

## 第4章 ンゴマ22地区・灌漑セクターの計画

### 4-1. 灌漑計画

#### 4-1-1. 用水計画調査

##### (1) 利用可能水量

##### (a) 利用可能河川流量

###### ) 検討方法

本年2月より観測されている雨量、流量データにより、日雨量を入力すると日流量を算出する流出解析モデルを作成する。

流出解析手法としては、年累加流量のような長期的な流量を対象としていることや、本地区の流量には過去からの降雨による地盤の飽和状況が強く影響していることから、このような場合に適する解析手法であるタンクモデル手法を用いることとする。

###### ) 観測データの検討

本年2月より観測されている雨量、流量データの観測データを日単位（流出率は旬（10日毎）単位の量）、及び観測開始以来の累加量として整理し、次図の履歴図に示す。

長期流出解析に重要な流出率に注目すると、旬流出率は2月～3月中旬までは15%程度、3月下旬から4月下旬までは5%程度に低下したまま継続し、5月初旬は再び15%程度に戻っている。

次に日流量に注目すると、2月の観測開始から4月中旬まで2千 m<sup>3</sup>/日程度で概ね一定であり、20mm以下の日雨量にはほとんど流量の増加を示していない。

4月下旬以降のまとまった降雨があつて以降の日流量は、6千 m<sup>3</sup>/日以上を継続している。

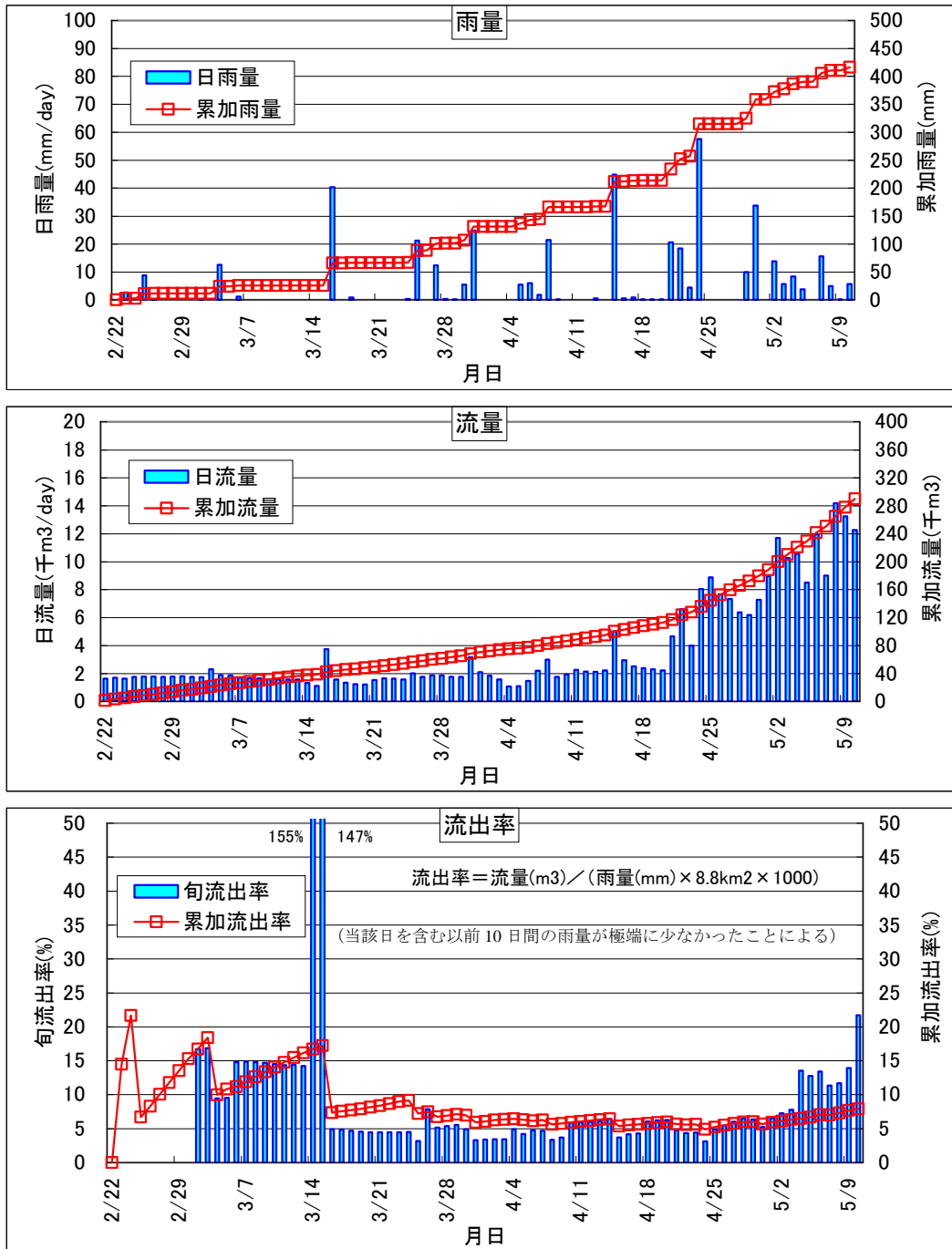
流出率が5%～15%程度と低い原因については、表層地盤が透水性のため降雨量が少なく地盤が乾燥している状況での降雨は、地盤へ浸透して流出し難いことと、蒸発散量が大きいことが考えられる。

2月～4月に2千 m<sup>3</sup>/日程度の流量が継続していることについては、基底流量的な量と考えられる。

4月下旬以降の降雨に対する日流量の増加については、ある程度まとまった降雨が継続すると、地盤が飽和して流出し易くなるためと考えられる。

\*本検討は2012年2月22日から2012年5月10日間の観測データについて行ったものである。ファイナルレポートでは、6月末までのデータを含めた再検討結果を示す予定である。

2012/2/22～2012/5/10(79日間)の観測結果(日データで整理した)



流量・雨量の検討表

期間	2012/2/22-2012/5/10	
相関係数	0.955	
累加流量 観測値	290 千m3	
累加雨量 観測値	417 mm	
雨量の流量換算値	3,666 千m3	(雨量(mm) × 8.8km2)
流出率	7.9%	

図 4-1-1-1 流量・雨量の観測結果

## iii) タンクモデルの検討

## a) 蒸発散量

GAHORORO の旬毎の蒸発散量を以下のとおりとする。

蒸発散量をタンク水深から差し引くタンクは上段（1 段目）タンク、中段（2 段目）タンクとし、上段タンクで水深が不足する場合のみ、不足量の 50% の範囲で中断タンク水深から差し引くこととした。

表 4-1-1-1 タンクモデルで用いる蒸発散量

単位 (mm/day)

1 月			2 月			3 月			4 月		
上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
3.7	3.73	3.95	4.21	4.47	4.39	4.28	4.16	4.11	3.96	3.72	3.61
5 月			6 月			7 月			8 月		
上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	4.44	4.44	4.76
9 月			10 月			11 月			12 月		
上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
4.80	4.69	4.57	4.90	4.40	4.27	4.10	3.92	3.91	3.80	3.63	3.49

注) 5 月～7 月は欠測のため 4 月下旬の値とした。

## b) タンクモデル定数

観測値と計算値の相関係数が 0.9 以上であること、及び観測値と計算値の流出率が概ね一致することを目標に試算した結果、各定数を右図のようにした場合、次図の結果となり、相関係数は 0.955、流出率は観測値と同じ 7.9% になったので、これを採用する。

なお、次節での各年の計算に用いるタンク的水深について、今回検証データが少ないことから、タンク的水深を前年からの継続で実施すると誤差が拡大する恐れがあるため、各年 1 月 1 日のタンク水深は右図の初期値で計算を開始することとする。

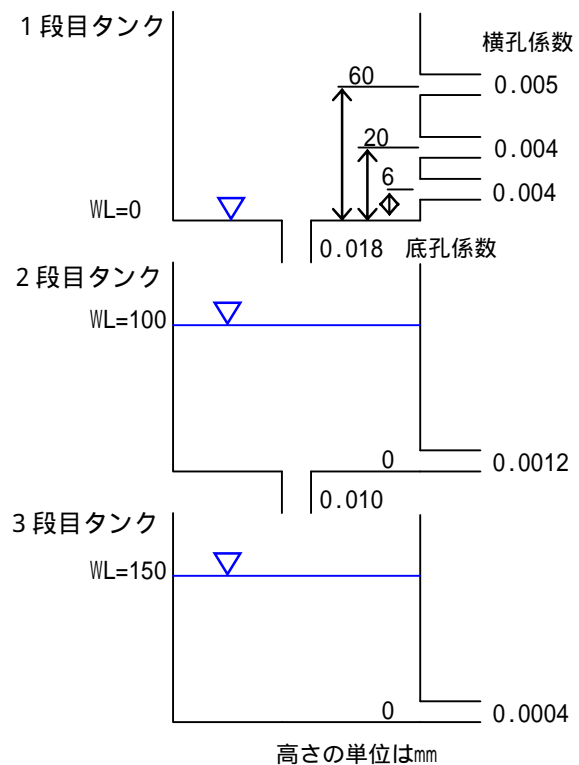
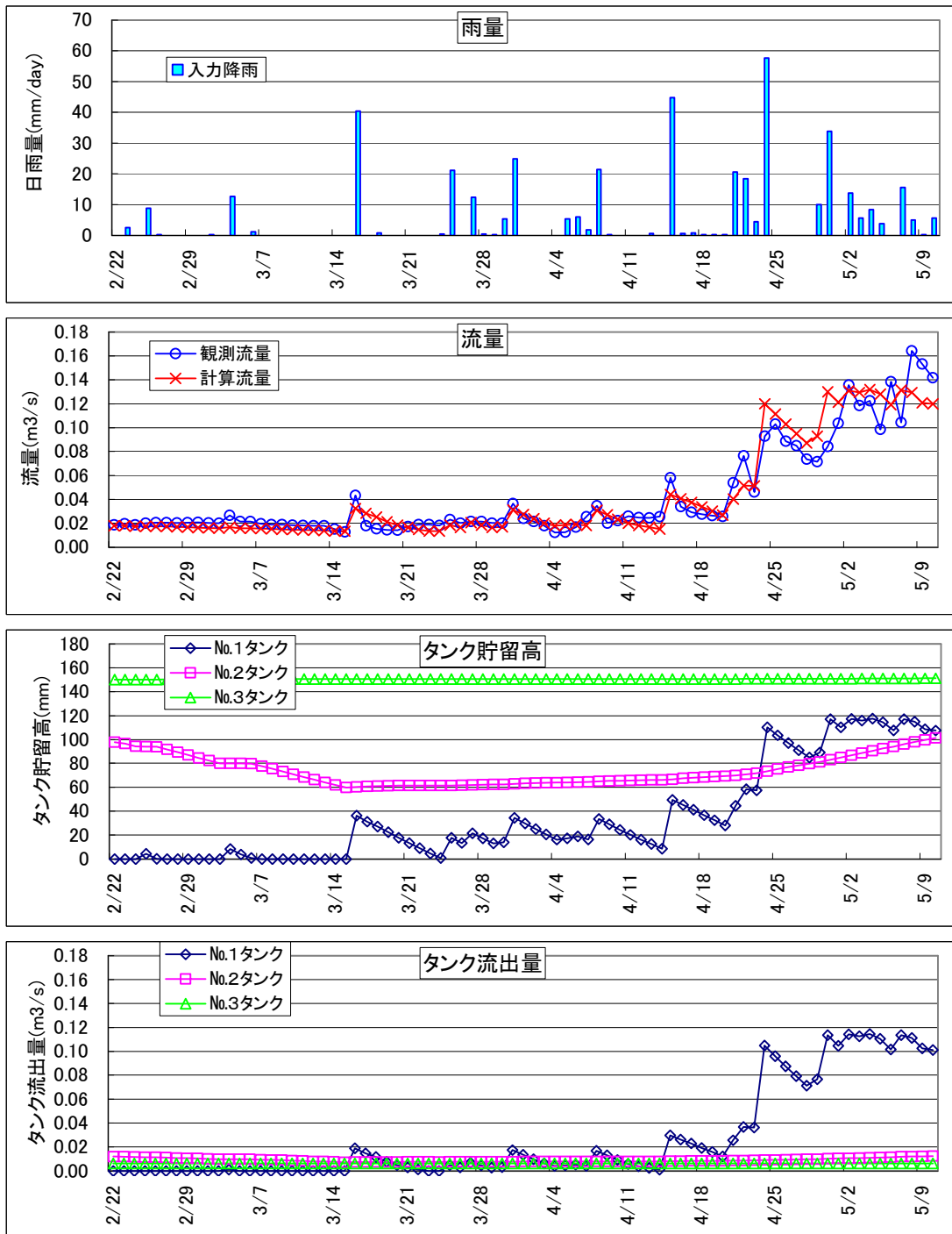


図 4-1-1-2 タンクモデル

タンクモデル計算流量と観測流量の比較



タンクモデル計算結果

計算期間	2012/2/22-2012/5/10			
	相関係数	0.955	流出率(%)	
累加流量	計算値	289 千m <sup>3</sup>	計算値	7.9%
累加流量	観測値	290 千m <sup>3</sup>	観測値	7.9%
累加雨量	観測値	417 mm		

図 4-1-1-3 タンクモデル計算流量と観測流量の比較

## iv) 貯留可能量

ダムサイト近傍の降雨観測所として Gahororo と Kibungo があるが（共にダムサイトより直線距離で約 8km）、以下の理由により Gahororo のデータを採用する。

- Gahororo の降雨データは 1960 年から 1993 年まで 34 年間のものがある。
- 一方、Kibungo の降雨データは 1931 年から 63 年間のものがあるが、1981 年～1989 年の近年のデータが欠落している。
- 従って、近年の降雨減少傾向を踏まえると、近年の降雨データがそろっている Gahororo 観測所の降雨データを採用するのが妥当である。



図 4-1-1-4 GAHORORO 観測所とダムサイトの位置関係

Gahororo 観測所の 1960 年～1993 年まで 34 年間の日雨量データについて、各年の日流量をタンクモデルにより計算し、年累加流量を求めた結果を整理して(表 4-1-1-2)及び(図 4-1-1-5)に示す。

**表 4-1-1-2 タンクモデルによる各年流量計算結果表**

タンクモデルによる各年流量計算結果

年	年流量(m3)	年雨量(mm)	流出率(%)	年流量の順位	
				豊水順位	渇水順位
1960	1,050	1,133	10.5	11	24
1961	1,251	1,320	10.8	6	29
1962	620	1,067	6.6	26	9
1963	982	1,183	9.4	13	22
1964	604	1,094	6.3	27	8
1965	1,275	1,304	11.1	5	30
1966	1,336	1,366	11.1	4	31
1967	364	856	4.8	34	1
1968	1,691	1,349	14.2	2	33
1969	858	1,095	8.9	18	17
1970	709	1,134	7.1	21	14
1971	567	984	6.6	29	6
1972	573	1,147	5.7	28	7
1973	543	918	6.7	30	5
1974	638	1,002	7.2	24	11
1975	444	1,022	4.9	33	2
1976	802	1,145	8.0	19	16
1977	873	1,166	8.5	16	19
1978	1,126	1,268	10.1	8	27
1979	1,614	1,269	14.5	3	32
1980	626	883	8.1	25	10
1981	860	1,124	8.7	17	18
1982	657	637	11.7	22	13
1983	541	822	7.5	31	4
1984	901	1,077	9.5	15	20
1985	1,715	1,349	14.4	1	34
1986	1,036	1,046	11.3	12	23
1987	913	1,161	8.9	14	21
1988	1,114	1,306	9.7	9	26
1989	1,077	1,270	9.6	10	25
1990	1,155	1,283	10.2	7	28
1991	755	1,100	7.8	20	15
1992	455	994	5.2	32	3
1993	647	927	7.9	23	12
平均	877	1,105	8.8		
最小	364	637	4.8		
最大	1,715	1,366	14.5		

降雨データ修正

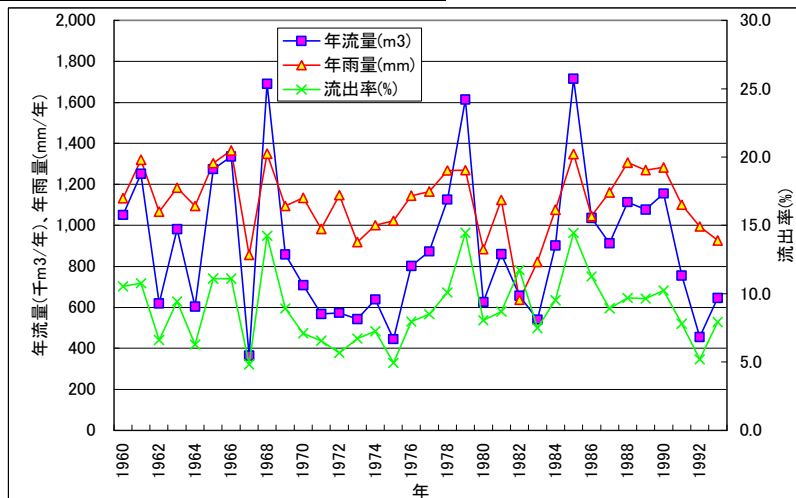
欠測あり

欠測あり

欠測あり

欠測あり

欠測あり



**図 4-1-1-5 タンクモデルによる各年流量計算結果**

## v) 基準年及び利用可能河川流量

タンクモデルによる検討の結果得られた流入期待流量について、確率計算を行い、LWH・Nyanza-23 地区で採用している 3/10 確率に近い渇水年を基準年、そのときの流量を利用可能河川流量に設定する。

以下の計算結果から、3年確率に相当する 697,149=700,000m<sup>3</sup> を利用可能水量、これに近い流量値となっている 1970 年を基準年に設定する。

表 4-1-1-3 確率雨量計算結果(1)

両端10% データ個数 N/10	下限定数 b
3	-17.7

	xl Max	xs Min	xg $\log_{10}xg$ = $\log_{10}xi$	$xl \cdot xs - xg^2$	$2xg - (xl + xs)$	bs $\frac{xl \cdot xs - xg^2}{2xg - (xl + xs)}$	b 平均bs
1	1,715.000	364.000	833.0151	-69654.10	-412.97	168.67	168.7
2	1,691.000	444.000	833.0151	56889.90	-468.97	-121.31	23.7
3	1,614.000	455.000	833.0151	40455.90	-402.97	-100.39	-17.7
4	1,275.000	543.000	833.0151	-1589.10	-151.97	10.46	-10.6
5	1,251.000	567.000	833.0151	15402.90	-151.97	-101.35	-28.8
6	1,155.000	573.000	833.0151	-32099.10	-61.97	517.98	62.3
7	1,126.000	604.000	833.0151	-13810.10	-63.97	215.88	84.3
8	1,114.000	620.000	833.0151	-3234.10	-67.97	47.58	79.7
9	1,077.000	638.000	833.0151	-6788.10	-48.97	138.62	86.2
10	1,050.000	647.000	833.0151	-14564.10	-30.97	470.27	124.6

単位: m3/year

標準偏差 Sx	1/a
0.17868	0.25733

生起年 T年		1/a	平均Y +1/a	x+b	生起年 確率値 x
1	0.0000	0.0000	2.9105	813.8	831.499
2	0.0000	0.0000	2.9105	813.8	831.499
3	0.3045	0.0784	2.8322	679.5	697.149
4	0.4769	0.1227	2.7878	613.5	631.167
5	0.5951	0.1531	2.7574	572.0	589.670
6	0.6858	0.1765	2.7340	542.1	559.741
7	0.7547	0.1942	2.7163	520.4	538.056
8	0.8134	0.2093	2.7012	502.6	520.268
9	0.8634	0.2222	2.6883	487.9	505.596
10	0.9062	0.2332	2.6773	475.7	493.378





## (b) 地下水利用可能水量

## i) 地下水の重力灌漑利用ポテンシャルの評価

2012年3月16日および18日に実施した現地踏査の結果、乾季末にも地表水の流れが存在し、かつ湿地帯状で泉の存在が確認されたのは、潤れ谷、右岸下流の谷、合流地点下流の谷の3箇所である。（”3-6-2.水源計画調査 (5)地下水利用可能調査”参照。）

各地点の地下水利用ポテンシャルを(表 4-1-1-4)のように評価する。

表 4-1-1-4 地下水の重力灌漑利用ポテンシャルの評価

地点	観察事項	評価
潤れ谷 (CA=1.7km <sup>2</sup> )	3/18 の踏査時に、谷の中流地点で流量約 1ℓ/sec の人工水路と他に 2 本の水流を確認。 地下水流入量として、約 3ℓ/sec 程度が期待できる（試算結果参照）。 なお、タンクモデル流出解析によれば、基準年（1970 年）流量の場合に 7,8,9 月の時期にはダムサイト（8.8 km <sup>2</sup> ）で基底流量自体が 10 ℓ/sec 以下に減少する。	地表水、地下水を合わせて、1ℓ/sec~5ℓ/sec 程度取水可能。地下水主体ではあるが変動が大きいものと考えられる。現時点では少なめに 3ℓ/sec と評価する。
右岸下流の谷 (CA=0.5km <sup>2</sup> )	3/18 の踏査時に、谷の中流地点で小水流と湿地帯、谷の奥で泉を確認。 地下水流入量として期待できるのは約 2ℓ/sec 程度か（試算結果参照）。 なお、タンクモデル流出解析によれば、基準年（1970 年）流量の場合に 7,8,9 月の時期にはダムサイト（8.8 km <sup>2</sup> ）で基底流量自体が 10 ℓ/sec 以下に減少する。	地表水、地下水を合わせて、0.5ℓ/sec~2ℓ/sec 程度取水可能。変動が大きい。現時点では少なめに 1ℓ/sec と評価する。
合流地点下流の谷 (CA=0.8km <sup>2</sup> )	3/18 の踏査時に、谷の中流地点で流量約 2ℓ/sec の流れ、奥で 0.5ℓ/sec の泉を確認。 なお、タンクモデル流出解析によれば、基準年（1970 年）流量の場合に 7,8,9 月の時期にはダムサイト（8.8 km <sup>2</sup> ）で基底流量自体が 10 ℓ/sec 以下に減少する。	地表水、地下水を合わせて、1ℓ/sec~3ℓ/sec 程度取水可能。変動が大きい。現時点では少なめに 1ℓ/sec と評価する。



図 4-1-1-6 地下水の重力灌漑利用ポテンシャルの評価位置

地下水を簡単な仕掛け（構造物）により取水し灌漑用水の水源に活用しようという考え方の根底には、地下水流量の季節変動が小さいという認識がある。この認識に離反し、タンクモデルによるダムサイト流入水量解析結果に現れたような大きな差（基底流量が3月、4月の20ℓ/secから8月、9月の10ℓ/sec以下に変化する；下図参照）が地下水流量にもあるならば、地下水を活用する場合にもダムに準じた構造物が必要となる。

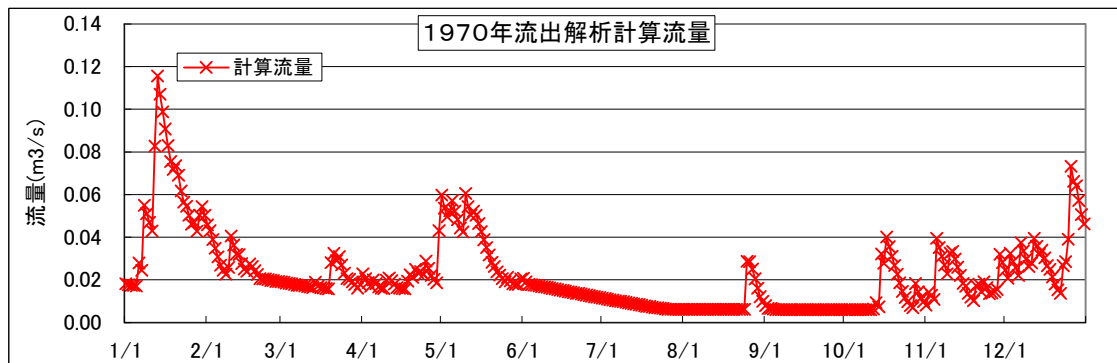


図 4-1-1-7 流出解析計算流量

ダムサイトにおける流量観測も未だ7, 8, 9月の乾季を経験しておらず、ダムサイト流量予測も乾季に関しては予測の域を出ていない。ましてこれらの地下水流量に関し、信頼性のある数字を挙げることは困難である。前表の30ℓ/sec, 10ℓ/sec, 10ℓ/sec は、少なめに評価した暫定値である。

地下水が灌漑用水の有望な水源であり、活用できる可能性が高いことには変わりはないが、現計画時点では、補助水源として扱い、計画には取り込まない。今後、7~9月の地下水流況の把握、試験施工による地下水取水効率の確認を行い、灌漑計画にどのように生かすかの検討を行うものとする。

