

インドネシア共和国

ワイラレム地区かんがい計画
フィージビリティ調査報告書

付属報告書

昭和51年3月

国際協力事業団

取扱注意

JICA LIBRARY



1056045[6]

国際協力事業団	
51. 4. 22	F210
全録No. 3950	4.13
	K

(農林)50-107

インドネシア共和国

ワイラレム地区かんがい計画 フィージビリティ調査報告書

付属報告書

昭和51年3月

国際協力事業団

101-101(A100)

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 8. 28	108
登録No. 14190	83.3
	AF

付 属 報 告 書 目 次

		頁
第 1 章	気 象	1
1-1	一 般	1
1-2	気 温	1
1-3	降 雨	2
1-4	蒸 発	3
1-5	日 照	3
1-6	そ の 他	4
第 2 章	水 文	6
2-1	一 般	6
2-2	観測データ及び解析方法	6
2-3	雨 量	8
2-4	河川流量	20
2-5	そ の 他	51
第 3 章	地 質	62
3-1	はしがき	62
3-2	地域の一般地形	63
3-3	地域の一般地質	64
3-4	地域の地質各論	67
3-5	建設用材料	70
3-6	地 震	72
3-7	物理探査	73
3-8	岩石試験	76

第 4 章	土壌及び土地分類	77
4-1	概 論	77
4-2	土壌調査方法	77
4-3	土壌分類	78
4-4	土壌養分ならびに土壌保全	82
4-5	土壌生産性	82
第 5 章	農 業	85
5-1	現 状	85
5-2	将来の開発計画	90
第 6 章	かんがい計画	118
6-1	一 般	118
6-2	ダムサイトの選定	118
6-3	粗用水量	121
6-4	水収支その他	147
第 7 章	ダム計画	164
7-1	貯水池規模	164
7-2	堤体規模	167
7-3	ダムタイプの選定	173
7-4	堤体の設計	179
7-5	基礎の設計	187
7-6	付帯施設	188
7-7	取水設備	193
第 8 章	積 算	196
8-1	工事費及び年次計画	196
8-2	全量揚水機場案工事費	207
8-3	請負契約方式による工事費積算	209
8-4	純かんがい面積 25,000ha の場合	212

第1章 気 象

1-1 一 般

本地域は南緯4～5°に位置し赤道気候帯に属する。この為、偏西風（北西季節風）と貿易風（南東季節風）の影響を受け、雨季と乾季の季節変化が有る。この北西季節風は12月～3月に発生し、本地方に多量の雨をもたらしている。

ワイラレム地区は、主として、次の4ヶ所の気象観測所に囲まれている。ムンガラ (Menggala) (受益地末端付近, EL 30 m), バンダルジャヤ (Bandarjaya) (ワイスプティ, EL 48 m), カスイ (Kasui) (ワイウンブ上流, EL 200 m), パジャルブラン (Pajarubulan) (ワイブサイ上流, EL 810 m) である。

これらの気象観測内容は、気温、湿度、降雨、風、日照蒸発等である。各観測所で共通して行なわれている観測内容は、気温、湿度、降水である。一般に降水を除く気象要素の年較差は、熱帯地域では少ないのでかんがい計画では、受益地に近接するムンガラ、バンダルジャヤ2ヶ所の観測結果から、農業上必要な気象要素を推定する。

1-2 気 温

各地点での月平均気温は、次の通りである。

Table 1-2-1 Mean Monthly Temperature

°C

Station	Period	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Menggala	1972~74	26.8	27.0	27.2	27.6	27.5	27.2	27.3	27.5	27.3	27.7	28.0	27.2
Bandarjaya	1971~74	26.4	26.7	27.0	27.7	27.5	26.8	27.1	27.1	26.9	27.3	27.3	27.1
Kasui	1974	-	-	26.2	26.5	26.1	25.3	24.5	24.7	25.2	25.3	25.0	24.1
Pajarubulan	1974	-	-	21.9	22.7	22.5	20.7	19.4	19.8	20.6	20.7	20.9	20.4

ムンガラとバンダルジャヤの各年毎の平均値を使用して受益地の月平均気温を算出すれば次の通りとなる。

Table 1-2-2 Mean Monthly Temperature in the Benefited Area

°C

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
27.1	26.6	26.8	27.1	27.7	27.3	26.9	27.1	27.2	26.9	27.4	27.3	27.0

1-3 降 雨

Table 1-3-1 Mean Monthly Rainfall

No.	Station	El.	Period	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	Rainy Season Nov-Apr	Dry Season May-Oct
R244	Menggala	18m	1917-1975	400	321	344	253	161	125	95	79	119	129	250	350	2626	1918	708
R224	Gedong ratu	12	1972-1974	318	313	380	243	285	98	98	87	106	162	206	374	2670	1834	836
R238	Gunung batin	35	1973-1974	273	218	282	214	204	149	58	155	245	172	213	390	2573	1590	983
A10	Tatararaya	35	1973-1974	168	253	315	194	260	90	116	147	205	151	263	285	2447	1478	969
R122	Kayuparis	35	1972-1974	279	322	467	115	169	81	20	96	147	88	186	326	2296	1695	601
-	DAYA ITOH	50	1972-1975	307	301	278	218	224	86	45	116	152	148	227	360	2462	1691	771
R209	Tl. Buyut	82	1930-1974	341	296	348	321	214	122	95	107	108	168	237	387	2744	1930	814
R220	Ketapang	50	1971-1974	215	188	268	130	171	48	54	77	114	141	288	273	1967	1362	605
R222	Kotabumi	32	1918-1975	347	269	309	249	170	118	98	89	106	148	223	321	2447	1718	729
R205	" (D.P.U)	28	1952-1975	332	290	313	270	186	106	119	99	132	156	279	300	2582	1784	798
R235	Nakau	40	1952-1974	344	280	345	248	198	111	86	65	120	175	234	331	2537	1782	755
R237	Pekurun	70	1973-1975	347	421	140	285	156	37	120	165	256	105	253	245	2530	1691	839
R207	Chahyanegri	100	1972-1974	235	317	262	127	166	93	20	113	114	95	225	207	1974	1373	601
A25	B.K.Kemuning	265	1952-1974	384	362	419	309	252	118	105	87	88	131	237	370	2862	2081	781
R225	Srimenanti	320	1972-1975	596	394	380	286	298	285	99	113	268	195	366	307	3587	2329	1063
R234	Sumberujaya	800	1972-1975	241	268	238	325	315	118	96	142	220	204	273	370	2810	1715	1095
R232	Kebun Tebu	-	1973-1974	118	144	154	527	193	123	212	196	465	345	293	162	2932	1398	1534

(mm)

年間の雨量は、受益地付近の丘陵地帯では、平均2,500mm、流域の山岳地帯では、平均2,800mmである。このうち、雨季と考えられる、11月～4月に約70%の降雨、1,700mmが受益地内に降っている。

1-4 蒸 発

Class A Panによる月平均計器蒸発量は、下表の通りである。

Table 1-4-1 Mean Monthly Evaporation

Station	Period	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Menggala	1972-1974	4.7	4.4	4.8	4.8	4.5	4.3	4.6	4.3	4.7	5.6	5.0	4.8
Bandarjaya	1971-1974	1.8	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	2.4	3.0	3.1	3.3	3.0	2.9
Kasui	1974	-	-	-	-	-	-	4.8	3.9	5.6	4.3	5.4	3.4
Pajarbunan	1974	-	-	-	-	-	6.2	5.1	4.0	4.5	3.7	3.5	4.2

(mm/day)

各地点での蒸発量の観測結果は、観測期間が短く、計器そのものの誤差の為バラツキが生じている。上表からの値では4～5mm/dayの蒸発量と考えられる。

Modified Penman による蒸発量は4.3mm/dayであり、実測値の範囲に入っている。よって年間の総蒸発量は、受益地で約1,600mmと推定される。

1-5 日 照

各地点での日照時間は下表の通りである。

Table 1-5-1 Sunshine Hours

Station	Period	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Menggala	1972-1974	4.4	5.2	5.3	6.0	5.3	5.8	6.5	6.1	5.6	5.4	4.8	4.3
Bandarjaya	1971-1974	5.9	7.0	6.4	6.3	6.4	6.0	8.2	7.3	6.2	6.4	5.5	5.7
Kasui	1974			6.9	7.5	7.3	7.0	6.1	5.6	6.5	6.0	4.9	4.9
Pajarbunan	1974			6.1	6.2	5.8	6.2	4.9	5.6	5.5	4.4	3.6	4.6

(hour/day)

バンドルジャヤ (ワイスブティ) の日照時間は可照時間との割合より算出したものである。

かんがい計画には、下記のバンドルジャヤ月別日平均日照率を使用する。

Table 1-5-2 Relative Duration of Sunshine

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
48	57	53	53	53	54	70	62	53	56	47	39

(Period 1971-73, %)

年間の日照時間はバンドルジャヤで6.4 hr/day×365=2,300hrである。

1-6 その他

1-6-1 相対湿度

各観測地点での月平均湿度は下表の通りである。

Table 1-6-1 Mean Monthly Relative Humidity

Station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Menggala	84	83	83	84	84	84	82	80	79	77	78	84
Bandarjaya	79	81	81	80	82	77	74	78	79	76	77	79
Kasui	-	-	86	88	92	92	87	81	78	80	79	81
Pajabulan	-	-	87	86	88	83	86	89	88	87	87	88

(%)

かんがい計画に使用する、月平均湿度は、ムンガラ、バンドルジャヤの値を使用する。1971～1974の各年毎の平均値より求めると下表の通りである。

Table 1-6-2 Mean Monthly Relative Humidity in the Benefited Area

Relative Humidity	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
	81	82	82	83	82	80	77	78	79	77	79	81

(%)

1-6-2 風力及び風向

a) 風速

Table 1-6-3 Mean Monthly Wind Velocity

Station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Menggala	60	54	51	51	52	56	68	68	66	66	53	52
Bandarjaya	-	-	-	-	-	-	-	11	8	9	9	9
Kasui	-	-	-	-	-	-	64	69	68	61	57	52
Pajarbulan	-	-	-	-	-	62	54	55	49	62	75	57

(Km/day)

b) 風向

Table 1-6-4 Wind Direction

Station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Kasui							SE	SE	SE	SE		
Pajarbulan						NE	NE	NE	NE			

風速は、ムンガラの観測結果を使用する、年平均 $5.8 \text{ Km/day} = 0.67 \text{ m/s} = 1.3 \text{ knot}$ である。

風向については、観測データが少ないので、地域の特殊性については不明であるがスマトラ島南部の一般的な見方として、受益地には、雨季に NW，乾季に SE の風向と推定される。

第 2 章 水 文

2-1 一 般

本地区の水資源はトゥラングバワン (Tulangbawan) 水系のワイラレム (Way Rarem) より取水する計画である。ワイラレムはコタブミ (Kotabumi) 市の南西、約 40 Km のテバック (Tebak) 山頂 (EL2,115m) を源とし、ワイガリン (Way Galing), ワイサブ (Way Sabuk), ワイアブン (Way Abung), ワイトゥルンマス (Way Tulung Mas), 等を支川とし、パナラガン (Panaragan) の下流 10 Km 地点のバガールドウ (Pagerdowo) にて本川のトゥラングバワンに合流する。バガールドウより約 100 Km を経て河口に到達する。

ワイラレム (ワイトゥルンマス合流点下流名のワイキリ (Way Kiri) を含む) の全延長は 154 Km であり、その平均河床勾配は $1/150$ である。しかし、本川は、山地部と平地部等に区別すれば

山地部	ベクルンまで	$L = 44 \text{ Km}$,	$I = 1/40$
丘陵部	コタブミまで	$L = 20 \text{ Km}$	$I = 1/1,000$
平地部	合流点まで	$L = 90 \text{ Km}$	$I = 1/8,000$

である。

ダムサイト予定地点はコタブミの南西 16 Km のベクルンであり、この地点での流域は、 328 Km^2 である。この流域は主としてワイラレム流域 195 Km^2 とワイガリン流域 133 Km^2 の 2 つからなり、近年入植が山腹にまで進み、伐採、開墾等により植生が変化しつつある。全般的に見れば流域の植生は、密林、疎林であり、一部が、開発されてきている草地となつている。

コタブミでの年間降水量は約 $2,500 \text{ mm}$ プキットクムニング (B.K.kemuning) では、約 $2,800 \text{ mm}$ であり、山地部と平地部では、降雨量に 300 mm の差が有る。又、流域の比流量は山地で年平均 $0.05 \text{ m}^3/\text{S}/\text{Km}^2$ 、受益地では、 $0.03 \text{ m}^3/\text{S}/\text{Km}^2$ である。

2-2 観測データ及び解析方法

水文、気象データは主に P. 3. S.A にて収集した。降雨については 1918 年からの月雨量データが使用可能であるが、その他の水文データは 1971 年以降 L.H.N.P の管理の下に観測機器が設置されてからのものが殆んどである。但し、ワイスカンボン、ワイスプティ等の流量観測は、1968 年から行なわれており、7 年間のデータが使用可能である。

2-2-1 河川流量

ワイラレム、ベクルン地点に於ける4年間の流量データにより用水計画1/5年、(20%)の非超過確率月流量を推定する。

1. 使用データ

1) ベクルン 旬及び月別流量データ

Apr. 8, 1971~Sep. 19, 1972	推定値	14ヶ月間
Sep., 20, 1972~Dec. 31, 1974	実測値	27ヶ月間

2) コタブミ 旬及び月別雨量

May, 1918~Dec, 1941	月雨量
Jan, 1951~Dec, 1974	旬及び月雨量

3) ブキットクムニング 旬及び月雨量

Jan, 1952~Dec, 1958	月雨量
Jan, 1959~Jun, 1968	旬及び月雨量
Jan, 1972~Jul, 1973	"
Jul, 1974~Dec, 1974	月雨量

4) 流域周辺の月雨量

Srimenanti	Jan. 1972~Dec. 1973,	Jul. 1974~Dec. 1974
Chahayanegri	Tan, 1972~Sep, 1974	
Pekurun	Aug. 1973~Dec, 1974	
Lubuy Atas	Jun, 1973~Dec, 1974	
Talang bayur	Jan, 1974~Dec, 1974	
Tangkit Inas	Jan. 1974~Dec, 1974	
Kebun Tebu	Jan. 1974~Dec, 1974	

2. 推定方法

1) 流域周辺の月雨量より流域の面積雨量を算出し、これとベクルンでの月流出量により流域の月流出率を推定する。

2) 月雨量及び月流出量の相関を求める。又旬別の相関を求める。

ベクルン 月流出量と面積雨量の相関

〃 〃 とコタブミ月雨量の相関

〃 〃 とブキットクムニング月雨量の相関

ベクルン 旬流出量とコタブミ旬雨量の相関

〃 〃 とブキットクムニング旬雨量の相関

- 3) 前記の相関係数の高いものをえらび出し、その雨量と流出量を使用してタンクモデル法により既往の流出量を推定する。
- 4) 面積雨量と月流出量にある程度相関が認められれば、長期間の雨量データの有る、コタブミ内至はブキットクムニングの雨量を面積雨量に変換し、この雨量を用いてタンクを仮定する。
- 5) 仮定したタンクによつて得られた計算流量と実測流量の相関が高ければこのタンクにより、雨量データの有る期間の流出量を推定する。
- 6) この手法により得られた月流出量で、トーマスプロット法により、確率計算を行い、ダム地点の1/5非超過確率流量を推定する。

2-2-2 洪水流量

コタブミ及びブキットクムニングでの確率日雨量により、合理式で推定を行う。インドネシアの設計方針により、ダムの設計洪水量の確率は1/1,000とする。一般に合理式を用いた場合、過大な洪水量が得られるといわれている為、他地域での実測例、設計例とを併せ推定する。

使用する観測データはコタブミ(44年間)、ブキットクムニング(18年間)既往年最大日雨量及びランボン州の近傍河川の既往洪水量である。

2-3 雨 量

2-3-1 確率雨量

コタブミ及びブキットクムニングの確率雨量(1/5)はトーマスプロット法により対数確率紙にプロットすれば以下の通りとなる。

Table 2-3-1 Probable Rainfall of 1/5 Year

	Kotabumi	Bekitkemuning
Jan.	252 mm/month	255 mm/month
Feb.	190	260
Mar.	236	290
Apr.	156	240
May	115	130
Jun.	54	54
July	42	37
Aug.	32	16
Sep.	36	25
Oct.	69	55
Nov.	126	130
Dec.	225	280
Total	1,533	1,772

Table 2-3-2 Yearly Rainfall at Bekitkemuning

n=16	year	Rainfall mm	$1 - \frac{i}{n+1}$
1	1955	3,674	0.94
2	1959	3,528	0.88
3	1964	3,371	0.82
4	1966	3,320	0.76
5	1956	3,285	0.71
6	1953	3,009	0.65
7	1954	2,995	0.59
8	1952	2,887	0.53
9	1967	2,670	0.47
10	1960	2,658	0.41
11	1957	2,591	0.35
12	1962	2,567	0.29
13	1963	2,292	0.24
14	1965	2,225	0.18
15	1961	2,078	0.12
16	1972	1,741	0.06
mean		2,806	

Table 2-3-3

Monthly Rainfall at Bukitkemuning

n=19	$1 - \frac{i}{n+1}$	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	July	Nov.	n=18	$1 - \frac{i}{n+1}$	Jun.	Aug.	Sep.	Oct.	Dec.
1	0.95	637	616	617	496	428	358	463	1	0.95	225	223	325	313	520
2	0.90	607	567	583	434	395	261	416	2	0.89	224	159	191	284	520
3	0.85	507	523	575	363	386	152	324	3	0.84	203	141	178	257	506
4	0.80	504	432	567	359	382	146	322	4	0.79	196	136	164	231	497
5	0.75	479	424	523	347	380	131	317	5	0.74	171	125	133	209	443
6	0.70	471	417	523	346	377	127	314	6	0.68	151	123	122	184	437
7	0.65	453	407	478	345	318	117	291	7	0.63	144	118	104	184	387
8	0.60	406	374	467	337	302	104	281	8	0.58	142	107	86	139	379
9	0.55	370	356	449	334	259	97	240	9	0.53	101	101	62	128	364
10	0.50	368	329	444	319	238	94	240	10	0.47	92	86	58	89	360
11	0.45	344	315	425	318	210	84	227	11	0.42	81	82	51	88	312
12	0.40	343	313	346	299	210	75	194	12	0.37	80	65	48	81	309
13	0.35	339	311	329	256	190	65	179	13	0.32	78	50	33	81	308
14	0.30	338	299	328	253	164	60	161	14	0.26	76	32	26	63	304
15	0.25	281	298	318	247	159	52	156	15	0.21	65	18	6	19	297
16	0.20	266	251	311	238	139	42	116	16	0.16	56	4	0	0	268
17	0.15	239	220	297	238	111	28	108	17	0.11	20	2	0	0	236
18	0.10	216	214	212	212	84	5	82	18	0.05	14	0	0	0	214
19	0.05	135	207	172	137	50	1	71							
Total		7303	6873	7964	5878	4782	1999	4502	Total		2119	1572	1587	2350	6661
Mean		384	362	419	309	252	105	237	Mean		118	87	88	131	370

Fig. 2-3-1 Yearly rainfall at Beki Kroming

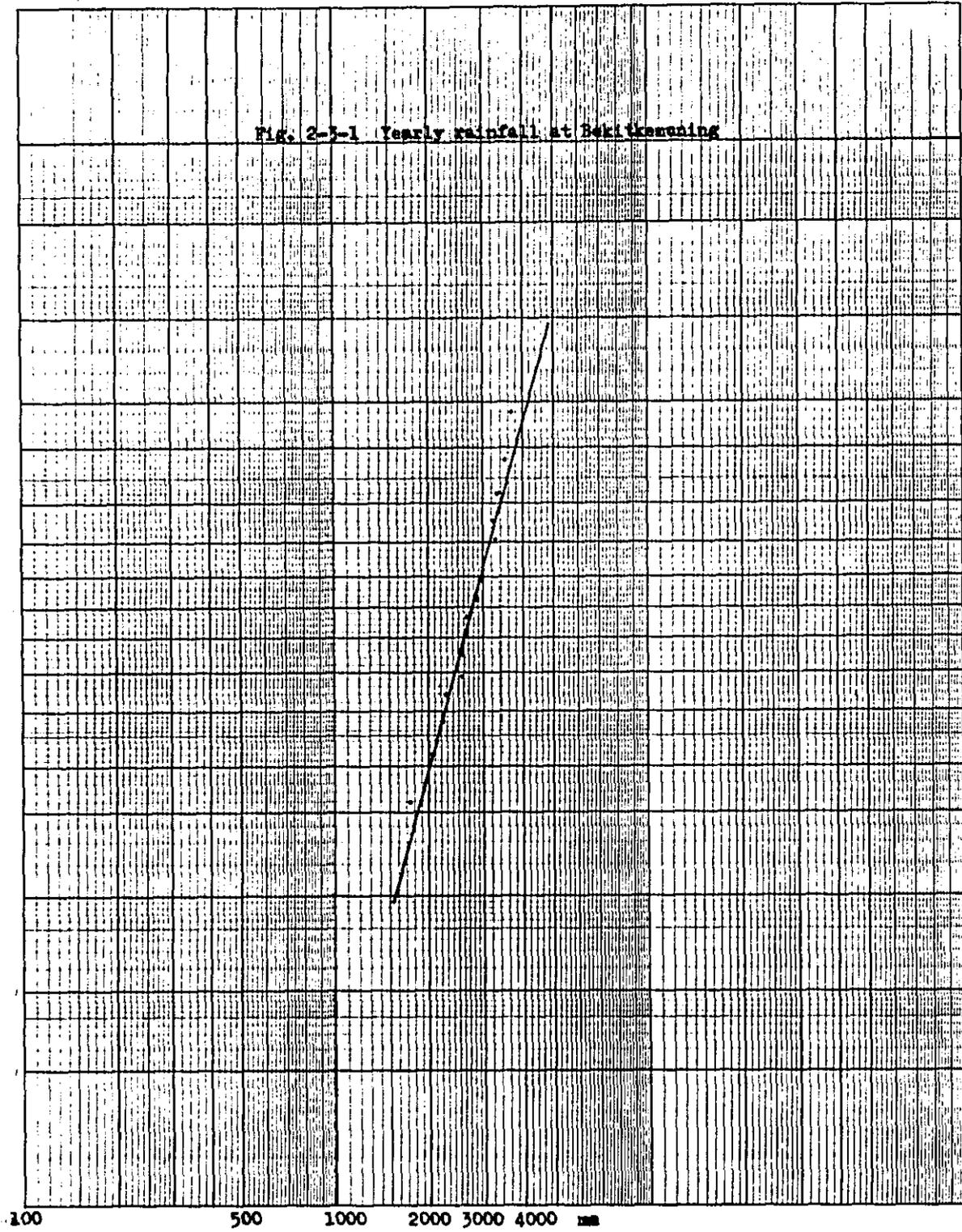


Table 2-3-1 と 2-3-3 はコタブミとブキットクムニングの月別 $\frac{1}{6}$ 確率雨量であり、Table 2-3-2 はブキットクムニングの年確率雨量を示す。コタブミとブキットクムニングの $\frac{1}{6}$ 確率年雨量はそれぞれ 2,100 mm ならびに 2,250 mm である。

2-3-2 流域の降雨

流域周辺の雨量観測所の 1972~1974 年の 3 年間のデータより求めた月別面積雨量は別紙の通りである。データ数が少ないため、テイーセン法によらず、各観測所の雨量を平均した月雨量である。年降雨量は、2,400~2,900 mm であり、同年のコタブミ、ブキットクムニング年雨量より 300~900 mm 多く降っている。

ブキットクムニングの月雨量と、上記 3 年間の月雨量の相関より判断し、流域の月雨量はブキットクムニングの 12 倍と考えられる。よつてブキットクムニングの $\frac{1}{5}$ の確率年雨量が 2250 mm であるので、流域では $\frac{1}{5}$ 確率の年雨量は、2,700 mm 程度と推定される。

Table 2-3-4

Monthly Rainfall of Catchment Area

STA.	No.	Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Srimenanti	R225	1972	738	367	367	280	344	0	3	15	0	20	236	207	2577
Chahayanegri	R207	1972	431	344	501	196	108	36	0	85	6	4	251	214	2176
Mean			585	356	434	238	226	18	2	50	3	12	244	211	2379
Srimenanti	R225	1973	475	558	302	388	396	285	-	64	303	234	511	295	-
Chahayanegri	R207	"	159	309	184	55	237	120	10	212	151	186	198	199	2020
Pekurun	R237	"	-	-	-	-	-	-	-	213	248	111	307	229	-
Lebuay Atas	T004	"	-	-	-	-	-	192	53	205	431	138	190	130	-
Mean			317	434	243	222	317	199	32	174	283	167	302	213	2903
Srimenanti	R225	1974	-	-	-	-	-	-	164	259	501	332	350	418	-
Chahayanegri	R207	"	116	297	101	130	154	124	51	42	184	-	-	-	-
Pekurun	R237	"	286	373	245	287	153	37	120	117	263	99	199	260	2439
Lebuay Atas	T004	"	-	121	+ 525	+ 210	210	140	327	255	280	306	201	363	-
Talang Bayur	T009	"	237	187	200	+ 375	+ 188	188	280	200	159	260	413	239	2738
Tangkit Inas	T010	"	293	262	(300)	(340)	(360)	(200)	(110)	(100)	251	60	290	568	2934
Kebun Tebu	R232	"	118	144	154	527	193	114	281	281	465	331	344	225	3177
Mean			210	231	200	321	214	134	190	179	300	231	300	312	2822

2-3-3 最大日雨量

コタブミ (1919~1974) 及びブキットクムニング (1952~1974) の既往最大日雨量は別紙の通りでコタブミ 208mm/day, ブキットクムニングで 210mm である。既往最大日雨量を確率紙にプロットすれば次の結果が得られる。

Table 2-3-5 Probable Maximum Daily Rainfall

Probability	Kotabumi	B.T.Kemuning
1/2 year	110 mm/day	120 mm/day
1/5	140	150
1/10	160	175
1/20	180	190
1/50	205	220
1/100	220	235
1/200	240	255
1/500	265	280
1/1000	280	295

Table 2-3-6 Past Maximum Daily Rainfall at Kotabumi
225 a Station

Year	Month	Day	Rainfall	Year	Month	Day	Rainfall
			mm				mm
1918			-	1951	Oct.	10	121
1919	Jan.		109	1952	May	18	129
1920	Jan.		113	1953	Jan.	17	102
1921	Sep.		110	1954	Apr.	7	135
1922	Feb.		90	1955	Oct.	19	129
1923	Oct.		88	1956	Sep.	5	91
1924	Jan.		95	1957	Jul.	3	114
1925			-	1958	Dec.	24	153
1926	Aug.		112	1959	Nov.	29	133
1927	Apr.		162	1960	Jan.		109
1928	Feb.		72	1961	Aug.	1	208
1929	Dec.		147	1962	Oct.	8	117
1930	Oct.		162	1963	Jan.	19	115
1931	Feb.		100	1964	Dec.	6	153
1932	Jan.		135	1965	Jan.	2	56
1933	May		102	1966	Nov.	30	82
1934	Jun.		142	1967	Dec.	20	90
1935	Mar.		84	1968	Nov.	11	152
1936	Dec.		110	1969	Mar.	6	94
1937	Jan.		72	1970	Feb.	19	183
	July			1971	Oct.	28	120
1938	May		80	1972	Dec.	26	62
1939			-	1973			-
1940	Feb.		111	1974	Nov.	27	108
1941	Feb.		68				

Table 2-3-7. Probable Daily Rainfall at Kotabumi by Thomas Plot, 1918 - 1974

n	$\frac{i}{n+1}$	Daily Rainfall	Period of Record		n	$\frac{i}{n+1}$	Daily Rainfall	Period of Record	
		mm					mm		
1	0.02	208	1961	Aug.	25	0.56	109	1919	Jan.
2	0.04	183	1970	Feb.	26	0.58	109	1960	Jan.
3	0.07	162	1927	Apr.	27	0.60	108	1974	Nov.
4	0.09	162	1930	Oct.	28	0.62	102	1933	May
5	0.11	153	1958	Dec.	29	0.64	102	1953	Jan.
6	0.13	153	1964	Dec.	30	0.67	100	1931	Feb.
7	0.16	152	1968	Nov.	31	0.69	95	1924	Jan.
8	0.18	147	1929	Dec.	32	0.71	94	1969	Mar.
9	0.20	142	1934	Jun.	33	0.73	91	1956	Sep.
10	0.22	135	1932	Jan.	34	0.76	90	1922	Feb.
11	0.24	135	1954	Apr.	35	0.78	90	1967	Dec.
12	0.27	133	1959	Nov.	36	0.80	88	1923	Oct.
13	0.29	129	1952	May	37	0.82	84	1935	Mar.
14	0.31	129	1955	Oct.	38	0.84	82	1966	Nov.
15	0.33	121	1951	Oct.	39	0.87	80	1938	May
16	0.36	120	1971	Oct.	40	0.89	72	1928	Feb.
17	0.38	117	1962	Oct.	41	0.91	72	1937	Jan. Jul.
18	0.40	115	1963	Jan.	42	0.93	68	1941	Feb.
19	0.42	114	1957	Jul.	43	0.96	62	1972	Dec.
20	0.44	113	1920	Jan.	44	0.98	56	1965	Jan.
21	0.47	112	1926	Aug.					
22	0.49	111	1940	Feb.	Total		5,020		
23	0.51	110	1921	Sep.	Mean		114		
24	0.53	110	1936	Dec.					

Note; Period of 1925, 1939 and 1973 are excluded for the shortage of data.

FIG. 2-1-2 Daily rainfall at Kotabumi

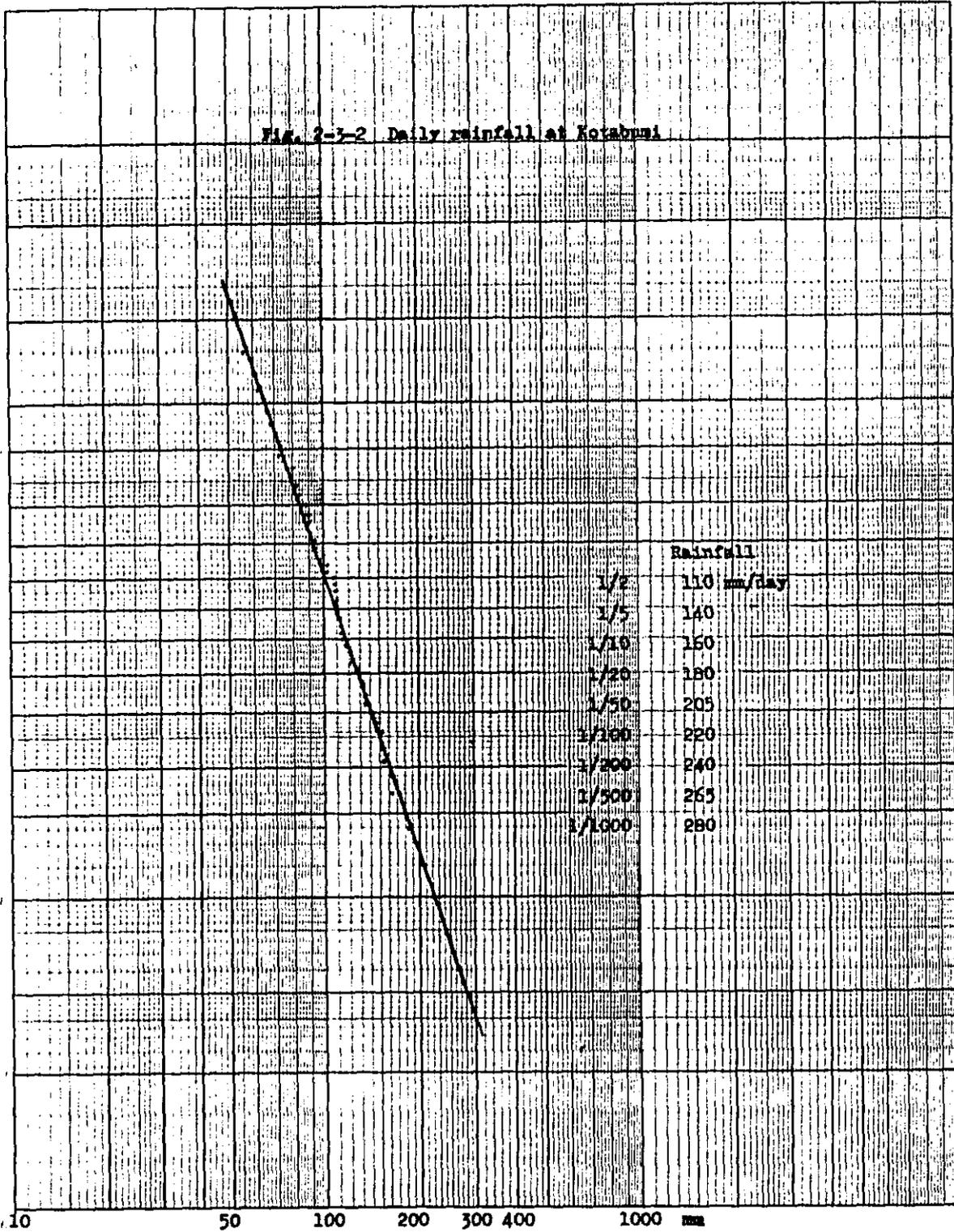
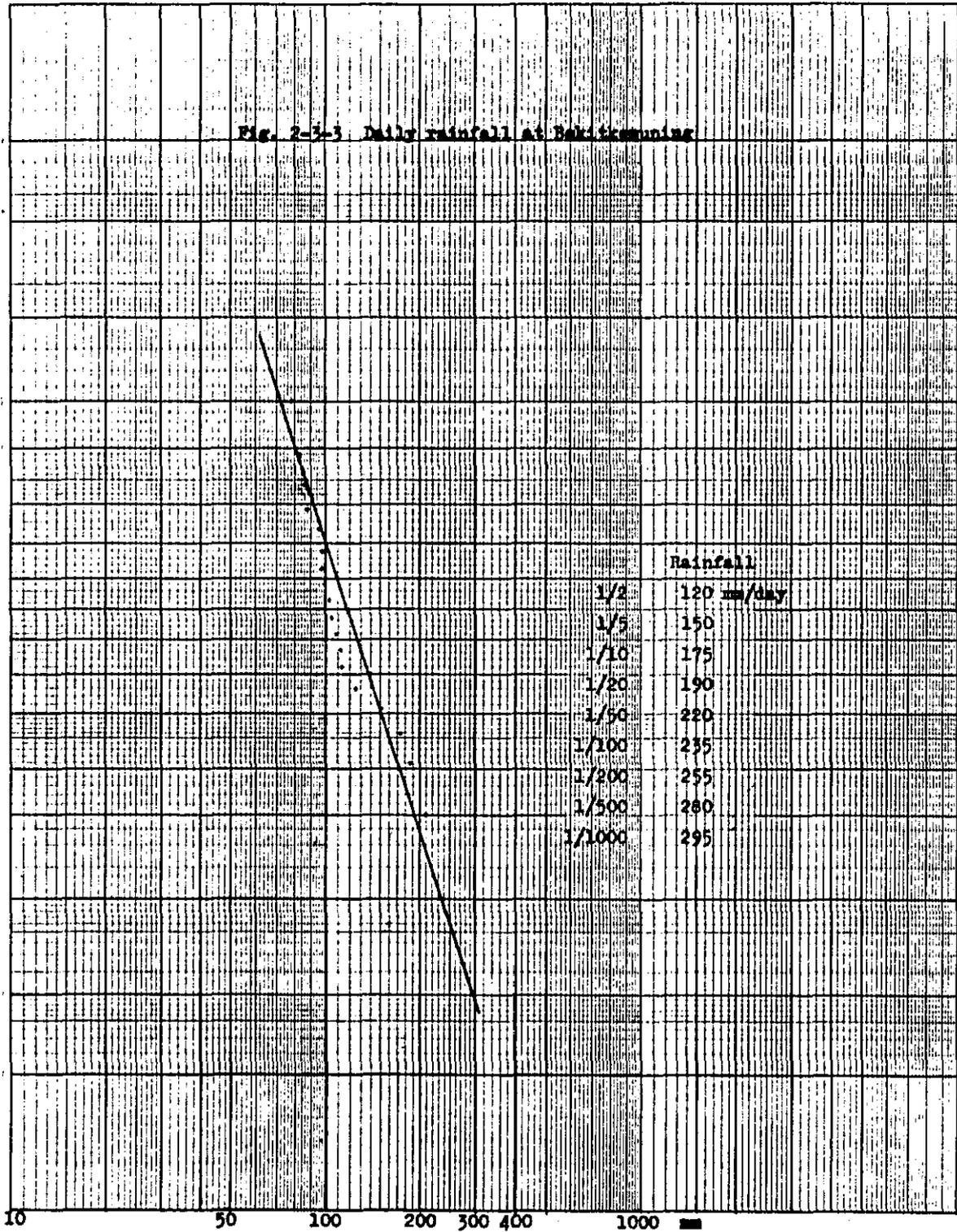


Table 2-3-8 Past Maximum Daily Rainfall at Bekitkemuning

Year	Month	Day	Rainfall	n	$\frac{i}{n+1}$	Daily Rainfall	Period of Record	
			mm			mm		
1952	Jan.		86	1	0.05	210	1967	Feb.
1953	Jan.		105	2	0.11	186	1963	Mar.
1954	Dec.		78	3	0.16	174	1961	Jan.
1955	Mar.		96	4	0.21	151	1968	Mar.
1956	Feb.		113	5	0.26	125	1962	Nov.
1957	Jan.		84	6	0.32	113	1956	Feb.
1958	Apr.		109	7	0.37	112	1964	Sep.
1959	Dec.	25	100	8	0.42	109	1958	Apr.
1960	Dec.	20	98	9	0.47	105	1953	Jan.
1961	Jan.	8	174	10	0.53	104	1965	Dec.
1962	Nov.	29	125	11	0.58	100	1959	Dec.
1963	Mar.	3	186	12	0.63	98	1960	Dec.
1964	Sep.	8	112	13	0.68	98	1966	Aug.
1965	Dec.	25	104	14	0.74	96	1955	Mar.
1966	Aug.	7	98	15	0.79	87	1972	May
1967	Feb.	17	210	16	0.84	86	1952	Jan.
1968	Mar.	29	151	17	0.89	84	1957	Jan.
1972	May	21	87	18	0.95	78	1954	Dec.
1973			-	Total		2,116		
1974			-	Mean		118		

Fig. 2-4-3 Daily rainfall at Pakkiamuning



2-4 河川流量

2-4-1 日流量及び月流量

1. 観測流量

1972年9月～1974年12月までにP.3.S.A.により観測されたダムサイト上流、ワイラレムとワイガリンの合流点での月流量は次表の通りである。但し、1971年4月～1972年9月はD.P.U.のタンジュンケマラでの水位観測データより推定した。

Table 2-4-1 Monthly discharge at Pekurun in m³/s

	1971	1972	1973	1974	Mean
Jan.	-	41.80	10.59	15.66	22.68
Feb.	-	21.40	13.62	22.50	19.17
Mar.	-	33.60	24.64	16.27	24.84
Apr.	28.60	20.30	20.16	21.02	22.52
May	17.60	21.10	19.54	14.64	18.22
Jun.	12.90	11.50	14.48	7.75	11.66
July	10.10	6.70	8.16	7.73	8.17
Aug.	7.60	6.10	7.74	9.00	7.61
Sep.	6.80	4.80	12.59	10.47	8.67
Oct.	8.90	3.73	9.17	11.60	8.35
Nov.	19.40	4.78	12.72	12.54	12.36
Dec.	32.10	7.80	37.26	19.08	24.06
Total		183.61	190.67	168.26	188.31
Year		15.30	15.89	14.02	15.69

よつて年間の平均流出量は以下の通りである。

$$15.69 \text{ m}^3/\text{s} \times 365 \text{ days} \times 86,400 \text{ sec} = 494,800,000 \text{ m}^3/\text{year}$$

$$494,800,000 \text{ m}^3 \div 328 \text{ km}^2 = 1,509 \text{ m}^3/\text{year}$$

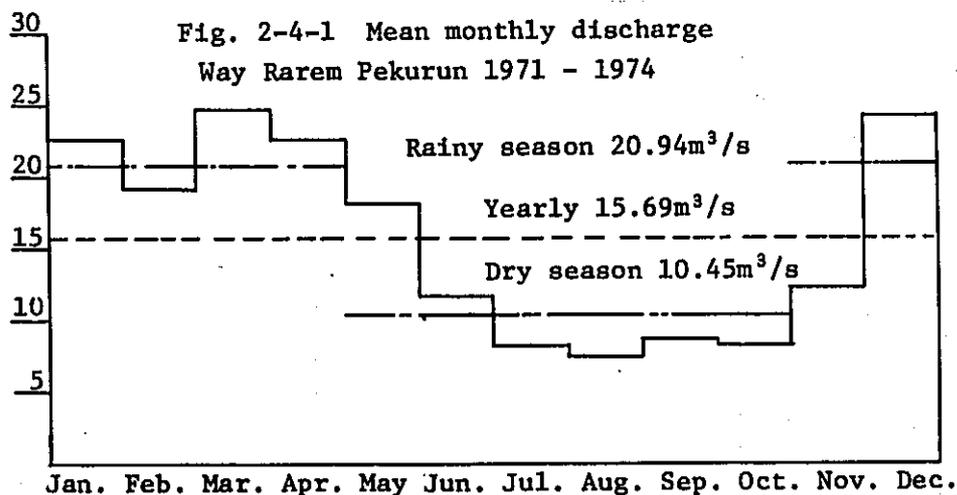
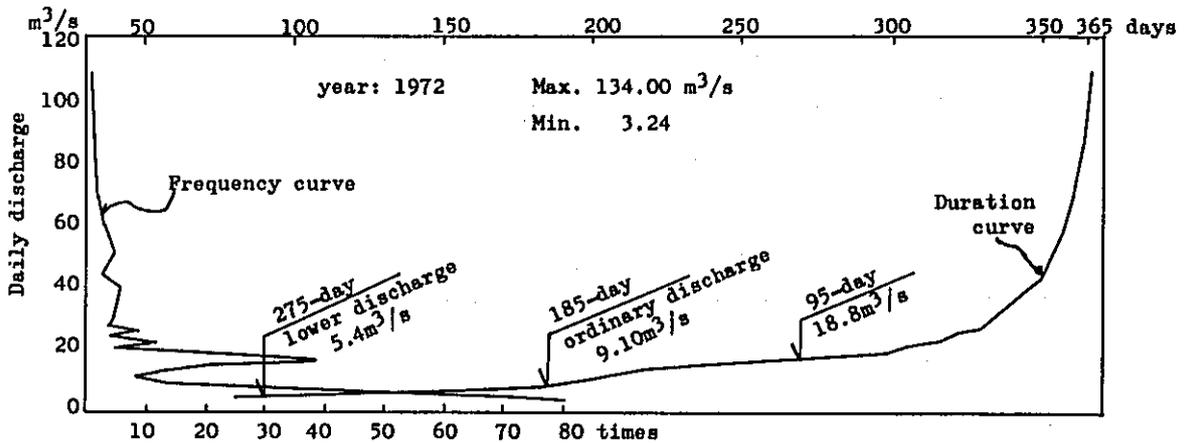
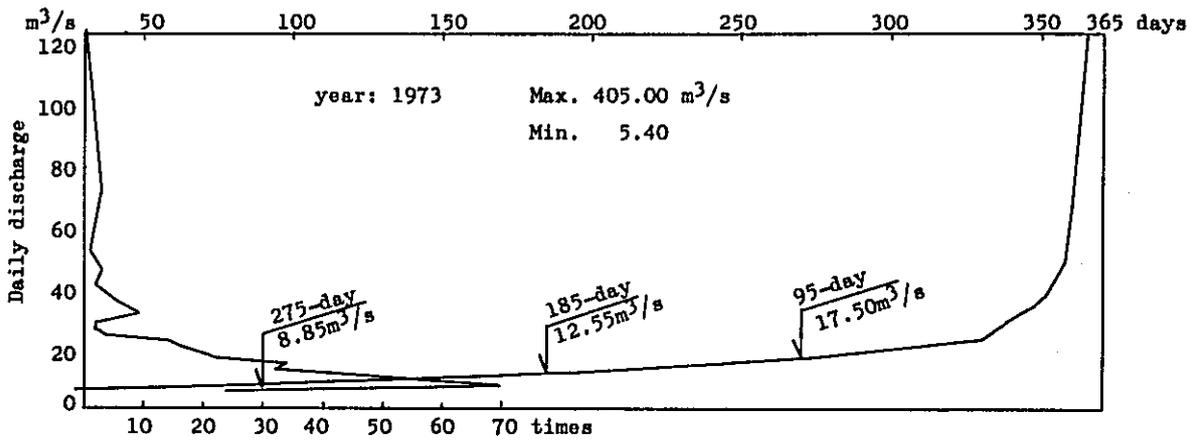
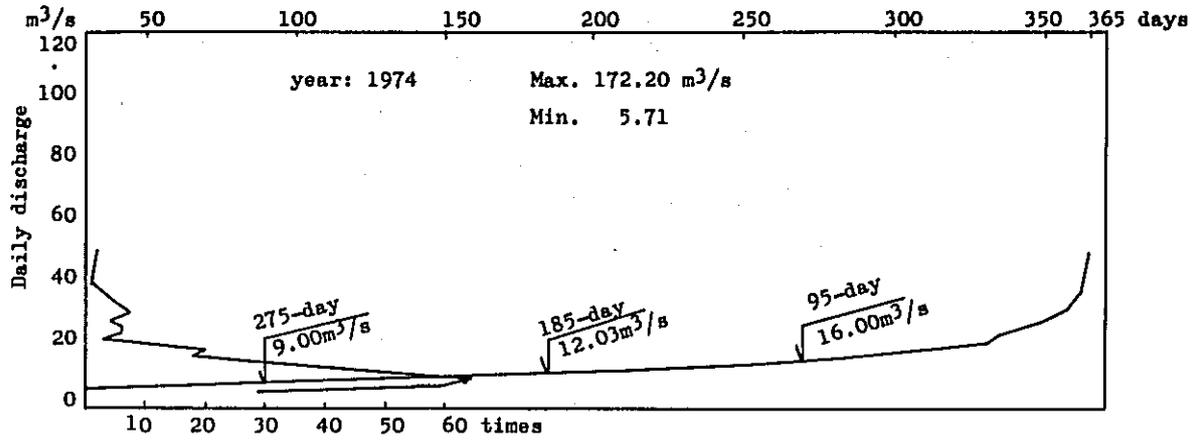


Fig. 2-4-2 Frequency and duration curve at Pokurun



1972, 1973, 1974年の各年の流況曲線は前図の通りで、これによればベクルンでの各年の流況は次の通りである。

Table 2-4-2 Discharge - Duration at Pekurun

Item	Description	Year		
		1972 m ³ /s	1973 m ³ /s	1974 m ³ /s
Max. dis.	Maximum discharge is defined as a maximum instantaneous for each terms, and not a daily maximum discharge.	134.0	405.0	172.2
95-day dis.	The discharge shows the flow available within 95 days a year	18.8	17.5	16.0
Ordinary dis.	The discharge shows the flow available within 185 days a year	9.1	12.6	12.0
Lower dis.	The discharge shows the flow available within 275 days a year	5.4	8.9	9.0
• Draughty dis.	The discharge shows the flow available within 355 days a year	3.6	6.6	6.4
Min. dis.	Minimum discharge shows a minimum instantaneous for each terms, and not a daily minimum discharge	3.2	5.4	5.7
Annual mean discharge		15.30	15.89	14.02
Yearly dis.		480,000,000	500,000,000	440,000,000

2. ベクルン日平均流量 (Apr. 8, 1971~Sep. 19, 1972) の推定

タンジュンケマラの観測水位データ (Sep. 20, 1972~Oct. 31, 1973) とベクルンの平均日流量データの相関を求める。

両者の重複している観測期間は約14ヶ月ある。

タンジュンケマラの観測水位を0~0.50m, 0.51~1.50m, 1.51~6.00mの3区分に分け、それぞれの区間の相関係数と回帰式を求めた。この回帰式を用いて、日平均流量を推定した。

3. 流出率

1972~1974年の流域の面積雨量と流出量より次表の様に推定される。

Table 2-4-3 Runoff Coefficient in Catchment Area

Year	Item	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	Mean
1972	Rainfall (mm)	585	356	434	238	226	18	2	50	3	12	244	211	2379	198
	Runoff (mm)	341	163	274	160	172	91	55	50	38	30	38	64	1476	123
	Coefficient (Z)	0.58	0.46	0.63	0.67	0.75	-	-	-	-	-	0.11	0.30	0.62	
1973	Rainfall	317	434	243	222	317	199	32	174	283	167	302	213	2903	242
	Runoff	86	100	201	159	160	117	67	63	99	75	101	304	1532	128
	Coefficient	0.27	-	0.83	0.72	0.50	0.59	-	0.36	0.35	0.45	0.33	-	0.53	
1974	Rainfall	210	231	200	321	214	134	190	179	300	231	300	312	2822	235
	Runoff	128	166	133	166	120	61	63	73	83	95	99	156	1343	112
	Coefficient	0.61	0.72	0.67	0.52	0.56	0.46	0.33	0.41	0.28	0.41	0.33	0.50	0.48	
	Mean of Coef.	0.49	0.59	0.71	0.64	0.61	0.53	0.33	0.39	0.32	0.43	0.26	0.40	0.54	
	Assumption of Coefficient	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.47	

4. 雨量と流出量の相関

後述の 2-5-2 の計算結果より

- 1) Pekurun の旬流出量と Kotabumi, Bekitkemuning の旬雨量の関係は見られない。
- 2) Kotabumi の月雨量より Bekitkemuning の月雨量の方に相関がある。
- 3) Pekurun の月流出量, 流域面積雨量, 及び Bekitkemuning の月雨量の 3 者に相関関係がみられる。

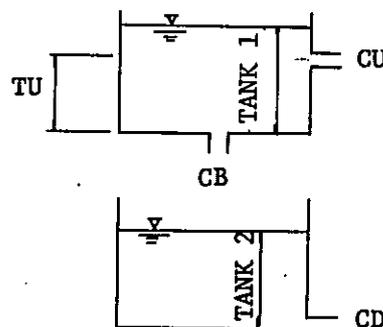
よつて, Bekitkemuning の雨量を面積雨量に変換し, この雨量をタンクモデルに使用する。

5. タンクモデル

降雨から河川へ流出する成分は, 表面流出, 中間流出, 基底流出の 3 つの成分に代表される。タンクモデル法 (菅原正巳による貯留型模型法) では, これらの成分の貯留現象をタンク内の貯留高として示めし, 流出機構を単純なモデルで示す事が可能である。

ここでは表面流出と基底流出の 2 成分を考え, 下記の直列 2 段のタンクを仮定し, 月降雨量を投入して月流出量を求める。

Fig. 2-4-3 Tank model



流出機構について簡単に述べると

降雨量は第 1 段目のタンクに投入され表面流出はタンク内の貯留高 (TANKI) と孔の関係から

$$\text{表面流出量} = (\text{TANKI} - \text{TU}) \times \text{CU}$$

Table 2-4-4 Calculation for Decision of Tank Model (1972-1973)

YEAR	MONTH	RAIN (MM)	TANK U1 (MM/MH)	TANK D1 (MM/MH)	TANK 2 (MM/MH)	QF (MM/MH)	Q (M3/S)	Q-OB (MM/MH)
1972	Jan.	560.	222.01	0.0	42.84	264.8	32.43	341.0
	Feb.	298.	127.84	0.0	44.28	172.1	22.53	163.0
	Mar.	370.	166.29	0.0	46.80	213.1	26.09	274.0
	Apr.	294.	120.55	0.0	47.79	168.3	21.30	160.0
	May	189.	78.31	0.0	47.45	125.8	15.40	172.0
	Jun.	17.	11.03	0.0	45.11	56.1	7.10	91.0
	Jul.	1.	0.0	0.0	42.57	42.6	5.21	55.0
	Aug.	2.	0.0	0.0	40.15	40.1	4.92	50.0
	Sep.	0.	0.0	0.0	37.83	37.8	4.79	38.0
	Oct.	0.	0.0	0.0	35.63	35.6	4.36	30.0
	Nov.	84.	10.72	0.0	33.99	44.7	5.66	38.0
	Dec.	254.	60.34	0.0	33.94	94.3	11.55	64.0
1973	Jan.	257.	81.28	0.0	34.52	115.8	14.18	86.0
	Feb.	354.	133.88	0.0	36.65	170.5	23.12	100.0
	Mar.	205.	97.48	0.0	37.56	135.0	16.54	201.0
	Apr.	411.	156.05	0.0	40.16	196.2	24.83	159.0
	May	195.	84.00	0.0	40.45	124.5	15.24	160.0
	Jun.	241.	79.01	0.0	40.58	119.6	15.13	117.0
	Jul.	33.	12.09	0.0	38.68	50.8	6.22	67.0

Fig 2-45

**** MAY-RAREM ****

*** COMPARISON OBSERVED AND CALCULATED VALUE ***

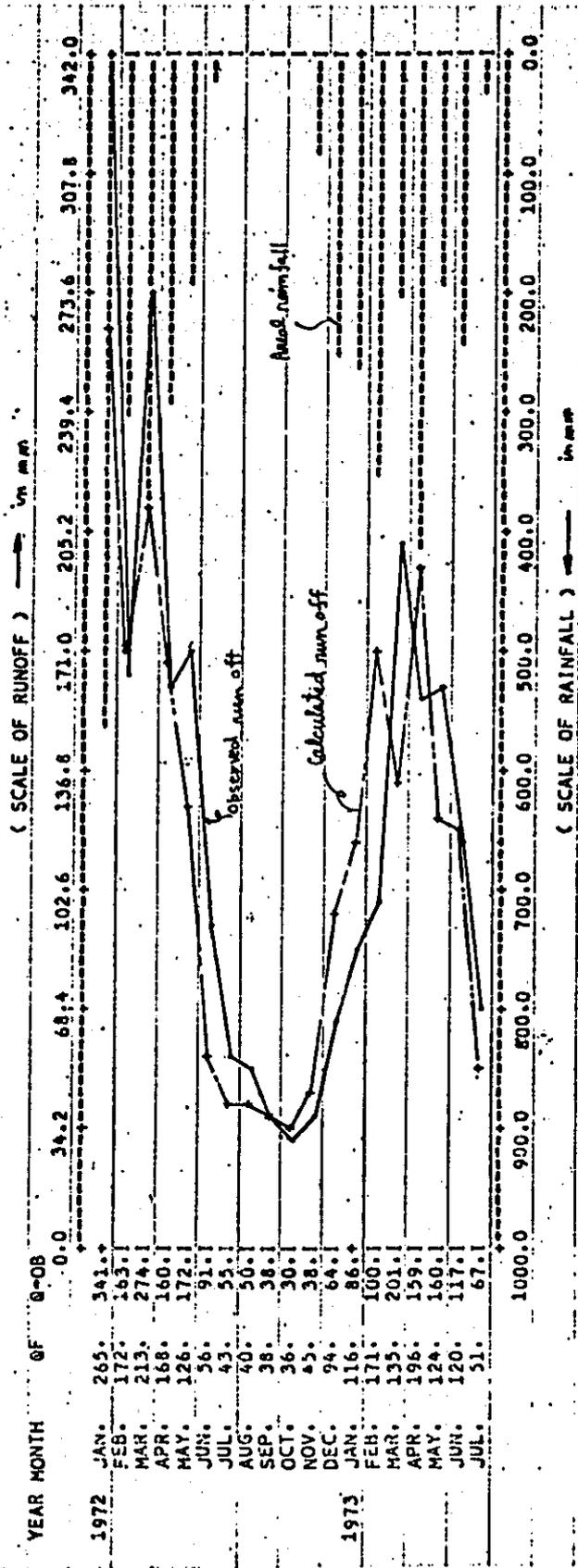


Table 2-4-5 Calculation of Discharge by Assumed Tank Model (1974)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Year	Mon.	Rain-fall	Rain-fall	TANK 1	Run-off coef.	TANK 1	WOU 1	WB 1	TANK 1	TANK 2	TANK 2	WOD 2	TANK 2	OF	Q	Q
			3x1.189	(10)		5+4x6	(7-10)x0.6	7x0.3	7-8-9	(14)	11+9	12x0.06	12-13	8+13		
1974	Jul.	146	173.60	100.00	0.30	152.08	82.25	45.62	21.21	600.00	645.62	38.74	606.88	123.99	124.	(15.2m ³ /s)
	Aug.	118	140.30	21.21	0.40	77.33	40.40	23.20	13.73	606.88	630.08	37.80	592.28	78.20	78	9.6
	Sep.	178	211.64	13.73	0.30	77.22	40.33	23.17	13.72	592.28	615.45	36.93	578.52	77.26	77	9.8
	Oct.	184	218.78	13.72	0.40	101.23	54.74	30.37	16.12	578.52	608.89	36.53	572.36	91.27	91	11.1
	Nov.	291	346.00	16.12	0.30	119.92	65.95	35.98	17.99	572.36	608.34	36.50	571.84	102.45	102	13.0
	Dec.	360	428.04	17.99	0.40	189.21	107.52	56.76	24.93	571.84	628.60	37.72	590.88	145.24	145	17.8

Note: First output of July 1974 is not used because the output includes error for first input.

