を目的としているため、ここでは、季節別あるいは月別の目標水位の設定等を行わず、各比較案とも共通の条件として、年間を通じて貯水池の水位を高く保つようなルールとした。

貯水池運用ルールの概要

1. ダム水位が満水位の時

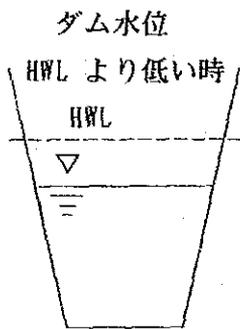
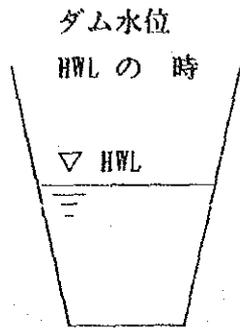
- 1.1 ダムへの流入量 Q_i が発電所常時使用水量 Q_f より小さい時は
発電使用水量 $q_p =$ 常時使用水量 Q_f とし、不足分 $q_{d1} = Q_f - Q_i$ をダムから補給する。
このとき、ダム水位は低下する。
- 1.2 ダムへの流入量 Q_i が常時使用水量 Q_f より大きい時は
発電使用水量 $q_p =$ ダム流入量 Q_i とする。
- 1.3 ただし、ダム流入量 Q_i が発電所最大使用水量 Q_m より大きい時は
発電使用水量 $q_p =$ 発電所最大使用水量 Q_m とし、残量 $q_{d2} = Q_i - Q_m$ はダムから溢水する。
このときダム水位は HWL のままである。

2. ダム水位が満水位でない時

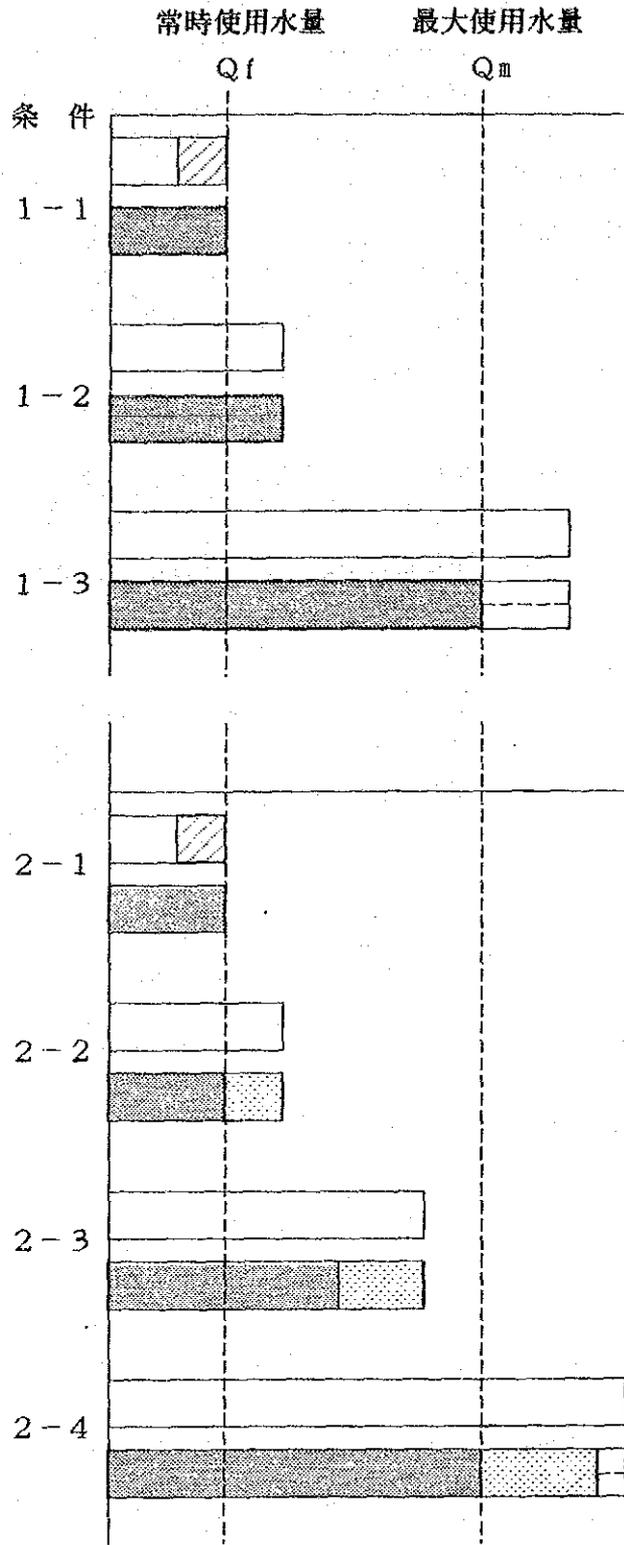
- 2.1 ダム流入量 Q_i が常時使用水量 Q_f より小さい時発電所使用水量 $q_p =$ 常時使用水量 Q_f とし、不足分 $q_{d1} = Q_f - Q_i$ をダムから補給する。
この時ダム水位は低下する。(1.1 に同じ)
- 2.2 ダム流入量 Q_i が常時使用水量 Q_f より大きい時
発電使用水量 $q_p =$ 常時使用水量 Q_f とし、残量 $q_{d2} = Q_i - Q_f$ をダムに
貯留する。
この時ダム水位が上昇する。
- 2.3 ただし、残量 q_{d2} を全量ダムへ貯留するとダム水位が満水位になって溢水
するときには、その溢水分を発電に使用する。即ち、発電使用水量 $q_p =$
常時使用水量 $Q_f +$ 溢水分 Δ とする。
この時貯水池水位は HWL となる。
- 2.4 上記の発電使用水量 q_p が最大使用水量 Q_m をこえる場合には
発電使用水量 $q_p =$ 最大使用水量 Q_m とし、残量 $q_{d3} = Q_i - Q_m - q_{d2}$ は
ダムから溢水する。

以上を模式化したものを次図に示す。

貯水池運用ルール 模式図



-  ダムへの流入量 Q_i
-  発電使用水量 q_p
-  ダムからの補給量 q_{d1}
-  ダムへの貯留量 q_{d2}
-  ダムからの溢水量 q_{d3}



6.2.3 発生電力と電力量

(1) 計算条件

6.2.1 節で述べた規模比較案81ケースについて、6.2.2 節による貯水池運用計算を行なった。ダム地点における流量としてTable 5-2-1 に示す1950年～1984年間の35年間の月別流量を使用し、また貯水池の水位容量曲線はFig. 7-6 を使用している。発生電力及び発生電力量の計算は下式によっている。

発生電力 : P (KW)

$$P = 9.8 \times \eta \times (H_1 - H_T - \Delta h) \times Q_p$$

η : 水車発電機の合成効率 = 0.88

H_1 : 貯水池水位 (WL. m)

H_T : 放水路水位 (WL. 27m)

Δh : 水路の損失落差 (= 2.5m)

Q_p : ピーク運転時使用水量 (m^3/s) *

(貯水池水位が設計水位のとき $Q_p = Q_{max}$)

発生電力量 : E (KWh)

$$E = P \times D \times Q_{pf}/Q_p \times 24 \quad (\text{KWh/month})$$

P : 発生電力 (KW)

D : 計算月の日数 (day)

Q_{pf} : 貯水池運用ルールから決まる24時間運転時使用水量 (m^3/s)

Q_p : ピーク運転時使用水量 (m^3/s) *

* 貯水池水位が設計水位以外での最大使用水量 Q_p は次式による。即ち設計基準
 落差 h_0 (m)、任意の落差 h_1 (m) としたとき

$$h_1 \geq h_0 \text{ で } Q_p = Q_{max} \cdot \frac{h_0}{h_1} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$h_1 < h_0 \text{ で } Q_p = Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{h_1}{h_0}} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

ここで設計基準水位 H_0 として、各規模案の HWL から 2 m を引いた値を
 とった。即ち、

$$h_0 = H_0 - H_T - \Delta h$$

$$h_1 = H_1 - H_T - \Delta h$$

なお、発生電力量の算定にあたって湖面蒸発による損失を、流入量の減として
 扱った。湖面蒸発量の値として Cameron Highland の蒸発計実測記録を採用した。

月別の蒸発量は次のとおりである。(単位 mm)

1 月	101 ^{mm}	7 月	104
2 月	102	8 月	101
3 月	118	9 月	101
4 月	110	10 月	97
5 月	102	11 月	90
6 月	102	12 月	87

Σ 1,215^{mm}

(2) 計算結果

① 常時使用水量と有効貯水量との関係

河川流量の季節変動を調整して得る常時使用水量 (Q_f) を大きくするほど有効貯水量は大きいものが必要となる。各種の常時使用水量と必要有効貯水量との関係を $HWL = 85\text{m}$ のケースについて示すと次のとおりとなる。

<u>常時使用水量 (m^3/s)</u>	50	60	70	80	90	100
<u>有効貯水量 (10^6 m^3)</u>	731	1216	1741	2347	3109	3130
<u>貯水池最低水位 (m)</u>	81	78	74	67.5	51	50

$Q_f = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ を得るためには、有効貯水量として 31.3 億 m^3 以上が必要となり、 HWL を 85m と設定した場合でも、限界と考えた LWL の 50m を割り込んでしまう結果となる。

② 渇水による発電停止

常時使用水量 Q_f に対して、ダムの貯水容量が充分大きい場合には、ダムによる多年間にわたる流量調整により常に計画の Q_f を取水出来るが、貯水容量が限られている場合、渇水年にはダムの計画最低水位以下となり所定の Q_f を取水出来ず発電停止となる事態が起り得る。

貯水池運用計算は、貯水池の可能 LWL を $EL. 50\text{m}$ (この時死容量 = $167 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、最少落差と最大落差の比 r は $HWL = EL. 85\text{m}$ 案に対して $r = (50 - 29.5)/(85 - 29.5) = 0.37$ 、 $HWL = EL. 70\text{m}$ 案に対して $r = (50 - 29.5)/(70 - 29.5) = 0.51$ となる) とし、ダムの水位が $EL. 50\text{m}$ を下廻る場合は、その月は発電停止という条件で行なっている。各比較案について $35\text{年} \times 12\text{月} = 420$ ヶ月間の運用計算を行なった結果の、発電停止となる月数を % で示すと次表のとおりとなる。

発電停止月数 (%)

(%)

HWL \ Qf	(m ³ /s)						
	40	50	60	70	80	90	100
E.L. 85 ^m	—	0	0	0	0	1.7	5.5
80	—	0	0	0	0	3.8	7.6
75	—	0	0	0.2	1.7	5.7	9.5
70	—	0	0	1.0	3.8	7.4	12.1
65	—	0	0.5	—	—	—	—
60	0.2	—	—	—	—	—	—

この結果、Qf = 100 m³/sとした場合には HWLを最大のEL. 85mとした場合でも 5.5%の停電月が生じることになる。ここでは、濁水による発電停止が、2.5%以上になる案は不相当と考え棄却するものとし、残りの案について検討をすすめる。

③ 貯水池最低水位および取水口数高

貯水池運用計算結果、各規模比較案の計算期間中に生じた貯水池の最低水位は下表のとおりである。

貯水池最低水位

(E.L. · m)

HWL \ Qf	(m ³ /s)						
	40	50	60	70	80	90	100
E.L. 85 ^m	—	81.0	78.0	73.9	67.1	50*	—
80	—	75.1	71.0	64.2	52.3	—	—
75	—	68.2	62.5	52.6	50*	—	—
70	—	60.9	51.6	50*	—	—	—
65	—	51.3	50*	—	—	—	—
60	51.0	—	—	—	—	—	—

ここで*印の付いた規模比較案は運用条件の貯水池水位の下限EL. 50mまで、水位が下がる事を表わしている。また - の案は発電停止の月が2.5%以上生じるため棄却する案である。

次にこの最低水位をもとにして、取水口の所要の呑口水深 h_d （水路トンネルの内径を D として $h_d=2D$ ）をとった場合の取水口の所要呑口敷高を計算すると次表が得られる。

取水口呑口敷高

(EL・m)

HWL \ Q f (m ³ /s)		Q f (m ³ /s)						
		40	50	60	70	80	90	100
E L.	85 ^m	—	69.2	65.2	61.3	53.5	38.3 *	—
	80	—	63.3	58.2	51.6	38.7 *	—	—
	75	—	56.4	49.7	40.0 *	36.4 *	—	—
	70	—	49.1	38.8 *	37.4 *	—	—	—
	65	—	43.0 *	40.9 *	—	—	—	—
	60	44.9 *	—	—	—	—	—	—

この表の中で、*印の案は取水口の所要敷高がダムの計画堆砂面標高EL. 47m以下となり、計画上不適当な案であることを示す。この案について発電停止月数(%)を前表から抜き出して再記すると

LWLをEL. 50m以上とした時の発電停止月数(%)

HWL (EL・m)	Q f (m ³ /s)	取水口敷高 (EL・m)	発電停止 月数(%)
85	90	38.3	1.7
80	80	38.7	0
75	80	36.4	1.7
75	70	40.0	0.2
70	70	37.4	1.0
70	60	38.8	0
65	60	40.9	0.5
65	50	43.0	0
60	40	44.9	0.2

となり、各案とも発電停止月数 2.5 %の制限条件について余裕のあることが判る。そこでこれらの案について、今度は最低水位条件をLWL = 60mとして、貯水池運用計算を行って、発電停止月数を求めると次の結果が得られる。ただし、HWL = 65mと60mのケースはLWL = 55mとする。

LWLを60又は55mとした時の発電停止月数 (%)

HWL (EL・m)	Qf (m ³ /s)	LWL (EL・m)	発電停止 月数 (%)
85	90	60	2.9*
80	80	60	0.9
75	80	60	2.6*
75	70	60	0.7
70	70	60	3.1*
70	60	60	0.5
65	60	55	1.6
65	50	55	0.2
60	40	55	1.0

この結果から、*印の3案を除くHWL = EL. 80m Qf = 80m³/s、HWL = EL. 75m Qf = 70m³/s、HWL = EL. 70m Qf = 60m³/sの案についてはLWLをEL. 60mとすることにより可能となる事が判る。また、HWL = EL. 65mの2案とHWL = EL. 60mの1案はいずれも発電停止月数の点からは可能であるが、このうち、HWL = EL. 65m Qf = 60m³/sのケースは計画取水口呑口数がおおEL. 47mを下廻るので棄却する。以上の検討結果から6.2.1節で策定した81ケースの規模比較案のうち下に述べる27ケースを可能案と選定した。なおダム規模がHWL = EL. 70 mの場合でも常時使用水量 Qf = 60m³/sが可能である事が判ったので、HWL = 70m以上のケースについては Qf = 50m³/sのケースを今後の検討からはずすこととした。

ここに、開発可能規模のケースについてとりまとめると次のようになる。

開発可能規模案 (○印)

Qf HWL (m^2/s)	40	50	60	70	80
85	—	—	○	○	○
80	—	—	○	○	○
75	—	—	○	○	—
70	—	—	○	—	—
65	—	○	—	—	—
60	○	—	—	—	—

計画 L W L (EL. m)

Qf HWL (m^2/s)	40	50	60	70	80
85	—	—	78.0	73.9	67.1
80	—	—	71.0	64.2	60.0
75	—	—	62.5	60.0	—
70	—	—	60.0	—	—
65	—	56.0	—	—	—
60	56.0	—	—	—	—

利用水深 (m)

Qf HWL (m^2/s)	40	50	60	70	80
85	—	—	7.0	11.1	17.9
80	—	—	9.0	15.8	20.0
75	—	—	12.5	15.0	—
70	—	—	10.0	—	—
65	—	9.0	—	—	—
60	4.0	—	—	—	—

計画取水口呑口敷高 (BL. m)

Qf HWL (m^2/s)	40	50	60	70	80
85	—	—	65.2	61.3	53.5
80	—	—	58.2	51.6	47.0
75	—	—	49.7	47.4	—
70	—	—	47.2	—	—
65	—	47.0	—	—	—
60	50.0	—	—	—	—

貯水池使用容量 ($10^6 m^3$)

Qf HWL (m^2/s)	40	50	60	70	80
85	—	—	1216	1741	2347
80	—	—	1126	1647	1819
75	—	—	1045	1102	—
70	—	—	617	—	—
65	—	389	—	—	—
60	175	—	—	—	—

発電停止月数 (%)

Qf HWL (m^2/s)	40	50	60	70	80
85	—	—	0	0	0
80	—	—	0	0	0.9
75	—	—	0	0.7	—
70	—	—	0.5	—	—
65	—	0	—	—	—
60	0	—	—	—	—

④ 無効放流量

貯水池の有効容量が小さい場合、河川の季節変動を調整できずに、貯水池が満水状態でありつづけ、無効放流が生じる。本貯水池運用計算の結果は次のとおりである。

無効放流量 (m³/s・year)

Q_f (m ³ /s) α	40	50	60	70	80	90	100
4	26	19	14	10	7	5	4
5	—	15	11	7	5	3	2
6	17	12	8	5	4	3	2
8	12.1	7.9	5.1	3.3	2.1	1.2	0.8

本ダムサイトへの年間平均流入量は 112.6 m³/s であり、これから平均蒸発量 (1.215 mm × 121.5 km²) 4.7 m³/s を差し引いた有効流量は、107.5 m³/s である。このうち 2 m³/s を無効放流する場合、河川利用率は 98% であり、常時使用水量を 80 m³/s にとる場合、利用率はきわめて高い。

(3) 規模比較案の発生電力と電力量

前節で検討した可能案に対する発生電力、電力量および年平均のPlant factorは、下記のとおりとなる。

ダム最大規模 (HWL = EL. 85 m) に対し

発生電力	P	=	113 ~ 301	MW
電力量	E	=	377 ~ 417	GWh
Plant factor	P. f	=	0.38 ~ 0.16	

ダム規模 (HWL = EL. 70 m) に対し、

発生電力	P	=	82 ~ 123	MW
電力量	E	=	280 ~ 300	GWh
Plant factor	P. f	=	0.39 ~ 0.28	

ダム最小規模 (HWL = EL. 60 m) に対し、

発生電力	P	=	20	MW
電力量	E	=	142.1	GWh
Plant factor	P. f	=	0.80	

各規模比較案に対する発生電力、電力量および年平均 Plant factor の数値は Table 6-2-2 に示す。また Appendix Table 6-2-1 に貯水位、使用貯水量、無効放流量および発電停止月数のデータを示す。

Table 6-2-2(1) Power Generation and Annual Energy Production

α	HWL (BL. m)	Qf	60 m ³ /s	70 m ³ /s	80 m ³ /s
4	85	MW	112.8	131.6	150.4
		GWh	377.4	390.6	392.2
		Pf	0.382	0.339	0.298
	80	MW	102.4	119.5	136.6
		GWh	347.1	357.3	359.2
		Pf	0.387	0.341	0.300
	75	MW	92.1	107.4	—
		GWh	314.6	321.8	—
		Pf	0.390	0.342	—
	70	MW	81.7	—	—
		GWh	279.8	—	—
		Pf	0.391	—	—
5	85	MW	141.0	164.5	188.0
		GWh	392.3	403.0	401.5
		Pf	0.318	0.280	0.244
	80	MW	128.0	149.4	170.7
		GWh	360.4	369.4	369.2
		Pf	0.321	0.282	0.247
	75	MW	115.1	134.3	—
		GWh	326.6	333.3	—
		Pf	0.324	0.283	—
	70	MW	102.2	—	—
		GWh	291.1	—	—
		Pf	0.325	—	—
6	85	MW	169.2	197.4	225.6
		GWh	403.8	410.9	407.3
		Pf	0.272	0.238	0.206
	80	MW	153.6	179.3	204.9
		GWh	370.3	377.2	375.0
		Pf	0.275	0.240	0.209
	75	MW	138.1	161.1	—
		GWh	335.6	342.1	—
		Pf	0.277	0.242	—
	70	MW	122.6	—	—
		GWh	299.6	—	—
		Pf	0.279	—	—

$$Pf = E(\text{GWh}) / P(\text{MW}) \times 8.760$$

Table 6-2-2(2) Power Generation and Annual Energy Production

① Low Dam Scheme

α	HWL (EL. m)	Qf	40 m ³ /s	50 m ³ /s	60 m ³ /s
2	65	MW	—	—	35.7
		GWh	—	—	201.0
		Pf	—	—	0.643
4	65	MW	—	59.5	—
		GWh	—	236.7	—
		Pf	—	0.454	—
6	65	MW	—	89.2	—
		GWh	—	258.3	—
		Pf	—	0.331	—
8	65	MW	—	119.0	—
		GWh	—	270.5	—
		Pf	—	0.259	—
2	60	MW	20.3	—	—
		GWh	142.1	—	—
		Pf	0.799	—	—

② High Peak Rate

α	HWL (EL. m)	Qf	50 m ³ /s	60 m ³ /s	70 m ³ /s	80 m ³ /s
8	85	MW	—	—	—	300.8
		GWh	—	—	—	416.6
		Pf	—	—	—	0.158
	80	MW	—	—	—	273.2
		GWh	—	—	—	380.8
		Pf	—	—	—	0.159
	75	MW	—	183.4	214.0	—
		GWh	—	345.0	345.1	—
		Pf	—	0.215	0.184	—
	70	MW	—	163.5	—	—
		GWh	—	310.5	—	—
		Pf	—	0.217	—	—
65	MW	119.0	—	—	—	
	GWh	270.5	—	—	—	
	Pf	0.259	—	—	—	

6.2.4 最適開発案の決定

6.2.3 節で検討した各規模比較案のうちから最適開発案を決定するに当って用いた方法は、本プロジェクトが多目的プロジェクトであることから、電力開発による便益に、洪水調節と農業灌漑によって生じる便益を加えた合計便益とプロジェクトの総事業費とを経済評価するものである。その詳細は、中間報告書1988年2月の該当各章に述べられているが、その要約を引用すると次のとおりである。

電力便益：水力の代替電源としてコンバインドサイクルを選ぶ。

その年当り、価値は次のとおりである。（後述 6.4節参照）

MW 価値：180.474 M\$/kW-Year ($i = 8\%$)
 209.091 " ($i = 10\%$)
 240.085 " ($i = 12\%$)

ここに i はディスカウントレート

MWh 価値：37.289 M\$/MWh

洪水調節便益：発電用HWL上に洪水調節用貯水容量を設け、越流頂長160mの自然越流式洪水吐によって、軽減される洪水被害額を2000年時点の金額（ただし、価格ベースは1987年）で表わしたものを便益とし次のような値を使用する。（中間報告書1988年2月 頁7-20参照）

		洪水調整便益（年当り）
HWL	85m	25.72×10^6 M\$
HWL	80m	21.64 "
HWL	75m	17.99 "
HWL	70m以下	12.71 "

農業便益：レビルダムによって調整される日量80 m³/sの水量をケララン川下流の農業生産に活用し、既存の水田46,000haに加え新規の水田19,326haで米作の増産を図ることにより見込まれる便益は次のとおりである。

（中間報告書1988年2月 頁13-2参照）

純生産増額 5.97×10^6 M\$ ($i = 8\%$)
 （年当り） 3.98 " ($i = 10\%$)
 2.09 " ($i = 12\%$)

以上の便益とプロジェクト総事業費に関する年経費との差を求めると、次のケースが有利であることがわかる。

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

ここで、総事業費が中間報告書段階の概算値であるため、やや大き目に見積られているので、純便益は多くのケースでマイナスであり、ディスカウントレート 8% で、わずか 6 ケースに僅少のプラスが見られるのみである。しかし、各ケース間の相対的差異は表現しており、全体として次のような傾向が読みとれる。

- (a) 全体としてダム高の高いケースが有利である。
- (b) ピーク率が大きく、出力の大きいケースが効果的である。

以上の結果より、HWL = 80m, Qf = 80m³/s, α = 8のケースを最適案として提案する。HWL = 85m, Qf = 80m³/s, α = 8のケースも経済効果は同等であるが、ダムによる水没面積を極力小さくするケースの方が望ましいと考えて、棄却する。

Table 6-2-3 に各規模比較案の経済評価の一覧表を示す。

Table 6-2-3 Calculation on Costs and Benefits (Unit : 10 * \$, 1987 Price)