潤れ谷地下水流入量の試算

地表部の高透水性土質地盤の透水度を  $k=6 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 、地盤層厚を4mと評価する（ダムサイト現場透水試験結果から類推）。 $Q=k \cdot i \cdot A$  より、

$$Q = 6 \times 10^{-3} \text{cm/sec} \times (0.25 \times 400 \times 5000 + 0.2 \times 400 \times 3000 + 0.04 \times 400 \times 700 + 0.1 \times 400 \times 2500 + 0.1 \times 400 \times 4000)$$

$$= 6,067 \text{ cm}^3/\text{sec} \approx 60 \text{ /sec}$$

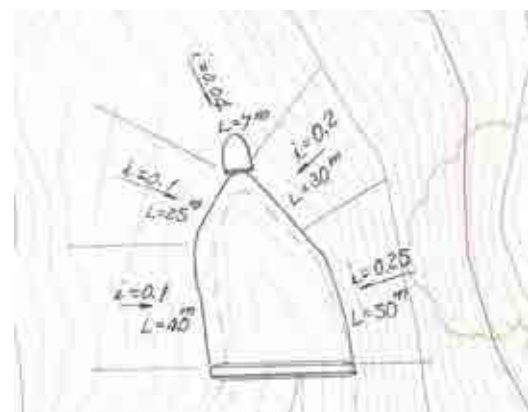


図 4-1-1-8 潤れ谷地下水流量の試算

地下水位面勾配が地表面勾配の1/2程度と考えると、この50%程度が期待できる水量となり、30ℓ/sec程度となる。

### 右岸下流の谷の試算

涸れ谷と同様に評価する。

$$Q = 6 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} \times (0.33 \times 400 \times 7000 \times 2)$$

$$= 11,088 \text{ cm}^3/\text{sec} \approx 11 \ell / \text{sec}$$

流域面積が小さいことため地山地下水涵養量が少ないと推測される。地下水位面勾配は地表面勾配に比べ相当小さいものとするれば、期待水量は  $2 \ell / \text{sec}$  程度となる。

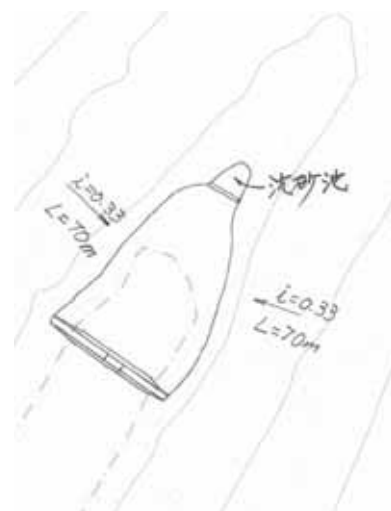


図 4-1-1-9 右岸下流の谷地下水流量の試算

### iii) 揚水による地下水利用

ダムサイト上流で行った揚水試験において深度約 45m で帯水層を確認するとともに、 $1.25 \ell / \text{sec}$  の定量地下水くみ上げに成功した。これをソーラーポンプにより揚水した場合の水量は次のようになる。

$$1.25 \ell / \text{sec} \times 86,400 \times 8.5/24 \times 302 \text{ day} \times 0.7 \approx 8,000 \text{ m}^3$$

ソーラーポンプの運転時間、効率が影響して、たいした水量にはならない。よって、揚水による地下水利用は、補償用水として生活用水を供給するためのものに止める。

### (c) 全体利用可能水量

利用可能河川流量	: $700,000 \text{ m}^3$
地下水及び表流水 (補助水源)	: $5 \ell / \text{sec} \times 86,400 \times 365 / 1,000 = 158,000 \text{ m}^3$
計	: $700,000 \text{ m}^3$ (+ 補助水源 $158,000 \text{ m}^3$ )

(2) 灌漑用水量

(a) 畑地灌漑用水の先取りによる河川流量の削減と水田用水の試算 (中野 MINAGRI アドバイザー 検討結果)

i) 用水ユニットでの節水量の試算

1) 取水量と還元量

用水単位での取水量等を試算するため、田越し灌漑モデルを構築する。

試算上、一区画を  $20 \times 20\text{m} = 400\text{m}^2$ 、6 区画で構成される用水単位を想定し(=24a、おおむね 1 農家の水田経営規模、畦畔除きの実灌漑面積)、Ngoma-22 支川の平均水田のイメージとする。

片岸側、横方向 2 区画の幅とし、各農家に堰上げ取水し、かつ、6 枚の区画のうち土水路から 3 枚に取水、残りの 3 枚には必要水量が畦畔からの漏水及び田越し越流により賄われているモデルとする。

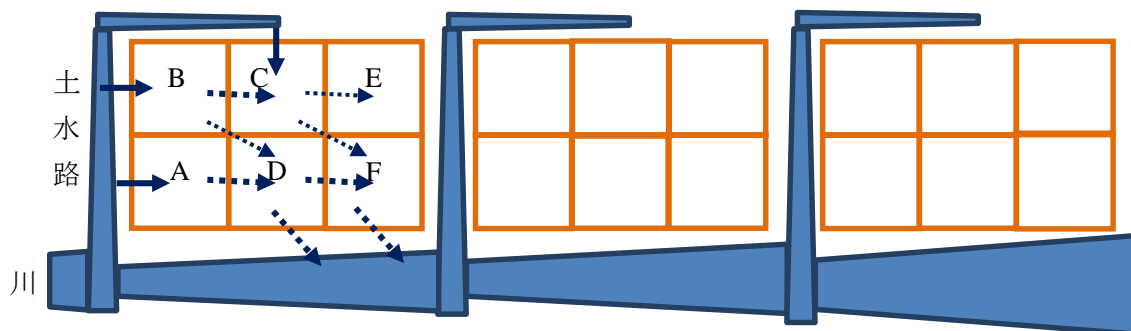


図 4-1-1-10 田越し灌漑モデル

すなわち、上記で、区画 A、B、C は、平均すればそれぞれ各 1 枚の隣接する区画に、畦畔漏水と田越し越流で必要水を供給しているので、

仮に、このときの見かけ上の減水深を 110 mm/日 (鉛直方向 20 mm、畦畔漏水 90mm) とし、ETc を最大値として 5mm/日 とした場合

- ・ ABC 区画とも、おおむね 115 mm/日が供給されれば、水不足にはならない。

同様に、

- ・ DEF には、ABC から余剰水としておおむね 115mm/日が供給されれば、水不足にはならない。

注-1.

本稿における「減水深」には便宜上 ET を含まないものとして定義する。

注-2.

調査団山岸氏の報告によれば、Ngoma-22 支川の上中下流における計 7 ヶ所の減水深試験の結果は、以下のとおりである。

**表 4-1-1-5 減水深試験結果**

調査箇所	降下浸透量 mm/day	畦漏水量 mm/day
A	7.9	-
B	18.3	51.5
C	<b>20.1</b>	122.0
D	<b>20.0</b>	83.3
E	-	58.0
F	7.2	196.0
G	8.0	31.0
平均	13.6	<b>93.7</b>

これより、降下浸透量は、バラツキが小さいことを勘案し、最大値を勘案し 20mm/day を採用した。

畦畔漏水量は、31 mm～196 mmまでバラツキが大きいことから、平均値を勘案し 90mm/day を採用した。

なお、畦畔漏水量が膨大な理由は、当地の慣行として、一般に農家は土よりも藁を主体にして畦畔を作っていることに起因しているものと考えられる。

### 注-3.

水稻の ETc については、蒸散要因としてみた場合に、我が国と比べて乾燥しているものの、赤道無風帯にあり風の影響が小さい。

発散については、当地の気温は、標高が 1,400m 前後と高いこともあり、我が国の水稻栽培条件よりも最大で 5℃程度低い (28℃程度)。

また、小雨季（乾季）と発散が最大（成長成熟期）となる時期とが合致する我が国の場合とは異なり、蒸散の少ない雨季に発散が最大となる。

これらの理由から、当地での水稻の ETc は、我が国のピーク値 6～8mm/day を下回るものと考えられる。

実際、**CROPWAT8** を用いて基準年（3/10 渇水年）の当地降雨データを用いて水稻の ETc を試算したところ、年間を通じて大きな差はなく、最大値は **9 月第 2 旬の約 4.8 mm/day** であった。

したがって、本シミュレーションでは、ETc(ピーク値)として **5mm/day** を採用する。

以上を踏まえた ABCDEF 区画による用水単位の取水量等は、以下のとおりとなる。

	ABC 区画	DEF 区画 (平均)
降下浸透量	20 mm (ほぼ全て川へ還元)	20 mm (ほぼ全て川へ還元)
ETc	5 mm	5 mm
畦畔漏水量(横流出分)	90 mm	90 mm (河川へ還元)
田越し流出	115 - 90 = 25 mm	
	隣接区画へ 計 115 mm 供給	→ 計 115 mm
	取水量 計 140 mm/日	河川還元量 計 約 130 mm/日

したがって、6 区画が定常状態となるための ABC の平均取水量は、

$$140 \text{ mm/日} \times 400 \text{ m}^2 = 56.0 \text{ m}^3 / \text{区画/日}$$

用水単位全体では、3 点の取水で  $56.0 \times 3 = 168.0 \text{ m}^3$  となる。

すなわち、河川からの 1 用水単位 (1 農家相当) の日当たり取水量は、168.0 m<sup>3</sup>/日…①

なお、河川への還元量は、水田が谷内田状の湿地条件に位置しているため、DEF 水田からの 90 mm の横流出と、各水田の鉛直方向の効果浸透量 20 mm のほぼ全てが河川に還元されると仮定している。

これに加え、丘陵部からの地下水供給もあり、下流に行くにつれて河川流量が増大しているため、実際には取水量を超える量の河川への流入 (還元及び地下水の流入) がある。(後述)

## 2) 水田基盤の改善による節水量

次に、畦畔の改善 (畦畔の粘性土のみによる作り直し及び畦塗り) により、90 mm の 畦畔漏水を抑制し、10 mm (降下浸透量の半分) まで削減した場合 を仮定する。

この場合の必要水量は、降下浸透量 20 mm/日、畦畔漏水量 10 mm、ETc は 5 mm/日であることから、

- ・ ABC とも、35 mm/日が供給されれば、水不足にはならない。

同様に、

- ・ DEF には、ABC から余剰水として、平均 35 mm/日が供給されれば、水不足にはならない。

	ABC 区画	DEF 区画 (平均)
降下浸透量	20 mm (ほぼ全て川に還元)	20 mm (ほぼ全て川に還元)
ETc	5 mm	5 mm
畦畔漏水量(横流出分)	10 mm	10 mm (河川へ還元)
田越し流出	25 mm	
	隣接区画へ 35 mm供給 → 計 35 mm	
取水量 計	60 mm/日	河川還元量 約 50mm/日

・したがって、6区画が定常状態となるためのABCの平均取水量は、

$$60 \text{ mm/日} \times 400 \text{ m}^2 = 24.0 \text{ m}^3 / \text{区画} / \text{日}$$

用水単位全体では、3点の取水で  $24.0 \times 3 = 72.0 \text{ m}^3$  となる。

すなわち、河川からの1用水単位(1農家相当)の日当たり取水量は、72.0m<sup>3</sup>/日…②

以上、①と②の各取水量から節減率を求めると、 $72.0 / 168.0 = 42.9\%$ 、すなわち節減率 57.1%となり、5割以上の取水が節減される試算となった。

### 3) 水田分布モデルの設定

次に、河川の流下距離に対する水田面積の計算モデルを設定する。

地形測量の結果、Ngoma-22支川の水田面積は35ha、支川延長3.8km(本流受益を除く)であることが判明した。

本川が、屈曲の少ない線形であることを踏まえ、河川を直線と仮定し、水田の分布を台形状の分布と仮定した場合に、上流端の水田幅は概ね20mであることから、台形面積公式から、最下流の平均水田幅をBとすると、

$$(20 + B) * 3,800 / 2 = 35 * 100 * 100 \quad (\text{m}^2)$$

これを解くと、最下流の平均水田幅Bは、B=164(m)

(注) 地形測量結果より、実際の最下流付近の水田幅も150~175m程度となっており、上辺20m、下辺164m延長3800mの台形モデルは、擬制的な河川流量試算用の水田分布モデルとして妥当である。

したがって、Ngoma - 22支川の水田面積35haを対象とした場合、見掛け上、ネットの節水量は、

$$(168.0 - 72.0) / 0.24 \times 35 = 14,000 \text{ m}^3 / \text{日} \quad \dots 35 \text{ ha の累積節水量}$$

となる。(右計算では河川や水路、畦畔の面積による減歩率を考慮していない)

ただし、本地区では、35ha 分の用水を一括取水しているわけではなく、下流に向けて、取水と還元を繰り返しつつ田越し灌漑を行っているため、14,000m<sup>3</sup>が節水されることにはならない。

すなわち、水田基盤の改善により、ABC 水田への取水量は節減されても (140 mm/日 - 60 mm/日 = 80 mm/日)、ちょうどその分だけ DEF 水田からの河川還元量もまた失われることとなる。(130 mm/日 - 50 mm/日 = 80 mm/日 }

したがって、実消費水量はほぼ ETc のみであり、取水が減ればそれに応じて還元も減るので、節水により河川流量が増加した分と、還元量の減少分とは概ね拮抗するものと考えられる。

これは、節水による河川流量の増加分が、還元量の減少により相殺されることを示しており、田越し灌漑かつ河川水の反復利用をしている状況に対しては、漏水を防止しても水資源量の増加(余剰)が生じるわけではない。

#### 4) 灌漑期の基底流量相当量

Ngoma-22 支川の最下流での流量については、3月25日午前10時に調査団が測定した流量をみると、0.070m<sup>3</sup>/secであったとのことである。

この時期は雨季の初期であったため、基底流量が底上げされている可能性も考えられるが、Ngoma-22 集水域に設置した雨量観測施設のデータによれば、この測定時刻から前の7日間はわずか1.2mmの少雨しかなかったことから、降雨による直接流出の影響はほとんど無いと考えられる。

これを、3月25日午前10時時点での Ngoma-22 ダム軸地点の流量観測施設による実測値で見ると、越流水深42mm、これによる流量は0.0176m<sup>3</sup>/secであり、やはり、基底流量相当の低流量であったことが確認できた。

以上を踏まえ、本シミュレーションにおける灌漑期の基底流量として、ダム軸地点で0.0176m<sup>3</sup>/sec、支川最下流地点で0.070m<sup>3</sup>/secと設定し、それぞれの日流量を計算すると、

$$\text{ダム軸地点} : 0.0176\text{m}^3/\text{sec} \times 3600 \times 24 = \mathbf{1,521\text{m}^3/\text{日}}$$

$$\text{支川最下流} : 0.070\text{m}^3/\text{sec} \times 3600 \times 24 = \mathbf{6,048\text{m}^3/\text{日}}$$

したがって、灌漑期の基底流量相当の河川流量は、

・ **ダム軸地点流量 1,521m<sup>3</sup>/日** に対し、**支川の末端流量 6,048m<sup>3</sup>/日** と設定する。

##### i) ダム軸地点で2/3相当水量を先取りした場合の試算

以下において、水田基盤の改善による節水と合わせて、畑地灌漑のためにダム軸地点の基底流量のうち2/3相当量を取った場合に、水田用水の取水に影響がないかどうかを検証する。

具体的には、Ngoma-22 支川に関し、ダム軸から最下流地点までの区間3.8kmを対象として、丘陵部からの浸透水により増加する河川流量に対し、ダム軸地点から下流河川へは17.6L/sec/3=約



5.9L/sec (年約 18.5 万 m<sup>3</sup>) しか流さないとした場合に、ダム軸以降の Ngoma-22 支川の流域全体で、水田用水の必要取水量が賅えるかどうかを検証する。

(仮に年間流量 70 万 m<sup>3</sup> とした場合、約 51 万 m<sup>3</sup> を畑地灌漑に取水するという仮定となる)

#### 1) 河川流量の近似モデル

河川流量は、ダム軸地点で 1,521m<sup>3</sup>/日、最下流末端で 6,048m<sup>3</sup>/日の関係を基に、降雨流出であることから、河川延長 3.8 km に対し、その地点での支配面積に応じて 2 次元的に増加するものと仮定する。

すなわち、Ngoma-22 支川の分水嶺からの距離(ダム軸まで地形図から図測約 2 km)をベースに、河川延長の二乗に比例するとして、流量近似式は、下記 a、b、c の 3 点を通る二次式と仮定する。

$$x = -2000 \text{ で } 0\text{m}^3/\text{日} \quad (-2000, 0) \quad \cdots a$$

$$x = 0 \text{ で } 1,521\text{m}^3/\text{日} \quad (0, 1521) \quad \cdots b$$

$$x = 3800 \text{ で } 6,048\text{m}^3/\text{日} \quad (3800, 6048) \quad \cdots c$$

ここで、便宜上、まず、座標軸を x 方向に -2000 だけ平行移動した X-Y' 座標系を想定して、近似式を計算する。

この場合、近似式は、a' (0,0)、b' (2000, 1521)、c' (5800, 6048) の 3 点を通る下記の二次式となる。

$$y' = A * x'^2 + B * x'$$

これを解くと、A=0.000074278、B=0.61194

したがって、近似式は (以下、有効桁数 4 ケタ)

$$y' = 0.00007428 * x'^2 + 0.6119 * x'$$

これを X-Y 座標系に変換すると、

$$y = 0.00007428 * \{(x+2000)\}^2 + 0.6119 * (x+2000)$$

これを計算すると、近似式は以下のとおりとなる。

$$\boxed{y = 0.00007428 * x^2 + 0.9090 * x + 1521} \quad \cdots \text{式① 河川流量近似式}$$

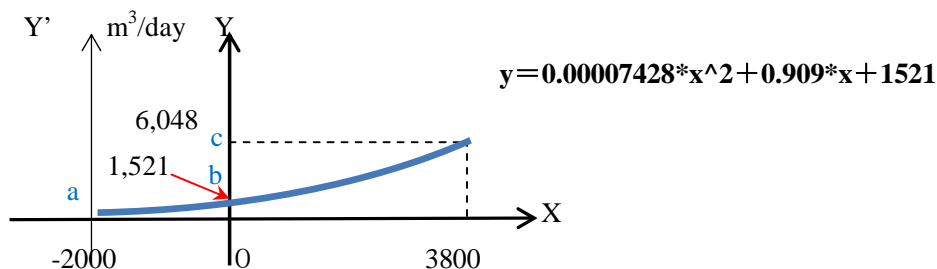


図 4-1-1-11 河川流量の近似モデル

(検算)

$$x = -2000\text{m} \text{ で } y = 0.00007428 * (-2000^2) + 0.909 * (-2000) + 1521 = 0.12 \text{ m}^3 / \text{日}$$

$$x = 0\text{m} \text{ で } y = 0.00007428 * (0^2) + 0.909 * (0) + 1521 = 1,521 \text{ m}^3 / \text{日}$$

$$x = 3800\text{m} \text{ で } y = 0.00007428 * (3800^2) + 0.909 * (3800) + 1521 = 6,047.8032 \text{ m}^3 / \text{日}$$

## 2) ネットの ETc 消費水量モデル

35ha に対する実消費量を試算すると、河川還元水を反復利用しているため、実際に消費される水量は蒸発散 ETc 相当分であることから、

$$1 \text{ 用水単位当たり } 5 \text{ mm} \times 400 \times 6 \text{ 区画} = 12.0 \text{ m}^3 / 0.24\text{ha、}$$

ここで、水田面積 35ha は、河川、水路及び畦畔の面積を含むことから、実灌水面積を試算する。

河川幅は、ダム軸地点で約 1.7m、最下流地点で約 3m であることから、河川面積は、

$$(1.7 + 3) * 3800 / 2 = 8,930 \text{ m}^2$$

畦畔幅を平均 50 cm (末端水路の存在も考慮)、標準的な区画サイズを 20×20m とした場合の減歩率は、

$$(20 - 0.5 / 2 - 0.5 / 2)^2 / 20^2 = 0.950625 \approx 95\%$$

したがって、水張り面積は、

$$(350000 - 8930) * 95\% = 324016 \approx 32.4\text{ha} \quad (\text{減歩率} : 32.4 / 35 = 92.6\%)$$

したがって、支川の水田全体の消費水量は、

$$12.0 / 0.24 \times 32.4 = \boxed{1,620 \text{ m}^3 / \text{日}} \quad \dots \text{ ネットの消費水量 (35ha 全体)}$$

となる。

次に、水田の消費水量による河川流量の減少を試算するに当たり、ダム軸地点を  $x=0$  (m) として、 $x=3800$  (m) までの間に累積する消費水量累積式を算出する。

Ngoma-22 支流における水田分布モデルは、前述の仮定を踏まえ、水田幅が最上流 (ダム軸の直下) で 20m、最下流で 164m、延長 3.8 km で、計 35ha (畦畔・河川・水路含) となる台形モデルである。

したがって、 $x=0 \sim 3800\text{m}$  の間で、任意の距離での水田幅  $b$  は、傾きを  $(164-20)/3800$  として、( $x=0$ ,  $y=20$ ) を通る、以下の一次式となる。

$$b = (164 - 20) / 3800 * x + 20 = 0.037895 * x + 20$$

したがって、原点から任意の距離  $x$  (m) までの間における水田面積  $A$  は、上辺 20m、下辺  $b$ m、高さ  $x$ m の台形面積となり、この面積の計算式は以下のとおりである。

$$A = (20 + 0.037895 * x + 20) * x / 2$$

$$= 0.01895*(x^2) + 20*x$$

<水田分布モデル>

(支川最下流)

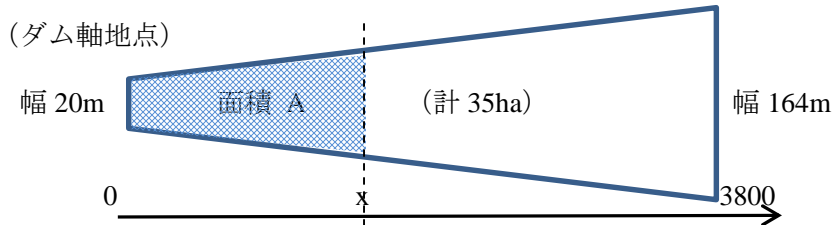


図 4-1-1-12 水田分布モデル

(検算)

$$x=3800\text{m} \text{ で、 } B=0.01895*(3800^2) + 20*3800 = 349,638 \approx 35\text{ha}$$

消費水量は、ブロック当たり  $12.0\text{m}^3/0.24\text{ha}$  だから、 $1\text{m}^2$  当たりの消費水量は、

$$v = 12.0\text{m}^3 / 2400 \text{ m}^2 = 0.005 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

ここで、畦畔・河川・水路敷きの割合を考慮すると、減歩率は、 $32.40\text{ha}/35.0\text{ha} = \boxed{92.6\%}$ なので、

$$v' = 0.005 * 92.57\% = 0.004630 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

したがって、任意の距離  $x(\text{m})$  までの水田の累積消費水量  $V_p$  は、

$$V_p = v' * A = 0.00008773*(x^2) + 0.09260*x$$

(検算)

$$x = 3800 \text{ (m)} \text{ で、 } V_p = 0.00008773*(3800^2) + 0.09260*3800 = 1,618.7012 \approx 1,620\text{m}^3 / 35\text{ha}$$

$$\boxed{y = 0.00008773 * x^2 + 0.0926 * x} \quad \cdots \text{式②} \quad \text{水田 ETc 消費水量累積式}$$

### 3) 河川延長 100m ピッチの取水量

上述のとおり、水田取水による実消費量は基本的に ETc 消費水量にとどまるが、実際の水田用水の取水量は、河川に還元されることになる鉛直浸透量、田越し用水及び畦畔の横浸透分を含む量を取水することで成り立っている。

ここでは、河川の残流量と水田用水の取水量の関係を検証する。

前述のとおり、漏水防止による節水後の 1 用水単位当たりの取水量は  $72.0\text{m}^3/0.24\text{ha}$  である。

河川からの 1 取水掛かりとなる用水ブロックの大きさは、一概には言えないが、目安として、

末端水路では、おおむね区画 3～5 枚程度、下流に行く毎に取水している実態を勘案し、最初に、平均 100m 長のピッチの概略試算を行う。

このため、まず、100m 間隔での水田面積式を求め、この面積での取水量を算定する。

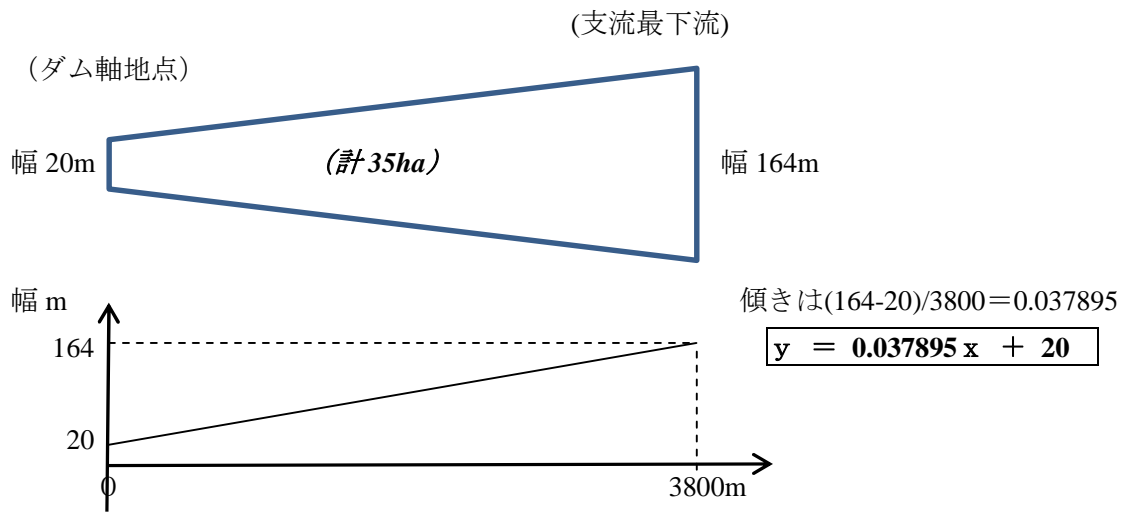


図 4-1-1-13 河川延長と水田面積の関係

水田面積は前述の仮定により上図の台形面積となるので、上流側を上底とした場合、任意の  $x$  地点 ( $0 < x < 3800$  かつ、100m 間隔) で、上底： $0.037895x + 20$ 、下底： $0.037895(x + 100) + 20$ 、高さ 100m となるので、100m 間隔での水田面積は、下式で求められる。

$$\begin{aligned}
 A &= \{ (0.037895(x) + 20) + (0.037895(x + 100) + 20) \} \times 100 / 2 \\
 &= (0.07579x + 43.7895) \times 50 \\
 &= 3.7895x + 2189.5 \quad (\text{単位：m}^2, \text{ただし } 0 < X < 3800 \text{ かつ } 100\text{mピッチ})
 \end{aligned}$$