Table 2-4-6 Comparative Table of Calculated and Observed Discharge

Year	Month	Bekit.K. Rainfall	Areal Rainfall	Calculated Discharge	Observed Discharge
1972	Jan.	mm 471	mm 560	m ³ /S (32.43)	m ³ /S 41.8 *
	Feb.	251	298	22.53	21.4 *
	Mar.	311	370	26.09	33.6 *
	Apr.	247	294	21.30	20.3 *
	May	159	189	15.40	21.1 *
	Jun.	14	17	7.10	11.5 *
	July	1	1	5.21	6.7 *
	Aug.	2	2	4.92	6.1 *
	Sep.	0	0	4.79	4.8 *
	Oct.	0	0	4.36	3.73
	Nov.	71	84	5.66	4.78
	Dec.	214	254	11.55	7.80
1973	Jan.	216	257	14.18	10.59
	Feb.	298	354	23.12	13.62
	Mar.	172	205	16.54	24.64
	Apr.	346	411	24.83	20.16
	May	164	195	15.24	19.54
	Jun.	203	241	15.13	14.48
	July	28	33	6.22	8.16
1974	July	146	174	(15.2)	7.73
	Aug.	118	140	9.6	9.00
	Sep.	178	212	9.8	10.47
	Oct.	184	219	11.1	11.60
	Nov.	291	346	13.0	12.54
	Dec.	360	428	17.8	19.08

Note; 1.

* mark shows the discharge at Pekurun which were assumed by the observed water level at Tanjungkemala.

Note; 2

() mark shows the first output. This value is not used because first output is calculated including big error.

Table 2-4-7 Calculation of the correlation between
Calculated and Observed monthly discharge
at Pekurun

n	X	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$\frac{X_i - \bar{X}}{S_x}$	y	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$\frac{y_i - \bar{y}}{S_y}$	$(\frac{X_i - \bar{X}}{S_x})(\frac{y_i - \bar{y}}{S_y})$
1	(32.43)				(41.80)				
2	22.53	9.25	85.5625	1.366	21.40	7.67	58.8289	1.035	1.4138
3	26.09	12.81	164.0961	1.892	33.60	19.87	394.8169	2.682	5.0743
4	21.30	8.02	64.3204	1.185	20.30	6.57	43.1649	0.887	1.0511
5	15.40	2.12	4.4944	0.313	21.10	7.37	54.3169	0.995	0.3114
6	7.10	-6.18	38.1924	-0.913	11.50	-2.23	4.9729	-0.301	0.2748
7	5.21	-8.07	65.1249	-1.192	6.70	-7.03	49.4209	-0.949	1.1312
8	4.92	-8.36	69.8896	-1.235	6.10	-7.63	58.2169	-1.030	1.2721
9	4.79	-8.49	72.0801	-1.254	4.80	-8.93	79.7449	-1.205	1.5111
10	4.36	-8.92	79.5664	-1.318	3.73	-10.00	100.0000	-1.350	1.7793
11	5.66	-7.62	58.0644	-1.126	4.78	-8.95	80.1025	-1.208	1.3602
12	11.55	-1.73	2.9929	-0.256	7.80	-5.93	35.1649	-0.800	0.2048
13	14.18	0.90	0.8100	0.133	10.59	-3.14	9.8596	-0.424	-0.0564
14	23.12	9.84	96.8256	1.454	13.62	-0.11	0.0121	-0.015	-0.0218
15	16.54	3.26	10.6276	0.482	24.64	10.91	119.0281	1.472	0.7095
16	24.83	11.55	133.4025	1.706	20.16	6.43	41.3449	0.868	1.4808
17	15.24	1.96	3.8416	0.290	19.54	5.81	33.7561	0.784	0.2274
18	15.13	1.85	3.4225	0.273	14.48	0.75	0.5625	0.101	0.0276
19	6.27	-7.06	49.8436	-1.043	8.16	-5.57	31.0249	-0.752	0.7843
20	(15.2)				(7.73)				
21	9.6	-3.68	13.5424	-0.544	9.00	-4.73	22.3729	-0.638	0.3471
22	9.8	-3.48	12.1104	-0.514	10.47	-3.26	10.6276	-0.440	0.2262
23	11.1	-2.18	4.7524	-0.322	11.60	-2.13	4.5369	-0.287	0.0924
24	13.0	-0.28	0.0784	-0.041	12.54	-1.19	1.4161	-0.161	0.0066
25	17.8	4.52	20.4304	0.668	19.08	5.35	28.6225	0.722	0.4823
Total	305.47		1054.0715				1261.9148		19.6901

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{305.47}{23} = 13.28 \quad S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{1054.0715}{23}} = 6.77$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{315.69}{23} = 13.73 \quad S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n}} = \sqrt{\frac{1261.9148}{23}} = 7.41$$

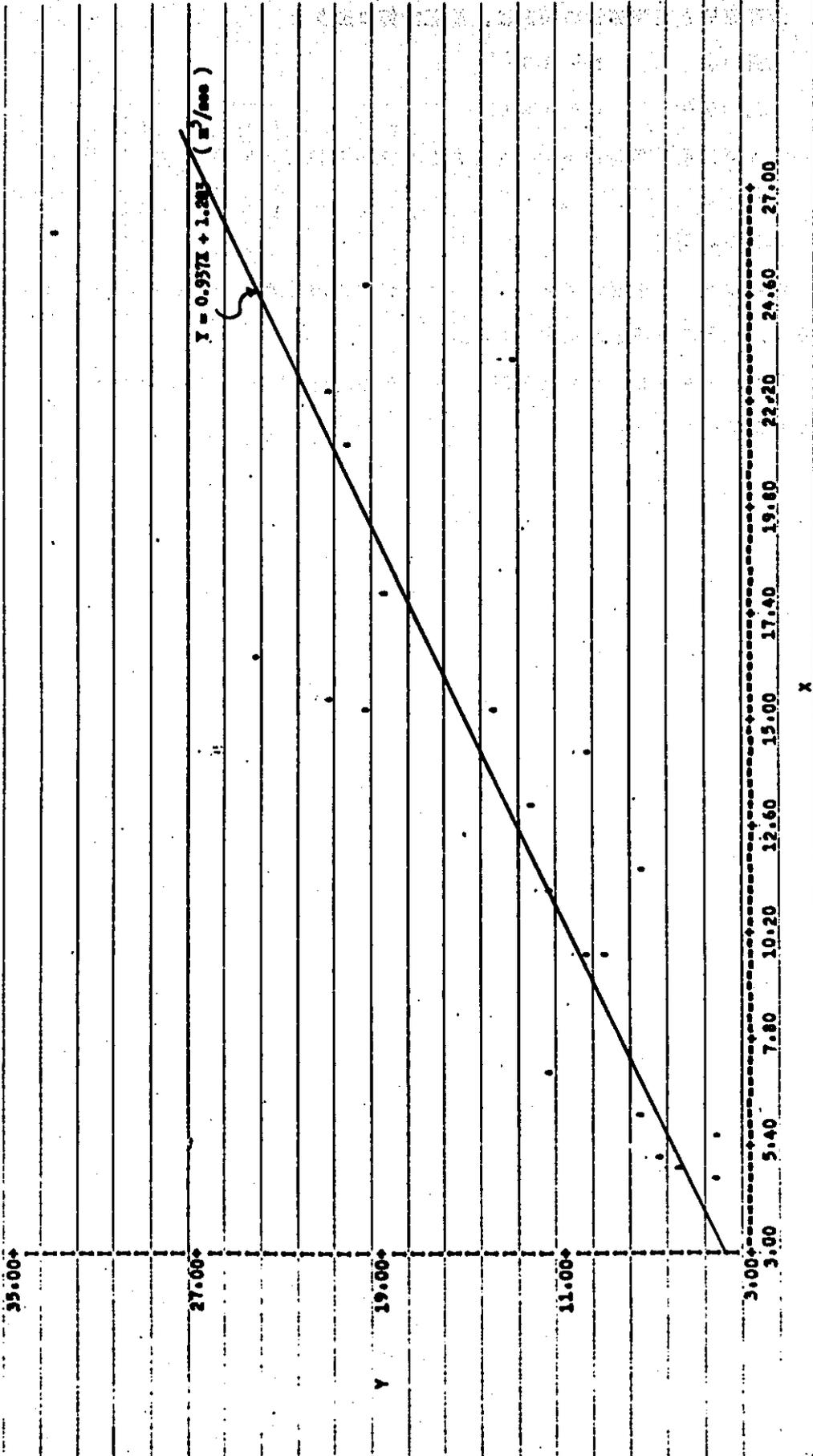
$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{S_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{S_y} \right) = \frac{1}{23} \times 19.6901 = 0.856$$

Fig. 2-4-6

*** CORRELATION BETWEEN CALCULATED AND OBSERVED DISCHARGE BY TANK METHOD ***

X... CALCULATED MONTHLY DISCHARGE AT PEKURUN
 Y... OBSERVED MONTHLY DISCHARGE AT PEKURUN

KAIKICHOKUSEN SIKI $Y = A \cdot X + B$ (Regression line)



(Correlation coefficient)
 SOKAN KEISU = 0.856
 KAIKI KEISU A = 0.937
 B = 1.283

COMMENT OF SIGNAL
 . = SINGLE
 ◐ = DOUBLE
 ◑ = TRIPLE
 ✕ = CUT OF DATA

計算流量と実測流量の相関は、前記計算の通りで

資料数 $N = 23$

相関係数 $C = 0.86$

となり、前記仮定のタンクを使用して良いと判断できる。

7. 流出量の計算

前記のタンクを用いブキットクムニングの月雨量データ（1952～1968）を投入すると、以下の月流量が推定できる。

但し、1958年6月は欠測月であるため、全資料の6月の平均雨量118mmをこの年の6月に使用している。

Table 2-4-8 Calculation of Discharge by Tank Model (1952-1968)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Year	Mon.	Rain-fall mm	Rainfall mm	TANK 1 mm	Run-off coef.	TANK 1 mm	WQ1 mm	WB 1 mm	TANK 1 mm	TANK 2 mm	TANK 2 mm	WQ2 mm	TANK 2 mm	OP mm
			3x1.189	(10)		5+4x6	(7-10)x0.6	7x0.3	7-8-9	(14)	11+9	12x0.06	12-13	8+13
1952	Jan.	607	721.72	100.00	0.50	460.86	270.52	138.26	52.08	600.00	738.26	44.26	693.96	314.82
"	Feb.	424	504.14	52.08	0.60	354.56	206.74	106.37	41.45	693.96	800.33	48.06	752.31	254.76
"	Mar.	467	555.26	41.45	0.70	430.13	252.08	129.04	49.01	752.31	881.35	52.83	828.47	304.96
"	Apr.	256	304.38	49.01	0.60	231.64	132.98	69.49	29.17	828.47	897.96	53.88	844.08	186.86
"	May	139	165.27	29.17	0.60	128.33	71.00	38.50	18.83	844.08	882.58	52.96	829.62	123.96
"	Jun.	76	90.36	18.83	0.50	64.01	32.40	19.20	12.41	829.62	848.82	50.93	797.89	83.33
"	Jul.	84	99.87	12.41	0.30	42.37	19.42	12.71	10.24	797.89	810.60	48.64	761.96	68.06
"	Aug.	86	102.25	10.24	0.40	51.14	24.68	15.34	11.12	761.96	777.30	46.64	730.66	71.32
"	Sep.	122	145.06	11.12	0.30	54.64	26.78	16.39	11.47	730.66	747.05	44.82	702.23	71.60
"	Oct.	89	105.82	11.47	0.40	53.80	26.28	16.14	11.38	702.23	718.37	43.10	675.27	69.38
"	Nov.	240	285.36	11.38	0.30	96.99	52.19	29.10	15.70	675.27	704.37	42.26	662.11	94.45
"	Dec.	297	353.13	15.70	0.40	156.95	88.17	47.09	21.69	662.11	709.20	42.55	666.65	130.72
1953	Jan.	637	757.39	21.69	0.50	400.39	234.23	120.12	46.04	666.65	786.77	47.21	739.56	281.44
"	Feb.	313	372.16	46.04	0.60	269.34	155.60	80.80	32.94	739.56	820.36	49.22	771.14	204.82
"	Mar.	329	391.18	32.94	0.70	306.77	178.06	92.03	36.68	771.14	863.17	51.79	811.38	229.85
"	Apr.	319	379.29	36.68	0.60	264.25	152.55	79.28	32.42	811.38	890.66	53.44	837.22	205.99
"	May	238	282.98	32.42	0.60	202.21	115.33	60.66	26.22	837.22	897.88	53.87	844.01	169.20
"	Jun.	171	203.32	26.22	0.50	127.88	70.73	38.36	18.79	844.01	882.37	52.94	829.43	123.67
"	Jul.	65	77.29	18.79	0.30	41.98	19.19	12.59	12.20	829.43	842.02	50.52	791.50	69.71

- The rest is omitted -

Table 2-4-9 Monthly Discharge Data at Pekurun (Calculated & Observed)

The name of Station :
 Number of Station :

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
n	19	20	20	21	21	21	20	20	20	20	20	20	18
1952	-	33.4	37.4	23.7	15.2	10.6	8.3	8.7	9.1	8.5	12.0	16.0	-
1953	34.5	27.8	28.2	26.1	20.7	15.7	8.5	10.3	7.7	7.6	14.1	19.3	220.5
1954	19.0	25.7	27.1	21.2	27.4	12.0	10.3	9.8	8.3	10.3	18.5	22.2	211.8
1955	25.1	26.9	43.7	30.6	19.1	17.1	17.0	10.3	15.7	15.1	16.0	17.8	254.4
1956	29.6	29.5	29.1	33.3	30.2	16.7	10.3	11.8	10.0	16.6	13.9	16.2	247.2
1957	18.7	20.9	42.8	24.6	19.6	12.7	13.9	9.2	8.1	8.9	11.2	16.6	207.2
1958	21.7	44.5	48.3	39.0	26.6	15.0	10.6	15.1	9.0	15.7	16.2	20.0	281.7
1959	27.8	40.6	42.7	27.9	32.5	17.1	10.3	8.0	7.7	11.0	18.3	25.0	268.9
1960	18.8	32.0	27.5	28.3	20.2	12.0	10.1	11.0	10.4	9.0	11.0	21.5	211.8
1961	28.6	21.7	20.5	20.8	21.3	18.1	8.4	7.7	5.9	5.3	7.8	13.3	179.4
1962	20.8	26.6	28.6	26.5	12.1	10.0	9.1	10.4	6.5	12.2	11.8	16.2	190.8
1963	20.9	19.3	32.8	27.1	28.2	9.2	7.0	6.5	5.4	7.5	8.1	15.8	187.8
1964	20.7	30.1	40.2	29.4	25.3	11.3	8.9	9.5	11.2	12.3	13.8	24.0	236.7
1965	23.7	30.4	36.2	17.2	9.8	10.7	6.2	5.5	6.5	5.5	9.0	23.4	184.1
1966	29.1	26.1	37.1	27.0	14.0	13.5	9.8	11.6	10.7	16.9	15.3	20.0	231.1
1967	12.7	40.4	36.7	28.9	29.1	11.8	8.4	6.3	6.1	5.6	9.4	23.9	219.3
1968	23.6	32.5	44.9	22.5	29.3	19.7	-	-	-	-	-	-	-
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	28.6	17.6	12.9	10.1	7.6	6.8	8.9	19.4	32.1	-
1972	41.8	21.4	33.6	20.3	21.1	11.5	6.7	6.1	4.8	3.73	4.78	7.80	183.61
1973	10.59	13.62	24.64	20.16	19.54	14.48	8.16	7.74	12.59	9.17	12.72	37.26	190.67
1974	15.66	22.50	16.27	21.02	14.64	7.75	7.73	9.00	10.47	11.60	12.54	19.08	168.26
Total	443.35	565.92	544.18	544.18	453.48	279.83	189.79	182.14	172.96	201.40	255.84	407.44	3,875.24
Ave- rage	23.33	28.30	25.91	25.91	21.59	13.33	9.49	9.11	8.65	10.07	12.79	20.37	215.29

8. 設計水源流量

前記タンクモデル法によつて推定した月流量と実測流量を、トマスプロット法に使用する。資料数はN = 18 ~ 21ヶである。

用水計画に使用する1/5の月確率流量は、対数確率紙に月毎にプロットしたものより以下の通りと推定される。

Table 2-4 -10 Designed discharge

Month	Discharge
Jan.	16.5m ³ /S
Feb.	21.5
Mar.	25.0
Apr.	21.0
May	15.0
Jun.	9.8
July	7.4
Aug.	6.8
Sep.	6.2
Oct.	5.8
Nov.	8.8
Dec.	14.5
Total	158.3
Mean	13.19 m ³ /S

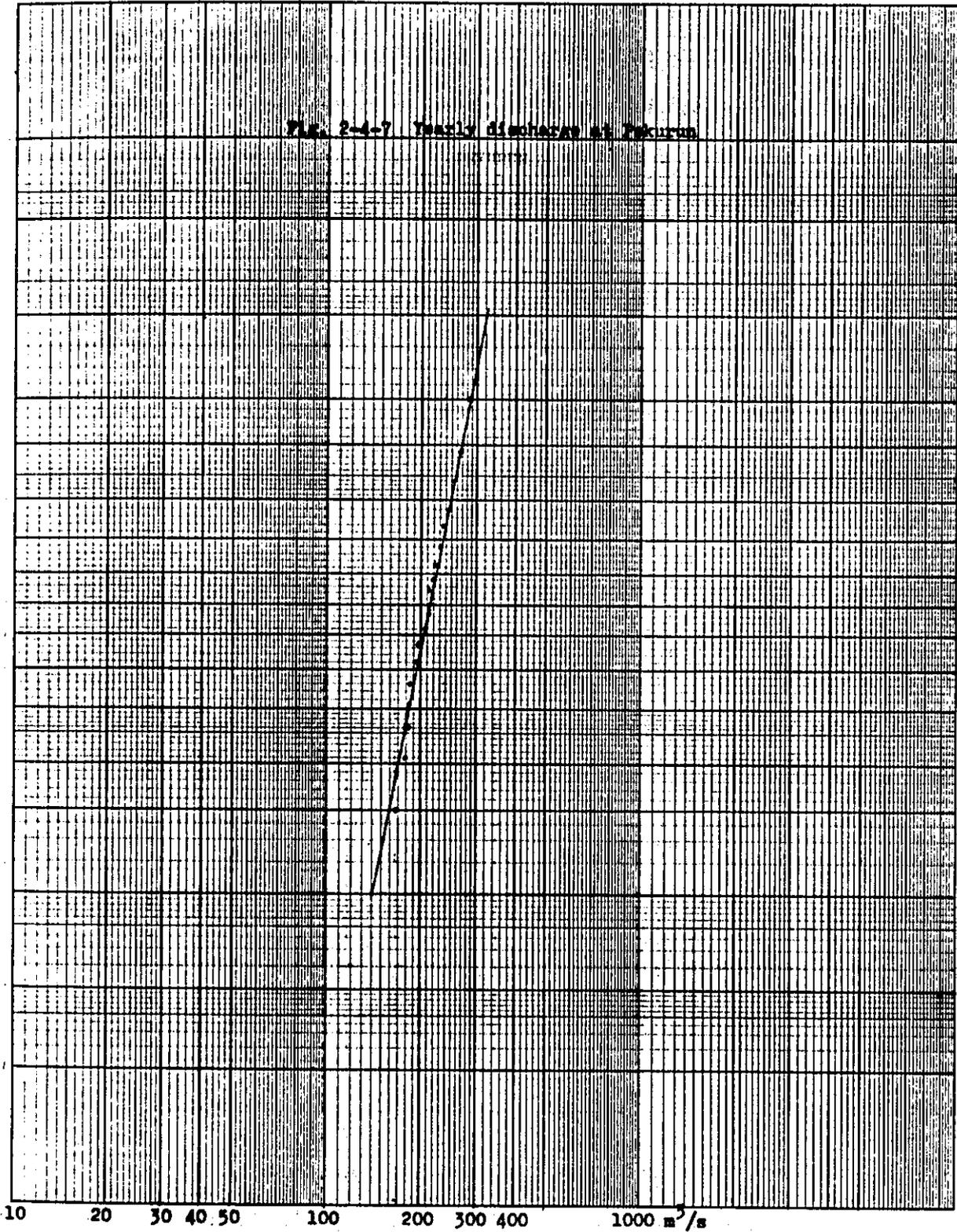
$$13.19 \text{ m}^3/\text{S} \times 365 \text{ days} \times 86400 \text{ Sec.} = 416,000,000 \text{ m}^3/\text{year}$$
$$416,000,000 \text{ m}^3 \div 328 \text{ km}^2 = 1268 \text{ mm/year}$$

Table 2-4-11 Probable Monthly Discharge at Return

n	$1 - \frac{i}{n+1}$	Jan.	$1 - \frac{i}{n+1}$	Feb.	Mar.	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	$1 - \frac{i}{n+1}$	Apr.	May	Jun.	$1 - \frac{i}{n+1}$	Year
1	0.95	41.8	0.95	44.5	48.3	17.0	15.1	15.7	16.9	19.4	37.26	0.95	39.0	32.5	19.7	0.95	281.7
2	0.90	34.5	0.90	40.6	44.9	13.9	11.8	12.59	16.6	18.5	32.1	0.91	33.3	30.2	18.1	0.89	268.9
3	0.85	29.6	0.86	40.4	43.7	10.6	11.6	11.2	15.7	18.3	25.0	0.86	30.6	29.3	17.1	0.84	254.4
4	0.80	29.1	0.81	33.4	42.8	10.3	11.0	10.7	15.1	16.2	24.0	0.82	29.4	29.1	17.1	0.79	247.2
5	0.75	28.6	0.76	32.5	42.7	10.3	10.4	10.47	12.3	16.0	23.9	0.77	28.9	28.2	16.7	0.74	236.7
6	0.70	27.8	0.71	32.0	40.2	10.3	10.3	10.4	12.2	15.3	23.4	0.73	28.6	27.4	15.7	0.68	231.1
7	0.65	25.1	0.67	30.4	37.4	10.1	10.3	10.0	11.6	14.1	22.2	0.68	28.3	26.6	15.0	0.63	220.5
8	0.60	23.7	0.62	30.1	37.1	10.1	9.8	9.1	11.0	13.9	21.5	0.64	27.9	25.3	14.48	0.58	219.3
9	0.55	23.6	0.57	29.5	36.7	9.8	9.5	9.0	10.3	13.8	20.0	0.59	27.1	21.3	13.5	0.53	211.8
10	0.50	21.7	0.52	27.8	36.2	9.1	9.2	8.3	9.17	12.72	20.0	0.55	27.0	21.1	12.9	0.47	211.8
11	0.45	20.9	0.48	26.9	33.6	8.9	9.0	8.1	9.0	12.54	19.3	0.50	26.5	20.7	12.7	0.42	207.2
12	0.40	20.8	0.43	26.6	32.8	8.5	8.7	7.7	8.9	12.0	19.08	0.45	26.1	20.2	12.0	0.37	190.8
13	0.35	20.7	0.38	26.1	29.1	8.4	8.0	7.7	8.9	11.8	17.8	0.41	24.6	19.6	12.0	0.32	190.67
14	0.30	19.0	0.33	25.7	28.6	8.4	7.74	6.8	8.5	11.2	16.6	0.36	23.7	19.54	11.8	0.26	187.8
15	0.25	18.8	0.29	22.50	28.2	8.3	7.7	6.5	7.6	11.0	16.2	0.32	22.5	19.1	11.5	0.21	184.1
16	0.20	18.7	0.24	21.7	27.5	8.16	7.6	6.5	7.5	9.4	16.2	0.27	21.2	17.6	11.3	0.16	183.61
17	0.15	15.66	0.19	21.4	27.1	7.73	6.5	6.1	5.6	9.0	16.0	0.23	21.02	15.2	10.7	0.11	179.4
18	0.10	12.7	0.14	20.9	24.64	7.0	6.3	5.9	5.5	8.1	17.8	0.18	20.8	14.64	10.6	0.05	168.26
19	0.05	10.59	0.10	19.3	20.5	6.7	6.1	5.4	5.3	7.8	13.3	0.14	20.3	14.0	10.0		
20			0.05	13.62	16.27	6.2	5.5	4.8	3.73	4.78	7.80	0.09	20.16	12.1	9.2		
21												0.05	17.2	9.8	7.75		
	Total	443.35		565.92	678.31	189.79	182.14	172.96	201.40	255.84	407.44	279.83	544.18	453.48	279.83		3,875.24
	Mean	23.33		28.30	33.92	9.49	9.11	8.65	10.07	12.79	20.37	13.33	25.91	21.59	13.33		215.29

Note: above-mentioned discharge are plotted on probability sheets in data book.

Fig. 2-4-7 Total discharge at Pukun



9. 月流出量 (コタブミ)

ダムサイト予定地点より約20km下流のワイラレム、コタブミでの月流出量を推定する。

本地点 (Propal Bridge下流)での水位観測は、P.3.S.Aの管理の下に1973年12月より始められている。

支配流域面積は、913km²である。又、使用できる観測資料は1974年の1年間であり、下記の通りである。

Table 2-4-12 Mean discharge at Kotabumi

	Jan.	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Mean
Dis. m ³ /S	44.72	75.45	54.67	61.61	42.26	21.09	18.39	19.59	27.67	31.66	38.48	56.10	471.69	40.97
Max. "	84.76	142.50	103.00	129.56	99.90	37.75	47.74	36.44	62.44	72.80	83.62	77.24		
Min. "	28.50	43.36	29.00	25.00	23.00	17.16	11.94	14.28	13.84	21.50	24.75	37.60		

Pekurun 地点での流域面積は、328km²であり、本地点との比は、 $\frac{913}{328} = 2.784$ である。1974年の月流出量を並べてみると以下の通りである。

Table 2-4-13 Ratio of discharge

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Mean
Kotabumi	44.72	75.45	54.67	61.61	42.26	21.09	18.39	19.59	27.67	31.66	38.48	56.10		
Pekurun	15.66	22.50	16.27	21.02	14.64	7.75	7.73	9.00	10.47	11.60	12.54	19.08		
Ratio	2.856	3.353	3.360	2.931	2.887	2.721	2.379	2.177	2.643	2.729	3.069	2.940	34.045	2.837

年平均2.837となり、ほぼ流域比と同じになるので、Pekurun 地点での1/5の確率流量に流域比2.8を乗じたものをKotabumiでの流量と考える。

Table 2-4-14 Probable discharge at Kotabumi

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Mean
Pekurun	16.5	21.5	25.0	21.0	15.0	9.8	7.4	6.8	6.2	5.8	8.8	14.5	158.3	13.19
Ratio	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8		
Kotabumi	46.2	60.2	70.0	58.8	42.0	27.4	20.7	19.0	17.4	16.2	24.6	40.6	443.1	36.9

2-4-2 比流量

ランボン州各地点での月平均比流量は次表の通りである。

Table 2-4-15 Specific Discharge

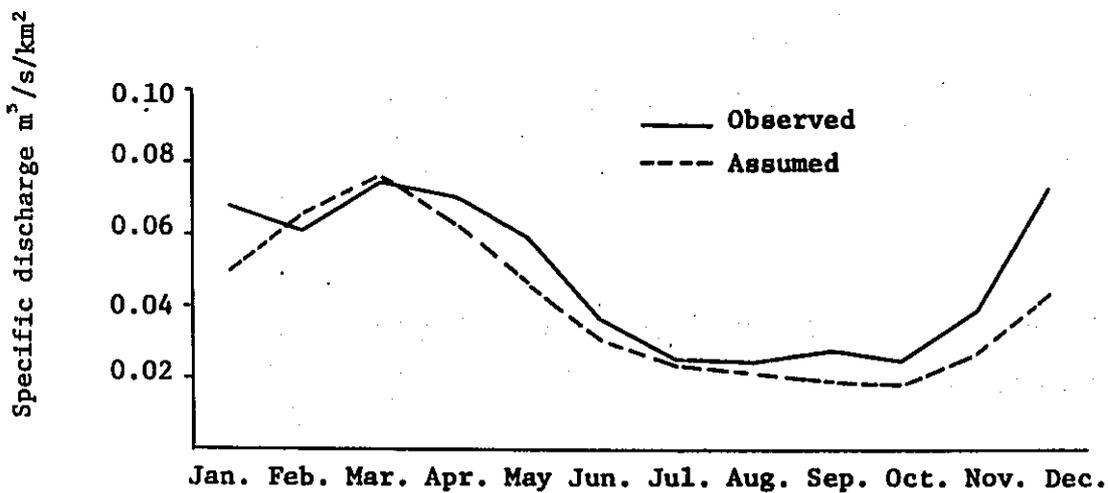
Name	Catch	Period	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
W.Sekampung														
Kunjir	438 km ²	1968-74	0.068	0.065	0.072	0.070	0.065	0.052	0.043	0.043	0.040	0.035	0.045	0.054
Jurai	682	1968-74	0.064	0.064	0.067	0.063	0.063	0.044	0.039	0.037	0.037	0.032	0.042	0.056
Pujorahayu	1743	1968-74	0.053	0.042	0.054	0.048	0.042	0.024	0.015	0.018	0.022	0.013	0.022	0.035
W.Pengubuan														
Gedoryharto	113	1971-74	0.068	0.055	0.070	0.082	0.080	0.045	0.020	0.017	0.029	0.026	0.045	0.084
W.Waya														
Banywangi	67	1968-74	0.053	0.048	0.058	0.051	0.052	0.034	0.026	0.024	0.026	0.021	0.027	0.043
W.Tatayan														
Sumbersari	75	1968-74	0.054	0.048	0.059	0.060	0.049	0.024	0.013	0.014	0.018	0.017	0.031	0.057
Way Rarem														
Pekurun	328	1971-74	0.068	0.061	0.074	0.071	0.059	0.036	0.025	0.024	0.027	0.025	0.038	0.073

(m³/s/km²)

Pekurun 地点での観測比流量と、設計比流量は次図の如くである。

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Observed dis.	0.068	0.061	0.074	0.071	0.059	0.036	0.025	0.024	0.027	0.025	0.038	0.073
Designed dis.	0.050	0.066	0.076	0.064	0.046	0.030	0.023	0.021	0.019	0.018	0.027	0.044

Fig. 2-4-8 Specific discharge at Pekurun



2-4-3 洪水流量

ベクルンに於けるラレム河流量記録は1971年4月からのものであり、各年最大の洪水ピーク流量記録は4ヶしか得られない。また、流域周辺における降雨記録は日雨量、月雨量であり、時間強度の記録は得られない。

したがって洪水流量の推定は合理式、ハスパス、メルチョー等の計算式によるものとし、また、近隣河川の既往洪水流量も参考にすることにした。

尚、ラレムダム余水吐洪水量は1/1,000の確率流量また、施工期間中仮排水路流量は1/10の確率流量程度とする。

この項では各計算洪水量を示し、設計洪水量は次項に示す。

1. 洪水流出計算のための必要資料

(1) 超過確率日雨量

コタブミ (Kotabumi) 及びブキットクムニン (Bekitkemuning) に於ける超過確率日雨量は、それぞれ4.4年間、18年間の資料より次表の如く求められる。(表2-3-7, 2-3-8, 図2-3-2, 2-3-3 参照)

Table 2-4-16 Probable daily rainfall

Probability	Kotabumi	Bekitkemuning
1/2 year	110 mm/day	120 mm/day
1/5	140	150
1/10	160	175
1/50	205	220
1/100	220	235
1/500	265	280
1/1000	280	295

ブキットクムニンに於ける既往最大日雨量は210mmであり各年の既往最大日雨量の平均は118mmである(表2-3-8参照)

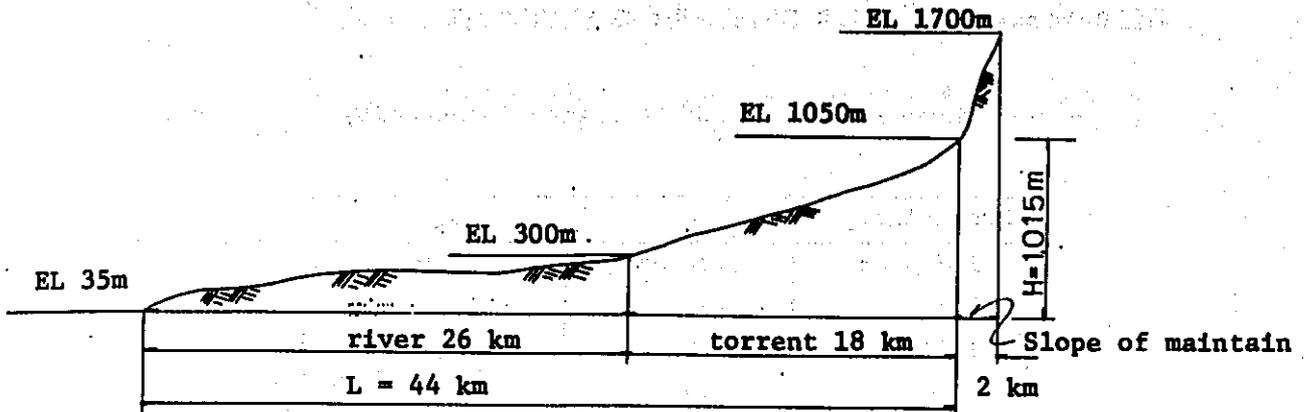
(2) 流域面積

1/100,000 地形図より流域面積は328km²であり流域を楕円とみなした場合の長径は26.0kmである。

(3) 河道状況

河道の状況は下図の如く示される。

Fig. 2-4-9 Profile of Way Rarem



流域内河道水平距離	L = 44.0 Km
河道標高差	H = 1,015 m
平均河床勾配	$i = \frac{1,015}{44,000} = 0,0231$

2. ラショナル式による洪水流出

ラショナル式による洪水ピーク流量は次式で示される。

$$Q = 0.2778 f r_t A$$

- ここに Q : 洪水ピーク流量 (m³/s)
 f : 流出係数 f = 0.6 とする
 r_t : 洪水到達時間内平均降雨強度 (mm/hr)

洪水到達速度 (ω) 及び洪水到達時間 (T) は次式で計算される。

$$\omega = 7.2 \times \left(\frac{H}{L}\right)^{0.6} = 7.2 \times \left(\frac{1,015}{44.0}\right)^{0.6} = 7.5 \text{ km/hr}$$

$$T = \frac{L}{\omega} = \frac{44.0}{7.5} \div 6 \text{ hr}$$

洪水到達時間内平均降雨強度 r_t は次式で求められる。

$$r_t = \frac{2.4}{2.4} \left(\frac{2.4}{T}\right)^n$$

ここに r_t : 洪水到達時間 (T) 内平均降雨強度 (mm/hr) (10)
 r_{24} : 最大日雨量 (mm)
 n : 0.5 とする。

前記 Bekirkemuning の確率日雨量を用いると以下の通りとなる。

Table 2-4-17 Probable rainfall intensity

Probability	r_{24}	r_t
1/2 year	120 mm	10.0 mm/hr.
1/5	150	12.5
1/10	175	14.6
1/50	220	18.3
1/100	235	19.6
1/500	280	23.3
1/1000	295	24.6

従つてラショナル式による洪水ピーク流量は次表の通りとなる。

Table 2-4-18 Flood discharge by rational formula

Probability	Q	Specific discharge
1/2 year	547 m ³ /s	1.67 m ³ /s/km ²
1/5	683	2.08
1/10	798	2.43
1/50	1000	3.05
1/100	1072	3.27
1/500	1274	3.88
1/1000	1345	4.10

3. ハスパー (Hasper) 式による洪水流出
 ハスパー式による洪水ピーク流量は次式で表わされる。

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$$

ここに Q : 洪水ピーク流量 (m³/s)
 α : 流出係数
 β : reduction 係数
 q : 比流量 (m³/s/km²)
 f : 流域面積 (km²)

流出係数 α , 洪水到達時間 t , reduction 係数 β はそれぞれ次式で求められる。

$$\alpha = \frac{1 + 0.012 f^{0.7}}{1 + 0.075 f^{0.7}} = \frac{1 + 0.012 \times 328^{0.7}}{1 + 0.075 \times 328^{0.7}} = 0.32$$

$$t = 0.1 L^{0.8} \times i^{-0.3} = 0.1 \times 44^{0.8} \times 0.0231^{-0.3} = 6.4 \text{ hr}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3.7 \times 10^{-0.4 t}}{t^2 + 15} \times \frac{f^{3/4}}{12} = 1 + \frac{6.4 + 3.7 \times 10^{-0.4 \times 6.4}}{6.4^2 + 15} \times \frac{328^{3/4}}{12}$$

$$= 1.7357$$

$$\beta = 0.58$$

最大比流量 q は次式で求められる。

$$q = \frac{r}{3.6 t} \quad (\text{ここに } r : \text{洪水到達時間内降雨強度 mm})$$

$$r = \frac{t R}{t + 1} \quad (\text{ここに } R : \text{return period } T \text{ に於ける日雨量 mm})$$

$$R = \bar{R} + S \cdot U \quad (\text{ここに } \bar{R} : \text{平均既往最大日雨量})$$

S : standard deviation

U_n : standard variable for the return period)

$$S = \frac{R_n - \bar{R}}{U} \quad (\text{ここに } R_n : \text{資料のある } n \text{ 年間に於ける既往最大日雨量 mm})$$

U : R_n の return period に対する standard variable)

$$S = \frac{210 - 118}{1.85} = 49.73 \quad (\text{return period : 19年})$$

上記各式より return period をそれぞれ 10年, 1,000年とした時の q 及び Q は次のように求められる。

(1) 10年確率洪水ピーク流量

$$R = 118 + 49.73 \times 1.265 = 181 \text{ mm}$$

$$r = \frac{6.4 \times 181}{6.4 + 1} = 157 \text{ mm}$$

$$q = \frac{157}{3.6 \times 6.4} = 6.81 \text{ m}^3/\text{S}/\text{Km}^2$$

$$Q = 0.32 \times 0.58 \times 6.81 \times 328 = 415 \text{ m}^3/\text{S}$$

(2) 1,000年確率洪水ピーク流量

$$R = 118 + 4.973 \times 5.92 = 41.2 \text{ mm}$$

$$r = \frac{6.4 \times 41.2}{6.4 + 1} = 35.6 \text{ mm}$$

$$q = \frac{35.6}{3.6 \times 6.4} = 1.545 \text{ m}^3/\text{S}/\text{Km}^2$$

$$Q = 0.32 \times 0.58 \times 1.545 \times 328 = 94.1 \text{ m}^3/\text{S}$$

4. メルチヨ一 (Mel chior) 式による洪水流出

メルチヨ一式による洪水流量は次式で表わされる

$$Q = \alpha \cdot q \cdot f$$

ここに Q : 洪水ピーク流量 (m^3/S)

α : 流出係数 普通 $\alpha = 0.52$

q : 比流量 ($\text{m}^3/\text{S}/\text{Km}^2$)

f : 流域面積 (Km^2)

メルチヨ一式の場合、流域面積を楕円とみなした面積 nF が一つの重要なパラメータであり、また平均河床勾配 i は次式で表わされる。

$$nF = \frac{1}{4} \pi a b = \frac{1}{4} \pi a \times \frac{2}{3} a = \frac{1}{6} \pi a^2 \quad (\text{ここに } a : \text{長径})$$

$$= \frac{1}{6} \times \pi \times 26.0^2 = 35.4 \text{ Km}^2$$

$$i = \frac{H}{\lambda} = \frac{1.0 H}{9 L} = \frac{1.0 \times 1.015}{9 \times 44.0} = 0.0256$$

また、洪水到達速度 V 及び洪水到達時間 T は次式で表わされる。

$$V = 1.31 \sqrt{\beta q f i^2}$$

ここに β : reduction 係数, β は次式で求められる。

$$f = \frac{1970}{\beta - 0.12} - 3960 + 1720 \beta$$

これを解くと $\beta = 0.8$

$q : nF$ と表より求められる概算値 $q = 3.3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$

$$\text{従つて } V = 1.31^5 \sqrt{0.8 \times 3.3 \times 328 \times 0.0256^2} = 1.17 \text{ m/s}$$

$$T = \frac{1,000 \text{ L}}{60 \text{ V}} = \frac{1,000 \times 4.40}{60 \times 1.17} = 627 \text{ ms} = 1.04 \text{ hr}$$

図表より $T = 1.04 \text{ hr}$, $nF = 354 \text{ km}^2$ より $q = 3.5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$

$$\text{従つて, } V = 1.31^5 \sqrt{0.8 \times 3.5 \times 328 \times 0.0256^2} = 1.18 \text{ m/s}$$

$$T = \frac{1,000 \times 4.40}{60 \times 1.18} = 621 \text{ ms} = 1.04 \text{ hr}$$

表より q の割増率は 9% 従つて $q = 3.5 \times 1.09 = 3.82 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 。以上で求められた q は最大日雨量を 200 mm とした時の値であり、10年、1,000年確率のピーク洪水流量は次のように計算される。

$$\text{10年確率流量 } Q = 0.52 \times 3.82 \times \frac{175}{200} \times 328 = 570 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{1,000年 } \quad Q = 0.52 \times 3.82 \times \frac{295}{200} \times 328 = 961 \text{ m}^3/\text{s}$$

5. 既往洪水記録

ラレム河付近河川の既往洪水記録は次の通りである。

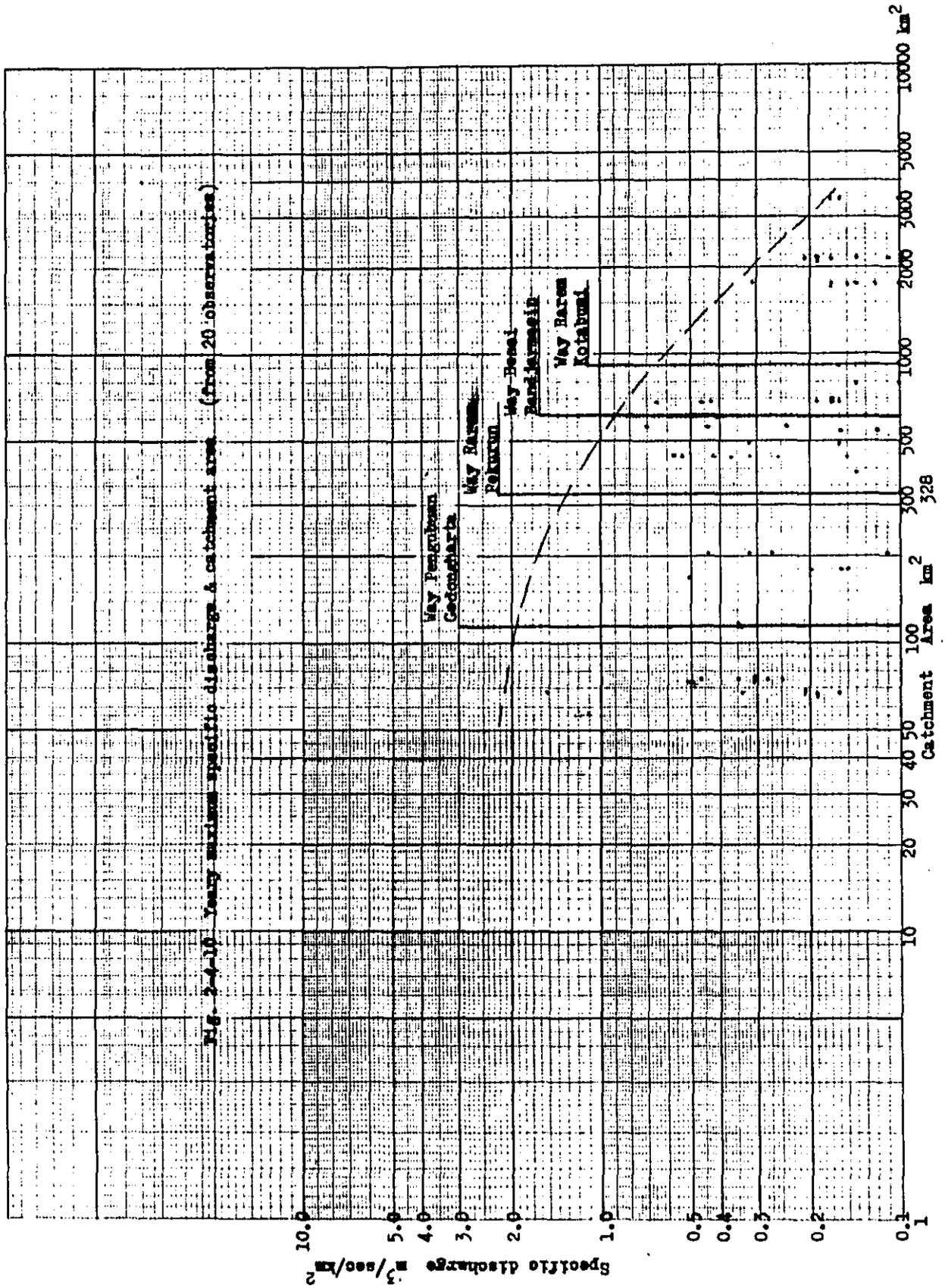
Table 2-4-19 Past flood discharge in Way Rarem and the vicinity river

Sta.	River Name	Location	Catchment km ²	Year	Mon.	Dis-charge m ³ /s	Specific discharge m ³ /s/km ²	Duration	Remarks
026	W. Rarem	Pekarun	328	1971	Dec.	96	0.29	'72 Apr.	estimated
				"	Apr.	87		- '74 Dec.	"
				1972	Mar.	134	0.41		"
				"	Jan.	119			"
				1973	Mar.	405	1.23		
				"	Dec.	197			
034	W. Rarem	Pekarum	913	1974	Feb.	143	0.16	'74 Jan.-Dec.	
				"	Apr.	130			
041	W. Abung	Organ Enain	170	1974	Dec.	86	0.51	'74 May-Dec.	
				"	Nov.	55			
018	W. Besai	Banjarumasin	604	1971	Nov.	245	0.41	'71 Apr.-	estimated
				"	Dec.	154		'74 Dec.	"
				1972	May	355	0.59		
				"	Jan.	195			
				1973	Dec.	300	0.50		
1974	Nov.	122	0.20						
017	W. Besai	Petai	389	1974	Dec.	53	0.14	'74 Sep.-Dec.	
039	W. Umpu	Rantan temiang	203	1973	Dec.	64	0.32	'73 Oct.-	
				1974	Apr.	54	0.27	'74 Dec.	
024	W. Umpu	Negri Umpu- batin	559	1972	Dec.	133	0.24	'72 July -	
				1973	"	390	0.70	'74 Dec.	
				"	Mar.	310			
				1974	Apr.	244	0.44		

Sta.	River Name	Location	Catchment km ²	Year	Mon.	Dis-charge m ³ /s	Specific discharge m ³ /s/km ²	Duration	Remarks
027	W. Terucan	Gunung Batin	543	1972	Dec.	12	0.02	'72 Sep.- '74 Dec.	
				1973	Dec.	67	0.12		
				1974	Mar.	87	0.16		
025	W. Pengu- buan	Gedong harta	113	1971	Dec.	40	0.35	'71 Apr.- '74 Dec.	
				1972	May	38	0.34		
				1973	Mar.	67	0.59		
				1974	Mar.	39	0.35		
-	W. Pengu- buan	Trimodadi	180	1938	Jan.	27	0.15	'38 Jan.- '40 Dec.	
				1939	Jan.	36	0.20		
				1940	Jan.	29	0.16		
038	W. Seputih	Nogri Aji tua	493	1973	Mar.	156	0.32	'73 Mar.- '74 Dec.	
				1974	Apr.	77	0.16		
037	W. Tatayan	Sumber sari	75	1968	Mar.	19	0.25	'68 Jan.- '74 Dec.	
				1969	Apr.	23	0.31		
				1970	Aug.	23	0.31		
				1971	Apr.	21	0.28		
				1972	Feb.	23	0.31		
				1973	Mar.	35	0.47		
				1974	Apr.	26	0.35		