Case	HHL (m)	Qf (m ³ /S)	α	HW	GMh	Capital Recovery Cost			O/H cost	HW Value			GMh Value	Subtotal Cost			Benefit on Flood control	Benefit Agriculture			Total Benefit		
						8%	10%	12%		8%	10%	12%		8%	10%	12%		8%	10%	12%	8%	10%	12%
1	85	60	4	112.8	377	72.40	95.61	122.18	1.96	20.19	23.40	26.87	13.95	40.22	60.22	83.32	25.72	5.97	3.98	2.09	Δ 8.53	Δ30.52	Δ55.51
2	"	"	5	141.0	392	89.61	118.88	152.61	2.45	25.24	29.25	33.58	14.50	52.32	77.58	106.98	"	"	"	"	Δ20.63	Δ47.88	Δ79.17
3	"	"	6	169.2	403	76.26	100.62	128.46	2.94	30.29	35.10	40.30	14.91	34.00	53.55	76.19	"	"	"	"	Δ 2.31	Δ23.95	Δ48.38
4	"	70	4	131.6	391	73.87	97.51	124.56	2.29	23.56	27.30	31.34	14.46	38.14	58.04	81.05	"	"	"	"	Δ 6.45	Δ28.34	Δ53.24
5	"	"	5	164.5	403	76.43	100.83	128.71	2.86	29.45	34.12	39.18	14.91	34.93	54.66	77.48	"	"	"	"	Δ 3.24	Δ24.96	Δ49.67
6	"	"	6	197.4	411	79.50	104.80	133.67	3.43	35.34	40.94	47.01	15.20	32.39	52.09	74.89	"	"	"	"	Δ 0.70	Δ22.39	Δ47.08
7	"	80	4	150.4	392	75.74	99.94	127.60	2.62	26.93	31.20	35.82	14.50	36.93	56.86	79.90	"	"	"	"	Δ 5.24	Δ27.16	Δ52.09
8	"	"	5	188.0	402	78.28	103.23	131.73	3.27	33.66	39.00	44.78	14.87	33.02	52.63	75.35	"	"	"	"	Δ 1.33	Δ22.93	Δ47.54
9	"	"	6	225.6	407	82.76	109.01	138.94	3.93	40.39	46.79	53.73	15.06	31.24	51.09	74.08	"	"	"	"	0.45	Δ21.39	Δ46.27
(A)	"	"	8	300.8	416	93.56	123.02	156.52	5.23	53.85	62.39	71.64	15.39	29.55	50.47	74.72	"	"	"	"	2.14	Δ20.77	Δ46.91
13	80	60	4	102.4	347	63.53	83.79	106.92	1.78	18.33	21.24	24.39	12.84	34.14	51.49	71.47	21.64	"	"	"	Δ 6.53	Δ25.87	Δ47.74
14	"	"	5	128.0	360	65.65	86.54	110.37	2.23	22.92	26.55	30.49	13.32	31.64	48.90	68.79	"	"	"	"	Δ 4.03	Δ23.28	Δ45.06
15	"	"	6	163.6	370	67.50	88.93	113.37	2.67	27.50	31.86	36.58	13.69	28.98	46.05	65.77	"	"	"	"	Δ 1.37	Δ20.43	Δ42.04
16	"	70	4	119.5	357	65.01	85.70	109.32	2.08	21.39	24.79	28.46	13.21	32.49	49.78	69.73	"	"	"	"	Δ 4.88	Δ24.16	Δ46.00
17	"	"	5	149.4	369	67.30	88.67	113.04	2.60	26.75	30.99	35.58	13.65	29.50	46.63	66.41	"	"	"	"	Δ 1.89	Δ21.01	Δ42.68
18	"	"	6	179.3	377	70.35	92.62	117.97	3.12	32.10	37.19	42.70	13.95	27.43	44.60	64.44	"	"	"	"	0.18	Δ18.98	Δ40.71
19	"	80	4	136.6	356	66.45	87.56	111.66	2.38	24.46	28.33	32.53	13.17	31.20	48.44	68.34	"	"	"	"	Δ 3.59	Δ22.82	Δ44.61
20	"	"	5	170.7	365	68.67	90.45	115.27	2.97	30.56	35.41	40.66	13.50	27.58	44.51	64.08	"	"	"	"	0.03	Δ18.89	Δ40.35
21	"	"	6	204.9	370	72.74	95.69	121.82	3.57	36.68	42.50	48.80	13.69	25.94	43.07	62.90	"	"	"	"	1.67	Δ17.45	Δ39.17
(B)	"	"	8	273.2	380	83.98	110.27	140.11	4.75	48.91	56.67	65.07	14.06	25.76	44.29	65.73	"	"	"	"	1.85	Δ18.67	Δ42.00
22	75	60	4	92.1	314	57.57	75.79	96.57	1.60	16.49	19.10	21.94	11.62	31.06	46.67	64.61	17.99	"	"	"	Δ 7.10	Δ24.70	Δ44.53
23	"	"	5	115.1	327	59.57	78.39	99.82	2.00	20.61	23.87	27.41	12.10	28.86	44.42	62.31	"	"	"	"	Δ 4.90	Δ22.45	Δ42.23
24	"	"	6	138.1	336	61.66	81.10	103.22	2.40	24.72	28.64	32.89	12.43	26.91	42.43	60.30	"	"	"	"	Δ 2.95	Δ20.46	Δ40.22
25	"	70	4	107.4	321	58.86	77.47	98.67	1.87	19.23	22.28	25.58	11.87	29.63	45.19	63.09	"	"	"	"	Δ 5.67	Δ23.22	Δ43.01
26	"	"	5	134.3	332	60.98	80.22	102.11	2.34	24.04	27.86	31.99	12.28	27.00	42.42	60.18	"	"	"	"	Δ 3.04	Δ20.45	Δ40.10
27	"	"	6	161.1	340	64.19	84.37	107.29	2.80	28.84	33.42	38.37	12.58	25.57	41.17	59.14	"	"	"	"	Δ 1.61	Δ19.20	Δ39.06
(C)	"	"	8	214.0	345	74.74	98.04	124.43	3.72	38.31	44.39	50.97	12.76	27.39	44.61	64.42	"	"	"	"	Δ 3.43	Δ22.64	Δ44.34
28	70	60	4	81.7	280	52.50	69.02	87.79	1.42	14.63	16.95	19.46	10.36	28.93	43.13	59.39	12.71	"	"	"	Δ10.25	Δ26.44	Δ44.59
29	"	"	5	102.2	291	54.33	71.39	90.77	1.78	18.30	21.20	24.34	10.76	27.05	41.21	57.45	"	"	"	"	Δ 8.37	Δ24.52	Δ42.65
30	"	"	6	122.6	299	55.89	73.42	93.31	2.13	21.95	25.43	29.20	11.06	25.01	39.06	55.18	"	"	"	"	Δ 6.33	Δ22.37	Δ40.38
(D)	"	"	8	163.5	311	67.15	87.99	111.57	2.84	29.27	33.91	38.94	11.50	23.92	45.42	63.97	"	"	"	"	Δ10.54	Δ28.73	Δ49.17
31	65	"	2	35.7	201	43.23	56.91	72.51	0.62	6.39	7.40	8.50	7.44	30.02	42.69	57.19	"	"	"	"	Δ11.34	Δ26.00	Δ42.39
32	"	50	4	59.5	237	48.38	63.60	80.89	1.04	10.65	12.34	14.17	8.77	30.00	43.53	58.99	"	"	"	"	Δ11.32	Δ26.84	Δ44.19
33	"	"	6	89.2	258	51.54	67.69	86.01	1.55	15.97	18.50	21.24	9.54	27.58	41.20	56.78	"	"	"	"	Δ 8.90	Δ24.51	Δ41.98
34	"	"	8	119.0	270	53.82	70.64	89.71	2.07	21.30	24.68	28.34	9.99	24.60	38.04	53.45	"	"	"	"	Δ 5.92	Δ21.35	Δ38.65
35	60	40	2	19.9	142	40.78	53.68	68.37	0.35	3.56	4.13	4.74	5.25	32.32	44.65	58.73	"	"	"	"	Δ13.64	Δ27.96	Δ43.93

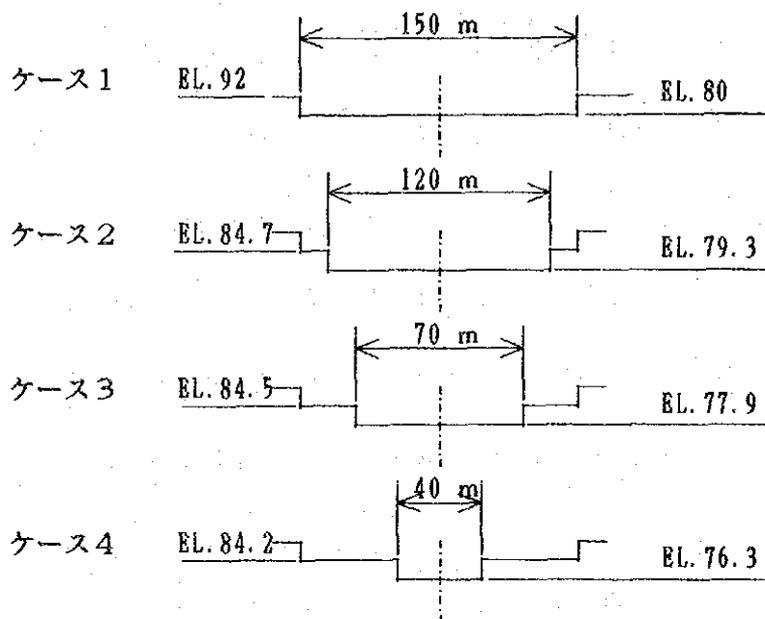
Note: ○ Capital Recovery Cost = Present Worth of Construction Cost (at 1998) × Capital Recovery Factor (Life Time : 50)
 ○ HW Value = 160.474 [\$/HW-year at i=8%], 209.051 [\$/HW-year at i=10%], 240.085 [\$/HW-year at i=12%] at Sending End
 ○ GMh Value = 37.269 [\$/GMh] at Sending End
 ○ O/H Cost = HW × 1.45 [\$/HW-month] × 12

6.3 最適案の主要諸元の決定

6.3.1 発電常時満水位

前節6.2において、多目的ダム計画としての最適案は、発電用常時満水位（H. W. L）が80.0mのものであることを求めたが、本節では洪水調節目的をさらに強く求めた場合、即ち発電用貯水量を多少割り込んだ場合に、洪水調節効果から得られる便益と発電効果が少しそがれる損失の量とが、どのような関係にあるかを求め、発電常時満水位の妥当性を再確認する。

この目的のために、次のような洪水吐ケースを設定し、それぞれのケースにつき、貯水池運用計算を行い、発電と洪水調節の便益の和がどのように変化するかを求めた。



上記の各ケースに対する便益は次のとおりである。

ケース	MW	GWh	電力便益 10 ⁶ M\$	洪水流入 量 m ³ /s	洪水放流 量 m ³ /s	ピークカット 率 %	洪水便益 10 ⁶ M\$	便益合計 10 ⁶ M\$
1	267.6	373.3	69.87	5,560	3,190	43	16.98	86.85
2	262.0	366.6	68.46	5,560	2,920	47	17.90	86.36
3	246.2	358.5	64.85	5,560	2,260	59	19.87	84.72
4	227.6	348.1	60.57	5,560	1,660	70	21.25	81.82

- 注 1) 電力便益の算出は 10 % ディスカウントレートの時
 MW 価値 M\$ 209.1/年, MWh 価値 M\$ 37.289 (第6章 6.4節参照)
- 2) 洪水流入量は50年-100年確率洪水量相当
- 3) 洪水便益の算出は第7章 7.6節参照(2000年level, 1987年 price)

なお、事業費の方は、ダムの所要高さは各ケース間で全く変わらず、逆に洪水吐工事費はケース 2~ケース 4で越流頂標高を下げるため、増加する。発電設備工事費は出力が減少するため、若干程度減じるが、kW当りコストは増加する。

このため、HWL を80m以下にさげて、洪水目的を追求すると、多目的ダムとしての経済効果は減少する。従って本計画はHWL 80mをもって進める。

6.3.2 水圧トンネルの最適径

水力発電計画において、水路の断面をいかに決定するかは、きわめて重要な基本点である。

ここでは、水路のまさつ損失による電力の損失と水路の工事費に由来する年経費との和をコストと考え、この値が最小となるトンネル内径を求める。検討するケースとして、水圧トンネル2本と3本の場合をとりあげる。その結果は次のとおりである。

トンネル2本案

トンネル 内径 m	トンネル内 流速 m/s	トンネル内 損失水 頭 m	損 失 kW	損 失 kWh $\times 10^6$	損失便益 M\$ $\times 10^6$	トンネル 工事費 M\$ $\times 10^6$	工事に関 する年経 費 M\$ $\times 10^6$	コスト 計 M\$
10.09	4.0	0.952	5,140	7.16	1.34	39.71	5.24	6.58
9.52	4.5	1.222	6,600	9.19	1.72	35.06	4.63	6.35
9.03	5.0	1.530	8,260	11.50	2.15	30.96	4.09	6.24
8.61	5.5	1.877	10,130	14.11	2.64	27.01	3.57	6.21
8.24	6.0	2.261	12,200	17.00	3.18	24.96	3.29	6.47
7.92	6.5	2.685	14,500	20.20	3.78	23.22	3.07	6.85
7.63	7.0	3.146	16,980	23.65	4.42	21.74	2.87	7.29

トンネル3本案

トンネル内径 m	トンネル内流速 m/s	トンネル内損失水頭 m	損失 kW	損失 kWh	損失便益 M\$	トンネル工事費 M\$	工事に関する年経費 M\$	コスト計 M\$
8.24	4.0	1.002	5,140	7.16 ×10 ⁶	1.34 ×10 ⁶	38.24 ×10 ⁶	5.05 ×10 ⁶	6.39
7.77	4.5	1.288	6,950	9.68	1.81	34.36	4.54	6.35
7.37	5.0	1.619	8,740	12.17	2.28	31.25	4.13	6.41
7.03	5.5	1.989	10,740	14.96	2.80	28.79	3.80	6.60
6.73	6.0	2.403	12,970	18.06	3.38	26.59	3.51	6.89
6.46	6.5	2.862	15,450	21.52	4.03	24.80	3.27	7.30
6.23	7.0	3.363	18,160	25.30	4.73	23.24	3.07	7.80

- 注 1) 電力便益の算出は 10 %ディスカウントレートの時
 MW価値 M\$ 209.1/年, MWh 価値 M\$ 37.289 (第6章 6.4節参照)
- 2) 工事費の算出基礎は第13章 13.2 節に示された工事単価を使用。
- 3) 発電最大使用水量は 640 m³/sを使用。

以上の結果からトンネル内流速が 4.5 m/s ~ 5.5 m/s の範囲が最適であることがわかる。本計画では、水圧トンネルが建設されるダムサイト左岸の地形条件から、トンネル被りを大きくとれないので、出来る限りトンネル径を抑えるという観点からトンネル2本案に対してトンネル内径を 8.6 m と決定する。トンネル3本案の場合は 7.8 m が適当である。

6.3.3 水圧トンネルの本数と発電機台数

水圧トンネルの本数と発電機台数を適切に選ぶに当って、電力系統の大きさ、発電機製造メーカーの実績、運搬条件、運転・保守の便利さを考慮したうえ、トンネル2本/発電機2台案とトンネル3本/発電機3台案の2ケースを選び、工事費比較を行なったうえ、経済的に有利な案を採用する。

検討の結果を示すと次のとおりとなる。

項 目		トンネル2本/発電機2台	トンネル3本/発電機3台
水路トンネル 土木工事	掘削量	104,250 m ³	114,990 m ³
	コンクリート量	20,370 m ³	26,280 m ³
	工事費	27.005×10 ⁶ M\$	33.073×10 ⁶ M\$
発電所 土木工事	掘削量	235,000 m ³	247,690 m ³
	コンクリート量	74,000 m ³	78,290 m ³
	工事費	43.431×10 ⁶ M\$	43.567×10 ⁶ M\$
電気機器 工事	工 期	23 カ月	26 カ月
	工事費	137.7 ×10 ⁶ M\$	156.8 ×10 ⁶ M\$
計	工事費	208.1 ×10 ⁶ M\$	233.4 ×10 ⁶ M\$

- 注 1) 水路トンネル掘削には取水口掘削を含むが、明り掘削量は単価比率でトンネル掘削量に換算した。
- 2) トンネル3本案においてトンネル内径は流速 5.5m/sに相当する 7.0mを採用。

以上からわかるとおり、トンネル2本案と3本案とでは、発電所の土木工事費では殆んど差がないが、水路トンネル工事と電気機器工事で差が出て、全体としては25百万マレイシアドルだけトンネル2本案が安い。従って、本計画はトンネル2本、発電機2台案を採用する。

この場合、トンネル内径は8.6m、発電機単機容量は133.8MWとなるが、技術上、特に問題となる点は考えられない。

6.3.4 放水路断面と延長

放水路断面の決定と放水路を発電所からの最短長とせず、さらに下流まで延長することによって経済的なメリットが得られるかどうかの検討を行った。その結果は次のとおりである。

(a) 放水路断面の決定

放水路延長最短500mに対し、各種の水路勾配に対する電力損失を金額に換算すれば、次のようになる。水路流量は最大使用水量の640m³/sとする。

水路勾配	損失落差 m	損失 kW	損失 kWh	損失便益 M\$
1/1000	0.500	2,697	3.748 × 10 ⁶	7.032 × 10 ⁶
1/1500	0.333	1,800	2.501	4.693
1/2000	0.250	1,348	1.874	3.515
1/2500	0.200	1,079	1.500	2.813
1/3000	0.167	897	1.247	2.339
1/3500	0.143	770	1.070	2.007
1/4000	0.125	676	0.940	1.763
1/4500	0.111	598	0.831	1.559
1/5000	0.100	539	0.749	1.405

また、放水路各種断面の場合の工事費とそれに関する年経費は次のとおりである。なお、放水路断面はインバート幅をパラメーターとし、のり勾配は1:1の台形断面とする。

インバート幅=15m

(cost:10⁶)

水路勾配	等流水深 (m)	流 速 (m/s)	掘 削 量 (m ³)	コンクリート量 (m ³)	工事費 (M\$)	工事費に關する 年経費 (M\$)	コスト計 (M\$)
1/1000	5.9	5.22	477,000	12,800	6.07	0.80	1.57
1/1500	6.6	4.51	501,000	13,400	6.37	0.84	1.36
1/2000	7.2	4.08	520,000	13,800	6.58	0.87	1.26
1/2500	7.6	3.74	536,000	14,200	6.78	0.89	1.20
1/3000	8.0	3.51	550,000	14,500	6.94	0.92	1.18
1/3500	8.3	3.31	561,000	14,700	7.06	0.93	1.15
1/4000	8.6	3.15	572,000	14,900	7.18	0.95	1.14
1/4500	8.9	3.02	576,000	15,200	7.28	0.96	1.13
1/5000	9.2	2.91	592,000	15,400	7.43	0.98	1.13

インバート幅=20m

(cost:10⁶)

水路勾配	等流水深 (m)	流 速 (m/s)	掘 削 量 (m ³)	コンクリート量 (m ³)	工事費 (M\$)	工事費に關する 年経費 (M\$)	コスト計 (M\$)
1/1000	5.1	5.06	512,000	9,500	5.56	0.73	1.50
1/1500	5.7	4.38	533,000	9,900	5.79	0.76	1.28
1/2000	6.2	3.96	551,000	10,300	6.00	0.79	1.18
1/2500	6.6	3.66	566,000	10,600	6.16	0.81	1.12
1/3000	7.0	3.44	581,000	10,900	6.33	0.84	1.10
1/3500	7.3	3.25	592,000	11,200	6.47	0.85	1.07
1/4000	7.6	3.10	602,000	11,400	6.59	0.87	1.06
1/4500	7.8	2.97	611,000	11,600	6.70	0.88	1.05
1/5000	8.1	2.87	621,000	11,800	6.81	0.90	1.05

インバート幅=30m

(cost:10⁶)

水路勾配	等流水深 (m)	流 速 (m/s)	掘 削 量 (m ³)	コンクリート量 (m ³)	工事費 (M\$)	工事費償却 年経費 (M\$)	コスト計 (M\$)
1/1000	4.1	4.73	590,000	11,000	6.42	0.85	1.62
1/1500	4.6	4.12	610,000	12,000	6.77	0.89	1.41
1/2000	5.0	3.73	630,000	12,100	6.93	0.91	1.30
1/2500	5.3	3.45	640,000	12,400	7.07	0.93	1.24
1/3000	5.6	3.24	654,000	12,600	7.21	0.95	1.21
1/3500	5.9	3.09	664,000	12,800	7.32	0.97	1.19
1/4000	6.1	2.94	675,000	13,000	7.44	0.98	1.17
1/4500	6.3	2.82	683,000	13,200	7.53	0.99	1.16
1/5000	6.5	2.72	691,000	13,300	7.61	1.00	1.15

インバート幅=40m

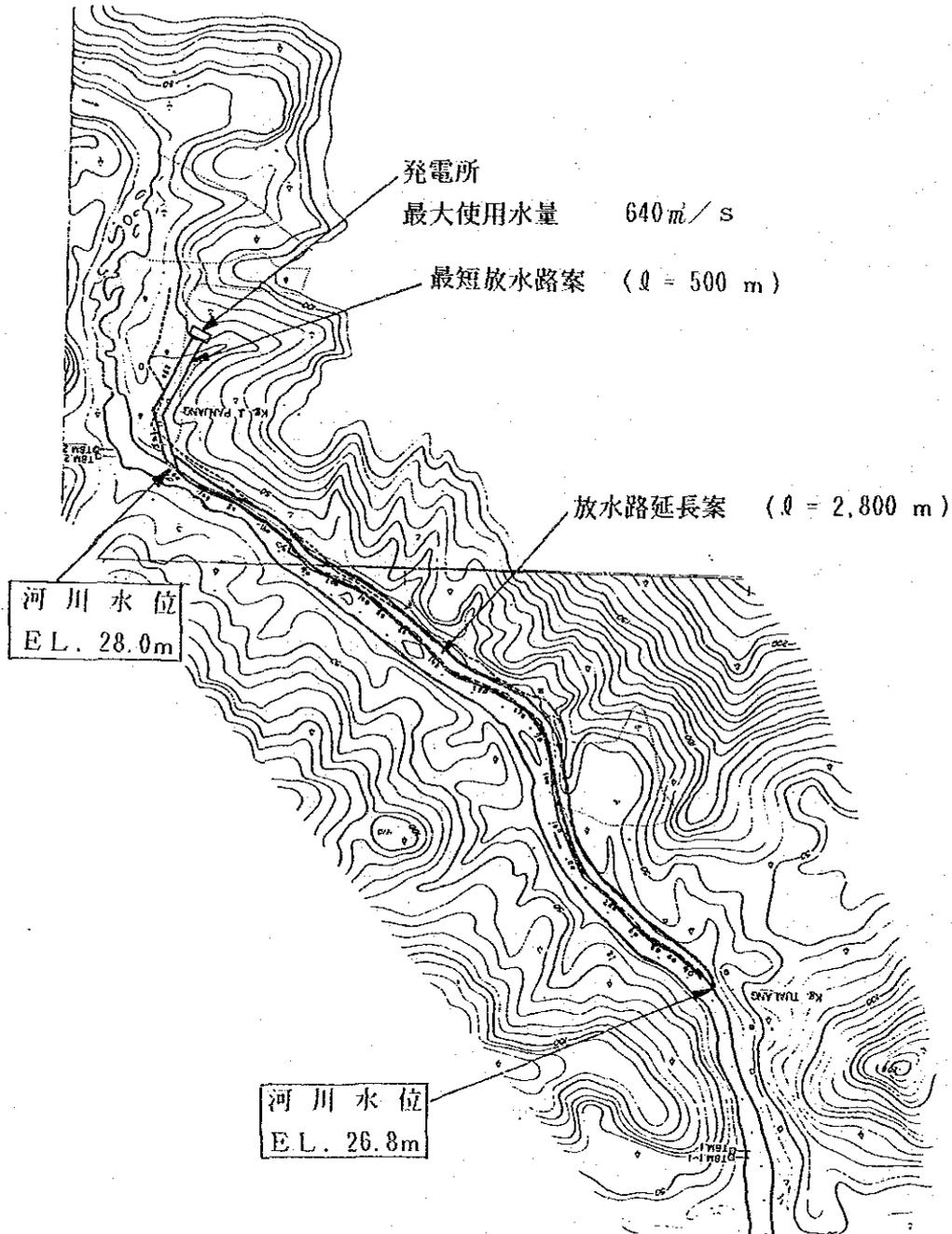
(cost:10⁶)

水路勾配	等流水深 (m)	流 速 (m/s)	掘 削 量 (m ³)	コンクリート量 (m ³)	工事費 (M\$)	工事費償却 年経費 (M\$)	コスト計 (M\$)
1/1000	3.4	4.36	680,000	13,600	7.61	1.00	1.73
1/1500	3.9	3.86	700,000	14,000	7.83	1.03	1.55
1/2000	4.2	3.49	710,000	14,300	7.96	1.05	1.44
1/2500	4.5	3.25	727,000	14,500	8.12	1.07	1.38
1/3000	4.7	3.04	736,000	14,700	8.23	1.09	2.44
1/3500	5.0	2.91	750,000	14,900	8.37	1.10	1.32
1/4000	5.2	2.79	759,000	15,000	8.45	1.12	1.31
1/4500	5.4	2.68	769,000	15,200	8.56	1.13	1.30
1/5000	5.5	2.57	773,000	15,300	8.61	1.14	1.29

以上の結果は、水路勾配は 1/3000 以下、緩るい方が有利であること、およびインバート幅に関しては 20 mが最も有利であることを示している。従って、以上の範囲で、工事量の最も少ない勾配 1/3000 インバート幅 20 mの案を採用する。

(b) 放水路延長案の検討

放水路を最短長にとどめず、下流トワラン付近まで延長する案を検討する。
概略配置は下図のとおりである。



放水路を 2,300m 延長することにより、河川の落差 1.2m を得ることができる。
増分の水路の勾配は $1.2/2,300 (=1/1917)$ である。

上記の諸元を基本として以下のような経済的妥当性の検討を行なった。

放水路延長による増加便益 (年当り)

$$\text{kW 価値} = 6,473 \text{ kW} \times 209 \text{ M\$/kW} = 1.353 \times 10^6 \text{ M\$}$$

$$\text{kWh 価値} = 9.02 \times 10^6 \text{ kWh} \times 0.0372 \text{ M\$/kWh} = 0.336 \times 10^6 \text{ M\$}$$

$$\text{計} \quad 1.689 \times 10^6 \text{ M\$}$$

放水路増加工事費 (延長 2,300m 分)

インバート幅 20 m 水路勾配 $1/2,000$ の放水路 1 m 当りの
建設費 M\$ 10,190/m

延長 2,300m に対し、工事費は M\$ 23.437×10^6 となる。

これを 10 % ディスカウントレートで割引く (割引率 0.132) と
年経費は、M\$ 3.09×10^6 となる。

放水路延長案の B/C

$$\text{B/C} = 1.689/3.09 = 0.547$$

以上からわかるとおり、放水路延長案の経済的メリットは低い。従って、
本計画は、放水路最短案を採用する。

6.3.5 発生電力と発電量

前節 6.3.4までに採用された発電水力計画基本諸元にもとずき、最適案としての発生電力と発電量を以下に求める。

(a) 水路損失水頭

最大使用水量 640 m³/sの場合の損失水頭は次のとおりである。

種 類	水路 No. 1	水路 No. 2
	(m)	(m)
① 入口損失	0.118	0.118
② スクリーン	0.055	0.055
③ トンネルまさつ	0.509	0.549
④ トンネル曲り	0.422	0.424
⑤ トンネル漸縮	0.003	0.003
⑥ ドラフト	0.078	0.078
⑦ 放水庭漸縮	0.037	0.037
⑧ 放水庭水面低下	0.566	0.566
⑨ 放水路勾配	0.179	0.179
⑩ その他余裕	0.363	0.348
計	2.330	2.357

(b) 貯水池運用計算結果

6.2.2 節および 6.2.3 節で述べた貯水池運用計算を下記の基本数値によっておこなった結果について述べる。

計算基本条件

HWL	80.0 m
LWL	60.0 m
最大使用水量	640 m ³ /s
放水口河川水位	28.0 m
損失落差	2.34 m
水車発電機の 合成効率	0.88

計算の結果は次のとおりである。

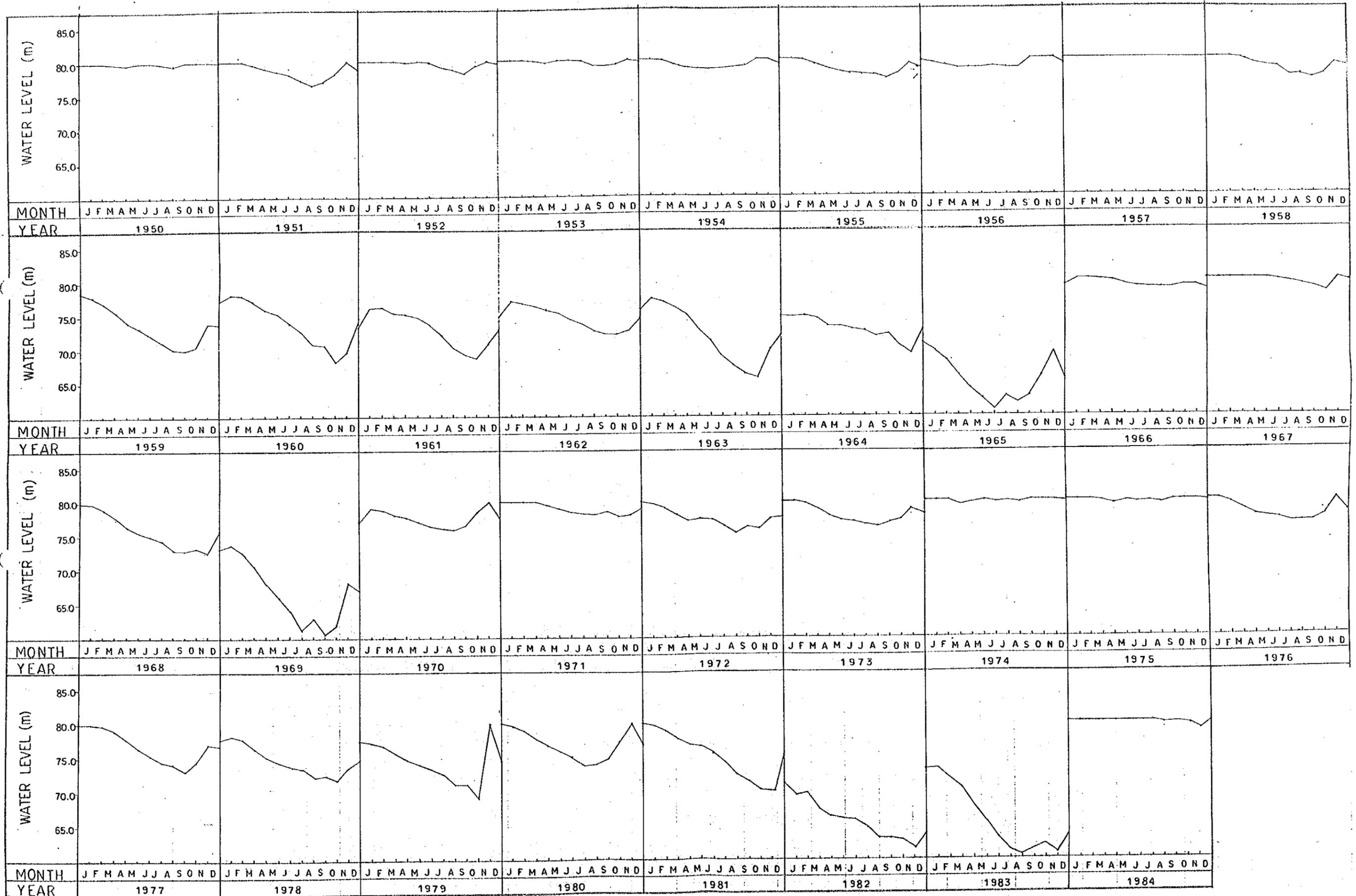
最大出力	267.600 MW
年間発生電力量 (1950-1984 35カ年平均)	373.28 GWh
年平均プラントファクター	15.9 %