これに、節水後の 1 ブロック当たりの取水量/日から算定した単位面積  $\text{m}^2$  当たりの取水量に、減歩率 92.6% を乗じて；

$$vt = 72.0\text{m}^3 / 2400\text{m}^2 * 92.6\% = 0.02778\text{m}^3 / \text{m}^2$$

したがって、100m 当たりの日当たり取水量は、

$$y = vt * A = 0.10527x + 60.824$$

$$y = 0.1053x + 60.82 \quad (\text{単位：m}^3, \text{ただし } 0 < X < 3800 \text{ かつ } 100\text{mピッチ})$$

… 式③ 100m ピッチ取水量増加式

次に、具体的な用水ブロックごとの取水ピッチを設定する。

現状では、2012 年 5 月 22 日の現地調査から、3800m の支川延長のうち、

- ・ 0～3000m 付近上中流域では、100m 以下のピッチでの取水がみられる。
- ・ 2800m 付近で水路の左岸側への分岐とともに、河川が右折屈曲している。
- ・ 3000m 地点前後で中国の支援で建設された右岸水路、左岸水路への分流があり、河川は中央へ戻り、端地点で落ち込みがあり、これ以降、河床が水田よりも最大で2m 程度低いいため、本流合流地点までの間で、計4ヶ所で堰上げ取水しているため、3000m 以降は概ね200m ピッチとなっている。

一方、調査団の計画方針として、水田基盤の改善時には、200m ピッチの取水施設を整備することを想定している。

以上の状況を踏まえ、本シミュレーションでは、以下のピッチでの取水を想定して検証する。

(計画)

- ・ 全区間、200m ピッチ

(現状再現)

[	0m～3000m 区間	: 100m ピッチ
	3000m～3800m 区間	: 200m ピッチ

以上、河川流量近似式①、水田 ETc 消費水量累積式②、100m ピッチ取水量増加式③を用いて、ダム軸地点で基底流量流下水量の 2/3 を畑地灌漑のために先取りした条件の下で、ダム軸よりも下流で最大水田消費量を減じていった場合に、逐次、残流量で各想定用水ブロック(ピッチ) 毎に水田取水が可能かどうかを検証する。

(注) その後の検討で、計画基準年(1970)での Etc の計算結果から、最大値は 6mm/日であることが判明した。(これは、同年の7~9月が異常高温であったことに起因していると考えられる)

このため、以下においては、Etc5mm で作成した式②(水田 ETc 消費水量累積式)の計算結果は、6/5 倍、式③(100m ピッチ取水量増加式)のデータは、田越しモデルの用水量が72mm から74.4mm へと修正になることから、74.4/72 倍へと、それぞれ増加させた値で計算する。

#### 4) 考察

- 上記式①で定めた河川流量を、ダム軸地点(x=0)で畑地灌漑のために3分の2( $17.6\text{L/sec} \times 2/3 \times 86400 = 1,015\text{m}^3$ /日、年37万トンに相当)を先取りした河川流量から、水田の消費水量を減じる計算を最下流まで行ったところ、**最下流地点での残流量は  $3,091\text{m}^3$ /日**となった。

(別添、計算表参照)

- この残流量は、ダム軸から最下流地点に至るまで、各ブロック別取水量(200m ピッチ、最大  $920\text{m}^3$ /日)を大きく上回っている。

すなわち、最下流 3600m 地点での揚水ブロックの取水直後でも  $2,057\text{m}^3/\text{日}$  ( $=2,977\text{m}^3/\text{日}-920\text{m}^3/\text{日}$ ) の余裕があり、この取水量は流量の約 3 割に過ぎない。

したがって、計画上、ダム軸地点での 3 分の 2 の先取りによって水田用水が不足するおそれはないと考えられる。

- 地下水開発 ( $5\text{L}/\text{sec} \times 86400 = 432\text{m}^3/\text{日}$ ) の影響については、地下水開発が河川から相当程度離れた位置で行われること、Ngoma-22 支川の年平均流出率（基底流量を含む）は 7%程度であることを勘案すれば、流出割合と同様に、この位置での地下水揚水による河川への流量量の減も揚水量  $432\text{m}^3/\text{日}$ のごく一部にとどまると考えられるため、水田取水への支障は生じない。
- 今回の試算は、灌漑期の基底流量相当の条件から、雨無し・ダム無の条件の下で、畑地灌漑分の先取りとともに、水田の実消費水量(最大値を採用)を差し引き、その上で用水ブロックごとの取水が可能であることを検証したものである。
  - ・しかし、実際の水田灌漑は、かなりの期間が雨季に掛かるため、基底流量の底上げにより、ほとんどの期間がこの試算よりも多い流量となると考えられる。
  - ・今回の試算で用いた水田消費水量（6 mm/日）は、1970 年の気象条件で試算した最大値であるが、前述のとおりこの年の 7~9 月の間は異常高温であり、実際の水田消費量は、これよりも小さいと考えられる。
  - ・畦畔の改善後も畦畔からの漏水が 10 mm/日は残る条件で計算していることも含め、全体として安全側の厳しい試算条件としている。
  - ・さらに、本プロジェクトでの水利用は、ダムを経由してなされるため、自流だけでなくダム貯水からの補給もなされることになる。

以上、水田基盤の改善を伴う限り、Ngoma-22 支川全体でみて、必要な水田灌漑の取水量は確保できると考えられることから、河川流量は減少するが、ダム軸地点で  $1,015\text{m}^3/\text{日}$  の先取り（及び地下水取水）による畑地灌漑開発を行うポテンシャルは十分にあると考えられる。

(丁)

#### 【補遺】

1. 本試算は水田基盤の改善（畦畔漏水の抑制、土水路のライニング、安定取水可能な取水施設）が条件となっている。

これらが無い場合の取水量は、畦畔漏水により  $168/72 \div 2.3$  倍増加するだけでなく、土水路による送水効率分も低下するため（0.6 程度、1.67 倍）、総合的に見て 3.9 倍程度の取水

量となる可能性があり、水田基盤の改善は、畑地灌漑用水先取りの必要条件となっている。

2. ダム軸地点で河川流量の 2/3 を先取りする条件としたが、計算上は、ダム軸地点で流量のほとんどを取水しても、下流の浸透・流入量で水田取水量をほぼ賄える状況となっている。

具体的には、グラフ 2 の残流量勾配と各ブロック別取水量の関係を見る限り、計算上の最少放水量は、ダム軸地点直下の用水ブロックでの取水量  $63\text{m}^3/\text{日}$  であり、計算上は、これを除く  $1,521\text{m}^3/\text{日}$  の約 95% が取水可能ということが伺える。

しかしながら、本試算は一定の仮定条件下での試算であり、最少放水量を求めることを目的とはしていない。

すなわち、水田取水に対して自流入が十分にあることの検証を目的とするシミュレーションであることから、2/3 先取りを試算の目安とした。

3. 本試算では、概観する限り、田越しの実態が各農家の経営単位である場合が多いとみて、河川で 1 か所の取水に対して 6 区画を対象に田越し回数を 1 回とする用水単位モデルで単位取水量を試算している。

しかし、田越しを繰り返す場合には、それに応じて用水単位の取水量も増えることになる。(特に下流部では、水田幅が広がっていることにより、田越しの回数が増える場合も想定される)

ここで、仮に 2 回田越しモデル (9 区画) で取水量を試算してみると、以下に示す通り  $85\text{mm}/\text{日}$  となり、6 区画モデルの取水量  $60\text{mm}/\text{日}$  に対し、約 1.4 倍に増加する計算結果となる。

#### (例) 2 回田越し灌漑による 9 区画モデルの試算

	ABC 区画	DEF 区画 (平均)	GHI 区画 (平均)
降下浸透量	20 mm (川に還元)	20 mm (川に還元)	20 mm (川に還元)
ETc	5 mm	5 mm	5 mm
畦畔漏水量(横流出分)	10 mm	10 mm	10 mm (川へ還元)
田越し流出	50 mm	25 mm	計 35 mm
取水計	85 mm/日	計 60 mm	河川還元量合計 約 70 mm/日
	$85/60 = 1.41$ 倍		

ただし、6 区画に対し 9 区画となることから、対象面積も 50% 増加するので、単位面積当たり取水量で見れば

$$(85\text{mm}/9 \text{ 区画}) / (60\text{mm}/6 \text{ 区画}) = 0.944 \text{ 倍}$$

となり、2 段から 3 段の田越しカスケードとすることにより、**取水量は約 5% 低減**することになる。

本シミュレーション結果では、残流量に対するブロック別取水量の関係が最もタイトな結

果となった 3600m 地点でも、取水量  $920\text{m}^3/\text{日}$  に対して残流量は  $2,057\text{m}^3/\text{日}$  あり、取水量に対して 2.2 倍以上の流量がある。下流では田越しカスケードが増える傾向にあるので、流量の余裕はさらに安全側となる。

今後の実施設計において、灌漑施設計画を樹立する際には、田越しカスケードを重ねることが不水量の節約につながること、また、堰上げ戸ともに取水ピッチを短縮する子 t が、一回当たりの取水量の低下に大きく寄与することについて留意する必要がある。

#### [現状再現結果]

現状については、詳細データがないものの、灌漑貴の最小流量（基底流量相当）では若干の水不足傾向であるとの状況を踏まえ、現状再現を試みたところ、結果は別添のとおり。

（試算条件）

- ・ 2/3 先取りなし
- ・ 水稻の Etc は、現状再現であることを踏まえ、 $5\text{mm}/\text{日}$  を採用。
- ・ 水田取水量は、畦畔改善後( $72\text{mm}/\text{日}$ )にたいし畦畔改善前( $168\text{mm}$ )であること、土水路により送水ロスを考慮し、送水効率( $0.5$ )を反映。（水田取水量③式 $\times 168/72/0.5$ ）
- ・ 取水ピッチは、2012 年 5 月 22 日の取水位置に関わる現地調査結果を踏まえ、以下のとおり設定。

0m~3000m 区間：100m ピッチ

3000m~3800m 区間：200m ピッチ

この結果、最下流の 3600m での用水ブロックでは、 $4286\text{m}^3$  の河川流量に対して  $3462\text{m}^3$  の取水を行うことになり、これは河川流量の 8 割以上を取水する計算結果である。

したがって、中上流では取水可能であるが下流ではタイトな状況であること、全体として若干の水不足傾向である状況がおおむね再現できたと考える。



表 4-1-1-6 河川流量及び水田取水モデルによる試算(1)

Ngoma-22河川流量及び水田取水モデルによる試算 (灌漑期の基底流量相当、Etc6mm)								
(計算表)	河川流量(基底流量相当) ①式	畑灌用水の先取り取水量 ④ 1,521*66.7%	畑灌用水先取り後の河川流量 ⑤=①-④	水田の累積消費水量(最大ETc) ②式*(6/5)	残流量 ⑤-②	(参考)100mピッチ取水量 ③式	ピッチ(m) -	ブロック別取水量 ③×200mピッチ
0	1,521	1,015	506	0	506	63	200	137
100	1,613	1,015	598	12	586	74		0
200	1,706	1,015	691	26	665	85	200	180
300	1,800	1,015	786	43	743	95		0
400	1,896	1,015	882	61	821	106	200	224
500	1,994	1,015	980	82	898	117		0
600	2,093	1,015	1,079	105	974	128	200	267
700	2,194	1,015	1,179	129	1,050	139		0
800	2,296	1,015	1,281	156	1,125	150	200	311
900	2,399	1,015	1,385	185	1,199	161		0
1000	2,504	1,015	1,490	216	1,273	172	200	354
1100	2,611	1,015	1,596	250	1,347	183		0
1200	2,719	1,015	1,704	285	1,419	193	200	398
1300	2,828	1,015	1,814	322	1,491	204		0
1400	2,939	1,015	1,925	362	1,563	215	200	441
1500	3,052	1,015	2,037	404	1,634	226		0
1600	3,166	1,015	2,151	447	1,704	237	200	485
1700	3,281	1,015	2,266	493	1,773	248		0
1800	3,398	1,015	2,383	541	1,842	259	200	528
1900	3,516	1,015	2,502	591	1,911	270		0
2000	3,636	1,015	2,622	643	1,978	280	200	572
2100	3,757	1,015	2,743	698	2,045	291		0
2200	3,880	1,015	2,866	754	2,112	302	200	615
2300	4,005	1,015	2,990	812	2,178	313		0
2400	4,130	1,015	3,116	873	2,243	324	200	659
2500	4,258	1,015	3,243	936	2,307	335		0
2600	4,387	1,015	3,372	1,001	2,371	346	200	702
2700	4,517	1,015	3,502	1,067	2,435	357		0
2800	4,649	1,015	3,634	1,136	2,498	368	200	746
2900	4,782	1,015	3,767	1,208	2,560	378		0
3000	4,917	1,015	3,902	1,281	2,621	389	200	789
3100	5,053	1,015	4,038	1,356	2,682	400		0
3200	5,190	1,015	4,176	1,434	2,742	411	200	833
3300	5,330	1,015	4,315	1,513	2,802	422		0
3400	5,470	1,015	4,456	1,595	2,861	433	200	876
3500	5,612	1,015	4,598	1,679	2,919	444		0
3600	5,756	1,015	4,742	1,764	2,977	455	200	920
3700	5,901	1,015	4,887	1,852	3,034	465		0
3800	6,048	1,015	5,033	1,942	3,091	-		0

(注) 1. ダム軸から末端までの河川延長を3.8kmとしたモデルである。雨無し・ダム無し・灌漑期の基底流量による試算のため、安全側の試算となっている。  
 2. 水田の取水量は、6区画モデルで基盤改善後の用水量を基に算出している。最大ETcは、CROPWAT8の計算結果等を踏まえ、6mm/dayを採用した。  
 3. 当地での低い流出率の実態に鑑み、地下水開発(10l/sec=864m<sup>3</sup>/day)による河川流出減の影響は僅かと考えられる。

グラフ1 畑灌用水先取り後の河川流量と水田消費水量

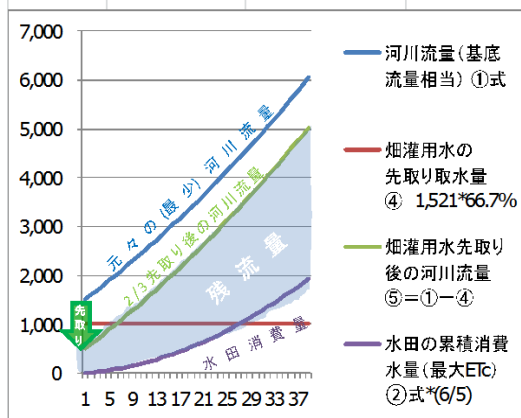


図 4-1-1-14 畑灌用水先取り後の河川流量消費水量(1)

グラフ2 河川残流量とブロック別取水量

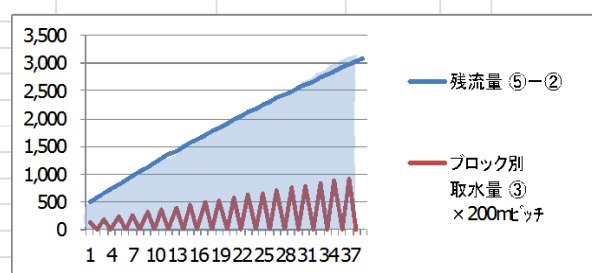


図 4-1-1-15 河川残流量とブロック別取水量(1)

表 4-1-1-6 河川流量及び水田取水モデルによる試算(2)

Ngoma-22河川流量及び水田取水モデルによる試算4 (灌漑期の基底流量相当、先取りなし、水田基盤を改善しない場合(現状再現))								
(計算表)	河川流量(基底流量相当)	畑灌用水の先取り取水量	畑灌用水先取り後の河川流量	水田積消費水量(ETc5mm)	残流量	(参考)100mピッチ取水量	ピッチ(m)	ブロック別取水量
距離	①式	④ 1,521*66.7%	⑤=①-④	②式	①-②	③式/72*168/0.6	-	③×ピッチ間隔
0	1,521			0	1,521	237	100	237
100	1,613			10	1,603	277	100	277
200	1,706			22	1,684	318	100	318
300	1,800			36	1,765	359	100	359
400	1,896			51	1,845	400	100	400
500	1,994			68	1,926	441	100	441
600	2,093			87	2,006	482	100	482
700	2,194			108	2,086	523	100	523
800	2,296			130	2,166	564	100	564
900	2,399			154	2,245	605	100	605
1000	2,504			180	2,324	646	100	646
1100	2,611			208	2,403	687	100	687
1200	2,719			237	2,481	728	100	728
1300	2,828			269	2,560	769	100	769
1400	2,939			302	2,638	810	100	810
1500	3,052			336	2,715	851	100	851
1600	3,166			373	2,793	892	100	892
1700	3,281			411	2,870	933	100	933
1800	3,398			451	2,947	974	100	974
1900	3,516			493	3,024	1,015	100	1,015
2000	3,636			536	3,100	1,056	100	1,056
2100	3,757			581	3,176	1,096	100	1,096
2200	3,880			628	3,252	1,137	100	1,137
2300	4,005			677	3,328	1,178	100	1,178
2400	4,130			728	3,403	1,219	100	1,219
2500	4,258			780	3,478	1,260	100	1,260
2600	4,387			834	3,553	1,301	100	1,301
2700	4,517			890	3,627	1,342	100	1,342
2800	4,649			947	3,701	1,383	100	1,383
2900	4,782			1,006	3,775	1,424	100	1,424
3000	4,917			1,067	3,849	1,465	200	2,971
3100	5,053			1,130	3,923	1,506		0
3200	5,190			1,195	3,996	1,547	200	3,135
3300	5,330			1,261	4,069	1,588		0
3400	5,470			1,329	4,141	1,629	200	3,299
3500	5,612			1,399	4,214	1,670		0
3600	5,756			1,470	4,286	1,711	200	3,462
3700	5,901			1,544	4,358	1,752		0
3800	6,048			1,619	4,429	-		0

(注) 1. ダム軸から末端までの河川延長を3.8kmとしたモデルである。雨無し・ダム無し・灌漑期の基底流量による試算のため、安全側の試算となっている。  
 2. 水田の取水量は、基盤改善前(土水路、送水効率0.6)の推定現況用水量で算出している。ETcは、現況再現であることから、5mm/dayを採用した。  
 3. 当地での低い流出率の実態に鑑み、地下水開発(10l/sec=864m3/day)による河川流出減の影響は僅かと考えられる。

グラフ1 畑灌用水先取り後の河川流量と水田消費水量

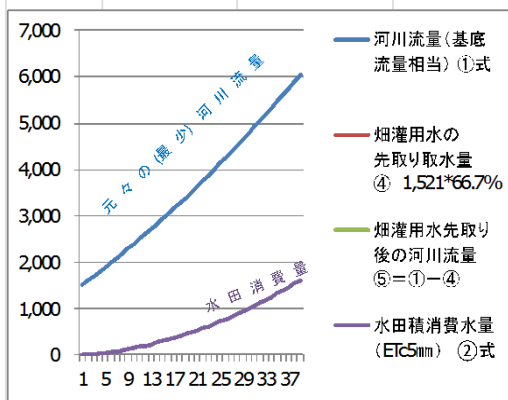


図 4-1-1-16 畑灌用水先取り後の河川流量消費水量(2)

グラフ2 河川残流量とブロック別取水量

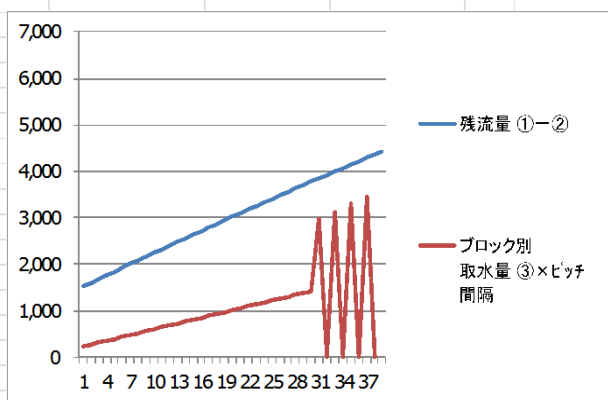


図 4-1-1-17 河川残流量とブロック別取水量(2)

## (b) 下流水田補給用水量／畑地灌漑用水量

ダムサイトから下流の河床部、本流河川との合流点にいたるまでの約4kmの間に、35haの水田が耕作されている（畦、河川を考慮すると32.4ha程度）。ダムの建設により河川の流れが遮断されると水田への灌漑用水供給がダム掛りとなる。ただし、ダムサイト下流から河川合流点までの間の流域面積が約9km<sup>2</sup>ある。従って、ある程度下流からは両側の丘陵からの地表水、地下水により、灌漑水量が賄われるはずである（実際に、ダムサイトから下流合流点までの間には10箇所以上の泉が存在し、周辺村落住民の生活用水を賄うとともに、水田へも引き込まれている）。

ダムサイトでのタンクモデル流出解析の結果では、基準年に選定した1970年降雨に対する流出率は7.1%である。この降雨および流出率を、ダムサイト下流各地点のダムサイト下流から当該地点にいたる間の流域面積に適用して、各地点での流量を求める。また、ダムサイトから各地点にいたる間の水田面積及びこれに対する灌漑用水量をCropwat-8による月別灌漑単位用水量(表4-1-1-8)より求める。

検討結果は(表4-1-1-7)のとおりとなり、洪水も全て取り込んだとき（流出率7.1%は、基底流量及び洪水時の地表流出の全てを含む流出率である）には、下流水田はダムからの供給なしに全て自活できるという結果になる。

表4-1-1-7 下流水田補給用水量／畑地灌漑用水

項目	位置			
	下流1km地点	下流2km地点	下流3km地点	本流合流地点
流域面積(km <sup>2</sup> )	1.7	3.7	7.4	9.2
年降雨量(mm)	1,134	1,134	1,134	1,134
流出率(%)	7.1	7.1	7.1	7.1
期待流量(m <sup>3</sup> )	136873.8	297901.8	595803.6	740728.8
水田面積(ha)	3.6	10.3	19.6	35.0
灌漑単位用水量(mm)	1097	1097	1097	1097
灌漑用水量(m <sup>3</sup> )	39492.0	112991.0	215012.0	383950.0

(\*灌漑単位用水量は後添(表4-1-1-8)の月別値の合計。)

現実には、「水田は自然のダムである」とは言われるものの、洪水の全てを取り込めるわけではない。流出解析結果では、3月が基底流量ほぼ0.02m<sup>3</sup>/sec、8月～10月が基底流量0.007m<sup>3</sup>/secの時期が続いている。これらに対し、下流側ではどのような状態になるかを確認する必要がある。

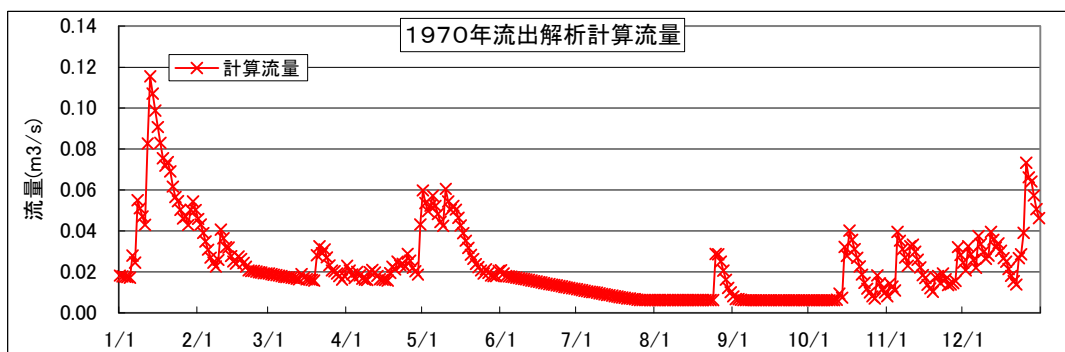


図 4-1-1-18 流出解析計算流量

また、ダムサイト直下流の水田は、側方自流域からの流入水が期待できないので、ダムからの灌漑水供給が必要となる。

以上より、下流域全般にわたる時期ごとの用水に関する需給関係、ダム直下水田に関する用水供給の必要範囲を見るために、ダム直下流から下流合流点の間での、灌漑必要水量と自流域からの流入量、直下水田への注水量（不足水量）の関係を、50m ピッチで追跡計算した。計算は次の仮定に基づく。