Sta.	River Name	Location	Catchment km ²	Year	Mon.	Dis-charge m ³ /s	Specific discharge m ³ /s/km ²	Duration	Remarks
001	W. Sekampung	Kunyir	438	1968	Aug.	116	0.26	'68 Jan.- '74 Dec.	
				1969	Feb.	66	0.15		
				1970	Mar.	141	0.32		
				1971	Nov.	182	0.42		
				1972	May	162	0.37		
				1973	Mar.	250	0.57		
				1974	Apr.	238	0.54		
021	W. Sekampung	W. Jurai	682	1968	May	112	0.16	'68 Jan.- '74 Dec.	
				1969	Dec.	113	0.17		
				1970	Mar.	290	0.43		
				1971	Apr.	115	0.17		
				1972	Jan.	129	0.19		
				1973	Dec.	446	0.65		
				1974	Sep.	313	0.46		
002	W. Waya	Banyuwangi	67	1968	Aug.	13	0.19	'68 Jan.- '74 Dec.	
				1969	Sep.	11	0.16		
				1970	Jan.	14	0.21		
				1971	Nov.	14	0.21		
				1972	May	13	0.19		
				1973	Mar.	101	1.51		
				1974	Apr.	23	0.34		
006	W. Bulok	W. Gatel	790	1973	Sep.	113	0.14	'73 Sep.- '74 Dec.	
				1974	Mar.	46	0.06		
005	W. Tebu	Banjar Agung	205	1973	Dec.	90	0.44	'73 Dec.- '74 Dec.	
				1974	Jul.	22	0.11		

Sta.	River Name	Location	Catchment km ²	Year	Mon.	Dis-charge m ³ /s	Specific discharge m ³ /s/km ²	Duration	Remarks
029	Umpu Kanan	Pakuan Ratu	3,427	1972	Dec.	300	0.09	'72 Jun.-	
				1973	Mar.	590	0.17	'74 Dec.	
				1974	Apr.	564	0.16		
012	W. Sekam- pung	Argoguruh	2,155	1959	Dec.	309	0.14	'59 Jul. -	
				1960	Jan.	207	0.10	'73 Apr.	
				1961	Feb.	233	0.11		
				1964	Dec.	136	0.06		
				1965	Jan.	191	0.09		
				1966	Mar.	200	0.09		
				1967	Dec.	162	0.08		
				1968	Mar.	412	0.19		
				1971	Nov.	402	0.19		
				1972	Jan.	391	0.18		
003	W. Sekampung	Pajorahaya	1,743	1968	Mar.	356	0.17	'68 Jan.-	
				1969	Jan.	295	0.14	'74 Dec.	
				1970	Apr.	364	0.17		
				1971	Nov.	330	0.15		
				1972	Jan.	269	0.12		
				1973	Mar.	658	0.31		
				1974	Feb.	146	0.07		



2-4-4 設計洪水量

前項の各式の計算結果は次の通りである。

計 算 式	10年確率流量	1,000年確率流量
	m^3/S	m^3/S
ラショナル	798	1,345
ハスパー	415	941
メルチョー	570	961

また、ラレム河近隣河川の観測流量の既往最大比流量は 300 km^2 程度の流域では $1.22 m^3/S/km^2$ であり、これは流量として $400 m^3/S$ 程度となる。

一般にインドネシアに於いては流域内の降雨分布の関係からラショナル式による洪水ピーク流量は大きく算出されると云われる。従つて施工期間中の仮排水路のための設計洪水量は $600 m^3/S$ 程度を想定する。

しかしながら、ラレムダム余水吐の設計洪水量はこのダムが洪水調節能力を持たないこと及び施設の重要性からみて $1,300 m^3/S$ と決定する。

2-5 その他

2-5-1 渇水流量

1. 渇水量について

1972年の乾季、ブキットクミングでは J u l. ~ O c t. の間 3 mm の雨量記録がある。この時の10月のペクルンの最小日流量は、 $3.24 m^3/sec$ であり、Way Rarem 最大渇水流量と考えられる。比流量で $0.01 m^3/sec$ である。

Pekurun での最小月流量は、前記解析結果より、次表の通りとなる。渇水流量を年間の355日を下まわらない程度の流量と定義するなら実際の渇水流量は、次表の数値を2割程度下廻るものと考えられる。

Table 2-5-1 Minimum Monthly Discharges at Pekurun

Year	Month	Minimum discharge	Year	Month	Minimum discharge
1952	Jul.	8.3 m ³ /s/month	1962	Sep	6.5 m ³ /s/month
53	Oct.	7.6	63	"	5.4
54	Sep.	8.3	64	Jul.	8.9
55	Aug.	10.3	65	Aug. Oct.	5.5.
56	Sep.	10.0	66	Jul.	9.8
57	"	8.1	67	Oct.	5.6
58	"	9.0	1971	Sep.	6.8
59	"	7.7	72	"	4.8
60	Oct.	9.0	73	Jul.	8.2
61	"	5.3	74	"	7.7
			Mean		7.6

Drought discharge $7.6 \times 0.8 = 6.0 \text{ m}^3/\text{s/month}$

2. 連続干天日数

Kotabumiでの24年間の連続干天日数は次表の通りである。ただし、5mm未満の雨量は蒸発で失われ生育に役にたたないので無降水日と考え干天にかぞえる。

Table 2-5-2 Continuous Drought days

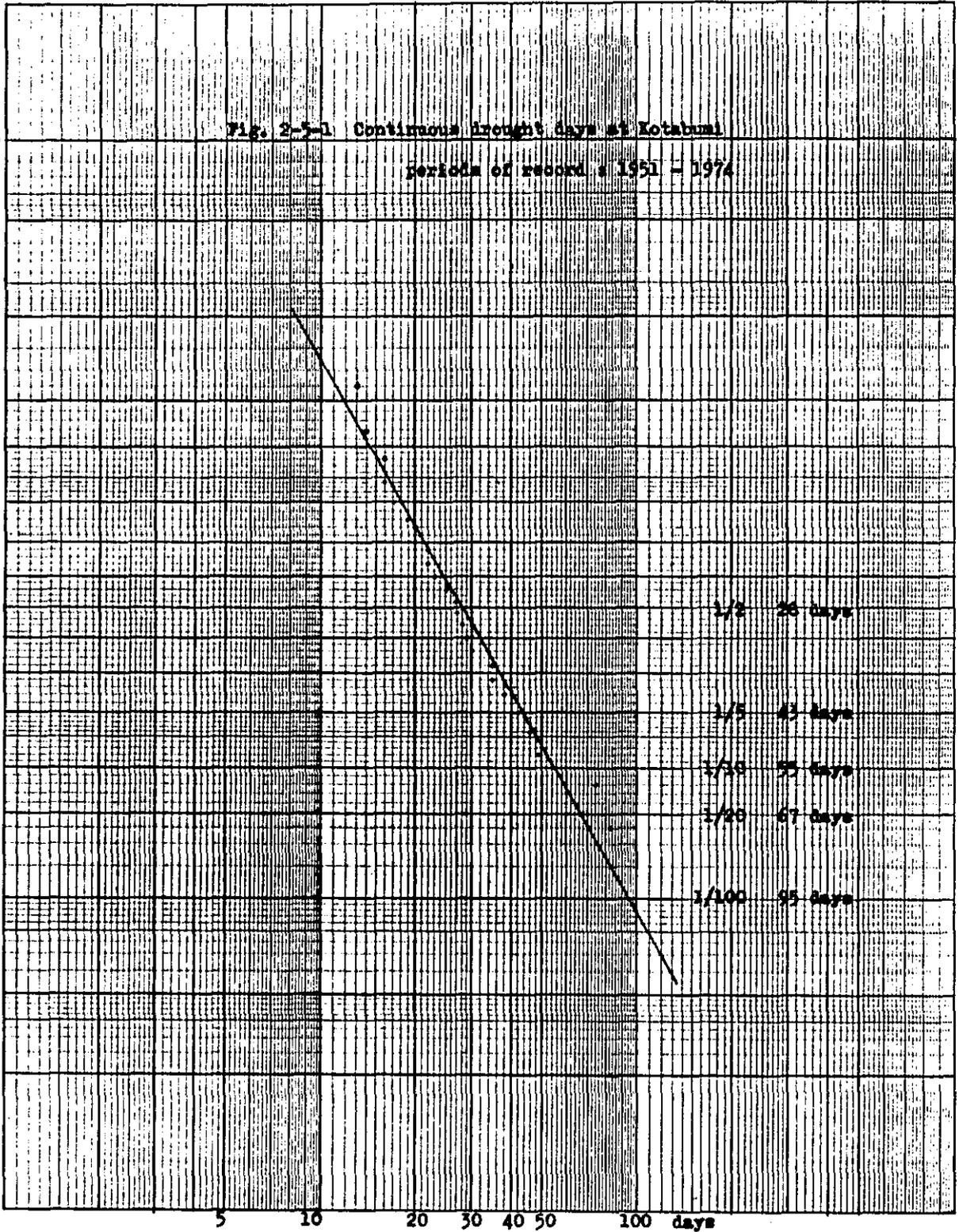
n	Year	Period	Days
1	1951	8 Jun. - 24 Jun.	17
2	1952	26 Jul. - 7 Aug.	13
3	1953	8 Aug. - 14 Sep.	38
4	1954	25 Aug. - 7 Sep.	14
5	1955	21 Sep. - 9 Oct.	19
6	1956	27 Jun. - 17 Jul.	21
7	1957	24 May - 27 Jun.	35
8	1958	3 Sep. - 30 Sep.	28
9	1959	15 Sep. - 26 Oct.	42
10	1960	27 Sep. - 21 Oct.	25
11	1961	7 Sep. - 22 Oct.	46
12	1962	18 Jul. - 8 Aug.	22
13	1963	8 Aug. - 6 Sep.	30
14	1964	14 May - 9 Jun.	27
15	1965	16 Aug. - 3 Oct.	49
16	1966	20 Jul. - 17 Aug.	29
17	1967	6 Aug. - 26 Oct.	82
18	1968	2 Aug. - 17 Aug.	16
19	1969	16 Jul. - 11 Aug.	27
20	1970	28 Jun. - 19 Jul.	21
21	1971	12 Jul. - 27 Jul.	16
22	1972	29 Aug. - 10 Nov.	74
23	1973	30 Jun. - 3 Aug.	35
24	1974	1 Jun. - 23 Jun.	23

Table 2-5-3 Probable Calculation of Continuous Drought Days by Thomas Plot

n	$\frac{i}{n+1}$	Days	Period
1	0.04	82	1967
2	0.08	74	1972
3	0.12	49	1965
4	0.16	46	1961
5	0.20	42	1959
6	0.24	38	1953
7	0.28	35	1957
8	0.32	35	1973
9	0.36	30	1963
10	0.40	29	1966
11	0.44	28	1958
12	0.48	27	1964
13	0.52	27	1969
14	0.56	25	1960
15	0.60	23	1974
16	0.64	22	1962
17	0.68	22	1970
18	0.72	21	1956
19	0.76	19	1955
20	0.80	17	1951
21	0.84	16	1968
22	0.88	16	1971
23	0.92	14	1954
24	0.96	13	1952
Total		750	
Mean		31	

Fig. 2-5-1 Continuous drought days at Kotabumi

Periods of record : 1951 - 1974



2-5-2 雨量と流出量の相関

(1) ベクルン月流出量 (X_{mm}) と流域面積雨量 (Y_{mm}) の相関

Jan. 1972 ~ Dec. 1974 のベクルンでの観測流量と同時期の流域への推定降雨量との相関を求めると、相関係数は 0.77 となる。高相関ではないが相関関係があると判断されるので流域の月流出率はこの 2 つの関係より推定した。(流出率の項参照)

資料数 $N = 34$, 相関係数 $r = 0.77$, 直線回帰式 $Y = 1.430X + 53.474$

(2) コタブミ月雨量 (X_{mm}) とベクルン月流量 (Y_{mm}) の相関

Apr. 1971 ~ Dec. 1974 の期間の相関を求めると相関係数 r は 0.63 であり相関関係は低い。

資料数 $N = 43$, 相関係数 $r = 0.63$,

(3) ブキットクムニング月雨量 (X_{mm}) とベクルン月流量 (Y_{mm}) の相関

Jan. 1972 ~ Dec. 1974 (Aug. 1973 ~ Jun. 1974 欠測) の相関係数は 0.75 であり、コタブミとの関係より相関が高い。

資料数 $N = 25$, 相関係数 $r = 0.75$, 直線回帰式 $Y = 0.439X + 39.1$

(4) コタブミ旬雨量 (X_{mm}) とベクルン旬流量 (Y_{mm}) の相関

Apr. 1971 ~ Dec. 1974 の旬別の相関を求めると、相関係数は 0.48 であり、相関関係は見られない。

資料数 $N = 134$, 相関係数 $r = 0.48$

(5) ブキットクムニング旬雨量 (X_{mm}) とベクルン旬流量 (Y_{mm}) の相関

Jan. 1972 ~ July 1973 の旬別の相関を求めると相関係数 r は 0.70 であり相関関係が見られる。

資料数 $N = 57$, 相関係数 $r = 0.70$ 直線回帰式 $Y = 0.408X + 18.7$

(6) ブキットクムニング月雨量 (X_{mm}) と流域面積雨量 (Y_{mm}) の相関

Jan. 1972 ~ Dec. 1974 の相関係数は $r = 0.88$ であり高相関があるといえる。

資料数 $N = 25$, 相関係数 $r = 0.88$, 直線回帰式 $Y = 1.189X$

Table 2-5-4

*** CORRELATION BETWEEN AREAL RAINFALL AND DISCHARGE-PEKURUN ***

X... MONTHLY DISCHARGE AT PEKURUN IN MM 1972 JAN-1974 DEC
 Y... MONTHLY AREAL RAINFALL IN WAY RAREM BASIN IN MM, 328KM2

SOUKAN KEISU 0.77 (Correlation coef.)

NO	1972		1973		1974		NO	X	Y
	X	Y	X	Y	X	Y			
1	341,000	585,000	Jan. 13	86,000	317,000	Jan. 25	128,000	210,000	
2	163,000	356,000	Feb. 14	100,000	434,000	Feb. 26	166,000	231,000	
3	274,000	434,000	Mar. 15	201,000	243,000	Mar. 27	133,000	200,000	
4	160,000	238,000	Apr. 16	159,000	222,000	Apr. 28	166,000	321,000	
5	172,000	226,000	May 17	160,000	317,000	May 29	120,000	214,000	
6	91,000	18,000	Jun. 18	114,000	199,000	Jun. 30	61,000	134,000	
7	55,000	2,000	July 19	67,000	32,000	July 31	63,000	190,000	
8	50,000	50,000	Aug. 20	63,000	174,000	Aug. 32	73,000	179,000	
9	38,000	3,000	Sep. 21	99,000	283,000	Sep. 33	83,000	300,000	
10	30,000	12,000	Oct. 22	75,000	167,000	Oct. 34	95,000	231,000	
11	38,000	244,000	Nov. 23	101,000	302,000	Nov. 35	99,000	300,000	
12	64,000	211,000	Dec. 24	304,000	213,000	Dec. 36	156,000	312,000	

Note: 1. * sign means cut of data.

2. The data of Feb. 1973, No.14 is not used because the run off coefficient is 0.23 in rainy season.

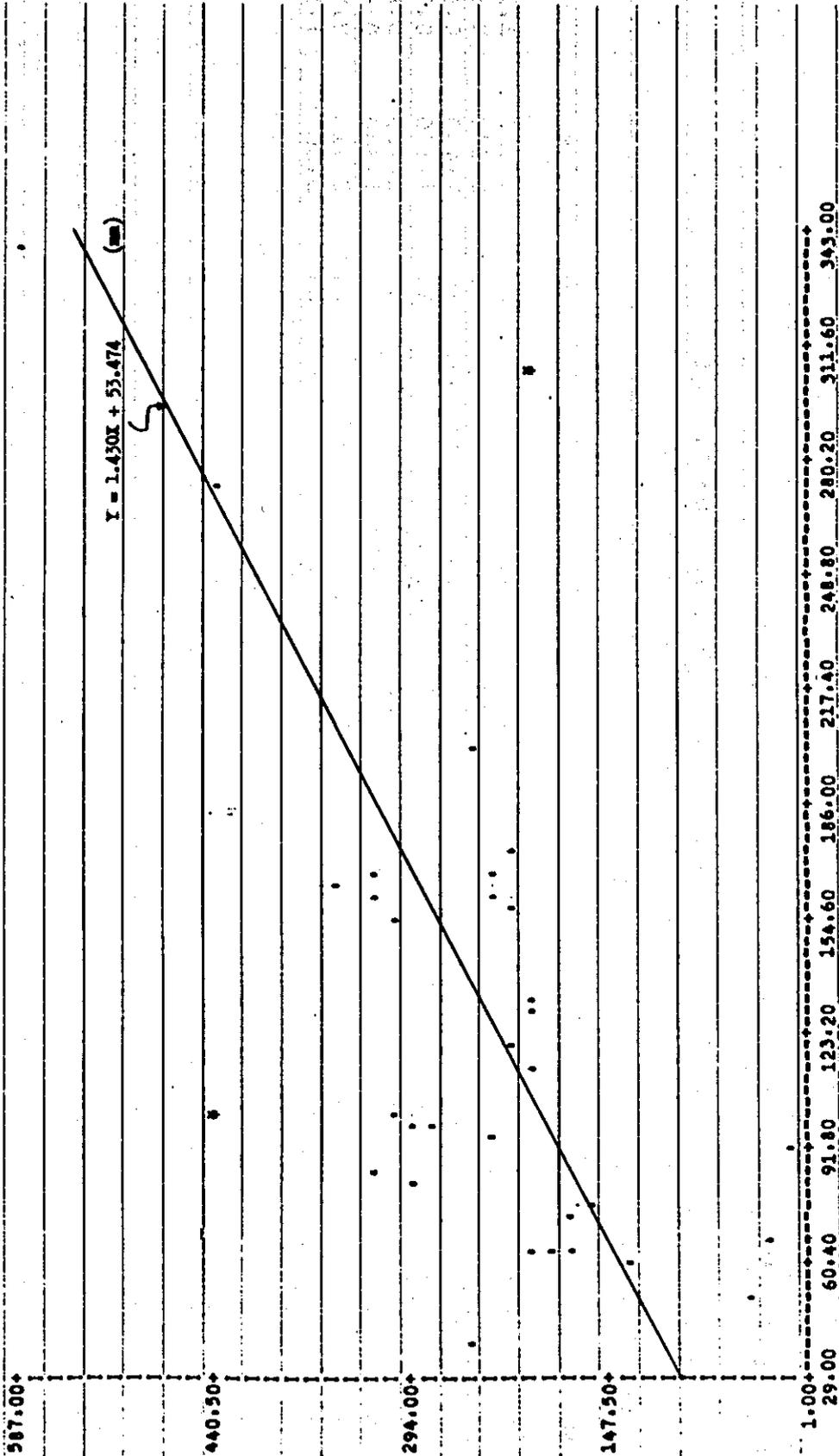
3. The data of Dec. 1973, No. 24 is not used because the run off coefficient is 1.43 in rainy season.

Fig 2-5-2

*** CORRELATION BETWEEN AREAL RAINFALL AND DISCHARGE-PEKURUN ***

X... MONTHLY DISCHARGE AT PEKURUN IN MM 1972 JAN=1974 DEC
 Y... MONTHLY AREAL RAINFALL IN WAY RAREM BASIN IN MM 328KM2

KAIKICHOKUSEN SIKI Y = A*X+B (Regression line)



X

(Correlation coefficient)
 SOKAN KEISU = 0.768
 KAIKI KEISU A = 1.430
 B = 53.474

COMMENT OF SIGNAL
 . = SINGLE
 + = DOUBLE
 * = TRIPLE
 x = CUT OF DATA

Table 2-5-5

CORRELATION BETWEEN RAINFALL-BKT AND DISCHARGE-PEKURUN (MONTHLY) ***

X... MONTHLY RAINFALL AT BUKITKEMUNING IN MM 1972 JAN-1974 DEC
 Y... MONTHLY DISCHARGE AT PEKURUN IN MM 1972 JAN-1974 DEC

SOUKAN KEISU 0.75 (Correlation coef.)

NO	X		NO	Y		NO	X		NO	Y	
	X	Y		X	Y		X	Y			
1972 Jan.											
1	4.710	3.410	10	0.010	0.300	18	2.030	1.140			
2	2.510	1.630	11	0.710	0.380	19	0.280	0.670			
3	3.110	2.740	12	2.140	0.640	20	1.460	0.630			
4	2.470	1.600	13	2.160	0.860	21	1.180	0.730			
5	1.590	1.720	14	2.980	1.000	22	1.780	0.830			
6	0.140	0.910	15	1.720	2.010	23	1.840	0.950			
7	0.010	0.550	16	3.460	1.590	24	2.910	0.990			
8	0.020	0.500	17	1.640	1.600	25	3.600	1.560			
9	0.010	0.380									

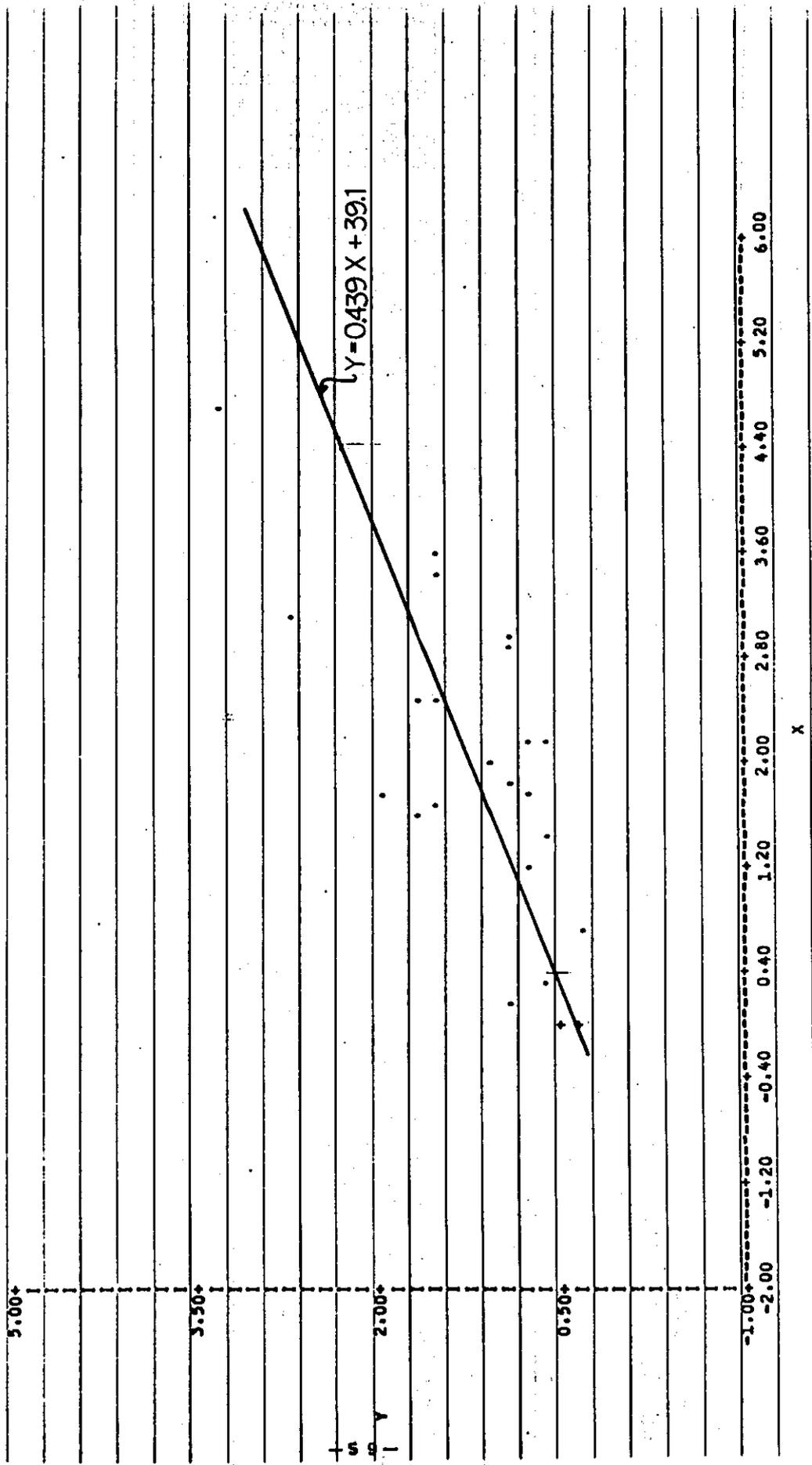
Note: 1. X and Y are shown in l/100 mm.

Fig. 2-5-3

*** CORRELATION BETWEEN RAINFALL-BKT AND DISCHARGE-PEKURUN (MONTHLY) ***

X... MONTHLY RAINFALL AT BUKITKEMUNING IN MM 1972 JAN-1974 DEC
 Y... MONTHLY DISCHARGE AT PEKURUN IN MM 1972 JAN-1974 DEC

KAITICHOBUSEN SIKI $Y = A \cdot X + B$



SOKAN KEISU = 0.749
 KAITI KEISU A = 0.439
 B = 0.391

COMMENT OF SIGNAL
 □ = SINGLE
 ○ = DOUBLE
 △ = TRIPLE
 * = CUT OF DATA

Table 2-5-6

*** CORRELATION BETWEEN AREAL RAINFALL AND BKT. MONTHLY RAINFALL ***

X... MONTHLY RAINFALL AT BEKITKUMUNING IN MM 1972JAN-1974DEC

Y... MONTHLY AREAL RAINFALL IN WAY RAREM BASIN IN MM 328KM2

SOUKAN KEISU ... 0.88 (Correlation coef.)

NO	X	Y	NO	X	Y	NO	X	Y
1	471.000	585.000	10	0.100	12.000	18	203.000	199.000
2	251.000	356.000	11	71.000	244.000	19	28.000	32.000
3	311.000	434.000	12	214.000	211.000	20	146.000	190.000
4	247.000	238.000	13	216.000	317.000	21	118.000	179.000
5	159.000	226.000	14	298.000	434.000	22	178.000	300.000
6	14.000	18.000	15	172.000	243.000	23	184.000	231.000
7	1.000	2.000	16	346.000	222.000	24	291.000	300.000
8	2.000	50.000	17	164.000	317.000	25	360.000	312.000
9	0.100	3.000						

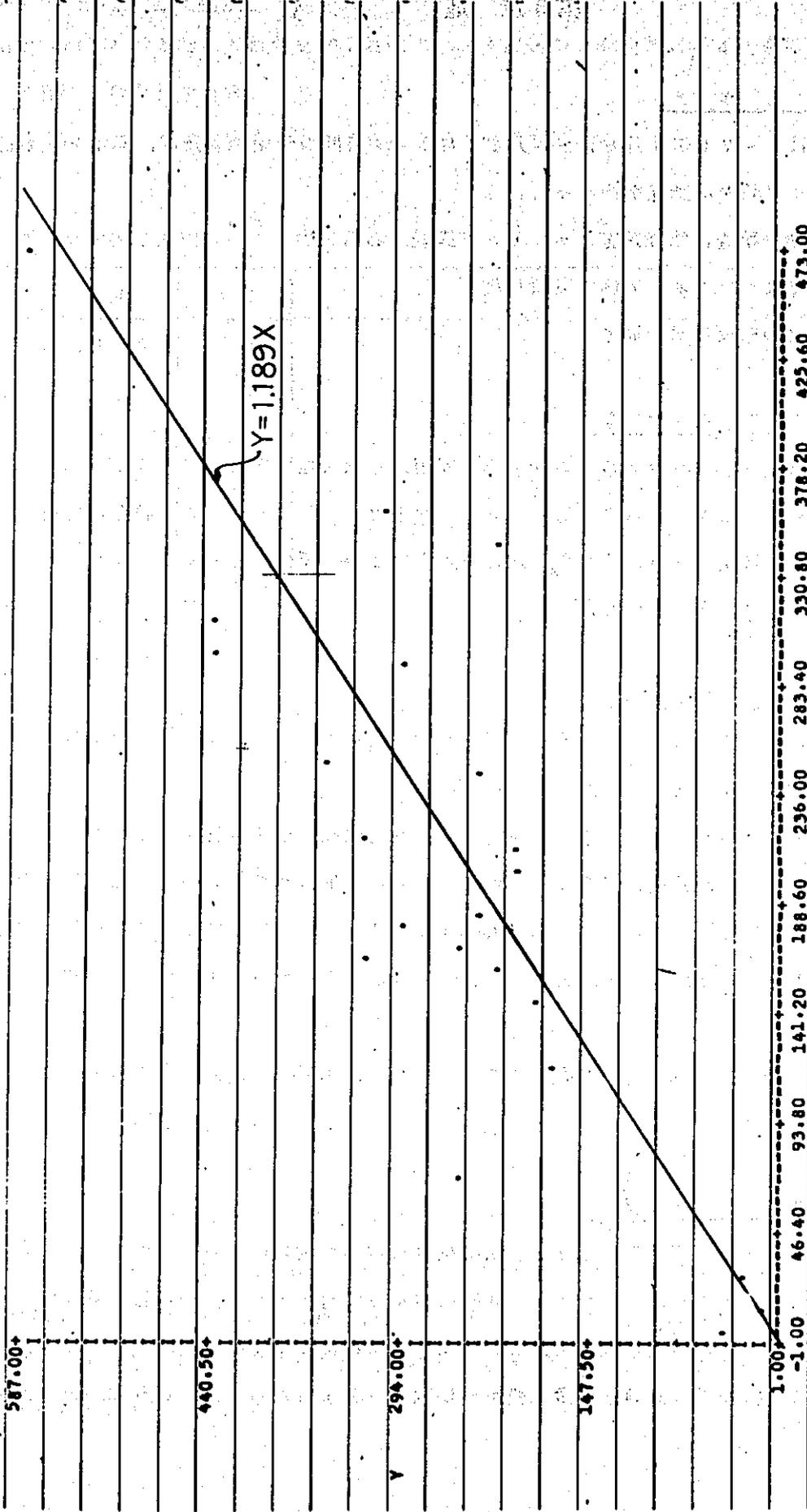
118.204

*** CORRELATION BETWEEN AREAL RAINFALL AND BKI. MONTHLY RAINFALL ***

X... MONTHLY RAINFALL AT BEKITKUMUNING IN MM 1972 JAN-1974 DEC

Y... MONTHLY AREAL RAINFALL IN WAY RAREH BASIN IN MM 328KM2

KAIKICHOKUSEN SIKI Y = AX



SOKAN KEISU = 0.885
 KAIKI KEISU A = 1.189
 B = 0.0

COMMENT OF SIGNAL
 . = SINGLE
 + = DOUBLE
 * = TRIPLE
 † = CUT OF DATA

第3章 地 質

3-1 は し が き

現地調査は1975年3月5日～3月18日の14日間の予備調査及び、同年7月1日～8月29日の60日間の本調査を行なった。

調査には地表踏査、物理探査、ボーリング調査、岩石試験の4つの方法を用いた。この内のボーリング調査はインドネシア側で実施した。

各調査項目の概要は次の通り。

3-1-1 地 表 踏 査

調査の範囲は受益地域の全域、ダムサイト周辺、導水路地域を含んだ357 Km²。及び、広域の地質を知るためのバリサン山脈の一部とバレンバン平野の一部である。この調査に使用したジープの全走行キロ数は4,467 Kmに及んだ。地質調査点は238ヶ所で、この間の主要地点で56ヶ所の地質標本(サンプル)を採取した。

3-1-2 物 理 探 査

これは主として土取場における地層の厚さを知るためと、ダムサイト及び導水路地域におけるボーリング調査の不足を補う目的で行なった。

調査に使用した器材は全て日本より携行した。使用機械は応用地質調査事務所製のハンデーサイズPS-5型の地震探査機である。この調査における地震動のエネルギーは火薬を用いなくて、大型ハンマーを用いた。エネルギー源が火薬より小さいので地震動の伝達する距離は震源より水平距離で最大60 m程度である。従って解析の時は震源点における垂直地下の岩質のvarietyの検出に重点を置いた。

調査点は全部で14点で、この内ダムサイトで6点、土取場で4点、導水路で1点、受益地域で3点を行なった。

3-1-3 ボ ー リ ン グ 調 査

これはインドネシア側で実施した。使用機械は日本製で利根のUD-5である。孔数は全部で14孔で、この内11孔はダムサイト、3孔は導水路で行なった。調査項目は各孔で1.5 m毎の標準貫入試験。5 m毎の透水試験で、この他に土質試料による室内土質試験を行ない、またテストビットによる標準貫入試験と不攪乱資料の採取と試験を行なったが、これについては別項で述べる。

3-1-4 室内岩石試験

原石山予定地における岩石の性質を知る目的で、ダム周辺の2ヶ所で試料4ヶを採取して、日本に持帰り室内試験を行なった。

以上の調査項目と、その数量をまとめると表3-1のようになる。

表3-1 調査項目一覧

項目	数量	摘要
地表踏査	357km ²	
物理探査	14点	
ボーリング	14孔	延べ深度 243.5m
岩石試験	4ヶ	比重, 吸水率, 超音波伝播速度(3状態)一軸圧縮強度, 有効間隙率, 安定性試験
テストピット	8孔	不攪乱試料採取
貫入試験	16孔	ボーリング孔とは別, 貫入試験のみ

3-2 地域の一般地形

計画地域はバリサン山脈の東側に位置している。標高はダムサイト周辺の台地で70m以下、受益地域では60m以下、そして受益地域の末端では10m以下となる。ダムサイトより受益地域末端まではゆるい波状地形であるが頂上部分では平坦面が多く残っている。川はラレム川本流を除くとあまり大きなものはない。川の底には小規模な谷底平野が形成されているものが多い。

ラレム川には河成段丘は殆んど見当たらない。谷底平野はダムサイト付近より上流で僅かに存在するがコタブミ市付近では殆んどない。受益地域付近ではラレム川沿いに自然堤防が多く形成されている。この自然堤防は通常の洪水では冠水しないので住民の居住地及び耕作地として利用されている。自然堤防と台地との中間には後背湿地がある。これは乾期には陸地となり雨期には水没するので季節的耕地として利用されている。

受益地域の1:25,000の地形図から古い地形を復元するために接峯面図を描いてみた。これで見ると北部のトゥラングパワン川(ラレム川の下流)の南側に東西方向又は東北東-西南西方向に山脈らしきものが認められるが、これはこの地域の地質構造線にほぼ合致する。この方向に軸を持った第三紀層が、ごくゆるい向斜と背斜を繰返しながらバリサン山脈の方へ波打つ如く進んで行った様子がうかがえる。ミリン川はなお消えずに残っているので、この川は可成り古い時代からすでに存在したものと考えられる。

3-3 地域的一般地質

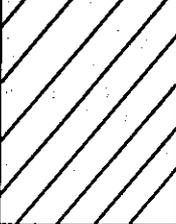
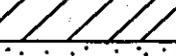
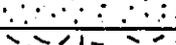
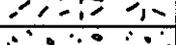
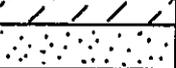
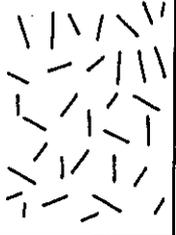
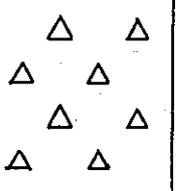
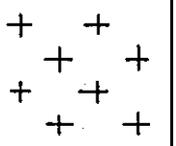
南スマトラ地域はバリサン山脈に平行する幾つかの地質構造線によって、3つの構造的ブロックに別れている。

計画地域付近においては大きな断層が南東から北西にのびている。その位置はトルグプトンからコタブミの西側を通っている。コタブミ付近は向斜構造であるが、それより南西側はドーム構造となる。基盤岩は花崗岩、片麻岩、結晶片岩及び第三紀の石英砂岩である。これら岩石はダムサイトの上流に僅かに露出する。

これらの地層の上位に安山岩、火山噴出物の層がある。この上位には新第三紀の水成岩が堆積している。最上部には洪積世の火山噴出物である火山灰の風化した粘土が堆積する。表3-2に一般地質層序を示す。

Table 3-2

Stratigraphical Scheme of Area

Geological Age		Columnar Section	Lithology	Principal locations of outcrops
Quaternary	Alluvium Diluvium		Weathered Volcanic Ash (Loam)	Dam site, main channel
Neogene	Pliocene		Clay with Red and White Bands	Benefit area
			Greyish white fine Sand	
			Alternation of Mudstone, Sandstone and Conglomerate	Main channel
				
				
				
				
Neogene	Miocene		Tuff and Tuff Breccia	Dam site
			Andesite and Tuff Breccia	Dam site
Paleogene			Granite, Gneiss and Quartzite	Upper stream of dam site

各時代共に火山活動が盛んであったので、地層中には火山活動に原因する火山灰、浮石等が非常に多い。以下各地層別に述べる。

深成岩と変成岩

この種の岩石は受益地域には露出しない。本岩石類が露出するのはダムサイト付近のラレム川の支流のクルル川とガリン川の流域に限られている。この内、クルル川流域のものは風化火山灰に覆われた台地を侵食する川の川岸に部分的に露出するものであるが、これらの台地が全部深成岩等で構成されている訳ではない。クルル川に露出する岩石は花崗片麻岩と珪岩である。何れも河岸の崖に小規模な露岩として見られるものである。

火山岩類

岩体として露出しているのは主に安山岩であるが受益地域には露出はない。その分布範囲はダムサイト付近及びラレム川の上流が主である。導水路地域にも安山岩の小露岩がある。また導水路の東側のブングブアン川の左岸に石英粗面岩の小岩体が1ヶ所露出している。

堆積岩類

計画地域内に広く分布するのは第三紀の堆積岩である。岩質は凝灰岩、凝灰質泥岩、砂岩、泥岩、礫岩、珪藻土等で殆んど水平な層理を示している。泥岩中には木の葉の化石も認められる。

ダムサイト付近の堆積岩は殆んど凝灰石と浮石で、これらの層間に凝灰質砂岩がはさまれている。何れも殆んど水平な堆積層である。

導水路地域には主に泥岩、砂岩、礫岩の互層が露出するが、これらの露頭は何れも沢の崖や河床にある。堆積岩の上部はすべての場所で風化火山灰層に覆われている。但し沖積平地では沖積層に覆われている。

受益地域の南部では上に風化火山灰があって、その下位に火山灰の風化生成物と考えられる灰白色粘土層がある。北部ではこれらの粘土層及び砂岩が地表面に露出しているが、部分的に風化火山灰層に覆われた所がある。

粘土層の下位には砂岩、泥岩、頁岩、凝灰岩の水平層が堆積している。この層間には酸性白土が挟まれている。

風化火山灰層

ダムサイト周辺、導水路地域、受益地域の南部に広く分布している。性状は黄褐色多孔質で、外観は関東ロームによく似ている。時代的にもっとも新らしいもので、恐らく現在の地形が形成された後に風によつて運ばれた火山灰が陸上又は浅い水中に堆積したものと考えられる。殆んど粘土化している。この風化火山灰層はその堆積の状況から3種に分類される。第1のものはダムサイト及び導水路地域に主に分布しているもので、現地地形上に風によつて運ばれて堆積したものであつて、構成成分は凝灰岩のみである。第2のものは主に受益地域の南部に分布するものでこの特徴は凝灰岩層中に石英小片及び酸化鉄の団塊を挟み、時に安山岩の微小片を含むこともある。しかし第1のものと同様に層理は殆んど示さない。第3のものは受益地域の中、北部にのみ分布し、しかも沢の斜面にのみ分布するものである。これの成因については不明であるが平坦面上に堆積していないことから考えると第2のものが流水で運ばれて沢を埋めたのを、その後の洪水が再び流して、沢の兩岸の部分にのみ残ったのではないかと考えられる。

火山碎屑物

これは火山角礫岩、凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩等の集合体であつて、部分的には安山岩の岩体も含まれる。主にラレム川のダムサイトより上流で、風化火山灰の下に広範囲に分布し、その延長はラレム川本流、アブ川、ブサイ川の流域にまで分布する。

3-4 地域の地質各論

3-4-1 ダムサイト

地下地質を知る目的でダムサイト周辺で10孔のボーリングを行なつた。その結果ダムサイトにおける層序は最下部に火山角礫岩、その上に凝灰岩、浮石、凝灰質砂岩の堆積層、最上部に風化火山灰層が堆積していることがわかつた。最下部の火山角礫岩は無層理、塊状で、凝灰岩で構成された石基の中に直径の最大10cmの安山岩質角礫岩を沢山含んだ地層で、全体としては極めて硬いがボーリング、発破等によつて細片状に分解し易いので石材としては使用できない。亀裂又は割目は少ない。透水性も小さい。この地層はダムサイトではラレム川の右岸の河岸に僅かに露出するのみでラレム川の沖積平野の下では深度20mでも本岩に達しない。

ラレム川の沖積平野では地表下8m位までは沖積堆積層があつて、その下は粘土岩(又は泥岩)、砂岩、凝灰岩、浮石が互層している。この地層は固結しているが透水性は大きくて、 $(1.6-3.3) \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ の値を示す。但し下部では $1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ のオーダーにまで小さくなる。地層全体としては凝灰岩が優勢である。

3-4-2 幹線水路沿い

この項でのべる範囲はダム取水口から受益地域の入口までである。受益地域については次項でのべる。

ゆるい波状の台地地形ではあるが、小沢が樹枝状に分布していて複雑な地形となっている。台地上の平坦面と沢の斜面は風化火山灰で覆われている。沢底の平坦面は沖積層に覆われている。

風化火山灰の下には新第三紀の砂岩、泥岩、頁岩、礫岩、凝灰岩の互層がある。これらの互層は台地上の平坦面に露出することはない。沢の急斜面で、風化火山灰層が浸食を受けて、無くなっている所や沢底に部分的に露出しているのみである。殆んど水平層である。最上部の風化火山灰層の厚さは南で7~10m、北で3~4mとなる。色は黄褐色で、粘土化しているが透水性は比較的大きくて、 $1.25 \times 10^{-3} \sim 7.73 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ の値が観測されている。本層中では地下水位は深く、殆んど下位の第三紀層の上面まで掘らないと地下水面に達しない。

第三紀層の互層の層間の隙間には可成りの地下水が含まれている。上部の風化火山灰層の透水性が大きいので地下水面は乾期と雨期では可成り変動する。第三紀層は固結して硬い。泥岩中には葉片の化石が発見される。また北部のナカウ部落のゴム工場付近には珪藻土に似た地層がある。

第三紀層の下位には火山角礫岩の層があるが、これは南部ではダムサイト以外に露出している所はなく、北部で僅かに沢底に露出しているのみである。

この台地に水路を通すために掘削するとき、風化火山灰と第三紀層の境目から地下水が湧出して、その水のために、その地下水面より上位にある風化火山灰が崩れる危険性がある。沢底の沖積堆積層は主に粘土物質と粘土化した火山灰であって、層厚はあまり厚くなくて2~3m程度である。

3-4-3 受益地域

この項でのべる範囲は南は鉄道路線、西と北はラレム川及びその下流。東はツルサン川及びミリン川で囲まれた地域である。

地域の南約 $\frac{1}{3}$ の地表面は風化火山灰に覆われている。残りの $\frac{2}{3}$ は稜線の一部を除いては第三紀層の露出地域である。地域の西と北の境を流れるラレム川と、その下流のトゥランパアリン川沿いには自然堤防が出来ている。これは通常の洪水期には水浸しないので居住地や耕地となっている。

南部に分布する風化火山灰層はその岩質から2つに区分できる。この内、コタブミの北部に僅かに分布するものは導水路沿いに分布する風化火山灰と同じものである。黄褐色のローム質の風化火山灰であって、火山灰以外の物質を含まない。これ以外の風化火山灰はツルサン川の上流地域に広く分布している。この層の特徴は火山灰の中に石英の微小片を多数含んでいることである。色は黄褐色でローム質である。透水性は両タイプの火山灰共に比較的大きく $5 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ のオーダーである。地層の厚さは一様でないけれど鉄道路線付近ではやや厚く、これより少しく北に行くと地表平坦面上で3.5 m程度となる。

添付図に受益地域の地質平面図を示すが、この図で火山灰と第三紀層の境界から北に向って沢沿いに細長く風化火山灰が分布しているが、この状態は台地平坦面と沢底の平坦面の中間の斜面に部分的に帯状に分布しているものである。台地平坦面には第三紀層が露出している。

地域の殆どは第三紀層が露出しているが、本層は導水路地域の第三紀層とは異り、全体として凝灰岩が優勢な堆積層である。本地域内でも、よく見ると無層理の火山灰の風化した灰白色の粘土層の単一層の所と、火山灰、泥岩、砂岩等の互層の所とがある。しかしこれらの相違は地形の高低の差によって生ずるものであって、本来は一連の地層である。この理由によって地質図では同一地層として示してある。

ミリン川の流域の地質は地表面下0.8～1.0 mの黄乃至茶色の砂質粘土層があり、その下に灰白色の粘土層が厚く堆積している。この粘土層は灰白色の層中に赤い色の部分が不規則に含まれている。層厚はおよそ10 m内外である。灰白色粘土中に石英片が多数含まれていることがある。本層は火山灰の風化したものの様であるが現在正確にはわかっていない。この粘土層の下位には砂層がある。固結しているがあまり硬くない。灰白色粘土層の透水性は小さい。地下水はこの粘土層の下位の砂層の中に含まれているが、雨期には水面が上昇して粘土層中に達し、平坦な台地上では地下水面が殆んど地表面にまで達し、時に井戸口を越して溢流することがある。乾期には粘土層の殆んど下限にまで降下する。

受益地域の北限のトゥランバアワソ川（ラレム川の下流）の右岸、すなわち受益地域側には東西方向の丘陵がある。この方向はランボン州から南スマトラ州にかけてのパレンバン油田における第三紀層の走向と一致している。この丘陵上では前述の灰白色粘土層の上位に茶色の細砂岩がある。これは固結して硬い。この砂岩の上位には石英片を含んだ黄褐色風化火山灰が部分的にあるが全体としては第三紀層の露出地域である。

土質地質的には灰白色粘土層の露出地域では地表面で地耐力がやや弱く、水を含むと流動化し易くなる。北の丘陵地帯では地表面に砂岩が分布するので地耐力も大きく、流動化することもな

いが透水性は灰白色粘土より大きい。

3-5 建設用材料

3-5-1 岩 石

工専用岩石として計画地域周辺で利用できるのは深成岩、変成岩、火山岩である。この地域の水成岩と凝灰岩は硬さが不足するので岩石材料としては利用できない。

原石山の位置は添付地質図に示してある。利用可能な原石山候補地は計画地域周辺に3ヶ所ある。それはガリン川左岸のブキットブトン山、グモンアンガル、ナカウ部落の東方の3ヶ所である。この内グモンアンガルのものは現在採掘中であるが、他は未開発である。

1. ガリン川左岸

ガリン川の左岸にあるブキットブトンと呼ばれる山全体が安山岩でできている。東西4 Km、南北1 Kmの独立した山である。山頂部に平坦面があり、最高点は約380m。山麓面以上の部分の山体体積は5億立方メートルあるので、量としては十分である。岩質は場所により可成りの差がある。山体の下部は塊状緻密な安山岩で、珪化作用を強く受けている。ガリン川の露頭で採取した本岩の岩石試験の結果によれば亀裂を含まない部分での一軸圧縮強度は1800 kg/cm²以上ある。山の中腹部又はそれ以上の部分には偏平状に割れる多孔質の安山岩がある。この種の安山岩の一軸圧縮強度は600~700kg/cm²と前者にくらべてやや小さくなっている。

この原石山に達するには2つの経路がある。1つはガリン川をガリン部落で渡って、スピック村を經由して、この山の西の山麓部に達するもので、スピック村までは大型トラックが通れる既設の道路がある。ただしこの場合はガリン川にかかる木橋が現在一部破損しているので、修理を要する。他の経路はダムサイトからスプテイ川方面に行く道路を3 Km南に行くとクラハン部落に達する。これより小さい尾根を南西方向に約2 Km進むとガリン川の右岸に達する。この対岸がブキットブトン山である。このルートを取る場合はクラハン部落からガリン川まで約2 Kmの道路の新設と、ガリン川の橋の新設が必要である。この位置におけるガリン川の川幅は約20 mで、兩岸には塊状安山岩が露出している。橋脚基礎として十分な強度を持っている。

ブキットブトン山の山麓部分は厚い崖錐層に覆われている。その厚さは10 m以上と推定される。崖錐層自身は硬い岩塊なので骨材として使用可能である。

2. グヌンアンガル

現在採石中の原石山である。岩石は硬くて塊状の安山岩である。台地の地表面から2～3 mの深度で、著しい風化帯を経ないでローム層から突然この硬い安山岩となる。台地面と沢底との標高差が少ないので大量の採石をすることは困難である。道路は既設のものがあるが、ダムサイトからの距離は約15 Kmある。

3. プングブアン川左岸

岩石は珪質石英粗面岩で多孔質であるが硬い。川沿いの平地上にドーム状の山体で、高さ60～80 m、周囲およそ1～2 Kmの山がある。山麓部には可成り厚い崖錐層がある。この崖錐層は骨材として利用できる。この山に到る道路はナカウ部落から通じているが、補修の必要がある。橋の必要な所はない。水路工事用の骨材としての用途が考えられる。

3-5-2 コンクリート骨材

大量に採取できる所は少ない。特に砂が極端に少ないのがこの地域の特徴である。

1. ダムサイト周辺

ダムサイト周辺の沖積地の地下には未固結の砂礫層が広く分布している。ボーリングNo12では基盤岩までの深さ9.2 mの間に砂礫層は2.05 mある。この内訳は砂0.5 m、礫1.55 mである。またボーリングNo13では基盤までの深さ8.4 mの間に砂1.9 m、礫0.9 mがある。これらの未固結沖積層の中に含まれる砂礫層の割合はボーリングNo12で22%、同No13では4.9%となる。実際に採取する場合には地下水位が高いことを考慮に入れて地表下3.5 mまで採掘するとし、この間に1 mの厚さの砂礫層があるものとして可採量を計算すると、損失を30%として1 m³当り0.7 m³/m³となる。ダムサイト下流側及び上流側に800,000 m³以上の分布面積があるので560,000 m³以上の骨材が得られる。

2. アブン川

位置はコタブミからパレンバンに行く道路で、最初にアブン川を渡る橋の下流の右岸である。ここには僅かな沖積平地があつて、この地下に砂礫層が分布する。岩質は安山岩と珪岩の円礫で硬くて塊状である。可採量はあまり多くない。此処は現在公共事業局専用の採取場として使われている。ダムサイトからの距離は25 Kmである。

3. ガリ ン 川

ラレム川とガリン川の合流点の上流 2.2 Kmの所にガリン部落がある。此処にスピック村に通ずる道路の橋がある。この付近の川床に石英砂がある。しかしその量はあまり多くない。但しこのガリン川の上流には花崗岩及び安山岩の山があつて、各所で石英砂、花崗岩礫、安山岩礫等が少量づつ産出する。

4. ブングブアン川

この川の上流は花崗岩地帯であつて、川床には各所に石英砂が堆積している。しかし1ヶ所で大量の砂を採取できる所はない。また現状では川沿いに道路がないので運搬の面でも不便である。水路の小規模なコンクリート構造物の材料としてのみ利用可能である。

5. 受 益 地 域 内

受益地域の地質は新第三紀層が大部分である。これらの地層は主に凝灰岩、粘土岩でできていて、砂と礫は非常に少ない。

礫を産する所はない。砂はトウラングバワン川の沖積原一帯に広く分布する。岩質は細粒の石英砂である。分布面積は広いが、厚さは1 m程度である。粘土分の混入割合も多い。小規模工事用材としての利用に限られる。

3-5-3 土 性 材 料

土性材料として利用できるのはダム周辺では地表面を覆って広く分布する風化火山灰である。分布面積は極めて広い。厚さは台地平坦面で7~10 mの範囲にある。

3-6 地 震

南スマトラ地方でインド洋とジャワ海の分水嶺となっているバリサン山脈は、また同時に典型的な震源地帯でもある。即ち1892年以降の大きな地震の殆んどすべての震源はこの地域にあつた。しかし小さい地震を含めた全地震回数は海底下の方が多い。

1909 ~ 1932 の間にスマトラで起きた地震は次の通り。

種 別	回 数
陸上に震源があるもの	210
被害の特に大きかったもの(210の内)	6
報告された総数	1309
この内震源が海底にあるもの	1105

計画地域におけるダムサイトは以上のべたように地震の多発地帯にあり、更に震源地帯のバリサン山脈の中の多発地域であるスマンゴゾーンに近いので、ダムの設計には十分に地震の事を考慮に入れてある。