月間発生電力量

	GWh
3月	26.50
4月	23.84
5月	25.98
6月	23.63
7月	22.64
8月	22.64
乾期小計	145.23
9月	22.91
10月	28.20
11月	36.70
12月	68.98
1月	44.65
2月	26.61
雨期小計	228.05
年間合計	373.28

35年間の月別流入量、貯水位の変動および発電出力と発電量を Figs. 6-3-1 , 6-3-2 および 6-3-3に示す。

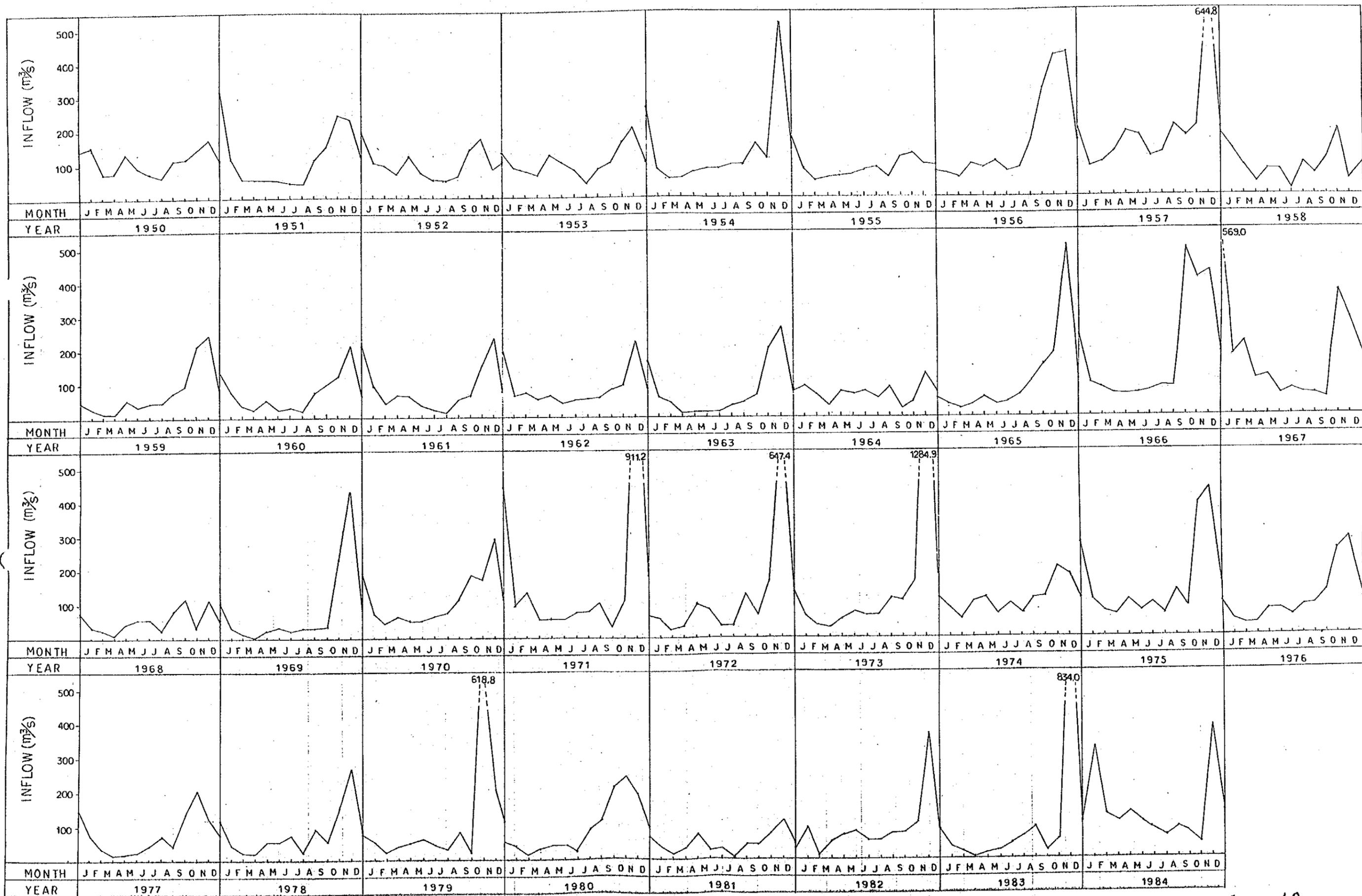
Fig. 6-3-1 Monthly Water Level into Reservoir



6
1
99

18

Fig. 6-3-2 Reservoir Inflow due to Power Generation (by Simulation Model)

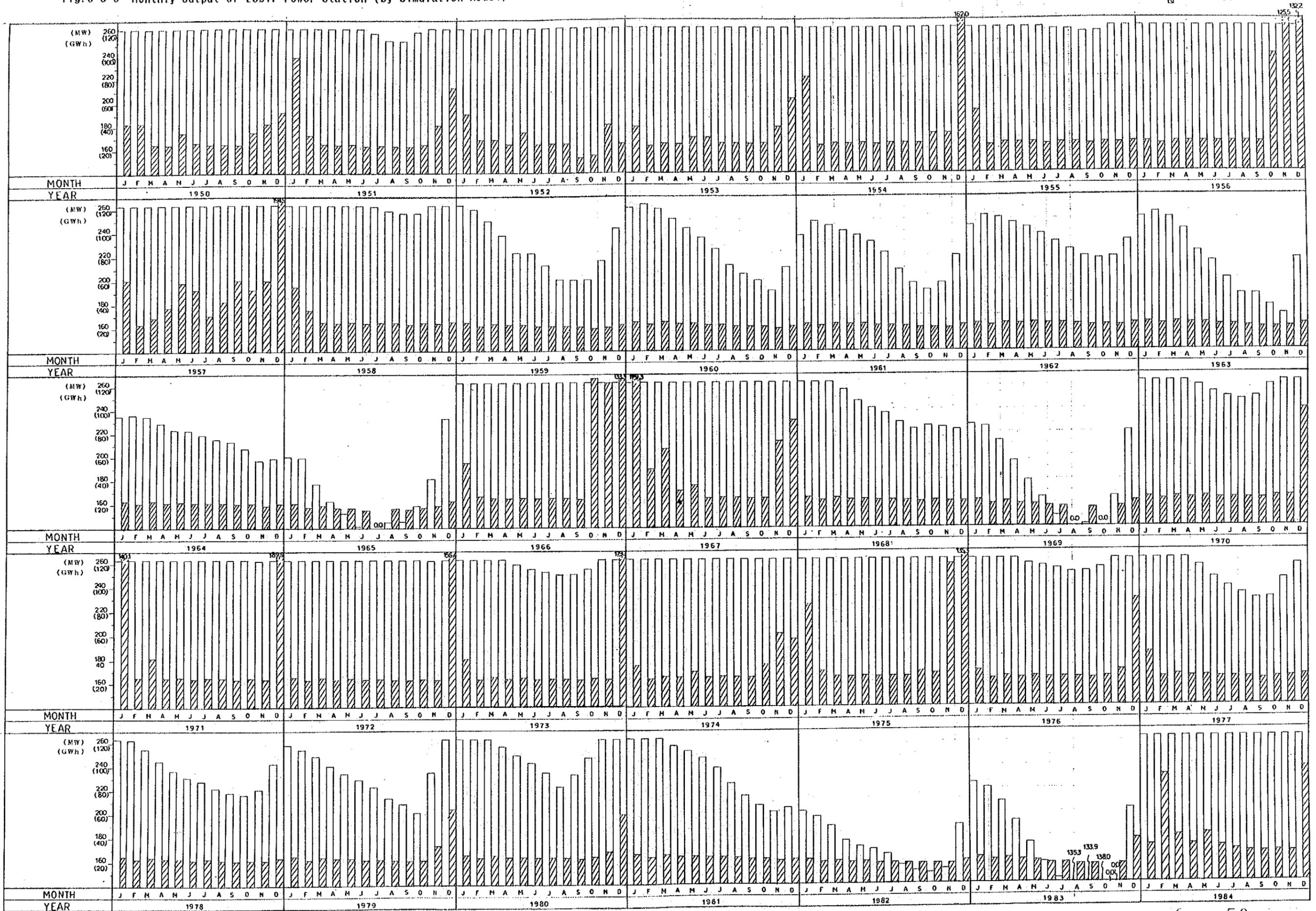


6
58

99

Fig. 6-3-3 Monthly Output of Lebir Power Station (by Simulation Model)

□ : Output (MW)
 ▨ : Energy (GWh)



6
1
51

6.4 電力便益の評価

レビル水力発電所の電力便益は、この発電所によって、電力系統へ送り出される電力および電力量を他の代替案によって代替する場合の費用によって評価することができる。これらの電力便益は、送電端における固定費および変動費の2つのエレメントから算出される。

6.4.1 固定費

Table 6-4-1 は、現在NEBが考慮中の開発候補電源について固定費の計算条件および計算結果を示したものである。

これらの計算結果を示すと次のとおりである。

すなわち、この計算結果によると、コンバインド・サイクルCCYW (300 MW) が最も安価であり、石炭火力C500 (500 MW) が最も高価である。

電 源 種 別	年 固 定 費 [\$/KW-year] (ディスカウントレート = 0.1)
ピークガスタービン (G90W)	243.98
Port Klang - I type (G300)	251.21
Port Klang - II type (C299)	362.62
コンバインド・サイクル (CCYE)	274.16
" (CCYW)	209.09
石 炭 火 力 (C500)	375.27

6.4.2 変動費

Table 6-4-2 は、変動費を計算するために必要な燃料価格などの条件を示したものである。これらのデータの内、石炭を除く燃料価格および最低負荷時の条件は、NEBの資料に準拠したが、その他の条件は、JICA調査チームが見積ったものである。

Table 6-4-3 は、現在NEBが考慮中の開発候補電源について、変動費の計算条件および計算結果を示したものである。ここでも、所内率については、JICA調査チームが見積ったものである。これらの計算結果の内、定格負荷時における値を示すと、次のとおりである。

電 源 種 別	変 動 費		備 考	
	[\$/MWh]		[\$/MBTU]	[\$/t]
	(in 1995)			
ピークガスタービン (G90W)	42.220		3.3	
Port Klang - I type (G300)	32.869		3.3	
Port Klang - II type (C299)	48.135			113.7
コンバインド・サイクル (CCYB)	24.218		2.5	
” (CCYW)	31.328		3.3	
石 炭 火 力 (C500)	47.774			113.7

すなわち、この計算結果によると、コンバインド・サイクルCCYB (291 MW) が、最も安価で、石炭火力C299 (300 MW) が、最も高価である。

6.4.3 トータルコスト

Table 6-4-4 は、Table 6-4-1 に示した年固定費およびTable 6-4-3 に示した変動費を用いて、最低負荷時 (Table 6-4-2 参照) および定格負荷時におけるトータルコスト (\$/KW-year) を計算したものである。また、Fig. 6-4-1 は、年間の負荷率を変数として、トータルコスト (\$/KW-year) を図示したものである。

6.4.4 電力便益を評価するための単価

レビル水力発電所の、電力便益を評価するために使用されるべき単価は、FIG. 6-4-1 から次のとおり考えられる。

レビル水力発電所のプラントファクターは比較的小さく、その領域で最も安価に代替できる電源は、コンバインド・サイクルCCYWである。したがって、電力便益を評価するための単価としては、コンバインド・サイクルCCYWの固定費および変動費を適用すべきである。

コンバインド・サイクルCCYWの1987年価格による固定費および変動費を2000年前後にわたって求めると、次のとおりである。

代 替 案		コンバインド・サイクル (CCYW)	
固 定 費	[\$/KW-year]	209.09	
変 動 費			
年		[\$/MWh]	[\$/MBTU]
1995		34.915	(3.3)
1999		37.289	(3.538)
2000		37.907	(3.6)
2001		39.373	(3.747)
2002		40.910	(3.901)

なお、変動費の計算に当って、燃料価格のエスカレーションは、NEBの想定値を適用して算出した。また、ここに求めた値は、レビル水力発電所のプラントファクターが小さい点を考慮して、最低負荷時におけるヒートレート (Efficiency) を適用している。レビル水力発電所の電力便益額の計算は、後の「第14章 経済・財務分析」の章で行うこととし、ここでは、単価の算出にとどめる。

Table 6.4.1 Fixed Cost (Constant Price at 1987)

Plant Name	Fuel type	Capacity (MW)	Construction cost (\$/kW)	Construction Period (k) (years)	Life time (n) (years)	Residual (P.U) (value rate(z))	Forced Outage rate (%)	Maintenance days/year (days)	Station use rate (P.U)	Fixed O/R Cost (\$/kW-month)	Annual Fixed cost (Discount rate (i)=0.1) (\$/kW-year)
Peaking Gas turbine (C 90W)	GT	90	900	2.0	15	0	45	21	0.01	0.08	243.98
Port Klang-I type (C 300)	O/NG	300	1527	4.5	25	0	7	38	0.04	0.06	251.21
Port Klang-II type (C 299)	C	300	1805	4.5	25	0	11	44	0.085	1.92	362.62
Combined cycle (CCYE)	C.C	291	1541	3.0	20	0	10	36	0.04	1.15	274.16
Combined cycle (CCYH)	C.C	300	1150	3.0	20	0	10	36	0.04	1.15	209.89
Coal-fired (C 500)	C	500	1736	5.0	25	0	15	50	0.085	1.53	375.27

Note:

$$\text{Annual Fixed cost} = \left[\frac{\text{Construction cost} \times \left\{ \frac{(1+i)^k - 1}{k} \right\}}{(1+i)^n - 1} - Z \cdot \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] + \text{Fixed O/R cost} \times 12 \div \left[\left(1 - \frac{\text{Forced Outage rate}}{100} \right) \left(1 - \frac{\text{Maintenance days}}{365} \right) \right] (1 - \text{Station use rate})$$

Table 6.4.2 Fuel Price and Others (Constant Price at 1987)

Fuel type	Fuel Price				Thermal Content	Moisture Content	Minimum Load (%)
	(1987)	(1990)	Equivalent US\$ Per unit	Escalation (%/year)			
Gas-turbine oil	—	312 \$/t	17.86 US\$/bbl	3.86	9700 kcal/l	0	44.4
Fuel Oil	—	300 \$/t	17.17 US\$/bbl	3.86	9700 kcal/l	0	33.3
Natural Gas	—	2.5 \$/HBTU	3.968 US\$/HKcal	0.00	—	0	33.3
	—	3.3 \$/HBTU	5.238 US\$/HKcal	0.00	—	0	33.3
Coal	105 \$/t	—	42.0 US\$/t	1.00	8500 kcal/kg	0.07	40.0

Note:

Exchange Rate = 2.5 Hs/US\$, 1 bbl = 159.2, Specific Gravity of Oil = 0.9

Table 6.4.3 Variable Cost (Constant Price at 1987)

Plant Name	Load	Heat rate (Efficiency)	Fuel Price (1995)		Specific Gravity	Thermal content		Moisture Content	Station Use	Variable O/H Cost (\$/MWh)	Variable cost (\$/MWh) : 1995			Loading order
			Oil (\$/t)	Gas (\$/MBTU)		Oil kcal/d	Coal kcal/kg				Oil	Gas (\$/MBTU)	Coal	
690W	rated	2965 (29)	377.0	2.5 (3.3)	0.9	9700	-	0.01	3.00	107.761	32.712	42.220	3	
	min.	3042 (28)								110.482	33.483	43.238		
6300	rated	2263 (38)	362.5	2.5 (3.3)	0.9	9700	-	0.04	2.00	81.285	25.386	32.869	2	
	min.	2531 (34)								90.675	28.155	36.525		
C299	rated	2293 (37.5)	-	-	-	-	6500	0.07	1.00				5	
	min.	2590 (33)												
CCYE	rated	2150 (40)	-	2.5	-	-	-	0.04	2.00		24.218		1	
	min.	2413 (35.7)									26.936			
CCYH	rated	2150 (40)	-	3.3	-	-	-	0.04	2.00			31.328	4	
	min.	2413 (35.7)										34.915		
C500	rated	2263 (38)	-	-	-	-	6500	0.07	1.00				4	
	min.	2470 (35)												

Note :

$$\text{Oil : Variable cost} = \frac{\text{Heat rate [kcal/kWh]} \times \text{Fuel Price [$/t]} \times \text{Specific gravity}}{\text{Thermal content [kcal/d]} \times (1 - \text{moisture content}) \times (1 - \text{Station use})} + \text{Variable O/H cost} \quad [$/MWh]$$

$$\text{Gas : Variable cost} = \frac{\text{Heat rate [kcal/kWh]} \times \text{Fuel Price [$/MBTU]}}{252 \times (1 - \text{Station Use})} + \text{Variable O/H cost} \quad [$/MWh]$$

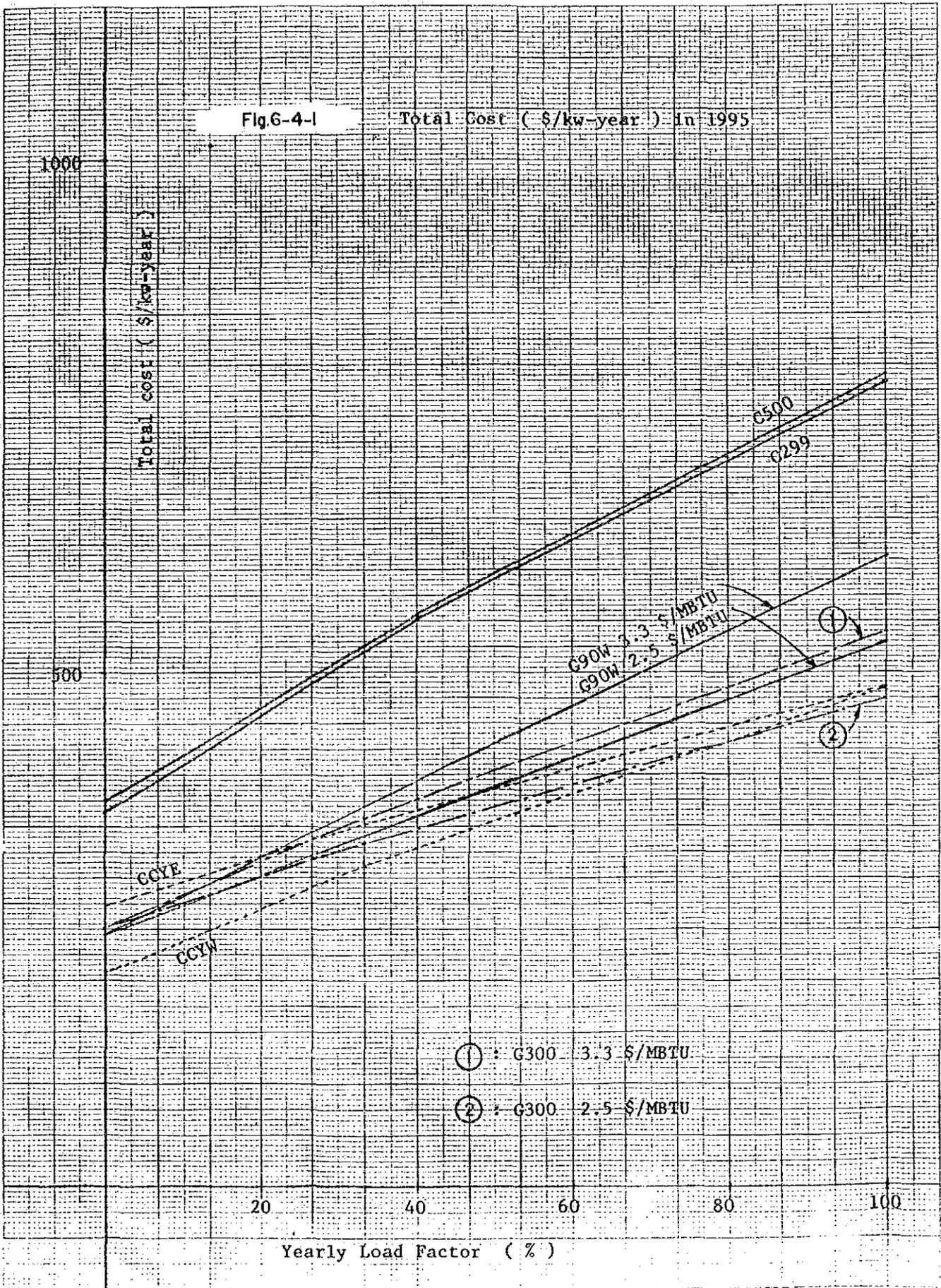
$$\text{Coal : Variable cost} = \frac{\text{Heat rate [kcal/kWh]} \times \text{Fuel Price [$/t]}}{\text{Thermal content [kcal/kg]} \times (1 - \text{moisture content}) \times (1 - \text{Station use})} + \text{Variable O/H cost} \quad [$/MWh]$$

Table 6.4.4 Total Cost (Constant Price at 1987)

Plant Name	Fixed cost (\$/kW-year)	Variable cost (\$/kW-year) : 1995						Total cost (\$/kW-year) : 1995								
		Minimum Load		Rated Load		Minimum Load		Minimum Load		Rated Load		Rated Load				
		2.5 \$/HBTU	3.3 \$/HBTU	113.7\$/t	2.5 \$/HBTU	3.3 \$/HBTU	113.7 \$/t	2.5 \$/HBTU	3.3 \$/HBTU	113.7 \$/t	2.5 \$/HBTU	3.3 \$/HBTU	113.7 \$/t	2.5 \$/HBTU	3.3 \$/HBTU	113.7 \$/t
G90H	243.98	130.36	168.34	113.75/t	286.56	369.85	113.7 \$/t	374.34	412.32	113.7 \$/t	530.54	613.83	113.7 \$/t	530.54	613.83	113.7 \$/t
G300	251.21	82.21	106.65		222.38	287.93		333.42	357.86		473.59	539.14		473.59	539.14	
C299	362.62			190.06			421.66									784.28
CCYE	274.16	78.65			212.15	274.43		352.81			486.31			486.31		
CCYH	209.09		101.95				416.27									
C500	375.27			181.42												791.54

Fig.6-4-1

Total Cost (\$/kw-year) In 1995



7. 洪水制御計画

7. 洪水制御計画

7.1 洪水制御計画と発電計画との関連

ここでの洪水防御計画の検討の手順は、日本国の建設省が規定している「河川砂防技術基準」（以下、基準書と記す）に従い、検討を加え、さらに、マレーシア国の国情に合い、ケラントン川流域の特性をも配慮した考察によって、検討を行うものである。洪水制御計画の一環の中での発電および洪水制御を行う多目的ダム計画のダム容量の決定に当っては洪水制御の量を定める必要がある。基準書の総説では、洪水防御計画について次の如く述べている。

『洪水防御計画は、河川の洪水による災害を防止または軽減するため、計画基準において計画の基本となる洪水のハイドログラフ（以下基本高水という）を設定し、この基本高水に対してこの計画の目的とする洪水防御効果が確保されるよう策定するものとする。

このため、洪水防御計画は、基本高水に対してこの計画により設置される施設が水系を一貫して相互に技術的、経済的に調和がとれ、かつ、十分にその目的とする機能を果たすよう策定されなければならない。

また、洪水防御計画の策定に当っては、河川の持つ治水、利水、環境等の諸機能を総合的に検討するとともに、この計画がその河川に起こり得る最大洪水を目標に定めるものではないことに留意し、計画の規模を超える洪水（以下、超過洪水という）の生起についても配慮しなければならない。』と記述している。

現在、JICAによって、レビルダム調査チームとケラントン川の流域治水計画調査チームの2チームが作業を行っている。この流域治水計画調査に関する最新の情報（1988年12月8日）によると、「ケラントン川治水計画の基本高水には50年確率の洪水量を採用する。また、このピーク洪水量はギルマード橋地点において16,369 m^3/s であるが、レビルダムの1つのみを設けることによって13,213 m^3/s とすることが出来る。」とのことである。

これに対して、レビルダム調査チームの検討結果では、50年確率のギルマード橋地点における洪水量は5.4.3節の記した如く、16,851 m^3/s である。また、レビルダムを設けた場合には、7.2.1節に述べる如く、13,279 m^3/s （但し、洪水吐を固定堰とし、その越流幅を150m、越流頂標高をEL. 80mとした場合）とすることが出来る。

JICAのこれら2つの調査チームによる洪水量に関する解析手法は、互いに異なるが、両チームによる値はよく一致しており、整合性を欠くものではないこと、さらに技術的な問題点は全くないことを付け加えておく。

一方、発電計画においては、レビルダムを安全に保つために、50年確率による洪水量よりもさらに大きな洪水量に対しても安全に流下させるための洪水吐を設計する必要がある。以下にこの洪水吐の設計に関する検討とレビルダムを設けることによって生じる洪水被害額の軽減効果について述べる。

7.2 レビルダム規模とギルマード橋地点の洪水量の関係

フィルタイプダムの設計洪水量は、日本の設計基準によると、200年確率洪水量の1.2倍の量を扱うこととなっている。この200年確率洪水量の1.2倍は、ほぼ1,000年確率洪水量に相当している。しかし、近年、マレーシア国内に建造されたレビルダム近傍のケニールダム（南シナ海に面したテレンガノ州）、西海岸に面したテメンゴールダム（ペラック州）の設計洪水量およびアジア地域のクリーガー曲線等を比較するために、レビルダムへのピーク洪水量に10,000年確率を用いて比較するとFig. 7-1であり、下表の如くなる。

比流量を比較すると3ダム等は、ほぼ同様であり、レビルダムは、総洪水量から見ても、ほぼ中間の値となっている。

項 目	レビルダム (平均曲線)	テレンガノ (ケニールダム)	テメンゴール ダム
流域面積 (km ²)	2,474	2,600	2,700
設計洪水量 (10,000年確率)		P.M.F	—
ピーク洪水量 (m ³ /s)	10,579	16,000	13,500
総洪水量 (m ³)	33.6 億	40 億	10 億
雨量パターン	1山 (5日間)	3山 (7日間)	1山 (3日間)
Surcharge	—	7m	—
比流量 (m ³ /s/km ²)	4.28	6.15	5.0

一方、ギルマード橋地点の洪水量は、ダムの容量、洪水吐の大きさ、洪水放流の方式等によって種々変化する。本章では、レビルダムの洪水吐を150mの固定堰とし、洪水を自然調節・自然放流する方式を採用し、各確率年の洪水量に対するギルマード橋地点の洪水量とダム水位上昇を算出し、検討する。