- ・ 取水地点を、始点および末端を 100m ピッチ、その他を 200m ピッチで設定する。
- ・ 計算区間を 50m 間隔（取水地点間隔を考慮）とし、この間でこれに対応する流域からの地下水および地表水の流入を考慮する（基準年 1970 年におけるタンクモデル解析結果のダムサイト地点期待流入量から求めた比流量を適用）。
- ・ 水田への必要注水量を当該月の蒸発散量(ETc)+下方浸透量 13.6mm+横浸透 5mm と評価する。

蒸発散量(ETc)/irrigation water requirement は、(3) 灌漑計画より次の通りとする。

表 4-1-1-8 月別灌漑必要水量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ETc(mm/月)	134.0	225.3	57.4	9.0	34.0	86.0	10.3	166.4	293.0	66.2	9.5	5.9

- ・ 蒸発散量(ETc)以外は全て反復使用されるものとする（還元率 100%\* 下記参照）。
- ・ ただし、浸透水が流出／還元する割合は、河川への流出を 1/3、隣接圃場への流出を 2/3 とする。
- ・ 取水地点では、還元水の全量を取り込む。還元水の全量が当該取水地点掛りの必要注水量を下回る場合は、その不足額分をダムから補給する。

## \* 水田下方浸透水の還元率について

本地区では、本流との合流点までの間に 10 箇所以上の泉が噴出している。これは丘陵側からの地下水の流れが地表面に現れたものと考えられるが、全体的にはほとんどころで地表に浸出しながら河川に流入しているものと考えられる。

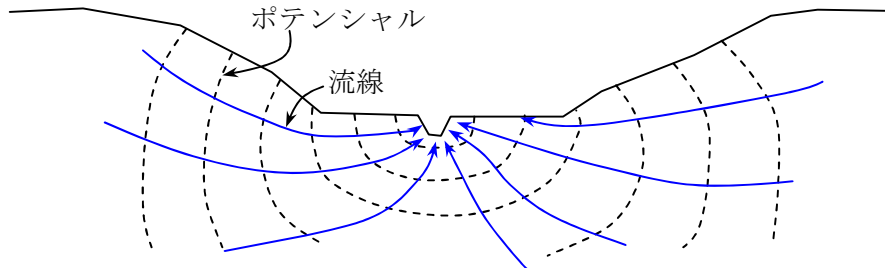


図 4-1-1-19 ポテンシャル水頭

水田に張られた水面は一応のポテンシャル水頭を持つので下方浸透は生じるが、すぐに丘陵側からの地下水流と合流し、河川に流出する。よって、還元率は 100% と考えてよい。

下流水田補給用水量の計算結果は(表 4-1-1-10(1) ~ 表 4-1-1-10(12))のとおりである。

以下に総括する。

表 4-1-1-9 下流水田補給用水量総括表

月	状況	必要注水量	累加必要注水量
1	始点から 400m 間を注水によりカバー	1,453m <sup>3</sup>	1,453m <sup>3</sup>
2	始点から 400m 間、中間の谷幅変換点で注水が必要	17,438m <sup>3</sup>	18,891m <sup>3</sup>
3	始点から 400m 間を注水によりカバー	2,647m <sup>3</sup>	21,538m <sup>3</sup>
4	始点から 400m 間を注水によりカバー	1,974m <sup>3</sup>	23,512m <sup>3</sup>
5	始点から 400m 間を注水によりカバー	1,452m <sup>3</sup>	24,964m <sup>3</sup>
6	始点から 400m 間を注水によりカバー、下流 1 箇所不足	3,695m <sup>3</sup>	28,659m <sup>3</sup>
7	始点から 400m 間を注水によりカバー	2,774m <sup>3</sup>	31,433m <sup>3</sup>
8	ほぼ全取水地点で用水補給が必要となる	40,122m <sup>3</sup>	71,555m <sup>3</sup>
9	ほぼ全取水地点で用水補給が必要となる	90,350m <sup>3</sup>	161,905m <sup>3</sup>
10	始点から 400m 間を注水によりカバー	2,990m <sup>3</sup>	164,895m <sup>3</sup>
11	始点から 400m 間を注水によりカバー	1,995m <sup>3</sup>	166,890m <sup>3</sup>
12	始点から 400m 間を注水によりカバー	1,409m <sup>3</sup>	168,299m <sup>3</sup>

以上より、直下流水田への注水、2 月、6 月、8 月、9 月の渇水期における用水補給を含めた総量として、水田補給用水量として 17 万 m<sup>3</sup> を見込むものとする。よって、畑地灌漑用水量は 70 万 m<sup>3</sup> - 17 万 m<sup>3</sup> = 53 万 m<sup>3</sup> となる。





表 4-1-1-10(2) 水田補給水量計算表(2月)

2月 注水量= 26.65 mm/day

NO.	累加距離(m)	水田面積(ha)	水田累加面積(ha)	②		③		④		⑤		⑥		⑦=⑤×⑥	⑧=②+⑦×28	⑨	⑩=①×⑨×10000/1000	⑪=⑧-⑩	⑫=⑪×0.67	⑬=⑪×0.33
				初期/回復注水量(m3/月)	河川取水水量(m3/月)	非常補給(m3/月)	日平均比流量(m3/km2)	流域面積増分(km2)	側方流入量(m3/day)	注水量+側方流入量(m3/月)	月間蒸発散量(mm)	月間損失水量(m3/月)	残水量(m3/月)							
1	50.0	0.18	0.18	1486.9			270.7	0.085	23.0095	2131.1	225.3	405.5	1725.6	1156.15	569.45					
2	100.0	0.18	0.36	2973.7	569.4	1248.1	270.7	0.085	23.0095	4866.2	225.3	405.5	4460.6	2988.61	1472.00					
3	150.0	0.18	0.54	2988.6			270.7	0.085	23.0095	3632.9	225.3	405.5	3227.3	2162.32	1065.02					
4	200.0	0.18	0.72	5755.6	2537.0	1056.3	270.7	0.085	23.0095	6399.9	225.3	405.5	5994.4	4016.22	1978.14					
5	250.0	0.18	0.9	4016.2			270.7	0.085	23.0095	4660.5	225.3	405.5	4254.9	2850.81	1404.13					
6	300.0	0.18	1.08	2850.8			270.7	0.085	23.0095	3495.1	225.3	405.5	3089.5	2069.99	1019.55					
7	350.0	0.18	1.26	2070.0			270.7	0.085	23.0095	2714.3	225.3	405.5	2308.7	1546.84	761.88					
8	400.0	0.18	1.44	6710.5	5163.7		270.7	0.085	23.0095	7354.8	225.3	405.5	6949.3	4656.00	2293.26					
9	450.0	0.18	1.62	4656.0			270.7	0.085	23.0095	5300.3	225.3	405.5	4894.7	3279.47	1615.26					
10	500.0	0.18	1.8	3279.5			270.7	0.085	23.0095	3923.7	225.3	405.5	3518.2	2357.19	1161.00					
11	550.0	0.18	1.98	2357.2			270.7	0.085	23.0095	3001.5	225.3	405.5	2595.9	1739.26	856.65					
12	600.0	0.18	2.16	7665.4	5926.2		270.7	0.085	23.0095	8309.7	225.3	405.5	7904.2	5295.79	2608.37					
13	650.0	0.18	2.34	5295.8			270.7	0.085	23.0095	5940.1	225.3	405.5	5534.5	3708.12	1826.39					
14	700.0	0.18	2.52	3708.1			270.7	0.085	23.0095	4352.4	225.3	405.5	3946.9	2644.39	1302.46					
15	750.0	0.18	2.7	2644.4			270.7	0.085	23.0095	3288.7	225.3	405.5	2883.1	1931.69	951.43					
16	800.0	0.18	2.88	8620.3	6688.7		270.7	0.085	23.0095	9264.6	225.3	405.5	8859.1	5935.57	2923.49					
17	850.0	0.18	3.06	5935.6			270.7	0.085	23.0095	6579.8	225.3	405.5	6174.3	4136.78	2037.52					
18	900.0	0.18	3.24	4136.8			270.7	0.085	23.0095	4781.0	225.3	405.5	4375.5	2931.59	1443.92					
19	950.0	0.18	3.42	2931.6			270.7	0.085	23.0095	3575.9	225.3	405.5	3170.3	2124.11	1046.20					
20	1000.0	0.18	3.6	3575.2	7451.1		270.7	0.085	23.0095	10219.5	225.3	405.5	9814.0	6575.36	3238.61					
21	1050.0	0.335	3.935	6575.4			270.7	0.1	27.07	7333.3	225.3	754.8	6578.6	4407.64	2170.93					
22	1100.0	0.335	4.27	4407.6			270.7	0.1	27.07	5165.6	225.3	754.8	4410.8	2955.27	1455.58					
23	1150.0	0.335	4.605	2955.3			270.7	0.1	27.07	3713.2	225.3	754.8	2958.5	1982.18	976.30					
24	1200.0	0.335	4.94	9997.7	7841.4	174.2	270.7	0.1	27.07	10755.7	225.3	754.8	10000.9	6700.63	3300.31					
25	1250.0	0.335	5.275	6700.6			270.7	0.1	27.07	7458.6	225.3	754.8	6703.8	4491.57	2212.27					
26	1300.0	0.335	5.61	4491.6			270.7	0.1	27.07	5249.5	225.3	754.8	4494.8	3011.50	1483.28					
27	1350.0	0.335	5.945	3011.5			270.7	0.1	27.07	3799.5	225.3	754.8	3014.7	2019.85	994.85					
28	1400.0	0.335	6.28	10010.6	7990.7		270.7	0.1	27.07	10768.5	225.3	754.8	10013.8	6709.22	3304.54					
29	1450.0	0.335	6.615	6709.2			270.7	0.1	27.07	7467.2	225.3	754.8	6712.4	4497.33	2215.10					
30	1500.0	0.335	6.95	4497.3			270.7	0.1	27.07	5255.3	225.3	754.8	4500.5	3015.36	1485.18					
31	1550.0	0.335	7.285	3015.4			270.7	0.1	27.07	3773.3	225.3	754.8	3018.6	2022.44	996.13					
32	1600.0	0.335	7.62	10023.4	8000.9		270.7	0.1	27.07	10781.3	225.3	754.8	10026.6	6717.81	3308.77					
33	1650.0	0.335	7.955	6717.8			270.7	0.1	27.07	7475.8	225.3	754.8	6721.0	4503.08	2217.94					
34	1700.0	0.335	8.29	4503.1			270.7	0.1	27.07	5261.0	225.3	754.8	4506.3	3019.21	1487.07					
35	1750.0	0.335	8.625	3019.2			270.7	0.1	27.07	3777.2	225.3	754.8	3022.4	2025.02	997.40					
36	1800.0	0.335	8.96	10036.2	8011.2		270.7	0.1	27.07	10794.2	225.3	754.8	10039.4	6726.40	3313.00					
37	1850.0	0.335	9.295	6726.4			270.7	0.1	27.07	7484.4	225.3	754.8	6729.6	4508.84	2220.77					
38	1900.0	0.335	9.63	4508.8			270.7	0.1	27.07	5268.2	225.3	754.8	4512.0	3023.07	1488.97					
39	1950.0	0.335	9.965	3023.1			270.7	0.1	27.07	3781.0	225.3	754.8	3026.3	2027.60	998.67					
40	2000.0	0.335	10.3	12907.5	8021.4	2858.5	270.7	0.1	27.07	13665.5	225.3	754.8	12910.7	8650.19	4260.54					
41	2050.0	0.465	10.765	8650.2			270.7	0.185	50.0795	10052.4	225.3	1047.6	9004.8	6033.20	2971.58					
42	2100.0	0.465	11.23	6033.2			270.7	0.185	50.0795	7435.4	225.3	1047.6	6387.8	4279.81	2107.97					
43	2150.0	0.465	11.695	4279.8			270.7	0.185	50.0795	5682.0	225.3	1047.6	4634.4	3105.04	1529.35					
44	2200.0	0.465	12.16	13974.5	10869.4		270.7	0.185	50.0795	15376.7	225.3	1047.6	14329.1	9600.47	4728.59					
45	2250.0	0.465	12.625	9600.5			270.7	0.185	50.0795	11002.7	225.3	1047.6	9955.1	6669.88	3285.17					
46	2300.0	0.465	13.09	6669.9			270.7	0.185	50.0795	8072.1	225.3	1047.6	7024.5	4706.39	2318.07					
47	2350.0	0.465	13.555	4706.4			270.7	0.185	50.0795	6108.6	225.3	1047.6	5061.0	3390.85	1670.12					
48	2400.0	0.465	14.02	15392.8	12002.0		270.7	0.185	50.0795	16795.0	225.3	1047.6	15747.4	10550.75	5196.64					
49	2450.0	0.465	14.485	10550.7			270.7	0.185	50.0795	11953.0	225.3	1047.6	10905.3	7306.57	3598.76					
50	2500.0	0.465	14.95	7306.6			270.7	0.185	50.0795	8708.8	225.3	1047.6	7661.2	5132.97	2528.18					
51	2550.0	0.465	15.415	5133.0			270.7	0.185	50.0795	6535.2	225.3	1047.6	5487.6	3676.66	1810.89					
52	2600.0	0.465	15.88	16811.1	13134.5		270.7	0.185	50.0795	18213.4	225.3	1047.6	17165.7	11501.02	5664.68					
53	2650.0	0.465	16.345	11501.0			270.7	0.185	50.0795	12903.2	225.3	1047.6	11855.6	7943.26	3912.35					
54	2700.0	0.465	16.81	7943.3			270.7	0.185	50.0795	9345.5	225.3	1047.6	8297.8	5559.55	2738.29					
55	2750.0	0.465	17.275	5559.6			270.7	0.185	50.0795	6961.8	225.3	1047.6	5914.1	3962.47	1951.66					
56	2800.0	0.465	17.74	18229.5	14267.0		270.7	0.185	50.0795	19631.7	225.3	1047.6	18584.0	12451.30	6132.73					
57	2850.0	0.465	18.205	12451.3			270.7	0.185	50.0795	13853.5	225.3	1047.6	12805.9	8579.94	4225.94					
58	2900.0	0.465	18.67	8579.9			270.7	0.185	50.0795	9982.2	225.3	1047.6	8934.5	5986.13	2948.39					
59	2950.0	0.465	19.135	5986.1			270.7	0.185	50.0795	7388.4	225.3	1047.6	6340.7	4248.28	2092.43					
60	3000.0	0.465	19.6	20704.3	15399.5	1056.5	270.7	0.185	50.0795	22106.5	225.3	1047.6	21058.9	14109.43	6949.42					
61	3050.0	0.77	20.37	14109.4			270.7	0.09	24.363	14791.6	225.3	1734.8	13056.8	8748.05	4308.74					
62	3100.0	0.77	21.14	8748.0			270.7	0.09	24.363	9430.2	225.3	1734.8	7695.4	5155.92	2539.48					
63	3150.0	0.77	21.91	5155.9			270.7	0.09	24.363	5838.1	225.3	1734.8	4103.3	2749.19	1354.08					
64	3200.0	0.77	22.68	22979.9	15151.7	5079.0	270.7	0.09	24.363	23662.0	225.3	1734.8	21927.2	14691.25	7235.99					
65	3250.0	0.77	23.45	14691.2			270.7	0.09	24.363	15373.4	225.3	1734.8	13638.6	9137.86	4500.74					
66	3300.0	0.77	24.22	9137.9			270.7	0.09	24.363	9820.0	225.3	1734.8	8085.2	5417.10	2668.12					
67	3350.0	0.77	24.99	5417.1			270.7	0.09	24.363	6099.3	225.3	1734.8	4364.4	2924.18	1440.27					
68	3400.0	0.77	25.76	22979.9	15845.1	4210.6	270.7	0.09	24.363	23662.0	225.3	1734.8	21927.2	14691.25	7235.99					
69	3450.0	0.77	26.53	14691.2			270.7	0.09	24.363	15373.4	225.3	1734.8	13638.6	9137.86	4500.74					
70	3500.0	0.77	27.3	9137.9			270.7	0.09	24.363	9820.0	225.3	1734.8	8085.2	5417.10	2668.12					
71	3550.0	0.77	28.07	5417.1			270.7	0.09	24.363	6099.3	225.3	1734.8	4364.4	2924.18	1440.27					
72	3600.0	0.77	28.84	18769.3	15845.1		270.7	0.09	24.363	19451.5	225.3	1734.8	17716.7	11870.16	5846.49					
73	3650.0	0.77	29.61	11870.2			270.7	0.09	24.363	12552.3	225.3	1734.								

表 4-1-1-10(3) 水田補給水量計算表 (3月)

3月 注水量= 20.45 mm/day

NO.	累加距離(m)	水田面積(ha)	水田累加面積(ha)	② 初期/回復注水量(m3/月)	③ 河川取水量(m3/月)	④ 河川補給(m3/月)	⑤ 日平均比流量(m3/km2)	⑥ 流域面積増分(km2)	⑦=⑤×⑥ 側方流入量(m3/day)	⑧=②+⑦×31 注水量+側方流入量(m3/月)	⑨ 月間蒸発散量(mm)	⑩=①×⑨×10000/1000 月間損失水量(m3/月)	⑪=⑧-⑩ 残水量(m3/月)	⑫=⑪×0.67 回復浸透分(m3/月)	⑬=⑪×0.33 河川復帰分(m3/月)
1	50.0	0.18	0.18	1141.2			186.5	0.085	15.8525	1632.6	57.4	103.3	1529.3	1024.64	504.67
2	100.0	0.18	0.36	2282.4	504.7	753.1	186.5	0.085	15.8525	3526.9	57.4	103.3	3423.6	2293.81	1129.79
3	150.0	0.18	0.54	2293.8		0.0	186.5	0.085	15.8525	2785.2	57.4	103.3	2681.9	1796.89	885.03
4	200.0	0.18	0.72	4564.8	2014.8	753.1	186.5	0.085	15.8525	5056.2	57.4	103.3	4952.9	3318.45	1634.46
5	250.0	0.18	0.9	3318.4		0.0	186.5	0.085	15.8525	3809.9	57.4	103.3	3706.6	2483.39	1223.16
6	300.0	0.18	1.08	2483.4		0.0	186.5	0.085	15.8525	2974.8	57.4	103.3	2871.5	1923.90	947.59
7	350.0	0.18	1.26	1923.9		0.0	186.5	0.085	15.8525	2415.3	57.4	103.3	2312.0	1549.05	762.96
8	400.0	0.18	1.44	6117.2	4568.2	0.0	186.5	0.085	15.8525	6608.7	57.4	103.3	6505.3	4358.58	2146.76
9	450.0	0.18	1.62	4358.6		0.0	186.5	0.085	15.8525	4850.0	57.4	103.3	4746.7	3180.28	1566.41
10	500.0	0.18	1.8	3180.3		0.0	186.5	0.085	15.8525	3671.7	57.4	103.3	3568.4	2390.82	1177.57
11	550.0	0.18	1.98	2390.8		0.0	186.5	0.085	15.8525	2882.2	57.4	103.3	2778.9	1861.88	917.05
12	600.0	0.18	2.16	7669.7	5807.8	0.0	186.5	0.085	15.8525	8161.1	57.4	103.3	8057.8	5398.70	2659.06
13	650.0	0.18	2.34	5398.7		0.0	186.5	0.085	15.8525	5890.1	57.4	103.3	5786.8	3877.16	1909.65
14	700.0	0.18	2.52	3877.2		0.0	186.5	0.085	15.8525	4368.6	57.4	103.3	4265.3	2857.73	1407.54
15	750.0	0.18	2.7	2857.2		0.0	186.5	0.085	15.8525	3349.2	57.4	103.3	3245.8	2174.71	1071.13
16	800.0	0.18	2.88	9222.1	7047.4	0.0	186.5	0.085	15.8525	9713.5	57.4	103.3	9610.2	6438.83	3171.37
17	850.0	0.18	3.06	6438.8		0.0	186.5	0.085	15.8525	6930.3	57.4	103.3	6826.9	4574.05	2252.89
18	900.0	0.18	3.24	4574.0		0.0	186.5	0.085	15.8525	5065.5	57.4	103.3	4962.2	3324.65	1637.51
19	950.0	0.18	3.42	3324.6		0.0	186.5	0.085	15.8525	3816.1	57.4	103.3	3712.8	2487.54	1225.21
20	1000.0	0.18	3.6	10774.5	8287.0	0.0	186.5	0.085	15.8525	11265.9	57.4	103.3	11162.6	7478.96	3683.67
21	1050.0	0.335	3.935	7479.0		0.0	186.5	0.1	18.65	8057.1	57.4	192.3	7864.8	5269.43	2595.39
22	1100.0	0.335	4.27	5269.4		0.0	186.5	0.1	18.65	5847.6	57.4	192.3	5655.3	3789.04	1866.25
23	1150.0	0.335	4.605	3789.0		0.0	186.5	0.1	18.65	4367.2	57.4	192.3	4174.9	2797.19	1377.72
24	1200.0	0.335	4.94	12320.2	9523.0	0.0	186.5	0.1	18.65	12898.4	57.4	192.3	12706.1	8513.07	4193.00
25	1250.0	0.335	5.275	8513.1		0.0	186.5	0.1	18.65	9091.2	57.4	192.3	8898.9	5962.28	2936.65
26	1300.0	0.335	5.61	5962.3		0.0	186.5	0.1	18.65	6540.4	57.4	192.3	6348.1	4253.25	2094.89
27	1350.0	0.335	5.945	4253.3		0.0	186.5	0.1	18.65	4831.4	57.4	192.3	4639.1	3108.21	1530.91
28	1400.0	0.335	6.28	13863.6	10755.4	0.0	186.5	0.1	18.65	14441.8	57.4	192.3	14249.5	9547.17	4702.34
29	1450.0	0.335	6.615	9547.2		0.0	186.5	0.1	18.65	10123.3	57.4	192.3	9933.0	6655.13	3272.90
30	1500.0	0.335	6.95	6655.1		0.0	186.5	0.1	18.65	7233.3	57.4	192.3	7041.0	4717.46	2323.53
31	1550.0	0.335	7.285	4717.5		0.0	186.5	0.1	18.65	5295.6	57.4	192.3	5103.3	3419.23	1684.10
32	1600.0	0.335	7.62	15407.1	11987.9	0.0	186.5	0.1	18.65	15985.2	57.4	192.3	15792.9	10581.27	5211.16
33	1650.0	0.335	7.955	10581.3		0.0	186.5	0.1	18.65	11159.4	57.4	192.3	10967.1	7347.98	3619.15
34	1700.0	0.335	8.29	7348.0		0.0	186.5	0.1	18.65	7926.1	57.4	192.3	7733.8	5181.67	2552.17
35	1750.0	0.335	8.625	5181.7		0.0	186.5	0.1	18.65	5759.8	57.4	192.3	5567.5	3730.25	1837.29
36	1800.0	0.335	8.96	16950.5	13220.3	0.0	186.5	0.1	18.65	17528.7	57.4	192.3	17336.4	11615.38	5721.01
37	1850.0	0.335	9.295	11615.4		0.0	186.5	0.1	18.65	12193.5	57.4	192.3	12001.2	8040.83	3960.41
38	1900.0	0.335	9.63	8040.8		0.0	186.5	0.1	18.65	8619.0	57.4	192.3	8426.7	5645.88	2780.81
39	1950.0	0.335	9.965	5645.9		0.0	186.5	0.1	18.65	6224.0	57.4	192.3	6031.7	4041.27	1990.48
40	2000.0	0.335	10.3	18494.0	14452.7	0.0	186.5	0.1	18.65	19072.1	57.4	192.3	18879.8	12649.48	6230.34
41	2050.0	0.465	10.765	12649.5		0.0	186.5	0.185	34.5025	13719.1	57.4	266.9	13452.2	9012.94	4439.21
42	2100.0	0.465	11.23	9012.9		0.0	186.5	0.185	34.5025	10082.5	57.4	266.9	9815.6	6576.46	3239.15
43	2150.0	0.465	11.695	6576.5		0.0	186.5	0.185	34.5025	7646.0	57.4	266.9	7379.1	4944.01	2435.11
44	2200.0	0.465	12.16	21287.8	16343.8	0.0	186.5	0.185	34.5025	22357.4	57.4	266.9	22090.5	14800.63	7289.86
45	2250.0	0.465	12.625	14800.6		0.0	186.5	0.185	34.5025	15870.2	57.4	266.9	15603.3	10454.21	5149.49
46	2300.0	0.465	13.09	10454.2		0.0	186.5	0.185	34.5025	11523.8	57.4	266.9	11256.9	7542.11	3714.77
47	2350.0	0.465	13.555	7542.1		0.0	186.5	0.185	34.5025	8611.7	57.4	266.9	8344.8	5591.00	2753.98
48	2400.0	0.465	14.02	24498.5	18907.5	0.0	186.5	0.185	34.5025	25568.1	57.4	266.9	25301.2	16951.78	8349.39
49	2450.0	0.465	14.485	16951.8		0.0	186.5	0.185	34.5025	18021.4	57.4	266.9	17754.4	11895.48	5858.97
50	2500.0	0.465	14.95	11895.5		0.0	186.5	0.185	34.5025	12965.1	57.4	266.9	12698.1	8507.76	4190.39
51	2550.0	0.465	15.415	8507.8		0.0	186.5	0.185	34.5025	9577.3	57.4	266.9	9310.4	6237.99	3072.44
52	2600.0	0.465	15.88	27709.2	21471.2	0.0	186.5	0.185	34.5025	28778.7	57.4	266.9	28511.8	19102.93	9408.91
53	2650.0	0.465	16.345	19102.9		0.0	186.5	0.185	34.5025	20172.5	57.4	266.9	19905.6	13336.75	6668.85
54	2700.0	0.465	16.81	13336.8		0.0	186.5	0.185	34.5025	14406.3	57.4	266.9	14139.4	9473.41	4666.01
55	2750.0	0.465	17.275	9473.4		0.0	186.5	0.185	34.5025	10543.0	57.4	266.9	10276.1	6884.97	3391.11
56	2800.0	0.465	17.74	30919.8	24034.9	0.0	186.5	0.185	34.5025	31989.4	57.4	266.9	31722.5	21254.08	10468.43
57	2850.0	0.465	18.205	21254.1		0.0	186.5	0.185	34.5025	22323.7	57.4	266.9	22056.7	14778.02	7278.73
58	2900.0	0.465	18.67	14778.0		0.0	186.5	0.185	34.5025	15847.6	57.4	266.9	15580.7	10439.06	5141.63
59	2950.0	0.465	19.135	10439.1		0.0	186.5	0.185	34.5025	11508.6	57.4	266.9	11241.7	7531.96	3709.77
60	3000.0	0.465	19.6	34130.5	26598.6	0.0	186.5	0.185	34.5025	35200.1	57.4	266.9	34933.2	23405.23	11527.95
61	3050.0	0.77	20.37	23405.2		0.0	186.5	0.09	16.785	23925.6	57.4	442.0	23483.6	15734.00	7749.58
62	3100.0	0.77	21.14	15734.0		0.0	186.5	0.09	16.785	16254.3	57.4	442.0	15812.4	10594.28	5218.08
63	3150.0	0.77	21.91	10594.3		0.0	186.5	0.09	16.785	11114.6	57.4	442.0	10672.6	7150.66	3521.97
64	3200.0	0.77	22.68	35168.2	28017.6	0.0	186.5	0.09	16.785	35688.6	57.4	442.0	35246.6	23615.22	11631.38
65	3250.0	0.77	23.45	23615.2		0.0	186.5	0.09	16.785	24135.6	57.4	442.0	23693.6	15874.70	7818.88
66	3300.0	0.77	24.22	15874.7		0.0	186.5	0.09	16.785	16395.0	57.4	442.0	15953.1	10688.54	5264.51
67	3350.0	0.77	24.99	10688.5		0.0	186.5	0.09	16.785	11208.9	57.4	442.0	10766.9	7213.82	3553.08
68	3400.0	0.77	25.76	35481.7	28267.8	0.0	186.5	0.09	16.785	36002.0	57.4	442.0	35560.0	23825.21	11734.81
69	3450.0	0.77	26.53	23825.2		0.0	186.5	0.09	16.785	24345.5	57.4	442.0	23903.6	16015.39	7888.18
70	3500.0	0.77	27.3	16015.4		0.0	186.5	0.09	16.785	16535.7	57.4	442.0	16093.7	10782.81	5310.94
71	3550.0	0.77	28.07	10782.8		0.0	186.5	0.09	16.785	11303.1	57.4	442.0	10861.2	7276.98	3584.18
72	3600.0	0.77	28.84	35795.1	28518.1	0.0	186.5	0.09	16.785	36315.4	57.4	442.0	35873.4	24035.20	11838.23