3-7 物理探査

目的及び使用器材についてはすでにのべた。各測点における弾性波速度と地質との関係を示すところのようになる。

表3-3 弾性波速度と岩質

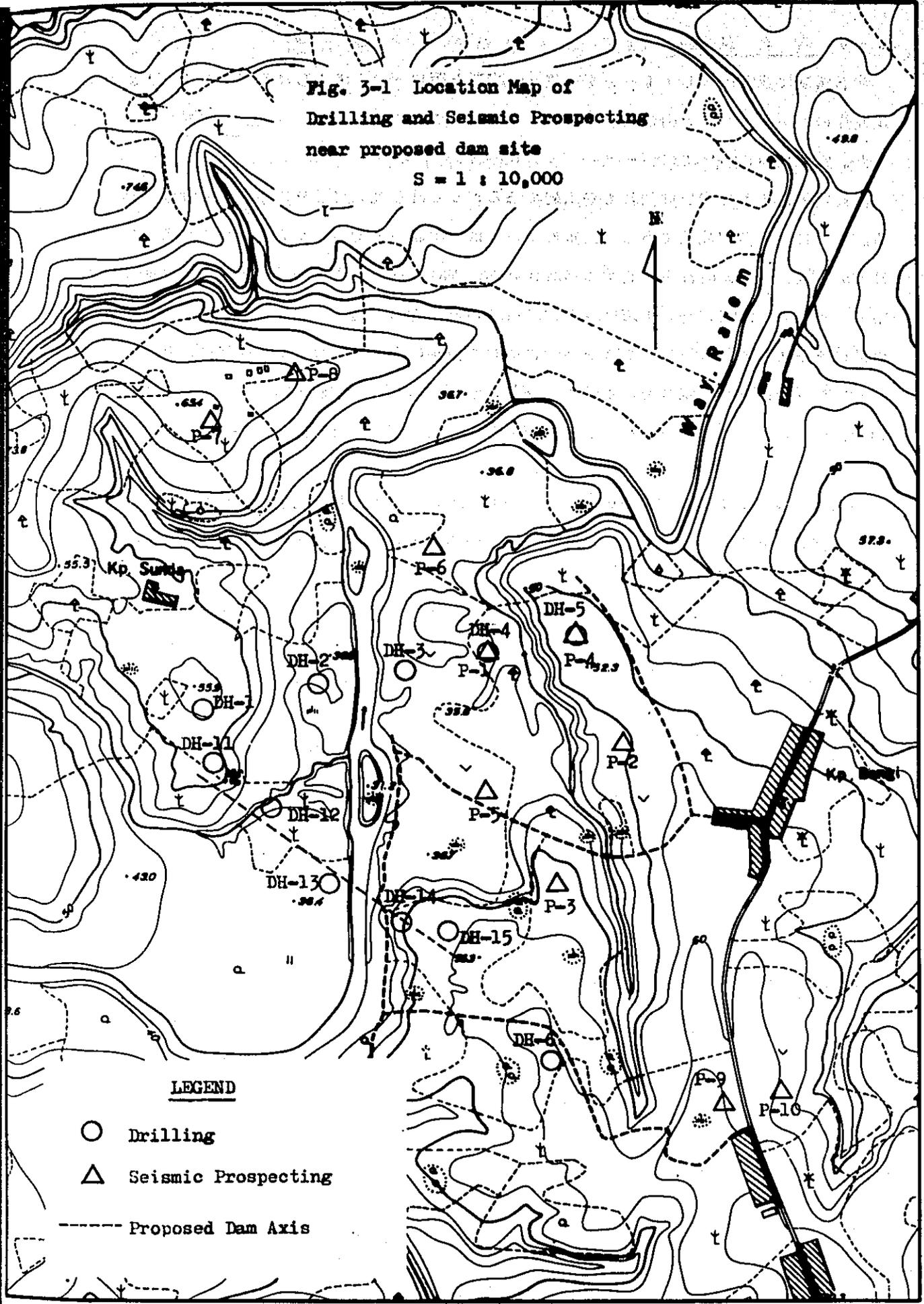
№	層別	速度 (m/sec)	岩質	層厚 (m)	位置
1	1	484	シルト・礫	6.1	ボーリング DH-4
	2	2,353	タフ・浮石		
2	1	333	ローム	7.4	ダムサイト右岸
	2	2,000	タフ		
2	1	333	ローム	7.5	ダムサイト右岸
	2	2,143	タフ		
3	1	351	ローム	7.5	ダムサイト右岸
	2	1,250	タフ		
3	1	300	ローム	6.6	ダムサイト右岸
	2	2,273	タフ		
4	1	370	ローム	7.4	ダムサイト右岸
	2	1,250	タフ		
4	1	377	ローム	7.5	ボーリング DH-5
	2	1,364	タフ		
5	1	1,000	礫	17.7	ダムサイトラレム川沖積地
	2	3,000	火山角礫岩		
5	1	952	礫	11.9	ダムサイトラレム川沖積地
	2	2,000	火山角礫岩		
6	1	625	粘土・砂礫	17.0	ダムサイト下流ラレム川右岸沖積地
	2	1,842	タフ		
6	1	313	粘土	3.2	ダムサイト下流ラレム川右岸沖積地
	2	2,188	タフ		
7	1	345	ローム	10.6	ラレム川左岸台地上
	2	2,097	タフ		
7	1	338	ローム	8.1	ラレム川左岸台地上
	2	833	タフ		

No	層別	速度 (m/sec)	岩質	層厚 (m)	位置
8	1	338	ロ - ム	10.8	ラレム川左岸台地上
	2	2,375	タ フ		
8	1	342	ロ - ム	7.3	
	2	698	タ フ		
9	1	357	ロ - ム	7.0	取水口付近
	2	1,034	タ フ		
9	1	313	ロ - ム	5.0	
	2	811	風化タフ	6.1	
	3	1,563	タ フ		
10	1	333	ロ - ム	7.1	上に同じ
	2	1,000	タ フ		
10	1	345	ロ - ム	7.1	
	2	1,034	タ フ		
11	1	588	風化帯	7.6	受益地域ラレム川 右岸シンバンクル タ部落
	2	2,188	第三紀堆積岩		
11	1	500	風化帯	3.9	
	2	1,207	第三紀堆積岩		
12	1	333	風化帯	2.4	受益地域タタカル ヤ部落
	2	1,522	第三紀砂質粘土		
12	1	333	風化帯	2.4	
	2	1,522	第三紀砂質粘土		
13	1	417	ロ - ム	3.1	導水路下流ナカウ 部落
	2	938	第三紀細砂岩		
13	1	400	ロ - ム	3.7	
	2	1,316	第三紀細砂岩		
14	1	333	ロ - ム	2.7	受益地域南部プロ パウ部落
	2	1,400	第三紀細砂岩		
14	1	333	ロ - ム	2.4	
	2	1,522	第三紀細砂岩		

測定値から考察すると最上部の風化火山灰のロ-ム層の平均速度は329m/secとなる。沖積層の平均値は粘土と礫では著しく異なるが礫層では1,000m/sec, 粘土で300m/secとなる。凝灰岩(タフ)では1,606m/secとなり、第三紀堆積岩の平均値1,452m/secとあまり差がない。即ち物探で第三紀の堆積岩と凝灰岩の区別を判定することは此処では殆んどできない。火山角礫岩(集塊岩)は3,000m/secと高い値なので、他との判別は比較的容易である。

Fig. 3-1 Location Map of
 Drilling and Seismic Prospecting
 near proposed dam site

S = 1 : 10,000



LEGEND

- Drilling
- △ Seismic Prospecting
- Proposed Dam Axis

3-8 岩石試験

岩石試験は原石山としてもっとも有望 — 岩質と距離 — と考えられるダムサイト上流ガリン川左岸のブキットブトン山の岩石について異なる地点のものについて、2地点4試料について行なった。採取地点についてはデータブックに示す。

試験結果によれば岩質は何れも安山岩であるが60は多孔質で多分に熔岩流の性質を持っている。50は緻密質で塊状である。比重については安山岩の平均値2.6を僅かに下廻る程度で問題はない。吸水率は%60は多孔質で当然大きい、%50は極めて小さい。本邦産鉄道路床用材の安山岩の平均値1.29%に比して%50は非常に小さいと言える。超音波伝播速度は4.7~5.9 Km/secの間であって、本邦の平均値5.2 Km/secに比して僅かに小さい値であるが特に問題にはならない。一軸圧縮強度は塊状の部分では1872kg/cm²となり、本邦の平均値1220kg/cm²を超えている。物理性については本岩石を石材として使用する上で何等問題はない。

採石上についても山麓部が厚い崖錐層に覆われている部と、比較的りすい崖錐層を経て地山に達する部分とあり、中腹以上は急傾斜となっているので各種の採掘工法を選ぶことが可能である。

第 4 章 土 壤 及 び 土 地 分 類

4-1 概 論

1969年にポゴールの中央農業研究所土壤部において、それまでの調査結果をとりまとめて作成された250,000分の1の概略土壤図が、受益地区の土壤に関する唯一の資料である。

しかしながら、この資料から得られる結果はきわめて精度が粗く、受益地区における農業開発計画立案には不十分である。これをふまえ、土壤調査は主要土壤群を確認し、各土壤群の分布を区分し、適応作物の選定に必要な主要な性格を明らかにし、かんがい施設設計の基本的要素を評価することを目的として実施された。土壤調査実施面積は、政府の当初かんがい計画面積83,000haのうち60,000haである。

現地調査は1975年7月から8月にかけて行なった。代表的土壤資料の分析はPadjadjaran 大学で実施し、さらにその幾つかを東京へ送付し、置換容量・全窒素・有効リン酸・リン酸吸収係数・石灰所要量・真比重など主要項目について測定した。

4-2 土壤調査方法

現地調査には、政府の当初かんがい計画地区83,000ha 全域を網羅する25,000分の1の地形図を使用した。土壤断面は500haに1点の割合で観察し、合衆国農務省の土壤調査便覧に規定された基準にもとづき断面形態を記述した。室内分析試験は合衆国農務省作成の土壤分類第7次包括案の試験法に従い実施した。その概要は下記のとおりである。

4-2-1 現地作業

踏査にもとづいて選定した地点で、深さ1mまで試坑後、さらにハンドオーガーで試穿し、土壤断面形態を確認し、試料を採取した。土壤群間の分布境界を調べるために試穿調査を追加した。現地調査中に採取した試料のpHを測定して土壤の酸度を把握し、さらに現地仮比重と水分含量をあわせて測定した。調査地点数及び分析点数は次のとおりである。

pH 測 定	317 点
試坑・試穿調査	23 地点
試 穿 調 査	98 地点

4-2-2 室内試験

風乾資料を調整し、2mmのフルイを通過せしめ、これを供試した。室内試験の方法を次に列記する。

- (1) 粒 径 組 成 比重計法
- (2) 土 壤 反 応 水浸出液及び1規定塩化カリ浸出液についてガラス電極法で測定
- (3) 全 炭 素 チューリン法
- (4) 全 窒 素 ケルダール法
- (5) 塩基置換容量 1規定酢酸アンモニウム・酢酸ナトリウム混合浸出液についてショーレンベルガー法で測定
- (6) 置換性塩基 1規定塩化ナトリウム浸出液について原子吸光法で測定
- (7) 有効リン酸 モリブデン青法

4-3 土壤分類

受益地区はラレム河下流の右岸に沿って位置し、台地とラレム河及びツルサン河に注ぐ無数の小河川とからなっている。標高は最低海拔5m、最高60mである。

調査地区の半分は荒地のまま放置されており、現在は自然林、二次かん木林・自然草地となっている。畑作地は全体の28%を占めるにすぎず、樹園地はほんの僅かである。調査地区の土地利用現況は下記のとおりである。

水	田	100 ha	
畑	地	15,700	
樹	園	地	1,000
草	地	17,500	
森	林	17,300	
湿	地	1,100	
村	落	7,300	
	計	60,000	

4-3-1 土壤分類

主要土壤断面形態と室内分析試験の成績にもとづき、受益地区の土壤をフェラリティック土壤群・熱帯ポドソル土壤群・熱帯沖積土壤群の3群に大別する。この土壤分類にはブーリング博士の熱帯および亜熱帯土壤分類基準を参照している。

調査地区のフェラティック土壤群はラテライト土壤で代表され、熱帯ポドソル土壤群は赤色ポドソル土壤群と黄色ポドソル土壤群に地質成因から二分される。

これらの土壤は、農業上の土地利用の見地から、とくに植生現況と関連させて土壤統の段階に細分される。ラテライト土壤は4統、赤色ポドソル土壤と黄色ポドソルは各統、熱帯沖積土壤は2統に分別される。各土壤統の分布面積と比率を表4-1に示す。代表的土壤断面と理化学試験成績は資料集に掲載した。土壤群の分布は添付土壤図に示す。

4-3-2 土壤群の特性

受益地区に分布する土壤群の主要な特性を以下にとりまとめる。

ラテライト土壤

本土壤は、小河川に面した台地緩斜面と、台地上に点在する自然林地に分布している。分布面積は19,300 ha，調査面積の32.2%を占める。

風化のすすんだ赤色粘土の厚い土層をもつが、台地斜面では多雨気候の影響で侵食をうけてA層を欠く。一般的な断面形態はA/B/C層となっている。

A₁層は層厚10 cm，B層の深さは70 cmまであり、各層位とも灰赤色から赤褐色を呈する。

A・B各層とも土性は埴土，C層の土性は埴壤土である。A層のみもろい塊状構造であるが，B・C層はともに角塊状構造をなしている。

各層位の水浸出液 pH は5.0から6.0の間にあり，塩基置換容量はきわめて小さく，保肥力に欠ける。この化学的特性は土壤養分が貧弱であることを意味し，したがって集約的農法には適切な施肥法が必要となる。

以上の土壤の性質を考慮すれば，本土壤はコーヒー・コショウ・ゴム等の永年作物及び通常の畑作物栽培に適しているといえよう。

Table 4-1 Major Soil Groups and their Development
in the Project Area

Soil group	Soil subgroup	Soil phase	Area (ha)	Proportional extent (%)	
Lateritic soils	-	A (Forest phase)	12,000	20.0	
		B (Grass phase)	4,800	8.0	
		C (Upland phase)	2,200	3.7	
		D (Village phase)	300	0.5	
		Sub-total	19,300	32.2	
Tropical podzolic soils	Red podzolic soils	E (Forest phase)	1,800	3.0	
		F (Grass phase)	5,800	9.7	
		G (Upland phase)	4,200	7.0	
		H (Perennial phase)	800	1.3	
		I (Village area)	2,200	3.7	
	Sub-total	14,800	24.7		
	Yellow podzolic soils		J (Forest phase)	3,500	5.8
			K (Grass phase)	5,900	9.8
			L (Upland phase)	10,300	17.2
			M (Perennial phase)	200	0.3
N (Village area)			4,800	8.0	
Sub-total	24,700	41.1			
Tropical alluvial soils		O (Lowland phase)	100	0.2	
		P (Swamp phase)	1,100	1.8	
		Sub-total	1,200	2.0	
	Total		60,000	100.0	

赤色及び黄色ポドソル土壌

赤色ポドソル土壌の母材は風化した火山性凝灰岩で、しばしば石英を含み、黄色ポドソル土壌の母材は第三紀土壌である。分析面積は兩者合計して 39,500 ha , 全調査面積の 65.8 % を占め、台地上の草地および畑地に出現する。

赤色及び黄色ポドソル土壌とも著しい風化作用を受け、表層の石英砂含量が多いことが特徴である。通常、本土壌の表層は褐灰色か灰褐色を呈し、強度の溶脱をうけている。下層は赤色もしくは黄褐色の粘土集積層で、土性はやや重粘となり、透水性にやや劣り、構造も不安定である。表層の溶脱程度は場所によっては必ずしも明らかでない。層序は $A_1 / A_2 / B / C$ と表わされる。

A_1 層の深さは通常 10 cm から 20 cm である。 A_2 層は溶脱層でその層厚は 10 cm から 20 cm ある。B 層には鉄・マンガンの斑紋がかなり発達しているが、その含量は 20 % 以下である。部分的に B 層の下部に地下水の季節の変動の影響で生成した結核がみられる。

土色は A_1 層が褐灰色 ($5YR 4/1$) もしくは灰褐色 ($5YR 4/2$) で、 A_2 層は黄褐色か赤褐色を呈する。B 層の土色は地下水の影響の有無により褐色から赤色まで変化している。

A_1 及び A_2 層の大部分は砂質埴壤土から壤土で、B 層には粘土が集積し、粘土質の土性を呈している。C 層の粘土含量は深さは比例して減ってくる。 $A_1 \cdot A_2$ 両層の構造は粒状で、B 層はもろい塊状もしくは角塊状構造を呈する。土壌のコンステンシーは下層になるほど堅密になる。

土壌の化学性の概要は次のとおりである。pH は水浸出液で $A_1 \cdot A_2$ 層が 4.5 から 5.5 , B 層が 4.5 から 5.0 , また 1 規定塩化カリ浸出液で $A_1 \cdot A_2$ 層が 3.5 から 4.5 , B 層が 3.3 から 4.3 の間にある。塩基置換容量は $A_1 \cdot A_2 \cdot B$ 層とも 5 から 10 ㍉当量と低く、保肥力が極度に小さいことを示している。全炭素の含量は A_1 層で 4 から 5 % , B 層ではその半分となる。全窒素含量は 0.2 % , 有効リン酸含有量は風乾土 100g あたり 2 ㍉である。以上の化学特性は本土壌が天然養分供給力を欠いており、かんがい条件下で作物収量を好ましい水準に保つには、適切な施肥管理を要することを示している。

これらの土壌の特質をふまえれば、本土壌群は有畜畑作複合経営ならびにゴム・コーヒー・コショウ・チョウジ等の永年作物栽培に適するといえる。また、かんがい用水施設が完備すれば水稻栽培に適した土壌となりうる。

熱帯沖積土壌

本土壌はきわめて新しい水成たい積物で、受益地区内においては小河川沿いの低い帯状地に分布し、その面積は1,200haである。この未熟な土壌は、短時間の集中降雨で台地から谷底に押し流されたもので、常に湿地状態におかれており、有効土層はかなり深い。たい積物は灰色系統の微粒質で、塩基成分は溶脱されているために、土壌養分に乏しい。またpHは水浸出液で4.0から5.0を呈する。

現状では、地表及び地中の排水が不良である。排水施設が完備すれば、本土壌は適切な施肥法と栽培管理を行なうことによって水稻かんがい栽培ならびに他の畑作物栽培が可能となる。

4-4 土壌養分ならびに土壌保全

化学分析の結果、受益地区の土壌群はいずれも天然養分供給力に乏しいことが明らかになった。したがって、仮にかんがい施設が整備されても、作物生産には依然として阻害因子は解消されない。この要因は土性の粗さ、強酸性反応、塩基成分の欠乏から生じている。これらの諸問題は有機物の投入によってある程度まで改善しうる。受益地区の土壌の性質を改良するためには、新鮮な有機物を適宜施用することが必要となる。

通常、新鮮な有機物は野草のすき込み、じんかいの施用、禾木科ならびにマメ科牧草を他の作物と輪作することなどにより投与可能となる。土壌保全の見地から、受益地区においては、新規開田地で生産されるわらを刈取り後に表土にすき込むとともに、大豆およびクロタラリアなどのマメ科ならびに飼料作物を作付体系に組み込むこととする。有機物の施用法とその施用量はかんがい条件下で施用試験を行ない、その結果にもとづいて決定しなければならない。

4-5 土地生産性

土地生産力の分類とは土地の体系的評価であり、またかんがい農業への土地の適応性の程度を説明するために、基本的性質の種類を指摘することでもある。

通常は「合衆国開拓局のかんがい土地利用便覧」に記載されている分類法を未墾地の土地分類基準として使用している。しかし、この基準は乾燥・半乾燥気候地帯に属する合衆国西部諸州の未開発地を評価するために作成されたものであり、水稻を含む熱帯モンスーン地帯特有の作物栽培のために土地生産性を評価する場合には、何らかの修正をほどこし、その地域の土壌や作物の特性を網羅しない限り、基準とはなり得ない。

上述の考え方をふまえ、合衆国開拓局の土地分類基準を、今回の土壌調査および理化学的性質の検討結果を参照し、表4-3に示すように修正した。受益地区の土地分類はこの修正基準に従った。

受益地区の土地はこの修正基準にもとづいて、かんがい農業を実施する場合の阻害要因の程度に応じ、2級地・3級地・4級地・6級地の4段階に区分された。

2級地 可耕地

このクラスの土地は、1級地と比較すれば作物の生育許容範囲がやや限定され、かんがい排水施設と農地建設費が多少割高になるが、かんがい農業導入には好適である。土壌の天然養分供給力は劣るが、土地の生産費は建設費を十分に償却しうる。

3級地 可耕地

このクラスの土地も、かんがい農地の開発に適しているが、2級地より土壌の性質及び地形条件が低下するので、さらに制約をうける。したがって、適切な管理をしても、2級地より償却性が劣る。

4級地 限定つき可耕地

このクラスの土地は、傾斜がきつくかつ著しい侵食をうけているので、作物の選択範囲が限定され、かんがい農業を導入した場合には収支がやっと償却程度である。したがって適切な管理を心掛けても、償却は3級地よりさらに劣化する。

6級地 不可耕地

このクラスの土地は、他の各クラスで要求される最小程度の生産性をもたない。一般的にいて、標高が高いためにかんがいをするにはポンプ設備を要するか、あるいは低湿地で排水性が劣悪なため、自然かんがいの方式は適応できない。したがってこの6級地では、かんがい農業開発計画を軌道に乗せるだけの償却性が得られない。

Table 4-2 Area and Proportional Extent of Each Class of Land Capability

Land grade	Area (ha)	Proportional extent (%)
Class II	22,000	36.6
Class III	6,000	10.0
Class IV	10,000	16.7
Class VI	14,700	24.5
Right of way	7,300	12.
Total	60,000	100.0

Table 4-3 Specification for Detailed Land Classification

Land Characteristics	Class I Arable	Class II Arable	Class III Arable	Class IV Limited arable	Class VI Non arable
Soils					
Texture	Loamy to friable (or light) clay	Loamy sand to very permeable clay	Loamy sand to permeable clay	Loamy sand to slowly permeable clay	Sandy, gravelly and stony soils
Soil depth to sand, gravel or cobble, rock and other impermeable layer	60 cm minimum for all textures	40 cm minimum for all textures except coarser textures than loamy sand which must have 60 cm minimum	20 cm minimum for all textures except coarser textures than loamy sand which must have 40 cm minimum	15 cm minimum for all textures except coarser textures than loamy sand which must have 20 cm minimum	Less than 15 cm for all textures
Cation exchange capacity in surface soil	More than 10 me/100g of soils	Less than 10 me/100g of soils	Less than 10 me/100g of soils	Less than 10 me/100g of soils	Less than 10 me/100g of soils
Acidity	pH(H ₂ O) in subsoil more than 5.0	pH(H ₂ O) in subsoil 4.5 to 5.0	pH(H ₂ O) in subsoil less than 4.5	pH(H ₂ O) in subsoil less than 4.5	pH(H ₂ O) in subsoil less than 4.5
Topography	Less than 2 % of the land slope (to be graded into Class I by the U.S.B.R. standard) is recognized all over the area. In this classification, however, roughly undulating and/or rolling topography is graded into VI, even less than 2 % of the land slope, due to being directly affected with heavy erosion under the present large precipitation. The lands, having higher elevation than water level in the canal which will be established with the Project, are also excluded from the arable land classes. In some exceptional cases, those higher elevated lands are partly graded into irrigable land classes, if the lands have any possibilities for establishing enough size of a farm plot and can also apply an additional irrigation system by means of booster pumping, etc.				
Drainage	Well surface drainability but poor to restricted sub-surface drainability is recognized all over the project area.				

第 5 章 農 業

5-1 現 状

5-1-1 農 業 調 査

農業及び経済の現況を評価し、将来の農業生産を見積るために農業調査を実施した。

調査開始後ただちに調査地区全域の入植時期、人口、土地利用、土地所有面積、土地所有権、農業生産に関する一般的情報をワイ・アブン移民計画第一・第二事業所から蒐集した。これを検討した結果、入植年次に応じて個々の農家の経営形態と耕作面積にかなりの相違があることが判明した。この相違と入植様式をふまえ、ワイ・アブン第一・第二入植地より合計30戸の調査対象農家を抽出した。さらに原住民の村と退役軍人入植地から各5戸を追加した。

1975年8月から9月にかけて上述の農家と個別に面接し、家族構成、家族労働力、土地所有面積、土地所有権、栽培技術、作付体系、農機具、農業資材、農産物、家畜、生計費、農業振興サービスの各項目について実情を調査した。

ランボン州の中部ランボン県においても、かんがい稲作地帯の農業及び経済の実態について調査を実施した。この地域はインドネシア独立以前に建設されたかんがい水路網が完備している。これらの水路網の取水施設は近年政府によって改修され、年間を通じてスカンボン河の水を潤沢に利用出来るようになった。調査地域の整備されたかんがい施設がもたらす水稻の高位生産はワイラレムかんがい事業実施後の水稻収量を見積る場合の基礎となる。

蒐集資料及び面接結果の信頼性については、北ランボン県ならびにランボン州作成の諸統計を用いて再確認した。

ワイアブン移民計画第一・第二事業所は1965年の第一次入植以来、両移民計画の実施を担当している。ランボン州移民部も世界食糧計画から建設工事従事者への食糧供給援助を得るなどして十分に支援してきた。第一・第二事業所の管轄下に調査地区は合計21の村に区分されている。

表5-1に各村単位で1975年現在の入植戸数及び人口と入植様式を示す。

5-1-2 土地利用

政府の当初計画にあった83,000haのうち、ランボン州土地事務所はすでに2社の企業農園に合計11,500haの土地利用権を認可した。さらに、コタブミ周辺及び高速道路沿いの宅地化区域、上述の企業農園の土地利用認可区域のため分断されて飛地化した雑種目地が11,500haある。残余60,000haにつき土地利用現況を調査した。その結果の概略を表5-1に示す。

ワイ・アブン移民事業で入植した各農家は、2haの土地が配分され、その内訳はかんがい予定地1ha、畑地0.75ha、宅地0.25haとなっている。かんがい用水供給施設の建設工事が遅れ、また家族労働力が不足しているために、大部分の入植農家は配分農地1.75haの半分を自然降雨に頼って作付けし、残りはアランアランを繁茂させたまま未墾地として放置している。

5-1-3 営農形態

雨季の降雨に依存した陸稲の作付けが受益地区の代表的農法である。陸稲を収穫する約2ヶ月前に、キャッサバを間作する。また雨季のメイズと乾季の緑豆か落花生の二毛作も受益地区内で通常みかける作付様式である。

入植後5年以上経過した農民はココナツ、バナナ、コーヒー、コショウ、チョウジなどの永年作物を自宅の庭先に植えている。表5-2に調査地区内の各村の作付現況を示す。調査対象農家の営農事情は各農家の入植年次と入植様式を考慮してまとめ表5-3に示す。

5-1-4 作付体系

ワイアブン移民計画第一・第二事業所は、かんがい用水供給施設建設計画の遅れに対処し、入植者に下記の3作付体系の採用を奨励している。

表5-1と5-2から、調査地区に普及している典型的な作付配分面積は、陸稲とキャッサバの混作が0.51ha、陸稲単作が0.11ha、メイズ0.06ha、落花生0.03ha、緑豆0.02haと算定される。

タイプ	作物	播種期	収穫期	生育日数	施肥量 尿素	(kg/ha) 重過石
A	陸稲	11月7日	4月7日	151日	90	45
	メイズ	11月25日	3月5日	100日	90	32.5
	キャッサバ	1月5日	8月5日	212日	—	—
	メイズ	3月15日	6月25日	102日	90	45

タイプ	作物	播種期	収穫期	生育日数	施肥量 尿素	(kg/ha) 重過石
B	陸 稻	11月7日	4月7日	151日	90	45
	メ イ ズ	11月25日	3月5日	100日	90	32.5
	キャッサバ	1月5日	8月5日	212日	—	—
	緑 豆	3月15日	5月15日	92日	4.5	30
	陸 稻	11月7日	4月7日	151日	90	45
	メ イ ズ	11月25日	3月5日	100日	90	32.5
	キャッサバ	1月5日	8月5日	212日	—	—
	落花生	3月15日	5月15日	92日	4.5	30

5-1-5 栽培技術

受益地区内で普通にみかける陸稻とキャッサバの混作の作業方式はきわめて単純で、その大部分を人力に依存しまれに畜力を利用することもある。低湿地には約100haの水稲が栽培されているものの、受益地区には地下水ポンプかんがいを含め、いかなるかんがい施設も普及していない。

表5-4に上述の奨励作付体系の栽培様式を示す。調査地区で一般に普及している各作物の栽培技術を表5-5から表5-8に示す。

5-1-6 農業資材の投入

一般的には、種子及び種苗とも必要量は各農家で自給しており、1haあたりの播種量は陸稻で25~30kg、メイズで20kg、落花生で60~70kg、緑豆で20~25kg、またキャッサバの苗は、6,700~10,000本となっている。陸稻と混作する場合のメイズと落花生の播種量はそれぞれ1haあたりに10kgと20kgに減らされる。

各作物の下記の品種が調査地区に普及している。

水 稻	Genbire, Mudjair
陸 稻	Turunah, Sigendah, Memdari, Paden, Kluna, Merbang, Sigajah
キャッサバ	Mentega, Kuning
メ イ ズ	Metro

化学肥料、石灰、たい肥、農薬の使用は受益地区にはほとんど普及していない。入植後5年以上経過した農家でまれに陸稲に施肥している例があるが、その場合の施肥量は重過リン酸石灰を合わせて1haあたり30—40kg程度である。

5-1-7 家畜

約400頭の牛と水牛及び8000羽のあひると鶏が受益地区内で飼育されている。牛の頭数は政府の貸与制度が普及するにしたいが、年ごとにだんだん増えてきている。畜産物は大部分自家消費される。調査地区での家畜の飼育技術はきわめて原始的で、野草や作物の残りかすを牛や水牛に給餌している。

5-1-8 農業労働力

一般的にいて、営農用の労働力は自家労働力でまかなわれている。各作物の栽培管理に要する労働力を表5-5から5-8に示す。さらに、村内での相互扶助と市場での自家農産物の販売にも家族労働力の一部を充当している。表5-9に示すように、9月と10月の農繁期には、農民は子供に収穫作業を応援させ、それでもなおかつ労働力が不足する場合には、現物支払い方式で村内の家族から雇用している。いずれにしても、上記の農繁期には調査地区全域で労働力が不足し、農作業の質の低下はまぬがれない。

収穫した穂付きもみは天日で乾燥した後、むしろの上にひろげてたたきながら脱穀する。キャッサバは調査地区の重要な換金作物であり、村の協同組合がランボン州の消費地トルクブトンに店を構える仲介人が、直接各農家の庭先から集荷する。陸稲・メイズ・落花生、緑豆はほとんど自家消費され、残りが村の市場で売りに出される。

5-1-9 収量及び生産量

受益地区内の作物収量は雨季の降雨量と降雨分布に左右され、また土壌状態にも影響されている。調査地区の畑作物栽培は未墾地の乏しい地力に依存しており、地力保全のために何らの手段もとられていないので、耕作を継続するにつれて地力は急速に失われている。この地力減退にくわえ、土壌の強酸性が作物収量に悪影響を及ぼしはじめ、とくに入植後数年を経過するとメイズ、次いで陸稲にその傾向が表5-3に示すごとく顕著に現われはじめる。

各機関の資料と調査の結果をもとに、調査地区の畑作物の平均収量と総生産量を次表にとりまとめた。

作物	栽培時期	作付面積 (ha)	収量 (ton/ha)	生産量 (ton)
陸 稻	雨 季	7.800	1.2	9,360
メ イ ズ	雨 季	700	0.4	280
キャッサバ	乾 季	6,400	12.8	81,920
落 花 生	乾 季	400	0.6	240
緑 豆	乾 季	300	0.6	180

調査地区周辺地域における各作物の平均数量を、県農業部の作成した統計をもとにとりまとめ、次表に示す(単位は ha あたり kg)。

		水 稻	陸 稻	メ イ ズ	キャッサバ	落 花 生	緑 豆
コ タ ブ ミ	1973	1,823	1,107	906	13,704	707	650
	1974	3,000	1,511	508	21,460	871	500
アブンテムール	1973	—	1,836	829	19,550	830	684
	1974	2,333	1,395	738	18,437	458	—
アブンバラット	1973	2,000	1,377	612	19,512	976	506
	1974	1,522	1,500	624	19,922	533	—
アブンスラタン	1973	2,076	1,492	1,581	10,557	796	852
	1974	1,546	1,300	1,119	14,663	750	—
ム ン ガ ラ	1973	923	1,442	695	18,594	953	537
	1974	1,500	612	606	18,056	548	533

5-1-10 農業生産額及び農家収入

農業資材及び農産物の庭先価格は関係諸機関の資料と農家調査の結果にもとづき決定した。1974年末現在1kgあたり陸稻55ルピア、メイズ40ルピア、キャッサバ5ルピア、落花生230ルピア、緑豆170ルピアである。

政府作成の統計月報によれば、地方市場での需要供給事情に対応し、農産物の小売価格が変動することがはっきりとかがえる。参考までに、次表に1974年のジャワとランボン州における小売価格を示す。

	白 米 Rp./kg	メ イ ズ Rp./kg	キャンサバ Rp./kg	落花生 Rp./kg
ジャカルタ	81.7	46.7	13.5	236.3
ランボン州	112.1	40.3	—	261.2
南ランボン県	117.3	39.5	—	260.5
中ランボン県	105.5	33.0	—	271.3
北ランボン県	115.0	49.0	3.7	242.5
コタブミ市	118.8	39.9	3.7	251.0

調査地区の農家1戸あたりの平均年収及び年支出は農家調査の結果と前述の資料から次のように算定された。調査対象農家各戸の詳細な農家収支は表5-10に示す。

A 総 収 入	1 1 6 . 4 0 0 ルピア
(農 業 収 入)	(9 9 , 4 0 0 ")
(副 収 入)	(1 7 , 0 0 0 ")
B 総 支 出	1 6 . 5 0 0 ルピア
(農 業 支 出)	(1 3 , 3 0 0 ")
(税 金)	(3 , 2 0 0 ")
C 純農家収入(A-B)	9 9 , 9 0 0 ルピア
D 生 計 費	9 5 , 9 0 0 ルピア
E 農家剰余金(C-D)	4 , 0 0 0 ルピア

5-2 将来の開発計画

5-2-1 作物品種の選択

かんがい稲作は受益地区で農業開発を推進し、各農家の個人所得と、ランボン州内の消費地のみならずジャカルタへの主要食糧供給量を増やすのに、きわめて妥当な手段であるといえよう。

営農及び作物生理の面では、受益地区での稲作はかんがいが完備しさえすれば、何らの制約を受けない。土壌全般が塩基類に乏しく、強酸性反応を示し、地力を欠くという特性をもっているが、もともと水田状態で栽培される稲は酸性からアルカリ性まで土壌反応に対して幅広く適応するので、軽度の制約ですむ。しかし、年間降雨量が2500mmを超える熱帯湿潤気候という条件下で、生産費を節減し、高い収量を維持するには、緑肥作物とかマメ科の牧草類を作付けする土壌管理方法を導入することが、受益地区には不可欠である。

表5-1.1と表5-1.2に、ボゴルの中央農業研究所が全国で実施している栽培試験の結果を示す。さらに、各多収穫品種ごとの土壌型ともみ収量の関係について、ボゴルにおける試験成績にもとづき、表5-1.3と表5-1.4にとりまとめた。大豆に関しては、改良品種の特性と5試験地での栽培試験成績を表5-1.5と表5-1.6にそれぞれ示す。

調査地区の作物生理環境、土壌条件、労力事情を勘案して、水稻多収穫品種として Pelita I/1 と Pelita I/2、大豆では Sumbing と Shakti 種、緑肥及び飼料作物としてクロタラリア、コーヒーでは Palembang EK-1種を将来の作付体系に導入することとする。

5-2-2 栽培技術

水稻及び大豆の標準的栽培技術を、ボゴルの中央農業研究所ならびに他の試験地における成績を参照し、表5-1.7と表5-1.8にまとめた。

5-2-3 所要農業用資材

農業資材所要量も上記の引用試験成績をもとに次表のごとく定めた。

播種量はインドネシア国内にゆきわたっている慣用量を考慮し、1 ha あたり水稻 25 kg、大豆 30 kg、クロタラリア 30 kg、またコーヒーの苗木を植付け時に 2500本と定める。

事業効果が予定どおりに発現する段階に入ってから、期待どおりの収量を得るためには、適機の施肥が欠かせない。とくに水稻多収穫品種の場合には、施肥効果が重要な意義をもつ。算定した施肥量は次表に示す。

石灰施用は受益地区に分布する強酸性土壌の改良に必要なので、大豆その他マメ科作物の健全な生育を維持するために、毎年1 ha あたり 0.8 tonの石灰を施用しなければならない。

農薬を使用し、病虫害の発生を抑制することは、作物収量の低下回避に非常に大切である。農薬使用量は次表に示す。

肥料	料薬	乾季作 水 稲	雨季作 水 稲	大 豆	緑 肥 作 物	コーヒー
肥料成分量 (kg/ha)						
	N	75	70	9	—	120
	P	30	25	20	—	120
	K	—	—	—	—	120
	石灰(ton/ha)	—	—	0.8	0.8	—
農薬 (kg/ha)						
	殺 虫 剤	20	20	2	—	1
	殺 菌 剤	20	10	—	—	2
	殺 ソ 剤	1	1	1	—	—

5-2-4 所要農業労働力

各作物ごとに1haあたりの所要農業労働力を表5-19に示す。

水稻栽培に要する労力は田植と収穫時に最需要期が現われる。受益地区の個別農家の労力を考慮すると、自家労力のみ依存した最大耕作可能面積は正味1.25haと見積られる。この場合1.25haの水田の移植及び収穫作業にそれぞれ45日を要する。水稻二期作の場合、乾季作のしろかき及び苗代作業は、雨季作の収穫作業が完了した後に実施しなければならない。

次節で述べる計画作付体系にもとづき、1戸あたり1.75haの耕地が配分された場合の営農労力は表5-20に示すように算定される。各月の所要労力は下表にとりまとめて示す。

月	作 付 1 年 目	作 付 2 年 目	作 付 3 年 目	作 付 4 年 目
1月	64人・日	64人・日	65人・日	65人・日
2月	12	23	30	39
3月	8	4	6	7
4月	45	41	34	27
5月	64	60	64	63
6月	62	60	49	56
7月	29	21	20	19
8月	9	11	11	12
9月	18	29	23	25
10月	47	29	—	—
11月	18	12	4	3
12月	56	51	42	32
計	432	405	348	348

表に示したように、農繁期は12月から1月と4月から6月にかけて現われる。この原因は雨季作水稲のしろかき、田植、収穫作業と乾季作各作物の植付け作業が集中するところにある。上述の繁忙期間中でも、家族労働力が平均毎月65人・日（1家族あたりの労働人口26人・1ヶ月あたりの就労日数25日）確保されるので、自家労力で需要に応じられる。もし何らかの事情で労力が不足をきたしても、受益地区内の各村ごとに相互扶助のかたちをとって補えるであろう。

役畜飼育は稲作及びきゅう肥を投入しての地方維持によって重要な役割りを果たす。集約かんがい農法推進のために役畜の頭数を急速に増やす必要があり、政府の貸与制度を十分に活用し、バリ牛を受益地区に導入することとする。6年のかんがい施設建設期間中に、入植農家2戸あたりに雄雌1頭ずつ貸与することが望ましい。

5-2-5 計画作付体系

水文条件を検討した結果、受益地区内及び地区周辺に、有効雨量は11月から5月上旬までの間、またダム計画地点での河川流量は7月上旬まで十分に期待できる。最大かんがい用水量を要するしろかきは雨季作・乾季作とも上述の期間に実施する必要がある。11月から3月までの雨季最盛期の収穫作業は、刈取り後のもみ乾燥に問題が生ずるので、できるだけ回避しなければならない。事業費節減を目的として施設規模を縮小するためには、最大用水量を減らすことが必要となり、それには受益地区全域をいくつかの小区域に分割し、順送りに農作業を実施していかなければならない。

大豆とクロタラリアの播種作業は良好な発芽条件を確保できる土壌水分含量が望める6月中に行なうことが肝要であり、また収穫作業は雨季水稲作の苗しろ作業を始める少くとも1ヶ月前に終了させる。

雨季に栽培する飼料作物は60日ごとに採草し、自給飼料として役牛に給餌する。その際、家畜栄養の見地から禾本科の野草を刈取って半々の割合で混ぜ合わせなければならない。

以上の諸条件をとりまとめ、計画作付体系を図5-1に示すように決定する。各農家の作付計画は次表のごとく輪作方式を採り入れる。

作 目	作 季	1年目	2年目	3年目	4年目
水 稻	雨 季	1.25 ha	1.25 ha	1.25 ha	1.25 ha
	乾 季	0.75	0.50	—	—
大 豆	乾 季	—	—	1.00	1.00
緑 肥	乾 季	0.50	0.75	0.25	0.25
牧 草	年 間	0.25	0.25	0.25	0.25
コ ー ヒ ー	年 間	0.25	0.25	0.25	0.25

5-2-6 想定作物収量

「事業を実施した場合」の想定収量を算定するために、ランボン州の先進稲作地域で実施した調査で蒐集した試験成績（表5-1.1から表5-1.6までを参照）を十二分に活用した。

適切な栽培管理と処方どおりの肥料および農薬の施用が実施されることを前提とすれば、事業効果発現を完全に期待できる段階で、各作物の1 haあたりの収量は下表のようになる。

作 物	収量 (ton/ha)	作 物	収量 (ton/ha)
水稻 (もみ)		緑肥作物	20.0
雨季作	4.0	飼料作物	20.0
乾季作	4.4	コ ー ヒ ー	0.7
大 豆	1.2		

5-2-7 農業収入

農家調査の結果、受益地区における乾燥もみの庭先価格は1974年現在1 kgあたり50～60ルピアである。この価格は最大の米作地かつ消費地でもあるジャワに比べかなり高い。例えば、1974年の両地域の価格差は1 kgあたり15ルピアもある。この差額は主として現在のランボン州の産米量の不足に起因している。また、年5%の高率で増加する人口から生ずるランボン州内での需要を充足するために、毎年ジャカルタから約20,000 tonの精米が送られている。

したがって、インドネシア国内の各地方市場ごとの主要食糧需要供給事情に対応して生ずる価格のばらつきを考慮し、事業の便益評価を目的とする農業資材及び農産物の庭先価格を下記のように定める。この設定にあたり、1973/1974年の価格傾向をもとに推測された国際市

場価格及び主要市場と産地間の輸送費などの中間経費を考察した。「事業を実施した場合」と「事業を実施しなかった場合」の個別農家の収支については、農家調査から得られた庭先価格などを配慮して別に定めた価格を使用している。

農 業 資 材	経 済 分 析	農 家 収 支	農 産 物	経 済 分 析	農 家 収 支
尿 素	38*	60*	も み	75*	52*
重 過 石	17	60	大 豆	65	88
高度化成	54	60	コ ー ヒ ー	200	200
			キ ャ ッ サ ン	6	5
			メ イ ズ	32	43
			落 花 生	235	240

* すべて1kgあたりのルピア単価

各農業資材の計画使用量と経済分析用庭先価格を用い、農業生産費用を算出する。各計画作付年次ごとに1haあたりの作物生産費と作付面積あたりの作物生産費を表5-21に示す。農業粗生産額の見積りには、各作物の想定数量と経済分析用庭先価格を用い、その結果は表5-22に示す。

事業効果が完全に発現した段階での「事業を実施した場合」の純農業生産額を「事業を実施しなかった場合」と対比して下表に示す。

下表に提示した純農業生産額の差額が、本事業から生ずる便益と見なされる。

作 目	粗生産費 (Rp./ha)	生産費 (Rp./ha)	純生産額 (Rp./ha)	総作付 面積(ha)	総純生産額 (百万Rp.)
「事業を実施しなかった場合」					
水 稻					
雨季作	300,000	68,000	232,000	20,000	4,640
乾季作	330,000	70,000	260,000	5,000	1,300
大 豆	82,800	35,800	47,000	8,000	376
コ ー ヒ ー	140,000	60,000	80,000	4,000	320
牧 草	—	8,000	-8,000	11,000	-88
合 計 (1)				48,000	6,548

作 目	粗生産額 (Rp./ha)	生産費 (Rp./ha)	純生産額 (Rp./ha)	総作付面積 (ha)	総純生産額 (百万Rp.)
「事業を実施しなかった場合」					
陸 稻	105,000	15,000	90,000	13,600	1,224
キャッサバ	84,000	6,000	78,000	11,200	873.6
メ イ ズ	16,000	2,500	13,500	800	19.8
落 花 生	117,500	18,000	99,500	800	79.6
合 計 (2)				26,400	2,188

年間純農業生産額 (便益)

$$\begin{aligned} \text{合計(1)} - \text{合計(2)} &= 6,548,000,000 \text{ルピア} - 2,188,000,000 \text{ルピア} \\ &= 4,360,000,000 \text{ルピア} (10,506,000 \text{米ドル}) \end{aligned}$$

5-2-8 農家収支

受益地区で実施した農家調査で集めた資料にもとづき、将来「事業を実施した場合」と「事業を実施しなかった場合」の農家1戸あたりの収支を見積る。その前提として、「事業を実施した場合には延収穫面積3.0haを、また「事業を実施しなかった場合」には延収穫面積1.65haをそれぞれ標準的農家と想定している。試算の結果を次表に示す。詳細は表5-23に掲げる。

項 目	「事業を実施し なかった場合」	「事業を実施 した場合」
(1) 農 家 収 入		
農 業 収 入	106,600 ルピア	416,000 ルピア
副 収 入	23,400	4,000
合 計	130,000	420,000
(2) 農 家 支 出		
農 業 生 産 費	17,600	151,000
そ の 他	400	4,000
合 計	18,000	155,000
(3) 純農家収入 (1) - (2)	112,000	265,000

項 目	「事業を実施し なかった場合」	「事業を実施 した場合」
(4) 生 計 費		
自家用食料	76,000ルピア	95,000ルピア
その他	28,700	36,200
合 計	104,700	131,200
(5) 税 金	2,300	6,800
(6) 総支出 (2) + (4) + (5)	125,000	293,000
(7) 農家余剰金 (1) - (6)	5,000	127,000

Table 5-1 Present Situation in Surveyed Area

	Total farms	G.T*1	S.T*2	Population	Farm*3 land	Home*3 yard
Way Abung I Transmigration Area						
Bagunsari	228	200	28	1,119	399ha	57ha
Tatakarya	543	42	501	2,483	963	137
Purbasakti	767	-	767	3,459	1,342	192
Sidomukti	485	-	485	2,561	849	121
Bumi Restu	706	-	706	3,130	1,236	176
Bumi Raharja	395	-	395	1,365	687	101
Sub-total	3,124	242	2,882	14,117	5,476	784
Way Abung II Transmigration Area						
Dayasakti	534	308	226	2,812	912	135
Makarti	713	-	713	3,151	1,248	178
Margomulyo	751	500	251	3,437	563	188
Dayamurni	834	432	402	4,254	512	208
Mulyoasri	839	525	314	4,091	700	189
Candra Kencana	589	31	558	2,894	589	197
Pulung Kencana	587	445	142	2,580	574	144
Margo Kencana	510	-	510	2,403	393	127
Mulyo Kencana	746	5	741	3,449	758	190
Kagungan Ratu	616	70	546	2,848	616	154
Tirta Kencana	794	20	774	3,639	794	199
Karta Raharja	782	-	782	3,518	1,173	198
Karta Sari	216	-	216	872	378	54
Panaragan Jaya	669	330	339	3,118	668	167
Peraduan Waras	299	-	-	1,208	500	125
Sub-total	9,479	2,665	6,814	44,274	10,378	2,453
Total	12,603	2,907	9,696	58,391	15,854	3,237

*1: Governmental transmigrants

*2: Spontaneous transmigrants

*3: Actual area registered is shown.

In addition, public yards total 10,567ha

Source: Prefectural and local transmigration office

Table 5-2 Cropping Condition in Surveyed Area

(unit: ha)

	Low/and paddy	Upland paddy	Moize	Cassava	Soy- bean	Ground puts	Other beans
Way Abung I Transmigration area							
Bayunsari	3	115	5	175	-	-	-
Tatakarya	-	407	10	540	5	6	6
Purbasakti	-	560	7	700	-	7	20
Sidomukti	-	364	-	363	-	-	-
Bumi Restu	-	385	31	175	-	-	160
Bumi Rakarija	-	125	5	150	-	2	9
Sub-total	3	1,956	57	2,104	5	15	195
Way Abung II Transmigration area							
Dayasakti	-	405	-	534	-	-	16
Makarti	-	635	350	700	-	-	12
Margomulyo	-	515	-	380	-	-	75
Dayamurni	-	612	47	495	-	-	46
Mulyoasri	-	470	29	300	-	22	-
Candra Kencana	-	250	-	250	-	-	-
Pulung Kencana	-	503	134	287	-	-	-
Margo Kencana	-	410	-	250	-	-	-
Mulyo Kencana	-	132	58	89	-	9	-
Kagungan Ratu	-	190	45	70	-	80	-
Tirta Kencana	-	218	-	104	-	10	-
Karta Raharja	-	519	-	400	-	-	-
Karta Sari	-	135	-	175	-	-	-
Panaragan Jaya	-	517	-	85	-	243	-
Peraduan Waras	-	375	-	125	-	-	-
Sub-total	-	5,886	663	4,244	-	364	149
Total	3	7,842	720	6,348	5	379	344

Table 5-3 Farming Condition of Surveyed Farms

	Transmigrants						Army farms	Native farms
	Governmental			Spontaneous				
	1967	1970	1972	1966	1972	1973		
1) Settled year								
2) Surveyed number	3	9	6	3	4	5	5	5
3) Family member								
- Total person	6.7	8.0	6.5	6.3	5.3	4.6	3.2	8.2
- Workable person	2.1	2.7	1.9	2.2	1.7	1.9	1.7	3.3
4) Land use								
- Lowland paddy	0.17	0.14	-	1.0	-	-	0.05	-
- Upland paddy	1.17	0.72	0.50	0.92	0.47	0.45	0.85	0.95
- Perrenial crop	-	0.08	-	-	-	-	-	2.30
- Non-cultivated	0.50	0.86	1.25	-	1.44	1.30	0.85	2.50
- Home yard	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.33
5) Livestock								
- Cow & bullafo	0.7	0.9	-	1.7	-	-	0.4	-
- Goat & sheep	-	0.3	0.5	2.7	-	0.6	0.2	-
6) Gross cropped area								
- Lowland paddy	0.34	0.03	-	1.17	-	-	0.05	-
- Upland paddy	0.42	0.66	0.50	0.58	0.44	0.50	0.85	0.2
- Cassava	0.75	0.63	0.50	0.92	0.31	0.27	0.56	0.24
- Maize & bean	0.75	0.01	0.14	0.33	0.07	0.10	-	0.20
- Other	-	-	0.04	-	-	0.02	0.06	-
- Coffee	-	-	-	-	-	-	-	1.20
- Pepper	-	-	-	-	-	-	-	0.50
- Rubber	-	-	-	-	-	-	0.14	1.30

Table 5-4 . Standard Cultivation Method of Mixed-cropping

Date	Farming practice
15/Oct.	Field selection
20/Oct.	Plowing and harrowing
25/Oct.	Seed preparation
2/Nov.	Basal fertilization for upland paddy
5/Nov.	Seeding of upland paddy
20/Nov.	Weeding on upland paddy field
25/Nov.	Seeding of and fertilizing for maize
30/Nov.	Plant protecting for upland paddy and maize
5/Dec.	Additional fertilizing for upland paddy
20/Dec.	Weeding on upland and maize fields
25/Dec.	Additional fertilizing for maize
5/Jan.	Planting of cassava seedling
10/Jan.	Additional fertilizing for upland paddy
15/Jan.	Plant protecting for upland paddy
20/Jan.	Weeding on maize field
25/Jan.	Additional fertilizing for maize
30/Jan.	Plant protecting for maize
5/Mar.	Harvesting of maize
10/Mar.	Land preparation and peeling of maize
21/Mar.	Seeding of maize and long bean
5/Apr.	Harvesting of upland paddy
20/May	Harvesting of long bean
31/May	Harvesting of maize
5/Aug.	Harvesting of cassava

Table 5-5 Prevailing Farming Practice of Upland Paddy

Working item	Working period	Working method	Labor input
Land preparation	end Aug. to beg. Oct.	By hoe	80 M-D/ha
Sowing	mid Sep. to mid Oct.	By hand	20
Weeding 1st	end Sep. to end Oct.	By hoe	30
2nd	end Nov. to beg. Dec.	By hoe	20
Harvesting	beg. Feb. to beg. Mar.	By ani-ani	30
Drying	mid Feb. to mid Mar.	By natural	10
Threshing	end Feb. to end Mar.	By hand	5
Total			215

Table 5-6 Prevailing Farming Practice of Cassave

Working item	Working period	Working method	Labor input
Land preparation (not necessary because of mixed-planting)			
Planting	beg. Nov. to mid Dec.	By hoe	20 M-D/ha
Weeding	mid Nov. to mid Dec.	By hoe	30
Harvesting	mid Aug. to beg. Sep.	By hand	50
Carrying	mid Aug. to beg. Sep.	By hired ox-cart	
Cutting & drying	beg. Sep. to mid Sep	By hand	50
Total			150

Table 5-7 Prevailing Farming Practice of Maize

Working item	Working period	Working method	Labor input
Land preparation	mid Sep. to end Sep.	By hoe	80 M-D/ha
Sowing	mid Oct.	By stick	10
Weeding 1st	beg. Nov.	By hoe	30
2nd	beg. Dec.	By hoe	30
Harvesting	end Jan.	By hand	30
Drying	mid Feb.	By hand	5
Threshing	mid Feb. to end Feb.	By hand	5
Total			190

Table 5-8 Prevailing Farming Practice of Groundnut

Working item	Working period	Working method	Labor input
Land preparation	beg. Mar. to mid Mar.	By hoe	70
Sowing	beg. Apr.	By stick	30
Weeding 1st	end Apr.	By hoe	20
2nd	mid May	By hoe	20
Harvesting	mid June	By hand	10
Drying	mid July	By hand	10
Threshing	mid July to end July	By hand	10
Total			210

Table 5-9 Monthly Distribution of Labour Requirement

(Unit: Man-day)

Month	Upland paddy (0.62 ha)*	Cassava (0.51 ha)	Maize (0.06 ha)	Legumes (0.05 ha)	Aid and service	Total
Jan.	-	-	2	-	6	8
Feb.	24	-	1	-	6	31
Mar.	4	-	-	4	6	14
Apr.	-	-	-	1	6	7
May	-	-	-	1	6	7
June	-	-	-	3	6	9
July	-	-	-	1	6	7
Aug.	25	8	-	-	6	39
Sep.	37	16	5	-	6	65
Oct.	19	33	1	-	6	59
Nov.	6	21	2	-	6	35
Dec.	6	19	2	-	6	33

*: Figures in parentheses show the average cropped area.