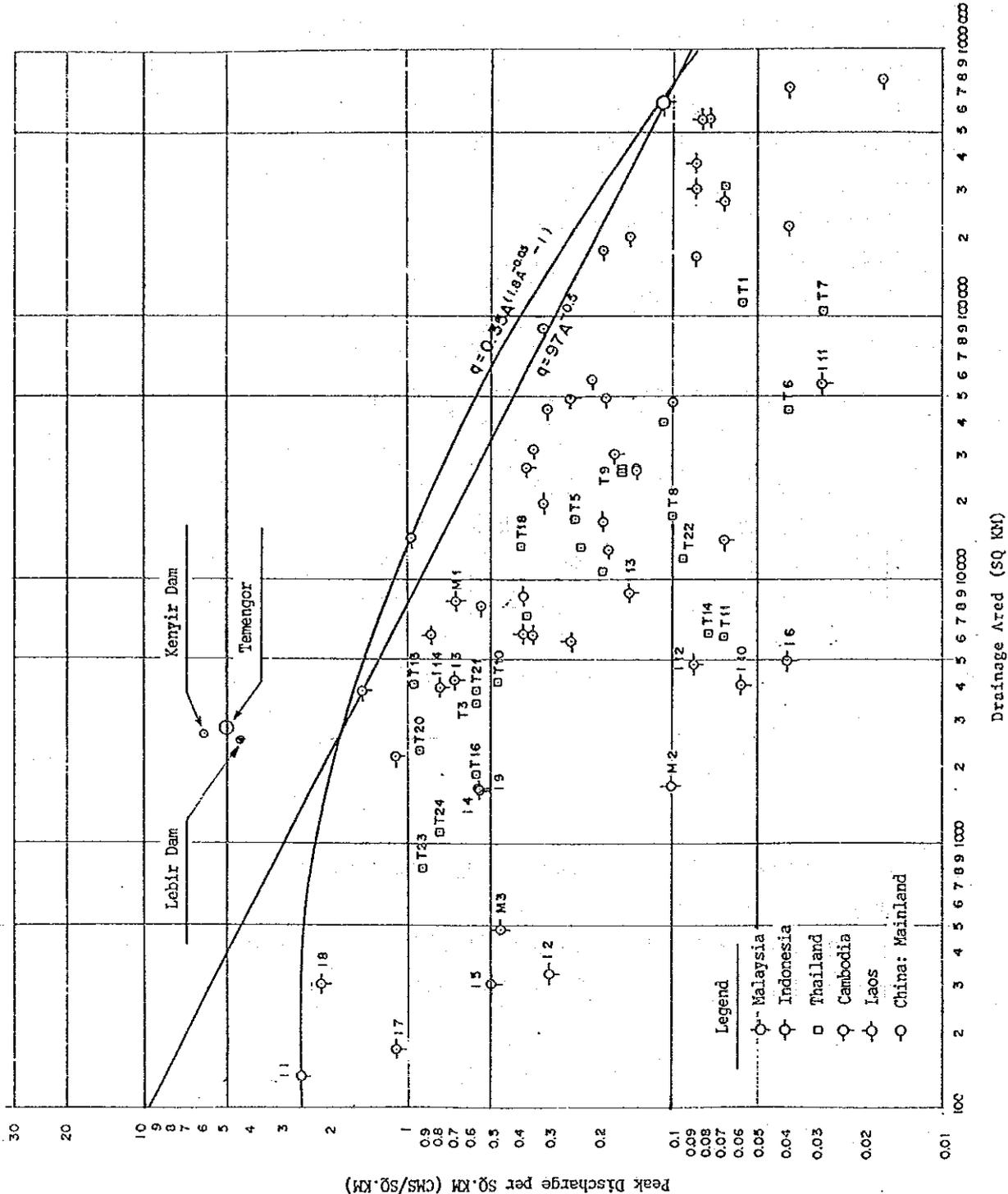


Fig. 7-1 CREAGER CURVE IN SOUTHEAST ASIA REGION MEAN CURVE

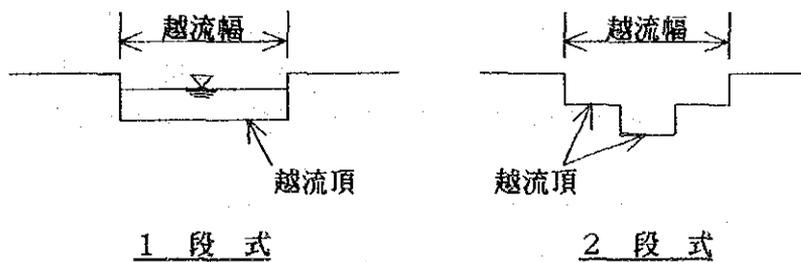
7.2.1 レビルダム洪水吐型式を固定堰とした場合

本節では、洪水吐型式を固定堰とした場合、レビルダムの常時満水位（H. W. L）の標高を種々変更した場合の貯水池水位の上昇高と放流量－時間曲線、下流のギルマード橋地点の流量－時間曲線を求めることを目的とする。

a) 洪水時の水理計算

洪水吐型式を固定堰とし、かつ、貯水池の常時満水位を堰の天端標高と一致させた設計とすると、洪水により、水位が上昇すれば、上昇高に応じ、自然に堰を越流することとなる。この方式のメリットは、洪水調節の為の操作が不要であること。かつ、放流構造が単純であるために、保守点検、補修工事が容易であること。さらに、ダムからの漏水を引き起す要因に繋がることが少ない構造である。一方デメリットとしては、洪水調節操作に自由が効かないこと、さらに水位低下を緊急に行う必要のある場合にあっても、水位低下に時間を要する点である。

固定堰の形状に下図の如く越流頂標高と越流幅が2段に変化する場合と1段の場合を定め、これについて検討する。（形状の略図をFig. 7-7に示す。）



即ち、越流幅の最長部を 150mとし、2段の場合の短部を 120, 70, 40mと変え、さらに越流頂標高の最低部の標高（これは発電用満水位に当る）をEL. 80, 79.3, 77.9および76.3mに選ぶ。さらに確率洪水流入量に、10,000年, 1,000年, 200年, 100年, 50年, 20年, 5年, 2年, 1.15年の確率年を入力した場合について、ギルマード橋までシミュレーションを行い求めると貯水池の最上昇水位、放流量、ギルマード橋のピーク洪水量は、Table 7-1 の如くなる。また、10,000年, 1,000年, 50年確率流入量による水位上昇－時間曲線、放水量－時間曲線、洪水量－時間曲線をFig. 7-2 ～7-4（越流幅 150m, 越流頂標高EL. 80m）に示す。また、ギルマード橋地点におけるピーク洪水量と確率年の関係をFig. 7-5 に示す。また、レビル貯水池の水位－容量曲線をFig. 7-6 に示す。

以上の計算に当り、レビル貯水池の計算上の取り扱いと堰の越流公式は次のようである。

まず、レビル貯水池の水位上昇は、

$$dV/dt = Q_{in} - Q_{out} \quad \dots\dots\dots (7.1)$$

ここに V : 貯水容量であり、水位容量を Fig. 7-6 に示す。 (m^3)
 Q_{in} : 貯水池への流入量、ここでは、5.4.4 節の確率洪水の流入量を使用。 (m^3/s)

であり、固定堰からの放流量は

$$Q_{out} = CBh^{3/2} \quad \dots\dots\dots (7.2)$$

ここに、 C : 越流係数 $C=1.84$ のフランシス公式を採用
 B : 越流幅 (m)
 h : 越流水深 (m)

である。なお、貯水池内の洪水時の流下伝播の計算を不定流計算によって求める方法もあるが、その採用の必要性は、次のような条件によると秋元は記している。

イ) 不定流計算を行なわなければならない条件は、

$$\{ 2L/(gh) \}^{1/2} / T \geq 0.6 \quad \dots\dots\dots (7.3)$$

である。

ここに L : 貯水池の長さ (m)
 h : 貯水池の深さ (m)
 g : 重力の加速度 ($=9.8 \text{ m/s}^2$)
 $2L/(gh)^{1/2}$: 貯水池内の波動の周期 (sec)
 T : 洪水量のたちあがりから洪水ピークまでの時間 (sec)

ロ) (7.3) 式の h に貯水池内の平均水深を取ると、

$$\begin{aligned} h &= \{ (\text{HWL } 90) - (\text{ダム地点河床EL } 25) \} / 2 \\ &= 65\text{m} / 2 \\ &= 32.5\text{m} \end{aligned}$$

一方、

$$\begin{aligned} h &= (\text{貯水量 } 4,397 \times 10^6 \text{ m}^3) / (\text{湛水面積 } 247 \times 10^6 \text{ m}^2) \\ &= 17.8\text{m} \end{aligned}$$

であり、平均水深は32.5~17.8mとなる。

また、貯水池の長さは、

$$L = 45,000\text{m}$$

であるから、(7.3) 式の分子 $2L/(gh)^{1/2}$ は、5.043 ~ 6.814 sec (= 1時24分 ~ 1時54分) となる。

なお、 $2L/(gh)^{1/2}$ は貯水池内の波動の周期である。一方、洪水量のピークまでの時間 T は、約60時間程度であるから(7.3) 式の左辺項は

$$\{ 2L/(gh)^{1/2} \} / T = 0.023 \sim 0.032$$

となり、0.6の限界値よりも小さいものである。このため、本ダムの洪水時の水位上昇に、不定流の計算は必要とせず、(7.1) 式の水平貯留方式で十分に満足する。

次に風による貯水池内の波浪と地震による波浪について記す。

b) 風による波浪

風の記録としては、マレーシア気象サービスのデータ（1948年～1972年）から、コタバルの風力は8以上の日があることが示されている。風力8は風速17.2m/s～20.8m/sであるから、風速の最大値として $V = 20.8\text{m/s}$ を採用し、レビルダム湖の波浪推算を行う。

吹送距離(Fetch)は貯水位90mとしてNNW-SSE方向で

$$F \approx 4.5\text{km}$$

である。

波浪推算はS.M.B法を用いて行う。

$$H\omega = 0.00086 V^{1.1} F^{0.45}$$

ただし、 $H\omega$: 風による波浪(全波高)(m)

F : Fetch (m)

V : 10分間の平均風速(m/s)

従って

$$\begin{aligned} H\omega &= 0.00086 \times 20.8^{1.1} \times 4500^{0.45} \\ &= 1.07\text{m} \end{aligned}$$

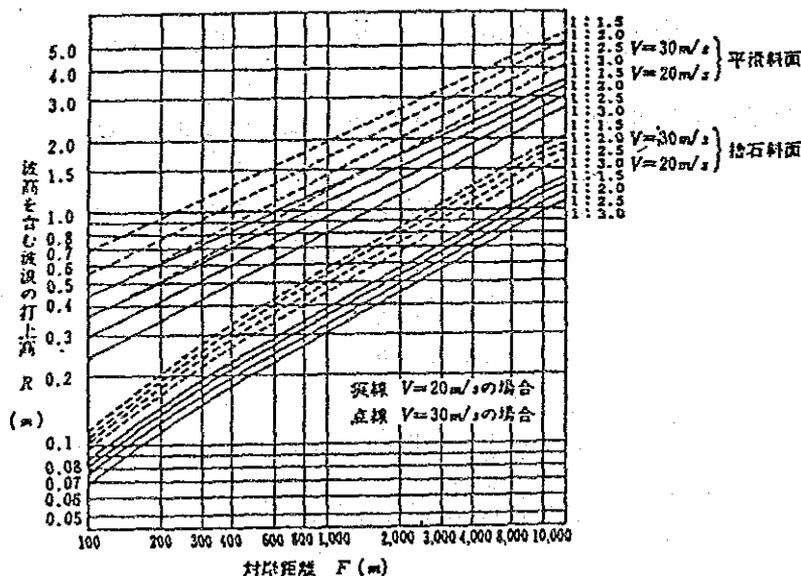
となる。

一方、ダムはフィルタイプでありその上流面の勾配は、1 : 1.85であるため、波浪の打ち上げ高をサビールの方法でも推定する。下図より $F = 4,500\text{m}$ 、ダム上流面勾配は1 : 1.85、 $V = 20\text{m/s}$ 捨石斜面に対する R の値を外そうすると

$$R \approx 0.86\text{m}$$

と読みとることができる。

以上の検討の結果、ダム地点での波浪高さを1.1mとする。



S.M.B.方法とSavilleの方法とを組合わせて求めた打上高(波高を含む)

c) 地震による波高

佐藤清一の式により推算する。

$$h_e = \frac{1}{2} \frac{KT}{\pi} (gH_0)^{1/3}$$

ここに K : 常時満水位の状態における設計震度

T : 地震周期(S)

H₀ : 常時満水位の状態における貯水池の水深(m)

g : 重力の加速度 9.8m/s²

これらの値としてレビルダムに対して K = 0.1, T = 1sec, H₀ = 90-35 = 55m

とすると、

$$\begin{aligned} h_e &= \frac{1}{2} \times \frac{0.1 \times 1}{\pi} \times (9.8 \times 55)^{1/3} \\ &= 0.37\text{m} \end{aligned}$$

となる。

Table 7-1 レビルダムの洪水吐形状と各確率年洪水量の特性

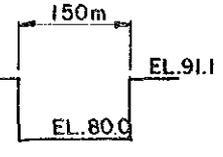
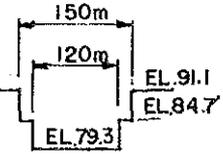
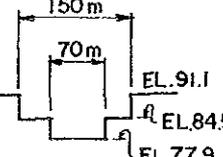
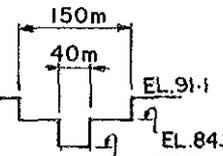
No.	洪水吐形状	N. W. L	確率年 年	レビルダム			各地点のピーク流量		
				ピーク 流入量 m ³ /S	ピーク ダム水位 EL. m	ピーク 放流量 m ³ /S	ベルタム 地点 m ³ /S	ダボン 地点 m ³ /S	ギルマード 地点 m ³ /S
1		80.0	10000	10579	88.1	6405	6876	16081	24914
			1000	8263	86.8	4881	5600	12985	19816
			200	6648	85.8	3836	4730	10835	16306
			100	5938	85.3	3389	4339	9902	14795
			50	5248	84.9	2947	3944	8964	13279
			20	4314	84.2	2370	3439	7715	11305
			5	2840	83.1	1491	2635	5744	8208
			2	1698	82.1	855	2007	4234	5887
2		79.3	10000	10579	88.1	6091	6876	16081	24422
			1000	8263	86.7	4579	5600	12985	19396
			200	6648	85.6	3550	4730	10835	15982
			100	5938	85.1	3118	4339	9902	14510
			20	4314	83.9	2172	3439	7715	11113
			5	2840	82.7	1363	2635	5744	8094
			2	1698	81.6	782	2007	4234	5828
			1.15	619	80.6	319	1420	2669	3626
3		77.9	10000	10579	88.2	5319	6876	16081	23234
			1000	8263	86.7	3838	5600	12985	18512
			200	6648	85.5	2847	4730	10835	15305
			100	5938	84.9	2448	4339	9902	13920
			20	4314	83.4	1682	3439	7715	10718
			5	2840	82.0	1058	2635	5744	7861
			2	1698	80.7	609	2007	4234	5702
			1.15	619	79.4	254	1420	2669	3574
4		76.3	10000	10579	88.2	4637	6876	16081	22310
			1000	8263	86.6	3174	5600	12985	17883
			200	6648	85.3	2213	4730	10835	14829
			100	5938	84.7	1839	4339	9902	13507
			20	4314	82.9	1250	3439	7715	10445
			5	2840	81.2	789	2635	5744	7700
			2	1698	79.7	455	2007	4234	5613
			1.15	619	78.2	189	1420	2669	3535

Fig.7-2 レビルダムの10,000年確率流入量、水位上昇、放流量 時間曲線

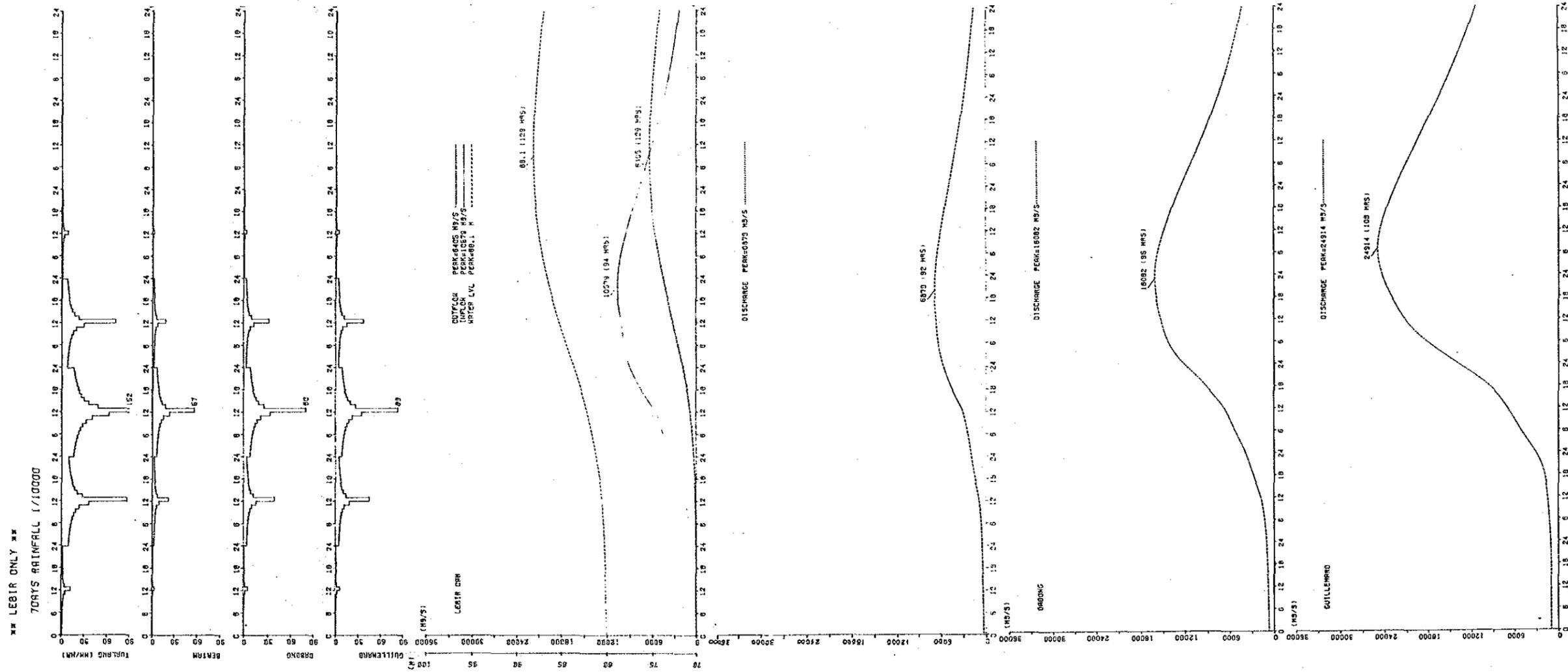


Fig.7-3 レビルダムの 1,000 年確率流入量、水位上昇、放流量 時間曲線

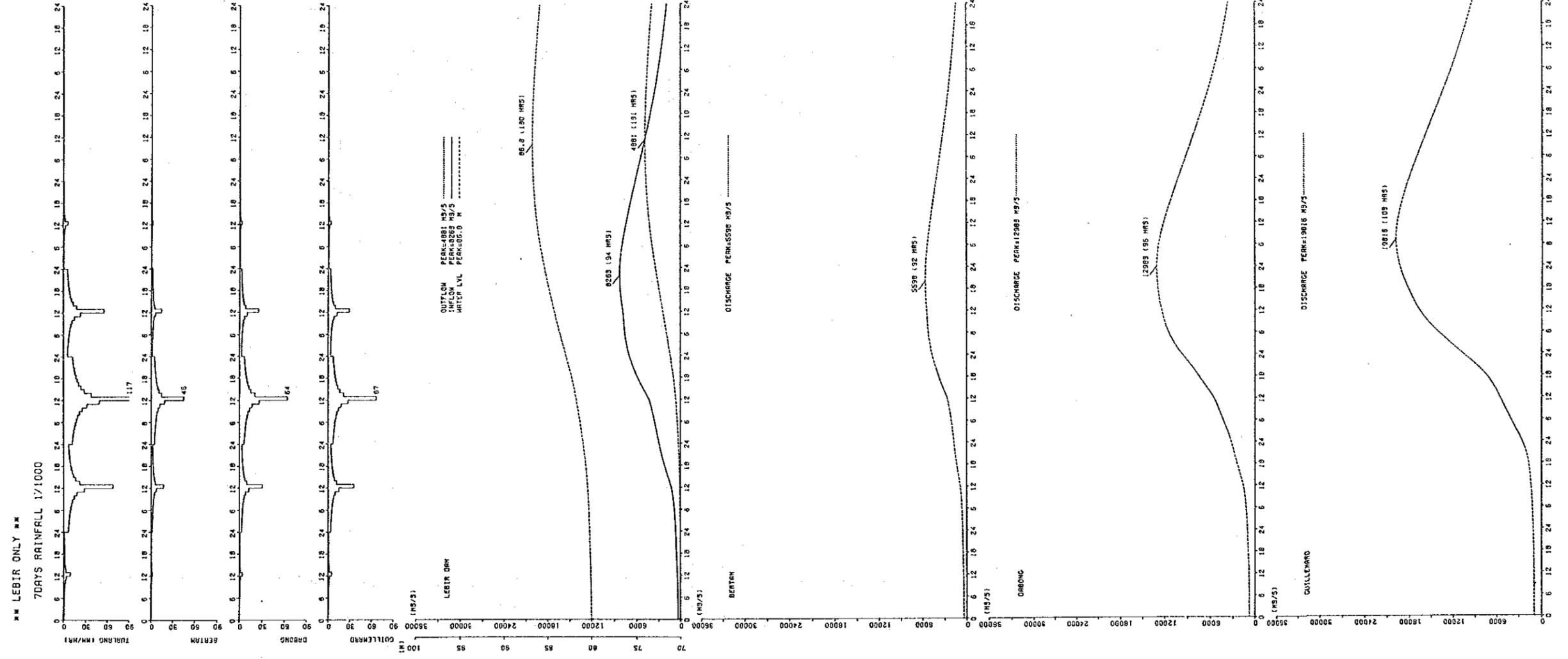
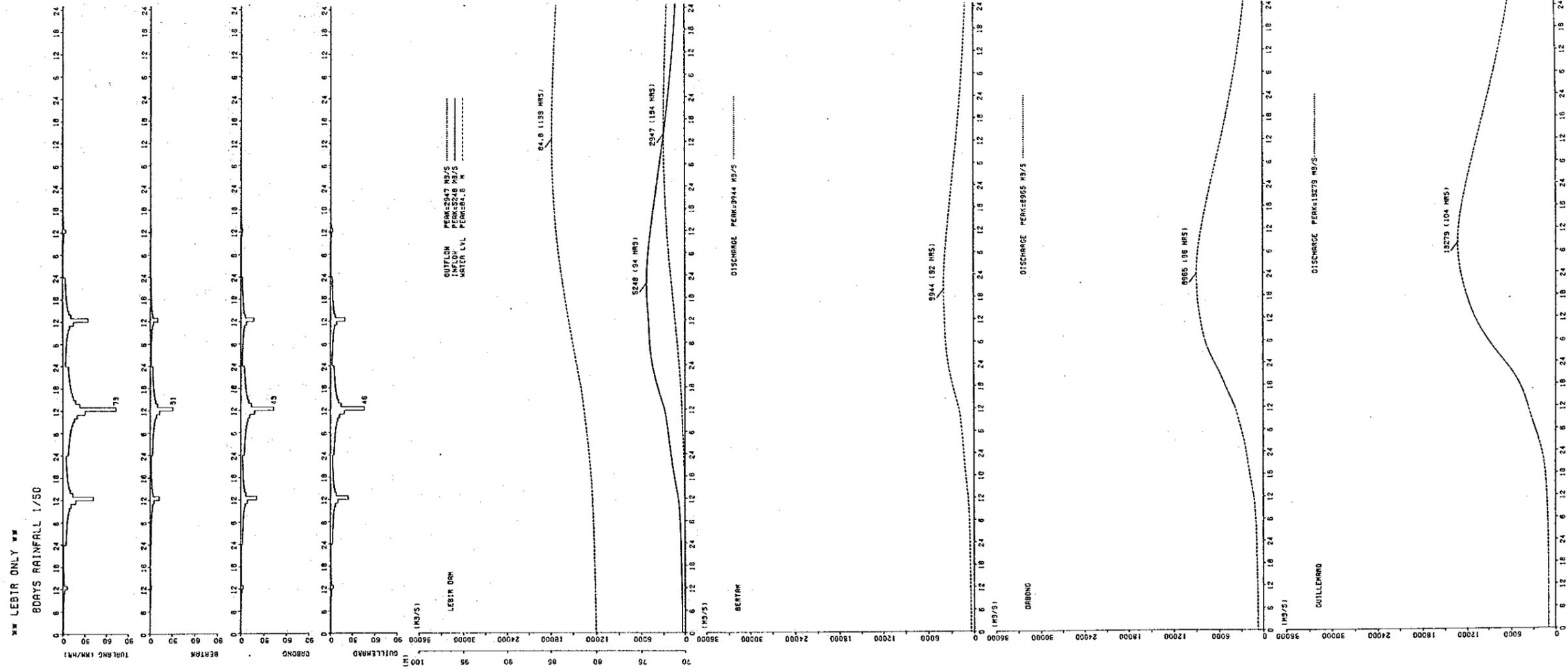