表 4-1-1-10(8) 水田補給水量計算表(8月)

8月 注水量= 23.97 mm/day

Table with 14 columns: NO., 累加距離(m), 水田面積(ha), 水田累加面積(ha), 初期/回復注水量(m3/月), 河川取水水量(m3/月), 非常補給(m3/月), 日平均比流量(m3/km2), 流域面積増分(km2), 側方流入量(m3/day), 注水量+側方流入量(m3/月), 月間蒸発散量(mm), 月間損失水量(m3/月), 残水量(m3/月), 回復浸透分(m3/月), 河川復帰分(m3/月). Rows 1-80 with various numerical data.

全注水量 = 40122.4

注水量=下方浸透13.6mm+横浸透5mm+⑨(月間蒸発散量)/月間日数 (月間蒸発散量はCROPWATにより求めた旬蒸発散量の合計)

日平均比流量は、タンクモデル流出解析で求めたダムサイト地点月合計流入量を流域面積8.8km2で除し、さらに月間日数で除したものである。

②: 一つ上の欄の⑫(回復浸透分)。取水地点では、一つ上の欄の⑫(回復注水量)と取水地点掛り水田面積×(蒸発散量+下方横浸透18.6mm)の大きな方。

③: 取水地点での前取水点以降の河川復帰分⑬合計の取り込み

④: 回復注水量が取水地点掛り水田面積×(蒸発散量+下方横浸透18.6mm)を下回った場合の不足分補給量











(3) 灌漑計画

(a) 灌漑用水量 (Irrigation Water Requirement)

本計画における灌漑用水量は、後述の「4.営農計画」で策定した作付体系に基づき、降水量や気温などの気象データを用いて算定した。

i) 検討条件

1) 作付体系

本計画で提案する作付け体系 (Cropping Pattern) および面積 (Cropping Acreage) を以下に示す。

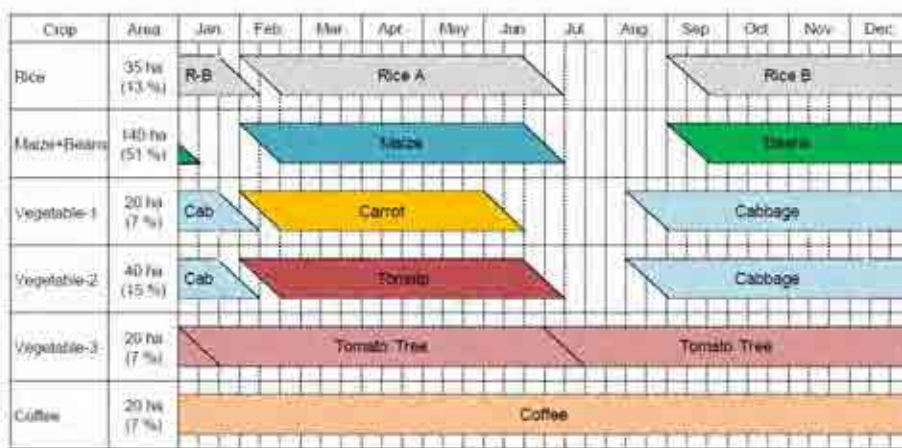


図 4-1-1-20 作付体系 (Cropping Pattern)

表 4-1-1-11 作付面積 (Cropping Acreage)

Crop		Cropping Acreage	Remarks
Rice Paddy		35 ha ( 13 %)	
Upland Cropping	Maize + Beans	140 ha ( 51 %)	
	Vegetable-1	20 ha ( 7 %)	Carrot + Cabbage
	Vegetable-2	40 ha ( 15 %)	Tomato + Cabbage
	Vegetable-3	20 ha ( 7 %)	Tomato Tree
	Coffee	20 ha ( 7 %)	
Sub-total		240 ha ( 87 %)	
Total		275 ha (100 %)	

2) 気象データ

灌漑用水量 (Irrigation Water Requirement) の算定に必要な気象データの内、降水量 (Rainfall) および気温 (Minimum & Maximum Temperature) はプロジェクト対象地域の近傍に位置する Gahororo 観測所のデータを採用した。また、湿度 (Relative Humidity)、風速 (Wind Velocity) および日照時間 (Sunshine Hours) については Gahororo 観測所で観測されていないので、Kigali 空港観測所のデータを採用した。

表 4-1-1-12 気象データ (Meteorological Data)

	Rainfall (mm)	Min.Temp. (°C)	Max.Temp (°C)	Humidity (%)	Wind (km/day)	Sunshine (hrs.)	Radiation (MJ/m <sup>2</sup> /day)	RET (mm/day)
Jan.	188.2	10.0	25.3	77	324	6.1	18.6	4.01
Feb.	70.7	9.8	26.4	77	297	6.2	19.2	4.20
Mar.	91.8	10.3	26.6	77	257	4.9	17.2	3.93
Apr.	152.6	10.0	25.4	84	188	5.2	17.0	3.38
May	104.9	10.3	24.3	82	206	5.6	16.5	3.21
Jun.	4.5	11.1	25.6	84	197	5.4	15.6	3.09
Jul.	5.7	10.9	26.3	77	222	4.7	14.9	3.39
Aug.	53.5	9.9	26.8	64	292	7.7	20.2	4.79
Sep.	20.7	10.6	28.4	72	307	6.0	18.6	4.62
Oct.	118.4	9.5	27.5	74	336	6.7	19.9	4.68
Nov.	161.7	10.0	26.0	83	24	4.7	16.4	3.51
Dec.	161.6	10.4	23.8	85	226	5.4	17.3	3.26
Total/Ave	1,134.3	10.2	26.0	78	258	5.7	17.6	3.84

## Notes

- \*1) Rainfall: Gahororo Station (Rurenge Sector, Ngoma District), 1970.01-12
- \*2) Minimum Temperature: Gahororo Station, 1970.01-12
- \*3) Maximum Temperature: Gahororo Station, 1970.01, 1974.02-04, 1970.05-12
- \*4) Humidity, Wind, and Sunshine: Kigali Station, 1974.01-12
- \*5) Radiation and RET (Reference Evapotranspiration) is calculated by CROPWAT8.0 based on other data.

## ii) 灌漑用水量の算定

## 1) 単位灌漑用水量 (Unit Irrigation Water Requirement)

FAO (Food and Agriculture Organization, 国連食糧農業機関) の灌漑用水推定モデル CROPWAT8.0 を用い、作物および作付体系毎に旬別の単位灌漑用水量 (Unit Irrigation Water Requirement) を算定した。

(後掲「表 単位灌漑用水量 (作物別)」, 「表 単位灌漑用水量 (作付体系別)」参照)

## 2) 純灌漑用水量 (Net Irrigation Water Requirement)

単位灌漑用水量に基づき、作付面積を考慮して、作付体系毎に旬別の純灌漑用水量 (Net Irrigation Water Requirement) を算定した。

(後掲「表 純灌漑用水量 (作付体系別)」参照)

## 3) 粗灌漑用水量/取水量 (Gross Irrigation Water Requirement)

純灌漑用水量に基づき、灌漑効率 (Irrigation Efficiency) および灌水面積率 (Wet Area Coefficient) を考慮して、旬別の粗灌漑用水量/取水量 (Gross Irrigation Water Requirement) を算定した。

(後掲「表 粗灌漑用水量/取水量 (作付体系別)」参照)

なお、本検討においては、灌漑効率および灌水面積率は以下のとおりとした。

灌漑効率 (Irrigation Efficiency)

灌漑効率 (E) は搬送効率 (Ec: Conveyance Efficiency) と適用効率 (Ea: Field Application Efficiency) の積として求められる。

ここで、FAO の”Irrigation Water Management Manual No.4: Irrigation Scheduling”によれば、搬送効率と適用効率は次のように示されている。

**表 4-1-1-13 搬送効率 (Ec: Conveyance Efficiency)**

Description		Conveyance Efficiency (Ec)			
Canal Type		Earthen Canals			Lined Canals
Soil Type		Sand	Loam	Clay	-
<b>Canal Length</b>	Long (> 2,000m)	60 %	70 %	80 %	<b>95 %</b>
	Medium (200- 2,000m)	70 %	75 %	85 %	<b>95 %</b>
	Short (< 200m)	80 %	85 %	90 %	<b>95 %</b>

**表 4-1-1-14 適用効率 (Ea: Field Application Efficiency)**

Irrigation Methods	Field Application Efficiency (Ea)
Surface Irrigation (Border, Furrow, Basin)	60 %
Sprinkler Irrigation	75 %
<b>Drip Irrigation</b>	<b>90 %</b>

本地区では、幹線水路 (Main Canal) および支線水路 (Lateral Canal) が練石張り水路 (Masonry Canal) で、また二次水路 (Secondary Canal) が管水路 (Pipeline) で計画されていることから、搬送効率は Lined Canal の場合の 95% とした。

また、圃場内ではホース灌漑を計画しているので、適用効率は Drip Irrigation の場合の 90% を採用した。

これらより、灌漑効率は以下のとおり 85% とした。

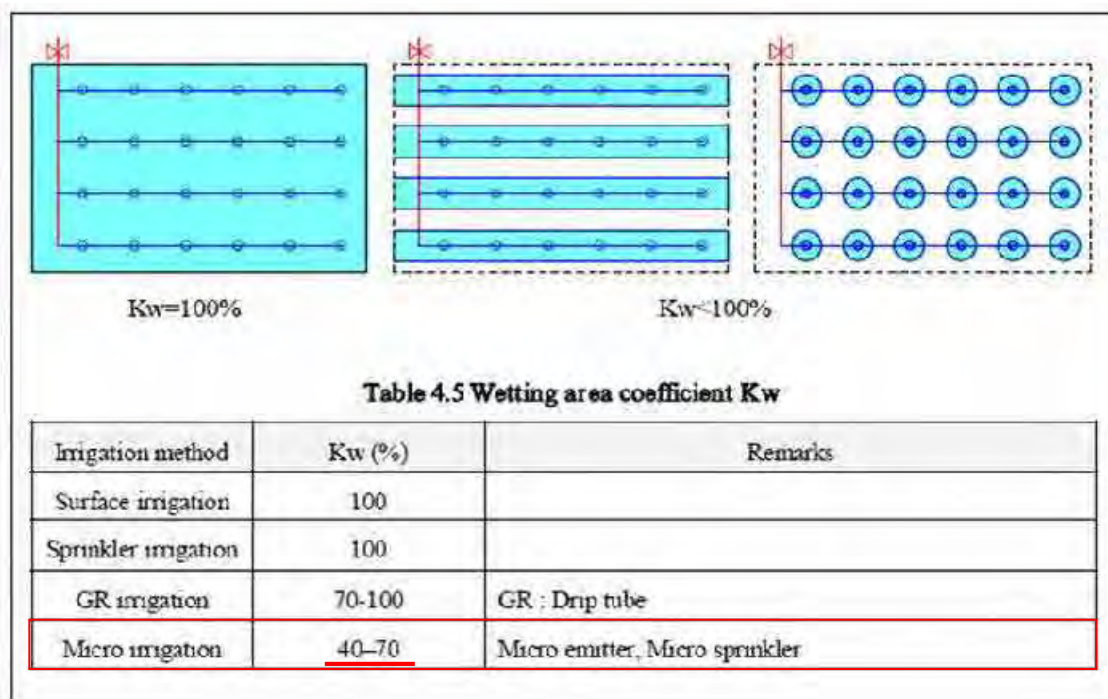
$$\text{灌漑効率 } E = \text{搬送効率 } Ec \times \text{適用効率 } Ea = 95\% \times 90\% = 85\%$$

なお、水田については、灌漑用水を循環利用することから、灌漑効率は 100% とした。

灌水面積率 (Wet Area Coefficient)

JICA が 2005 年 3 月から 3 年間亘り実施した「シリア国節水灌漑農業普及計画プロジェクト」(”Project on Development of Efficient Irrigation Techniques and Extension in Syria (DEITEX)”) では、栽培作物それぞれに応じた節水灌漑技術・手法を確立し普及させるために、節水灌漑マニュアル(”Manual on Design Standard of Efficient Irrigation System and On-farm Irrigation Management”) を作成した。

それによれば、灌水面積率（Wet Area Coefficient）は以下のとおり灌漑方法や放水ノズル（emitter）の配置により異なるとされている。



- ・地表灌漑（Surface Irrigation）およびスプリンクラー灌漑（Sprinkler Irrigation）

地表およびスプリンクラー灌漑は地表全面に対して灌水することから、灌水面積率（Kw: Wet Area Coefficient）は100%となる。

- ・点滴灌漑（Drip/GR Irrigation）およびマイクロ灌漑（Micro Irrigation）

一方、点滴およびマイクロ灌漑の場合は、点滴チューブに沿った一定幅の範囲または作物の周囲など、局所的に灌水する。したがって、灌水面積率は点滴灌漑の場合70-100%、またマイクロ灌漑の場合は40-70%とされている。

ここで、本地区ではホース灌漑の導入を計画していることから、灌水面積率は「マイクロ灌漑」の値を採用するものとし、Kw=40、50、60 および70%の4ケースについて検討した。





表 4-1-1-16 単位灌漑用水量（作付体系別）

(Unit Irrigation Water Requirement (per Cropping Pattern))

(Units: mm/dec)

Month	Decade	Days	Rice Paddy			Upland Cropping						Sub-total	Vegetable 3 Tomato Tree (Average)	Coffee (Average)	Total	
			Rice A (Average)	Rice B (Average)	Total	Maize (Average)	Beans (Average)	Sub-total	Carrot (Average)	Cabbage (Average)	Sub-total					Tomato (Average)
Jan.	1st.	10	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2nd.	10	33.9	0.0	33.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3rd.	11	96.5	3.2	99.7	0.0	0.0	0.0	8.5	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
Feb.	1st.	10	115.9	1.0	116.9	0.0	0.0	0.0	7.0	8.1	0.0	0.0	7.0	2.9	11.4	29.4
	2nd.	10	92.2	0.0	92.2	0.0	0.0	0.0	1.4	9.7	5.5	1.4	6.9	16.3	20.9	53.8
	3rd.	8	16.2	0.0	16.2	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	3.6	0.0	0.0	9.4	9.6	22.6
Mar.	1st.	10	20.7	0.0	20.7	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	7.2	1.1	0.0	16.3	12.5	37.1
	2nd.	10	18.9	0.0	18.9	1.2	0.0	1.2	8.9	0.0	8.9	2.2	0.0	17.8	10.2	40.3
	3rd.	11	17.8	0.0	17.8	3.9	0.0	3.9	10.7	0.0	10.7	4.2	0.0	18.0	7.5	44.3
Apr.	1st.	10	5.8	0.0	5.8	2.1	0.0	2.1	1.1	0.0	1.1	0.8	0.0	5.4	0.0	9.4
	2nd.	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3rd.	10	3.2	0.0	3.2	3.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.6	0.0	5.6
May	1st.	10	6.0	0.0	6.0	6.2	0.0	6.2	0.9	0.0	0.9	4.3	0.0	4.4	0.0	15.8
	2nd.	10	7.6	0.0	7.6	7.7	0.0	7.7	2.3	0.0	2.3	5.8	0.0	6.0	0.0	21.9
	3rd.	11	20.4	0.0	20.4	19.5	0.0	19.5	14.4	0.0	14.4	18.1	0.0	18.1	11.0	82.1
Jun.	1st.	10	31.7	0.0	31.7	27.7	0.0	27.7	18.3	0.0	18.3	28.4	0.0	28.4	25.7	123.0
	2nd.	10	32.9	0.0	32.9	23.9	0.0	23.9	10.2	0.0	10.2	24.0	0.0	24.0	30.3	132.4
	3rd.	10	21.4	0.0	21.4	13.2	0.0	13.2	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	13.3	31.7	88.9
Jul.	1st.	10	10.3	0.0	10.3	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	4.0	32.4	66.2
	2nd.	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.9	55.2
	3rd.	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	37.8	58.6
Aug.	1st.	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	31.6	48.3
	2nd.	10	0.0	43.2	43.2	0.0	0.0	0.0	4.8	4.8	0.0	4.8	0.0	19.4	30.8	59.9
	3rd.	11	0.0	123.2	123.2	0.0	0.0	0.0	15.5	15.5	0.0	15.5	0.0	33.6	39.2	103.8
Sep.	1st.	10	0.0	141.5	141.5	4.0	0.0	4.0	26.2	26.2	0.0	26.2	0.0	42.7	41.7	140.8
	2nd.	10	0.0	112.2	112.2	11.2	0.0	11.2	30.6	30.6	0.0	30.6	0.0	51.0	46.0	169.5
	3rd.	10	0.0	39.3	39.3	9.0	0.0	9.0	21.3	21.3	0.0	21.3	0.0	43.6	36.1	131.4
Oct.	1st.	10	0.0	27.2	27.2	4.6	0.0	4.6	10.2	10.2	0.0	10.2	0.0	31.7	23.7	80.4
	2nd.	10	0.0	19.5	19.5	7.0	0.0	7.0	4.1	4.1	0.0	4.1	0.0	23.1	15.0	53.2
	3rd.	11	0.0	19.5	19.5	13.0	0.0	13.0	5.5	5.5	0.0	5.5	0.0	21.4	13.3	58.8
Nov.	1st.	10	0.0	8.0	8.0	6.2	0.0	6.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	8.1	1.6	16.1
	2nd.	10	0.0	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
	3rd.	10	0.0	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dec.	1st.	10	0.0	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2nd.	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3rd.	11	551.4	545.5	1,096.9	113.3	55.1	168.4	87.1	135.5	222.6	112.7	135.5	574.7	555.4	1,769.4
Annual IWR (mm/yr.)			115.9	141.5	141.5	27.7	13.0	27.7	18.3	30.6	30.6	28.4	30.6	30.6	46.0	169.5
Max. IWR (mm/dec.)																

表 4-1-1-17 純灌漑用水量 (作付体系別)  
(Net Irrigation Water Requirement (per Cropping Pattern))

Month Decade	Rice Paddy				Upland Cropping										Grand Total	
	Rice Paddy				Maize + Beans		Vegetable 1		Vegetable 2			Vegetable 3		Total		
	Rice A	Rice B	Total	Days	Maize	Beans	Sub-total	Carrot	Cabbage	Sub-total	Tomato	Cabbage	Sub-total			Tomato Tree
35.0 ha (13 %)				140.0 ha (51 %)		20.0 ha (7 %)		40.0 ha (15 %)			20.0 ha (7 %)		240.0 ha (87 %)			
Jan. 1st.	0.0	151.7	151.7		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	151.7
2nd.	11,853.3	0.0	11,853.3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11,853.3
3rd.	33,775.0	1,108.3	34,883.3		0.0	0.0	1,706.7	1,706.7	0.0	3,413.3	0.0	3,413.3	0.0	3,200.0	0.0	40,323.3
Feb. 1st.	40,576.7	350.0	40,926.7		0.0	0.0	206.7	1,406.7	1,613.3	0.0	2,813.3	586.7	2,280.0	2,280.0	0.0	48,220.0
2nd.	32,270.0	0.0	32,270.0		0.0	0.0	1,666.7	280.0	1,946.7	2,213.3	560.0	2,773.3	3,253.3	4,180.0	0.0	44,423.3
3rd.	5,670.0	0.0	5,670.0		0.0	0.0	726.7	0.0	726.7	0.0	0.0	1,880.0	1,920.0	0.0	10,196.7	
Mar. 1st.	7,233.3	0.0	7,233.3		0.0	0.0	1,446.7	440.0	1,446.7	440.0	0.0	440.0	3,260.0	2,500.0	0.0	14,880.0
2nd.	6,615.0	0.0	6,615.0		1,680.0	0.0	1,786.7	866.7	0.0	866.7	0.0	866.7	3,566.7	2,040.0	0.0	16,555.0
3rd.	6,218.3	0.0	6,218.3		5,413.3	0.0	2,146.7	1,680.0	0.0	1,680.0	0.0	1,680.0	3,600.0	1,500.0	0.0	20,558.3
Apr. 1st.	2,041.7	0.0	2,041.7		2,893.3	0.0	2,893.3	226.7	0.0	226.7	333.3	0.0	333.3	1,080.0	0.0	6,575.0
2nd.	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3rd.	1,120.0	0.0	1,120.0		4,246.7	0.0	4,246.7	186.7	0.0	400.0	0.0	400.0	3,200.0	0.0	0.0	6,086.7
May 1st.	2,100.0	0.0	2,100.0		8,633.3	0.0	8,633.3	186.7	0.0	186.7	1,706.7	0.0	1,706.7	880.0	0.0	11,406.7
2nd.	2,648.3	0.0	2,648.3		10,826.7	0.0	10,826.7	466.7	0.0	466.7	2,333.3	0.0	2,333.3	1,200.0	0.0	14,826.7
3rd.	7,151.7	0.0	7,151.7		27,253.3	0.0	27,253.3	2,873.3	0.0	2,873.3	7,226.7	0.0	7,226.7	3,853.3	2,193.3	43,400.0
Jun. 1st.	11,106.7	0.0	11,106.7		38,780.0	0.0	38,780.0	3,653.3	0.0	3,653.3	11,346.7	0.0	11,346.7	6,473.3	5,140.0	65,393.3
2nd.	11,515.0	0.0	11,515.0		33,460.0	0.0	33,460.0	2,033.3	0.0	2,033.3	9,613.3	0.0	9,613.3	6,926.7	6,053.3	76,500.0
3rd.	7,501.7	0.0	7,501.7		18,433.3	0.0	18,433.3	0.0	0.0	5,333.3	6,146.7	0.0	5,333.3	6,146.7	6,324.7	69,601.7
Jul. 1st.	3,593.3	0.0	3,593.3		7,000.0	0.0	7,000.0	0.0	0.0	1,586.7	0.0	1,586.7	4,966.7	6,473.3	20,026.7	23,620.0
2nd.	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4,253.3	6,786.7	11,040.0	11,040.0
3rd.	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4,160.0	7,560.0	11,720.0	11,720.0
Aug. 1st.	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,333.3	6,320.0	9,653.3	9,653.3
2nd.	0.0	15,131.7	15,131.7		0.0	0.0	0.0	966.7	966.7	0.0	1,933.3	0.0	1,933.3	3,886.7	6,166.7	28,085.0
3rd.	0.0	43,108.3	43,108.3		0.0	0.0	0.0	3,106.7	3,106.7	0.0	6,213.3	0.0	6,213.3	6,713.3	7,840.0	66,981.7
Sep. 1st.	0.0	49,525.0	49,525.0		0.0	5,646.7	5,646.7	0.0	5,646.7	5,240.0	0.0	10,480.0	8,533.3	8,346.7	38,246.7	87,771.7
2nd.	0.0	39,281.7	39,281.7		0.0	15,680.0	15,680.0	0.0	6,126.7	6,126.7	0.0	12,253.3	10,206.7	9,206.7	53,473.3	92,755.0
3rd.	0.0	13,755.0	13,755.0		0.0	12,646.7	12,646.7	0.0	4,266.7	4,266.7	0.0	8,533.3	8,713.3	7,226.7	41,386.7	55,141.7
Oct. 1st.	0.0	9,508.3	9,508.3		0.0	6,393.3	6,393.3	0.0	2,046.7	2,046.7	0.0	4,093.3	4,093.3	4,733.3	23,613.3	33,121.7
2nd.	0.0	6,836.7	6,836.7		0.0	9,800.0	9,800.0	0.0	813.3	813.3	0.0	1,626.7	4,626.7	2,993.3	19,860.0	26,696.7
3rd.	0.0	6,813.3	6,813.3		0.0	18,246.7	18,246.7	0.0	1,106.7	1,106.7	0.0	2,213.3	4,286.7	2,653.3	28,506.7	35,320.0
Nov. 1st.	0.0	2,788.3	2,788.3		0.0	8,726.7	8,726.7	0.0	20.0	20.0	0.0	40.0	1,620.0	320.0	10,726.7	13,515.0
2nd.	0.0	2,450.0	2,450.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	13.3	258.3
3rd.	0.0	280.0	280.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	280.0
Dec. 1st.	0.0	303.3	303.3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	303.3
2nd.	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3rd.	0.0	1,750.0	1,750.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	246.7	0.0	306.7	2,056.7
Annual IWR (m <sup>3</sup> /Yr.)	192,990.0	190,936.7	383,926.7		158,620.0	77,140.0	235,760.0	17,420.0	27,106.7	44,526.7	45,080.0	542,13.3	99,293.3	114,933.3	111,086.7	605,600.0
Max IWR (m <sup>3</sup> /dec.)	40,576.7	49,525.0	49,525.0		38,780.0	18,246.7	38,780.0	3,653.3	6,126.7	6,126.7	11,346.7	12,253.3	12,253.3	10,206.7	9,206.7	65,393.3