Table 5-10 Typical Farm Budget of Surveyed Farms

	Governmental				Spontaneous			
	1967	1971	1972	1965	1972	1973	1973	1973
(1) Settled year								
(2) Surveyed farms	3	4	6	3	4	5	5	5
(3) Gross income (Rp.)								
- Farm income	151,840	143,680	106,370	206,970	69,760	77,360	79,090	
- Subsidy	4,260	2,610	5,780	2,220	7,830	3,500	2,510	
- Side job	23,300	330	22,370	24,500	16,950	9,800	23,560	
- Miscellaneous	-	4,380	1,250	-	880	-	-	
Total	179,400	151,000	135,770	233,690	95,420	90,660	105,160	
(4) Gross outgo (Rp.)								
- Farming cost	39,300	35,430	23,490	84,290	9,590	8,920	17,950	
- Tax	14,150	1,420	-	15,900	-	-	-	
- Living cost	117,380	114,630	105,875	131,780	81,950	80,490	83,840	
- (Self food supply)	91,770	86,400	80,650	86,800	66,700	53,400	58,030	
Total	170,830	151,480	129,365	231,970	91,540	89,410	101,790	
(5) Net farm income	112,540	108,250	182,880	122,680	60,170	68,440	61,140	
(6) Net revenue	8,570	480	6,405	1,720	3,880	1,250	3,370	

Table 5-11 Average Yield of selected Varieties of Paddy Through
62 Experiments Over four Seasons, 1968/61 - 70

Variety	(t/ha)			
	Wet season 1968/69	Dry season 1969	Wet season 1969/70	Dry season 1970
PB-5	4.8	6.2	5.0	6.2
-8	4.4	5.7	4.9	4.2
C4-63	4.1	5.5	4.5	5.7
IR 20	-	5.7	4.7	5.9
Dewi Ratih	4.2	5.5	4.6	6.1
Pelita I/1	-	-	-	6.8
" I/2	-	-	-	6.6

Sources: CRIA Report on Plant Breeding

Note: Uniform fertilizer application
120 N, 60P₂O₅,, 30 K₂O (kg/ha)

Table 5-12 Grain Yield and Other Characteristics of Major Improved
Varieties in Indonesia (wet season in 1970 - 71)

Variety	Average yield (t/ha)	Range at 14 location (t/ha)	Maturity (days)	plant height (cm)	Quality (by Indonesian standard)
IR-5	6.53	3.3-9.2	135	113	Poor to Medium
-20	6.04	3.8-8.3	124	98	"
-22	4.9	1.821-7.0	121	89	"
Pelita I/1	7.1	3.8-10.9	137	126	Good
" I/2	7.1	3.7-10-6	138	114	"

Sources: Breeding rice Varieties for Indonesia (1971)
Department of Agriculture Central Research
Institute for Agriculture, Bogor.

21 Crop suffered bird damage

Table 5-13 Paddy Yield by Varieties & Soil Type (1) 1972/1973

Variety	(Pusanan)	Sumatra-Barat (Pd. Pariaman)	(Sawahlunto)	Drystalk Paddy (t/ha)
	Alluvial (t/ha)	Latosol (t/ha)	Podozol (t/ha)	
IR 20	3.06	5.15	4.65	6.01
22	2.88	4.51	4.66	6.01
24	2.45	5.25	3.68	4.84
B9c/Md/3/3	2.00	3.46	2.74	3.60
B57c/Md/10/1	3.13	5.49	3.76	4.94
" /2	3.19	5.63	5.50	7.23
B58b/Mr/105/2	-	6.01	5.40	7.01
B60b/Tk/242/5	2.34	4.96	4.88	6.42
" /10	-	4.23	4.64	6.01
529c/Md/10/3/6	2.57	5.15	3.65	4.80
" /2	2.75	5.88	2.55	3.35
419f/Pn/1	3.65	5.66	3.43	4.50

Progress Report Pemuliaan Padi No. 10 1972/1973
 Central Research Institute for Agriculture in
 Bogor - Jan., 1974

Table 5-14 Paddy Yield by Varieties & Soil Types (2)

	Sumatra-Barat		Sumatra-Sel	Lampung
	(50 Kota) Andosol (t/ha)	(Pesisir Selatan) Latosol (t/ha)	(Musi-Rawa) Regosol (t/ha)	(Lampung-Sel) Alluvial (t/ha)
Pelita I/1	7.32	5.13	6.94	5.84
" I/2	7.03	5.06	6.59	5.97
531b/Tk/49/20/Pn/7	7.04	5.00	6.58	6.41
531b/Tk/3/Pn/8	6.55	4.56	6.61	5.81
531b/Tk/8/16/Pn/3	6.47	5.25	5.99	5.38
446b/89/1/3/2/2/1	6.61	4.67	6.08	5.09
446f/89/1/3	6.05	5.13	6.20	5.31
446f/Dg/29/1	7.35	4.94	6.84	6.03
529f/Dg/70/3	7.10	4.81	6.11	5.94
529f/Dg/71/2	6.37	4.19	6.46	5.84
B149b/106/2/1	6.88	4.94	6.36	5.22
B149b/106/5/2	6.60	4.56	6.83	5.31

Progress Report Pemuliaan Padi No. 10 1972/1973
 Central Research Institute for Agriculture in Bogor
 - Jan., 1974

Table 5-15 The Characteristics of Quality Varieties of Soybeans

Variety	Days to Maturity	Color of Seed Coat	1,000 Seed Weight (g)	Average Yield (100kg/ha)
No. 16	90 - 100	Black	70 - 80	10 - 15
No. 29	90 - 100	Yellow	70	10 - 15
Ringgit (317)	85 - 95	Yellow	80	10 - 15
Sumbing (452)	75 - 80	Yellow	80	10 - 15
Shakti	80 - 85	Yellow	120 - 160	10 - 15
Economic garden (1289)	90 - 95	Yellow	120	13 - 16
Clark 63 (1293)	90 - 95	Yellow	145	12 - 15

Data Source: The Central Research Institute for Agriculture in Bogor

Table 5-16 Yields of Soybeans at 5 Location in Dry Season (Unit: kg/ha)

Variety	Location					Mean
	1	2	3	4	5	
No. 452 Sumbing	1120	1521	935	1601	1670	1327
871X4179/181/1/0	1198	1032	1247	1579	2123	1436
868X4179/15/1/0	1491	1347	1063	1518	2082	1470
868X4179/177/1/0	1223	1362	924	1437	1660	1321
868X4179/54/1/0	1418	1482	985	1375	1845	1422
871X4179/151/1/0	1192	1412	1067	1526	1661	1372
871X4179/30/1/0	1519	1702	999	1663	1852	1547
871X4179/183/1/0	1577	1487	1259	1665	2145	1627
871X4179/1/1/0	1037	1607	830	1591	1586	1339
871X4179/185/1/0	2217	2216	2201	1899	2196	2146

Sources: Staff Meeting, 1 - 2 April, 1971
C.R. I for Agriculture, Bogor

Notes: 1. Tjikeumeuh 3. Djambegede.
2. Modjosari 4. Muneng
5. Genteng.

Table 5-17 Standard Cultivation Method for Lowland Rice

Days	Management	Amount of implements
	Preparation of nursery	
3	Seed selection	Salt solution for seed selection 10 l of water + 2 kg of NaCl
3	Seed disinfection	Benlate-T(200-400x, 6-12 hours) Hemai (200-400x, 6-12 hours)
2	Seed soaking	24 hours
2	Hastening of germination	36 hours
1	Application fertilizer	Urea 1.5 kg/300m ² , TSP 1.0 kg/300m ²
0	Sowing	Acreage 300m ² /ha, seed 25 kg/300m ² /ha
15	Control of disease and insect damage	Diazinon 30-50 cc in 1,000 l 300-500 l/300m ²
	After transplanting	
	Preparation of paddy field	
0	Basalt manuring Transplanting	Urea 40 kg/ha, TSP 70 kg/ha Spacing 20-25 cm x 20 cm 3-7 seedling/hill, 25 days seedling
10	Weeding (1st)	Hand weeding
15	Application of fertilizer	Urea 50 kg/ha
30	Weeding (2nd)	Hand weeding
45	Control of disease and insect damage	Sumithion 1 l/ha Rabcide 1 l/ha
60	(Panicle initiation period)	
63	Application of fertilizer (2nd)	Urea 60 kg/ha
70	(Booting period)	
73	Control of disease and insect	Diazinon 1 l/ha Rabcide 1 l/ha
80	(Heading period)	
110	Harvesting	

Note:

	<u>Maturity days</u>	<u>Plant height</u>	<u>Amilosa content</u>	<u>Yield (t/ha)</u>	<u>Remarks</u>
Variety IR 20	122	99.2 cm	27	4.6*	(Sumatora)
Pelita I/1	133	117.3	22	5.8	(Lampung)
Pelita I/2	132	114.2	22	5.5	(Lampung)
531 b/Tk/49 20/Pn/7	132	109.5	21.5	6.4	(Lampung)

Nursery period 25 days

Data source: Central Research Institute of Bogor (1974)

*: Another data.

Table 5-18 Standard Cultivation Method for Soybeans

Days	Management	Amount of Implements
	Preparation of field	Lime 300 kg/ha
0	Sowing	Seed 30 kg/ha, Spacing 60 x 30 cm
15	Application of fertilizer (1st)	Urea 10 kg/ha, TSP 50 kg/ha, (Potassium Chloride) 30 kg/ha
17	Intertillage and weeding (1st)	by hand
25	Control of insect damage (1st)	Spray of sumithion (12/ha)
40	Application of fertilizer (2nd)	Urea 10 kg/ha, (Potassium Chloride 20 kg/ha)
45	Intertillage and weeding (2nd)	by hand
50	Control of insect damage (2nd)	Spray of sumithion 1 l/ha
90	Harvesting	
95	Drying	
100	Cleaning	

	<u>Maturity</u>	<u>Color of seed</u>	<u>Yield</u>
Variety: Ringgit	85-90 days	Yellow	1.5 t/ha
Shakti	80-85	"	"
No. 1243	80-85	"	"
No. 5029	90-100	"	"

Data source: Agricultural tropical Research Center in Japan, May, 1974

Note: Potassium is now used only by plantation and it will be long before peasant farmer come to use it. Hence it is excluded from production cost estimate.

Table 5-19 Future Labour Requirement per Hectare for Main Crops
(Unit: Man-day)

Farming practice	Paddy		Soybean	Green manure	Perennial crops
	Wet season	Dry season			
Nursery	10	10	-	-	-
Land preparation					
Clearing fields	5	5	-	-	-
Plowing	10	13	7	-	-
1st harrowing	7	7	10	-	-
2nd " (paddling)	5	5	-	-	-
3rd harrowing	3	3	4	-	-
Sowing or Transplanting	35	35	8	8	-
Manuring	3	3	2	1	2
Plant protection	5	5	3	-	2
Water management	5	6	1	1	-
Weeding	20	20	15	-	40
Harvesting	40	43	10	10	40
Drying and clearing	20	22	3	-	11
Transportation	5	5	1	10	-
Others	2	2	1	-	15
Total:	175	185	65	30	110

Table 5-20 Monthly Distribution of Labour Requirement

(Unit: Man-day)

Block	Crop	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
I	Paddy wet	55	12	4	44	37	6	-	-	-	-	6	56	200
	Paddy dry	-	-	-	-	6	51	17	4	2	45	7	-	132
	Green manure crop	-	-	-	-	14	-	-	4	16	-	-	-	34
	Forrage crop	4	-	4	-	4	-	4	-	-	2	4	-	22
	Coffee	5	-	-	1	3	5	8	1	-	-	1	-	24
	Total:	64	12	8	45	64	62	29	9	18	47	18	56	432
II	Paddy wet	64	14	4	36	43	9	-	-	-	-	3	47	220
	Paddy dry	-	-	-	-	2	33	13	3	2	29	6	-	88
	Green manure crop	-	-	-	-	12	9	-	3	27	-	-	-	51
	Forrage crop	-	4	-	4	-	4	-	4	-	-	2	4	22
	Coffee	-	5	-	1	3	5	8	1	-	-	1	-	24
	Total:	64	23	4	41	60	60	21	11	29	29	12	51	405
III	Paddy wet	65	21	6	29	48	11	1	-	-	-	1	38	220
	Soybean	-	-	-	-	11	24	11	6	13	-	-	-	65
	Green manure	-	-	-	-	2	5	-	-	10	-	-	-	17
	Forrage crop	-	4	-	4	-	4	-	4	-	-	2	4	22
	Coffee	-	5	-	1	3	5	8	1	-	-	1	-	24
	Total:	65	30	6	34	64	49	20	11	23	0	4	42	348
IV	Paddy wet	65	30	7	22	52	15	1	-	-	-	-	28	220
	Soybean	-	-	-	-	6	27	10	7	15	-	-	-	65
	Green manure	-	-	-	-	2	5	-	-	10	-	-	-	17
	Forrage crop	-	4	-	4	-	4	-	4	-	-	2	4	22
	Coffee	-	5	-	1	3	5	8	1	-	-	1	-	24
	Total:	65	39	7	29	63	56	19	12	25	0	3	32	348

Table 5-21 Unit Production Cost and Total Farming Cost

Crop	Seed	Ferti- lizer	Agro- chemicals	Draft ani- mal cost	Others	Total	With Project Rotation block			Without project
							I	II	III & IV	
Without Project										
Upland paddy	1,800	2,600	1,000	-	9,600	15,000	-	-	-	12,750
Cassava	-	-	-	-	6,000	6,000	-	-	-	4,200
Maize	2,400	-	-	-	100	2,500	-	-	-	125
Groundnut	5,350	5,600	4,100	-	2,950	18,000	-	-	-	900
With Project										
Lowland paddy										
Wet season	1,000	6,860	5,900	29,500	24,740	68,000	85,000	85,000	85,000	-
Dry season	1,500	7,630	5,900	29,500	25,470	70,000	52,500	35,000	-	-
Soybean	2,750	11,700	4,100	14,750	2,500	35,800	-	-	35,800	-
Green manure	2,000	5,000	-	-	1,000	8,000	4,000	6,000	2,000	-
Forrage crop	2,000	5,000	-	-	1,000	8,000	2,000	2,000	2,000	-
Coffee	9,100	43,200	2,700	-	5,000	60,000	15,000	15,000	15,000	-

Note: Unit for production cost is Rp./ha and for farming cost Rp./household.
 Costs of others include cost for materials, tools, threshing etc.
 Draft animal cost consists of depreciation and interest.

Table 5-22 Crop Production Value

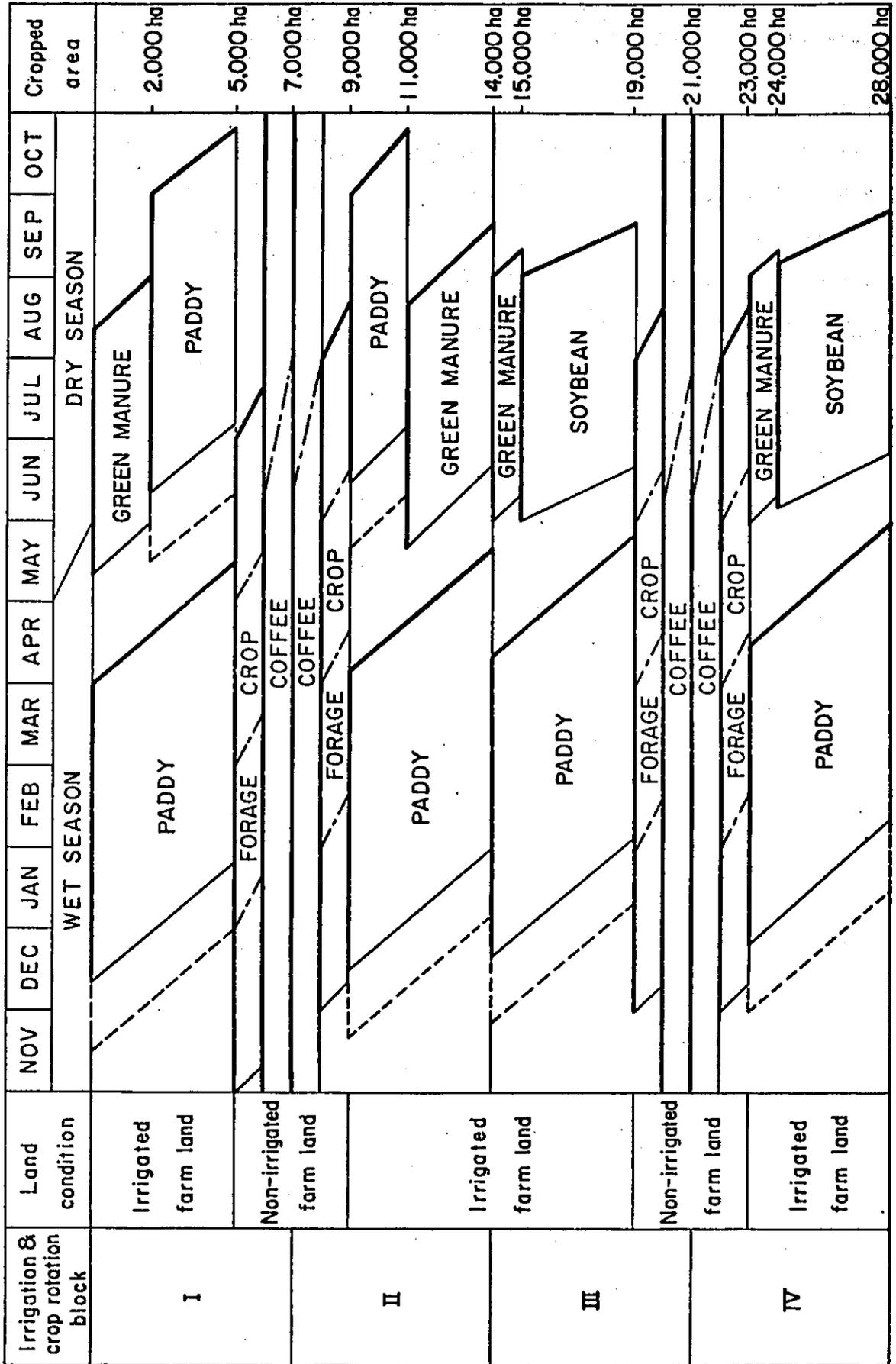
	Block	Unit yield (ton/ha)	Cropped area (ha)	Total yield (tons)	Gross value (Rp.)
Without Project					
Upland paddy	-	1.4	0.85	1.19	89,250
Cassava	-	14.0	0.70	9.80	58,800
Maize	-	0.5	0.05	0.025	800
Groundnut	-	0.5	0.05	0.025	5,875
With Project					
Lowland paddy					
Wet season	Whole	4.0	1.25	5.00	375,000
Dry season	I	4.4	0.75	3.30	247,500
	II	4.4	0.50	2.20	165,000
Soybean	III & IV	1.2	1.00	1.20	82,800
Coffee	Whole	0.7	0.25	0.175	35,000

Table 5-23 Average Farm Budget in Future Condition

	Without Project	With Project
(1) Farm Income		
Crop income	106,600	416,000
(Paddy)	(53,040)	(331,500)
(Dry field crop)	(53,560)	(49,500)
(Perennial crop)	(-)	(35,000)
Other income	23,400	4,000
Gross Farm Income	130,000	420,000
(2) Production Cost		
Crop production cost	17,600	151,000
Paddy	(12,750)	(107,500)
Dry field crop	(4,850)	(24,500)
Perennial crop	(-)	(19,000)
Other expenses	400	4,000
Gross Production Cost	18,000	155,000
(3) Net Return (1) - (2)	112,000	265,000
(4) Living Expenses		
Food consumption	76,000	95,000
Other living expenses	28,700	36,200
Total Living Expenses	104,700	131,200
(5) Taxes	2,300	6,800
(6) Gross Outgo (2) + (4) + (5)	125,000	293,000
(7) Capacity to Pay (1) - (6)	5,000	127,000

Note: Paddy of "Without Project" is upland paddy.

Fig. 5-1 PROPOSED CROPPING PATTERN



第 6 章 かんがい計画

6-1 一般

本フィージビリティ調査の対象面積は約 55,000 ha であり、調査の主要な対象地域は約 45,000^{ha} を占める政府移民地区である。この地域に対するかんがい計画の水源としては、ラレム河、地域内小河川及び地下水が考えられる。しかしながら地質調査等から判断して、地下水利用の価値は小さく、また地域内小河川利用による小溜池案も、この地域のような広い面積を対象とするには、技術的、経済的にみて効果的でない。したがって水源はラレム河に求められる。

ラレム河からの取水方法は、大別してダム施設による自然かんがいと大規模揚水機によるポンプアップかんがいが考えられる。しかしながら自然かんがい方式が、検討の結果、現地点ではより経済的であり実現性が強い。(主報告書 表4-3 及び付属報告書 8-2 参照)

また、ラレム河と同様トランパワン河の支流であるブサイ河からアブン河、アブン河よりラレム河への流域変更案も、各河川が別途かんがい計画を持ち、現時点では本地域かんがい計画には含めないのが妥当であろう。

検討の結果、ダムサイトをラレム河とガリン河の合流点下流約 450 m 地点とした。(6-2 参照)

6-3 項で記述される粗用水量は受益地をほぼ 4 等分したブロック方式に基いて計算した。

主報告書に記述した如く、事業規模としては、純かんがい面積で 19,000 ha より 25,000 ha の範囲となり、最適事業規模は 20,000 ha の場合と 25,000 ha の場合の比較検討に基き、純かんがい面積 20,000 ha と決定した。

6-4 項ではラレムダムの水収支計算、貯水位の変動、幹線水路計画流量の計算結果等を示す。

6-2 ダムサイトの選定

本計画のかんがい地区標高は最高で E.L. 40 m 程度である。したがって、かんがい地区と水源地との水頭損失を考し、取水水位が E.L. 45.0 ~ 50.0 m を確保できる地点を地形図(1/10,000)、航空写真、ならびに水源流であるラレム河沿に(コタブミよりベクルン)踏査を行ない、下記の項目を検討しダムサイトを選定した。

6-2-1 地 形

ラレム河はトゥバ山 (EL 2115 m) を水源として、不規則に開折された溪流と合流しながら東北東に向って流下し、ベクルン地先で支川のラレム河と合流する。

この合流点よりコタブミおよびかんがい地区の北側を蛇行しチュデウングレートとムンガラの中程でラレム河と合流しトランパワン河となり東方へ向って流下しスンダ海峡へと流れる。

ラレム河とガリン河の合流までの平均河床こう配は本川で約 $1/45$ 、支川で約 $1/70$ と急こう配を示す。この合流点からかんがい地区の直上方のコタブミの平均河床こう配は約 $1/2,000$ である。また、この合流点附近は標高 $60 \sim 65$ の丘陵性山地の疎林地帯で比高 $25 \sim 20$ m であり、これより漸次山地標高は低くなり、アジカクンガンの下流附近より標高 30.0 m となる。したがって、ダムサイトの位置はかんがい地区の標高からみてアジカクンガンより上流に求めざるを得ない。

6-2-2 地 質

ラレム河は第3紀の地質を基盤として、その上層を覆う洪積層および火山噴出物の火山灰土 (ローム質) で丘陵性山地を開析する原始河川である。

ラレム河沿の基礎は大略角礫凝灰岩、泥岩で、洪水はんらん原野の河川敷は、砂、砂利礫等が堆積する。この河床堆積層は大略 $5.0 \sim 80$ m であるが、局部的には 20 数 m に及ぶ地点もある。

ダムサイトの位置としては河床部、および兩岸アバット部に「岩」が露頭する狭隘部が望ましが、本地域においては、前述のように丘陵性山地開析する原始河川であるため、全般に河川敷巾が拡く、かつ蛇行が著しい。したがって、ダムサイトはいづれも河床堆積層上に求めなければならないが、踏査およびラレム河とガリン河が合流する直下流のボーリング調査結果からみてダム築造可能と推定される。

6-2-3 比較検討

地形及び地質の点からダムサイトとして3地点を選定し、次の事項について比較検討した。

(1) 流域面積の拡大は用水量の安定供給につながるが、その反面施設規模が大きくなるのでその比較

(2) 満水面積 (水没) の比較

Table 6-1 Result of Comparison

Comparative items	Unit	Dam site			Remarks
		A	B	C	
1) Location		Kp. Ajikagungan	Kp. Kumpai	Kp. Pekurun	
2) Straight distance from KB	Km	11.0	14.0	16.0	KB: Kotabumi
3) Distance along river	"	18.7	24.5	27.2	
4) Catchment area	Km ²	362.0	346.0	328.0	
Catchment ratio	%	111.4	106.5	100.0	
5) Canal length to the area	Km	19.0	24.0	25.7	from railway
6) Elevation of river bed	m	23.0	28.0	33.0	
7) Dam height					(Normal water level
in case of N.W.L ₁	m	26.5	21.5	16.5	level
" N.W.L ₂	"	-	26.5	21.5	N.W.L ₁ :45.0 ^m
8) Dam Length					N.W.L ₂ :50.0 ^m)
in case of N.W.L ₁	m	1,500	1,000	500	
" N.W.L ₂	"	-	1,250	800	
9) Volume of dam body					
in case of N.W.L ₁	m ³	1,400,000	800,000	400,000	
" N.W.L ₂	"	-	1,300,000	650,000	
10) Reservoir area					
in case of N.W.L ₁	ha	960	595	270	
" N.W.L ₂	"	-	980	400	
11) Submerged road					
in case of N.W.L ₁	m	1,500	150	-	
" N.W.L ₂	"	2,100	250	-	
12) Submerged bridge					
in case of N.W.L ₁	place	2	1	-	
" N.W.L ₂	"	2	1	-	
13) Submerged village					
in case of N.W.L ₁	place	(Part of Kp. Ajikagungan)	-	-	
" N.W.L ₂	"		-	-	
14) Ratio of dam body					
in case of N.W.L ₁	%	350.0	200.0	100.0	
" "	"	-	200.0	100.0	
15) Ratio of canal length	"	73.9	93.4	100.0	
16) Total of ratio					
in case of N.W.L ₁	%	423.9	293.4	200.0	14) + 15)
" N.W.L ₂	"	-	293.4	200.0	"

- (3) ダム規模（堤高，堤長，堤体積）の比較
- (4) 幹線水路延長の比較
- (5) 既存の主要施設（道路，橋梁）の水没有無
- (6) 水没村落の有無
- (7) 工事費の目安として，堤体積および幹線水路延長等の数量的比率の比較

これらの比較を表 6-1 に示す。

以上のように技術的（地形，地質），経済的（数量）な観点から比較検討の結果，ダムサイトはラレム河とガリン河が合流する地点より約 460 m 下流の“C”地点をダムサイトとして選定した。

6-3 粗用水量

6-3-1 一般

本事業計画地域及び周辺地域を含めて，水田かんがい用水量に関する実測資料は殆んど得られなかつた。従つて水田かんがい用水量のうち作物消費水量は気象資料によつて求め，その他は実測資料及びインドネシアで経験的に採用されている資料を参考にして決定した。

6-3-2 蒸発指数及び作物消費水量

作物消費水量は蒸発指数と作物係数の積で表わされる。蒸発指数は湿潤地域で且つ植生におおわれている地域に適合するといわれる修正ペンマン法によつて算定し，作物係数はこの方法のためにインドネシアで使用されている数値を使用した。（適切な技術用語がないため以下英文で示す）

1. Evaporation index

The Modified Penman Equation is expressed as follows.

$$E_o = \frac{\Delta H_{rd}^{ne} - \gamma E_q}{\gamma + \Delta} \dots \dots \dots (1)$$

$$\Delta H_{ra}^{ne} = (H_{sh}^{ne} - H_{eo}^{ne}) \times \Delta L^{-1} \times 10^2 \dots \dots \dots (2)$$

in which

- E_o : the Evaporation Index representing the potential evapotranspiration of short-cut grass (mm per day)
- H_{sh}^{ne} : the net short-wave radiation (Langleys per day)
- H_{eo}^{ne} : the net long-wave radiation (Langleys per day)

- Eq : the evaporation computed from the aerodynamic equation (see below), assuming the surface temperature to be equal to the air temperature (mm per day)
- L : the latent heat of vaporization (Langleys per mm)
- Δ : the slope of saturated vapour pressure V. temperature of the air (mm Hg per °C)
- γ : a factor, called the psychrometer constant, which is defined by Bowen's dimensionless ratio (0.49 mm Hg per °C)

If no radiation data are available, the net short-wave radiation can be calculated by means of the following formula:

$$H_{sh}^{ne} = Ash f(r) \times asHsh \times 10^{-2} \dots\dots\dots (3)$$

$$Ash f(r) = 0.75 (0.29 \cos\psi + 0.52 r \times 10^{-2}) \dots\dots\dots (4)$$

in which

- r : the relative duration of bright sunshine
- ψ : the latitude (degrees)
- asHsh : the theoretical maximum short-wave radiation received if no atmosphere were present (Langleys per day)

The formula for calculating the net long-wave radiation is:

$$H_{eo}^{ne} = f(Tai) \times 10^{-2} \times f(Tdp) \times f(m) \dots\dots\dots (5)$$

$$f(Tai) = 97.0 \zeta Tk^4 \dots\dots\dots (6)$$

$$f(Tdp) = 0.47 - 0.077 \sqrt{\frac{P^{wd}}{z}} \dots\dots\dots (7)$$

$$f(m) = 0.20 + 0.80 (1 - \gamma) \dots\dots\dots (8)$$

in which

- σ : the Stefan-Bolzmann constant
- T_k : the average daily air temperature at 2 meters above ground level (degrees Kelvin)
- P_z^{wa} : the average daily saturated vapour pressure at dew-point temperature of the air at 2 m above ground level (mm Hg)
- T_{ai} : air temperature ($^{\circ}C$)

Eq is calculated by means of the following formula:

$$Eq = (P_z^w] sa - P_z^{wa}) f(U_2) \dots\dots\dots (9)$$

$$f(U_2) = 0.35 (0.5 + 0.54 U_2) \dots\dots\dots (10)$$

in which

- U : wind velocity at 2 m above ground level (m/sec)
- $P_z^w]sa - P_z^{wa}$: the average daily water vapour pressure deficit of the air at 2 m above ground level (mm Hg)

In the above calculation, the data required in case of no solar radiation data are as follows.

- T_{ai} : air temperature ($^{\circ}C$)
- $\frac{100P_z^{wa}}{P_z^{wa]sa}}$: relative humidity (%)
- U_2 : wind velocity (m/sec)
- r : relative duration of sunshine (%)
latitude ($^{\circ}$)

The tables shown in the following are prepared for the calculation, $f(T_{ai}) \times 10^{-2}$, $\Delta L^{-2} \times 10^2$, $P_z^{wa}]sa$ and $\gamma + \Delta$ are obtained by using Table 6-4 and air temperature, $f(T_{dp})$ is from Table 6-5 and P_z^{wa} , $\gamma f(U_2)$ is from Table 6-6 and wind velocity, $oaHsh \times 10^{-2}$ is from Table 6-7, and $Ashf(r)$ and $f(m)$ are obtained by relative duration of sunshine, table 6-8 and Table 6-9 respectively.

The data required for the calculation and the results are as follows.

(1) Data required

Latitude : 5° (south)

Table 6-2 Calculation Data for Evaporation Index

Month	T _{ai}	r	$\frac{100 P_z^{wa}}{P_z^{wa}]sa}$	U ₂
	°C	%	%	m/sec
Jan.	26.6	48	81	0.69
Feb.	26.8	57	82	0.63
Mar.	27.1	53	82	0.59
Apr.	27.7	53	83	0.58
May	27.3	53	82	0.61
Jun.	26.9	54	80	0.65
Jul.	27.1	70	77	0.79
Aug.	27.2	62	78	0.79
Sep.	26.9	53	79	0.77
Oct.	27.4	56	77	0.77
Nov.	27.3	47	79	0.62
Dec.	27.0	39	81	0.60

(2) Calculation results

Table 6-3 Calculation of Evaporation Index

Month	$f(T_{af}) \times 10^{-2}$	$\Delta L^{-2} \times 10^2$	$P_z^{wa}]sa$	$\gamma - \Delta$	P_z^{wa}	$f(T_{dp})$	$P_z^{wa}]sa - P_z^{wa}$
Jan.	9.15	2.64	26.18	2.03	21.21	0.115	4.97
Feb.	9.18	2.67	26.46	2.04	21.70	0.111	4.76
Mar.	9.21	2.71	26.90	2.07	22.06	0.108	4.84
Apr.	9.29	2.81	27.85	2.11	23.16	0.100	4.69
May	9.24	2.74	27.21	2.08	22.31	0.106	4.90
Jun.	9.19	2.69	26.60	2.05	21.28	0.114	5.32
Jul.	9.21	2.71	26.90	2.07	20.71	0.120	6.19
Aug.	9.22	2.73	27.05	2.08	21.10	0.116	5.95
Sep.	9.19	2.69	26.60	2.05	21.01	0.116	5.59
Oct.	9.25	2.76	27.37	2.09	21.07	0.116	6.30
Nov.	9.24	2.74	27.21	2.08	21.50	0.113	5.71
Dec.	9.20	2.70	26.74	2.06	21.66	0.111	5.08

Month	$r_f(U_2)$	r_{Eq}	$\frac{oaH_{sh}}{x10^{-2}}$	$A_{sh}x_f(r)$	H_{sh}^{ne}	$m = \frac{m}{8(1-\gamma)}$	$f(m)$
Jan.	0.150	0.75	8.97	0.403	3.61	4.16	0.58
Feb.	0.145	0.69	9.08	0.438	3.98	3.44	0.66
Mar.	0.141	0.68	8.91	0.423	3.77	3.76	0.62
Apr.	0.140	0.66	8.42	0.423	3.56	3.76	0.62
May	0.143	0.70	7.81	0.423	3.30	3.76	0.62
Jun.	0.147	0.78	7.45	0.427	3.18	3.68	0.63
Jul.	0.159	0.98	7.56	0.489	3.70	2.40	0.76
Aug.	0.159	0.95	8.08	0.458	3.70	3.04	0.70
Sep.	0.157	0.88	8.64	0.428	3.70	3.76	0.62
Oct.	0.157	0.99	8.95	0.434	3.88	3.52	0.65
Nov.	0.144	0.82	8.94	0.399	3.57	4.24	0.58
Dec.	0.142	0.72	8.89	0.368	3.27	4.88	0.51

Month	H_{eo}^{ne}	$H_{sh}^{ne} - H_{eo}^{ne}$	ΔH_{ra}^{ne}	$Y_{Eq} + \Delta H_{ra}^{ne}$	E _o	E
					mm/day	mm/month
Jan.	0.61	3.00	7.92	8.67	4.27	132.4
Feb.	0.67	3.31	8.84	9.53	4.67	130.8
Mar.	0.62	3.15	8.54	9.22	4.45	138.0
Apr.	0.58	2.98	8.37	9.03	4.30	129.0
May	0.61	2.69	7.37	8.07	3.88	120.3
Jan.	0.66	2.52	6.78	7.56	3.69	110.7
Jul.	0.84	2.86	7.75	8.73	4.22	130.8
Aug.	0.75	2.95	8.05	9.00	4.33	134.2
Sep.	0.66	3.04	8.18	9.06	4.42	132.6
Oct.	0.70	3.18	8.78	9.77	4.67	144.8
Nov.	0.61	2.96	8.11	8.93	4.29	128.7
Dec.	0.52	2.75	7.43	8.15	3.96	122.8

Table 6-4a T_{ai} for 20°- 24°C

$$f(T_{ai}) \times 10^{-2}$$

$$\Delta L^{-1} \times 10^2$$

$$P_z^{wa}] sa$$

$$\gamma + \Delta$$

T_{ai}	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
20	8.37	8.38	8.40	8.41	8.42	8.43	8.44	8.46	8.47	8.48
	1.84	1.86	1.87	1.88	1.89	1.90	1.91	1.92	1.93	1.94
	17.53	17.64	17.75	17.86	17.97	18.08	18.20	18.31	18.43	18.54
	1.58	1.58	1.59	1.60	1.60	1.61	1.61	1.62	1.63	1.63
21	8.49	8.50	8.51	8.52	8.53	8.54	8.56	8.57	8.58	8.59
	1.96	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.02	2.04	2.05	2.06
	18.65	18.77	18.88	19.00	19.11	19.23	19.35	19.46	19.58	19.70
	1.64	1.65	1.65	1.66	1.66	1.67	1.68	1.68	1.69	1.70
22	8.60	8.61	8.62	8.63	8.64	8.65	8.67	8.68	8.69	8.71
	2.07	2.08	2.09	2.10	2.11	2.12	2.14	2.15	2.16	2.17
	19.82	19.94	20.06	20.19	20.31	20.43	20.58	20.69	20.80	20.93
	1.70	1.71	1.72	1.72	1.73	1.74	1.74	1.75	1.75	1.76
23	8.72	8.73	8.74	8.76	8.77	8.78	8.79	8.81	8.82	8.83
	2.18	2.19	2.21	2.22	2.23	2.24	2.26	2.27	2.28	2.29
	21.05	21.19	21.32	21.45	21.58	21.71	21.84	21.97	22.10	22.23
	1.77	1.78	1.78	1.79	1.80	1.80	1.81	1.82	1.82	1.83
24	8.84	8.85	8.86	8.88	8.89	8.90	8.91	8.93	8.94	8.95
	2.30	2.32	2.33	2.34	2.36	2.37	2.38	2.40	2.41	2.42
	22.37	22.50	22.63	22.76	22.91	23.05	23.19	23.31	23.45	23.60
	1.83	1.84	1.85	1.86	1.87	1.87	1.88	1.89	1.89	1.90

Table 6-4b T_{ai} for 25° - 30°C

$$f(T_{ai}) \times 10^{-2}$$

$$\Delta L^{-1} \times 10^2$$

$$P_z^{wa}]_{sa}$$

$$\gamma + \Delta$$

T_{ai}	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
25	8.96	8.97	8.98	9.00	9.01	9.02	9.03	9.05	9.06	9.07
	2.43	2.45	2.46	2.47	2.49	2.50	2.51	2.52	2.54	2.55
	23.75	23.90	24.03	24.20	24.35	24.49	24.64	24.79	24.94	25.08
	1.91	1.92	1.92	1.93	1.94	1.95	1.95	1.96	1.97	1.98
26	9.08	9.09	9.10	9.12	9.13	9.14	9.15	9.17	9.18	9.19
	2.56	2.57	2.59	2.60	2.62	2.63	2.64	2.66	2.67	2.69
	25.31	25.45	25.60	25.74	25.89	26.03	26.18	26.32	26.46	26.60
	1.98	1.99	2.00	2.01	2.01	2.02	2.03	2.04	2.04	2.05
27	9.20	9.21	9.22	9.24	9.25	9.26	9.27	9.29	9.30	9.31
	2.70	2.71	2.73	2.74	2.76	2.78	2.79	2.81	2.82	2.84
	26.74	26.90	27.05	27.21	27.37	27.53	27.69	27.85	28.10	28.16
	2.06	2.07	2.08	2.08	2.09	2.09	2.10	2.11	2.12	2.13
28	9.32	9.33	9.35	9.36	9.37	9.39	9.40	9.41	9.43	9.44
	2.86	2.87	2.88	2.90	2.91	2.92	2.94	2.95	2.96	2.98
	28.32	28.49	28.66	28.83	29.00	29.17	29.34	29.51	29.68	29.85
	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.18	2.19	2.20	2.21	2.22
29	9.45	9.46	9.47	9.49	9.50	9.51	9.52	9.54	9.55	9.56
	2.99	3.01	3.02	3.04	3.05	3.07	3.08	3.10	3.11	3.13
	30.03	30.20	30.38	30.56	30.74	30.92	31.10	31.28	31.46	31.64
	2.23	2.24	2.25	2.25	2.26	2.27	2.28	2.29	2.30	2.31
30	9.57	9.58	9.60	9.61	9.62	9.64	9.65	9.66	9.68	9.69
	3.14	3.16	3.18	3.19	3.21	3.23	3.24	3.26	3.28	3.29
	31.82	32.00	32.19	32.38	32.57	32.76	32.95	33.14	33.33	33.52
	2.32	2.33	2.34	2.35	2.36	2.37	2.38	2.38	2.39	2.40

Table 6-5 Tdp

$f(T_{dp})$

$\frac{p_{wa}}{z}$ (N.B. : in mm Hg)

T_{dp}	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
15	0.195 12.78	0.194 12.86	0.194 12.95	0.193 13.03	0.192 13.11	0.191 13.20	0.190 13.28	0.189 13.37	0.188 13.45	0.187 13.54
16	0.186 13.63	0.185 13.71	0.184 13.80	0.183 13.90	0.182 13.99	0.181 14.08	0.180 14.17	0.179 14.26	0.178 14.35	0.177 14.44
17	0.176 14.53	0.175 14.62	0.175 14.71	0.174 14.80	0.173 14.90	0.172 14.99	0.171 15.09	0.170 15.17	0.169 15.27	0.168 15.38
18	0.167 15.46	0.166 15.56	0.165 15.66	0.164 15.76	0.163 15.86	0.162 15.96	0.161 16.06	0.160 16.16	0.159 16.26	0.158 16.36
19	0.157 16.46	0.156 16.57	0.156 16.68	0.155 16.79	0.154 16.90	0.153 17.00	0.152 17.10	0.151 17.21	0.150 17.32	0.149 17.43
20	0.148 17.53	0.147 17.64	0.146 17.75	0.145 17.86	0.144 17.97	0.143 18.08	0.142 18.20	0.141 18.31	0.140 18.43	0.135 18.54
21	0.137 18.65	0.136 18.77	0.135 18.88	0.134 19.00	0.133 19.11	0.132 19.23	0.131 19.35	0.130 19.46	0.129 19.58	0.128 19.70
22	0.127 19.82	0.126 19.94	0.125 20.06	0.124 20.19	0.123 20.31	0.122 20.43	0.121 20.58	0.120 20.69	0.119 20.80	0.117 20.93
23	0.116 21.05	0.115 21.19	0.114 21.32	0.113 21.45	0.112 21.58	0.111 21.71	0.110 21.84	0.109 21.97	0.108 22.10	0.107 22.23
24	0.106 22.37	0.105 22.50	0.104 22.63	0.103 22.76	0.102 22.91	0.101 23.05	0.100 23.19	0.099 23.31	0.097 23.45	0.096 23.60
25	0.095 23.75	0.094 23.90	0.093 24.03	0.092 24.20	0.091 24.35	0.090 24.49	0.089 24.64	0.088 24.79	0.087 24.94	0.086 25.08

Table 6-6 $\gamma \times f(U_2) = 0,49 \times 0,35 (0,5 + 0,54 U_2)$

U_2	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	0.086	0.095	0.104	0.114	0.123	0.132	0.142	0.151	0.160	0.169
1	0.178	0.187	0.197	0.206	0.215	0.225	0.234	0.244	0.253	0.262
2	0.271	0.280	0.290	0.299	0.308	0.318	0.327	0.337	0.346	0.355
3	0.364	0.373	0.382	0.392	0.401	0.410	0.420	0.429	0.438	0.447
4	0.456	0.465	0.475	0.484	0.493	0.503	0.512	0.522	0.531	0.540
5	0.549	0.558	0.568	0.577	0.586	0.596	0.605	0.614	0.624	0.633
6	0.642	0.651	0.660	0.670	0.679	0.688	0.698	0.707	0.716	0.725
7	0.734	0.743	0.752	0.762	0.771	0.780	0.790	0.799	0.808	0.817
8	0.826	0.835	0.845	0.854	0.863	0.873	0.882	0.891	0.901	0.910
9	0.919	0.928	0.938	0.947	0.956	0.966	0.975	0.984	0.994	1.003
10	1.012	1.021	1.031	1.040	1.049	1.059	1.068	1.077	1.087	1.096

If U_2 , the wind velocity at 2 m, is not known, U_z can be derived from:

$$U_2 = \left(\frac{z}{2}\right)^{1/f} U_z = f(z) \times U_z$$

z	$f(z)$
0,5	1,22
1	1,105
2	1,00
3	0,994
4	0,906
5	0,877
6	0,854
7	0,836
8	0,820
9	0,807
10	0,795

Table 6-7. $oa^{H_{sh}} \times 10^{-2}$

S. titude	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
0	8.59	8.87	8.93	8.67	8.23	7.95	8.03	8.41	8.77	8.83	8.62	8.46
1	8.66	8.92	8.93	8.62	8.15	7.85	7.94	8.34	8.74	8.85	8.68	8.55
2	8.74	8.96	8.92	8.57	8.06	7.75	7.85	8.27	8.71	8.88	8.75	8.63
3	8.82	9.00	8.92	8.52	7.98	7.65	7.75	8.21	8.69	8.91	8.81	8.72
4	8.89	9.04	8.91	8.47	7.89	7.55	7.66	8.14	8.67	8.93	8.88	8.80
5	8.97	9.08	8.91	8.42	7.81	7.45	7.56	8.08	8.64	8.95	8.94	8.89
6	9.04	9.12	8.91	8.37	7.72	7.35	7.47	8.01	8.62	8.97	9.01	8.97
7	9.12	9.16	8.90	8.32	7.64	7.25	7.37	7.95	8.59	8.99	9.08	9.06
8	9.19	9.20	8.90	8.27	7.55	7.15	7.28	7.88	8.57	9.01	9.14	9.14
9	9.27	9.24	8.90	8.22	7.47	7.05	7.18	7.81	8.54	9.03	9.21	9.23
10	9.35	9.28	8.89	8.17	7.38	6.95	7.09	7.74	8.51	9.06	9.27	9.32

Table 6-8: $a_{sh} \times f(r) = 0,75 [0,29 \cos \text{degrees } \frac{N}{S} + 0,52 r \times 10^{-2}]$

Degrees N or S	r										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
90	0	0.039	0.078	0.117	0.156	0.195	0.234	0.273	0.312	0.351	0.390
80	0.019	0.058	0.097	0.136	0.175	0.214	0.253	0.292	0.331	0.370	0.409
70	0.074	0.113	0.152	0.191	0.230	0.269	0.308	0.347	0.386	0.425	0.464
60	0.120	0.159	0.198	0.237	0.276	0.315	0.354	0.393	0.432	0.471	0.510
50	0.140	0.179	0.218	0.257	0.296	0.335	0.374	0.413	0.452	0.491	0.530
40	0.167	0.206	0.245	0.284	0.323	0.362	0.401	0.440	0.479	0.518	0.557
30	0.188	0.227	0.266	0.305	0.344	0.383	0.422	0.461	0.500	0.539	0.578
20	0.204	0.243	0.282	0.321	0.360	0.399	0.438	0.477	0.516	0.555	0.594
10	0.214	0.253	0.292	0.331	0.370	0.409	0.448	0.487	0.526	0.565	0.604
6	0.216	0.255	0.294	0.333	0.372	0.411	0.450	0.489	0.528	0.567	0.606
0	0.218	0.257	0.296	0.335	0.374	0.413	0.452	0.491	0.530	0.569	0.608

Table 6-9 $f(m) = 0.20 + 0.80(1 - r)$

With m in octas	f (m)	With m in tenths	f (m)
0	1	0	1
1	0.9	1	0.92
2	0.8	2	0.84
3	0.7	3	0.76
4	0.6	4	0.68
5	0.5	5	0.60
6	0.4	6	0.52
7	0.3	7	0.44
8	0.2	8	0.36
		9	0.28
		10	0.20

2. 作物係数

インドネシアにおける水稻の作物係数は成長期間に従つて次の如くなると云われる。

全成長期間の10%の時点	作物係数	: 1.08
" 20% "	"	1.18
" 30% "	"	1.27
" 40% "	"	1.37
" 50% "	"	1.40
" 60% "	"	1.33
" 70% "	"	1.23
" 80% "	"	1.13
" 90% "	"	1.02
" 100% "	"	0.92

上表で収穫前2週間は、かんがいは必要ない。次図は成長期間を135日にした場合の作物係数を示す。

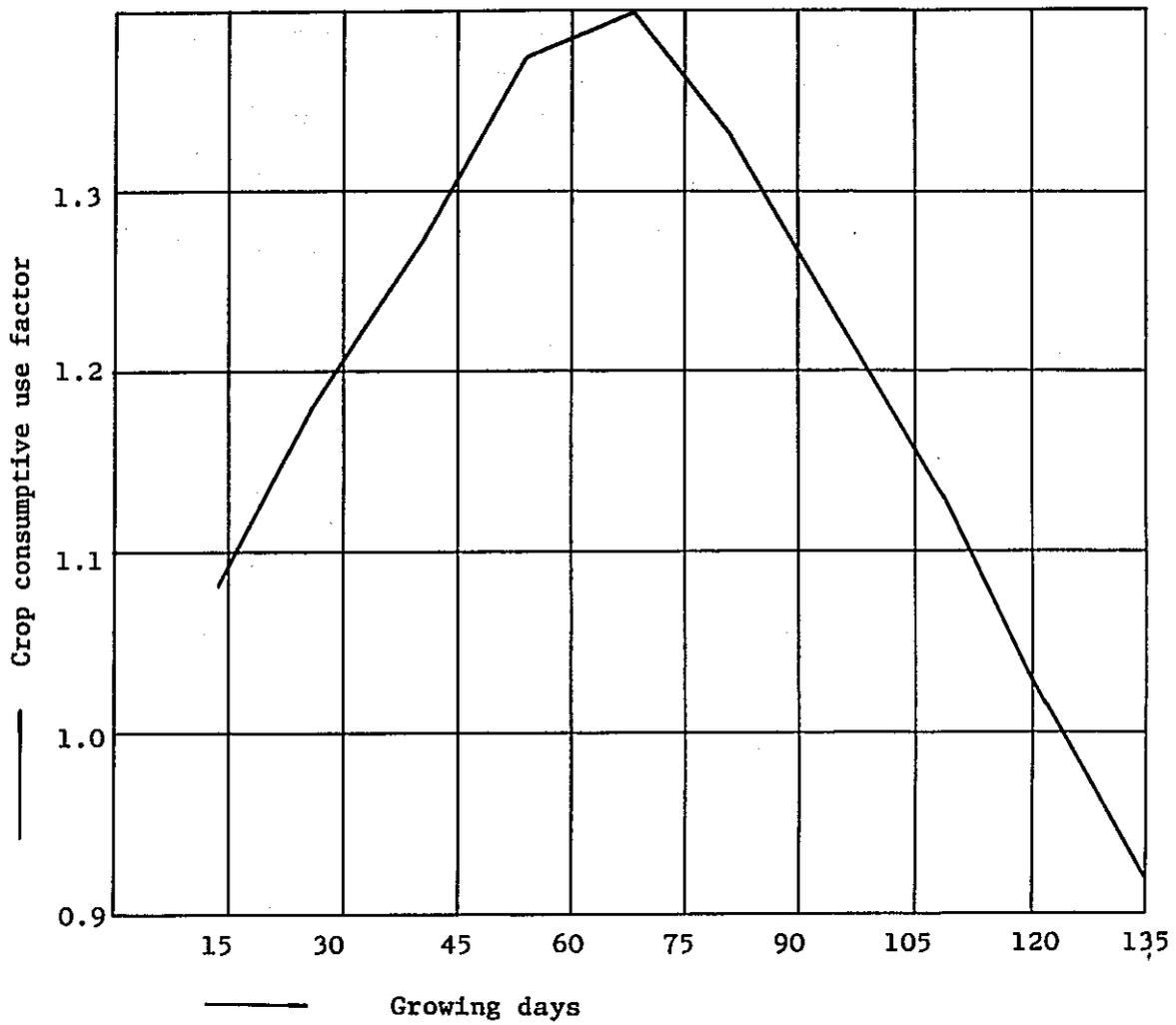


Fig. 6-1

Crop factor curve of the modified penman method
for paddy of 135 days growing season.