Fig. 7-4 レビルダムの 50 年確率流入量、水位上昇、放流量 時間曲線



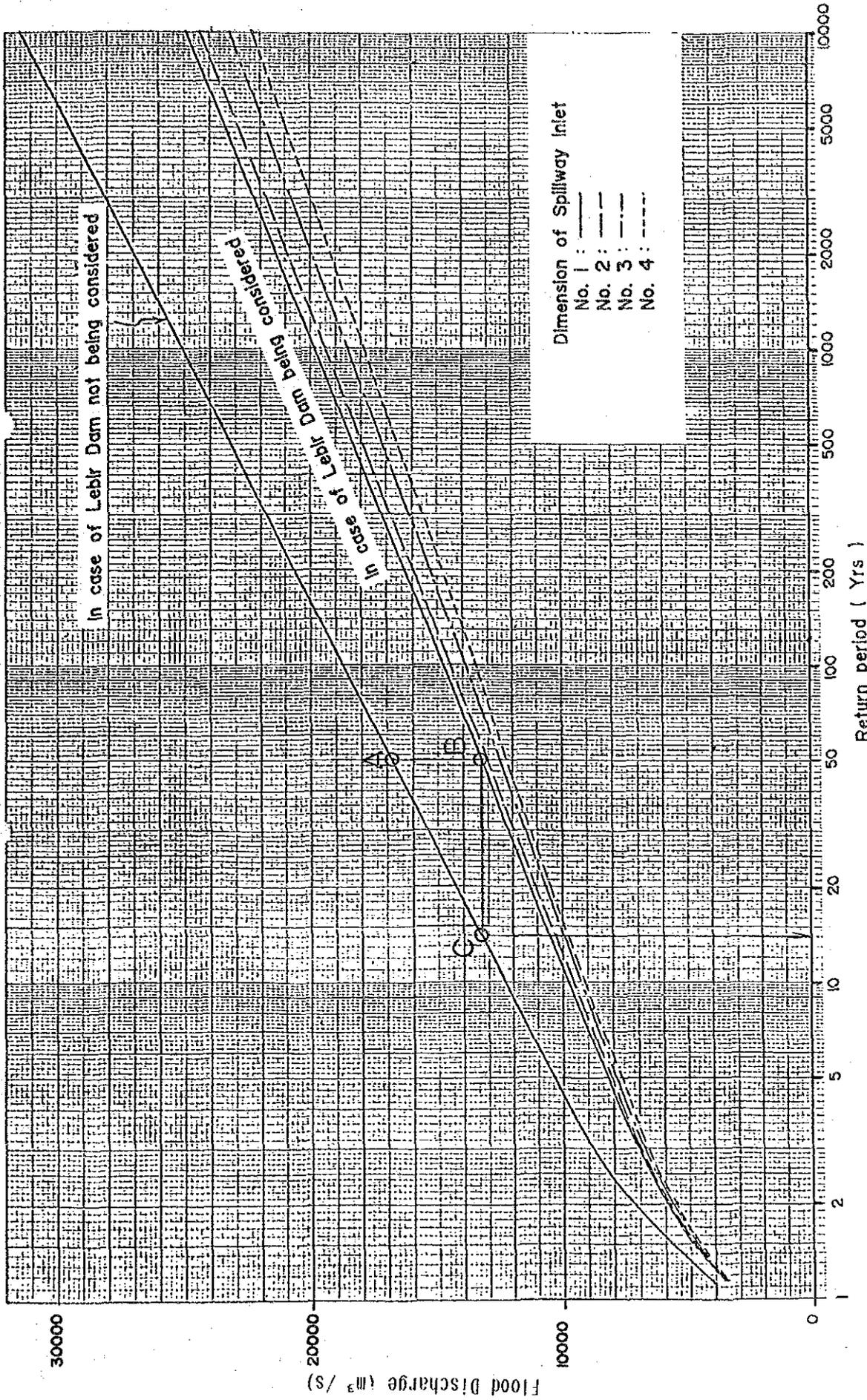
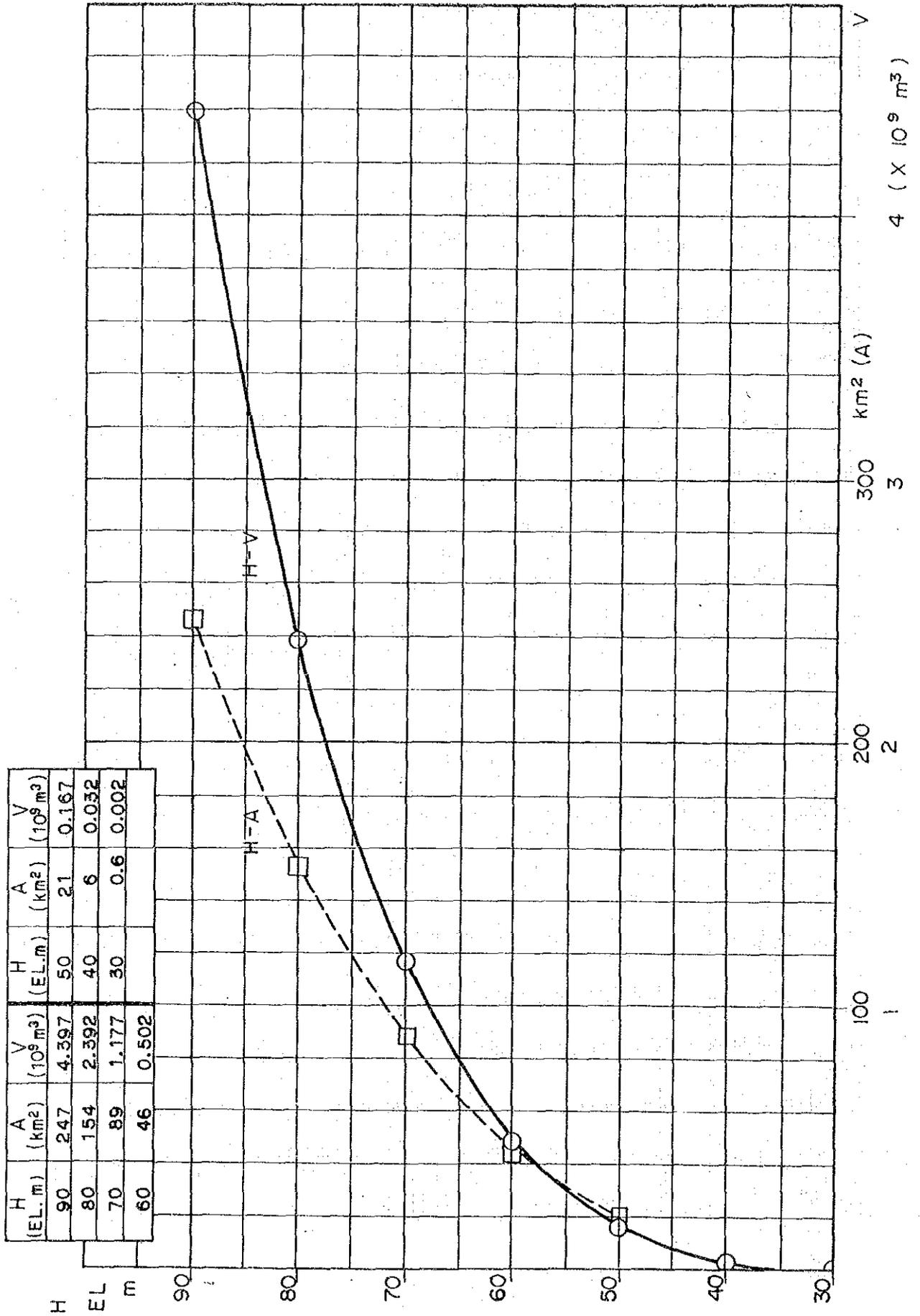


Fig.7-5 Probable peak flood discharge at Guillemond Bridge with / without Lebir Dam (Lebir Dam , ungated spillway)

Fig. 7-6 LEBIR DAM (JERAM PANJANG SITE) RESERVOIR VOLUME AND AREA V.S. RESERVOIR LEVEL



7.3 ケラントン川流域内の他ダム計画とギルマード橋地点の洪水量の関係

ケラントン川の流域内のダム計画は、レビルダム以外にネンギリ川に計画されているネンギリダム、さらにガラマ川に計画されているダボンダムがある。これらダムの流域面積は下表の如くであり、これらダムの諸元は

ダム名	地点河川名	流域面積
Nenggiri	Nenggiri	3740 km ²
Dabong	Galas	7480
Lebir	Lebir	2474

“Nenggiri dam Project Feasibility Study” Volume n.7, other associated aspects september 1986, elcelectroconsult milano italia の P.P.2-5 ~2-6 から抜粋すると、

諸元	ダム名	
	Nenggiri	Dabong
常時満水位 HWL	EL 153	EL 57
洪水吐型式	固定堰	固定堰
洪水吐越流天端	EL 153	EL 57
越流長	75m	145m

であり、ダム水位と容量の関係は、Table 7-5, 7-6のとおりである。これらの諸元を用いて演算する。ここでは各ダムが個々に別々に存在した場合に、5.4.3節に求められた確率雨量に対する流出量を求める。その結果、ギルマード橋地点の流出量は次表の如くなる。

ギルマード地点での洪水ピーク流量
(平均曲線を使用)

確率年	ダムがない場合	Lebir * ダムのみ	Nenggiri ダムのみ	Dabong ダムのみ
Year	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1.15	4,120	3,644	2,446	2,479
2	7,193	5,887	5,533	5,286
5	10,294	8,208	9,112	8,228
20	14,315	11,305	12,782	11,472
50	16,851	13,279	—	—
100	18,752	14,795	16,925	15,217
200	20,679	16,306	18,666	16,784
1000	25,078	19,816	22,796	20,505
10000	31,413	24,914	28,767	25,989

* HWL, 越流天端標高 EL 80

国定堰, 越流幅 150m

なお、ネンギリダムのみの場合とダボンダムのみの場合には1988年2月中間報告書の値を引用。

7.4 計画のための基本となるハイドログラフのケース・スタディによる レビルダムの洪水制御効果

洪水制御計画の基本となるハイドログラフを決定することは、本業務の範囲内では困難であるが、本節ではケース・スタディとして基本ハイドログラフを仮設定し、これをレビルダムを建造した場合に与え、レビルダムの洪水制御効果について記述する。ここでは、レビルダムの洪水吐を固定・越流堰（越流天端標高 EL 80の場合）とした場合について取り扱う。

現在、ケラントン川の洪水警報をDIDが発令する基準点の一つにギルマード橋地点がある。このギルマード橋地点の洪水を発令する流量を水位から変換すると、

警戒水位から換算される流量は	1,900 m ³ /s
警報水位から換算される流量は	3,700 m ³ /s
危険水位から換算される流量は	6,400 m ³ /s

である。

なお、危険水位に対応する 6,400 m³/sの洪水ピーク流量をレビルダムが無い場合の確率年に変換すると、Fig. 7-5から1.7年確率となる。

また、Fig. 7-5には、レビルダムを有する場合の確率年とピーク洪水量を並記している。

ここで、ケラントン川のダムによる洪水制御を行なう基本のハイドログラフ（以後、「基本高水」という）に50年確率を選んだ場合のケース・スタディをFig. 7-5を使用し、記述する。

ダムが無い場合の50年確率のギルマード橋地点のピーク洪水量は、16,800 m³/s（図中のA点）である。ここでレビルダムを建造することで13,300 m³/s（図中のB点）に低減する。なお、この13,300 m³/sは、ダムが無い場合14年確率（図中のC点）に当る。なお、このC点（13,300 m³/s）は、レビルダム以外の洪水防御のための設備を設けて、洪水対策を行なう必要が生じる流量であって、これを計画高水という。即ち、Fig. 7-5を用いA点、B点、C点を例に各種のハイドログラフに対するダム建造による洪水の低減量を求めることが出来る。なお、概念的には、

A点は「基本高水」であり、

B、C点は「計画高水」に相当する。

また、ダムの無い場合の50年確率洪水量をレビルダムに近いトワラン地点で求めると 5,260 m³/sである。しかし、ダムを設けることで、ダム下流への放流量は 2,947 m³/sとなる。

7.5 洪水量と被害額の関係

1967年から1986年の主な11洪水についてDIDとSEPUの調査機関によって洪水被害額が算出されている。なお、SEPUの調査は1984年と1986年の2洪水である。これら11洪水のギルマード橋におけるピーク洪水量と被害額の関係をFig. 7-6に示す。また、Table 7-2は被害額を資産の種別に調査した結果を示しており、その資産別の調査項目は、

- 農 業 : 稲作、短期作物、野菜類、ゴムタバコ、果物類、油椰子、
その他
- 公共施設 : 道路、橋等
- 公共サービス施設 : 学校、病院等
- 個人の財産 : 家具、衣類、家畜等
- 個人の会社 : 工場、商店等

に分れているが、Table 7-2に示すように、各年毎にその調査項目の内容が変更している。

このため、総被害額の全容を把握することは困難であるが、DIDの調査レポートでは、1967年の洪水被害調査項目の総計額は1760万マレイシア・ドルであるが、実際の被害総額は3000万マレイシア・ドルであろうと推算している。同様に1968年の洪水被害の調査項目の総計額は36万マレイシア・ドルであるが、実際の被害総額を100万マレイシア・ドルと推算している。このような調査結果を1986年時点の被害に換算する。1967年からの毎年の物価上昇率は、Fig. 7-9の如くであり、この平均の上昇率5%を用いて算出する。Fig. 7-8のピーク洪水量と被害額関係は、この1986年時点の額であり、特に1967年の洪水と1968年の洪水に対しては、DIDが被害総額を推算した値を用いている。さらにギルマード橋の洪水警報水位に対する流量が $3,700 \text{ m}^3/\text{s}$ であること等を配慮し、ここではピーク洪水量と被害額の関係曲線を図の如く描いている。

また、ケランタン川流域治水計画調査の中間報告書1989年1月において算定された関係曲線(B-curve)を参考のため記す。

Table 7-2 RELATIONSHIP BETWEEN FLOOD DAMAGES AND FLOOD DISCHARGE AT GUILLEMERD BRIDGE

Year	Guillemerd bridge		Damage (\$)								Remarks
	Max. Water Level	Max. Discharge	Agriculture	Public Facilities	Public Service	Commercial	Domestic Property	District Office	Total	Status of 1986	
	A.M.S.L. m	M ³ /S							\$	\$	
1965	17.19	6.170	6,361,032	442,598	8,000		21,450		6,833,080	19,036,705	\$ 30,000,000 (75,808,506)
1967	22.30	18,000 (16,000)	14,342,360	2,707,533	250,631			314,723	17,615,247	44,512,852	\$ 1,000,000 (2,292,018)
1969	17.49	6.650	24,150	333,700	1,680				359,530	824,049	() shows 1986 status
1973	20.02	11.180	6,900,000	243,921	78,000				6,321,921	11,920,925	
1974	15.09	4.480	3,820,000						3,820,000	6,860,171	
1981	12.88	2.028	5,319,808	559,728			598,000		6,477,536	8,267,160	
1982	18.29	7.172	265,473	1,984,543					2,250,016	2,734,909	
1983	20.89	12.007	434,594	5,452,966	2,008	18,725	342,059		6,250,352	7,235,564	
1984	17.86	7.744	1,882,276* (8,717,671)	4,091,492* (8,265,010)	581,781* (772,324)				6,555,549* (17,753,005)	7,227,493* (19,574,893)	
1985	12.64	1.722									
1986	18.12	6.901	801,320* (378,394)	4,944,035* (3,638,623)	258,159* (725,050)		92,932	(6,575,200)*	6,096,446* (11,317,267)	6,096,446* (11,317,267)	

Annual escalation rate is assumed 5%

*1) shows SEPU data

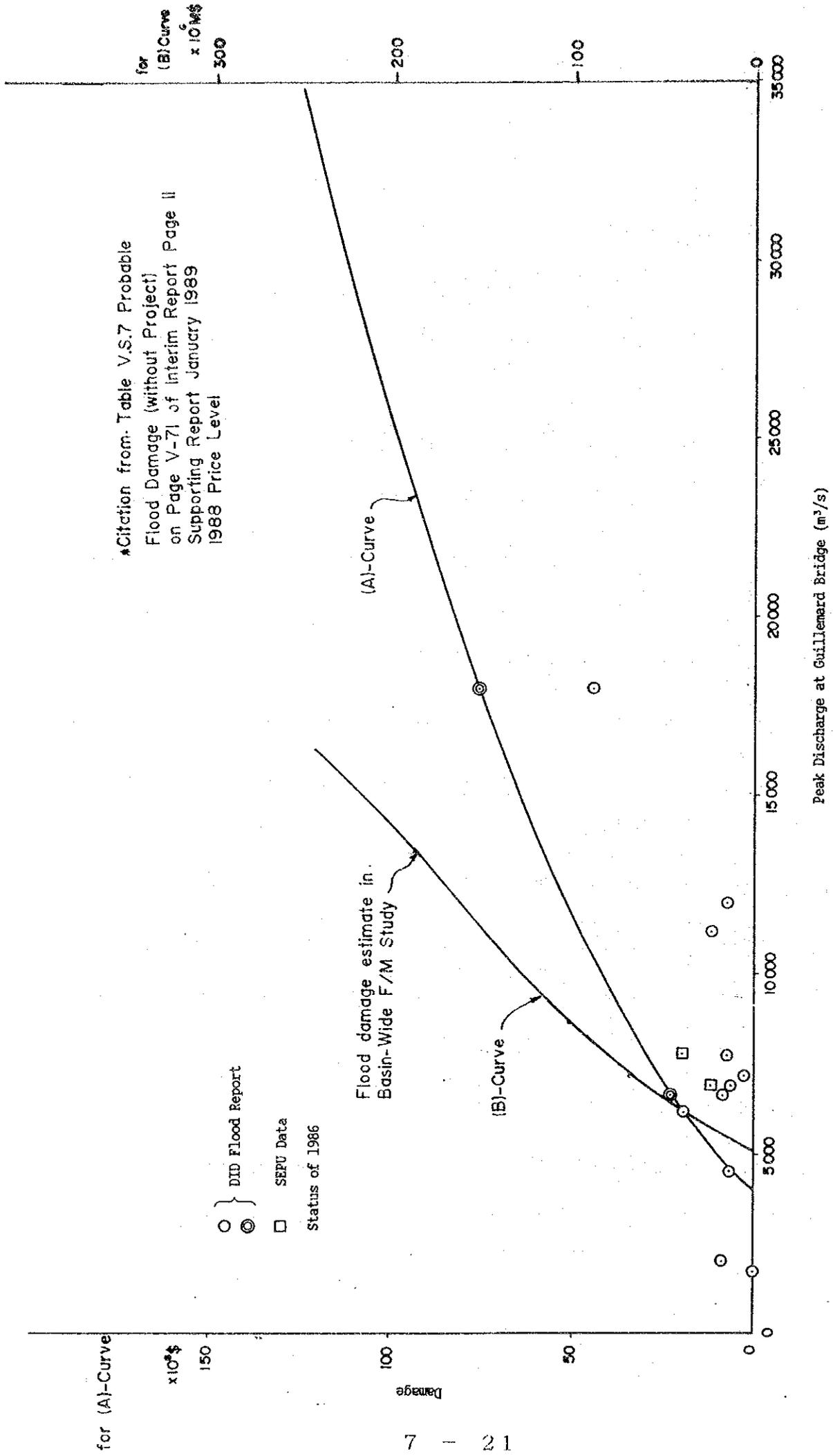


Fig. 7-8 RELATIONSHIP BETWEEN DAMAGES AND FLOOD DISCHARGES AT GUILLEMOND BRIDGE

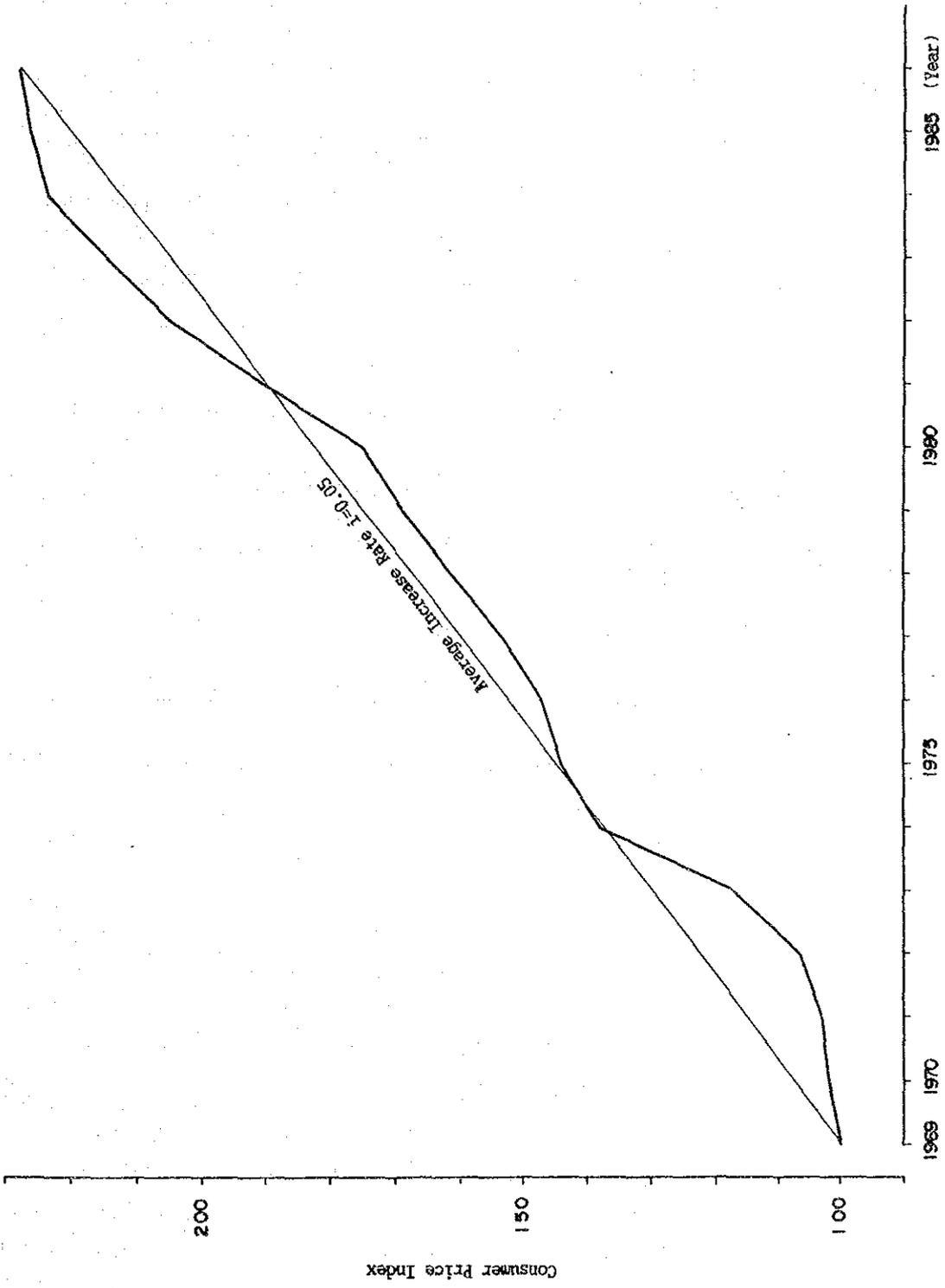


Fig.7-9 CONSUMER PRICE INDEX (1969-1986)

7.6 各ダム計画と年平均被害軽減期待額の関係

ここでの年平均被害軽減期待額の算出手法には、日本の建設省が規定する「河川砂防技術基準」の方法を用いて行う。ここでのダムの洪水吐の型式は固定堰である。この結果は下表の如くなる。

考慮する ダム	洪水吐		年平均想定 被害額 (単位:マレーシアドル)	ダム構築による洪水抑制便益(単位:マレーシアドル)			
	固定堰	越流幅		1986年 (1986年 価格)	1986年 (1987年 価格)	1990年 (1987年 価格)	2000年 (1987年 価格)
ダムなし	EL. m —	m —	$\times 10^6$ 26.961	$\times 10^6$ —	$\times 10^6$ —	$\times 10^6$ —	$\times 10^6$ —
レビルダムの のみ有り	No.1 洪水吐形状 80 150		18.806	8.155	8.277	10.164	16.982
	No.2 洪水吐形状		18.368	8.593	8.722	10.710	17.895
	No.3 洪水吐形状		17.418	9.543	9.686	11.894	19.873
	No.4 洪水吐形状		16.758	10.203	10.356	12.717	21.248

ここで洪水吐形状No.1~No.4はFig.7-7に示す。レビルダムの建造による洪水制御からの便益は(ダムなしの場合の年平均想定被害額)から(レビルダムのみの年平均想定被害額)を差し引いた額である。

また、1987年価格は1986年価格を、約1.5%増加させたものである。洪水便益が、地域のGDPに比例するものと見なせば、その便益は年々増加する。

ケラント州におけるPer Copita GDP Growth RateおよびPopulation Growth Rateは、1986年から1990年の間に、それぞれ2.5%および2.7%であると考えられるからGDP Growth Rateは、約5.27である。

また、1990年から2000年までのGDP Growth Rateは約5.23%と仮定した。

以上に用いた年平均被害額の算定をTable 7-3に示す。

一方、ケラント川流域治水計画調査中間報告書1989年1月は、プロジェクトがない場合の年平均想定被害額として、 42.57×10^6 M\$ (1988年level, 1988年price)を示している。いま、このデータにもとずいて、レビルダムある場合の年平均想定被害額を求めると 26.29×10^6 M\$となり、両者の差額 16.28×10^6 M\$がレビルダムによる洪水制御便益とみなすことができる。(Table 7-4 参照)

表 7-3 (1) 年平均被害額の算定

条 件 ダムなし

(平均曲線を使用)

洪水流量 規 模	年 平 均 超 過 確 率	年平均 生起確率 P	流量規模に 応じる想定 被害額	区 間 平 均 想定被害額 D	P×D 年平均 被害額	年平均 被害額 の累計
m ³ /s			×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$
4,000	0.8850	—	—	—	—	—
5,320	0.7143	0.1707	12.474	6.237	1.065	1.065
6,380	0.5882	0.1261	20.542	16.508	2.082	3.146
7,193	0.5000	0.0882	26.025	23.283	2.054	5.200
8,180	0.4000	0.1000	32.093	29.059	2.906	8.106
10,294	0.2000	0.2000	43.553	37.823	7.565	15.671
12,340	0.1000	0.1000	53.258	48.405	4.841	20.511
14,315	0.0500	0.0500	61.718	57.488	2.874	23.385
18,752	0.0100	0.0400	78.472	70.095	2.804	26.189
20,679	0.0050	0.0050	85.030	81.751	0.409	26.598
23,180	0.0020	0.0030	93.046	89.038	0.267	26.865
25,078	0.0010	0.0010	98.812	95.929	0.096	26.961

表 7-3 (2) 年平均被害額の算定

(平均曲線を使用)

条 件 Lebir ダムのみ
固定堰 No. 1

洪水流量 規 模	年 平 均 超 過 確 率	年 平 均 生 起 確 率 P	流 量 規 模 に 応 じ る 想 定 被 害 額	区 間 平 均 想 定 被 害 額 D	P×D 年 平 均 被 害 額	年 平 均 被 害 額 の 累 計
m ³ /s			×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$
4,000	0.8130	—	—	—	—	—
4,510	0.7143	0.0987	5.266	2.633	0.260	0.260
5,290	0.5882	0.1261	12.226	8.746	1.103	1.363
5,887	0.5000	0.0882	16.942	14.584	1.286	2.649
6,610	0.4000	0.1000	22.145	19.544	1.954	4.603
8,208	0.2000	0.2000	32.258	27.201	5.440	10.044
9,760	0.1000	0.1000	40.819	36.539	3.654	13.698
11,305	0.0500	0.0500	48.488	44.653	2.233	15.930
14,795	0.0100	0.0400	63.666	56.077	2.243	18.173
16,306	0.0050	0.0050	69.565	66.616	0.333	18.506
18,300	0.0020	0.0030	76.879	73.222	0.220	18.726
19,816	0.0010	0.0010	82.138	79.508	0.080	18.806

表 7-3 (3) 年平均被害額の算定

(平均曲線を使用)

条 件 Lebir ダムのみ

固定堰 No. 2

洪水流量 規 模	年 平 均 超 過 確 率	年平均 生起確率 P	流量規模に 応じる想定 被害額	区 間 平 均 想定被害額 D	P×D 年平均 被害額	年平均 被害額 の累計
m ³ /s			×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$
4,000	0.8065	—	—	—	—	—
4,480	0.7143	0.0922	4.975	2.488	0.229	0.229
5,250	0.5882	0.1261	11.894	8.435	1.064	1.293
5,828	0.5000	0.0882	16.495	14.194	1.252	2.545
6,540	0.4000	0.1000	21.662	19.078	1.908	4.453
8,094	0.2000	0.2000	31.586	26.624	5.325	9.778
9,600	0.1000	0.1000	39.981	35.784	3.578	13.356
11,113	0.0500	0.0500	47.573	43.777	2.189	15.545
14,510	0.0100	0.0400	62.514	55.044	2.202	17.746
15,982	0.0050	0.0050	68.328	65.421	0.327	18.074
17,930	0.0020	0.0030	75.558	71.943	0.216	18.289
19,396	0.0010	0.0010	80.705	78.131	0.078	18.368

表 7-3 (4) 年平均被害額の算定

(平均曲線を使用)

条 件 Lebir ダムのみ
固定堰 No. 3

洪水流量 規 模	年 平 均 超過確率	年平均 生起確率 P	流量規模に 応じる想定 被害額	区 間 平 均 想定被害額 D	P×D 年平均 被害額	年平均 被害額 の累計
m ³ /s			×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$
4,000	0.8130	—	—	—	—	—
4,400	0.7143	0.0857	4.188	2.094	0.179	0.179
5,140	0.5882	0.1261	10.968	7.578	0.956	1.135
5,702	0.5000	0.0882	15.527	13.247	1.168	2.303
6,380	0.4000	0.1000	20.542	18.034	1.803	4.107
7,861	0.2000	0.2000	30.193	25.367	5.073	9.180
9,290	0.1000	0.1000	38.330	34.262	3.426	12.606
10,718	0.0500	0.0500	45.659	41.995	2.100	14.706
13,920	0.0100	0.0400	60.086	52.872	2.115	16.821
15,305	0.0050	0.0050	65.695	62.890	0.314	17.136
17,130	0.0020	0.0030	72.647	69.171	0.208	17.343
18,512	0.0010	0.0010	77.629	75.138	0.075	17.418

表 7-3 (5) 年平均被害額の算定

(平均曲線を使用)