Legend of Table

Crop Combination		
Crop	Crop	Total
Crop Acreage (ha)		
(Crop Acreage (%))		

\*1) Net Irrigation Water Requirement (m<sup>3</sup>/dec) = Unit Irrigation Water Requirement (mm/dec) / 1,000 (mm/m) \* Cropping Acreage (ha) \* 10,000 (m<sup>2</sup>/ha)



**表 4-1-1-18 粗灌漑用水量 / 取水量 (作付体系別)**  
**(Gross Irrigation Water Requirement (per Cropping Pattern))**  
**Case-1 : 灌水面積率 (Wet Area Coefficient) = 40%**

Month	Decade	Days	Gross Irrigation Water Requirement (per Cropping Pattern)										Grand Total								
			Rice Paddy			Upland Cropping					Coffee			Total							
			Rice A	Rice B	Total	Maize	Beans	Sub-total	Carrot	Vegetable 1	Sub-total	Tomato			Cabbage	Sub-total	Vegetable 2	Tomato Tree	Vegetable 3	Total	
			35.0 ha (13%)			140.0 ha (51%)					20.0 ha (7%)			40.0 ha (15%)		20.0 ha (7%)		240.0 ha (87%)			
Jan.	1st	10	0.0	151.7	151.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	151.7
	2nd	10	11,853.3	0.0	11,853.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11,853.3
	3rd	11	33,775.0	1,108.3	34,883.3	0.0	0.0	0.0	803.1	803.1	0.0	0.0	0.0	1,606.3	1,606.3	0.0	0.0	0.0	150.6	0.0	37,443.3
Feb.	1st	10	40,576.7	360.0	40,926.7	0.0	0.0	0.0	97.3	662.0	759.2	0.0	1,323.9	1,323.9	1,323.9	276.1	1,072.9	1,072.9	1,072.9	0.0	44,358.8
	2nd	10	32,270.0	0.0	32,270.0	0.0	0.0	0.0	784.3	131.8	916.1	1,041.6	263.5	1,305.1	1,305.1	1,531.0	1,967.1	1,967.1	0.0	0.0	37,989.2
	3rd	8	5,670.0	0.0	5,670.0	0.0	0.0	0.0	342.0	0.0	342.0	0.0	0.0	0.0	0.0	884.7	903.5	903.5	0.0	0.0	7,800.2
Mar.	1st	10	7,233.3	0.0	7,233.3	0.0	0.0	0.0	680.8	0.0	680.8	207.1	0.0	207.1	1,176.5	1,176.5	1,176.5	1,176.5	0.0	0.0	10,831.8
	2nd	10	6,615.0	0.0	6,615.0	0.0	0.0	0.0	840.8	0.0	840.8	407.8	0.0	407.8	1,678.4	1,678.4	1,678.4	1,678.4	0.0	0.0	11,292.6
	3rd	11	6,218.3	0.0	6,218.3	0.0	0.0	0.0	1,010.2	0.0	1,010.2	790.6	0.0	790.6	1,694.1	1,694.1	1,694.1	1,694.1	0.0	0.0	12,966.6
Apr.	1st	10	2,041.7	0.0	2,041.7	0.0	0.0	0.0	106.7	106.7	106.7	0.0	0.0	156.9	0.0	156.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4,175.0
	2nd	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3rd	10	1,120.0	0.0	1,120.0	0.0	0.0	0.0	1,998.4	0.0	1,998.4	0.0	0.0	188.2	0.0	188.2	0.0	0.0	150.6	0.0	3,457.3
May	1st	10	2,100.0	0.0	2,100.0	0.0	0.0	0.0	4,062.7	0.0	4,062.7	87.8	0.0	803.1	0.0	803.1	414.1	414.1	0.0	0.0	7,467.8
	2nd	10	2,648.3	0.0	2,648.3	0.0	0.0	0.0	5,094.9	0.0	5,094.9	219.6	0.0	2,196.1	1,098.0	0.0	1,098.0	564.7	0.0	0.0	9,625.6
	3rd	11	7,151.7	0.0	7,151.7	0.0	0.0	0.0	12,825.1	0.0	12,825.1	1,352.2	0.0	3,400.8	0.0	3,400.8	1,813.3	1,813.3	1,032.2	0.0	27,575.2
Jun.	1st	10	11,106.7	0.0	11,106.7	0.0	0.0	0.0	18,249.4	0.0	18,249.4	1,719.2	0.0	5,339.6	0.0	5,339.6	3,046.3	2,418.8	2,418.8	0.0	41,880.0
	2nd	10	11,515.0	0.0	11,515.0	0.0	0.0	0.0	15,745.9	0.0	15,745.9	996.9	0.0	4,523.9	0.0	4,523.9	3,259.6	2,848.6	2,848.6	0.0	38,849.9
	3rd	10	7,501.7	0.0	7,501.7	0.0	0.0	0.0	8,674.5	0.0	8,674.5	0.0	0.0	2,509.8	2,892.5	2,892.5	2,980.4	17,057.3	0.0	24,558.9	
Jul.	1st	10	3,593.3	0.0	3,593.3	0.0	0.0	0.0	3,294.1	0.0	3,294.1	0.0	0.0	746.7	0.0	746.7	2,337.3	3,046.3	3,046.3	0.0	13,017.6
	2nd	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,001.6	3,193.7	3,193.7	0.0	5,195.3
	3rd	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,957.6	3,557.6	3,557.6	0.0	5,515.3
Aug.	1st	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,568.6	2,974.1	2,974.1	0.0	4,542.7
	2nd	10	0.0	15,131.7	15,131.7	0.0	0.0	0.0	454.9	454.9	454.9	0.0	0.0	909.8	909.8	909.8	1,829.0	2,902.0	2,902.0	0.0	21,227.4
	3rd	11	0.0	43,108.3	43,108.3	0.0	0.0	0.0	1,462.0	1,462.0	1,462.0	0.0	0.0	2,923.9	2,923.9	2,923.9	3,159.2	3,927.8	3,927.8	0.0	54,342.8
Sep.	1st	10	0.0	49,525.0	49,525.0	0.0	0.0	0.0	2,657.3	2,657.3	2,657.3	0.0	0.0	4,931.8	4,931.8	4,931.8	4,015.7	3,927.8	3,927.8	0.0	67,523.4
	2nd	10	0.0	39,281.7	39,281.7	0.0	0.0	0.0	7,378.8	7,378.8	7,378.8	0.0	0.0	2,883.1	2,883.1	2,883.1	4,803.1	4,332.5	4,332.5	0.0	64,445.6
	3rd	10	0.0	13,755.0	13,755.0	0.0	0.0	0.0	5,951.4	5,951.4	5,951.4	0.0	0.0	2,007.8	2,007.8	4,015.7	4,100.4	3,400.8	3,400.8	0.0	33,231.1
Oct.	1st	10	0.0	9,508.3	9,508.3	0.0	0.0	0.0	3,008.6	3,008.6	3,008.6	0.0	0.0	963.1	963.1	1,926.3	2,986.7	2,227.5	11,112.2	0.0	20,620.5
	2nd	10	0.0	6,836.7	6,836.7	0.0	0.0	0.0	4,611.8	4,611.8	4,611.8	0.0	0.0	382.7	382.7	765.5	2,177.3	1,408.6	9,345.9	0.0	16,182.5
	3rd	11	0.0	6,813.3	6,813.3	0.0	0.0	0.0	8,586.7	8,586.7	8,586.7	0.0	0.0	520.8	520.8	1,041.6	2,017.3	1,248.6	13,414.9	0.0	20,228.2
Nov.	1st	10	0.0	2,788.3	2,788.3	0.0	0.0	0.0	4,106.7	4,106.7	4,106.7	9.4	0.0	18.8	18.8	18.8	762.4	150.6	5,047.8	0.0	7,836.2
	2nd	10	0.0	245.0	245.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	251.3
	3rd	10	0.0	280.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	280.0
Dec.	1st	10	0.0	303.3	303.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	303.3
	2nd	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3rd	11	0.0	1,750.0	1,750.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	18.8	18.8	18.8	116.1	144.3	144.3	0.0	1,894.3
Annual IWR (m³/dec.)			192,990.0	190,936.7	383,926.7	74,644.7	36,301.2	110,945.9	8,197.6	12,756.1	20,953.7	21,214.1	25,512.2	46,726.3	54,086.3	52,276.1	284,988.2	4,803.1	4,332.5	668,914.9	67,523.4
Max IWR (m³/dec.)			49,525.0	49,525.0	49,525.0	18,249.4	8,586.7	18,249.4	1,719.2	2,883.1	2,883.1	5,339.6	5,766.3	5,766.3	4,803.1	4,332.5	30,773.3				

Legend of Table

Crop Combination	
Crop	Crop
Crop Acreage (ha)	Crop Acreage (ha)
(Crop Acreage %)	(Crop Acreage %)

Notes  
 \*1) Gross Irrigation Water Requirement (m³/dec) = Net Irrigation Water Requirement (m³/dec) / Irrigation Efficiency (%) \* Wet Area Coefficient (%)  
 \*2) Irrigation Efficiency : Rice : Upland Cropping  
 : Rice : Upland Cropping  
 \*3) Wet Area Coefficient : Rice : Upland Cropping  
 : Upland Cropping

表 4-1-1-19 粗灌漑用水量 / 取水量 (作付体系別)  
 (Gross Irrigation Water Requirement (per Cropping Pattern))  
 Case-2 : 灌水面積率 (Wet Area Coefficient) = 50%

Month Decade	Days	Gross Irrigation Water Requirement (per Cropping Pattern)										Grand Total					
		Rice Paddy					Upland Cropping						Total				
		Rice A 35.0 ha (13%)	Rice B 35.0 ha (13%)	Total	Maize + Beans 140.0 ha (51%)	Sub-total	Carrot	Vegetable 1 Cabbage 20.0 ha (7%)	Sub-total	Tomato	Vegetable 2 Cabbage 40.0 ha (15%)			Sub-total	Vegetable 3 Tomato/Tree 20.0 ha (7%)	Coffee 20.0 ha (7%)	
Jan.	1st. 10	0.0	0.0	151.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	151.7
	2nd. 10	11,853.3	0.0	11,853.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11,853.3
	3rd. 11	33,775.0	1,108.3	34,883.3	0.0	0.0	1,003.9	1,003.9	0.0	2,007.8	2,007.8	0.0	188.2	188.2	0.0	0.0	38,083.3
Feb.	1st. 10	40,576.7	350.0	40,926.7	0.0	0.0	121.6	827.5	949.0	0.0	1,654.9	1,654.9	345.1	1,341.2	4,290.2	0.0	45,216.9
	2nd. 10	32,270.0	0.0	32,270.0	0.0	0.0	980.4	164.7	1,145.1	1,302.0	329.4	1,631.4	1,913.7	2,458.8	7,149.0	0.0	39,419.0
	3rd. 8	5,670.0	0.0	5,670.0	0.0	0.0	427.5	0.0	427.5	0.0	0.0	0.0	1,105.9	1,129.4	2,662.7	0.0	8,332.7
Mar.	1st. 10	7,233.3	0.0	7,233.3	0.0	0.0	851.0	0.0	851.0	0.0	258.8	0.0	1,917.6	1,470.6	4,498.0	0.0	11,731.4
	2nd. 10	6,615.0	0.0	6,615.0	988.2	0.0	1,051.0	509.8	0.0	1,560.8	0.0	509.8	0.0	509.8	5,847.1	0.0	12,462.1
	3rd. 11	6,218.3	0.0	6,218.3	3,184.3	0.0	3,184.3	1,262.7	0.0	4,447.0	0.0	988.2	2,117.6	882.4	8,435.3	0.0	14,653.6
Apr.	1st. 10	2,041.7	0.0	2,041.7	1,702.0	0.0	1,702.0	133.3	0.0	1,835.3	196.1	0.0	1,961.4	635.3	2,666.7	0.0	4,708.3
	2nd. 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3rd. 10	1,120.0	0.0	1,120.0	2,498.0	0.0	2,498.0	0.0	0.0	2,498.0	0.0	235.3	188.2	0.0	2,921.6	0.0	4,041.6
May	1st. 10	2,100.0	0.0	2,100.0	5,078.4	0.0	5,078.4	109.8	0.0	5,188.2	0.0	1,003.9	517.6	0.0	6,709.8	0.0	8,809.8
	2nd. 10	2,648.3	0.0	2,648.3	6,368.6	0.0	6,368.6	274.5	0.0	6,643.1	0.0	1,372.5	705.9	0.0	8,721.6	0.0	11,369.9
	3rd. 11	7,151.7	0.0	7,151.7	16,031.4	0.0	16,031.4	1,690.2	0.0	17,721.6	0.0	4,251.0	2,266.7	1,290.2	25,529.4	0.0	32,681.1
Jun.	1st. 10	11,106.7	0.0	11,106.7	22,811.8	0.0	22,811.8	2,149.0	0.0	24,960.8	0.0	6,674.5	3,807.8	3,023.5	38,466.7	0.0	49,573.3
	2nd. 10	11,515.0	0.0	11,515.0	19,682.4	0.0	19,682.4	1,196.1	0.0	20,878.5	0.0	5,654.9	4,074.5	3,560.8	34,168.6	0.0	45,683.6
	3rd. 10	7,501.7	0.0	7,501.7	10,843.1	0.0	10,843.1	0.0	0.0	10,843.1	0.0	3,137.3	3,615.7	3,725.5	21,321.6	0.0	28,823.2
Jul.	1st. 10	3,593.3	0.0	3,593.3	4,117.6	0.0	4,117.6	0.0	0.0	4,117.6	0.0	933.3	2,921.6	3,807.8	11,780.4	0.0	15,373.7
	2nd. 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,502.0	3,992.2	6,494.1	0.0	6,494.1
	3rd. 11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,447.1	4,447.1	6,894.1	0.0	6,894.1
Aug.	1st. 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,960.8	3,717.6	5,678.4	0.0	5,678.4
	2nd. 10	0.0	15,131.7	15,131.7	0.0	0.0	568.6	568.6	0.0	1,137.3	1,137.3	1,137.3	2,286.3	3,627.5	7,619.6	0.0	22,751.3
	3rd. 11	0.0	43,108.3	43,108.3	0.0	0.0	1,827.5	1,827.5	0.0	3,654.9	3,654.9	3,654.9	3,949.0	4,611.8	14,043.1	0.0	57,151.5
Sep.	1st. 10	0.0	49,525.0	49,525.0	0.0	3,321.6	3,321.6	0.0	3,082.4	3,082.4	0.0	6,164.7	5,019.6	4,909.8	22,498.0	0.0	72,023.0
	2nd. 10	0.0	39,281.7	39,281.7	0.0	9,223.5	9,223.5	0.0	3,603.9	3,603.9	0.0	7,207.8	6,003.9	5,415.7	31,454.9	0.0	70,736.6
	3rd. 10	0.0	13,755.0	13,755.0	0.0	7,439.2	7,439.2	0.0	2,509.8	2,509.8	0.0	5,019.6	5,125.5	4,251.0	24,345.1	0.0	38,100.1
Oct.	1st. 10	0.0	9,508.3	9,508.3	0.0	3,760.8	3,760.8	0.0	1,203.9	1,203.9	0.0	2,407.8	3,733.3	2,784.3	13,890.2	0.0	23,398.5
	2nd. 10	0.0	6,836.7	6,836.7	0.0	5,764.7	5,764.7	0.0	478.4	478.4	0.0	956.9	2,721.6	1,760.8	11,682.4	0.0	18,519.0
	3rd. 11	0.0	6,813.3	6,813.3	0.0	10,733.3	10,733.3	0.0	651.0	651.0	0.0	1,302.0	2,521.6	1,560.8	16,768.6	0.0	23,582.0
Nov.	1st. 10	0.0	2,788.3	2,788.3	0.0	5,133.3	5,133.3	0.0	11.8	11.8	0.0	23.5	952.9	188.2	6,309.8	0.0	9,098.1
	2nd. 10	0.0	245.0	245.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	7.8	0.0	252.8
	3rd. 10	0.0	280.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	280.0
Dec.	1st. 10	0.0	303.3	303.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	303.3
	2nd. 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3rd. 11	0.0	1,750.0	1,750.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,750.0
Annual IWR (m <sup>3</sup> /dec.)		192,990.0	190,936.7	383,926.7	93,305.9	45,376.5	138,682.4	10,247.1	15,945.1	26,192.2	26,517.6	31,890.2	58,407.8	67,607.8	356,235.3	740,162.0	
Max IWR (m <sup>3</sup> /dec.)		40,576.7	49,525.0	49,525.0	22,811.8	10,733.3	22,811.8	2,149.0	3,603.9	3,603.9	6,674.5	7,207.8	7,207.8	6,003.9	38,466.7	72,023.0	

Legend of Table

Crop Combination	
Crop	Crop
Total	Crop Acreage (ha) (Crop Acreage (%))

Notes  
 \*1) Gross Irrigation Water Requirement (m<sup>3</sup>/dec) = Net Irrigation Water Requirement (m<sup>3</sup>/dec) / Irrigation Efficiency (%) \* Wet Area Coefficient (%)  
 \*2) Irrigation Efficiency : Rice : 85% (= 95% (Conveyance Efficiency, "lined Canal" FAO) \* 90% (Field Application Efficiency, "Drip Irrigation" FAO)  
 : Upland Cropping : 100% (= "Surface Irrigation", JICA)  
 \*3) Wet Area Coefficient : Rice : 50% (= "Micro Irrigation", JICA)  
 : Upland Cropping : 50%

**表 4-1-1-20 粗灌漑用水量 / 取水量 (作付体系別)**  
**(Gross Irrigation Water Requirement (per Cropping Pattern))**  
**Case-3 : 灌水面積率 (Wet Area Coefficient) = 60%**

Month	Decade	Days	Rice Paddy			Upland Cropping										Grand Total		
			Rice A	Rice B	Total	Maize + Beans		Vegetable 1		Vegetable 2		Vegetable 3		Coffee	Total			
						Maize	Beans	Sub-total	Carrot	Cabbage	Tomato	Sub-total	Tomato				Cabbage	Sub-total
Jan.	1st.	10	0.0	0.0	151.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	151.7	
	2nd.	10	11,853.3	0.0	11,853.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11,853.3	
	3rd.	11	33,775.0	1,108.3	34,883.3	0.0	0.0	1,204.7	1,204.7	0.0	2,409.4	2,409.4	0.0	225.9	225.9	3,840.0	38,723.3	
Feb.	1st.	10	40,576.7	350.0	40,926.7	0.0	0.0	992.9	1,138.8	0.0	1,985.9	1,985.9	414.1	1,609.4	1,609.4	5,148.2	46,074.9	
	2nd.	10	32,270.0	0.0	32,270.0	0.0	0.0	1,176.5	1,374.1	1,562.4	395.3	1,957.6	2,296.5	2,950.6	2,950.6	8,578.8	40,848.8	
	3rd.	8	5,670.0	0.0	5,670.0	0.0	0.0	512.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1,327.1	1,355.3	3,195.3	8,865.3		
Mar.	1st.	10	7,233.3	0.0	7,233.3	0.0	0.0	1,021.2	0.0	1,021.2	310.6	0.0	310.6	2,301.2	1,764.7	5,397.6	12,631.0	
	2nd.	10	6,615.0	0.0	6,615.0	1,185.9	0.0	1,261.2	611.8	0.0	1,873.0	1,873.0	611.8	2,517.6	1,440.0	7,016.5	13,631.5	
	3rd.	11	6,218.3	0.0	6,218.3	3,821.2	0.0	1,515.3	1,185.9	0.0	1,185.9	2,541.2	1,058.8	10,122.4	10,122.4	16,340.7		
Apr.	1st.	10	2,041.7	0.0	2,041.7	2,042.4	0.0	2,042.4	160.0	0.0	235.3	762.4	0.0	0.0	0.0	3,200.0	5,241.7	
	2nd.	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	3rd.	10	1,120.0	0.0	1,120.0	2,997.6	0.0	2,997.6	0.0	0.0	282.4	225.9	0.0	0.0	0.0	3,505.9	4,625.9	
May	1st.	10	2,100.0	0.0	2,100.0	6,094.1	0.0	6,094.1	131.8	0.0	1,204.7	0.0	1,204.7	621.2	0.0	8,051.8	10,151.8	
	2nd.	10	2,648.3	0.0	2,648.3	7,642.4	0.0	7,642.4	329.4	0.0	329.4	1,647.1	0.0	1,647.1	847.1	10,465.9	13,114.2	
	3rd.	11	7,151.7	0.0	7,151.7	19,237.6	0.0	19,237.6	2,028.2	0.0	2,028.2	5,101.2	0.0	5,101.2	2,720.0	30,635.3	37,787.0	
Jun.	1st.	10	11,106.7	0.0	11,106.7	27,374.1	0.0	27,374.1	2,578.8	0.0	2,578.8	8,009.4	0.0	8,009.4	4,569.4	36,282.4	46,160.0	
	2nd.	10	11,515.0	0.0	11,515.0	23,618.8	0.0	23,618.8	1,435.3	0.0	1,435.3	6,785.9	0.0	6,785.9	4,272.9	41,002.4	52,517.4	
	3rd.	10	7,501.7	0.0	7,501.7	13,011.8	0.0	13,011.8	0.0	0.0	3,764.7	0.0	3,764.7	4,338.8	4,470.6	25,585.9	33,087.5	
Jul.	1st.	10	3,593.3	0.0	3,593.3	4,941.2	0.0	4,941.2	0.0	0.0	1,120.0	0.0	1,120.0	3,505.9	4,569.4	14,136.5	17,729.8	
	2nd.	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,002.4	4,790.6	7,792.9	7,792.9	
	3rd.	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,936.5	5,336.5	8,272.9	8,272.9	
Aug.	1st.	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,352.9	4,461.2	6,814.1	6,814.1	
	2nd.	10	0.0	15,131.7	15,131.7	0.0	0.0	682.4	682.4	0.0	1,364.7	1,364.7	2,743.5	4,352.9	9,143.5	24,275.2	24,275.2	
	3rd.	11	0.0	43,108.3	43,108.3	0.0	0.0	2,192.9	2,192.9	0.0	4,385.9	4,385.9	4,738.8	5,534.1	16,851.8	59,960.1	59,960.1	
Sep.	1st.	10	0.0	49,525.0	49,525.0	0.0	3,985.9	3,985.9	0.0	3,985.9	3,698.8	0.0	7,397.6	6,023.5	5,891.8	26,997.6	76,522.6	
	2nd.	10	0.0	39,281.7	39,281.7	0.0	11,068.2	11,068.2	0.0	4,324.7	4,324.7	0.0	8,649.4	7,204.7	6,498.8	37,745.9	77,027.5	
	3rd.	10	0.0	13,755.0	13,755.0	0.0	8,927.1	8,927.1	0.0	3,011.8	3,011.8	0.0	6,023.5	6,150.6	5,101.2	29,214.1	42,969.1	
Oct.	1st.	10	0.0	9,508.3	9,508.3	0.0	4,512.9	4,512.9	0.0	1,444.7	1,444.7	0.0	2,889.4	4,480.0	3,341.2	16,668.2	26,176.6	
	2nd.	10	0.0	6,836.7	6,836.7	0.0	6,917.6	6,917.6	0.0	574.1	574.1	0.0	1,148.2	3,265.9	2,112.9	14,018.8	20,855.5	
	3rd.	11	0.0	6,813.3	6,813.3	0.0	12,880.0	12,880.0	0.0	781.2	781.2	0.0	1,562.4	3,025.9	1,872.9	20,122.4	26,935.7	
Nov.	1st.	10	0.0	2,788.3	2,788.3	0.0	6,160.0	6,160.0	0.0	14.1	14.1	0.0	28.2	1,143.5	225.9	7,571.8	10,360.1	
	2nd.	10	0.0	245.0	245.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	254.4	254.4	
	3rd.	10	0.0	280.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	280.0	280.0	
Dec.	1st.	10	0.0	303.3	303.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	303.3	303.3	
	2nd.	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	3rd.	11	0.0	1,750.0	1,750.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	216.5	1,966.5	
Annual IWR (m <sup>3</sup> /dec.)			192,990.0	190,936.7	383,926.7	111,967.1	54,451.8	166,418.8	12,296.5	19,134.1	31,430.6	31,821.2	38,268.2	70,069.4	81,129.4	78,414.1	427,482.4	811,409.0
Max IWR (m <sup>3</sup> /dec.)			40,576.7	49,525.0	49,525.0	27,374.1	12,880.0	27,374.1	2,578.8	4,324.7	4,324.7	8,009.4	8,649.4	7,204.7	6,498.8	46,160.0	77,027.5	