6-3-3 有効雨量

45年間より47年間に及ぶコタブミ市の月雨量より求めた1/5確率の月雨量(Rm)より次の様に有効雨量(Re)を仮定する

$$R_e = 0.7 \times R_m \quad (\text{mm/month})$$

計算結果は次の通りである。

Month	Rm	Re
Jan.	252 mm	176.4 mm
Feb.	190	133.0
Mar.	236	165.2
Apr.	156	109.2
May	115	80.5
Jun.	54	37.8
Jul.	42	29.4
Aug.	32	22.4
Sep.	36	25.2
Oct.	69	48.3
Nov.	126	88.2
Dec.	225	157.5
Total	1,533	1,073.1

6-3-4 浸透量, 本田準備用水量, しろかき用水量及び導水損失

取得した資料によると, インドネシアでは次の如き値が一般に使用されている。

1. 浸透量
 - 雨季 : 2.5 mm
 - 乾季 : 3.0 mm
2. 本田準備用水量 : 150 mm/month
 - しろかき用水量 : 50 mm
3. 導水損失
 - 幹線水路 : 20%
 - 支線水路, 圃場水路その他 : 20%

従つて水搬送効率は0.64となる。

6-3-5 作付形態

受益面積が大きいこと及び乾季作のローテーションを考慮し、地域を4及至5等分したブロック方式を導入する。図6-2, 6-3及び6-4に示す種々の作付形態を135日の成長期間、栽培技術、労働力、用水量、河川流量といった点から比較検討した。作付形態は次の3タイプに大別される。

作付形態	1戸当り水田面積	ブロック間のずれ
A	1.00 ha	30日
B	1.20 ha	40日
C	1.25 ha	50日

総かんがい面積を25,000 haとした場合、各作付形態別の粗用水量、ダム貯水位変動の計算結果を表6-10, 11, 12, 13, 図6-5, 6及7に示す。

単に年間必要取水量、最大取水量という点からみると、各作付形態の優先順位は次のようになる。

優先順位	年間必要取水量	最大取水量
1	A 2 1	C 1 1
2	B 2 1	A 2 1
3	A 2 2	A 1 1
4	C 2 2	C 2 3
5	C 2 1	C 2 1
6	A 2 3	B 2 1
7	A 2 4	C 2 2
8	C 2 3	A 1 2
9	B 2 2	A 2 2
10	C 1 1	B 1 1

ダム貯水位の変動に関しては、殆んど差がないとみられる。上記検討は土木技術上の点からのみなされており、最終的には農業技術上の点も考慮し、C 11を計画作付形態と想定した。

Fig. 6-2 Cropping Patterns for Comparative Study

Pattern: A

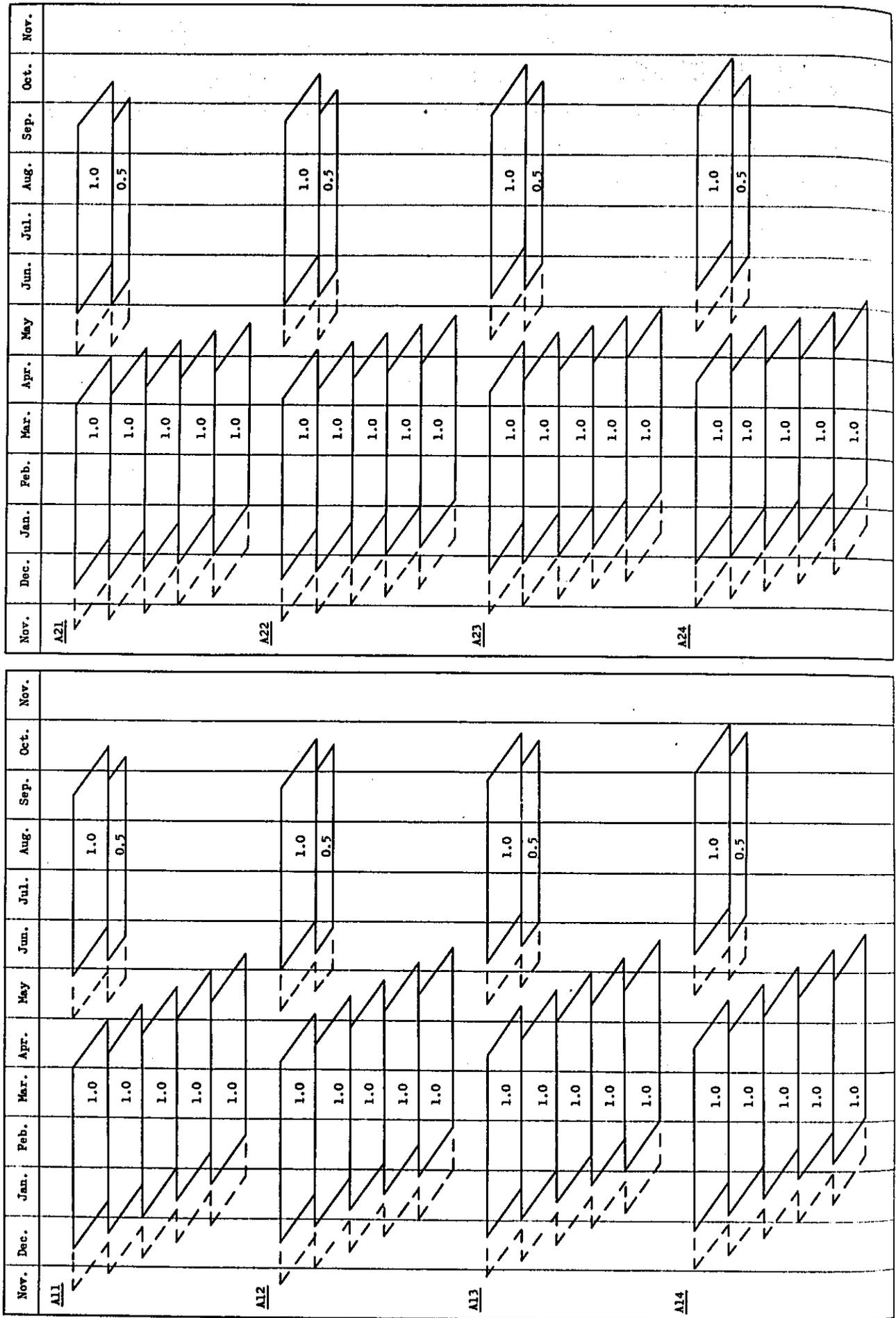


Fig. 6-3 Cropping Pattern for Comparative Study

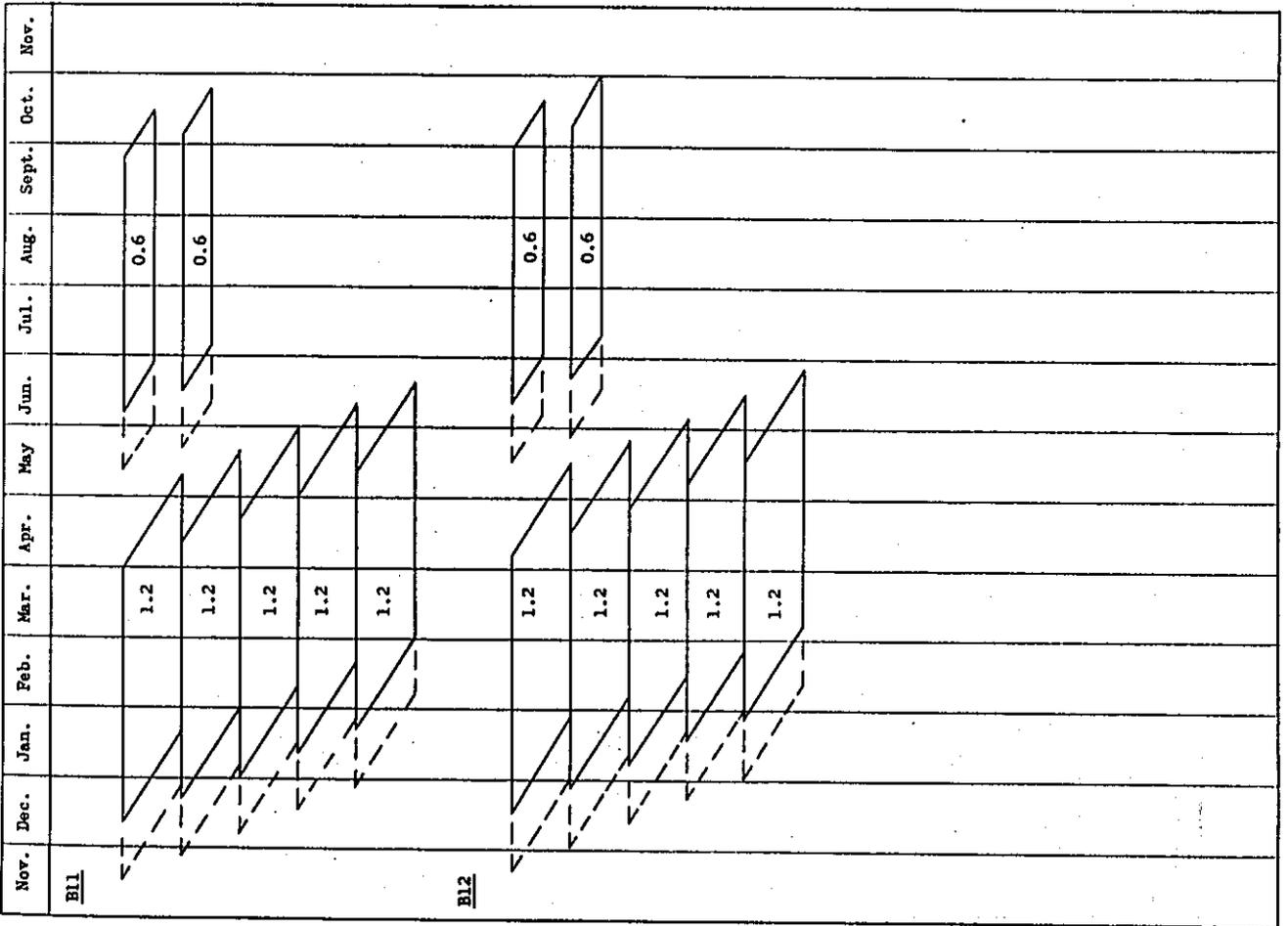
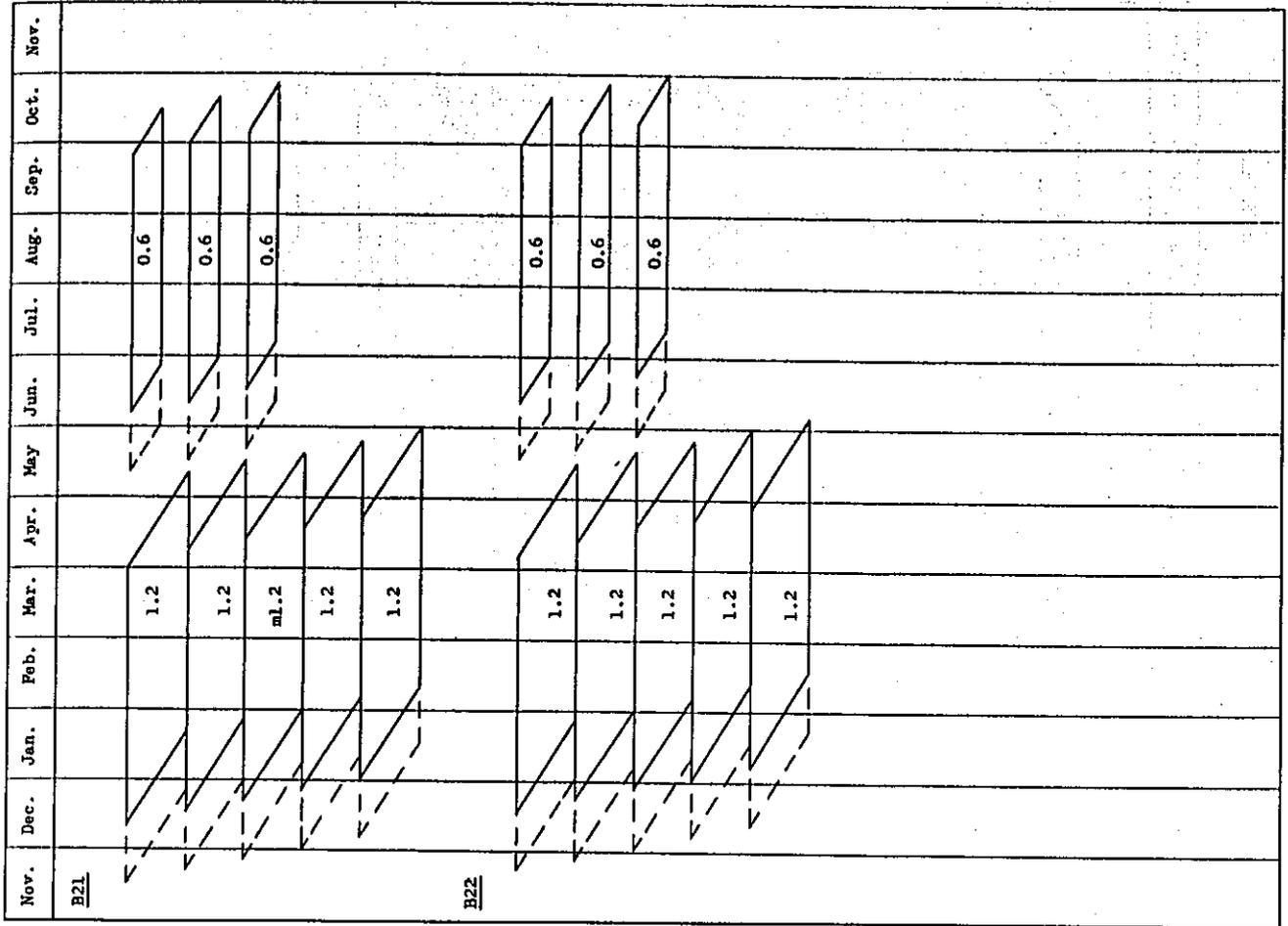


Fig. 6-4 Cropping Pattern for Comparative Study

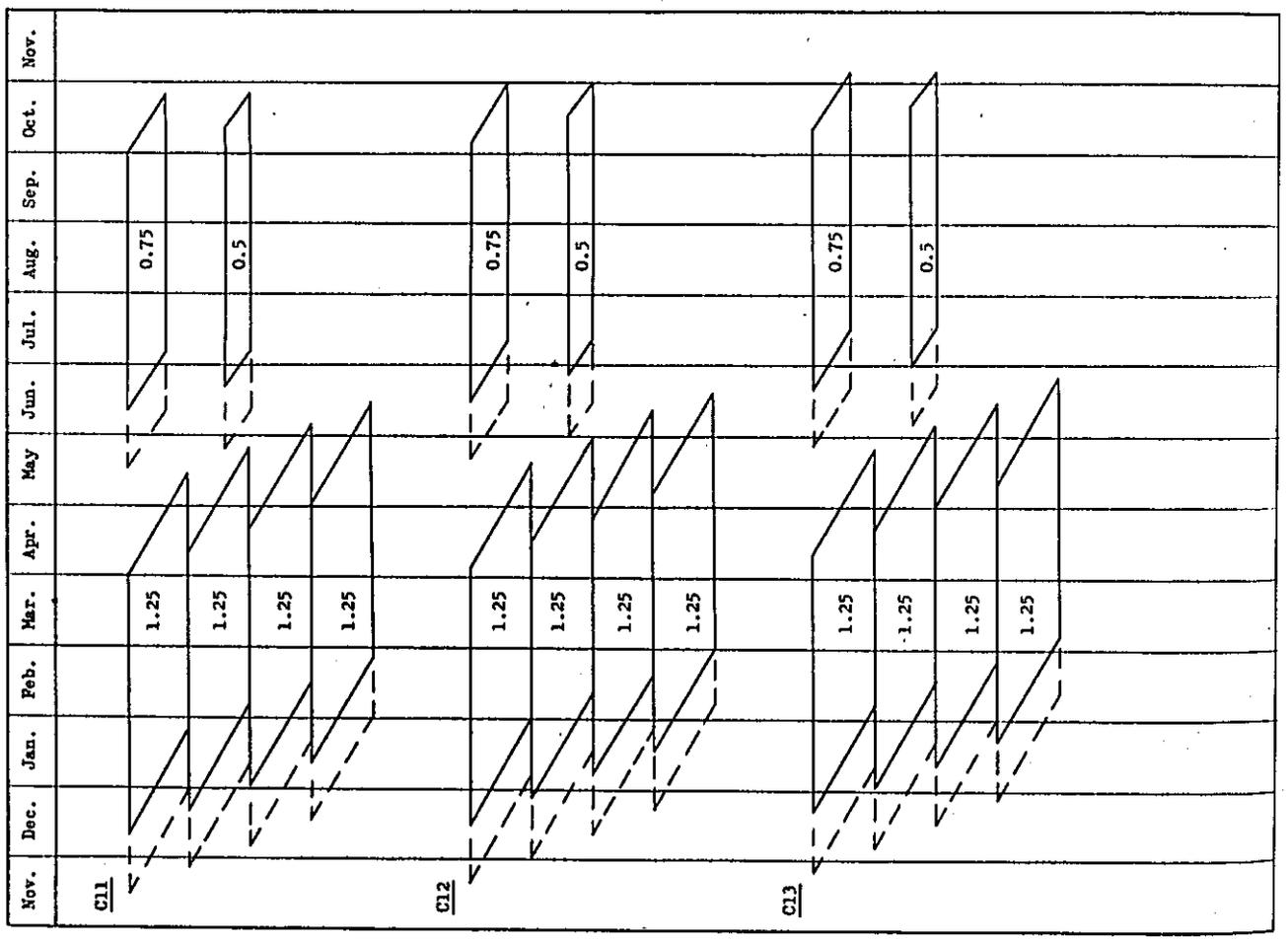
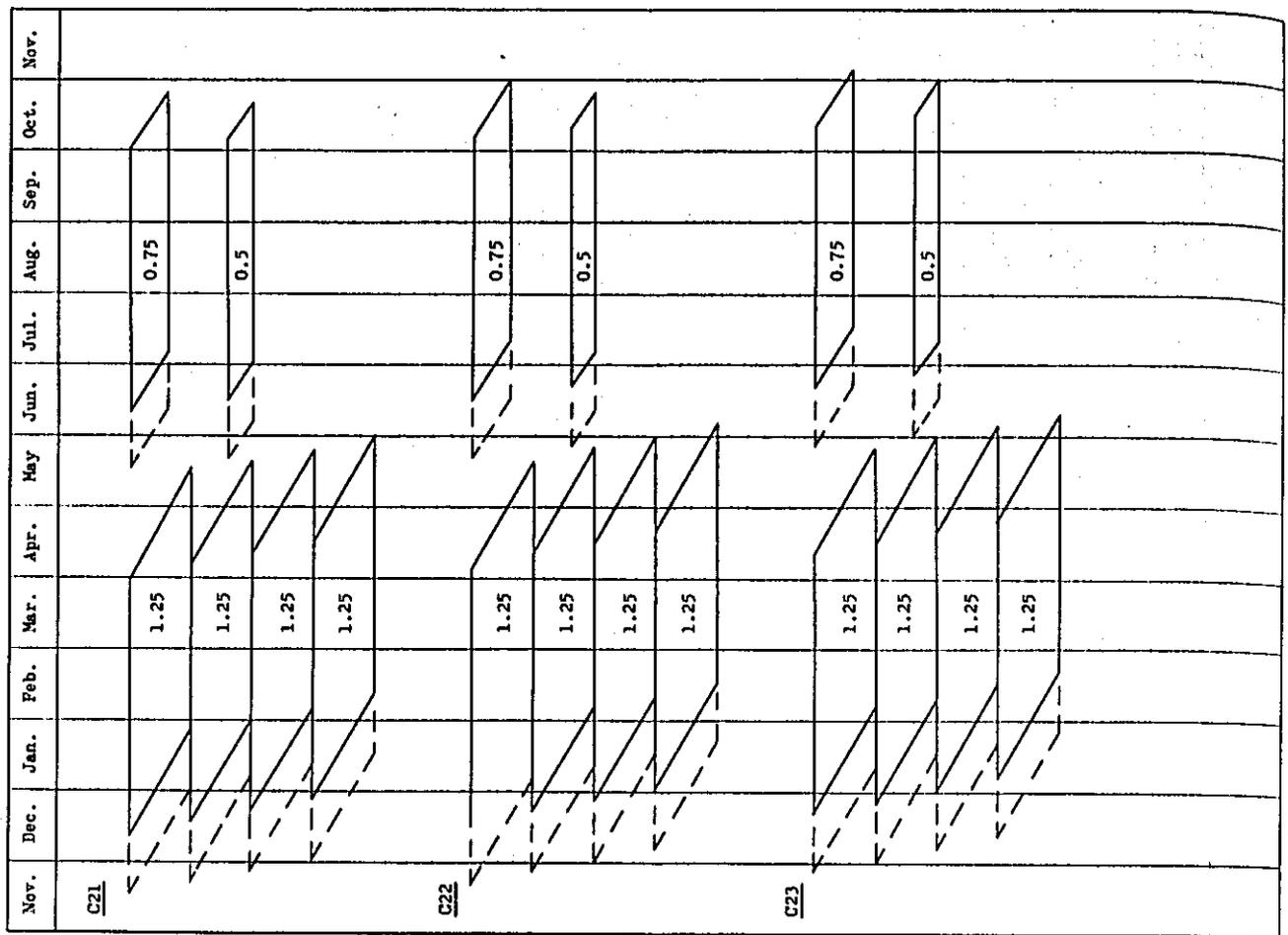


Table 6-10 Average diversion requirement and total diversion discharge per ha.

Month	Cropping pattern							
	All		A12		A13		A14	
	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha
Nov.	0.023	59.6	0.008	20.7	0.002	5.2		
Dec.	0.399	1,068.7	0.288	771.4	0.187	500.9	0.111	297.3
Jan.	0.831	2,225.8	0.798	2,137.4	0.758	2,030.2	0.682	1,826.7
Feb.	0.849	2,053.9	0.916	2,216.0	0.990	2,395.0	1.048	2,535.3
Mar.	0.520	1,392.8	0.543	1,454.4	0.558	1,494.5	0.581	1,556.2
Apr.	0.471	1,220.8	0.547	1,417.8	0.605	1,568.2	0.693	1,796.3
May	0.125	334.8	0.195	552.3	0.259	693.7	0.347	929.4
	0.628	420.5	0.353	236.4	0.185	123.9	0.084	56.2
Jun.			0.003	7.8	0.011	28.5	0.028	72.6
	1.786	1,157.3	1.937	1,255.2	1.933	1,252.6	1.765	1,143.7
Jul.	1.424	953.5	1.416	948.2	1.433	959.5	1.509	1,010.4
Aug.	1.403	939.4	1.434	960.2	1.463	979.6	1.479	990.3
Sep.	0.890	576.7	1.044	676.5	1.176	762.0	1.271	823.6
Oct.	0.011	7.4	0.052	34.8	0.135	90.4	0.261	174.8
Nov.								
Total		12,411.2		12,689.1		12,884.2		13,212.8
Wet season		8,356.4		8,577.8		8,716.2		9,013.8
Dry season		4,054.8		4,111.3		4,168.0		4,199.0

- Remarks; (1) The area in dry season : 25%
(2) A : Average diversion requirement per ha.
(3) B : Diversion discharge required per ha.

Table 6-11 Average diversion requirement and total diversion discharge per ha.

Month	Cropping pattern							
	A21		A22		A23		A24	
	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha
Nov.	0.032	829	0.011	28.5	0.002	5.2		
Dec.	0.650	1,741.0	0.461	1,234.7	0.293	784.8	0.016	42.9
Jan.	0.831	2,225.8	0.933	2,498.9	1.000	2,499.9	1.008	2,699.8
Feb.	0.757	1,831.3	0.768	1,857.9	0.788	1,906.3	0.829	2,005.5
Mar.	0.471	1,261.5	0.505	1,352.6	0.533	1,427.6	0.559	1,497.2
Apr.	0.322	824.6	0.414	1,073.1	0.504	1,306.4	0.583	1,511.1
May	0.012	32.1	0.031	83.0	0.067	179.5	0.123	329.4
	0.734	491.5	0.439	294.0	0.239	160.0	0.109	73.0
Jun.	1.730	1,121.0	1.885	1,221.5	1.909	1,237.0	1.841	1,193.0
Jul.	1.426	954.8	1.419	950.2	1.443	966.2	1.478	989.7
Aug.	1.395	934.1	1.424	953.5	1.455	974.3	1.473	986.3
Sep.	0.819	530.7	0.976	632.4	1.136	736.1	1.251	810.6
Oct.	0.011	7.4	0.041	27.5	0.104	69.6	0.209	139.9
Nov.								
Total		12,038.7		12,207.8		12,252.9		12,278.4
Wet season		7,999.2		8,128.7		8,109.7		8,085.9
Dry season		4,039.5		4,079.1		4,143.2		4,192.5

- Remarks, (1) The area in dry season : 25%
- (2) A : Average diversion requirement per ha.
- (3) B : Diversion discharge required per ha.

Table 6-12 Average diversion requirement and total diversion discharge per ha.

Month	Cropping pattern							
	B11		B12		B21		B22	
	A ℓ/S/hr	B m ³ /ha	A ℓ/S/hr	B m ³ /ha	A ℓ/S/hr	B m ³ /ha	A ℓ/S/hr	B m ³ /ha
Nov.	0.017	44.1	0.006	15.6	0.023	59.6	0.008	20.7
Dec.	0.275	736.6	0.147	393.7	0.397	1,063.3	0.256	685.7
Jan.	0.757	2,027.5	0.705	1,888.3	0.893	2,391.8	0.927	2,482.9
Feb.	0.935	2,262.0	0.988	2,390.2	0.792	1,916.0	0.824	1,993.4
Mar.	0.544	1,457.0	0.567	1,518.6	0.503	1,347.2	0.532	1,424.9
Apr.	0.531	1,376.4	0.598	1,550.0	0.398	1,031.6	0.480	1,244.2
May	0.198	530.3	0.287	768.7	0.039	104.5	0.104	278.6
	0.227	152.0	0.101	67.6	0.212	142.0	0.091	60.9
Jun.	0.009	23.3	0.020	51.8				
	1.916	1,241.6	1.814	1,175.5	1.952	1,264.9	1.840	1,192.3
Jul.	1.441	964.9	1.484	993.7	1.425	954.2	1.478	989.7
Aug.	1.454	973.6	1.481	991.7	1.456	974.9	1.479	990.3
Sep.	1.158	750.4	1.271	823.6	1.172	759.5	1.275	826.2
Oct.	0.117	78.3	0.235	157.3	0.109	73.0	0.227	152.0
Nov.								
Total		12,418.0		12,786.3		12,082.5		12,341.8
Wet season		8,257.2		8,576.9		7,914.0		8,130.4
Dry season		4,160.8		4,209.4		4,168.5		4,211.4

- Remarks, (1) The area in dry season : 25%
(2) A : Average diversion requirement per ha.
(3) B : Diversion discharge required per ha.

Table 6-13 Average diversion requirement and total diversion discharge per ha.

Month	Cropping pattern					
	C11		C12		C13	
	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha	A ℓ/S/ha	B m ³ /ha
Nov.	0.018	46.7	0.007	18.1	0.002	5.2
Dec.	0.285	763.3	0.197	527.6	0.125	334.8
Jan.	0.829	2,220.4	0.746	1,998.1	0.705	1,888.3
Feb.	0.796	1,925.7	0.960	2,322.4	0.925	2,237.8
Mar.	0.540	1,446.3	0.560	1,499.9	0.577	1,545.4
Apr.	0.503	1,303.8	0.570	1,477.4	0.631	1,635.6
May	0.157	420.5	0.220	589.2	0.282	755.3
	0.094	62.9	0.034	22.8	0.040	26.8
Jun.	0.002	5.2	0.009	23.3	0.023	59.6
	1.881	1,218.9	1.584	1,026.4	1.209	783.4
Jul.	1.469	983.6	1.582	1,059.3	1.741	1,165.8
Aug.	1.475	987.7	1.494	1,000.4	1.504	1,007.1
Sep.	1.263	818.4	1.325	858.6	1.371	888.4
Oct.	0.214	143.3	0.371	248.4	0.557	373.0
Nov.						
Total		12,346.7		12,671.9		12,706.5
Wet season		8,131.9		8,456.0		8,462.0
Dry season		4,214.8		4,215.9		4,244.5

- Remarks, (1) The area in dry season : 25%
 (2) A : Average diversion requirement per ha.
 (3) B : Diversion discharge required per ha.

Table 6-14 Average diversion requirement and total diversion discharge per ha.

Month	Cropping pattern					
	C21		C22		C23	
	A ℓ/S/hr	B m ³ /ha	A ℓ/S/hr	B m ³ /hr	A ℓ/S/hr	B m ³ /ha
Nov.	0.025	64.8	0.009	23.3	0.002	5.2
Dec.	0.426	1,141.0	0.296	792.8	0.188	503.5
Jan.	0.887	2,375.7	0.909	2,434.7	0.878	2,351.6
Feb.	0.792	1,916.0	0.753	1,821.7	0.786	1,901.5
Mar.	0.503	1,347.2	0.534	1,430.3	0.559	1,497.2
Apr.	0.394	1,021.2	0.471	1,220.8	0.547	1,417.8
May	0.056	150.0	0.100	267.8	0.147	393.7
	0.125	83.7	0.043	28.8	0.040	26.8
Jun.	1.973	1,278.5	1.753	1,135.9	1.396	904.6
Jul.	1.431	958.2	1.517	1,015.8	1.656	1,108.9
Aug.	1.469	983.6	1.484	993.7	1.508	1,009.8
Sep.	1.242	804.8	1.311	849.5	1.358	880.0
Oct.	0.151	101.1	0.294	196.9	0.475	318.1
Nov.						
Total		12,225.8		12,212.0		12,318.7
Wet season		8,015.9		7,991.4		8,070.5
Dry season		4,209.9		4,220.6		4,248.2

- Remarks, (1) The area in dry season : 25%
- (2) A : Average diversion requirement per ha.
- (3) B : Diversion discharge required per ha.

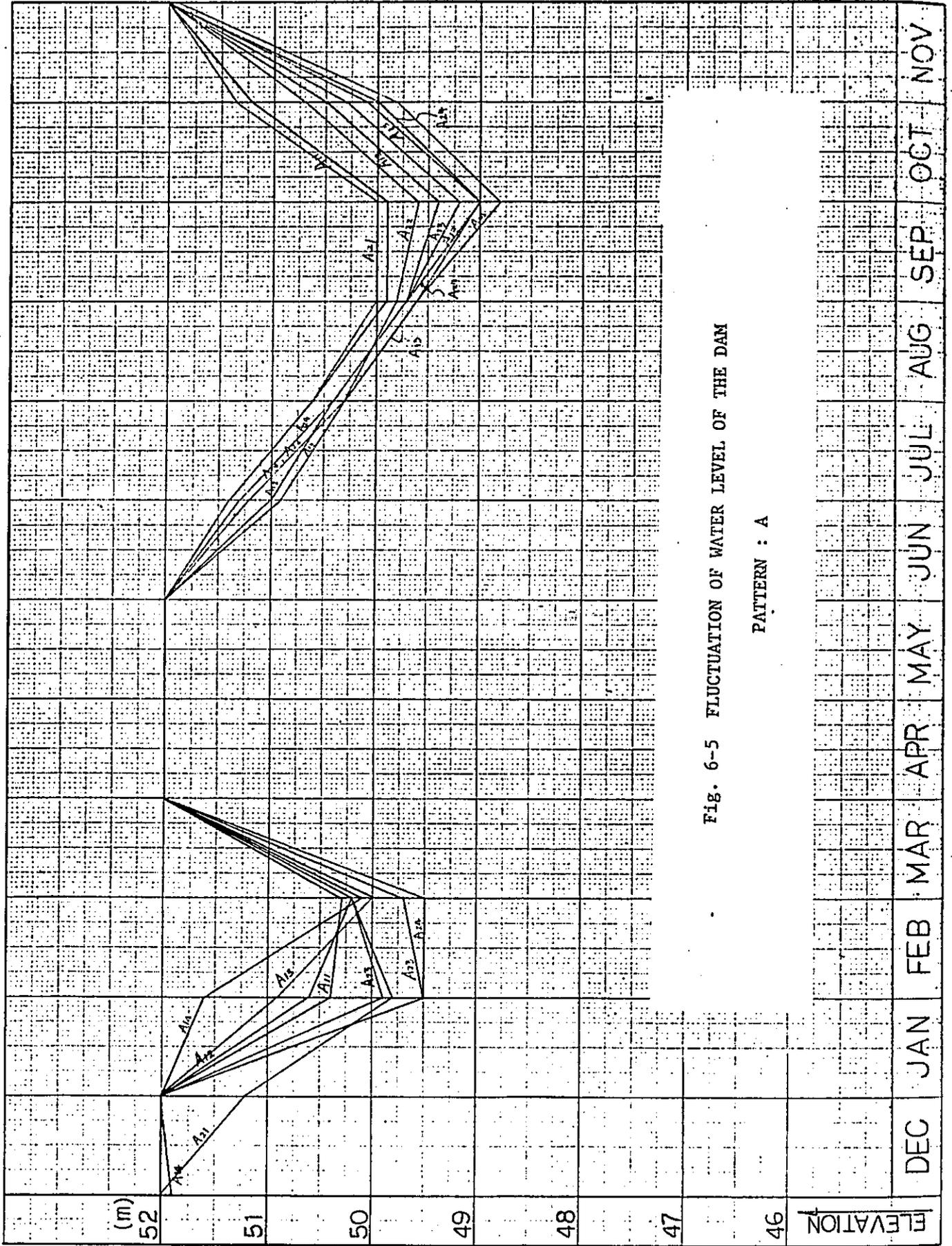


Fig. 6-5 FLUCTUATION OF WATER LEVEL OF THE DAM

PATTERN : A

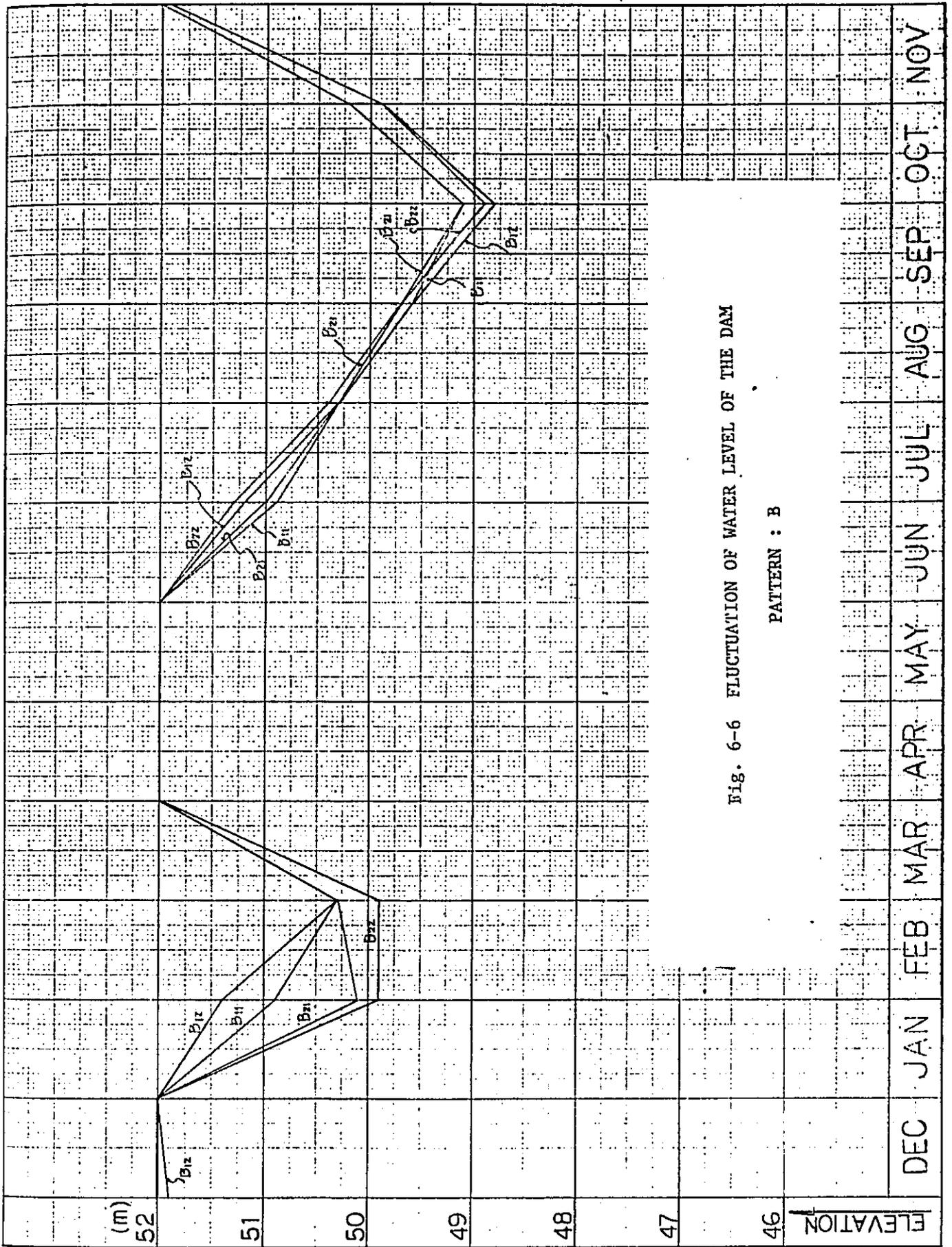


Fig. 6-6 FLUCTUATION OF WATER LEVEL OF THE DAM

PATTERN : B

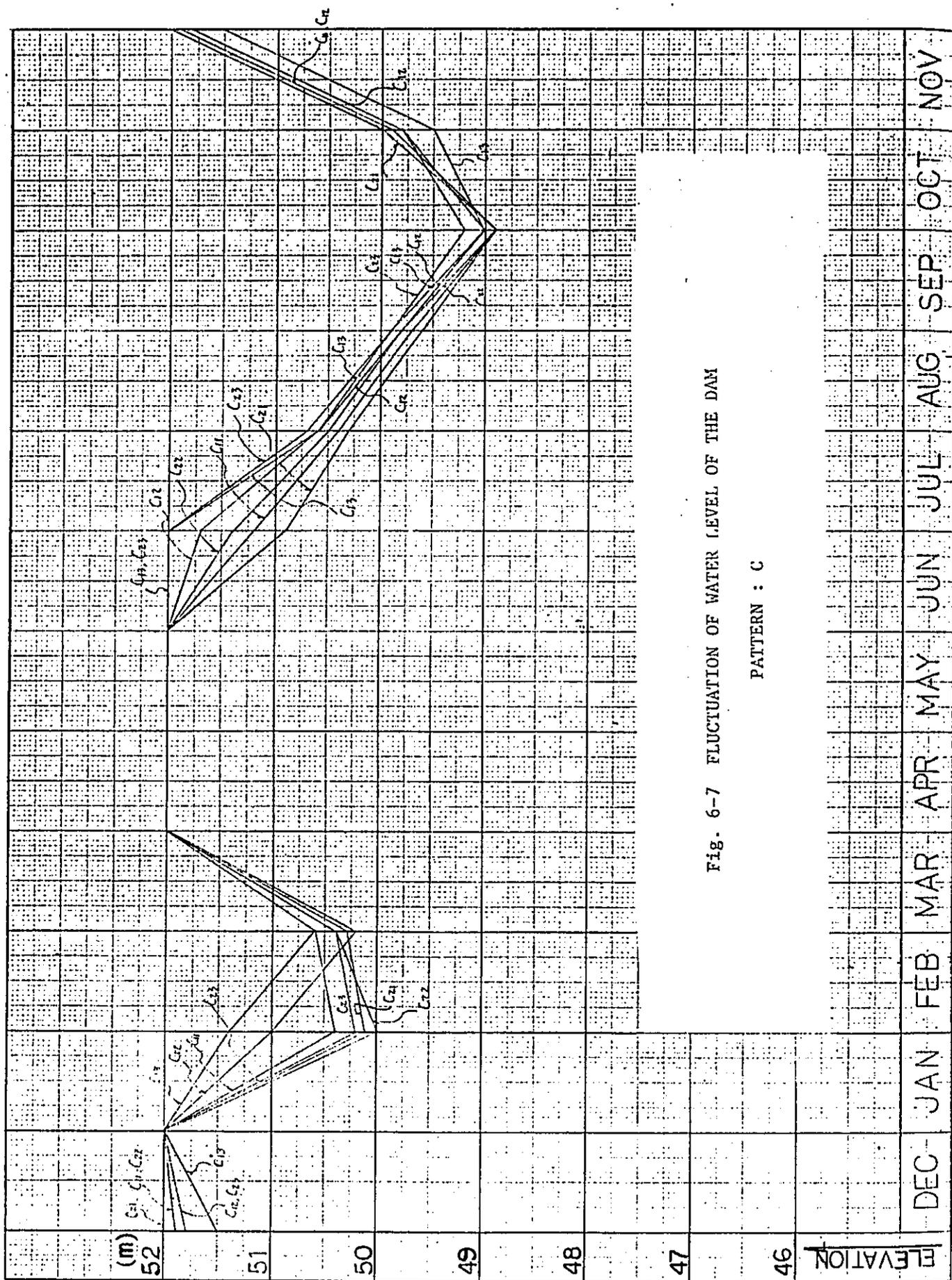


Fig. 6-7 FLUCTUATION OF WATER LEVEL OF THE DAM

PATTERN : C

6-3-6 粗用水量

最終的な計画作付形態及び粗用水量を次表に示す。またブロック別の粗用水量計算結果は表6-16, 17, 18及び19に示す。

Table 6-15 Cropping pattern and unit diversion requirement

Item	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
Pattern												
Type 1					1.25					0.75		
2					1.25					0.50		
3					1.25							
4					1.25							
Diversion Requirement												
Type 1	0.067	0.641	0.822	0.775	0.453	0.278	0.152	1.897	1.461	1.469	1.222	0.169
2	0.006	0.350	0.977	0.758	0.519	0.433	0.091	1.856	1.480	1.484	1.325	0.281
3		0.119	0.909	0.520	0.575	0.586	0.185					
4		0.029	0.607	1.129	0.615	0.715	0.366	0.009				
Average	0.018	0.285	0.829	0.796	0.540	0.503	0.094	1.881	1.469	1.475	1.263	0.214

(ℓ/sec/ha)

6-4 水収支その他

純かんがい面積をそれぞれ20,000haと25,000haとした場合のラレムダム水収支計算結果は、表6-20, 6-21の通りであり計画満水位と純かんがい面積との関係は図6-8に示す。

各かんがいブロックの支配面積は実際には等しくないため、水路計画最大流量は単位粗用水量と支配面積との積にはならない。表6-22及び図6-9に各ブロックの想定支配面積とその用水系統図に従った幹線水路計画最大流量の計算結果を示す。また表6-23及び6-24に幹線水路断面計算結果及び水位敷高計算表を示す。

Table 6-17

Monthly Consumptive Use by Crop And Unit Water Requirement

Type: 2

Item	Unit	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
I. Conditions													
1. Evaporation index	mm	128.7	122.8	132.4	130.8	138.0	129.0	120.3	110.7	130.8	134.2	132.6	144.8
2. Effective rainfall	mm	88.2	157.5	176.4	133.0	165.2	109.2	80.5	37.8	29.4	22.4	25.2	48.3
II. Cropping pattern													
3. Crop factor		1.01	1.06	1.20	1.38	1.28	1.10	1.03 1.01 (1.025)	1.09	1.29	1.37	1.17	1.02
III. Water requirement													
4. Consumptive use(1)x(3)	mm	130.0	130.2	158.9	180.5	176.6	141.9	123.3	120.7	168.7	183.9	155.1	147.7
5. Percolation	mm	75.0	77.5	77.5	70.0	77.5	75.0	93.0	90.0	93.0	93.0	90.0	93.0
6. Water requirement by crop (4)+(5)	mm	205.0	207.7	236.4	250.5	254.1	216.9	216.3	210.7	261.7	276.9	245.1	240.7
7. Puddling water requirement	mm	1.5	84.5	114.0	-	-	-	5.0	173.5	21.5	-	-	-
8. Field delivery requirement (6)+(7)-(2)	mm	118.3	134.7	174.0	117.5	88.9	107.7	140.8	346.4	253.8	254.5	219.9	192.4
-ditto-	ℓ/s/ha	0.456	0.503	0.649	0.486	0.332	0.415	0.526	1.336	0.947	0.950	0.848	0.718
9. Ratio of area		0.009	0.445	0.963	1.000	1.000	0.667	0.083 0.028 (0.111)	0.889	1.000	1.000	1.000	0.250
10. Diversion requirement (8)x(9) 0.64	ℓ/s/ha	0.006	0.350	0.977	0.758	0.519	0.433	0.091	1.856	1.480	1.484	1.325	0.281

Table 6-18

Monthly Consumptive Use by Crop And Unit Water Requirement

Type: 3

Item	Unit	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
I. Conditions													
1. Evaporation index	mm	122.8	132.4	130.8	138.0	129.0	120.3	110.7	130.8	134.2	132.6	144.8	128.7
2. Effective rainfall	mm	157.5	176.4	133.0	165.2	109.2	80.5	37.8	29.4	22.4	25.2	48.3	88.2
II. Cropping pattern													
3. Crop factor		1.03	1.17	1.33	1.35	1.15	1.04						
III. Water requirement													
4. Consumptive use(1)x(3)	mm	126.5	154.9	174.0	186.3	148.4	125.1						
5. Percolation	mm	77.5	77.5	70.0	77.5	75.0	93.0						
6. Water requirement by crop (4)+(5)	mm	204.0	232.4	244.0	263.8	223.4	218.1						
7. Puddling water requirement	mm	41.5	127.0	31.5	-	-	-						
8. Field delivery requirement(6)+(7)-(2)	mm	88.0	183.0	142.5	98.6	114.2	137.6						
-ditto-	%/S/ha	0.328	0.683	0.589	0.368	0.440	0.514						
9. Ratio of area		0.231	0.852	1.000	1.000	0.852	0.231						
10. Diversion requirement	%/S/ha	0.119	0.909	0.520	0.575	0.586	0.185						
		$\frac{(8) \times (9)}{0.64}$											

Table 6-20

Water Balance of the Rarem Dam

Net irrigable area

wet season : 20,000 ha.

dry season : 4,700 ha.