条件 Lebir ダムのみ

固定堰 No. 4

洪水流量 規模	年平均 超過確率	年平均 生起確率 P	流量規模に 応じる想定 被害額	区間平均 想定被害額 D	P×D 年平均 被害額	年平均 被害額 の累計
m ³ /s			×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$	×10 ⁶ \$
4,000	0.8130	—	—	—	—	—
4,340	0.7143	0.0794	3.588	1.794	0.142	0.142
5,070	0.5882	0.1261	10.369	6.978	0.880	1.022
5,613	0.5000	0.0882	14.832	12.600	1.111	2.134
6,280	0.4000	0.1000	19.830	17.331	1.733	3.867
7,700	0.2000	0.2000	29.213	24.521	4.904	8.771
9,070	0.1000	0.1000	37.136	33.174	3.317	12.089
10,445	0.0500	0.0500	44.309	40.723	2.036	14.125
13,507	0.0100	0.0400	58.348	51.329	2.053	16.178
14,829	0.0050	0.0050	63.803	61.076	0.305	16.483
16,570	0.0020	0.0030	70.562	67.182	0.202	16.685
17,883	0.0010	0.0010	75.389	72.975	0.073	16.758

Table 7-4 Probable Flood Damage (W/O Project and W. Lebri Dam)

Return Period	Peak Discharge at Guillemard Bridge (m ³ /s)	Annual Mean Probability Exceedance	Annual Mean Probability of Return	Probable Flood Damage (million M\$)	Mean Flood Damage (million M\$)	Annual Mean Flood Damage (million M\$)	Cumulative Annual Mean Flood Damage (million M\$)
W/O Project	2	0.500	-	0	-	-	-
	3	0.333	0.167	58.27	29.14	4.86	4.86
	5	0.200	0.133	100.50	79.39	10.58	15.44
	10	0.100	0.100	148.00	124.25	12.43	27.87
	13	0.077	0.023	159.98	153.99	3.55	31.42
	20	0.050	0.027	188.00	173.99	4.68	36.10
	50	0.020	0.030	242.91	215.46	6.46	42.57
W. Lebri Dam	2	0.500	-	0	-	-	-
	3	0.333	0.167	20	10	1.67	1.67
	5	0.200	0.133	63	41.5	5.52	7.19
	10	0.100	0.100	101	82	8.20	15.39
	13	0.077	0.023	120	110.5	2.54	17.93
	20	0.050	0.027	140	130	3.51	21.44
	50	0.020	0.030	183	161.5	4.85	26.29
Difference between W/O project and W. Lebri dam amounts to 16.28 million M\$ W/O project cited from Table V.5.7 on page V-71 in Basin-Wide F/M Study Supporting Report W. Lebri dam computed by JICA Lebri dam F/S Survey Team based on W/O project data							

Fig. 7-7 レビルダム洪水吐形状比較案

Case No.	洪水吐形状	H. W. L. (EL. m)
1		80.0
2		79.3
3		77.9
4		76.3

Table 7-5

RESERVOIR WATER LEVEL V. S. STORAGE CURVE
OF NENGGIRI DAM

Reservoir Level EL. m	Reservoir Storage $\times 10^6 \text{ m}^3$
150	2220
153	2520
154	2620
156	2830
160	3230

Table 7-6

RESERVOIR WATER LEVEL V. S. STORAGE CURVE
OF DABONG DAM

Reservoir Level EL. m	Reservoir Storage $\times 10^6 \text{ m}^3$
57	1170
58	1300
60	1580
64	2280
68	3020

8. 農業灌溉

8. 農業灌溉

8.1 近年における農業生産の動向

1981年から1985年までの第4次マレーシア計画期間において、オイルパームとココアの作付面積は、著しく増加した。他方、ゴムは僅かながら減少した。米の作付面積は、僅かに増加し、ココナツ、こしょうは減退した。他の作物についてみると、果実の作物面積は、かなりコンスタントな伸びを示したが、野菜は減退した。パイナップルおよびタバコの作付面積も減退した。第5次マレーシア計画1986 - 2000によると、米の生産量は、1980年 2,040,200トンから1985年 1,931,200トンへ減少してきた。この量は、National Agricultural Policy (NAP)によって決定された米の自給目標80~85%と比較すると国内需要量の76.5%に相当する。この生産量の減少は、天候不良、病虫被害、不安定な収量ならびに作付率、耕作放棄田の増加に由来している。

ケランタン州における農業生産の動向を1981年より1985年までの5ヵ年の作物別作付面積について検討すると、次表のとおりである。上述したマレーシア国における農業生産の動向と比較すると、オイルパーム、ゴム、ココナツ、野菜、パイナップル、タバコの作付面積は、ほぼ同じ動向を示している。米の作付面積は、著しく減少した。他方、果実の作付面積は、かなり増加した。

ケランタン州における作物別作付面積の動向

単位：ha

年次	Oil Palm	Rubber	Coconut	Fruits	Paddy	Pineapple	Vegetable	Virginia Tobacco
1981	21,250	117,169	18,516	6,920	60,768	782	1,820	11,232
1982	23,520	121,849	18,370	7,005	44,422	764	1,946	8,036
1983	34,720	129,417	17,242	7,331	25,538	542	1,457	8,871
1984	37,140	116,148	17,690	8,644	21,005	635	1,861	6,846
1985	27,593	104,766	17,638	8,608	13,138	602	1,545	6,891

(注) 1985年、オイルパームの面積減は、Ulu Kelantan郡の面積減であるが、その理由は不明である。

(資料) SEPU, Kelantan

8.2 米の需要供給の現況と見通し

8.2.1 米の需給現況

マレーシアにおける米の生産と消費の動向を限られた資料によって概算すると、次表のように国内米生産量が見掛け上の米消費量に占めるウェイトは、1980年の89%から1985年75%に低下してきている。この比率は、NAPによって決定された米の自給目標80~85%を下廻っている。

マレーシアにおける米消費の概算 (1980-1985) 3/

事 項	単 位	1980	1981	1982	1983	1984	1985
1. 米生産量	千トン	1,318	1,303	1,213	1,117	1,010	1,269.4
2. 純輸入	千トン	167	317	393	358	426	429.4
3. 見掛け上の米 総消費量(1+2) 1/	千トン	1,485	1,620	1,606	1,475	1,436	1,698
4. 見掛け上の総消費 量に対する米生産 量の比率(1÷3)	%	89	80	76	76	70	75
5. 人 口 2/	百万人	13.764	14.128	14.506	14.888	15.262	15.791
6. 1人当り見掛け上 の消費量(3÷5)	kg	108	115	111	99	94	108

(注) 1/ ストック量は、資料不足のために計上されていない。

2/ 1980年より1984年までの人口は、6月30日、中間人口値である。
1985年の人口は、第5次マレーシア計画による。

3/ 1980年より1984年までの数値は、Paddy Statistics (Perang kaan Padi), 1984農業省による。

4/ 1985年の米生産量と輸入量は、Economic Report 1986/87による。
1985年初生産量、 $1,952,900 \times 0.65$ (精米率) = 米 1,269,000ト

上述したマレーシアにおける米消費の概算表における1人当り見掛け上の米消費量を使用して、ケランタン州における概算を行った。1980年より1985年までの6ヵ年間に於ける州の米の自給率は、1980年、1981年、1983年、1985年が100%、1982年86%、1984年84%と推定できる。

元来、ケランタン州で生産された米のうち、消費量を除く余剰米は、米の消費州に移出されてきている。移出率は、1980年27%、1983年26%である。しかし、1982年、1984年は、逆に消費米が移入されたと推定される。

以上の検討により、ケラントン州における最近6ヵ年間の米の需給バランスは、かなり不安定といえる。

ケラントン州における米の需給バランス (1980-1985)

事 項	単 位	1980	1981	1982	1983	1984	1985
1) 生産量							
① 粳	1/ 千トン	203.2	200.4	147.1	202.1	120.8	178.0
② 米	2/ 千トン	132.1	130.3	95.6	131.4	78.5	116.0
2) 人口	3/ 百万人	0.898	0.923	0.949	0.976	1.003	1.026
3) 1人当り見掛け上の米消費量	4/ kg	108	115	111	99	94	108
4) 見掛け上の米総消費量	2)×3) 千トン	97.0	106.1	105.3	96.6	94.3	110.8
5) 移出余剰米	②-4 千トン	35.1	24.2	△ 9.7	34.8	△15.8	5.2
6) 余剰率	5÷② %	27	19		26		4

(注) 1/ 粳生産量は、KADA年統計、SEPU-ケラントン統計による。

2/ 精米率は、65%とみた。

3/ 1980年および1985年の人口は、第5次マレーシア計画による。

1981年から1984年までの人口は、年率 2.8%を使用して推定した。

4/ 1人当り米消費量は、マレーシアにおける米消費概算表による。

8.2.2 第5次マレーシア計画における米の需給見通し

第5次マレーシア計画によると、将来の米生産のための努力は、Muda, Kemubu Besut, North-West Selangor, Kurian-Sungai Manik, Tarans-Perak, Kemasin Se-merak, Seberang Prai の穀倉地帯に重点的に集中されることになる。これらの穀倉地帯の外部にある既水田における米生産は、漸次、局面転換をはかり、もっと儲かる作物に転換してゆく。従って、米の自給水準は、主として穀倉地帯における将来の生産性に依存することになる。これら穀倉地帯からの米産出量は、一般的にみて国内需要量の55%から60%と見込まれている。

上述した第5次マレーシア計画における米生産のポリシーをベースにして、マレーシアにおける米の需給バランスを1985年より2010年まで概略予測すると次表のとおりである。

マレーシアの人口は、年率 2.5%から 2.3%で増加し、1人当り米の消費量は、108kgから90kgに減少すると仮定する。米の国内需給率は80%とみなす。

このようなファクターのもとで、国内の米生産量は、1935年米 1,269千トン、
 籾 1,952千トン、2010年米 2,009千トン、籾 3,091千トンと見込まれる。米の
 輸入量は、年間約 400千から 500千トンを推移するだろう。

穀倉地帯からの米の生産量を国内需要量の55%とみなすと、その生産量は、
 1985年、籾 1,074千トン、2010年籾 1,700千トンである。

マレーシアにおける米の需要供給の概略見通し

事 項	単 位	1985	1990	1995	2000	2005	2010
1. 人 口	1/ 百万人	15.791	17.877	20.128	22.552	25.144	27.897
2. 1人当り見掛け 上の米消費量	2/ kg	108	100	95	95	90	90
3. 見掛け上の米 総消費量	千トン	1,698	1,788	1,912	2,142	2,263	2,511
4. 米自給率	3/ %	75	80	80	80	80	80
5. 国内米生産量	千トン	1,269	1,430	1,530	1,714	1,810	2,009
6. 米輸入量	千トン	429	358	382	428	453	502
7. 国内籾生産量	4/ 千トン	1,952	2,200	2,354	2,637	2,785	3,091
8. 国内籾消費量	4/ 千トン	2,612	2,751	2,942	3,295	3,482	3,863
9. 穀倉地帯 籾生産量	5/ 千トン	1,074	1,210	1,295	1,450	1,532	1,700
10. 非穀倉地帯	6/	878	990	1,059	1,187	1,253	1,391

(注) 1/ 人口の年率は、1985～1990年 2.5%、1990～1995年 2.4%、1995～2000年 2.3%と仮定した。

2/ 1人当り米消費量は、将来の食料消費構造の向上により減少するものと仮定した。

3/ 米自給率は、NAP に基づき、80%とみなす。

4/ 米の籾への換算は、米の量÷0.65とする。

5/ 穀倉地帯の籾生産量は、国内消費量（国内需要量）の55%とみた。

6/ 国内籾生産量－穀倉地帯籾生産量＝非穀倉地帯籾生産量

8.3 レビルダム地区関連灌漑プロジェクトの農業計画

8.3.1 レビルダム地区関連灌漑地区の受益面積

レビルダムからの放流によってケラントン川下流の流量の増加が見込まれる。ENEXの Kelantan River Basin Study (KRBS)において計画された7地区と、既存のKADAおよび Kemasin-Semerakを上記の流量増加によって受益する地区としてスタディする。

地 区 別	灌漑可能面積	備 考
1. KADA	31,800 ha	既存地区
2. Kemasin & Semerak	15,000	既存地区
3. North Lemal Phase I	3,644	KRBS, ENEX に含まれる
4. Ulu Lemal	3,806	〃
5. Sg. Bagan	1,620	〃
6. Tasek Garu	18,650	〃
7. Sg. Sat	1,822	〃
8. Panyit	1,234	〃
9. Kusial	1,250	同上に含まれない
計	78,826	

- 備考：1. KADAの面積は、KADA II Improvement Project Report による。On-farm workによる土地減少率 6%を見込むと、29,893haである。31,800haの内訳は、Kemubu & Salor 20,090ha、Lemal, Alor Pasir & Pasir Mas 11,710haである。
2. Kemasin Semerak Agricultural Development Project Report によると、14,815haである。
3. No. 2からNo. 9までの面積は、DID Kelantanのデータによる。

以上、9地区の分布は、別図に示される。(FIG. 8-1)

これら、9地区の長期開発計画を、ENEXのKelantan River Basin Studyに基づき、FIG. 8-2のように策定した。Lebir Dam は、本スタディの施工計画である。KADA IIは、Improvement Project Reportに基づく。Kemasin Semerak は、ENEX計画を現実的に修正した。North Lemal, Ulu Lemal, Sg. Bagan は、ENEXのスケジュールがそれぞれ、10年間遅れるものと仮定した。FIG. 8-2に見られるような便益の段階的発生を仮定した。

9地区のうち、KADA, Kemasin-Semerak, North Lemalを除く6地区の水田面積をケラントン州 190,000分の1地図(1973年航測、1982年複製)を基に概測した。

Tase Garu を除く地区の概測面積は、DID ケラントラン事務所より入手した面積とほぼ一致した。Tase Garu 18,650haは、概測面積約 6,400haと大幅に相異している。

従って、Tase Garu は、約 12,250ha の新規耕地の開発を計画されていると推定される。

SBPUより入手した統計によると、郡別水稲作付面積を irrigation scheme (DAL-AM/LUAR PBRAIRAN) の inside および outsideの両地区に分けている。本スタディにおいて、前者を灌漑田、後者を天水田とみなした。

本スタディにおける地区別の水田面積を次のように計画する。

レビルダム計画が無い場合

地 区	灌漑田 ha	天水田 ha	計 ha	計画後 灌漑田 ha
1. KADA	31,800	—	31,800	31,800
2. Kemasin & Semerak	15,000	—	15,000	15,000
3. North Lemal	1,094	2,550	3,644	3,644
4. Ulu Lemal	1,110	2,696	3,806	3,806
5. Sungai Bagan	1,130	490	1,620	1,620
6. Tase Garu	1,730	4,670	6,400	18,650
7. Sungai Sat	1,270	552	1,822	1,822
8. Panyit	860	374	1,234	1,234
9. Kusial	310	940	1,250	1,250
計	54,304	12,272	66,576	78,826

8.3.2 ケラントラン州における米の需給見通し

ケラントラン州の米生産量が全国生産量に占めるシェアを1980年から1985年までの6カ年についてみると、次表に示されるように、10~12%である。このシェアを基準にして、ケラントラン州の米生産の長期見通しをスタディした。

ケラントラン州の米生産量の対全国シェア

区 分	単 位	1980	1981	1982	1983	1984	1985
全 国 (A)	千トン	1,318	1,303	1,213	1,117	1,010	1,269
ケラントラン (B)	千トン	132.1	130.3	95.6	131.4	78.5	116.0
B÷A	%	10.0	10.0	7.9	11.8	7.8	9.1

ケラントアン州における米生産は、穀倉地帯としての KADA および Kemasin Semerak 地区と、非穀倉地帯に分れて実施される。前者の見通しは、それぞれの計画書に基づいて推定可能である。しかし、2006年以降の生産量は、2005年の推定量と同量を仮定した。

ケラントアン州における米生産見通し

事 項	単 位	1985	1990	1995	2000	2005	2010
1. 全国粗生産量	千トン	1,952	2,200	2,354	2,637	2,785	3,091
2. ケラントアン州のシェア							
10%	千トン	178.4	220	235	264	279	309
11%	〃	178.4	242	259	290	306	340
12%	〃	178.4	264	282	316	334	371
13%	〃	178.4	286	306	343	362	402
14%	〃	178.4	308	330	369	390	433
3. 穀倉地帯生産量							
(KADA+Kemasin-Semerak)		159	198	232	271	287	287
4. 非穀倉地帯生産量	〃	19.4	21	22	23	25	26
5. ケラントアン州生産量	〃						
(3+4)		178.4	219	254	294	312	313
6. 追加量 (2-5)							
ケラントアン州のシェア							
10%	千トン	0	1	0	0	0	0
11%	〃	0	23	5	0	0	26
12%	〃	0	45	28	22	22	58
13%	〃	0	67	52	49	50	89
14%	〃	0	89	76	75	78	120

8.3.3 水稲被害状況

A. 水稲作付及び収穫面積

1) ケラントアン州における雨期作水稲

作付面積の推移:

1970/71年より1984/85年まで、15年間の雨期作水稲の作付面積および収穫面積をAppendix Table 8-2によってみると、最大作付面積は、1972/73年70,389 ha、1974/75年70,286 haであった。1974/75年以降、作付面積は減少の一途をたどり、1981/82年43,602ha、1984/85年33,189haと推移してきた。

減少面積の特に大きい年は、1981/82年、1983/84年である。郡別には、Tumpat, Pasir Mas, Kota Bahru である

(Appendix Table 8-2および 8-3参照)。

1974/1975年より1984/85年まで、11年間の KADA 地区と、作付面積の推移を見ると、最近5年間における面積の減少は、KADA地区以外において進行してきた (Appendix Table 8-4および 8-5参照)。

他方、ケランタン州の人口の見通しと、1人当り米消費量を使用して、米および籾の州内需要量を推計した。この需要量と穀倉地帯の籾生産量を比較した。穀倉地帯の籾生産量は、州内の需要量を上廻ることが見通される。

しかし、将来における全国の籾生産量が低下した年には、米の輸入量が増えざるを得ない。NAP の米の自給率を維持するためには、ケランタン州の米生産量の維持と、移出量の増加が必要である。全国の米需要がケランタン州の米生産量に期待する度合の大きさは、同州の米生産量の対全国シェアの大きさによって表現することができよう。

次表によって、以下のことが解析できる。

対全国シェア10%の場合、KADA, Kemasin Semerak の米生産量の増加と、既存水田の米生産量以外に新規の追加量は見込まれない。対全国シェア11%の場合、新規追加量は、2000年、2005年においては見込まれない。

対全国シェアが12%以上となると、新規追加量が必要となる。この追加量は、上述した9地区のうち、KADAおよび Kemasin & Semerakを除く7地区によって供給されるものと計画する。

ケランタン州の米需要量の見通し

事 項	単 位	1985	1990	1995	2000	2005	2010
1. 人 口	1/ 百万人	1.026	1.174	1.334	1.509	1.692	1.877
2. 1人当り見掛け上の米消費量	2/ kg	108	100	100	100	95	95
3. 見掛け上の米総消費量	千トン	110.8	117.4	133.4	150.9	160.7	178.3
4. 籾換算消費量	3/ 千トン	170.4	180.6	205.2	232.2	247.2	274.3

(注) 1/ 人口の年率は次のように仮定した。

1986~1990年 2.7%、1991~1995年 2.6%、1996~2000年 2.5%
2001~2005年 2.3%、2006~2010年 2.1%

2/ 1995年以降の米1人当り消費量は、全国見通しの5%増しとみた。

3/ 精米率 65%

収穫面積の推移：

上述した作付面積は、洪水、昆虫、旱魃等の被害を受けて減少する。Table 8-2によると、過去15ヶ年間に於いて、年平均作付面積の5.5%が被害面積である。Appendix Table 8-2によると、洪水被害面積は、1970/71年より1974/75年までに於いて多いが、1975/76年以降は少ない(1983/84年を除く)。他方、作付面積も同様な傾向である。

1975/76年以降、相対的に洪水被害面積が少ないにも拘わらず、作付面積が減少している理由として次の諸点が考えられる。

- i) 洪水不安による農家の作付意欲の減退
- ii) 苗床の洪水被害による作付不能
- iii) 田植直後の被害をカバーする補植稚苗の欠如
- iv) 4月の用水不足のために、乾期水稻の田植時期の遅延、従って、収穫時期が遅延した。そのため、雨期作水稻の苗代、田植作業の適期が失われ、12月の洪水期と重複せざるを得なかった。

Appendix Table 8-2によると、雨期作水稻は、旱魃被害を受けている。この被害面積は、Appendix Table 8-7の乾期作水稻よりも大きい。考えられる理由として、3月～4月における用水不足時期が水稻の必要水量の最も多い生育時期である幼穂形成期や穂ばらみ、開花期に遭遇するためと考えられる。1981/82年は大きな旱魃被害を受けている。旱魃被害面積は、植付面積の16.8%を占めた。郡別にみると Pasir Pute 38.1%、Pasir Mas 27.8%、Tumpat 23.3%、Bachock 10.7%である (Appendix Table 8-6)。

2) ケランタン州における乾期作水稻

作付面積の推移：

1972年より1985年まで、14年間の乾期作水稻の作付面積および収穫面積は、Appendix Table 8-7 に示される。年次別の面積の偏差は、雨期作水稻よりもはるかに安定している。州の乾期水稻作付面積の約86～96%は、KADA地区によって占められている。従って、州全体の作付面積の推移は、水利施設の整備されたKADA地区の推移と見てよい。1980年から1983年までは、作付面積が減少した。郡別の減少率を見ると、Tumpatが最も大きい。

郡別乾期水稻作付面積の推移

郡	1980～1983年平均	1973～1979年平均	1980/83 ÷ 1973/79
Tumpat	1,329 ha	2,665 ha	49.9 %
Pasir Mas	4,049	5,050	80.2
Kota Bahru	9,981	11,839	84.3
Bachock	3,176	3,532	89.9
Pasir Puteh	1,169	1,313	89.0
Others	693	853	81.2
Kelantan	20,397	25,252	80.8

収穫面積の推移：

過去14ヶ年間に、作付面積は 2.8 %の被害を受けた。最大の被害要因は昆虫害で、被害面積の約60 %を占める。旱魃被害は少なく、被害面積の 5 %にすぎない。逆に、洪水被害は25 %を占めた。毎年受ける被害は昆虫害である。洪水被害の多いdistrictは、Bachock, Pasir Mas, Kota Bahruである。

3) KADA地区における作付面積の推移

KADA地区の総土地面積は、60,438 ha である。これらは、水田33,651 ha (55.7 %)、ゴム 7,714 ha (12.8 %)、ココナツ 310 ha (0.5 %)、混合プランテーション 11,500 ha (19.0 %)、森林、スワンプを含むその他 6,673 ha (11.0 %) に分類される。

KADA地区における過去10ヶ年間の年間水稲作付面積の推移を見ると、次のとおりである。

- ① 作付面積は、1974年 54,119 ha、1978年 44,341 ha、1983年 26,227 ha、と減少してきた (Appendix Table 8-9)。
- ② 年間耕地利用率も、1974年 161 %、1978年 132 %、1983年 78 % と減少してきた (Appendix Table 8-9および 8-10)。
- ③ 作付面積の減少傾向の相異を Sub Area 別にみると、FIG. 8-3のようである。これは、1974/75 年の作付面積を 100 %として、以降の作付面積を指数化したものである。Kemubu/Salorの面積の減少はゆるい。Lemal/Alor Pasir の面積の減少率は大きく、かつ不安定である。Pasir Mas は、1979/80 年頃からその減少率が目立ってきた。
- ④ 過去10年間にける年間耕地利用率の頻度を見ると、下表のように、年間耕地利用率が 150 %以上の年は、Kemubu/Salor 5年、Pasir Mas 5年、Lemal/Alor Pasir 0年であった。

年間耕地利用率の頻度 (1974/75 年～ 1983/84年)

年間耕地利用率	Kemubu/Salor	Lemal/Alor Pasir	Pasir Mas
150 %以上	5	0	5
140 %以上	6	1	5
130 %以上	7	1	6

B. 水稲収量の要因分析

KADAの統計によると、sub-project 別の水稲収量は、下表のとおりである。

水稲収量 (トン/ha)

雨期 (Main season)				乾期 (Off season)			
Crop Year	Kemubu Salor	Lemal Alor Psir	Pasir Mas	Crop Year	Kemubu Salor	Lemal Alor Psir	Pasir Mas
1974/75	1.96	1.46	1.95	1975	2.41	2.37	2.91
1975/76	2.21	1.68	2.49	1976	2.74	2.94	2.68
1976/77	2.03	1.62	2.36	1977	2.94	3.62	3.26
1977/78	2.59	1.72	2.32	1978	3.08	2.76	3.18
1978/79	3.35	2.92	3.26	1979	3.50	2.76	3.57
1979/80	3.97	2.72	3.15	1980	4.15	2.78	2.97
1980/81	2.92	1.63	2.76	1981	2.69	2.27	1.96
1981/82	2.44	2.50	3.44	1982	3.62	3.53	3.08
1982/83	3.32	2.06	2.65	1983	4.04	3.31	3.41
1983/84	2.11	2.02	3.42	1984	3.30	1.86	1.99

Source : Statistical Digest (Rumusan Beraugkan), KADA

KADA地区における1980年より1987年までの雨期および乾期作水稲の栽培スケジュールをKADA事務所より入手した。Appendix FIG 8-4は、このスケジュールを示す。

水稲生育ステージにおいて、必要水量の多い(用水ストレスに弱い)ステージは、活着期、幼穂形成期、穂ばらみ期である。Appendix FIG 8-4を利用し、1980年より1983年までの4ヵ年間の生育ステージを確認した。

これらの生育ステージ別の地区内降雨量とポンプ場の揚水量が水稲収量に及ぼす影響を分析した。Appendix Table 8-11 は、Kemubu-Salor地区におけるデータを示している。

これらのデータを利用した、月別雨量、月別ポンプ揚水量と収量との一次相関係数を次表のように算定した。穂ばらみ期の月別雨量と収量との間にはかなりの相関がみられる。

収量相関

関係	相関関係	サンプル
活着期、月雨量と収量	-0.56	7
幼穂形成期、月雨量と収量	0.78	7
穂ばらみ期、月雨量と収量	0.88	7
活着期、月揚水量と収量	0.78	7
幼穂形成期、月揚水量と収量	0.67	7
穂ばらみ期、月揚水量と収量	0.41	7

(注) サンプルは雨期、乾期水稲作の計

さらに、上述の1975～1984年10年間の収量と地区内雨量、ポンプ揚水時間、ポンプ場のケラントン川水位との関係を検討した。特に、Kemubu/SalorおよびPasir Mas 地区について代表的年次における相関関係を定性的に検討し、次のような傾向を把握した。

幼穂形成期、穂ばらみ期における関係

ポンプ場	年次	月	雨量 mm	揚水時間 時間	ポンプ場	
					最低水位 m	ha当り収量 t
Kemubu/Salor	1981	7	128.0	2,535	5.06	2.69
	1979	7	233.6	2,248	5.15	3.50
	1981	8	35.3	2,171	5.00	2.69
	1979	8	134.7	1,921	5.09	3.50
Pasir Mas	1981	7	128.0	1,444	1.50	1.96
	1980	7	223.0	1,444	2.22	2.97
	1981	8	35.3	1,433	1.86	1.96
	1980	8	268.5	1,154	2.65	2.97

8.3.4 作付計画

A. 作付方式

第5次マレーシア計画における米生産のポリシーに基づき、ケラントン州における米生産は、Kemubu, Kemasin-Semerak の穀倉地帯に主として依存することになろう。他方、ケラントン州の米生産量が全国の生産量に占めるシェアが高まるにつれて、非穀倉地帯からの新規追加量が必要となろう。

レビルダム地区関連灌漑地区9地区のうち、Kemubu, Kemasin-Semerak を除く7地区の水田面積は、19,776 ha である。この水田面積は、灌漑田38%、天水田62%を占める。レビルダムよりの放流に基づくケラントン川の増加流量を有効に利用するために、この天水田12,272 ha を灌漑田に転換することは、海岸地域の農業の活性化のために重要なことである。第5次マレーシア計画によると、穀倉地帯の外部にある既水田における米生産は、漸次、局面転換をはかり、もっと有利な作物に転換して行かざるを得ない。作物の多様化と集約化は、海岸地域における将来の農業発展のための重要戦略である。