Legend of Table

Crop Combination	
Crop	Crop
Total	Crop Acreage (ha)
	(Crop Acreage (%))

Notes  
 \*1) Gross Irrigation Water Requirement (m<sup>3</sup>/dec) = Net Irrigation Water Requirement (m<sup>3</sup>/dec) / Irrigation Efficiency (%) \* Wet Area Coefficient (%)  
 \*2) Irrigation Efficiency : Rice : Upland Cropping  
 : Upland Cropping  
 : Rice : Upland Cropping  
 : Upland Cropping  
 \*3) Wet Area Coefficient : Upland Cropping : Upland Cropping  
**60%** (= "Micro Irrigation", JICA)

表 4-1-1-21 粗灌漑用水量 / 取水量 (作付体系別)  
 (Gross Irrigation Water Requirement (per Cropping Pattern))  
 Case-4 : 灌水面積率 (Wet Area Coefficient) = 70%

Month Decade	Gross Irrigation Water Requirement (per Cropping Pattern)										Grand Total					
	Rice Paddy			Upland Cropping								Total				
	Rice A	Rice B	Total	Maize	Beans	Sub-total	Carrot	Cabbage	Sub-total	Tomato			Vegetable 2 Cabbage	Sub-total	Vegetable 3 Tomato Tree	Coffee
35.0 ha (13%)			140.0 ha (51%)							40.0 ha (15%)		20.0 ha (7%)		20.0 ha (7%)		
Jan. 1st. 10	0.0	151.7	151.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	151.7
2nd. 10	11,853.3	0.0	11,853.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11,853.3
3rd. 11	33,775.0	1,108.3	34,883.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1,405.5	1,405.5	0.0	2,811.0	2,811.0	0.0	263.5	0.0	39,363.3
Feb. 1st. 10	40,576.7	350.0	40,926.7	0.0	0.0	0.0	1,158.4	1,328.6	0.0	2,316.9	2,316.9	483.1	1,877.6	6,006.3	0.0	46,932.9
2nd. 10	32,270.0	0.0	32,270.0	0.0	0.0	0.0	1,372.5	230.6	1,603.1	1,822.7	461.2	2,283.9	2,679.2	3,442.4	10,008.6	42,278.6
3rd. 8	5,670.0	0.0	5,670.0	0.0	0.0	0.0	598.4	0.0	598.4	0.0	0.0	1,548.2	1,581.2	9,397.8	0.0	9,397.8
Mar. 1st. 10	7,233.3	0.0	7,233.3	0.0	0.0	0.0	1,191.4	0.0	1,191.4	362.4	0.0	362.4	2,684.7	2,068.8	6,297.3	13,530.6
2nd. 10	6,615.0	0.0	6,615.0	1,383.5	0.0	1,383.5	1,471.4	0.0	1,471.4	713.7	0.0	713.7	2,937.3	1,680.0	8,185.9	14,800.9
3rd. 11	6,218.3	0.0	6,218.3	4,458.0	0.0	4,458.0	1,767.8	0.0	1,767.8	1,383.5	0.0	1,383.5	2,964.7	1,235.3	11,809.4	18,027.7
Apr. 1st. 10	2,041.7	0.0	2,041.7	2,382.7	0.0	2,382.7	186.7	0.0	186.7	274.5	0.0	274.5	889.4	0.0	3,733.3	5,775.0
2nd. 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3rd. 10	1,120.0	0.0	1,120.0	3,497.3	0.0	3,497.3	0.0	0.0	329.4	0.0	329.4	263.5	0.0	4,090.2	0.0	5,210.2
May 1st. 10	2,100.0	0.0	2,100.0	7,109.8	0.0	7,109.8	153.7	0.0	153.7	1,405.5	0.0	1,405.5	724.7	0.0	9,393.7	11,493.7
2nd. 10	2,648.3	0.0	2,648.3	8,916.1	0.0	8,916.1	384.3	0.0	384.3	1,921.6	0.0	1,921.6	988.2	0.0	12,210.2	14,858.5
3rd. 11	7,151.7	0.0	7,151.7	22,443.9	0.0	22,443.9	2,366.3	0.0	2,366.3	5,951.4	0.0	5,951.4	3,173.3	1,806.3	35,741.2	42,892.8
Jun. 1st. 10	11,106.7	0.0	11,106.7	31,936.5	0.0	31,936.5	3,008.6	0.0	3,008.6	9,344.3	0.0	9,344.3	5,331.0	4,232.9	53,853.3	64,960.0
2nd. 10	11,515.0	0.0	11,515.0	27,555.3	0.0	27,555.3	1,674.5	0.0	1,674.5	7,916.9	0.0	7,916.9	5,704.3	4,985.1	47,836.1	59,351.1
3rd. 10	7,501.7	0.0	7,501.7	15,180.4	0.0	15,180.4	0.0	0.0	4,392.2	0.0	4,392.2	5,062.0	5,215.7	29,850.2	37,351.9	
Jul. 1st. 10	3,593.3	0.0	3,593.3	5,764.7	0.0	5,764.7	0.0	0.0	1,306.7	0.0	1,306.7	4,090.2	5,331.0	16,492.5	0.0	20,085.9
2nd. 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,502.7	5,589.0	9,091.8	9,091.8
3rd. 11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,425.9	6,225.9	9,651.8	9,651.8
Aug. 1st. 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,745.1	5,204.7	7,949.8	7,949.8
2nd. 10	0.0	15,131.7	15,131.7	0.0	0.0	0.0	0.0	796.1	796.1	0.0	1,592.2	1,592.2	3,200.8	5,078.4	10,667.5	25,799.1
3rd. 11	0.0	43,108.3	43,108.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2,558.4	2,558.4	0.0	5,116.9	5,116.9	5,528.6	6,456.5	19,660.4	62,768.7
Sep. 1st. 10	0.0	49,525.0	49,525.0	0.0	4,650.2	4,650.2	0.0	4,315.3	4,315.3	0.0	8,630.6	8,630.6	7,027.5	6,873.7	31,497.3	81,022.3
2nd. 10	0.0	39,281.7	39,281.7	0.0	12,912.9	12,912.9	0.0	5,045.5	5,045.5	0.0	10,091.0	10,091.0	8,405.5	7,582.0	44,036.9	83,318.5
3rd. 10	0.0	13,755.0	13,755.0	0.0	10,414.9	10,414.9	0.0	3,513.7	3,513.7	0.0	7,027.5	7,027.5	7,175.7	5,951.4	34,083.1	47,838.1
Oct. 1st. 10	0.0	9,508.3	9,508.3	0.0	5,265.1	5,265.1	0.0	1,685.5	1,685.5	0.0	3,371.0	3,371.0	5,226.7	3,898.0	19,446.3	28,954.6
2nd. 10	0.0	6,836.7	6,836.7	0.0	8,070.6	8,070.6	0.0	669.8	669.8	0.0	1,339.6	1,339.6	3,810.2	2,465.1	16,355.3	23,192.0
3rd. 11	0.0	6,813.3	6,813.3	0.0	15,026.7	15,026.7	0.0	911.4	911.4	0.0	1,822.7	1,822.7	3,530.2	2,185.1	23,476.1	30,289.4
Nov. 1st. 10	0.0	2,788.3	2,788.3	0.0	7,186.7	7,186.7	0.0	16.5	16.5	0.0	32.9	32.9	1,334.1	263.5	8,833.7	11,622.1
2nd. 10	0.0	245.0	245.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	11.0	256.0	256.0
3rd. 10	0.0	280.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	280.0	280.0
Dec. 1st. 10	0.0	303.3	303.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	303.3	303.3
2nd. 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3rd. 11	0.0	1,750.0	1,750.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	16.5	0.0	32.9	32.9	203.1	0.0	252.5	2,002.5
Annual IWR (m <sup>3</sup> /dec.)	192,990.0	190,936.7	383,926.7	130,628.2	63,527.1	194,155.3	14,345.9	22,323.1	36,669.0	37,124.7	44,646.3	81,771.0	94,651.0	91,483.1	498,729.4	882,656.1
Max IWR (m <sup>3</sup> /dec.)	40,576.7	49,525.0	49,525.0	31,936.5	15,026.7	31,936.5	3,008.6	5,045.5	5,045.5	9,344.3	10,091.0	10,091.0	8,405.5	7,582.0	53,853.3	83,318.5

Legend of Table

Crop	Crop Combination
Crop	Crop Acreage (ha)
Crop	Crop Acreage (%)

Notes  
 \*1) Gross Irrigation Water Requirement (m<sup>3</sup>/dec) = Net Irrigation Water Requirement (m<sup>3</sup>/dec) / Irrigation Efficiency (%) \* Wet Area Coefficient (%)  
 \*2) Irrigation Efficiency : Rice : 100%  
 : Upland Cropping : 85% (= 95% Conveyance Efficiency, "Lined Canal" FAO) \* 90% (Field Application Efficiency, "Drip Irrigation" FAO)  
 : Rice : 100% (= "Surface Irrigation", JICA)  
 : Upland Cropping : 70% (= "Micro Irrigation", JICA)

## (b) 水収支シミュレーション

先に検討した貯水池内への流入量および灌漑用水量に基づき、旬別の水収支シミュレーションを行い有効貯水量を決定した。

シミュレーションでは、貯水池の降雨量と蒸発量、貯水池からの浸透量など、以下の条件を設定した。

## i) 計算条件

## 1) 流入量 (Inflow)

貯水池への流入量は、河川流入量を考慮し、タンクモデルで求めた基準年 1970 年の流入量 (約 709 千 m<sup>3</sup>/年) とした。

## 2) 流出量 (流出量)

貯水池からの流出量は、①水田灌漑用水量、②畑地灌漑用水量、③浸透量を考慮した。

水田灌漑用水量

先に算定した水田補給用水量 (Supply Water for Rice Paddy) の約 170 千 m<sup>3</sup>/年を見込んだ。

表 4-1-1-22 河川流入量および水田補給用水量

Month	Decade	days	Inflow (m <sup>3</sup> )			Supply Water for Rice Paddy (m <sup>3</sup> )		
			Decade	Monthly	Cumulative	Decade	Monthly	Cumulative
Jan.	1st.	10	25,360	148,421	148,421	469	1,453	1,453
	2nd.	10	72,709			469		
	3rd.	11	50,352			516		
Feb.	1st.	10	28,891	66,683	215,104	6,228	17,438	18,891
	2nd.	10	23,985			6,228		
	3rd.	8	13,807			4,982		
Mar.	1st.	10	15,623	53,072	268,176	854	2,647	21,538
	2nd.	10	15,438			854		
	3rd.	11	22,011			939		
Apr.	1st.	10	16,119	54,034	322,210	658	1,974	23,512
	2nd.	10	16,074			658		
	3rd.	10	21,841			658		
May	1st.	10	44,967	101,847	424,057	468	1,452	24,964
	2nd.	10	37,214			468		
	3rd.	11	19,666			515		
Jun.	1st.	10	15,397	39,543	463,600	1,232	3,695	28,659
	2nd.	10	13,100			1,232		
	3rd.	10	11,046			1,232		
Jul.	1st.	10	9,062	22,365	485,965	895	2,774	31,433
	2nd.	10	7,129			895		
	3rd.	11	6,174			984		
Aug.	1st.	10	5,407	25,142	511,107	12,943	40,122	71,555
	2nd.	10	5,386			12,943		
	3rd.	11	14,349			14,237		
Sep.	1st.	10	5,593	16,215	527,322	30,117	90,350	161,905
	2nd.	10	5,323			30,117		
	3rd.	10	5,299			30,117		
Oct.	1st.	10	5,278	37,266	564,588	965	2,990	164,895
	2nd.	10	19,278			965		
	3rd.	11	12,710			1,061		
Nov.	1st.	10	20,239	53,591	618,179	665	1,995	166,890
	2nd.	10	17,274			665		
	3rd.	10	16,078			665		
Dec.	1st.	10	24,303	91,005	709,184	455	1,409	168,299
	2nd.	10	25,099			455		
	3rd.	11	41,603			500		
Total			<b>709,184</b>	709,184	-	<b>168,299</b>	168,299	-

畑地灌漑用水量

先に算定した粗灌漑用水量／取水量（Gross Irrigation Water Requirement）を見込むものとし、灌水面積率 Kw=40、50、60 および 70% の 4 ケースについて検討した。

**表 4-1-1-23 畑地灌漑用水量（年間）**

Wet Area Coefficient Kw (%)	Gross Irrigation Water Requirement (m <sup>3</sup> /年)
40	284,988
50	356,235
60	427,482
70	498,729

貯水池からの浸透量

貯水池からの浸透量（Seepage Loss）として、貯水量の 0.05% を考慮した。

3) 貯水池の降水量と蒸発量（Balance between Rainfall and Evaporation on Reservoir）

水収支シミュレーションには、上記の貯水池への流入量および流出量の他に、貯水池における降水量および蒸発量を考慮した。

ここで、湖面面積（Water Surface Area）は、貯水位が満水位（Full Water Surface）FWS.1,390.60m にある場合とし、H-Q 曲線から算定した 14.96ha とした。

湖面への降水量 Rd

湖面への降水量（Rainfall）は、プロジェクト対象地区近傍に位置する Gahororo 観測所における基準年 1970 年の降水量を用いた。（前出「気象データ」参照。）

湖面からの蒸発量 Eo

湖面からの蒸発量（Evaporation）Eo は、CROPWAT08 を用いて求めた基準蒸発散量（Reference Evapotranspiration）ETo と作物係数（Crop Coefficient）kc より、以下のとおり算定した。

$$Eo = ETo \times Kc$$

ここで、作物係数は ”FAO Irrigation and Drainage Paper No.24: Crop Water Requirements” より、Kc=1.1 とした。

貯水池における降水量と蒸発量のバランス（Ev=Eo—Rd）を計算し、次表「貯水池における降水量と蒸発量」に取り纏めた。



**表 4-1-1-24 貯水池における降水量と蒸発量**  
(Balance between Rainfall and Evaporation on Reservoir)

**Evaporation from Water Surface of Reservoir (@ FWS)**

Crop Coefficient: kc =			1.1	Water Surface Area: A =		14.96	ha		(@ FWS.1,390.60m)	
Month	Decade	days	Provable Rainfall		Reference Evapotranspirati on ET <sub>o</sub> (mm/day)	Evaporation E <sub>o</sub> = ET <sub>o</sub> * kc (mm/decade)	Evaporation from Water Surface		Remarks	
			R <sub>m</sub> (mm/month)	R <sub>d</sub> (mm/decade)			E = E <sub>o</sub> - R <sub>d</sub> (mm/decade)	Ev = E * A (m <sup>3</sup> /decade)		
Jan.	1st.	10	188.2	60.7	4.01	44.1	-16.6	-2,485		
	2nd.	10		60.7		44.1	-16.6	-2,485		
	3rd.	11		66.8		48.5	-18.3	-2,735		
Feb.	1st.	10	70.7	25.3	4.20	46.2	21.0	3,134		
	2nd.	10		25.3		46.2	21.0	3,134		
	3rd.	8		20.2		37.0	16.8	2,513		
Mar.	1st.	10	91.8	29.6	3.93	43.2	13.6	2,033		
	2nd.	10		29.6		43.2	13.6	2,033		
	3rd.	11		32.6		47.6	15.0	2,248		
Apr.	1st.	10	152.6	50.9	3.38	37.2	-13.7	-2,045		
	2nd.	10		50.9		37.2	-13.7	-2,045		
	3rd.	10		50.9		37.2	-13.7	-2,045		
May	1st.	10	104.9	33.8	3.21	35.3	1.5	219		
	2nd.	10		33.8		35.3	1.5	219		
	3rd.	11		37.2		38.8	1.6	236		
Jun.	1st.	10	4.5	1.5	3.09	34.0	32.5	4,862		
	2nd.	10		1.5		34.0	32.5	4,862		
	3rd.	10		1.5		34.0	32.5	4,862		
Jul.	1st.	10	5.7	1.8	3.39	37.3	35.5	5,305		
	2nd.	10		1.8		37.3	35.5	5,305		
	3rd.	11		2.0		41.0	39.0	5,831		
Aug.	1st.	10	53.5	17.3	4.79	52.7	35.4	5,302		
	2nd.	10		17.3		52.7	35.4	5,302		
	3rd.	11		19.0		58.0	39.0	5,837		
Sep.	1st.	10	20.7	6.9	4.62	50.8	43.9	6,567		
	2nd.	10		6.9		50.8	43.9	6,567		
	3rd.	10		6.9		50.8	43.9	6,567		
Oct.	1st.	10	118.4	38.2	4.68	51.5	13.3	1,991		
	2nd.	10		38.2		51.5	13.3	1,991		
	3rd.	11		42.0		56.6	14.6	2,182		
Nov.	1st.	10	161.7	53.9	3.51	38.6	-15.3	-2,289		
	2nd.	10		53.9		38.6	-15.3	-2,289		
	3rd.	10		53.9		38.6	-15.3	-2,289		
Dec.	1st.	10	161.6	52.1	3.26	35.9	-16.2	-2,428		
	2nd.	10		52.1		35.9	-16.2	-2,428		
	3rd.	11		57.3		39.4	-17.9	-2,684		
Total / Average			1,134.3	1,134.3	3.84	1,541.1	407	60,855		

## Notes

- \*1) Provable Rainfall : 1970, Gahororo Station, Rurenge Sector, Ngoma District  
 \*2) Reference Evapotranspiration : Calculated from Climate Data (Temperature, Humidity, Wind Velocity, Sunshine Hours) by CROPWAT8  
 \*3) Climate Data / Min. Temp. : 1970, Gahororo Station, Rurenge Sector, Ngoma District  
 Max. Temp. : 1970 & 1974, Gahororo Station, Rurenge Sector, Ngoma District  
 Humidity : 1974, Kigali International Airport  
 Wind Velocity : 1974, Kigali International Airport  
 Sunshine : 1974, Kigali International Airport  
 \*4) Crop Coefficient : kc from water surface of 1.1 is applied based on FAO Irrigation and drainage paper No. 24.  
 \*5) Water Surface Area : 14.96 ha at Full Water Surface (FWS.) EL. 1,390.60 m is applied.

ii) 水収支シミュレーション結果

水収支シミュレーションの結果は次頁以降の「水収支シミュレーション結果」に示すとおりであるが、各ケースにおける必要貯水容量を整理すると下表のとおりとなる。

**表 4-1-1-25 必要貯水容量**

Wet Area Coefficient Kw (%)	Effective Dam Storage Volume (m <sup>3</sup> )		
	Maximum (1)	Minimum (2)	Balance / Required Storage Volume (3) = (1)-(2)
40	332,366	27,363	305,002
50	320,945	-25,592	346,538
60	309,525	-95,540	405,065
<b>70</b>	298,104	-165,487	<b>463,592</b>

以上より、本計画におけるダム貯水容量 (Effective Dam Storage Volume) は、灌水面積率がより厳しい条件下にある場合 (Kw=70%) を考慮し、

ダム貯水容量  $463,592\text{m}^3 \approx 45 \text{万 m}^3$

とする。

なお、この場合の設計取水量 (Design Discharge Volume) は以下のとおりとなる。

(後掲「表 設計取水量」参照。)

- ・ 設計取水量 (水田) :  $0.0577\text{m}^3/\text{sec}$
- ・ 設計取水量 (畑) :  $0.1760\text{m}^3/\text{sec}$



表 4-1-1-26 水収支シミュレーション結果 (Water Balance Study)

Case-1 : 灌水面積率 (Wet Area Coefficient) = 40%

Cropping Acreage

Crop		Area	
Rice Paddy		35 ha	13 %
Upland Cropping	Maize+Beans	140 ha	51 %
	Vegitable-1	20 ha	7 %
	Vegetable-2	40 ha	15 %
	Vegetable-3	20 ha	7 %
	Coffee	20 ha	7 %
	Sub-total	240 ha	87 %
Total		275 ha	100 %

Efficiencies

Description	Coefficient	Remarks
Irrigation	Rice Paddy 100 %	
Efficiency	Upland Cropping 85 %	= 95% (Conveyance: Lined Canal) * 90% (Field Application: Drip)
Wetting Area	Rice Paddy 100 %	"Surface Irrigation"
	Upland Cropping 40 %	"Micro Irrigation"

Reservoir

Description	EL & Volume	Remarks
Full Water Surface	EL. 1,390.60 m	FWS (Water Surface Area: 14.96 ha)
Dead Water Surface	EL. 1,386.50 m	DWS (Water Surface Area: 8.15 ha)
Bottom of Reservoir	EL. 1,380.00 m	ELbtm
Active Storage Capacity	450,000 m3	between FWS and DWS (H=4.10m)
Dead Water Volume	250,000 m3	between DWS and ELbtm (H=6.50m)

Results of Water Balance Study

Month	Decade	days	Inflow (m <sup>3</sup> )	Outflow (m <sup>3</sup> )					Balance between In & Outflow (m <sup>3</sup> )	Cumulative Storage Volume of Reservoir (m <sup>3</sup> )	Remarks
				Rice Supply Water	Upland Crop Irrigation Water Requirement †	Seepage Loss	Evaporation from W. Surface	Total			
			①	②	③	④	⑤	⑥=Σ②-⑤	⑦=①-⑥	⑧	
										0	
Jan.	1st.	10	25,360	469	0	13	-2,485	-2,003	27,363	27,363	Min.
	2nd.	10	72,709	469	0	36	-2,485	-1,980	74,689	102,053	
	3rd.	11	50,352	516	2,560	25	-2,735	366	49,986	152,039	
Feb.	1st.	10	28,891	6,228	3,432	14	3,134	12,808	16,083	168,122	
	2nd.	10	23,985	6,228	5,719	12	3,134	15,093	8,892	177,014	
	3rd.	8	13,807	4,982	2,130	7	2,513	9,632	4,175	181,188	
Mar.	1st.	10	15,623	854	3,598	8	2,033	6,493	9,130	190,318	
	2nd.	10	15,438	854	4,678	8	2,033	7,573	7,865	198,184	
	3rd.	11	22,011	939	6,748	11	2,248	9,946	12,065	210,248	
Apr.	1st.	10	16,119	658	2,133	8	-2,045	754	15,365	225,613	
	2nd.	10	16,074	658	0	8	-2,045	-1,379	17,453	243,066	
	3rd.	10	21,841	658	2,337	11	-2,045	961	20,880	263,946	
May	1st.	10	44,967	468	5,368	22	219	6,077	38,890	302,835	
	2nd.	10	37,214	468	6,977	19	219	7,684	29,530	332,366	Max.
	3rd.	11	19,666	515	20,424	10	236	21,185	-1,519	330,847	
Jun.	1st.	10	15,397	1,232	30,773	8	4,862	36,875	-21,478	309,369	
	2nd.	10	13,100	1,232	27,335	7	4,862	33,436	-20,336	289,033	
	3rd.	10	11,046	1,232	17,057	6	4,862	23,157	-12,111	276,922	
Jul.	1st.	10	9,062	895	9,424	5	5,305	15,629	-6,567	270,355	
	2nd.	10	7,129	895	5,195	4	5,305	11,399	-4,270	266,085	
	3rd.	11	6,174	984	5,515	3	5,831	12,334	-6,160	259,926	
Aug.	1st.	10	5,407	12,943	4,543	3	5,302	22,790	-17,383	242,542	
	2nd.	10	5,386	12,943	6,096	3	5,302	24,343	-18,957	223,585	
	3rd.	11	14,349	14,237	11,235	7	5,837	31,315	-16,966	206,619	
Sep.	1st.	10	5,593	30,117	17,998	3	6,567	54,685	-49,092	157,526	
	2nd.	10	5,323	30,117	25,164	3	6,567	61,851	-56,528	100,999	
	3rd.	10	5,299	30,117	19,476	3	6,567	56,163	-50,864	50,135	
Oct.	1st.	10	5,278	965	11,112	3	1,991	14,071	-8,793	41,342	
	2nd.	10	19,278	965	9,346	10	1,991	12,311	6,967	48,309	
	3rd.	11	12,710	1,061	13,415	6	2,182	16,664	-3,954	44,355	
Nov.	1st.	10	20,239	665	5,048	10	-2,289	3,434	16,805	61,160	
	2nd.	10	17,274	665	6	9	-2,289	-1,609	18,883	80,043	
	3rd.	10	16,078	665	0	8	-2,289	-1,616	17,694	97,737	
Dec.	1st.	10	24,303	455	0	12	-2,428	-1,961	26,264	124,002	
	2nd.	10	25,099	455	0	13	-2,428	-1,960	27,059	151,061	
	3rd.	11	41,603	500	144	21	-2,684	-2,019	43,622	194,683	
Total			709,184	168,299	284,988	359	60,855	514,501	194,683	-	
									Max. - Min. =	305,002	