Elevation of full water surface: 48.20 m

Planned intake water level : 47.72 m

Bed elevation of canal : 46.00 m

Month	Diversion requirement			River Discharge		Evaporation				Water Loss				B-(A+C)	Storage Capacity	Water level of the Dam
	qd	q	W.L.	A	B	W.A	Leakage		River maintain- ing flow		EQ	C				
							10 ³ m ³ /month			10 ³ m ³ /month						
Nov.	0.018	0.36	46.18	933	22,810	5.88	154.20	907	11,000	330	17,280	518	1,755	20,122	22,000	48.20
Dec.	0.285	5.70	46.93	15,267	38,837	"	167.40	984	"	341	"	536	1,861	21,709	"	"
Jan.	0.829	16.57	47.72	44,409	44,194	"	149.42	879	"	"	"	536	1,756	- 1,971	20,029	47.50
Feb.	0.796	15.92	47.68	38,514	52,013	5.20	139.44	725	10,015	280	"	484	1,489	12,010	22,000	48.20
Mar.	0.540	10.80	47.35	28,927	66,960	5.88	160.58	944	11,000	341	"	536	1,821	36,212	"	"
Apr.	0.503	10.06	47.30	26,075	54,432	"	156.30	919	"	330	"	518	1,767	26,590	"	"
May	0.157	3.14	46.71	8,410	40,176	"	146.63	862	"	341	"	536	1,739	28,849	"	"
Jun.	0.002	0.04	47.20	22,913	25,402	"	133.20	783	"	330	"	518	1,631	754	"	"
Jul.	1.469	6.90	47.04	18,481	19,802	"	147.25	866	"	341	"	536	1,743	- 422	21,578	48.00
Aug.	1.475	6.93	47.04	18,561	18,213	5.70	146.63	836	10,789	334	"	536	1,706	- 2,054	19,524	47.40
Sep.	1.263	5.94	46.90	15,396	16,070	5.10	139.80	713	9,762	293	"	518	1,524	- 850	18,674	47.10
Oct.	0.214	1.01	46.33	2,705	15,535	4.86	162.44	789	9,337	289	"	536	1,614	11,216	22,000	48.20

Table 6-21

Water Balance of the Rarem Dam

Net irrigable area

Wet season : 25,000 ha

Dry season : 5,900 ha

Elevation of full water surface: 52.00 m

Planning intake water level :

Bed elevation of canal : 46.00 m

Month	Diversion requirement				River Dis-charge		Water loss						Storage Capacity of the Dam	Water Level of the Dam			
	qd	q	W.L.	A	B	W.A	Evaporation			Leakage					River Maintaining flow	E.Q	B-(A+C)
							10 ³ m ³ /month										
	l/s/ha	m ³ /s	m	10 ³ m ³ /month	10 ³ m ³ /month	Km ²	10 ³ m ³ /month	10 ³ m ³ /month	10 ³ m ³ /month	m ³ /day	10 ³ m ³ /month	m ³ /day	10 ³ m ³ /month	10 ³ m ³ /month	10 ³ m ³ /month	m	
Nov.	0.018	0.45		1,166	22,810	7.5	154.20	1,157	18,125	544	17,280	518	2,219	19,425	55,674	51.90	
Dec.	0.285	7.13		19,097	38,837	9.1	167.40	1,523	27,873	863	"	536	2,922	16,818	56,700	52.00	
Jan.	0.829	20.73		55,523	44,194	9.2	14,942	1,375	28,350	879	"	536	2,790	-14,119	42,581	50.40	
Feb.	0.796	19.90		48,142	52,013	7.9	139.44	1,102	21,291	596	"	484	2,182	1,689	44,270	50.60	
Mar.	0.540	13.50		36,158	66,960	8.1	160.58	1,301	22,135	686	"	536	2,523	28,279	56,700	52.00	
Apr.	0.503	12.58		32,607	54,432	9.2	156.30	1,438	28,350	851	"	518	2,807	19,018	56,700	52.00	
May	0.157	3.93		10,526	40,176	9.2	146.63	1,349	"	879	"	536	2,764	25,306	56,700	52.00	
	0.094	0.59		1,580													
Jun.	0.002	0.05		130	25,402	9.2	133.20	1,225	"	851	"	518	2,594	-7,804	48,896	51.20	
	1.881	11.76		30,482													
Jul.	1.469	9.18		24,588	19,802	8.5	147.25	1,252	24,448	758	"	536	2,546	-7,332	41,564	50.40	
Aug.	1.475	9.22		24,695	18,213	7.9	146.63	1,158	20,782	644	"	536	2,338	-8,820	32,744	49.70	
Sep.	1.263	7.89		20,451	16,070	7.4	139.80	1,035	16,372	491	"	518	2,044	-6,425	26,319	48.90	
Oct.	0.214	1.34		3,589	15,535	6.6	162.44	1,072	13,160	408	"	536	2,016	9,930	36,249	49.90	

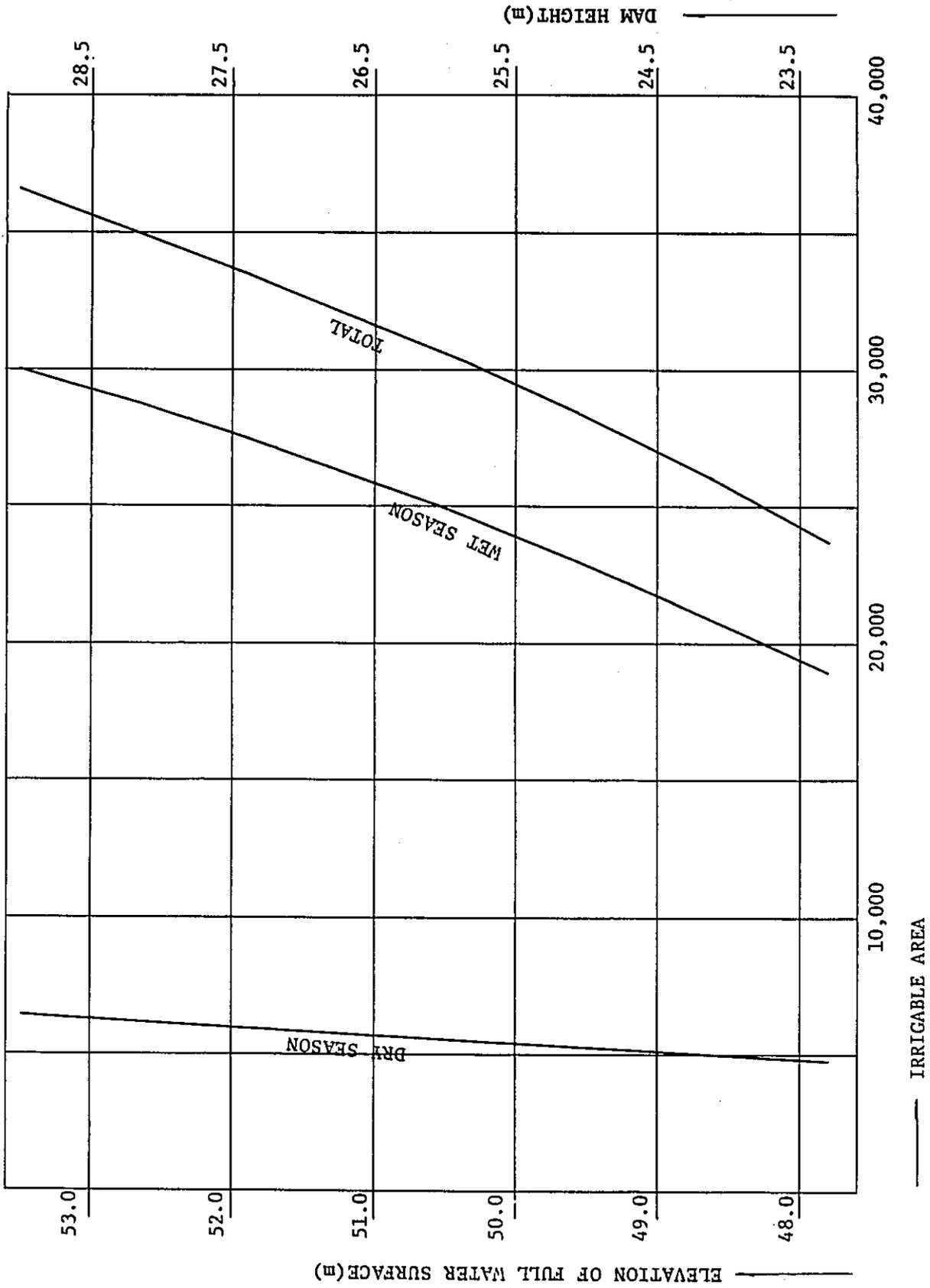


FIG. 6-8 RELATION BETWEEN ELEVATION OF FULL WATER SURFACE AND NET IRRIGABLE AREA

Fig. 6-9 Diagram of Distribution System

Gross irrigation area 25,000 ha
 Net irrigation area 20,000 ha

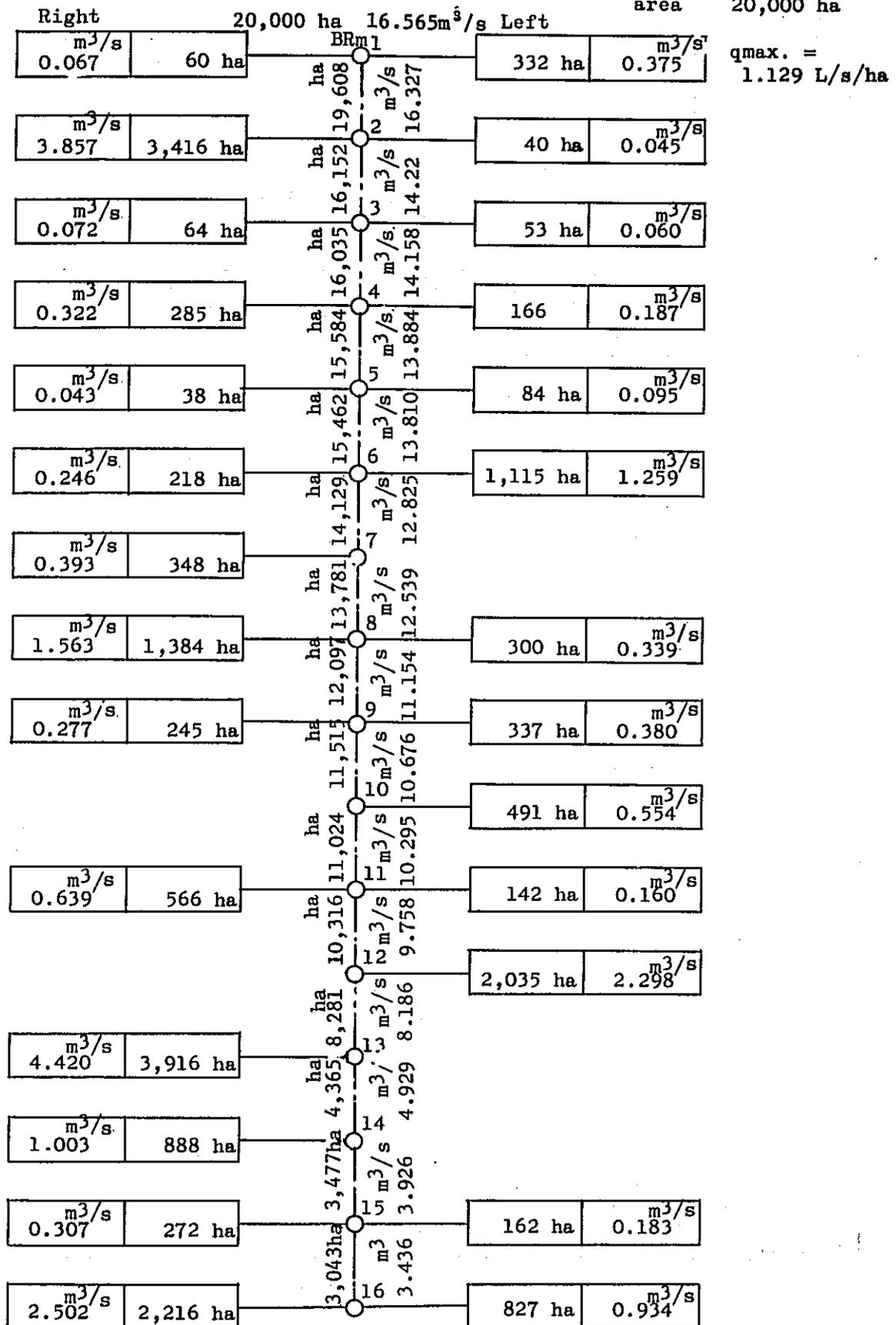


Table 6-22 Calculation of Peak Discharge

Net irrigation area 20,000 ha

No.	Irrigable Area	Requirement	Diversion Requirement	Canal Discharge	Requirement	Diversion Requirement	Canal Discharge	Remarks
	ha	ℓ/S/ha	m ³ /S	m ³ /S	ℓ/S/ha	m ³ /S	m ³ /S	
B.Rm.1	60	0.520			0.607	0.036	16.565'	. Peak discharge
	332	"			"	0.202		
2	3,416	"			"	2.074	16.327'	
	40	"			"	0.024		
3	64	"			"	0.039	14.229'	
	53	"			"	0.032		
4	285	"			"	0.173	14.158'	
	166	"			"	0.101		
5	38	"			"	0.023	13.884'	
	84	"			"	0.051		
6	218	"			"	0.132	13.810'	
	(288)	"			"	0.175		
	(827)	0.758			0.822	0.678		
7	348	"	0.264	12.648	"	0.286	12.825'	
8	1,384	"	1.049	12.384	"	1.138	12.539'	
	300	"	0.227		"	0.247		
9	245	"	0.186	11.108	"	0.201	11.154'	
	337	"	0.255		"	0.277		
10	491	"	0.372	10.667	"	0.404	10.676'	
11	566	"	0.429	10.295	"	0.465	10.272	
	142	"	0.108		"	0.117		
12	(320)	"	0.243	9.758	"	0.263	9.690	
	(1,715)	0.775	1.329		0.909	1.559		
13	(3,289)	"	2.549	8.186	"	2.990	7.868	
	(627)	1.129	0.708		0.977	0.613		
14	888	"	1.003	4.929	"	0.868		
15	272	"	0.307	3.926	"	0.266		
	162	"	0.183		"	0.158		
16	2,216	"	2.502	3.436	"	2.165		
	827	"	0.934		"	0.808		
Total	20,000 ha							

Table 6-23 Decision of Canal Section

Q peak m ³ /s	d=0.775x Q ^{0.284} m	d m	V m/s	A m ²	Z	b ₁ m	S.L m	P m	R m	R ^{2/3}	K	r ^{1/2}	I/I	Freeboard
A = 20.000 ha														
16.57	1.720	1.72	0.60	27.62	2.0	12.62	3.85	20.32	1.359	1.227	45.0	0.01087	8,468	0.800
16.33	1.713	1.71	"	27.22	"	12.50	3.82	20.14	1.352	1.223	"	0.01090	8,409	"
14.23	1.647	1.65	0.59	24.12	1.5	12.14	2.97	18.08	1.334	1.212	42.5	0.01146	7,620	"
14.16	1.645	1.65	"	24.00	"	12.07	"	18.01	1.333	1.211	"	0.01146	7,612	"
13.88	1.636	1.64	"	23.53	"	11.89	2.96	17.81	1.321	1.204	"	0.01153	7,521	"
13.81	1.633	1.63	"	23.41	"	11.92	2.94	17.80	1.315	1.200	"	0.01157	7,476	"
12.83	1.600	1.60	0.58	22.12	"	11.43	2.88	17.19	1.287	1.183	"	0.01153	7,516	0.750
12.54	1.589	1.59	"	21.62	"	11.21	2.87	16.95	1.276	1.176	"	0.01160	7,431	"
11.15	1.537	1.54	0.57	19.56	"	10.39	2.78	15.95	1.226	1.145	"	0.01171	7,295	"
10.68	1.519	1.52	0.56	19.07	"	10.27	2.74	15.75	1.211	1.136	"	0.01160	7,435	"
10.30	1.503	1.50	"	18.39	"	10.01	2.70	15.41	1.193	1.125	"	0.01171	7,288	"
9.76	1.480	1.48	0.55	17.75	"	9.77	2.67	15.11	1.175	1.113	"	0.01162	7,403	"
8.19	1.408	1.41	"	14.89	"	8.45	2.54	13.53	1.101	1.066	"	0.01214	6,788	"
4.93	1.219	1.22	0.54	9.13	"	5.65	2.20	10.05	0.908	0.938	40.0	0.01440	4,825	0.600
3.93	1.143	1.14	0.53	7.42	"	4.80	2.06	8.92	0.832	0.885	"	0.01498	4,457	"
3.44	1.101	1.10	"	6.49	"	4.25	1.98	8.21	0.790	0.855	"	0.01550	4,160	"

Design standard

Q	V m ³ /s	Z m/s	b/d	K	Remarks
0 - 0.15	0.25	1.0	1.0	40.0	
0.15 - 0.30	0.30	"	"	"	
0.30 - 0.40	0.35	"	1.5	"	
0.40 - 0.50	0.40	"	"	"	
0.50 - 0.75	0.45	"	2.0	"	
0.75 - 1.50	0.50	"	"	"	
1.50 - 3.00	"	"	2.5	"	
3.00 - 4.50	"	1.5	3.0	"	
4.50 - 6.00	0.55	"	3.5	"	
6.00 - 7.50	"	"	4.0	"	
7.50 - 9.00	"	"	4.5	42.5	
9.00 -11.00	0.60	"	5.0	"	
11.00 -15.00	"	"	6.0	"	
15.00 -25.00	"	2.0	8.0	45.0	

Table 6-24 Calculation on Bed Elevation of Canal

Name of Canal Work	Discharge m ³ /s	Station No.	Distance m	Standard Section	Gradient of Canal	Head Loss m	Water Level m	Water Depth m	Bed Elevation m	Velocity m/s	Remarks
Intake	16.57	No. 0	45.			0.200	47.720	1.720	46.000		
Earth Canal	16.57	No. 0 +45.0	1,485	b=12.62m Z=20	1/8,468	0.175	47.520	1.720	45.800	0.600	
1st Siphon	16.57	No.3 +30.0	380	Double box = 2.35m	1/935	0.529	47.345	1.720	45.625	1.513	
Earth Canal	16.57	No.2 +410.	1,630	b=12.62m Z=2.0	1/8,468	0.192	46.816	1.720	45.096	0.600	
2nd Siphon	16.57	No 7 +40	280	Double Box a= 2.35m	1/935	0.389	46.624	1.720	44.904	1.513	
Earth Canal	16.57	No 7 +320	4,490	b=12.62m Z=2.0	1/8,468	0.530	46.235	1.720	44.515	0.600	

Name of Canal Work	Discharge m ³ /s	Station No.	Distance	Standard Section	Gradient of Canal	Head Loss	Water Level	Water Depth	Bed Elevation	Velocity m/s	Remarks
3rd Siphon	16.57	No 16 +310	340	Double Box a=2.35m	1/935	0.473	45.705	1.720	43.985	1.513	
Earth Canal	16.57	No 17 +150	570	b=12.62m Z=2.0	1/8,468	0.067	45.232	1.720	43.512	0.600	
4th Siphon	16.57	No 18 +220	350	Double Box	1/935	0.487	45.165	1.720	43.445	1.513	
Earth Canal	16.57	No 19 +70	1,270	b=12.62m Z=2.0	1/8,468	0.150	44.678	1.720	42.958	0.600	
5th Siphon	16.57	No 21 +340	270	Double box	1/935	0.389	44.528	1.720	42.808	1.513	
Earth Canal	16.57	No 22 +100	2,360	b=12.62m Z=2.0	1/8,468	0.279	44.139	1.720	42.419	0.600	
6th Siphon	16.57	No 22 +470	250	Double box	1/935	0.348	43.860	1.720	42.140	1.513	
		No 27 +220					43.512	1.720	41.792		

Name of Canal Work	Discharge m ³ /s	Station No.	Distance	Standard Section	Gradient of Canal	Head Loss	Water Level	Water Depth	Bed Elevation	Velocity	Remarks
Earth Canal	16.57	No 50 +220	11,500	b=12.62m	1/8,468	1.358	42.154	1.720	40.434	0.600	
Culvert	16.57	No 50 +275	55	Double box		0.016	42.138	1.720	40.418		
Earth Canal	16.57	No 51 +125	350	b=12.62	1/8,468	0.041	42.097	1.720	40.377		
Culvert	16.57	No 51 +170	45	Double box		0.013	42.084	1.720	40.364		
Earth Canal	16.57	No 66 +470	7,800	b=12.62 Z=2.0	1/8,468	0.921	41.163	1.720	39.443	0.600	BRm1
"	16.33	No 69 +360	1,390	b=12.50 Z=2.0	1/8,409	0.465	40.698	1.710	38.988	0.600	BRm2
"	14.23	No 73 +210	1,850	b=12.14 Z=1.5	1/7,620	0.543	40.155	1.650	38.505	0.590	BRm3

Name of Canal Work	Discharge m ³ /s	Station No.	Distance	Standard Section	Gradient of Canal	Head Loss	Water Level	Water Depth	Bed Elevation	Velocity	Remarks
Earth Canal	14.16	No 73 +210	1,910	b=12.07m Z=1.5	1/7,612	0.251	40.155	1.650	38.505	0.59	BRm3
7th Siphon	14.16	No 77 +120	480	Double Box		0.832	39.904	1.650	38.254	0.59	
Earth Canal	14.16	No 78 +100	1,480	b=12.07mZ = 1.5	1/7,612	0.494	39.072	1.650	37.422	0.59	
"	13.88	No 81 +80	2,030	b=11.89mZ = 1.5	1/7,521	0.270	38.578	1.650	36.928	0.59	BRm4
"	13.81	No 85 +110	2,180	b=11.92 Z = 1.5	1/7,476	0.592	38.308	1.640	36.668	0.59	BRm5
"	12.83	No 89 +290	1,110	b=11.43 Z = 1.5	1/7,516	0.448	37.716	1.630	36.086	0.58	BRm6
		No 91 +400					37.268	1.600	35.668		BRm7

Name of Canal Work	Discharge m ³ /s	Station No.	Distance	Standard Section	Gradient of Canal	Head Loss	Water Level	Water Depth	Bed Elevation	Velocity	Remarks
Earth Canal	12.54	No 99	3,600	b=11.21 Z=1.5	1/7,431	0.784	36.484	1.590	34.894	0.58	BRm8
"	11.15	No 102 +210	2,210	b=10.39 Z=1.5	1/7,295	0.603	35.881	1.540	34.341	0.57	BRm9
"	10.68	No.107 +360	2,150	b=10.27 Z=1.5	1/7,435	0.589	35.292	1.520	33.772	0.56	BRm10
"	10.30	No 110 +410	1,550	b=10.01 Z=1.5	1/7,288	0.513	34.779	1.500	33.279	0.55	BRm11
Earth Canal	9.76	No 114 +410	2,000	b=9.77 Z=1.5	1/7,403	0.570	34.209	1.480	32.729	0.55	BRm12
"	8.19	No 118 +210	1,800	b=8.45 Z=1.5	1/6,788	0.565	33.644	1.410	32.234	0.54	BRm13
"	4.93	No 120 +260	1,050	b=5.65 Z=1.5	1/4,825	0.518	33.126	1.220	31.906	0.53	BRm14
"	3.93	No 124 +160	1,900	b=4.80 Z=1.5	1/4,457	0.726	32.400	1.140	31.260	0.53	BRm15
"	3.44	No 129 +410(EP)	2,750	b=4.25 Z=1.5	1/4,160	0.661	31.739	1.100	30.339	0.53	BRm16

第 7 章 ダム計画

7-1 貯水池規模

7-1-1 流域面積

ラレムダムの流域面積は $1/10,000$ の地形図より測定すれば、本川の Way Rarem 流域面積は $A_1 = 195.4 \text{ km}^2$ 、支川の Way Galing 流域面積は $A_2 = 132.6 \text{ km}^2$ となり全流域面積 $A = A_1 + A_2 = 328 \text{ km}^2$ となる。

7-1-2 設計洪水量 (第2章水文参照)

設計洪水量は $1/1,000$ 確率雨量より合理式によつて決定した。

$$\text{設計洪水量} : Q = 1,300.0 \text{ m}^3 / \text{S}$$

$$\text{比流量} : q = \frac{Q}{A} = \frac{1,300}{328} = 3.9634 \div 4.0 \text{ m}^3 / \text{S/km}^2$$

7-1-3 水位～貯水容量曲線

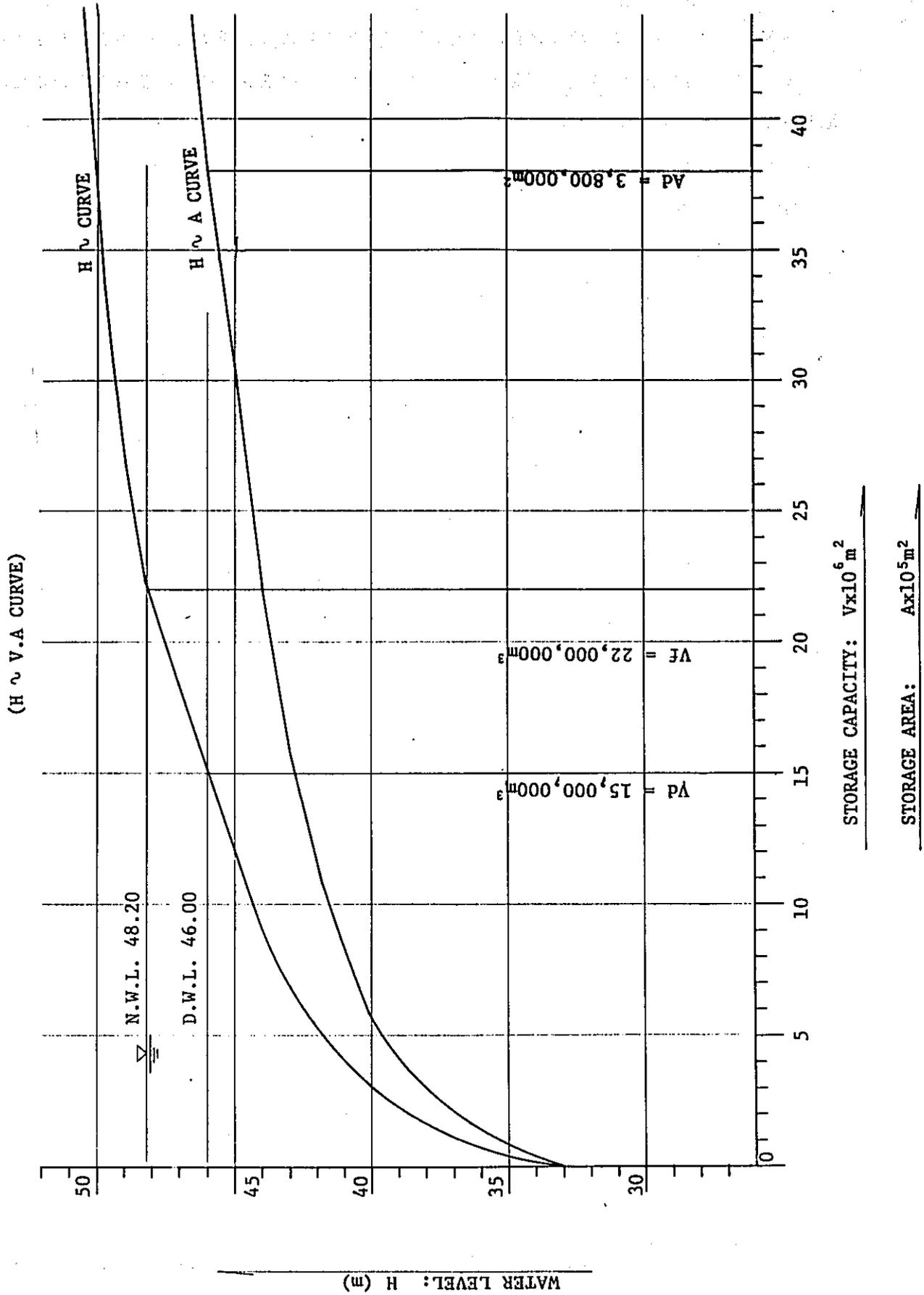
貯水池の容量および面積は計画地点の地形図 ($S = 1/10,000$) に示される 5.0 m の等高線を基本に求めると次のようになる。

6) 貯水容量計算

Table 7-1 Calculation of Storage Capacity

Elevation	Difference of height	Area	Average area	Capacity between elevations	Storage capacity
EL(m)	$\Delta H(m)$	A (m^2)	AM (m^2)	$\Delta V (\text{m}^3)$	V (m^3)
33					
40	7	890,000	445,000	3,100,000	3,100,000
45	5	2,590,000	1,780,000	8,900,000	12,000,000
50	5	7,570,000	5,080,000	25,400,000	37,400,000
55	5	11,548,000	9,559,000	47,800,000	85,200,000

Fig. 7-1 WATER LEVEL, STORAGE CAPACITY AND SURFACE AREA CURVE



7-1-4 滞砂量

ダムにおける滞砂量は流域の地質、地形、林相気象条件等の影響に大きく左右されるため、実測にもとづく外は正確な推定は困難である。本計画地域には滞砂量の実測資料がないので、地形、地質設計実例等より推定する。

(1) 単位滞砂量

(i) 地形の特徴

a) 河川の浸食状態

側方浸食が著しく屈曲の多い河川である。

b) 河川こう配

Table 7-2 Gradient of the River Bed

Name of river	Way Rarem	Way Galing
Elevation of river at the most upstream	1,000 m	450 m
Elevation of dam site	33 m	33 m
Difference of height	967 m	417 m
River length	43 Km	29 Km
Mean gradient of river bed	1/45	1/70

c) 地形の起伏差

Table 7-3 Undulation of Topography

Name of river	Way Rarem	Way Galing
Highest elevation	1,630 m	700 m
Lowest elevation	33 m	33 m
Difference of height	1,597 m	667 m

d) その他

河川にのぞむ山側の傾斜は大略 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の逆台形V字形をなす谷が開析されている。

流域は密林地帯と疎林地帯に覆われ局部的に草地、こしょう園等が点在する。

(ii) 地質

流域の地質は主として安山岩、角礫凝灰岩、泥岩を基礎とし、これらの上を火山灰質粘土層が覆っている。

(iii) 単位滞砂量の決定

流域の地形地質は(i)(ii)から推察して早壮年期～晩壮年期の火山噴出物地帯と推定されること

から、設計実例等を考慮し、

$$\therefore y = 750 \text{ m}^3 / \text{Km}^2 / \text{year} \text{ とする。}$$

(2) 滞砂量

$$\text{ダム流域面積} : A = 328 \text{ Km}^2$$

$$\text{単位滞砂量} : Y = 750 \text{ m}^3 / \text{Km}^2 / \text{years}$$

$$\text{対象年数} : n = 60 \text{ years}$$

$$d = 328 \times 750 \times 60 = 14,760,000 \text{ m}^3$$

$$\therefore V_d = 14,760,000 \div 15,000,000 \text{ m}^3$$

(3) 滞砂面標高

池敷の滞砂は、河川こう配洪水の貯水池への流入速度、および流入土砂の粒径等により異なるが、一般に河川の貯水池流入地点より推積を始め、下流へ向つて傾斜するが、本計画においては池敷に水平に滞砂するものとして決定する。

滞砂量 $V_d = 15,000,000 \text{ m}^3$ に対応する滞砂面標高は「H～V 曲線図」より EL 46.00 m となる。したがつて死水位は

$$\therefore DWL = 46.00 \text{ m}$$

とする。また $DWL = 46.00 \text{ m}$ における貯水池の滞砂面積は「H～A 曲線図」より

$$A_d = 3,800,000 \text{ m}^2 \quad (3.8 \text{ Km}^2 = 380 \text{ ha}) \text{ となる。}$$

$$\therefore A_d = 3.8 \text{ Km}^2$$

7-1-5 満水位

ラレムダムの有効貯水量は水収支計算結果より、 $7,000,000 \text{ m}^3$ である。また取水水位敷高は EL 46.00 であるので、有効貯水量を満足する水面標高は「H～V 曲線図」より EL 48.20 m となる。

したがつて利用水深は EL 48.20～EL 46.00 の間の 2.20 m となる。また満水面積は「H～A 曲線図」より 5.88 Km^2 (588 ha) となる。

7-2 堤体規模

7-2-1 設計洪水位

設計洪水位 (D.F.S) は、設計洪水量 ($Q = 1,300 \text{ m}^3 / \text{s}$) がダムの洪水吐 (余水吐) を流下する場合のダムの非越流部直上流の水位、すなわち、常時満水位 (N.W.L: 48.20 m = 余水吐クレスト標高) に越流水深 (H) を加えた水位である。

本ダムの場合、洪水吐はシュート式で設計洪水量 $Q = 1,300 \text{ m}^3/\text{s}$ を流下させる場合の最も合理的な越流水深 $H = 2.50 \text{ m}$ である。

よつて設計洪水位 (D.F.S) は

$$\therefore \text{D.F.S} = \text{N.W.L} + H = 48.20 + 2.50 = 50.70 \text{ m}$$

と決定する。

7-2-2 余裕高

余裕高は、設計洪水位 (D.F.S) と常時滞水位 (N.W.L) について以下の式により検討して決定する。

(1) 各水位に対する余裕高 (H_f) の算式

設計洪水位 (D.F.S)

$$H_{f1} = h_w + \frac{h_e}{4} + h_i + h_a$$

常時満水位 (F.W.L)

$$H_{f2} = h_w + \frac{h_e}{2} + h_i + h_a$$

こゝに H_f : 余裕高

h_w : 風波高

h_e : 地震波高

h_i : ダムタイプによる安全高

h_a : 余水吐タイプによる安全高

(2) 風波高 (h_w)

風波高は対岸距離と上流斜面の形状、斜面傾度、および風速により決定される。本地区の風速は 2.0 m/s を採用し、上流斜面傾度を $1:2.8$ とし、表面はロックであるので捨石斜面 (粗粒斜面) の値を採用する。

(i) 有義高 ($h_w \frac{1}{3}$)

$$h_w \frac{1}{3} = 0.00086 U^{1.1} F^{0.45}$$

こゝに U : 風速 = 2.0 m/s

F : 対岸距離 = $6.0 \text{ Km} = 6,000 \text{ m}$

$$\therefore h_w \frac{1}{3} = 0.00086 \times 2.0^{1.1} \times 6,000^{0.45} = 0.092 \text{ m}$$

(ii) 波 長(L)

$$L = 0.011 U^{0.84} F^{0.58}$$

こゝに L : 波長(m)

$$U : 2.0 \text{ Km}$$

$$F : 6,000 \text{ m}$$

$$\therefore L = 0.011 \times 2.0^{0.84} \times 6,000^{0.58} = 3.059 \text{ m}$$

(iii) 風波高 (h_w)

$$h_w / 3 / L = 0.092 / 3.059 = 0.03$$

$$\therefore R / h_w \frac{1}{8} = 0.8$$

$$\therefore R = 0.8 h_w \frac{1}{8} = 0.8 \times 0.092 = 0.074$$

$$\therefore h_w = R = 0.074 \div 0.08 \text{ m}$$

(3) 地震波高 (h_e)

$$h_e = \frac{KZ}{\pi} \sqrt{g \cdot H_w}$$

こゝに K : 震度 = 0.15

Z : 地震周期 = 1.0 sec

g : 重力加速度 = 9.8 m / s / s

H_w : 最低基礎地盤から設計洪水位までの水深

$$\begin{aligned} H_w &= D.F.S - G.H \\ &= 50.70 - 29.5 = 21.2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\therefore h_e = \frac{0.15 \times 1}{3.14} \sqrt{9.8 \times 21.2} = 0.72 \text{ m}$$

(i) 設計洪水位 (D.F.S) の場合

$$\therefore h_e / 4 = 0.72 / 4 = 0.18 \text{ m}$$

(ii) 常時満水位 (N.W.L) の場合

$$\therefore h_e / 2 = 0.72 / 2 = 0.36 \text{ m}$$

(4) ダムタイプによる安全高 (h_i)

本計画のダムタイプはフィルダムである。

$$\therefore h_i = 1.0 \text{ m}$$

(5) 余水吐タイプによる安全高 (h_a)

本計画の余水吐に非調節 (ゲートを用いないのタイプ) である。

$$\therefore h_a = 0.0 \text{ m}$$

(6) 余裕高 (H_f) の決定

以上の計算結果より各水位に対する余裕高を示せば下表の通りである。

Table 7-4 Calculation of Freeboard

Water level	H. of wave due to wind (m)	H. of wave due to earthquake		H. of safety dam type h _i (m)	H. of safety spillway type h _a (m)	Calculated freeboard H _f (m)	Standard minimum freeboard H _{fa} (m)
		$\frac{h_e}{4}$	$\frac{h_e}{2}$				
Designed flood water surface (D.F.S.)	0.08	0.18		1.00	0	1.26	2.00
Normal water level (N.W.L.)	0.08		0.36	1.00	0	1.44	2.00

本設計の計算余裕高 (H_f) はいずれの対象水位においても 2.0 m を下廻っている。
よって基準最小余裕高 H_{fa} = 2.00 m と決定する。

$$H_f = H_{fa} = 2.00m$$

7-2-3 基礎地盤高

基礎地盤は、最低床掘面とする。本ダムの床掘線は、地質及び透水性、N値等から見て、EL 29.50mとなる。

∴ 基礎地盤標高 = EL 29.50 と決定する。

7-2-4 堤高

(1) ダム天端標高 (D.C.EL) の決定

ダム天端標高 = 常時満水位 + 越流水深 + 余裕高

∴ D.C.EL = 48.20 + 2.50 + 2.00 = 52.70 m

(2) 堤高 (H_D) の決定

堤高 = ダム天端標高 - 基礎地盤標高

こゝでダム天端標高 : D.C.EL = 52.70 m

基礎地盤標高 : EL = 29.50 m

∴ H_D = 52.70 - 29.50 = 23.20 m

(3) 堤頂幅の決定

ダム堤頂幅は、通常、波浪や透水性に対する安全性、接続道路の関係などから 5.0~10.0m の範囲である。

こゝで既存ダムの堤高(H)と堤頂幅(b)との関係式を求めた経験式により、本ダムにおける堤頂幅を計算する。

(i) 国際大ダム会議

$$b = 3.6 H^{1/3} - 3.0 = 3.6 \times 23.20^{1/3} - 3.0 = 7.3 \text{ m}$$

(ii) アメリカ開拓局

$$b = 3.6 H^{1/3} - 1.5 = 3.6 \times 23.20^{1/3} - 1.5 = 8.5 \text{ m}$$

(iii) Merriman

$$b = 0.2H + 1.5 = 0.2 \times 23.2 + 1.5 = 6.2 \text{ m}$$

(iv) Traut Wins $b = 0.6 + 1.1\sqrt{H} = 0.6 + 1.1\sqrt{23.2} \doteq 6.0 \text{ m}$

(v) ダムタイプによる堤頂幅

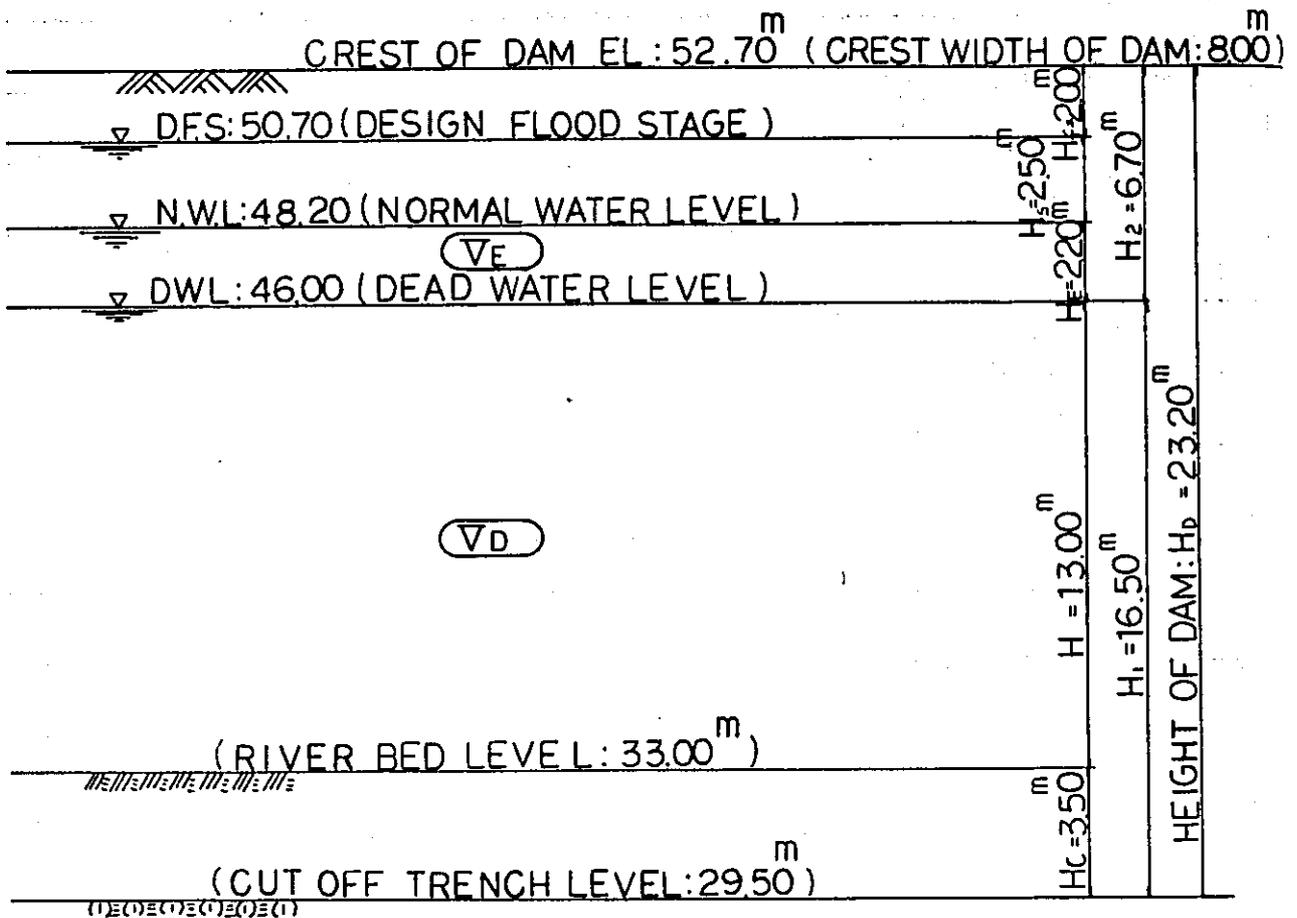
施工上必要な幅は使用する重機械および堤頂付近の構造などによつて異なるが、ダムタイプ別に大略次のとおりである。

均一型ダム = 5~8 m

ゾーン型ダム = 7~10 m

舗装型ダム = 5~7 m

DISTRIBUTION OF STORAGE CAPACITY



TOTAL STORAGE CAPACITY

$$\Sigma \nabla = V_E + V_D$$

$$\therefore \Sigma \nabla = 7,000,000 + 15,000,000 = 22,000,000 \text{ m}^3$$

本計画においては、ダムタイプ、ダムの安定性、施工の容易性、経済性等を考慮して、堤頂幅は8.00mとする。

$$\therefore b = 8.0 \text{ m}$$

7-3 ダムタイプの選定

7-3-1 ダム型式の選定

ダムタイプの選定条件の最も大きな要素は、ダムサイトの①地形、②基礎地盤、③築堤材料等であり、この三要素についての検討結果を示せば下記のとおりである。

Table 7-5 Selection of Basic Dam Type

Factor	Selected basic dam type	Ground of selection
Topographic features	Fill type dam	<p>1 Topographic condition factor for proposed dam site. Dam length/dam height = $L/H = 650/20 = 325$ Then a fill type dam is favorable. Generally; Topographic condition factor for concrete dam $LD/HD < 5.0$ or so Topographic condition factor for fill type dam $LD/HD > 6.0$ and more.</p>
Condition of dam foundation	Fill type dam	<p>1 Foundation is semi-previous having a percolation coefficient of $K=10^{-4}$ (cm/sec) or so, and it is possible to cut off the water flow by curtain grouting.</p> <p>2 Foundation has a unique layer of $N = 10 - 29$ at EL. 20.0 - 24.0 (about 13.0 - 17.0 m beneath the surface).</p> <p>3 It is unfavorable to construct gravity type dam which has concentrated load on this unique layer from the viewpoint of non-uniform settlement and stability against slide.</p> <p>4 In case that a gravity type dam are constructed on the refilled foundation after removal of this unique layer it will require a lot of construction cost accompanied with a increase of embankment volume and foundation strengthening work.</p>

Factor	Selected basic dam type	Ground of selection
		<p>5 Fill type dam has a wide foot and its load is distributed on large area. Therefore, a fill type dam is favorable from the viewpoint of depth, thickness, N-value etc. of the unique layer</p>
Embankment material	Fill type dam (zoned type)	<p>1 About 500,000 m³ of embankment materials for impervious zone, semi-pervious zone and pervious zone respectively are available.</p> <p>2 Mechanical character of these materials are satisfactory.</p> <p>3 However, impervious material for core zone has rather high natural moisture content (about 50-70 %). Therefore, in case that homogenous type dam are constructed, it would be worried about compactibility and stability of dam body due to excess pore pressure.</p> <p>4 In case the zoned type are employed, clay and rock excavated for cut off and spillway can be transferred and used as embankment material. Therefore, zoned type dam are most favorable in this dam site.</p>

上表で明らかのように選定される基本タイプはフィルタイプダム（ゾーン）となる。

7-3-2 ダムタイプの決定

本計画地区のダムの基本タイプはフィルダムが最も適当であることが明らかになった。フィルダムは大別して均一型、ゾーン型、表面しゃ水壁型の三つに分類されるが、本地区の築堤材料の性質、賦存量、流用可能量等よりゾーン型となる。

ゾーン型ダムには、中央コア型、と傾斜コア型がある。これらの形式の選定についての考慮すべき要素は①堤高、②築堤材料の可能量、③ダムサイトの地形、④ダムサイトの地質、⑤気象、⑥建設期間、⑦貯水池の用途が考えられる。これらについて本計画ゾーン型について検討すれば下表のようになる。

Table 7-6 Selection of Sub Dam Type

Factor	Selected type	Ground of selection
Dam height	C.C or I.C	1 Zoned type dam has no limit in dam height. Then either type can be constructed.
Available volume and character of embankment material	C.C	<p>1 About 500,000 m³ of embankment materials for impervious zone, semi-pervious zone and pervious zone respectively are available.</p> <p>2 Embankment material for impervious zone consists of weathered volcanic clay and has rather high moisture contents.</p> <p>3 Mechanical characters of the other embankment material are adequately satisfactory.</p>

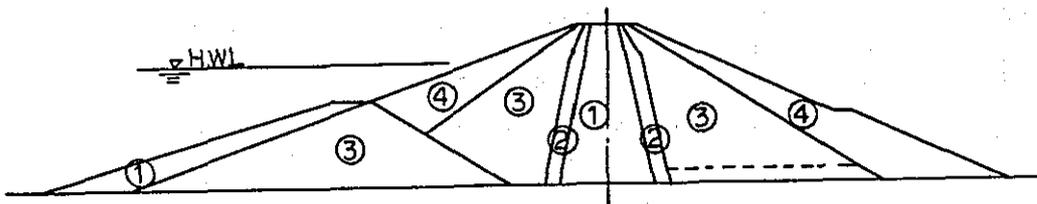
Factor	Selected type	Ground of selection
		<p>4 C.C type is favorable because maximum load exert on the surface where foundation contact with core zone, and this type has much stability against seepage.</p> <p>5 C.C type is favorable because slope of energy gradient pf seepage line of C.C. type dam is milder than that of I.C. type dam.</p>
Topographical features	C.C.	<p>1 Plain river bed width extend up to 300 m at dam site.</p> <p>2 Abutment sections of both banks are located at tips thrustured peninsular-like topographically.</p>
Geological character of dam site	C.C	<p>1 Foundation is semi-pervious having a percolation coefficient of $K=10^{-4}$(cm/sec) or so, and it is possible to cut off the water flow by curtain grouting.</p> <p>2 Foundation has a unique layer of $N=10 - 29$ at EL 20.0 - EL 24.0 (about 13.0 - 17.0m beneath the surface), then C.C. type dam is favorable because of its adaptability against non-uniform settlement.</p>

Factor	Selected type	Ground of selection
Meteorology	I.C.	<p>1 Precipitational season is clearly defined Rainy season : Nov. - Apr. Dry season : Mar. - Oct.</p> <p>2 Mean annual precipitation is Rainy season : 2,081 mm Dry season : 781 mm</p> <p>3 Mean annual number of fine day is 230 day (1951 - 1974) Rainy season : 75 days Dry season : 155 days</p>
Construction period	C.C.	<p>1 Volume of embankment of dam body (except coffer dam) is about 342,000 m³ and embankment period is 2 years.</p> <p>2 Impervious embankment material for core zone has rather high moisture contents, therefore a thinner core zoned type is favorable.</p>
Purpose of use of reservoir	C.C.	<p>1 This reservoir is planned for irrigation use, then sudden drawn down of water level is very scarce to happen, however, frequent fluctuation of water level is expected from E 48.20 to 46.00. Accordingly C.C. type dam is favorable.</p>

Note: 1) C.C. : Center core type dam
2) I.C. : Inclined core type dam

上表で明らかなように本計画のダムは、中央コア型ロックフィルと決定する。

Fig. 7-2 Structural Cross Section of Dam



Location	Zone	Materials employed	Role of zone	Remarks
1	Core (Impervious)	Weathered volcanic clay	to cut off water flow	0.6Km upstream from dam site (left bank) 0.6Km downstream from dam site (right bank)
2	Filter (Semi-pervious)	Sand sedimented at river bed	Not to intrude the seepage line up to downstream slope not to cause erosion of core material and piping.	place adjacent to dam site
3	Transition (Semi-pervious)	Coarse material (gravel, andesite, tuff)	to hold stability of dam body.	Spillway cut off excavation, loose rock at borrow pit.
4	Rock (Pervious)	Andesite	to hold stability (mainly against surface sliding failure). to drain out detained water within the dam body.	5.0Km upstream from dam site.

7-4. 堤体の設計

7-4-1 標準断面

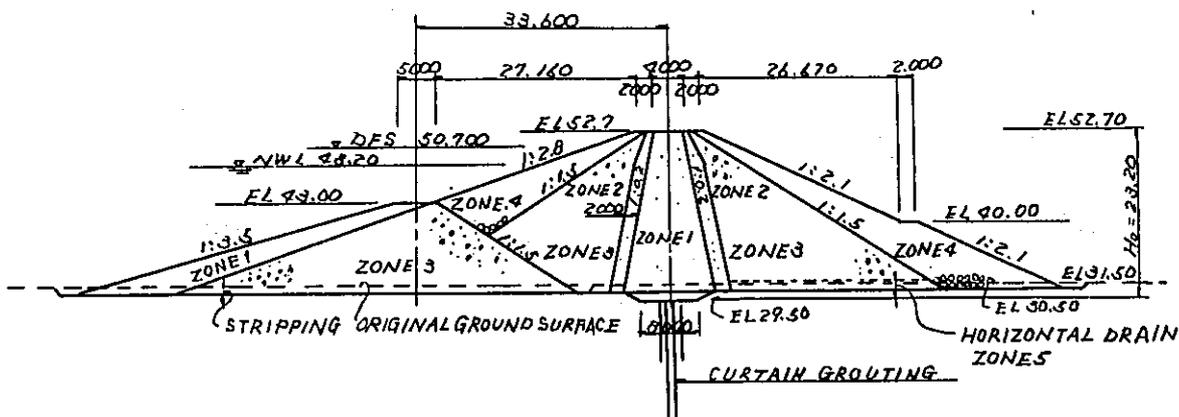
本計画のダムは、前述したように、ゾーンタイプの「中心コア型ロックフィルダム」を選定した。このダムのゾーニング結果を示せば次のようになる。

Table 7-7 Zoning

Place	Material	Zone	Volume of available material		Volume of dam body		Ratio V_1/V_2
			V_1 , Volume (m ³)	%	V_2 , Volume (m ³)	%	
Borrow pit (Right upstream, left bank)	Weathered clay	Core	500,000	45.5	108,000	25.1	4.6
(5.0Km upstream)	Andesite	Transition rock	300,000	27.3	200,000	46.6	1.5
			200,000	18.2	90,000	20.9	2.2
River bed (right downstream)	Sand	Filter	45,000	4.0	31,000	7.2	1.4
	Gravel	Drain	55,000	5.0	1,000	0.2	55.0
Total			1,100,000	100.0	430,000	100.0	2.6

上表の基本断面を示せば下図のとおりである。

Fig. 7-3 Basic Cross Section



Note: Zone 1 : Core
 " 2 : Filter
 " 3 : Transition
 " 4 : Rock
 " 5 : Drain

Note: Cross section at the lowest ground surface. (river bed).