7地区における作付計画は、次の2方式についてスタディした。

第1 一 雨期、乾期とも水稲単一作付方式

(mono cropping pattern)

第2 一 雨期は水稲作、乾期は畑作物を主体とし、一部水稲を入れた灌漑輪作方式。

(Irrigated rotational cropping pattern)

第2の灌漑輪作方式は、ENEX報告書(KRBS) Vol.4 農業において提起された作付方式に類似している。ENEX報告書の30年長期計画において提起された“indicator crops”は、水稲、タバコ、落花生、とうもろこし、大豆、ソルガム、野菜、牧草、さとうきび、キャッシュナッツ、ランブータン、ドリアン、Duku、ゴム、ココナツ、オイルパームである。7地区の水田に作付けられる“indicator crops”としては、ENEX報告書の作物のうち、水稲、タバコ、落花生、とうもろこし、ソルガム、野菜の6種を選定した。大豆は、KADAの生産費資料により収益性が低いので除外した。ENEX報告書によると、Tase Garu 地区において提起された畑作物は、タバコ、落花生、とうもろこし、大豆、ソルガム、野菜、牧草、さとうきびである。さとうきびは、これら畑作物の総計が面積の約40%を占めている。水稲は計画されていない。ENEX報告書における Tase Garu 地区の作付計画の特殊性は、レビルダム地区関連の本スタディーにおいても考慮されるべきである。しかしながら、さとうきびに関する情報が得られないので、水稲を“indicator crops”の一つとして選定した。ソルガムは、Tase Garu 地区だけにおいて計画される。

Kusial地区は、ENEX報告書に含まれていないので水稲単一方式とした。

B. 水稲単一作付方式

新規地区の水稲作付率は、次のように計画する。

計画が無い場合の水稲作付率：

1970/71年より 1984/85年の15年間の郡別水稲作付面積によると、1980/81年より 1984/85年の最近5年間における作付面積は減少している。

この期間内の平均年作付率を計画が無い場合の作付率と仮定する。

(Appendix Table 8-3および 8-8参照)

新規地区別水稲作付率(%)

地区	North	Ulu	Sungai	Tase	Sungai	Panyit	Kusial
season	Lemal	Lemal	Bagan	Garu	Sat		
雨期	0.29	0.40	0.76	0.40	0.76	0.76	0.40
乾期	0.12	0.17	0.07	0.17	0.07	0.07	0.06
所属する郡	Tumpat	Pasir Mas Tana Merah	Ma- chang	Pasir Mas Tana Merah	Ma- chang	Ma- chang	Tana Merah

計画後の水稲作付率：

1970/71年より 1979/80年までの10年間における郡別雨期水稲作付面積は、下記のように安定している。乾期水稲作付面積は Kota Bahru を除いて低い。

本スタディでは、Kota Bahru 作付率を計画目標とし、雨期90%、乾期80%、年間 170%とする。

1970/71年～1979/80年の水稲作付率(%)

郡別 season	Tumpat	Pasir Mas	Kota Bahru	Bachock	Pasir Puteh	Mahang	Tana Mreh
雨 期	80	89	92	78	96	91	70
乾 期	26	26	75	31	11	2	11

計画後の年次別作付率を次のとおり仮定する。

	第1年	第2年	第3年	第4年	第5年
雨 期	80%	80%	90%	90%	90%
乾 期	60%	70%	70%	80%	80%
計	140%	150%	160%	170%	170%

上述した水稲作付率を使用して、新規地区の年次別水稲作付面積を次表のように計画した。

計画が無い場合の水稲作付面積は次表のとおりである。

単位 = ha

地 区	雨 期			乾 期		
	灌漑田	天水田	計	灌漑田	天水田	計
North Lemal	317	740	1,057	131	306	437
Ulu Lemal	444	1,078	1,522	194	460	654
Sungai Bagan	859	372	1,231	79	34	103
Tase Garu	692	1,868	2,560	228	572	800
Sungai Sat	965	420	1,385	89	39	128
Panyit	654	284	938	60	26	86
Kusiai	124	376	500	19	56	75

計画後の水稲作付面積は次表のとおりである。

新規地区の水稲計画作付面積

単位=ha

地区	シーズン	1年	2年	3年	4年	5年
North Lemal	雨期	2,915	2,915	3,280	3,280	3,280
	乾期	2,186	2,550	2,550	2,915	2,915
Ulu Lemal	雨期	3,045	3,045	3,425	3,425	3,425
	乾期	2,284	2,664	2,664	3,045	3,045
Sg Bagan	雨期	1,296	1,296	1,458	1,458	1,458
	乾期	972	1,134	1,134	1,296	1,296
Tase Garu	雨期	14,920	14,920	16,785	16,785	16,785
	乾期	11,190	13,055	13,055	14,920	14,920
Sg Sat	雨期	1,458	1,458	1,640	1,640	1,640
	乾期	1,093	1,275	1,275	1,458	1,458
Panyit	雨期	987	987	1,110	1,110	1,110
	乾期	740	864	964	987	987
Kusial	雨期	1,000	1,000	1,125	1,125	1,125
	乾期	750	875	875	1,000	1,000

C. 灌漑輪作方式

新規6地区（Kusialを除く）における畑作物の目標面積を以下のように予測する。

とうもろこし：

とうもろこしは輸入作物である。Food Balance Sheets, 1978-81 Average, 1984, PADによると、国内供給量の95.7%は輸入されている。従って、とうもろこしの作付は、将来増加すべきである。ケラントアン州におけるとうもろこしの作付面積は、減少傾向にあるが、1977年には1,367haをしめていた。

年次	1981	1982	1983	1984	1985
作付面積 (ha)	1,089	987	533	676	591

Food Balance Sheetsによると、年間1人当り供給量は2.3kgである。この単位を使用してケラントアン州の供給量を予測すると、1985年2,360t、2010年4,317tである。

全国平均単収 3,097 t/ha で除して得られる必要面積は、1985年約 760 ha、2010年約 1,400 ha である。州全体に関するENEX報告書の予測値（30年目標）は 4,360 haである。

とうもろこしの目標面積（州）

年次	計画が無い場合	計画が有る場合
1985	591 ha	591 ha
2010	1,400	4,360

落花生：

ケランタン州における落花生の作付面積は、近年、激減している。しかし、1979年には、3,500 haをしめていた。

年次	1981	1982	1983	1984	1985	5ヵ年平均
作付面積 (ha)	2,715	3,273	1,313	718	601	1,387

ENEX報告書の予測値は、海岸地帯全体で 27,089 ha、レビルダム関連 6 地区で、7,590 haである。Kemasin-Semerak 計画書によると、約4,100 haの面積拡大が計画されている。

州全体の2010年の予測値は、ENEXの予測値の約30%を仮定する。

落花生の目標面積（州）

年次	計画が無い場合	計画が有る場合
1985	601 ha	601 ha
2010	1,390	8,100

タバコ：

ケランタン州における1976年より1985年までのタバコの作付面積のトレンドを一次回帰方程式によって示すと、次のとおりである。

$$\text{バージニア・タバコ} \quad Y = 6,872 + 189 X$$

$$\text{ローカル・タバコ} \quad Y = 168 + 14.6 X$$

この両式を使用して、計画がない場合のタバコ作付面積の2010年の予測値を計算すると、バージニアタバコ 11,600 ha、ローカルタバコ 530 ha、計 12,130 haとなる。このうち、レビルダム関連 6 地区の面積は、3,415 ha である。ENEX 報告書の予測値は、13,863 ha である。このうち、レビルダム関連 6 地区の予測値は、4,840 ha である。以上を考慮して、タバコの目標面積は次のとおりとする。

タバコの目標面積（州）

<u>年次</u>	<u>計画が無い場合</u>	<u>計画が有る場合</u>
1985	6,985 ha	6,985 ha
2010	12,130	13,555

ソルガム：

BNBX報告書によると、Tase Garu 地区の属するCompartment No.4におけるソルガムの作付面積は、4,570haである。レビルダム関連6地区のうち、Tase Garu 地区のみ、ソルガム 4,570haを2006年より計画する。

野菜：

ケラントン州における1976年より1985年までの野菜の作付面積のトレンドを一次回帰方程式によって示すと、 $Y = 1,331 + 47.2 X$ となる。この式を利用して、計画がない場合の野菜の作付面積を次ように予測した。

計画がない場合

<u>年次</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
作付面積 (ha)	1,545	1,567	1,803	2,015	2,130	2,130

Food Balance Sheets によると、年間1人当り生鮮野菜の供給量は、23kgである。この単位を使用して、ケラントン州における2010年の生鮮野菜の供給量を推測すると約 43,700tである。この供給量を全国ha当り平均収量 11tで除すと約 3,970 haとなる。本スタディでは、この必要面積の80%を計画が有る場合の2010年における予測値とした。

野菜の目標面積（州）

<u>年次</u>	<u>計画が無い場合</u>	<u>計画が有る場合</u>
1985	1,545 ha	1,545 ha
2010	2,130	3,179

以上の畑作物を海岸地域と背後地域に分けると次表のとおりである。

2010年における Diversification Crop

区 分	計画が無い場合					単位: ha
	とうもろこし	落花生	タバコ	ソルガム	野菜	計
A. 海岸地域	1,200	1,190	11,945	—	1,944	16,279
A-1 レビルダム関連地区	660	680	3,415	—	584	5,339
A-2 KADA, Kemasin Semerak およびその他	540	510	8,530	—	1,360	10,940
B. 背後地域	200	200	185	—	186	771
C. ケラントアン州 計	1,400	1,390	12,130	—	2,130	17,050

(注) レビルダム関連地区の作付面積は、6地区の所属する Districtsにおける作付面積とみなす。

区 分	計画が有る場合 (ha)					計
	とうもろこし	落花生	タバコ	ソルガム	野菜	
A. 海岸地域	4,111	7,900	13,370	4,570	2,933	32,944
A-1 レビルダム関連地区	1,511	3,290	4,840	4,570	1,633	15,844
A-2 KADA, Kemasin Semerak およびその他	2,600	4,610	8,530	—	1,360	17,100
B. 背後地域	250	200	185	—	186	821
C. ケラントアン州 計	4,361	8,100	13,555	4,570	3,179	33,765

(注) レビルダム関連地区の作付面積は、6地区受益地における作付面積である。

一般的な統計において、現在、畑作物が水田に作付られている面積は不明である。短期作物の現在の作付カレンダーは、KADA II 報告書より引用された FIG. 8-4 に示される。

以上の事実を考慮し、レビルダム計画が無い場合の diversification crop の作付面積は、便宜上、レビルダム関連地区が所属する district の 5,339ha の 50 % 2,670 ha が 6地区の水田に作付られていると仮定する。

レビルダム計画が有る場合の新規地区の作物別作付面積 (2012年) は次表のとおりである。

新規地区の作物別作付面積（2012年）

雨期：R, 乾期：D (単位：ha)

<u>地 区</u>	<u>シーズン</u>	<u>畑作物</u>	<u>水 稻</u>	<u>計</u>
North Lemai	R	—	3,280	3,280
	D	2,574	341	2,915
Ulu Lemai	R	—	3,425	3,425
	D	2,704	341	3,045
Sg. Bagan	R	—	1,458	1,458
	D	1,162	134	1,296
Tase Garu	R	—	16,785	16,785
	D	7,816	7,104	14,920
Sg. Sat	R	—	1,640	1,640
	D	951	507	1,458
Panyit	R	—	1,110	1,110
	D	637	350	987
Kusial	R	—	1,125	1,125
	D	—	1,000	1,000
計	R	—	28,823	28,823
	D	15,844	9,777	25,621

8.4 所要水量

8.4.1 灌漑地区のピーク用水需要量

The Kelantan River Basin Study (BNEX, 1977年)によると、2000年時点におけるケラントラン川依存の灌漑用水の需要量は、Table 8-1 のように $112.3 \text{ m}^3/\text{s}$ (131,955 ha) と見込まれている。本スタディにおいて、DIDケラントラン事務所およびKADA事務所より入手したデータによると、将来ケラントラン川に依存するピーク用水需要量は、直接本川より $101.1 \text{ m}^3/\text{s}$ (54,250 ha)、支流ダムより $26.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (24,576 ha)、合計 $127.6 \text{ m}^3/\text{s}$ (78,826 ha) である。この合計値は、各地区の需要量を単純に合計したものである。同一ポンプ場を使用している Kemubu地区と Kemasin-Semerak地区のピーク月は、おのおの4月と5月であってピークの需要が重複していない。これを考慮すると $111.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ ($127.6-16.0$) となる。

8.4.2 ケラントラン川における利用部門別確保流量

DIDケラントランは、ケラントラン川から取水される水需要量を次のように要約している。

1. 灌漑用水	$90 \text{ m}^3/\text{s}$
2. 上工業用水	20 (Kemasin, Semerak studyは $5 \text{ m}^3/\text{s}$ と評価)
3. 塩分除去用余剰流量	80
計	190

DIDケラントランの灌漑用水部門確保流量 $90 \text{ m}^3/\text{s}$ を前提とするとき、KADA $71.6 \text{ m}^3/\text{s}$ と Kemasin & Semerak $16.0 \text{ m}^3/\text{s}$ のピーク需要量は、この制限内に入る。将来、新規7地区の用水需要が発生した場合、この確保流量 $90 \text{ m}^3/\text{s}$ の枠をオーバーすることになる。

レビルダム完成後のケラントラン川における増加流量は、これら新規7地区の取水を安定的に可能とするであろう。上工業用水、および塩分除去用余剰流量計 $85 \sim 100 \text{ m}^3/\text{s}$ を制限的確保流量とみなす場合、新規灌漑プロジェクト7地区の安定的取水は、KRBSにおいて計画されたタボンダムおよびレビルダムの建設後のケラントラン川全水系の水需給バランススタディの中で検討されねばならない。

本計画においては、取り敢えずレビルダム完成後のケラントラン川における増加流量のみを考慮した水需給バランスをスタディする。従って、スタディは、総合的でなく、あくまでも部分的な水需給バランススタディである。

8.4.3 用水需給バランススタディ

- 1) 上述した9灌漑地区の長期計画を KRBS, ENEX を基礎として FIG. 8-2のように仮定した。これらの地区の水需要は、段階的に増加するものと推定される。従って、次の4ケースをスタディするものとした。

ケース別灌漑面積 (ha)

地区別	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
KADA	31,800	31,800	31,800	31,800
Kemasin-Semerak	15,000	15,000	15,000	15,000
North Lemal	—	3,644	3,644	3,644
Ulu Lemal	—	3,806	3,806	3,806
Sg. Bagan	—	1,620	1,620	1,620
Tasek Garu	—	—	18,650	6,400
Sg. Sat	—	—	1,882	1,882
Panyit	—	—	1,234	1,234
Kusial	—	—	1,250	—
Total	46,800	55,870	78,826	65,326

(註) Case4 の Tasek Garu 6,400ha は、新規開発面積を除く。(8.3.1)
各ケースとも水稲を全面的に作付するものとする。

- 2) レビルダムからの放流によるケランタン川の流量増加を次の3段階に区分した。
- A. ダムが無い場合
 - B. 70 m³/s放流の場合
 - C. 80 m³/s放流の場合

- 3) 下記の10ケースにつき、用水需給バランスをスタディした。

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
A	○	○	○	○
B	—	○	○	○
C	—	○	○	○

- 4) スタディの基本方針

a) 基礎データ

○1967年より1984年までのギルマード橋地点におけるケランタン川の旬別流量 (HCM)

○ 1967年より1984年までの旬別単位必要水量 (Unit Water Requirement)
(Lit/s/ha)

b) 灌漑必要水量 (Total Water Duty)
旬別単位必要水量 × 4 ケースの水稻灌漑面積 (MCM)

c) 供給水量 (Discharge of Water)
3) の10ケースのギルマード橋地点の旬別流量 (MCM)

d) 灌漑必要水量を除いたケラントン川の確保流量
上工業用水 20 m³/s または 5 m³/s
塩分除去用余剰流量 80 m³/s
計 100 m³/s または 85 m³/s

e) ケラントン川残流量 (MCM) (Remaining Discharge)

9 灌漑地区の取水地点は、おのおの、相違している。しかし、このスタディでは、便宜上、4 ケース別の灌漑地区の取水地点の相違を無視する。

残留量 = 旬別流量 - 旬別必要水量

f) 上述の旬別単位必要水量は、KADA II Improvement Project Studyにおいて使用した水稻の Cropping Calenderを基礎として計算されている。従って、KADAのKemubu地区とKemasin-Semerak 地区の用水需要ピーク時期の相違は考慮されていない。特に、e) の 3月、4月における残留量は正確な数字よりも少ない暫定的計算値である。従って、残流量が確保流量を下廻る場合、この両地区の時期需要量の相違を考慮し精度を上げる。

g) ギルマード橋地点流量と、KADA II 報告書の Water Operation Studiesで使用されたKemubu用水機地点の流量との差 (1975~76年) を区間流入量とみなした。旬別用水不足の頻度を検討する際に考慮した。

h) KADA II 報告書によると、Kemubu, Lemai & Alor Pasirの平均的水需給バランスは、年間ポンプ揚水量が、おのおの90%、68%である。残りは還元水および地区内の小川、Golok 川に依存している。

本スタディでは、これらの地区別水供給バランスは無視した。

5) 解析

ケース 1 : 確保流量 85 m³/s を下廻る旬の数は、4月中旬、下旬におのおの、(46,800ha) 17年間に2回である (1969年、1983年)。

確保流量 100 m³/s の制限は揚水バランスを窮屈にしている。

用水不足回数は次のとおりである。

3月下旬 : 16年に3回 (1969, 1981, 1982年)

4月上旬 : 17年に2回 (1968, 1983年)

4月中旬 : 17年に3回 (1968, 1969, 1983年)

4月下旬 : 16年に2回 (1969, 1983年)

ケース 2 : レビルダムからの放流が無い場合3月中旬から5月上旬にかけて、用水が不足する。最高の不足回数は、16年に3回、17年に3回である。

確保流量85 m³/sの場合、レビルダムからの放流量70 m³/s、80 m³/sはいずれも、用水不足を発生しない。

確保流量 100 m³/sの場合、両放流量は16年間に1回(1969年)の用水不足にすぎない。

ケース 3 : レビルダムからの放流が無い場合、用水不足の頻度は、ケース2よりもひどくなる。3月中旬から5月中旬における用水不足の回数は、最高16年に4回、17年に4回である。

しかし、確保流量85 m³/sの場合、放流量70 m³/sでは4月中旬から5月上旬にかけて16年または17年に1回の用水不足が発生するだけである。放流量80 m³/sでもほぼ同様である。

確保流量 100 m³/sの場合、放流量70 m³/sでは、3月上旬から5月にかけて長期間の用水不足がみられる。しかし、4月中旬17年に2回(1968, 1969年)を除き、16年または17年に1回の不足にすぎない。放流量80 m³/sでは用水不足の回数はもっと少なくなる。

ケース 4 : レビルダムからの放流が無い場合、用水不足の回数は、ケース2よりも多くなる。3月上旬より5月上旬までの最高16年に3回から17年に3回まで不足する。確保流量85 m³/sおよび100 m³/sの場合、放流量70 m³/s、80 m³/sいずれも4月中旬17年に1回(1969年)、用水が不足するだけである。

KADA II Improvement Project Report においては、揚水機、水路の設計単位必要水量 (design unit water requirement) 決定のために10年確率雨量を採用している。この計画基準を適用すると、下表のようにケース3の確保流量 100 m³/sの場合を除き、ケース2、ケース3、ケース4におけるレビルダム70 m³/s前後以上の放流は、灌漑9地区の用水補給を安定させると推定できよう。

確保流量を下廻る(旬)数

<u>ケース</u>	<u>放流量</u>	<u>確保流量</u>	<u>4月上旬</u>	<u>4月中旬</u>	<u>4月下旬</u>	<u>5月上旬</u>
2	70	85	—	—	—	—
	70	100	—	—	1/16	—
	80	85	—	—	—	—
	80	100	—	—	1/16	—
3	70	85	—	1/17	1/16	1/17
	70	100	2/17	3/17	1/16	1/17
	80	85	—	1/17	1/16	—
	80	100	1/17	1/17	1/16	—
4	70	85	—	1/17	1/16	—
	70	100	—	1/17	1/16	—
	80	85	—	1/17	1/16	—
	80	100	—	1/17	1/16	—

(m³/s)

(注) Appendix Table 8-1参照

8.5 農業便益

8.5.1 KADA II 地区における便益発生

- 1) KADA II 地区のWast Bank 地域、即ち Lemal & Alor Pasir と Pasir Mas は、世界開発銀行より融資をうけて事業を実施した Lemal Irrigation Component と KADA II の改良事業の施工地域である。両事業の施工期間をオリジナルスケジュールで見ると、前者が1976年～1984年、後者が1982年～1987年であった。

前者の工事は、既に完了したとみられる。後者の工事は、ポンプ場の更新であって未着工である。しかし、第5次5ヵ年計画（1986～1990年）にKemubuポンプ場と共に含まれている。

KADA事務所での調査によると Lemal & Pasir Mas地区における用水路末端地域の水田の一部は標高が高い。ポンプ場からの揚水量が少なく、用水路の実際の水位が設計水位を下廻るときには、標高の高い水田に水がのらない。このような常習的な用水不足地区は、Lemal のJong Bakar集落の南部の約1,000haと Pasir Mas の受益地約30%、540 haと報告されている。

Lemal Irrigation Componentの工事が完了し、KADA II のポンプ更新事業が近い将来完了したとしても、上述した常習的な用水不足は、ケラントラン川の流域減少の年には、生起せざるを得ないであろう。

従って、本計画においては、上述した用水不足地区1,540haをレビルダム放流による受益面積と推定する。

用水需給バランススタディの結果によると、ケース1の用水不足は、3月中旬から4月下旬にかけて発生している。この用水不足は、乾期水稲の作付面積の拡大の障害となっている。レビルダム放流は、この被害を解消するだろう。そこで、1,540haの乾期水稲作付面積の増加を、レビルダム放流による発生便益とみなす。

- 2) 1975年から1984年までの10ヵ年間のケラントラン州の旱魃被害面積は、下表のように年平均、雨期水稲1,172ha、乾期水稲35haである。このうち、約60%は、KADA II 地区のEast Bank Kemubu地区に発生していると推定される。

旱魃被害面積（ケラントラン州）

区 分	雨期作水稲	乾期作水稲
統計年度	1974/75 ～1983/84 年	1975～1984年
年平均被害	1,172ha (Kemubu 693)	35ha (Kemubu 29)
最大被害	7,319ha (1981/82 年)	129ha (1982年)

(資料) Statistics of Paddy

前表によると 1981/1982年雨期作水稻は最大の旱魃被害に見舞われた。同期水稻の幼穂形成期、穂ばらみ期、開花期は、2月下旬より3月下旬であった。同時期のケラントン川流量と降雨量は少ない。

KADA II Improvement Project Studyにおいて使用された Cropping Calenderが Project の完成後、適用されるとすれば、上述の幼穂形成期と穂ばらみ期は、12月より1月に変更される。従って、この旱魃被害は、KADA II Projectの完成後解消されるであろう。

他方、用水需給バランススタディのケース1でみられた3月中旬から4月下旬に発生する用水不足は、Kemubu地区の乾期水稻の作付面積の拡大に支障を与えるであろう。それらの被害面積を推定することは困難である。そこで本計画では、便宜上、上表でみられる Kemubu 地区の年平均被害面積、雨期 693ha、乾期29ha、合計 722haの解消をレビルダム放流による便益発生面積と仮定する。

8.5.2 Kemasin-Semerak 地区における便益発生の可能性

Kemasin-Semerak 地区は、その用水需要量の不足分を Kemubu 揚水機場を通じてケラントン川に依存する計画である。Kemubu灌漑地区の幹線水路は、約 7km 幅幅される。揚水された水は、Vererek 川（ケマシン川の上流）と、Melor 川（またはGun-ong 川）に送水され、おのおの、ケマシン低位部とセマラク川に放流される。

ケラントン川への月別依存水量を Kemubu 地区と比較すると、下表のようにピーク月が重複しない。

地区別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kemasin	—	—	0.63	0.47	4.75	3.67	2.36	—	—	—	—	—
Semerak	—	—	1.35	1.50	9.03	9.03	4.44	—	—	—	—	—
計	—	—	1.98	1.97	13.74	12.70	6.8	—	—	—	—	—
口スを含む水量	—	—	2.28	2.27	15.80	14.61	7.82	—	—	—	—	—
Kemubu	—	—	39.9	39.9	26.7	26.7	26.7	—	39.9	39.9	20.7	—

(注) 最大取水量 = 15.8 m³/s = 16.0 m³/s

(資料) ○Kemasin-Semerak Agricultural Development Project

○KADA Office のデータ

8.1.4 の用水需給バランススタディのケース1によると、kemasin-Semerak 地区のピーク用水需給の5月には、確保流量80~100 m³/sを下廻る用水不足の旬はみられない。従って、レビルダム放流による便益発生は見込まないものとする。

8.5.3 新規灌漑7地区における便益発生

8.4 用水需給バランススタディでは、ケラントン川全水系における部分的なバランススタディである。従って、新規灌漑7地区の取水が安定的に可能となるのは、必ずしもレビルダム放流の結果のみに限定する必要はない。

しかし、本スタディでは、ケラントン川の確保流量85~100 m³/sの前提条件のもとで、7地区の安定的取水の可能性をレビルダムの放流量に求めるものと仮定して、用水のバランスをスタディした。その結果に基づき、ケース2、3および4の場合、7地区に便益が発生するものとした。

新規灌漑7地区における便益発生要因は、用水補給による灌漑面積の増加、従って天水田の解消である。積極的な灌漑耕地の拡大は Tase Garu地区に限られている。これらの灌漑田に水稲および diversification crop を作付けることにより便益発生が可能となる。

8.5.4 作物別計画単収

水稲計画単収

ケラントン州における水稲ha当り収量の年平均伸び率は、次の2つの基礎データによって相異なる。本スタディでは、控え目な単収の見通しを計画するため、雨期 1.2%、乾期 0.7%とする。(Appendix Table 8-12 および 8-13)

ケラントン州の水稲収量の年平均伸び率

	雨期	乾期
○ SEPU, Kelantan 郡別収量の年平均値 1976~1985年	1.2%	1.7%
○ Department of Agriculture, Agricultural Basic Statistics (Various Issues), 1970~1980年	1.9%	0.7%

SEPUより入手した統計により推計した郡別、灌漑田、天水田別ha当り収量を現況収量とし、上記、年伸び率を使用して、将来の年次別収量を予測した。

(詳細は Appendix Table 8-14)。上限は、KADA II Improvement Projectにおける目標収量、雨期水稲 3.76 t/ha、乾期水稲 3.96 t/ha とした。SEPUの統計収量は、収穫面積ベースである。ケラントン州の1970~1980年水稲生産統計(上記の Department of Agriculture)によると、収穫面積と作付

(植付)面積の比率は、11ヵ年間平均、雨期96%、乾期98%である。

便益計算に使用される効果発生面積は、この比率を利用した。

畑作物計画単収

畑作物 (diversification crop) の計画単収は、KADAより提供された作物別生産費報告書およびENBX報告書Vol 4 : 農業に基づいて決定した。

畑作物の計画単収 (kg/ha)

作物名	計画が無い場合	計画が有る場合
とうもろこし	2,500	3,125
落花生	2,250	3,750
タバコ (生葉)	6,100	7,930
ソルガム	3,750	4,500
キャベツ	12,500	15,000
カイラン	9,500	11,000
長豆	10,000	12,000
かぼちゃ	12,000	15,000
マスタード	13,000	16,000
ブロッコリー	6,250	7,500
オクラ	12,500	15,000

8.5.5 価格

プロジェクトの評価は、市場価格、経済価格、計算価格など、種々の価格が用いられる。市場価格によるプロジェクトの評価は、財務評価 (Financial Analysis または Cash Flow Analysis) と呼ばれる。経済価格、計算価格によるプロジェクトの評価は経済評価 (Economic Analysis) である。

本スタディの主要作物である米 (Rice)、粳 (Paddy) および畑作物の市場価格および経済価格または計算価格を評価すると次のとおりである。ここで市場価格は農家受取価格を意味する。

粳の市場価格/財政的価格:

入手したデータによると次のとおり。(単位; マレイシアドル)

(a) Paddy Statistics (Peranakan Padi) Malaysia, 1984

ケランタン州粳月別平均価格

長粒種 0.50 R_M /kg

短粒種 0.46 R_M /kg

(b) SBPU, Kelantanより入手したデータ

LPN, Kelantna, 籾購入価格

1980年7月16日

46.30 ~ 49.60 ㊦/100kg

プラス 3.31 ㊦ (1980年1月10日~同10月16日)

(補助金) 16.54 ㊦ (1980年10月17日)

(c) Economic Report 1986/87 (マレーシア, 大蔵省)

籾価格補助金 49.61 ㊦/100kg

(d) 本スタディにおいて市場価格方式を取る場合には、500 ㊦/ㄲを使用する。

籾の経済価格:

世界開発銀行の米の見通し価格に基づく経済価格を次のように推定した。

(詳細は Appendix Table 8-16参照)

項 目	1986年		2000年	
	財政価格	経済価格	財政価格	経済価格
US \$/mt (単位 米ドル)				
タイ米輸出価格 (米) (バンコック, FOB, 碎米率 5%)	177	177	216	216
Klang 港 CIF価格 (米)	189	189	225	225
M\$/mt (US\$1=M\$ 2.50) (単位マレイシアドル)				
Klang 港 CIF価格 (米)	473	473	563	563
コタバル卸売価格 (米)	643	587	733	677
KADA地区精米所入口価格 (米)	638	583	728	673
KADA地区精米所籾換算価格	415	379	473	437
農家庭先価格	366	335	424	393

本スタディにおいて経済価格または計算価格方式をとる場合には、2000年の 424㊦または 393㊦を使用する。

畑作物の市場価格/財政的価格:

畑作物 (diversification crop) の市場価格は、KADAより提供された作物別生産費報告書、SEPU:Kelantan より収集したデータに基づいて計画する。

畑作物の市場価格 (M\$ 1/kg)

とうもろこし	0.64	落花生	1.0	タバコ	0.67
ソルガム	0.60	キャベツ	0.5	カイラン	0.5
長豆	0.60	かぼちゃ	0.4	マスタード	0.6
ブロッコリー	1.00	オクラ	0.6		

畑作物の経済価格：

畑作物の経済価格は、general conversion factor 0.8 を使用して評価された国境価格を使用する。

畑作物の経済価格 (M\$ 1/kg)

とうもろこし	0.51	落花生	0.8	タバコ	0.54
ソルガム	0.48	キャベツ	0.4	カイラン	0.4
長豆	0.48	かぼちゃ	0.32	マスタード	0.48
ブロッコリー	0.80	オクラ	0.48		

非熟練労働賃金のシャドレート：

KADA II Improvement Project Report において農業労働賃金のシャドレートがスタディされている。農業労働の機会費用がカーブから求められたシャドレートは、市場レート平均10\$に対して約 5.5~6.1 \$であった。従って、本スタディにおいてシャドレート 0.6を使用する。

8.5.6 生産費

KADA農業部より入手した生産費資料に基づき、1 ha当り生産費を次のように計画する。

生産費 M\$ / ha

作物	市場価格	経済価格
水稻(田植)(W/oP)	1,297	934
水稻(直播)(W.P)	1,136	856
とうもろこし	1,337	815
落花生	1,826	1,331
タバコ	4,047	2,670
ソルガム	1,212	951
キャベツ	4,692	3,638
カイラン	4,526	3,085
長豆	5,264	3,858
かぼちゃ	4,281	3,216
マスタード	4,535	3,093
ブロッコリー	4,562	3,559
オクラ	5,043	3,731

8.5.7 増加生産量

農業便益は、5ケースに分けて評価する。ケース1よりケース4までの4ケースは、前述の用水需給バランススタディにおける各ケースと一致する。(8.4.3参照) これら4ケースの作付方式は、水稲単一作付方式である。ケース5は、灌漑輪作方式である。作物は、水稲と畑作物 (diversification crop) よりなる。ケース5は、ケース3における乾期の水稲単一作付方式を、水稲と畑作物の複合作付方式に転換する計画である。

ケース毎の作物別作付面積を Key Year についてみると次のとおりである。

計画が有る場合の作物別作付面積

(単位: ha)

ケース	作物	1998/99 1999	'99/00 2000	'05/06 2006	'06/07 2007	'08/09 2009	'11/12 2012	'17/18 2018
1	水稲	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268	2,268
2	水稲	5,738	13,442	14,933	14,933	14,933	14,933	14,933
3	水稲	7,710	15,872	28,877	45,662	55,420	56,712	56,712
4	水稲	7,710	15,872	21,527	27,288	32,847	33,764	33,764
5	水稲	2,268	9,524	14,621	31,406	39,579	40,868	40,868
	畑作物	7,784	7,803	14,887	14,893	15,841	15,844	15,844
	計	10,052	17,327	29,508	46,299	55,420	56,612	56,612

(注) Key Year 1999年: North Lemal, Ulu Lemal, Sg. Baganの乾期水稲のスタート

2000年: 全上の雨期水稲のスタート

2006年: Tase Garuの乾期水稲のスタート

2007年: 全上の雨期水稲のスタート

2009年: Sa. Sat, Panyit Kusialのスタート

2018年: フル便益

計画が無い場合の作物別作付面積

(単位: ha)

ケース	作物	1998/99 1999	'99/00 2000	'05/06 2006	'06/07 2007	'08/09 2009	'11/12 2012	'17/18 2018
1	水稲	—	—	—	—	—	—	—
2	水稲	1,092	3,670	3,670	3,670	3,670	3,670	3,670
3	水稲	1,194	5,004	5,804	8,364	11,476	11,476	11,476
4	水稲	1,194	5,004	5,804	8,364	10,901	10,901	10,901
5	水稲	1,194	5,004	5,804	8,364	11,476	11,476	11,476
	畑作物	2,284	2,320	2,530	2,564	2,634	2,670	2,670
	計	3,478	7,324	8,334	10,928	14,110	14,146	14,146

ケース毎の水稲および主要畑作物の生産量を Key Year についてみると次のとおりである。

生産量：計画が有る場合 (単位：1,000 トン)

ケース	作物	1998/99 1999	'99/00 2000	'05/06 2006	'06/07 2007	'08/09 2009	'11/12 2012	'17/18 2018
1	水稲	7.1	7.2	7.7	7.7	7.8	7.9	8.1
2	水稲	20.0	45.0	52.8	53.0	53.4	53.7	54.7
3	水稲	25.7	53.2	99.5	158.9	196.0	202.1	205.4
4	水稲	25.7	53.2	75.3	95.9	117.2	125.1	126.9
5	水稲	7.1	31.4	50.9	110.0	140.5	146.2	147.6
〃	とうもろこし	2.6	2.6	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
〃	落花生	7.3	8.4	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
〃	タバコ(生)	21.7	22.9	32.7	38.4	38.4	38.4	38.4
〃	ソルガム	—	—	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
〃	野菜	10.4	11.0	18.4	18.4	21.4	21.4	21.4

生産量：計画が無い場合 (単位：1,000 トン)

ケース	作物	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	水稲	—	—	—	—	—	—	—
2	水稲	3.4	10.1	10.8	10.8	11.0	11.1	11.1
3	水稲	3.8	14.2	17.6	25.1	35.9	36.1	36.2
4	水稲	3.8	14.2	17.6	25.1	34.1	34.3	34.4
5	水稲	3.8	14.2	17.6	25.1	34.1	34.3	34.4
〃	とうもろこし	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
〃	落花生	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
〃	タバコ(生)	8.5	8.7	9.7	9.9	10.2	10.4	10.4
〃	野菜	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2

増加生産量 (単位：1,000 トン)

ケース	作物	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	水稲	7.1	7.2	7.7	7.7	7.8	7.9	8.1
2	水稲	16.6	34.9	42.0	42.2	42.4	42.6	43.6
3	水稲	21.9	39.0	81.9	133.8	160.1	166.0	169.2
4	水稲	21.9	39.0	57.7	70.8	83.1	90.8	92.5
5	水稲	3.3	17.2	33.3	84.9	106.4	111.9	113.2
〃	とうもろこし	2.0	1.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
〃	落花生	6.5	7.6	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
〃	タバコ(生)	13.2	14.2	23.0	28.5	28.2	28.0	28.0
〃	ソルガム	—	—	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
〃	野菜	7.2	7.8	15.2	15.2	18.2	18.2	18.2

2012年におけるケース別水稻増加生産量と2010年におけるケラントタン州の米生産量とを比較する。

ケラントタン州における米の生産見通しとプロジェクトの増加生産量

ケラントタン州の 籾生産量の 対全国シェア	ケラントタン州の 追加籾生産量 (2010年)	レビルダム関連灌漑 プロジェクトの2012年 における籾増加生産量
10 %	0 千トン	-
11 %	26 千トン	-ケース1 7.9 千トン
12 %	58 千トン	-ケース2 42.6 千トン
13 %	89 千トン	-ケース4 90.8 千トン
14 %	120 千トン	-ケース5 111.9 千トン
15 % 以上		-ケース3 166.0 千トン

全国の米需要が、ケラントタン州の米生産量に期待する度合が大きくなるにつれて、レビルダム関連灌漑プロジェクトのレーゾンデートルが大きくなる。

8.5.8 生産粗収入・生産費・純生産額

ケース別の農業生産粗収入、農業生産費、純生産額は、市場価格ベース、経済価格ベースに分けて評価する。

作付計画において、水稻と diversification crop を計画したケースNo.5は、最も多くの増加純生産額を評価できるのみならず、早期に多くの便益を期待できる。しかし、これらの便益が実現されるためには、diversification cropの生産、販売について、十分な労働分配、支援事業、流通機構の整備が必要である。

A. 市場価格の場合

(計画が有る場合)

ケース	<u>農業粗収入</u>							単位：100万M\$
	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018	
1	3.55	3.60	3.85	3.87	3.91	3.97	4.06	
2	10.03	22.52	26.42	26.52	26.68	26.86	27.36	
3	12.83	26.62	49.77	79.47	98.02	101.05	102.72	
4	12.83	26.62	37.67	47.95	58.59	62.57	63.45	
5	33.29	47.58	86.01	115.57	136.41	139.28	139.99	

生産費

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	2.58	2.58	2.58	2.58	2.58	2.58	2.58
2	6.52	15.27	16.87	16.87	16.87	16.87	16.87
3	8.76	18.03	32.80	56.44	62.96	63.94	63.94
4	8.76	18.03	24.45	31.00	37.31	38.36	38.36
5	26.37	34.68	53.56	72.65	85.93	87.40	87.40

純生産額

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	0.97	1.02	1.27	1.29	1.33	1.39	1.48
2	3.51	7.25	9.55	9.65	9.81	9.99	10.49
3	4.07	4.59	16.97	23.03	35.06	37.11	38.78
4	4.07	4.59	13.22	16.95	21.28	24.21	25.09
5	6.92	12.90	32.45	42.92	50.48	51.88	52.59

(計画が無い場合)

農業粗収入

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	—	—	—	—	—	—	—
2	1.72	5.06	5.38	5.41	5.49	5.53	5.54
3	1.90	7.12	8.82	12.56	17.93	18.06	18.09
4	1.90	7.12	8.82	12.56	17.03	17.15	17.18
5	10.49	15.85	18.30	22.17	27.79	28.05	28.08

生産費

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	—	—	—	—	—	—	—
2	1.42	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
3	1.55	6.49	7.53	10.85	14.88	14.88	14.88
4	1.55	6.49	7.53	10.85	14.14	14.14	14.14
5	9.53	14.60	16.38	19.82	24.10	24.23	24.23

純生産額

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	—	—	—	—	—	—	—
2	0.30	1.06	1.38	1.41	1.49	1.53	1.54
3	0.35	0.63	1.29	1.71	3.05	3.18	3.21
4	0.35	0.63	1.29	1.71	2.89	3.01	3.04
5	0.96	1.25	1.92	2.35	3.69	3.82	3.85

〔増加純生産額〕

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	0.97	1.02	1.27	1.29	1.33	1.39	1.48
2	3.21	6.19	8.17	8.24	8.32	8.46	8.95
3	3.72	3.96	15.68	21.32	32.01	33.93	35.57
4	3.72	3.96	11.93	15.24	18.39	21.20	22.05
5	5.96	11.65	30.53	40.57	46.79	48.06	48.74

B. 経済価格の場合

〔計画が有る場合〕

農業粗収入

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	2.81	2.83	3.03	3.04	3.07	3.12	3.19
2	7.88	17.70	20.77	20.85	20.97	21.11	21.50
3	10.08	20.93	39.12	62.46	77.04	79.42	80.73
4	10.08	20.93	29.61	37.69	46.05	49.18	49.87
5	26.95	38.97	70.25	95.32	112.57	114.99	115.59

生産費

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
2	4.91	11.51	12.78	12.78	12.78	12.78	12.78
3	6.60	13.59	24.71	39.09	47.44	48.55	48.55
4	6.60	13.59	18.43	23.36	28.12	28.90	28.90
5	18.27	24.52	38.41	52.78	62.49	63.60	63.60

純生産額

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	0.87	0.89	1.09	1.10	1.13	1.18	1.25
2	2.97	6.19	7.99	8.07	8.19	8.33	8.72
3	3.48	7.34	14.41	23.07	29.60	30.87	32.18
4	3.48	7.34	11.18	14.33	17.93	20.27	20.97
5	8.68	14.45	31.84	42.54	50.08	51.39	51.99

〔計画が無い場合〕

農業粗収入

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	—	—	—	—	—	—	—
2	1.35	3.98	4.19	4.23	4.28	4.34	4.36
3	1.49	5.60	6.94	9.87	14.09	14.19	14.22
4	1.49	5.60	6.94	9.87	13.38	13.48	13.50
5	8.52	13.05	15.10	18.37	23.14	23.34	23.37

生産費

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	—	—	—	—	—	—	—
2	1.02	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43	3.43
3	1.12	4.67	5.42	7.81	10.72	10.72	10.72
4	1.12	4.67	5.42	7.81	10.18	10.18	10.18
5	6.49	10.13	11.36	13.83	16.91	16.99	16.99

純生産額

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	—	—	—	—	—	—	—
2	0.33	2.96	3.17	3.21	3.26	3.32	3.34
3	0.37	0.93	1.52	2.06	3.37	3.47	3.50
4	0.37	0.93	1.52	2.06	3.20	3.30	3.32
5	2.03	2.92	3.74	4.54	6.23	6.31	6.38

〔増加純生産額〕

単位：100万M\$

ケース	1999	2000	2006	2007	2009	2012	2018
1	0.87	0.89	1.09	1.10	1.13	1.18	1.25
2	2.64	5.74	7.23	7.27	7.34	7.42	7.80
3	3.11	6.41	12.89	21.01	26.23	27.40	28.68
4	3.11	6.41	9.56	12.27	14.73	16.97	17.65
5	6.65	11.53	28.10	38.00	43.85	45.04	45.61

8.6 事業費

ケランタン川平野部の灌漑事業の実施計画は、DID, Kelantan より入手したFIG. 8-1 に示されているとおりである。このうち、Kemubu-Salor, Lemal-Alor & Pasir Mas および Kemasin-Semerakは既存地区である。残りの7地区は、DID の Bulk Water Supply for Irrigation Developmentの計画地区であり、それらのオリジナルは、ENEXのKRBSである。

これらの新規地区は現在国の5ヵ年計画には含まれていない。しかし、近い将来 DIDは、これら新規地区において何等かの事業の推進をレビルダムを含む水系全体の収支バランススタディを通じて、独自に実施して行くものと考えられる。従って、これら新規地区は、レビルダム事業の建設コストに多目的事業の一部として参加する必要はないと考えられる。

レビルダム事業の完成後放流される調節流量は、FIG. 8-2に仮定されるような農業便益を発生すると見込まれる。先行投資としての既存地区を除く新規7地区の専用事業費と維持管理費は、事業の経済評価における農業便益フローに見合うコストフローとして計上されなければならない。

新規7地区の事業費概算のために使用されたデータは、次のとおりである。

- データ 1. KRBS, Main Report, Volume 2 ; Drainage and Irrigation 1977
- データ 2. North Lemal Irrigation Project Phase 1-Stage 1
Pre-Investment Report 1978, DID, Kelantan
- データ 3. Final Report, KADA II Improvement Project, Kelantan, MOA,
Malaysia, 1982

KRBSによると、灌漑プロジェクトの予備的な設計と積算のために各プロジェクトは、次のような三つのコンポーネントについてスタディされている。

- 包括的水供給システム (Bulk water supply system)
 - 水源から各プロジェクトの入口までの水供給
(地区内のブースターポンプを含む)
- 水路網システム (Reticulation system)
 - 地区内における水の分配のためのシステムである。
道路、橋、維持管理施設も含まれる。
- 末端圃場分配システム (on-farm distribution system)
 - 耕地に水を供給するために必要な末端水利施設

先ず、包括計水供給システムにおいて、KRBSは、次の3つの代替計画をプロポーザした。

- ケラントン川に主要揚水機場を設置する。
- ケラントン川を横断する堰 (barrage) を設置する。
- ケラントン川支流のナル川、ソツコール川、タク川に貯水池を設置する。

KRBSは、以上の代替計画のうち、堰案と揚水機場案について、大規模灌漑揚水供給計画の実現の可能性を結論づけている。

そこで、本スタディにおいては、揚水機場案をベースにして作業を行った。各地区の揚水機場の事業費は、上記スタディの事業費積算式を利用して積算した。

次に、水路網システムにおいて KRBS は各地区の reticulation コンポーネントの事業費を評価するために、概念的設計基準を必要とした。Kemubuおよび Lemal 灌漑計画に基づいて設定された typical paddy irrigation schemeにおける事業費が基準となった。この事業費は、地区の総面積と、ピーク時揚水必要量の関数として表現されている。

そこで、本スタディにおいては、地区別の総面積ha当り単価を使用して、reticulation cost を評価した。

さらに末端圃場分配システムにおいて、KRBSは、湛水 (flood)、畦間 (furrow)、撒水 (Sprinkler)、点滴 (trickl) の4種の灌漑方式に関する事業費を基準化している。本スタディの事業費は、湛水方式の灌漑面積ha当り単価を使用して評価した。

KRBSは、灌漑プロジェクト毎に年経費を評価している。この値は、維持管理費と電気料を含んでいる。揚水機場および On-farm system の維持管理費と電気料を求める積算式ならびに単価は KRBS の Main Report Vol. 2 の Appendix において入手できる。しかし、Reticulation System の維持管理費の積算基礎は不明である。さらに、揚水機場の電気料を求める積算式において必要な平均年灌漑用水需要量 (mean annual irrigation demand m^3/s) は Main Report Vol. 2 において入手できない。そのため、KADA II Final Report における東部地区の維持管理費を本スタディの各地区に使用した (Appendix Table 8-33 ~8-43参照)。

経済評価に使用される地区別事業費は、次のとおりである。

〔市場価格ベース〕

<u>事業費</u>		
単位：1,000M\$		
地区名	1977年価格	1986年価格
North Lemal P.1.	13,096	19,251
Ulu Lemal	12,080	17,758
Sg. Bagan	5,074	7,459
Tasek Garu	65,014	95,570
Sg. Sat	5,856	8,608
Panyit	3,973	5,840
Kusial	4,025	5,917

(注) 費用換算係数は、消費者物価指数 1986/1977年の 1.47 を使用した。

維持管理費

地区名	単位：1,000M\$	
	1981年価格	1986年価格
North Lemal P.1.	419	486
Ulu Lemal	438	508
Sg. Bagan	186	216
Tasek Garu	2,145	2,488
Sg. Sat	210	244
Panyit	142	165
Kusial	144	167

(注) 費用換算係数は、消費者物価指数 1986/1981年の 1.16 を使用した。

(経済価格ベース)

地区名	<u>事業費</u>		
	(1986年価格) 単位：1,000M\$		
	経済的事業費		
	外貨	内貨	計
North Lemal P.1.	7,700	8,894	16,594
Ulu Lemal	7,103	8,204	15,307
Sg. Bagan	2,984	3,446	6,430
Tasek Garu	38,228	44,153	82,381
Sg. Sat	3,443	3,977	7,420
Panyit	2,336	2,698	5,034
Kusial	2,367	2,734	5,101

- (注) 1. 外貨と内貨の比率は40%：60%
 2. 内貨に適用される転換係数は、建設費 0.77 を使用した。

維持管理費

地区名	単位：1,000M\$
	(1986年価格) 経済的維持管理費
North Lemal P.1.	389
Ulu Lemal	406
Sg. Bagan	173
Tasek Garu	1,990
Sg. Sat	195
Panyit	132
Kusial	134

(注) 総合転換係数 0.8を使用した。

8.7 内部収益率

ケース別の内部収益率を比較すると、下表のようにケース5が最も高い。ケース5は、レビルダム地区関連灌漑プロジェクトとして国民経済的にみて妥当なレベルにあるといえよう（Case 5はAppendix Table 8-44 および 8-45 参照）。

内部収益率

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

WATER SOURCE FOR IRRIGATION DEVELOPMENT
 Fig. 8-1 PUNCA AIR UNTUK PEMBANGUNAN PENGAIRAN

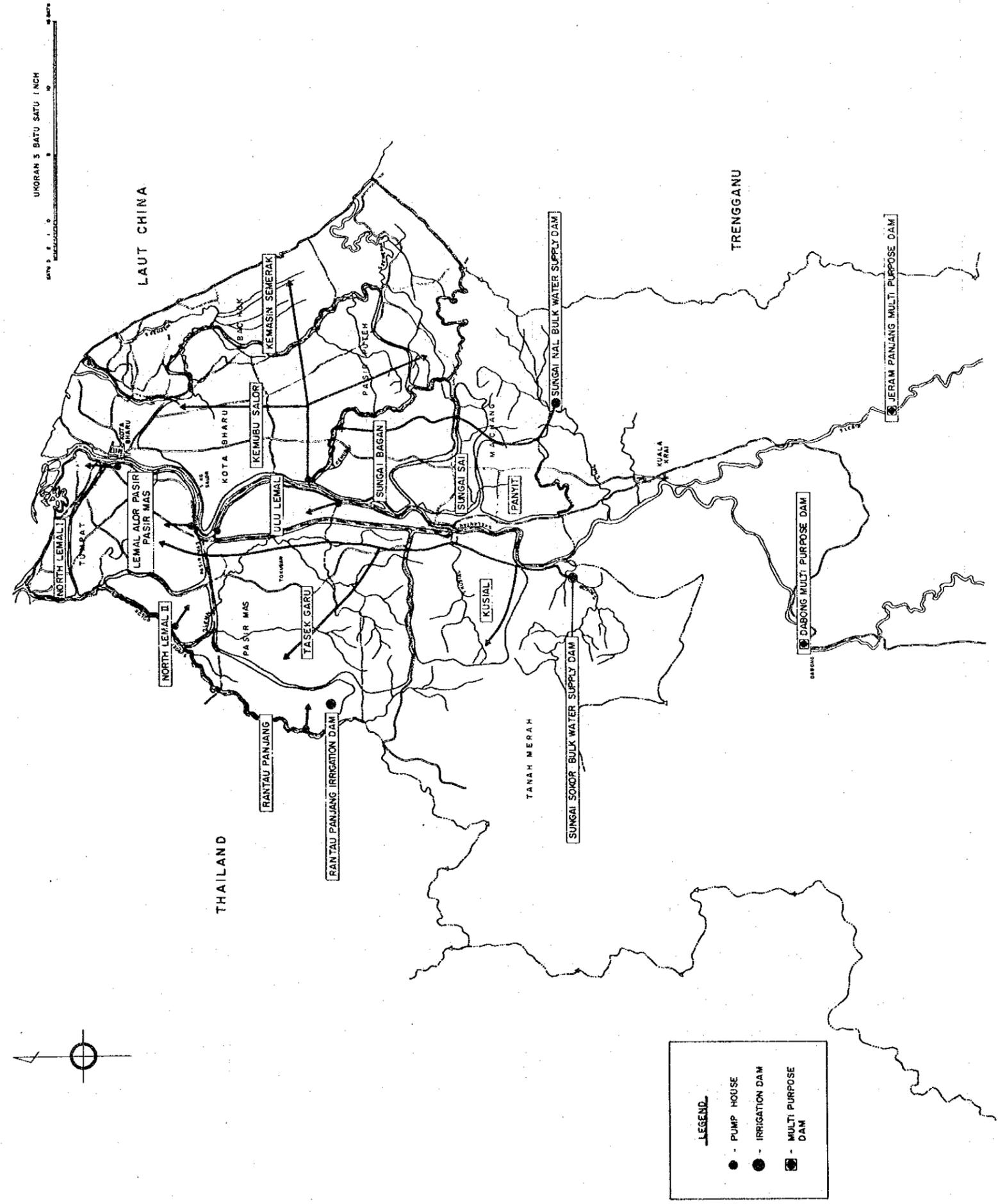


Table 8-1. Comparison of Up-to-Date Irrigation Projects with the Kelantan River Basin Study of ENEX

Water demand in 2000 years based on KRBS			Water demand in future based on DID & KADA			
Name of Projects	Irrigable Area (ha)	Peak Water Demand (cu.m)	Name of Projects	Irrigable Area (ha)	Peak Water Demand (cu.m)	Source
1. Kemubu & Salor Ext.	32,623	28.6	1. Kemubu & Salor	20,090 <u>5/</u>	41.9	KADA
2. Lemal, Alor Pasir & Pasir Mas	15,463	15.4	2. Lemal, Alor Pasir, Pasir Mas	11,710 <u>5/</u>	29.7	KADA
3. Kemasin & Semerak	35,401	29.4	3. Kemasin & Semerak	15,000 <u>6/</u>	16.0	DID
4. North Lemal	9,265	10.9	4. North Lemal (I)	3,644	6.5	DID
5. Ulu Lemal	7,371	4.6	5. North Lemal (II)	5,621	10.0 <u>1/</u>	DID
6. Upper Ulu Lemal	758	0.4	6. Ulu Lemal (including Upper Ulu Lemal)	3,806	7.0 <u>4/</u>	DID
7. Sg. Bagan	4,281	2.5	7. Sg. Bagan	1,620	2.8 <u>2/</u>	DID
8. Sg. Tasek Garu	18,650	15.0	8. Tasek Garu	18,650	16.0 <u>3/</u>	DID
9. Sg. Sat	6,652	3.5	9. Sg. Sat	1,822	3.2 <u>2/</u>	DID
10. Pertok & Putat Ext.	1,491	1.1	10. Panyit (included Pertok & Putat)	1,234	2.5 <u>2/</u>	DID
			11. Rantau Panjang	2,024	3.5 <u>1/</u>	DID
			12. Kusial	1,250	2.0 <u>3/</u>	DID
Sg. Kelantan Barrage Scheme : Planned			Not Proposed			
Water requirement from Sg. Kelantan	(ha)	(cu.m)		(ha)	(cu.m)	
	131,955	112.3		51,250	101.1	
Tributary of Sg. Kelantan						
			Sg. Nal (Storage)	4,676	8.5	} 127.6
			Sg. Sokor (Storage)	19,900	18.0	

Note: 1/ Sg. Golok 2/ Sg. Nal (Storage) 3/ Sg. Sokor (Storage) 4/ At present, water sources is schemed to be converted into NAL Dam. 5/ KADA II Improvement Project. The land on right of way in On-farmworks is not reduced. 6/ Kemasin-Semerak Agricultural Development Project Report.

Annual Trend of Cropped Area of Paddy
 (1974/1975 = 100%)