7-4-2 浸透水に対する検討

(1) 堤体の浸潤線

コア材料は、土取場の層序、土取りの方法、運搬中の分離、巻出し転圧方法等により透水係数(k)は水平方向(k_H)と垂直方向(k_V)とで異なる。

本ダムのコア材料はMHが主であり、巻出し厚は20cm程度と考えられるので透水係数のk_Hとk_Vの比はk_H/k_V=5を用いて浸潤線をカサグラントの方法により満水位N.W.L 48.20について求めると、コアの下流斜面の浸出面長さは、a=11,798mこの垂直成分はa=11,751mとなる。この変形断面および復元断面に理論曲線と、修正浸潤線を示せば次図のとおりである。

(2) 堤体の浸透量

コア材料の土質試験によつて求められた透水係数は転圧面に対し垂直方向(設計密度を考慮しk_V=5.0×10⁻⁶cm/s)であり、水平方向(k_H)は築堤材料の粒度組成、コンシステンシー、施工法等を考慮して、垂直方向の5倍(k_H=5k_V=2.5×50×10⁻⁶=1.25×10⁻⁵cm/s)として、前述の浸潤線の計算結果から求めると次のようになる。

$$\text{単位巾当りの浸透量: } q_0 = 1.62 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{堤体の単位時間当り浸透量: } Q = 7.70 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\therefore \text{1日当りの全浸透量} = Q \times 24 \times 60 \times 60 = 66.53 \text{ m}^3/\text{day}$$

貯水池が常時満水位N.W.L 48.20のときの漏水量はQ_d=66.53 m³/dayで、このときの総貯水量V=22,000,000 m³に対する百分率は0.0003%である。

7-4-3 安定性に対する検討

(1) 設計数値

設計数値はインドネシア国側で実施したコア材料の土質試験結果と、日本国側で実施した岩石材料の試験結果を検討し次表のように決定する。

Fig. 7-4 Seepage Line

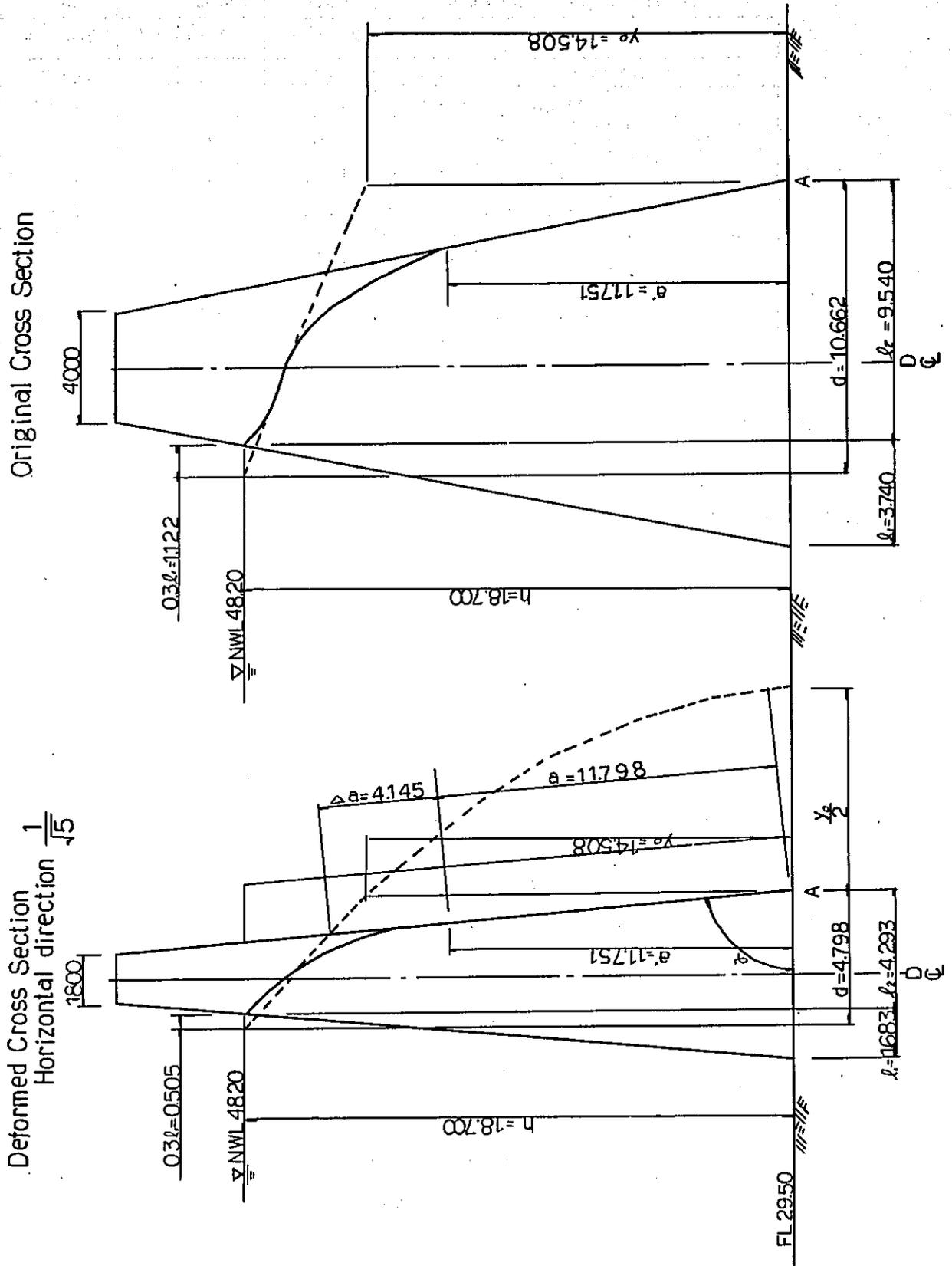


Table 7-8 Various values for design

Material classification		Core	Transition	Rock
Zone No.		Zone 1	Zone 3	Zone 4
Specific gravity		2.57	2.59	2.59
Unit weight	Dried, rd t/m ³	1.50	1.70	1.80
	Wet, rt "	1.60	1.75	1.85
	Saturated, "	1.92	2.10	2.15
	Submerged, sub "	0.92	1.10	1.15
Shear strength	Cohesion C t/m ²	2.4	-	-
	Internal ϕ friction (degree) angle	12°-00'	38°-00'	42°-00'

(2) 設計条件

設計条件としては、堤体が最も危険と考えられる下記の条件で堤体上、下流斜面についてそれぞれ検討する。

- ① 貯水池が満水時：N.W.L 48.20
- ② 堤体内の浸透流が定常状態
- ③ 地震力（水平震度）：Kv = 0.12

上記の条件において、次式により堤体の安全率を求める。

$$S.F = \frac{(\sum N - \sum U - \sum NE) \tan \phi + CL}{\sum T + \sum TE}$$

ここに S F : 安全率

$\sum H$: 築堤材料による垂直分力の和

$\sum T$: 築堤材料による接線分力の和

ϕ : 築堤材料の内部マサツ角

C : 築堤材料の粘着力

L : すべり面の長さ

$\sum U$: 間ゲキ圧の和

$\sum NE$: 地震による垂直分力の和

$\sum TE$: 地震による接線分力の和

(3) 安全率

堤体の安全性に対する検討は、前述の設計数値および設計条件を基本に、円形スベリ面法（スライス方法）により検討した結果

① 上流斜面の安全率：SF = 1.239

② 下流斜面の安全率：SF = 1.250

となりいづれも条件を満足するが、今後さらに調査試験を実施し、各築堤材料のもつ工学的性質を充分把握し設計数値を下回らないように、施工に当っては十分な管理が望まれる。

Fig. 7-5

RAREM DAM
CRITICAL CIRCLE DIAGRAM

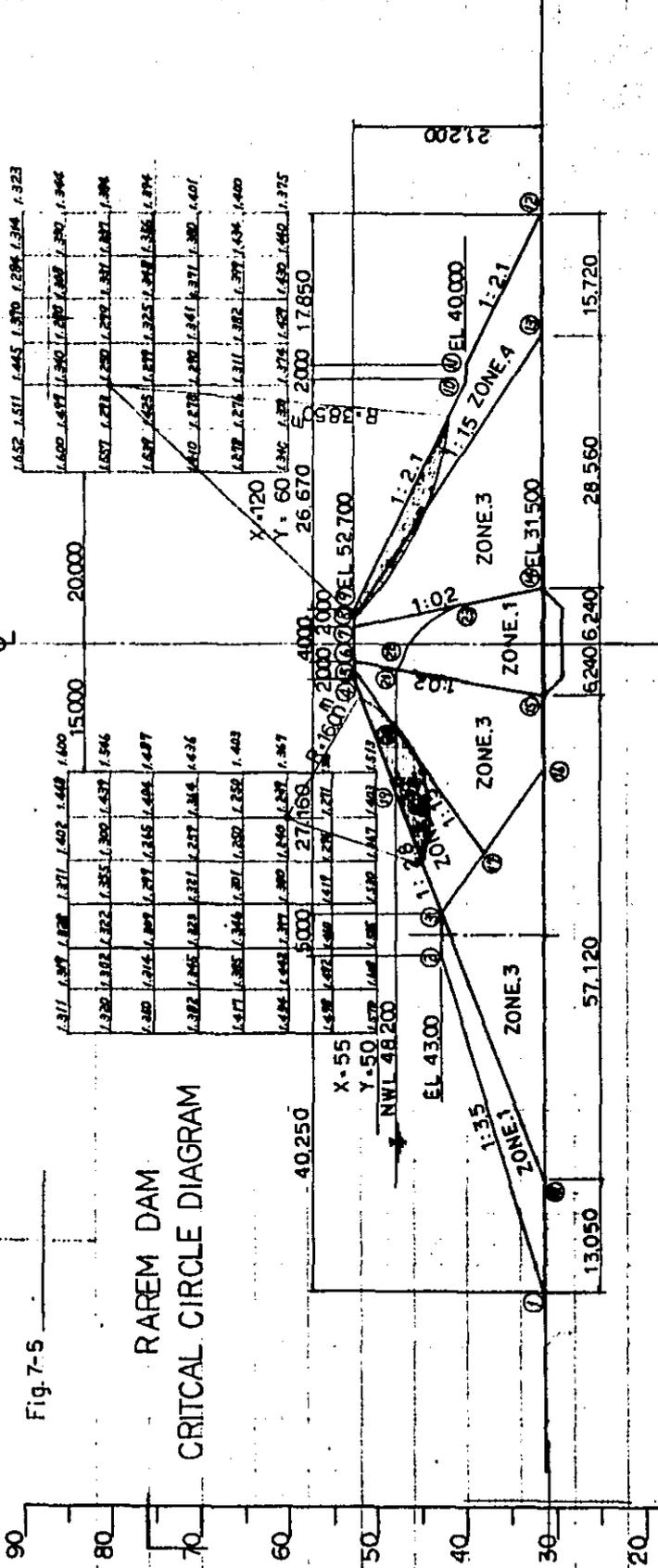


TABLE OF CO-ORDINATES

POINT	X	Y	POINT	X	Y
1	23.59	31.50	11	132.67	40.00
2	63.84	43.00	12	150.52	31.50
3	68.84	43.00	13	134.80	31.50
4	96.00	52.70	14	106.24	31.50
5	97.00	52.70	15	93.76	31.50
6	98.00	52.70	16	86.09	31.50
7	102.00	52.70	17	75.65	38.46
8	103.00	52.70	18	36.64	31.50
9	104.00	52.70	19	83.40	48.20
10	130.67	40.00	20	90.25	48.20

TABLE OF DESIGNED NUMERICAL VALUE

ZONE	σ_d	σ'_d	σ_{sat}	τ_{sat}	C (kN/m ²)	ϕ (degrees)
1	1.50	1.60	1.92	0.92	2.4	12°-00
3	1.70	1.75	2.10	1.10	-	38°-00
4	1.80	1.85	2.15	1.15	-	42°-00

PROVISIONS IN THE DESIGN OF DAM

1. Construction of dam was completed.
2. Water level of reservoir is NWL, NWL-EL 48.200
3. Flow of percolation in dam is steady.
4. Horizontal seismic coefficient, k=0.15

 *
 * ***** RAREN - DAM (UP-STREAM) ***** *
 *

***** MINIMUM SAFETY FACTOR *****

CIRCLE NO.	CENTER - X -	CENTER - Y -	RADIUS (M)	- RM - (T-M)	- SM - (T-M)	SAFETY FACTOR
25	80.00	60.00	16.00	47.64	38.44	1.239

1. RESISTANT FORCE

NW = 92.221 NW = 3.174 UL = 44.154
 CL = 0.000 NE = 3.605

2. SLIDING FORCE

TW = 28.366 THW = 4.874 TE = 14.944

 *
 * ***** RAREM - DAM (DOWN-STREAM) *****
 *

***** MINIMUM SAFETY FACTOR *****

CIRCLE NO.	CENTER		RADIUS	- RM -	- SM -	SAFETY FACTOR
	- X -	- Y -	(M)	(T-M)	(T-M)	
114	130.00	80.00	38.50	62.20	49.74	1.250

1. RESISTANT FORCE

NW	=	66.671	NHW	=	0.000	UL	=	0.000
CL	=	0.000	NE	=	4.473			

2. SLIDING FORCE

TW	=	37.369	THW	=	0.000	TE	=	12.372
----	---	--------	-----	---	-------	----	---	--------

7-5 基礎の設計

ダムサイトの基礎地盤は、コアボーリング、現場透水試験および標準貫入試験等の地質調査結果（インドネシア国側の実施資料）から、基礎処理工法として次の如く実施する。

7-5-1 堤敷の掘削

堤式の表土および局所的な軟質土は全部はぎとり除去する。このはぎ取り深さは1.0～2.0 mとする。

7-5-2 床掘

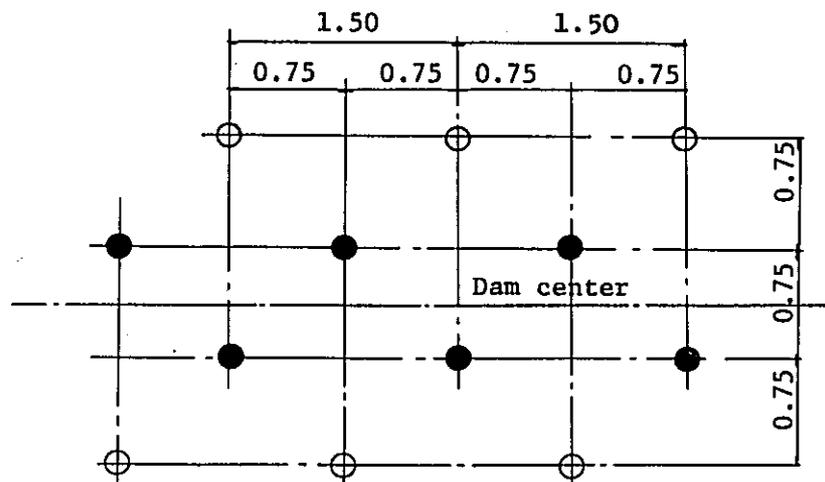
ダム軸に床掘を設ける。この床掘線において河川敷部の河床堆積層（粘性土および砂礫層）および山腹部の風化岩を掘削除去する。その深さは約0.5～6.0 m程度となる。これら掘削した面より更に河川敷部では凝灰角礫岩を0.5 m程度掘削し床掘を設ける。

7-5-3 止水工

ダムの基礎を通つて過大な漏水、浸透水の作用による基礎の浸蝕、破壊などの防止、および堤体に加わる揚圧力を軽減するため、堤体床掘部ならびに左岸余水吐越流部基礎に連続したカーテングラウト（セメントけん濁液）を計画する。

(i) グラウト孔の標準配置

Fig. 7-6 Typical disposition of grout



凡例 ●：カーテン グラウト

○：コンタクト グラウト（補助カーテン）

④ 孔深度

孔深度は現在までの調査結果から次のように計画する。

Table 7-9 Depth of grout

Point	Depth of grout (m)	
	Curtain grout	Contact grout
River bed	16.0	8.0
Mountain side	16.0 ~ 8.0	8.0 ~ 5.0
Spillway	8.0	5.0

なお施工に先行してグラウトテストを実施し、基礎地盤の透水係数が $k=5.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 以上に改良される効果を確認し、孔列、孔間かく、濃度、注入圧等を修正しなければならない。

7-6 付帯施設

7-6-1 仮排水路

(1) 仮排水洪水量

仮排水洪水量は、洪水の度数性状、および施工速度等を考慮し10年確率洪水量を採用する。

$$\text{仮排水洪水量} : Q_T = 600 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{比流量} : q_T = Q_T / A = 600 \text{ m}^3/\text{s} / 328 \text{ km}^2 = 1.83 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$$

(第2章 水文参照)

(2) 型式の選定

仮排水路の型式としては①底比方式②トンネル方式等が考えられるが、

- (i) ダム型式がフィルダムである(中心コア型ロックフィルダム)
- (ii) ダム敷の地表下14.0~17.0m付近に特異層(N≒25)がある。
- (iii) 堤体盛土部に異物(底比等)を入れることは、地震時のクラック、豪雨時漏水の原因となつてダム劣化を促進し、ダム欠壊につながる危険性が高い。

以上のことを考慮し、ダム施工が容易でかつ安全確実にできるトンネル方式を採用する。

(3) 位置, 路線

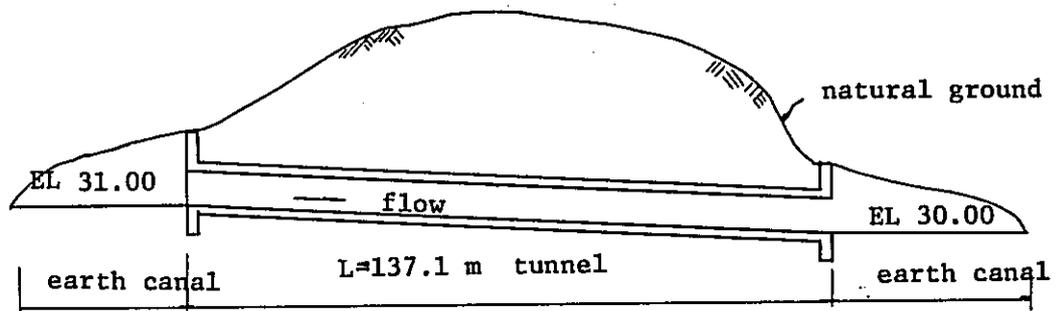
トンネル路線としては, ①地形的に土被りが大きく, かつ路線延長が短かく②地形的に安定した基盤岩であり③現河川とトンネルの取付水路が容易でかつ路線長が短かい位置等を考慮し右岸地山にトンネル路線を選定する。(一般計面平面図参照)

(4) トンネル断面と仮縮切堤標高の決定

i) 設計条件

仮排水洪水量	:	$Q_c = 600 \text{ m}^3 / \text{sec}$	
トンネル流入敷高	:	EL - 31.00	
" 出口	:	EL - 30.00	
トンネル延長	:	L = 137.1 m	勾配し: I = 1 / 137.1
トンネル断面形状	:	標準馬蹄型 2 r 型	

Fig. 7-7 Longitudinal Section



トンネル内の流れは, 自由水面とし, 水深 (D_c) は $D_c/D \approx 0.80 \sim 0.85$ 程度とする。

ii) トンネルおよび仮縮切堤り比較諸元

仮排水路トンネルについて, 1本で流下させる場合と2本で流下させる場の各諸元を示せば次表のようになる。

Table 7-10 Comparative hydraulic properties

Item	Mark	Unit	One tunnel	Two tunnels
Flood discharge of temporary diversion channel	Q	m ³ /s	600	600/2 = 300
Gradient	I	-	1/137.1	1/137.1
Dc/D	-	-	0.83	0.83
Tunnel Diameter	D	m	9.30	7.00
Critical Depth	Dc	m	7.68	5.82
Cross section area of flow	A	m ²	64.32	36.32
Velocity	v	m/s	9.32	8.26
Velocity head	hv	m	4.43	3.48
Crest Elevation of cofferdam	EL	m	46.40	43.00
Volume of cofferdam	Vc	m ³	145,000,000	87,500,000

- note: 1) Crest elevation of cofferdam
 = Sill elevation of inlet + water depth +
 loss head + freeboard
- 2) Freeboard; H = 1.0 m

ii) トンネル内径と仮締堤標高の決定

仮排水洪水量をトンネル1本で流下させる場合、D=9.30mとなり、トンネル2本で流下させる場合はD=7.00mとなる。よつて

- ① 本地区の場合、仮締切堤は本堤の1部とする断面が得策である。
- ② 仮締切堤の築堤量を増加（本堤の1部として）させることは、施工上本堤の安定性に支障をきたす恐れがある。
- ③ D=9.30mの大断面のトンネルは、地山の土被り、および地質がみて不経済になる。
- ④ トンネル径が小さくなるほど閉塞工は容易である。

以上の事項等を考慮しトンネル2本で流下させるD=7.00m（2本）の仮排水路を採用し、仮締切堤標高はEL43.00mとする。

7-6-2 余水吐

(1) 位置および路線

設計洪水量 $Q = 1,300 \text{ m}^3/\text{s}$ を基本に堤体左右岸に路線を選定し比較検討した結果

- ① 左岸側は全路線が直線で配置できる。
- ② 左岸側は下流河川の取付がスムーズである。
- ③ Bed rock は若干右岸側が浅い位置にあり有利である。
- ④ 全路線延長は左岸が短い。
- ⑤ ダム管理の進入道路は右岸であり、余水吐は右岸に設けると、管理橋を必要とする。

以上の事項等を考慮し余水吐の位置および路線は左岸側と決定する。

(2) 型式

フィルダムの余水吐タイプは非調節型を原則とするのが望ましい。非調節型としては、

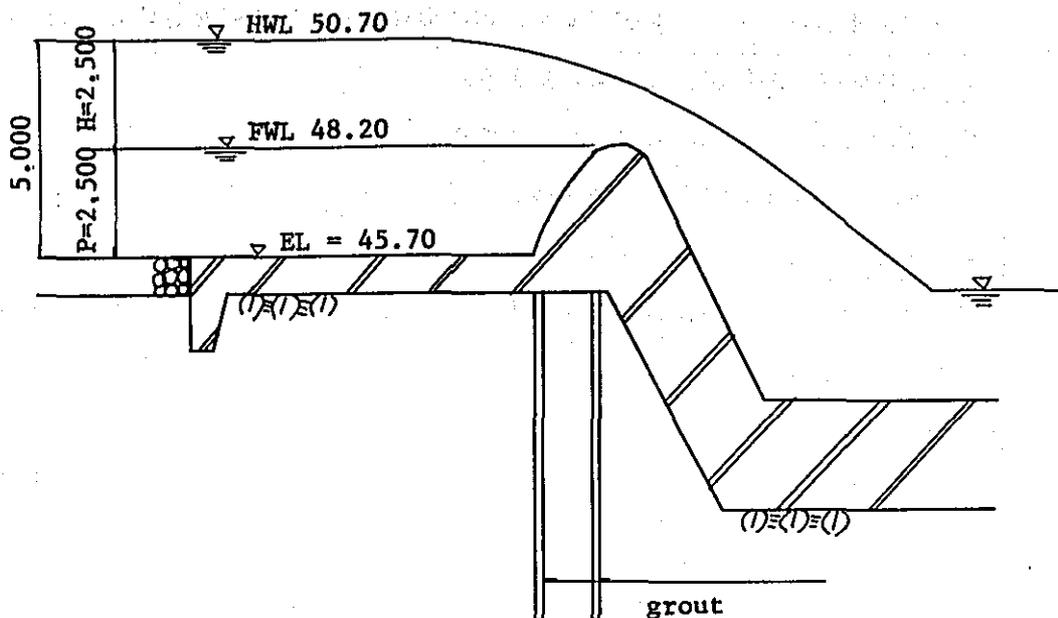
- ① 側溝式②シュート式がある。したがって
- ① 余水吐路線の地形が比較的緩斜で越流部、放流部、減勢部、取付水路の中心が直線上に設けられる。
- ② 設計洪水量 $Q = 1,300 \text{ m}^3/\text{s}$ である。
- ③ 余水吐掘削土砂、岩等はダム築造に流用できる。

以上の点、ならびに側溝式とシュート式の特徴を考慮してシュート式余水吐とする。

(3) 設計条件

設計洪水量	$Q = 1,300 \text{ m}^3/\text{sec}$
粗度係数 (現場打コンクリート)	$n = 0,015$
越流水深	$H = 2.50 \text{ m}$
満水位 (F.W.L)	$EL = 48.20 \text{ m}$
設計洪水位 (H.W.L)	$EL = 50.70 \text{ m}$
流入部始点標高 (クレスト)	$EL = 48.20 \text{ m}$
流入水路敷高	$EL = 45.70 \text{ m}$

Fig. 7-8 Design properties



(4) 各部の諸元

余水吐の各部は上流側より①接近水路部 ②越流部 ③移行部 ④急流部 ⑤減勢部
⑥放水路と直線に配置した。

余水吐の規模は水力設計を行ない各部の構造を決定した。

なお、主要点の水力諸元を示せば次のとおりである。

1) 越流セキ有効長

$$Q = C L H^{3/2}$$

ここに Q : 設計洪水量 = 1,300 m³/s

C : 越流係数 = 2.16

(P/H = 1.00 m に対すクレスト上流勾配 2/3 割 → C = 2.16)

L : 越流セキ有効長

H : クレスト上の総水頭 = 2.50 m

$$\therefore L = \frac{Q}{C H^{3/2}} = \frac{1,300}{2.16 \times 2.50^{3/2}} \approx 153.0 \text{ m}$$

ii) 移行部終点の水力諸元

移行部はセキ下流の中 153.0 m から距離 180.0 m で巾 100.0 m に漸縮する。コ

コントロールポイントは余水吐の平面および縦断形状から移行部末端となる。この水理諸元は次のとおりである。

限界水深 : $d_C = 2.584 \text{ m}$
流 積 : $AC = 258.40 \text{ m}^3$
流 速 : $VC = 5.031 \text{ m/s}$
速度水頭 : $h_{VC} = 1.291 \text{ m}$
限界勾配 : $IC = 1/582$

iii) 急流部

水路巾は地形勾配がゆるやかであるため拡大せず巾100.0mの同一断面である。この末端の水理諸元は次のとおりである。

水 深 : $d = 0.817 \text{ m}$
流 積 : $A = 81.70 \text{ m}^3$
流 速 : $V = 15.912 \text{ m/s}$
速度水頭 : $h_V = 12.918 \text{ m}$
勾 配 : $I = 1/7.143$

iv) 減勢部

減勢工は、地形、地質、ならびにフルード数等から静水池型式のⅢ型とする。

静水池の巾 : $b = 100.0 \text{ m}$
単位流量 : $q = 13.0 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$
フルード数 : $F = 5.62$
共役水深 : $d_2 = 6.10 \text{ m}$
静水池の長さ : $L = 16.0 \text{ m}$

7-7 取水設備

7-7-1 位置および型式

本計画は水源施設としてダムを築造し、満水位NW L 48.20 取入れ敷高EL 46.00 mから取水し、かんがい地区へ導水を行なうものである。

(1) 位 置

本計画の取水設備は、①かんがい地区の標高が約EL 40.0 m ~ 20.0 mの範囲で

(2) かんがい地区までの距離が約40 kmであることから水頭確保上取入れ敷高はEL 46.00 mとなる。

したがって取水位置は、かんがい地区の位置、幹線水路のルートダム周辺の地形、地質等を考慮し、ダムサイト直上流（約300m上流）のKp, Pekurun地内とする。

(2) 型式

ダムによる取水設備は、一般に仮排水路の転用が得策であるが、本地区はかんがい地区への水頭確保上、仮排水路の転用はできない。

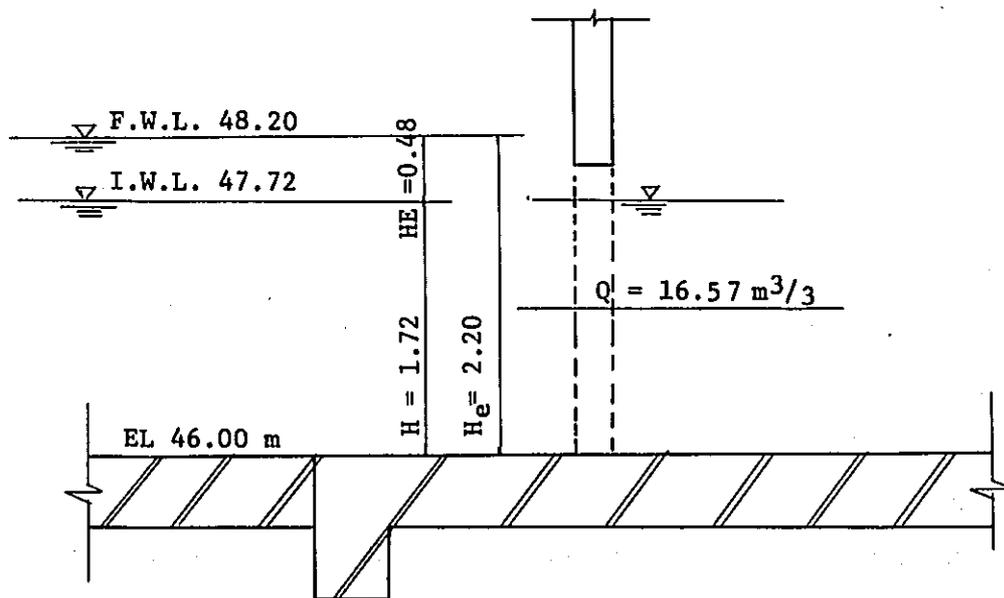
したがって、地形、地質ならびに経済性、維持管理等から水門式とする。

7-7-2 設計条件

かんがい地区の水収支計算結果、取入口の条件は次のとおりである。

- 取入水量 : $Q = 16.57 \text{ m}^3/\text{s}$
- 取入口敷高 : EL 46.00 m
- 取入口水位 : I.W.L. 47.72 m
- 満水位 : N.W.L. 48.20 m
- 利用水深 : $HE' = 2.20 \text{ m}$
- 有効水深 : $HE = 0.48 \text{ m}$
- 取入れ水深 : $H = 1.72 \text{ m}$

Fig. 7-9 Design properties at intake point



7-7-3 各部の設計

取入れ工は上流側より①取水庭部 ②門柱部 ③エブロン部 ④暗キヨ部 ⑤取付水路部を直線上に配置した。

取入れ工の規模は水理設計を行ない各部の構造を決定した。

なお、各部の主要諸元は次のとおりである。

(1) 門柱部

取入れ流速	:	$V = 1.00 \text{ m/s}$
ピアー直上流 有効巾員	:	$B_1 = 11.20 \text{ m}$
ピアー部有効巾員	:	$B_2 = 9.20 \text{ m}$
門 数	:	$n = 3.20 \text{ m/巾} \times 3 \text{ 巾}$
スクリーン	:	$b = 8.8 \text{ mm}, t = 12 \text{ m}$
縦断延長	:	$L_1 = 5.0 \text{ m}$
インバート標高	:	$EL = 46.00 \text{ m}$

(2) エブロン部

有効巾員	:	$B_3 = 11.20 \text{ m}$
縦断延長	:	$L_2 = 9.00 \text{ m}$
インバート標高	:	$EL = 46.00 \text{ m}$

(3) 暗キヨ部 (管理橋)

有効巾員	:	$B_4 = 3.20 \text{ m/連} \times 3 \text{ 連} = 9.60 \text{ m}$
縦断延長	:	$L_3 = 6.00 \text{ m}$
インバート標高	:	$EL = 46.00 \text{ m}$

(4) 取付水路部

取付水路部は、幹線水路に接続させる区間で、上流から下流へと漸拡断面となる。

上流端有効巾員	:	$B_5 = 11.20 \text{ m}$ (長方形断面)		
下流端有効巾員	:	水路敷部	:	$b_1 = 12.77 \text{ m}$
	:	ライニング天端部	:	$b_2 = 21.97 \text{ m}$
// インバート標高	:	$EL = 45.80 \text{ m}$		
// 水面標高	:	$WL = 47.52 \text{ m}$		

第 8 章 積 算

8 - 1 工事費及び年次計画

8 - 1 - 1 主要土木工事費内訳

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Domestic		Foreign	
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
1. Preparatory work						
(1) Temporary work						
1) Dam construction						
Improvement of road	Km	2.5	9,000	22,500	-	-
Access road	Km	6.2	20,000	124,000	-	-
Temporary bridge	place	1	8,000	8,000	-	-
Other works	L.S.			7,500	-	-
(Sub-total)				162,000	-	-
2) Canal construction						
Improvement of road	Km	30.0	9,000	270,000	-	-
Access road	Km	26.5	20,000	530,000	-	-
Temporary bridge	place	5	8,000	40,000	-	-
Removal of water	day	350	3	1,050	-	-
Coffering	m	350	335	117,250	-	-
Crossed railway work	place	1		5,000	-	-
Other works	L.S.			25,700	-	-
(Sub-total)				989,000	-	-
Sub-total				1,151,000	-	-
(2) Survey cost						
Geological survey	L.S.			100,000	-	-
Canal survey	L.S.			100,000	-	-
Other works	L.S.			10,000	-	-
Sub-total				210,000	-	-
(3) Overhead and taxes				340,000	-	-
Total				1,701,000	-	-

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Domestic		Foreign	
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
2. Dam						
(1) Works at borrow pit						
Surface soil removal	m ³	27,000	0.17	4,590	-	-
Excavation (common)	m ³	108,000	0.18	19,440	-	-
Excavation (sand & gravel)	m ³	31,000	0.33	10,230	-	-
Other works	L.S.			740		-
Sub-total				35,000		-
(2) Cofferdam						
Surface soil removal	m ³	19,000	0.17	3,230	-	-
Embankment for core zone	m ³	28,000	0.38	10,640	-	-
Embankment for random zone	m ³	60,000	1.59	95,400	0.60	36,000
Other works	L.S.			3,730		1,000
Sub-total				113,000		37,000
(3) Dam body						
Removal of water	day	200	0.68	136	-	-
Surface soil removal	m ³	30,000	0.17	5,100	-	-
Excavation (sand & gravel)						
by manpower	m ³	2,000	1.22	2,440	-	-
by equipment	m ³	21,000	0.33	6,930	-	-
Excavation (rock)	m ³	10,000	0.89	8,900	0.27	2,700
Grout	m	16,600	2.25	37,350	9.65	160,190
Water pressure test	m	180	3.59	646	24.54	4,417
Stripping at quarry site	m ³	3,000	0.21	630	-	-
Embankment for						
core zone	m ³	80,000	0.38	30,400	-	-
filter zone	m ³	31,000	0.13	4,030	-	-
random zone	m ³	140,000	1.59	222,600	0.60	84,000
rock zone	m ³	90,000	1.50	135,000	0.17	15,300

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Domestic		Foreign	
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
Crest road	m ³	2,100	1.80	3,780	0.12	252
Horizontal drain	m ³	1,400	0.33	462	1.50	2,100
Disposal of surplus soil	m ³	7,000	0.29	2,030	-	-
Other works	L.S.			15,566		13,041
Sub-total				476,000		282,000
(4) Spillway						
Surface soil removal	m ³	40,000	0.17	6,800	-	-
Excavation (common)						
by manpower	m ³	66,000	0.92	60,720	-	-
by equipment	m ³	265,000	0.18	47,700	-	-
Excavation (rock)	m ³	83,000	0.89	73,870	0.27	22,410
Under drain	m	1,800	2.64	4,752	0.02	36
Invert concrete	m ³	3,750	3.68	13,800	10.23	38,363
Grout	m	2,240	2.25	5,040	9.65	21,615
Metal form	m ²	10,400	0.72	7,488	2.10	21,840
Scaffolding	m ³	4,700	0.24	1,128	0.92	4,324
Round bar	ton	450	17.14	7,713	493.50	222,075
Deformed bar	ton	1,350	18.58	25,083	534.70	721,845
Reinforced concrete	m ³	25,800	3.65	94,170	14.92	384,936
Backfill						
by manpower	m ³	1,000	0.71	710	-	-
by equipment	m ³	66,000	0.13	8,580	-	-
Embankment (common)	m ³	3,000	0.11	330	-	-
Masonry work	m ³	700	30.97	21,679	-	-
Sodding	m ²	4,600	1.08	4,968	-	-
Disposal of surplus soil	m ³	83,000	0.29	24,070	-	-
Other works	L.S.			14,399		71,556
Sub-total				423,000		1,509,000

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Domestic		Foreign	
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
(5) Intake						
Surface soil removal	m ³	1,000	0.17	170	-	-
Excavation (common)						
by manpower	m ³	1,000	0.92	920	-	-
by equipment	m ³	4,000	0.18	720	-	-
Excavation (rock)	m ³	1,000	0.89	890	0.27	270
Invert concrete	m ³	50	3.68	184	10.23	512
Grout	m	340	2.25	765	9.65	3,281
Metal form	m ²	800	0.72	576	2.10	1,680
Wooden form	m ²	500	4.37	2,185	-	-
Scaffolding	m ³	1,400	0.24	336	0.92	1,288
Round bar	ton	10	17.14	171	493.50	4,935
Deformed bar	ton	30	18.58	557	534.70	16,041
Reinforced concrete	m ³	450	3.65	1,643	14.92	6,714
Backfill by equipment	m ³	400	0.13	52	-	-
Embankment (common)	m ³	400	0.11	44	-	-
Sodding	m ²	900	1.08	972	-	-
Disposal of surplus soil	m ³	1,000	0.29	290	-	-
Installation of intake gate	set	1		17,000		-
Intake gate	set	1		-		150,000
Steel materials	kg	5,900	1.70	10,030	-	-
Water-level-gauge	place	1		400		200
Rainfall-gauge	place	1		400		200
Discharge gauge	place	1		500		300
Electrical work	L.S.			1,000		-
Other works	L.S.			1,195		8,579
Sub-total				41,000		194,000

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Domestic		Foreign	
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
6) Diversion channel						
Surface soil removal	m ³	12,000	0.17	2,040	-	-
Excavation (common)						
by manpower	m ³	23,000	0.92	21,160	-	-
by equipment	m ³	161,000	0.18	28,980	-	-
Excavation (rock)	m ³	49,000	0.89	43,610	0.27	13,230
Metal form	m ²	1,800	0.72	1,296	2.10	3,780
Wooden form	m ²	100	4.37	437	-	-
Scaffolding	m ³	5,700	0.24	1,368	0.92	5,244
Round bar	ton	30	17.14	514	493.50	14,805
Deformed bar	ton	110	18.58	2,043	534.70	58,817
Reinforced concrete	m ³	1,350	3.65	4,927	14.92	20,142
Backfill						
by manpower	m ³	5,000	0.71	3,550	-	-
by equipment	m ³	45,000	0.13	5,850	-	-
Disposal of surplus soil	m ³	35,000	0.29	35,000	-	-
Excavation for tunnel	m ³	22,500	2.12	47,700	0.79	17,775
Form work for tunnel	m ²	7,300	0.65	4,745	2.10	15,330
Concrete for tunnel	m ³	7,950	3.70	29,415	13.54	107,643
Deformed bar for tunnel	ton	400	18.58	7,432	534.70	213,880
Grout	m ³	1,980	2.33	4,613	15.66	31,006
Curtain grout	m	110	2.76	303	10.04	1,104
Shut-off work	place	1		5,000		25,000
Gate	set	1		25,000		230,000
Other works	L.S.			8,017		22,244
Sub-total				283,000		780,000
7) Overhead and takes				343,000		-
Total				1,714,000		2,802,000

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Domestic		Foreign	
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
3. Main canal						
(1) Main structure						
Surface soil removal	m ³	619,000	0.17	105,230	-	-
Excavation (common)						
by manpower	m ³	321,000	0.92	295,320	-	-
by equipment	m ³	4,546,000	0.18	818,280	-	-
Backfill						
by manpower	m ³	6,000	0.71	4,260	-	-
by equipmnt	m ³	111,000	0.13	14,430	-	-
Embankment						
by manpower	m ³	342,000	0.55	188,100	-	-
common	m ³	2,170,000	0.11	238,700	-	-
from borrow pit	m ³	1,195,000	0.27	322,650	-	-
Disposal of surplus soil	m ³	275,000	0.29	79,750	-	-
Sodding	m ²	850,100	1.08	918,108	-	-
Inspection road	m	62,400	1.80	112,320	0.12	7,488
Metal form	m ²	44,800	0.72	32,256	2.10	94,080
Wooden form	m ²	300	4.37	1,311	-	-
Invert concrete	m ³	1,350	3.68	4,968	10.23	13,811
Reinforced concrete	m ³	15,200	3.65	55,480	14.92	226,784
Round bar	ton	440	17.14	7,542	493.50	217,140
Deformed bar	ton	1,030	18.58	19,137	534.70	550,741
Steel material	kg	6,500	1.70	11,050	-	-
Other works				64,108		21,956
Sub-total				3,293,000		1,132,000
(2) Appurtenant structure						
Cross bridge	place	29		203,000	-	-
Diversion work	place	14		140,000		145,000
Turn out	place	4		20,000		-

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Domestic		Foreign	
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
Cross drain	place	40		120,000		-
Spillway & waste way	place	10		50,000		--
Other works				80,000		-
Sub-total				613,000		
(3) Overhead & taxes				977,000		145,000
Total				4,883,000		1,277,000
4. Secondary canal						
(1) Main structure						
Surface soil removal	m ³	946,000	0.17	160,820	-	-
Excavation						
by manpower	m ³	318,000	0.92	292,560	-	-
by equipment	m ³	317,000	0.18	57,060	-	-
Backfill						
by manpower	m ³	57,000	0.71	40,470	-	-
by equipment	m ³	57,000	0.13	7,410	-	-
Embankment						
by manpower	m ³	914,000	0.55	502,700	-	-
common	m ³	914,000	0.11	100,540	-	-
Disposal of surplus soil	m ³	1,000	0.29	290	-	-
Sodding	m ²	623,800	1.08	673,704	-	-
Inspection road	m	152,500	1.80	274,500	0.12	18,300
Wooden form	m ²	68,000	4.37	297,160	-	-
Reinforced concrete	m ³	12,000	32.06	384,720	1.69	20,280
Invert concrete	m ³	2,200	21.95	48,290	1.73	3,806
Round bar	ton	1,080	729.70	788,076	-	-
Steel materials	kg	2,700	1.70	4,590	-	-
Joint filler	m ³	370	219.42	81,185	666.67	246,668
Mortar facing	m ³	80	74.80	5,984	-	-

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Domestic		Foreign	
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
Masonry work	m ³	7,400	30.97	229,178	-	-
Other works				78,763		4,946
Sub-total				4,028,000		294,000
(2) Appurtenant structure						
Turn out	place	152		438,000		-
Gate	L.S.			105,000		67,000
Sub-total				543,000		67,000
(3) Overhead and taxes				1,143,000		-
Total				5,714,000		361,000
5. Road rehabilitation						
Surface course	L.S.			200,000	-	-
Overhead and taxes				50,000		-
Total				250,000		-
6. Office and quarters						
(1) Facilities						
Office	m ²	500	26.00	13,000	-	-
Guest house	m ²	120	108.00	12,960	-	-
Staff housing	m ²	350	26.00	9,100	-	-
Dormitory	m ²	1,150	22.00	25,300	-	-
Warehouse & repair shop	m ²	600	16.00	9,600	-	-
Motor-pool	m ²	1,500	12.00	18,000	-	-
Well	place	11	100.00	1,100	-	-
Other works	L.S.			940		-
Sub-total				90,000		-
(2) Overhead and taxes				23,000		-
Total				113,000		-

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Domestic		Foreign	
			Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount
7. Land reclamation						
(1) Civil work						
Excavation & embankment						
by Bulldozer	m ³	10,000,000	0.03	300,000	-	-
by Scraper	m ³	30,000,000	0.02	600,000	-	-
Branch road incl. canal	m	1,380,000	0.29	400,200	-	-
Farm road incl. canal	m	700,000	0.20	140,000	-	-
Border	ha	20,000	5.43	108,600	-	-
Other works	L.S.			25,200		
Sub-total				1,574,000		
(2) Overhead and taxes				393,000		
Total				1,967,000		
8. Pilot form						
Construction cost	ha	80		110,000		
Overhead and taxes				28,000		
Total				138,000		
Grand-total				16,480,000		4,440,000

Unit: number

Name of Equipment	Standard	Construction				Total
		Dam	Main Canal	Secondary Canal	Reclamation	
Bulldozer	11 ton	-	4	10	8	22
- ditto -	14 ton	6	23	11	18	58
- ditto -	21 ton	-	-	-	15	15
Tractor shovel	1.4 m ³	-	18	23	-	41
Power shovel	1.2 m ³	5	12	-	-	17
Scraper	9.3 m ³	-	-	-	29	29
Tractor	21 ton	-	-	-	29	29
Dump truck	15 ton	12	56	28	-	96
Tamping roller	6 ton	-	6	4	-	10
- ditto -	10 ton	1	-	-	-	1
Vibrating roller	8 ton	1	-	-	-	1
Sheep's foot roller	10 ton	1	-	-	-	1
Tire roller	10 ton	1	-	-	-	1
Crushing plant	600 x 900	1	-	-	-	1
Batcher plant	0.75m ³ x 2	1	1	-	-	2
Agitator truck	0.8 m ³	2	1	1	-	4
Crawler drill	10 m ³	1	-	-	-	1
Air compressor	4.6 m ³ /min	1	-	-	-	1
- ditto -	9.0 m ³ /min	2	1	1	-	4
Rammer	80-100 kg	3	3	10	-	16
Sinker	24 kg	15	-	-	-	15
Rake	2.4 ton	1	7	2	-	10
Tamper	120 kg	6	114	31	-	151
Water Tanker	1,750 ℓ	1	-	-	-	1
Conveyor	38 t/h	2	5	2	-	9
Vibrator	φ32	3	2	2	-	7
Water pump	φ40	1	2	2	-	5
- ditto -	φ130	2	2	1	-	5
Concrete pump	φ130	1	-	-	-	1

8-1-3 年次計画内訳

Item	1977		1978		1979		1980		1981		1982		Total		Grand total
	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	
1) Main Civil Work															
a) Preparatory work	588	-	375	-	246	-	246	-	246	-	-	-	1,701	-	1,701
b) Dam	-	-	248	407	410	672	816	1,331	240	392	-	-	1,714	2,802	4,516
c) Main canal	-	-	-	-	1,054	276	1,188	311	1,123	294	927	241	4,883	1,277	6,160
d) Secondary canal	-	-	-	-	1,250	79	1,876	118	1,718	108	870	56	5,714	361	6,075
e) Road rehabilitation	-	-	-	-	54	-	98	-	98	-	-	-	250	-	250
f) Office and quarters	57	-	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	113	-	113
g) Land reclamation	-	-	-	-	492	-	492	-	492	-	491	-	1,967	-	1,967
h) Pilot farm	-	-	-	-	-	-	115	-	23	-	-	-	138	-	138
(Sub-total)	(645)	-	(1,270)	562	(3,506)	1,027	(4,831)	(1,760)	(3,940)	(794)	(2,288)	(297)	(16,480)	(4,440)	(20,920)
2) Land Compensation	60	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	-	120
3) Construction Equipment and Spare Parts (Depreciation)	-	859	-	3,160	-	9,625	-	-	-	-	-	-	-	13,644	13,644
(Sub-total)	-	(859)	-	(3,160)	-	(3,685)	-	(3,251)	-	(2,689)	-	-	-	(13,644)	(13,644)
4) Engineering and Administrative Cost	225	900	75	300	75	300	75	300	75	300	75	300	600	2,400	3,000
Total-1	930	1,759	1,405	4,022	3,581	10,952	4,906	2,060	4,015	1,094	2,363	597	17,200	20,484	37,684
(Total-1)	(930)	(1,759)	(1,405)	(4,022)	(3,581)	(5,012)	(4,906)	(5,311)	(4,015)	(3,783)	(2,363)	(597)	(17,200)	(20,484)	(37,684)
5) Physical Contingency	93	88	140	202	358	548	491	103	402	55	236	30	1,720	1,026	2,746
Total-2	1,023	1,847	1,545	4,224	3,939	11,500	5,397	2,163	4,417	1,149	2,599	627	18,920	21,510	40,430
(Total-2)	(1,023)	(1,847)	(1,545)	(4,224)	(3,939)	(5,560)	(5,397)	(5,414)	(4,417)	(3,838)	(2,599)	(627)	(18,920)	(21,510)	(40,430)
(Sub-total)	(2,870)	-	(5,769)	-	(9,499)	-	(10,811)	-	(8,255)	-	(3,226)	-	(40,430)	-	(40,430)
6) Interest during Construction Period	-	558	-	1,039	-	2,219	-	305	-	106	-	28	-	4,255	4,255
7) Price Contingency	119	101	379	477	1,533	2,001	2,967	517	3,219	352	2,413	237	10,630	3,685	14,315
Grand total	1,142	2,506	1,924	5,740	5,472	9,780	8,364	6,236	7,636	4,296	5,012	892	29,550	29,450	59,000
(Grand total)	3,648	-	7,664	-	15,252	-	14,600	-	11,932	-	5,904	-	59,000	-	59,000

8 - 2 全量揚水機場案工事費

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Unit cost	Amount
1. Preparatory work				
(1) Temporary work				
1) Pumping station construction				
access road	Km	0.5	20,000	10,000
other works	L.S.			500
2) Pipe line construction				
access road	Km	0.5	20,000	100,000
temporary bridge	place	4	8,000	32,000
other works	L.S.			6,600
3) Farm pond construction				
Improvement road	Km	3.0	9,000	27,000
other works	L.S.			1,300
4) Canal construction				
Improvement road	Km	10.0	9,000	90,000
access road	Km	10.0	20,000	200,000
Temporary bridge	place	2	8,000	16,000
other works	L.S.			15,300
Sub-total:				498,700
(2) Survey cost				
geological survey	L.S.			30,000
canal survey	L.S.			30,000
other works	L.S.			3,000
Sub-total:				63,000
(3) Overhead and taxes				112,300
Total:				674,000

(Unit: US\$)

Item	Unit	Quantity	Unit cost	Amount
2. Pumping Station				
(1) Protection of river bed	m ²	1,500		12,000
(2) Intake canal, sand basin and absorption tank	L.S.			234,000
(3) Pump chamber	L.S.			70,000
(4) Houses of pump and generator	m ²	600		60,000
(5) Equipments	L.S.			5,033,000
(6) Installation	L.S.			167,000
(7) Other works	L.S.			279,000
Total:				5,855,000
3. Pipe lines				
(1) Pipe lines	Km	5.0		24,067,000
(2) Outlet tank	m ³	1,200		40,000
(3) Farm pond	1000m ³	750		607,000
(4) Other works	L.S.			1,236,000
Total:				25,950,000
4. Main canal	Km	36.5		5,574,000
5. Secondary canal	Km	152.5		6,173,000
6. Road rehabilitation	L.S.			250,000
7. Office and quarters	L.S.			113,000
8. Land reclamation	ha	20,000	323	6,460,000
9. Pilot farm	ha	80		294,000
Grand total:				51,343,000

8-3 請負契約方式による工事費積算

8-3-1 一般

入札価格の合計は一般に(1)直接工事費、(2)施設費、(3)建設機械費、(4)一般経費の如く4区分される。

8-3-2 直接工事費

直接工事費の内容は次の通りである。

- (1) 世話役、運転工、機械工、大工、鋳夫、電工、はつり工といった直接工事に従事する外国及び現地技術者の労務費（技師及び管理者に対する費用は除く）
- (2) 直接工事に従事する現地人夫賃
- (3) 内外国輸送費を含んだ現地及び輸入材料並びに予備品の費用
- (4) 発注者側の機械を含め、建設機械の管理及び整備費
- (5) 発注者側からの貸与機械を含め、機械及び設備の燃料、油脂類の費用
- (6) その他雑費（例えば試験機器、消耗品など直接、工事に関係する材料の提供、組立に要する費用）

8-3-3 施設費

施設費の内容は次の通りである。

- (1) 次項（8-3-4）に記述する機械費を除き、建設工事プラント類の建込、移動、撤去費
- (2) 受注者の配電施設の建設移動、管理費及び発注者側の建設用配電施設の管理費
- (3) 事務所、宿舍、モータープール、倉庫等の建設費
- (4) 仮設用道路及橋梁等の建設及び管理費
- (5) 現地通信施設の材料、敷設、維持管理費
- (6) その他工事用施設の建設及び管理費

8-3-4 建設機械費

建設機械費は次の項目からなる。

- (1) 機械器具の償却費
- (2) 外国からの輸送費
- (3) 内国輸送費

8 - 3 - 5 一般経費

一般経費の内容は次の通りである。

- (1) 外国人及び現地人管理者、技師に対する給与、保険など
- (2) 上記管理者、技師の交通費
- (3) 雇入費
- (4) 受注者の本店経費
- (5) 適切な利潤

次表に主要土木工事費の内訳を示す。

Cost of Main Civil Works by Contract System

Unit: 1,000 US\$

Item	Dam		Main Canal		Secondary Canal		Land Reclamation		Total
	Domestic	Foreign	Domestic	Foreign	Domestic	Foreign	Domestic	Foreign	
	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	
1. Direct Construction Cost									
1) Labour cost	319	575	1,100	19	1,119	1,525	-	475	4,013
2) Material cost	872	2,617	2,662	1,217	3,879	2,968	361	1,074	11,771
3) Cost maintenance and repair of equipment	-	476	-	2,395	2,395	-	519	-	4,946
Sub-total	1,191	3,668	3,762	3,631	7,393	4,493	880	1,549	20,730
2. Construction Facilities Cost									
1) Installation work etc	28	125	34	60	94	23	-	5	275
2) Power distribution work	10	-	10	-	10	5	-	10	35
3) Office and quarters	40	-	30	-	30	20	-	23	113
4) Temporary work	162	-	500	-	500	489	-	-	1,151
5) Others	22	-	100	-	100	50	-	10	182
Sub-total	262	125	674	60	734	587	-	48	1,756
3. Construction Machinery Cost									
1) Depreciation cost	-	862	-	4,498	4,498	-	966	-	8,562
2) Transportation cost	-	32	-	100	100	-	48	-	248
Sub-total	-	894	-	4,598	4,598	-	1,014	-	8,810
4. General expenses									
1) Salary, etc for engineers	240	-	180	-	180	90	-	90	600
2) Living cost	30	-	18	-	18	9	-	9	66
3) Travelling expenses	10	-	6	-	6	1	-	3	20
4) Employee's cost	25	-	15	-	15	7	-	10	57
5) General expenses	30	-	50	-	50	25	-	30	135
6) Profit	330	-	650	-	650	350	-	280	1,610
Sub-total	665	-	919	-	919	482	-	422	2,468
Total	2,118	-	6,805	8,289	13,644	5,562	1,894	2,019	33,784

8-4 純かんがい面積25,000haの場合

8-4-1 事業費

(Unit 1,000 US\$)

Item	Domestic	Foreign	Total
1. Main Civil Work			
a) Preparatory work	2,042	-	2,042
b) Dam	1,919	2,954	4,873
c) Main canal	6,216	1,612	7,828
d) Secondary canal	7,590	473	8,063
e) Road rehabilitation	300	-	300
f) Office and quarters	136	-	136
g) Land reclamation	2,780	-	2,780
" (upland field)	1,200	-	1,200
h) Pilot farm	138	-	138
(Sub-total)	(22,321)	(5,039)	(27,360)
2. Land Compensation Expenses	130	-	130
3. Construction Equipments and Spare Parts	-	17,705	17,705
4. Engineering and Administrative Cost	750	3,000	3,750
5. Physical Contingency	2,320	1,285	3,605
Total	25,521	27,029	52,550
6. Interest during Construction Period	-	5,950	5,950
7. Price Contingency	14,869	4,631	19,500
Grand total	40,390	37,610	78,000

8-4-2 年次計画

Portion	1977	1978	1979	1980	1981	1982	Total
Domestic	1,309	2,484	7,695	11,016	10,464	7,422	40,390
Foreign	2,770	7,877	19,613	4,197	2,095	1,058	37,610
Total	4,079	10,361	27,308	15,213	12,559	8,480	78,000

8-4-3 年次計画内訳

	1977		1978		1979		1980		1981		1982		Total		Grand total
	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	
1) Main Civil Work															
a) Preparatory work	706	-	450	-	296	-	295	-	295	-	-	-	2,042	-	2,042
b) Dam	-	-	278	429	458	709	913	1,403	270	413	-	-	1,919	2,954	4,873
c) Main canal	-	-	752	195	1,343	348	1,513	392	1,428	371	1,180	306	6,216	1,612	7,828
d) Secondary canal	-	-	-	-	1,661	104	2,492	155	2,283	142	1,154	72	7,590	473	8,063
e) Road rehabilitation	-	-	-	-	54	-	98	-	98	-	50	-	300	-	300
f) Office and quarters	68	-	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136	-	136
g) Land reclamation (lowland)	-	-	-	-	695	-	695	-	695	-	695	-	2,780	-	2,780
(upland)	-	-	-	-	300	-	300	-	300	-	300	-	1,200	-	1,200
h) Pilot farm	-	-	-	-	115	-	-	-	23	-	-	-	138	-	138
Sub-total	774	-	1,548	624	4,922	1,161	6,329	1,950	5,369	926	3,379	378	22,321	5,039	27,360
2) Land Compensation	65	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130	-	130
3) Construction Equipment and Spare Parts (Depreciation)	-	1,043	-	4,116	-	12,546	-	-	-	-	-	-	-	17,705	17,705
(1,043)	-	(1,043)	-	(4,116)	-	(4,728)	-	(4,247)	-	(3,571)	-	-	-	(17,705)	(17,705)
4) Engineering and Administrative Cost	225	900	193	780	83	330	83	330	83	330	83	330	750	3,000	3,750
Total-1	1,064	1,943	1,806	5,520	5,005	14,037	6,412	2,280	5,452	1,256	3,462	708	23,201	25,744	48,945
(Total-1)	(1,064)	(1,943)	(1,806)	(5,520)	(5,005)	(6,219)	(6,412)	(6,527)	(5,452)	(4,827)	(3,462)	(708)	(23,201)	(25,744)	(48,945)
5) Physical Contingency	106	97	181	276	501	310	641	326	545	241	346	35	2,320	1,285	3,605
Total-2	1,170	2,040	1,987	5,796	5,506	14,347	7,503	2,606	5,997	1,497	3,808	743	25,521	27,029	52,550
(Total-2)	(1,170)	(2,040)	(1,987)	(5,796)	(5,506)	(6,529)	(7,503)	(6,853)	(5,997)	(5,068)	(3,808)	(743)	(25,521)	(27,029)	(52,550)
(3,210)	(3,210)		(7,783)		(12,035)		(13,906)		(11,065)		(4,551)		(52,550)		(52,550)
6) Interest during Construction Period	-	617	-	1,426	-	2,769	-	9,967	-	138	-	33	-	5,950	5,950
7) Price Contingency	139	113	497	655	2,189	2,497	3,963	624	4,467	460	3,614	282	14,869	4,631	19,500
Grand total	1,309	2,770	2,484	7,877	7,695	19,613	11,016	4,197	10,464	2,095	7,422	1,058	40,390	37,610	78,000
4,079	4,079		10,361		27,308		15,213		12,559		8,480		78,000		78,000