Notes

- \*1) Seepage loss from dam body of 0.05 % of storage volume is assumed.
- \*2) Evaporation from water surface is estimated based on balance of rainfall and evaporation with kc of 1.1 from FAO Irrigation and Drainage Paper No.24. (See Table "Evaporation from Water Surface of Reservoir, Ngoma 22" for reference.)
- \*3) Water Supply for Rice Paddy: 168,299 m<sup>3</sup>/yr.
- \*4) Cumu. Storage Volume : Start at DWS.1,386.50m: 0 m<sup>3</sup> (Effective Dam Storage Volume)

表 4-1-1-27 水収支シミュレーション結果 (Water Balance Study)

Case-2 : 灌水面積率 (Wet Area Coefficient) = 50%

Cropping Acreage

Crop	Area	
Rice Paddy	35 ha	13 %
Maize+Beans	140 ha	51 %
Vegetable-1	20 ha	7 %
Vegetable-2	40 ha	15 %
Vegetable-3	20 ha	7 %
Coffee	20 ha	7 %
Sub-total	240 ha	87 %
Total	275 ha	100 %

Efficiencies

Description	Coefficient	Remarks
Irrigation Rice Paddy	100 %	
Efficiency Upland Cropping	85 %	= 95% (Conveyance: Lined Canal) * 90% (Field Application: Drip)
Wetting Rice Paddy	100 %	"Surface Irrigation"
Area Upland Cropping	50 %	"Micro Irrigation"

Reservoir

Description	EL. & Volume	Remarks
Full Water Surface	EL. 1,390.60 m	FWS (Water Surface Area: 14.96 ha)
Dead Water Surface	EL. 1,386.50 m	DWS (Water Surface Area: 8.15 ha)
Bottom of Reservoir	EL. 1,380.00 m	ELbtm
Active Storage Capacity	450,000 m3	between FWS and DWS (H=4.10m)
Dead Water Volume	250,000 m3	between DWS and ELbtm (H=6.50m)

Results of Water Balance Study

Month	Decade	days	Inflow (m <sup>3</sup> )	Outflow (m <sup>3</sup> )					Balance between In & Outflow (m <sup>3</sup> )	Cumulative Storage Volume of Reservoir (m <sup>3</sup> )	Remarks
				Rice Supply Water	Upland Crop Irrigation Water Requirement	Seepage Loss	Evaporation from W. Surface	Total			
			①	②	③	④	⑤	⑥=Σ②-⑤	⑦=①-⑥	⑧	
										0	
Jan.	1st.	10	25,360	469	0	13	-2,485	-2,003	27,363	27,363	
	2nd.	10	72,709	469	0	36	-2,485	-1,980	74,689	102,053	
	3rd.	11	50,352	516	3,200	25	-2,735	1,006	49,346	151,399	
Feb.	1st.	10	28,891	6,228	4,290	14	3,134	13,666	15,225	166,624	
	2nd.	10	23,985	6,228	7,149	12	3,134	16,523	7,462	174,086	
	3rd.	8	13,807	4,982	2,663	7	2,513	10,165	3,642	177,728	
Mar.	1st.	10	15,623	854	4,498	8	2,033	7,393	8,230	185,958	
	2nd.	10	15,438	854	5,847	8	2,033	8,742	6,696	192,654	
	3rd.	11	22,011	939	8,435	11	2,248	11,634	10,377	203,032	
Apr.	1st.	10	16,119	658	2,667	8	-2,045	1,288	14,831	217,863	
	2nd.	10	16,074	658	0	8	-2,045	-1,379	17,453	235,316	
	3rd.	10	21,841	658	2,922	11	-2,045	1,546	20,295	255,611	
May	1st.	10	44,967	468	6,710	22	219	7,419	37,548	293,159	
	2nd.	10	37,214	468	8,722	19	219	9,428	27,786	320,945	Max.
	3rd.	11	19,666	515	25,529	10	236	26,291	-6,625	314,321	
Jun.	1st.	10	15,397	1,232	38,467	8	4,862	44,568	-29,171	285,149	
	2nd.	10	13,100	1,232	34,169	7	4,862	40,269	-27,169	257,980	
	3rd.	10	11,046	1,232	21,322	6	4,862	27,421	-16,375	241,605	
Jul.	1st.	10	9,062	895	11,780	5	5,305	17,985	-8,923	232,682	
	2nd.	10	7,129	895	6,494	4	5,305	12,698	-5,569	227,113	
	3rd.	11	6,174	984	6,894	3	5,831	13,712	-7,538	219,574	
Aug.	1st.	10	5,407	12,943	5,678	3	5,302	23,926	-18,519	201,055	
	2nd.	10	5,386	12,943	7,620	3	5,302	25,867	-20,481	180,574	
	3rd.	11	14,349	14,237	14,043	7	5,837	34,124	-19,775	160,799	
Sep.	1st.	10	5,593	30,117	22,498	3	6,567	59,185	-53,592	107,207	
	2nd.	10	5,323	30,117	31,455	3	6,567	68,142	-62,819	44,389	
	3rd.	10	5,299	30,117	24,345	3	6,567	61,032	-55,733	-11,344	
Oct.	1st.	10	5,278	965	13,890	3	1,991	16,849	-11,571	-22,915	
	2nd.	10	19,278	965	11,682	10	1,991	14,648	4,630	-18,285	
	3rd.	11	12,710	1,061	16,769	6	2,182	20,018	-7,308	-25,592	Min.
Nov.	1st.	10	20,239	665	6,310	10	-2,289	4,696	15,543	-10,049	
	2nd.	10	17,274	665	8	9	-2,289	-1,607	18,881	8,832	
	3rd.	10	16,078	665	0	8	-2,289	-1,616	17,694	26,526	
Dec.	1st.	10	24,303	455	0	12	-2,428	-1,961	26,264	52,791	
	2nd.	10	25,099	455	0	13	-2,428	-1,960	27,059	79,850	
	3rd.	11	41,603	500	180	21	-2,684	-1,983	43,586	123,436	
Total			709,184	168,299	356,235	359	60,855	585,748	123,436	-	
									Max. - Min. =	346,538	

Notes

\*1) Seepage loss from dam body of 0.05 % of storage volume is assumed.

\*2) Evaporation from water surface is estimated based on balance of rainfall and evaporation with kc of 1.1 from FAO Irrigation and Drainage Paper No.24. (See Table "Evaporation from Water Surface of Reservoir, Ngoma 22" for reference.)

\*3) Water Supply for Rice Paddy 

168,299	m3/yr.
---------	--------

\*4) Cumu. Storage Volume : Start at DWS.1,386.50m 

0	m3
---	----

 (Effective Dam Storage Volume)

表 4-1-1-28 水収支シミュレーション結果 (Water Balance Study)

Case-3 : 灌水面積率 (Wet Area Coefficient) = 60%

## Cropping Acreage

Crop		Area	
Upland Cropping	Rice Paddy	35 ha	13 %
	Maize+Beans	140 ha	51 %
	Vegetable-1	20 ha	7 %
	Vegetable-2	40 ha	15 %
	Vegetable-3	20 ha	7 %
	Coffee	20 ha	7 %
Sub-total		240 ha	87 %
Total		275 ha	100 %

## Efficiencies

Description	Coefficient	Remarks
Irrigation	Rice Paddy	100 %
Efficiency	Upland Cropping	85 % = 95% (Conveyance: Lined Canal) * 90% (Field Application: Drip)
Wetting Area	Rice Paddy	100 % "Surface Irrigation"
	Upland Cropping	<b>60 %</b> "Micro Irrigation"

## Reservoir

Description	EL & Volume	Remarks
Full Water Surface	EL. 1,390.60 m	FWS (Water Surface Area: 14.96 ha)
Dead Water Surface	EL. 1,386.50 m	DWS (Water Surface Area: 8.15 ha)
Bottom of Reservoir	EL. 1,380.00 m	ELbtm
Active Storage Capacity	450,000 m <sup>3</sup>	between FWS and DWS (H=4.10m)
Dead Water Volume	250,000 m <sup>3</sup>	between DWS and ELbtm (H=6.50m)

## Results of Water Balance Study

Month	Decade	days	Inflow (m <sup>3</sup> )	Outflow (m <sup>3</sup> )					Balance between In & Outflow (m <sup>3</sup> )	Cumulative Storage Volume of Reservoir (m <sup>3</sup> )	Remarks
				Rice Supply Water	Upland Crop Irrigation Water Requirement	Seepage Loss	Evaporation from W. Surface	Total			
			①	②	③	④	⑤	⑥=Σ(②-⑤)	⑦=①-⑥	⑧	
										0	
Jan.	1st.	10	25,360	469	0	13	-2,485	-2,003	27,363	27,363	
	2nd.	10	72,709	469	0	36	-2,485	-1,980	74,689	102,053	
	3rd.	11	50,352	516	3,840	25	-2,735	1,646	48,706	150,759	
Feb.	1st.	10	28,891	6,228	5,148	14	3,134	14,524	14,367	165,126	
	2nd.	10	23,985	6,228	8,579	12	3,134	17,953	6,032	171,158	
	3rd.	8	13,807	4,982	3,195	7	2,513	10,698	3,109	174,268	
Mar.	1st.	10	15,623	854	5,398	8	2,033	8,293	7,330	181,598	
	2nd.	10	15,438	854	7,016	8	2,033	9,911	5,527	187,125	
	3rd.	11	22,011	939	10,122	11	2,248	13,321	8,690	195,815	
Apr.	1st.	10	16,119	658	3,200	8	-2,045	1,821	14,298	210,113	
	2nd.	10	16,074	658	0	8	-2,045	-1,379	17,453	227,566	
	3rd.	10	21,841	658	3,506	11	-2,045	2,130	19,711	247,277	
May	1st.	10	44,967	468	8,052	22	219	8,761	36,206	283,483	
	2nd.	10	37,214	468	10,466	19	219	11,172	26,042	<b>309,525</b>	Max.
	3rd.	11	19,666	515	30,635	10	236	31,397	-11,731	297,794	
Jun.	1st.	10	15,397	1,232	46,160	8	4,862	52,262	-36,865	260,930	
	2nd.	10	13,100	1,232	41,002	7	4,862	47,103	-34,003	226,927	
	3rd.	10	11,046	1,232	25,586	6	4,862	31,686	-20,640	206,287	
Jul.	1st.	10	9,062	895	14,136	5	5,305	20,341	-11,279	195,008	
	2nd.	10	7,129	895	7,793	4	5,305	13,997	-6,868	188,140	
	3rd.	11	6,174	984	8,273	3	5,831	15,091	-8,917	179,223	
Aug.	1st.	10	5,407	12,943	6,814	3	5,302	25,062	-19,655	159,568	
	2nd.	10	5,386	12,943	9,144	3	5,302	27,391	-22,005	137,563	
	3rd.	11	14,349	14,237	16,852	7	5,837	36,933	-22,584	114,979	
Sep.	1st.	10	5,593	30,117	26,998	3	6,567	63,684	-58,091	56,888	
	2nd.	10	5,323	30,117	37,746	3	6,567	74,433	-69,110	-12,222	
	3rd.	10	5,299	30,117	29,214	3	6,567	65,901	-60,602	-72,823	
Oct.	1st.	10	5,278	965	16,668	3	1,991	19,627	-14,349	-87,172	
	2nd.	10	19,278	965	14,019	10	1,991	16,984	2,294	-84,878	
	3rd.	11	12,710	1,061	20,122	6	2,182	23,371	-10,661	<b>-95,540</b>	Min.
Nov.	1st.	10	20,239	665	7,572	10	-2,289	5,958	14,281	-81,258	
	2nd.	10	17,274	665	9	9	-2,289	-1,606	18,880	-62,379	
	3rd.	10	16,078	665	0	8	-2,289	-1,616	17,694	-44,685	
Dec.	1st.	10	24,303	455	0	12	-2,428	-1,961	26,264	-18,420	
	2nd.	10	25,099	455	0	13	-2,428	-1,960	27,059	8,639	
	3rd.	11	41,603	500	216	21	-2,684	-1,947	43,550	52,189	
Total			<b>709,184</b>	168,299	427,482	359	60,855	<b>656,995</b>	52,189	-	

## Notes

\*1) Seepage loss from dam body of 0.05 % of storage volume is assumed.

\*2) Evaporation from water surface is estimated based on balance of rainfall and evaporation with kc of 1.1 from FAO Irrigation and Drainage Paper No.24. (See Table "Evaporation from Water Surface of Reservoir, Ngoma 22" for reference.)

\*3) Water Supply for Rice Paddy

168,299 m<sup>3</sup>/yr.

\*4) Cumu. Storage Volume : Start at DWS.1,386.50m

0 m<sup>3</sup>

(Effective Dam Storage Volume)

Max. - Min. = 405,065

表 4-1-1-29 水収支シミュレーション結果 (Water Balance Study)

Case-4 : 灌水面積率 (Wet Area Coefficient) = 70%

Cropping Acreage

Crop		Area	
Upland Cropping	Rice Paddy	35 ha	13 %
	Maize+Beans	140 ha	51 %
	Vegetable-1	20 ha	7 %
	Vegetable-2	40 ha	15 %
	Vegetable-3	20 ha	7 %
	Coffee	20 ha	7 %
	Sub-total	240 ha	87 %
Total	275 ha	100 %	

Efficiencies

Description		Coefficient	Remarks
Irrigation	Rice Paddy	100 %	
	Upland Cropping	85 %	= 95% (Conveyance: Lined Canal) * 90% (Field Application: Drip)
Wetting Area	Rice Paddy	100 %	"Surface Irrigation"
	Upland Cropping	70 %	"Micro Irrigation"

Reservoir

Description	EL & Volume	Remarks
Full Water Surface	EL. 1,390.60 m	FWS (Water Surface Area: 14.96 ha)
Dead Water Surface	EL. 1,386.50 m	DWS (Water Surface Area: 8.15 ha)
Bottom of Reservoir	EL. 1,380.00 m	ELbtm
Active Storage Capacity	450,000 m3	between FWS and DWS (H=4.10m)
Dead Water Volume	250,000 m3	between DWS and ELbtm (H=6.50m)

Results of Water Balance Study

Month	Decade	days	Inflow (m <sup>3</sup> )	Outflow (m <sup>3</sup> )			Balance between In & Outflow (m <sup>3</sup> )	Cumulative Storage Volume of Reservoir (m <sup>3</sup> )	Remarks		
				Rice Supply Water	Upland Crop Irrigation Water Requirement	Seepage Loss				Evaporation from W. Surface	Total
			①	②	③	④	⑤	⑥=Σ②-⑤	⑦=①-⑥	⑧	
										0	
Jan.	1st.	10	25,360	469	0	13	-2,485	-2,003	27,363	27,363	
	2nd.	10	72,709	469	0	36	-2,485	-1,980	74,689	102,053	
	3rd.	11	50,352	516	4,480	25	-2,735	2,286	48,066	150,119	
Feb.	1st.	10	28,891	6,228	6,006	14	3,134	15,382	13,509	163,628	
	2nd.	10	23,985	6,228	10,009	12	3,134	19,382	4,603	168,230	
	3rd.	8	13,807	4,982	3,728	7	2,513	11,230	2,577	170,807	
Mar.	1st.	10	15,623	854	6,297	8	2,033	9,192	6,431	177,238	
	2nd.	10	15,438	854	8,186	8	2,033	11,081	4,357	181,595	
	3rd.	11	22,011	939	11,809	11	2,248	15,008	7,003	188,599	
Apr.	1st.	10	16,119	658	3,733	8	-2,045	2,354	13,765	202,363	
	2nd.	10	16,074	658	0	8	-2,045	-1,379	17,453	219,816	
	3rd.	10	21,841	658	4,090	11	-2,045	2,714	19,127	238,943	
May	1st.	10	44,967	468	9,394	22	219	10,103	34,864	273,807	
	2nd.	10	37,214	468	12,210	19	219	12,917	24,297	298,104	Max.
	3rd.	11	19,666	515	35,741	10	236	36,502	-16,836	281,268	
Jun.	1st.	10	15,397	1,232	53,853	8	4,862	59,955	-44,558	236,710	
	2nd.	10	13,100	1,232	47,836	7	4,862	53,937	-40,837	195,873	
	3rd.	10	11,046	1,232	29,850	6	4,862	35,950	-24,904	170,969	
Jul.	1st.	10	9,062	895	16,493	5	5,305	22,697	-13,635	157,334	
	2nd.	10	7,129	895	9,092	4	5,305	15,296	-8,167	149,167	
	3rd.	11	6,174	984	9,652	3	5,831	16,470	-10,296	138,871	
Aug.	1st.	10	5,407	12,943	7,950	3	5,302	26,197	-20,790	118,081	
	2nd.	10	5,386	12,943	10,667	3	5,302	28,915	-23,529	94,552	
	3rd.	11	14,349	14,237	19,660	7	5,837	39,741	-25,392	69,160	
Sep.	1st.	10	5,593	30,117	31,497	3	6,567	68,184	-62,591	6,569	
	2nd.	10	5,323	30,117	44,037	3	6,567	80,724	-75,401	-68,832	
	3rd.	10	5,299	30,117	34,083	3	6,567	70,770	-65,471	-134,303	
Oct.	1st.	10	5,278	965	19,446	3	1,991	22,405	-17,127	-151,429	
	2nd.	10	19,278	965	16,355	10	1,991	19,321	-43	-151,472	
	3rd.	11	12,710	1,061	23,476	6	2,182	26,725	-14,015	-165,487	Min.
Nov.	1st.	10	20,239	665	8,834	10	-2,289	7,220	13,019	-152,468	
	2nd.	10	17,274	665	11	9	-2,289	-1,604	18,878	-133,590	
	3rd.	10	16,078	665	0	8	-2,289	-1,616	17,694	-115,896	
Dec.	1st.	10	24,303	455	0	12	-2,428	-1,961	26,264	-89,631	
	2nd.	10	25,099	455	0	13	-2,428	-1,960	27,059	-62,572	
	3rd.	11	41,603	500	253	21	-2,684	-1,910	43,513	-19,058	
Total			709,184	168,299	498,729	359	60,855	728,242	-19,058	-	
									Max. - Min. =	463,592	

Notes

- \*1) Seepage loss from dam body of 0.05 % of storage volume is assumed.
- \*2) Evaporation from water surface is estimated based on balance of rainfall and evaporation with kc of 1.1 from FAO Irrigation and Drainage Paper No.24. (See Table "Evaporation from Water Surface of Reservoir, Ngoma 22" for reference.)
- \*3) Water Supply for Rice Paddy: 168,299 m3/yr.
- \*4) Cumu. Storage Volume : Start at DWS.1,386.50m: 0 m3 (Effective Dam Storage Volume)

表 4-1-1-30 設計取水量 (Design Discharge Volume)

## Discharge Volume

## Cropping Acreage

Crop		Area	
Rice Paddy		35	13%
Upland Cropping	Maize+Beans	140	51%
	Vegetable-1	20	7%
	Vegetable-2	40	15%
	Vegetable-3	20	7%
	Coffee	20	7%
	Sub-total	240	87%
Total		275	100%

## Operation Hours

Crop	Operation Hours	Remarks
Rice Paddy	24 hrs	
Upland Cropping	8.5 hrs	

## Efficiencies

Description	Coefficient	Remarks
Irrigation Rice Paddy	100 %	-
Efficiency Upland Cropping	85 %	-
Wetting Area Rice Paddy	100 %	"Surface Irrigation"
Coefficient Upland Cropping	70 %	"Micro Irrigation"

## Design Discharge

Month	Decade	Days	Rice Paddy		Upland Cropping		Grand Total		Remarks
			GIWR (m <sup>3</sup> /dec)	Discharge Volume (m <sup>3</sup> /sec)	GIWR (m <sup>3</sup> /dec)	Discharge Volume (m <sup>3</sup> /sec)	GIWR (m <sup>3</sup> /dec)	Discharge Volume (m <sup>3</sup> /sec)	
Jan.	1st.	10	152	0.0002	0	0.0000	152	0.0002	
		2nd.	11,853	0.0137	0	0.0000	11,853	0.0137	
		3rd.	34,883	0.0367	4,480	0.0133	39,363	0.0500	
Feb.	1st.	10	40,927	0.0474	6,006	0.0196	46,933	0.0670	
		2nd.	32,270	0.0373	10,009	0.0327	42,279	0.0701	
		3rd.	5,670	0.0082	3,728	0.0152	9,398	0.0234	
Mar.	1st.	10	7,233	0.0084	6,297	0.0206	13,531	0.0290	
		2nd.	6,615	0.0077	8,186	0.0268	14,801	0.0344	
		3rd.	6,218	0.0065	11,809	0.0351	18,028	0.0416	
Apr.	1st.	10	2,042	0.0024	3,733	0.0122	5,775	0.0146	
		2nd.	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	
		3rd.	1,120	0.0013	4,090	0.0134	5,210	0.0147	
May	1st.	10	2,100	0.0024	9,394	0.0307	11,494	0.0331	
		2nd.	2,648	0.0031	12,210	0.0399	14,859	0.0430	
		3rd.	7,152	0.0075	35,741	0.1062	42,893	0.1137	
Jun.	1st.	10	11,107	0.0129	53,853	<b>0.1760</b>	64,960	0.1888	
		2nd.	11,515	0.0133	47,836	0.1563	59,351	0.1697	
		3rd.	7,502	0.0087	29,850	0.0975	37,352	0.1062	
Jul.	1st.	10	3,593	0.0042	16,493	0.0539	20,086	0.0581	
		2nd.	0	0.0000	9,092	0.0297	9,092	0.0297	
		3rd.	0	0.0000	9,652	0.0287	9,652	0.0287	
Aug.	1st.	10	0	0.0000	7,950	0.0260	7,950	0.0260	
		2nd.	15,132	0.0175	10,667	0.0349	25,799	0.0524	
		3rd.	43,108	0.0454	19,660	0.0584	62,769	0.1038	
Sep.	1st.	10	49,525	<b>0.0573</b>	31,497	0.1029	81,022	0.1603	
		2nd.	39,282	0.0455	44,037	0.1439	83,319	<b>0.1894</b>	
		3rd.	13,755	0.0159	34,083	0.1114	47,838	0.1273	
Oct.	1st.	10	9,508	0.0110	19,446	0.0635	28,955	0.0746	
		2nd.	6,837	0.0079	16,355	0.0534	23,192	0.0614	
		3rd.	6,813	0.0072	23,476	0.0697	30,289	0.0769	
Nov.	1st.	10	2,788	0.0032	8,834	0.0289	11,622	0.0321	
		2nd.	245	0.0003	11	0.0000	256	0.0003	
		3rd.	280	0.0003	0	0.0000	280	0.0003	
Dec.	1st.	10	303	0.0004	0	0.0000	303	0.0004	
		2nd.	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	
		3rd.	1,750	0.0018	253	0.0008	2,003	0.0026	
Annual			383,926.7	-	498,729.4	-	882,656.1	-	-
Maximum			49,525.0	<b>0.0573</b>	53,853.3	<b>0.1760</b>	83,318.5	<b>0.1894</b>	-

## Notes

\*1) GIWR (m<sup>3</sup>/dec) : Gross Irrigation Water Requirement\*2) Discharge Volume (m<sup>3</sup>/sec) = GIWR (m<sup>3</sup>/dec) / dec (days) / (3,600 (sec/hr) \* Operation Hours (hrs) )

### 4-1-2. 施設計画調査

#### (1) 施設計画基礎調査

##### (a) 基礎地盤の透水性調査

基礎地盤の透水性を、テストピット内での現場透水試験により評価する。テストピットの位置、掘削形状は下図のとおりである。現場透水試験孔は、各棚に2孔、計6孔を設けた。

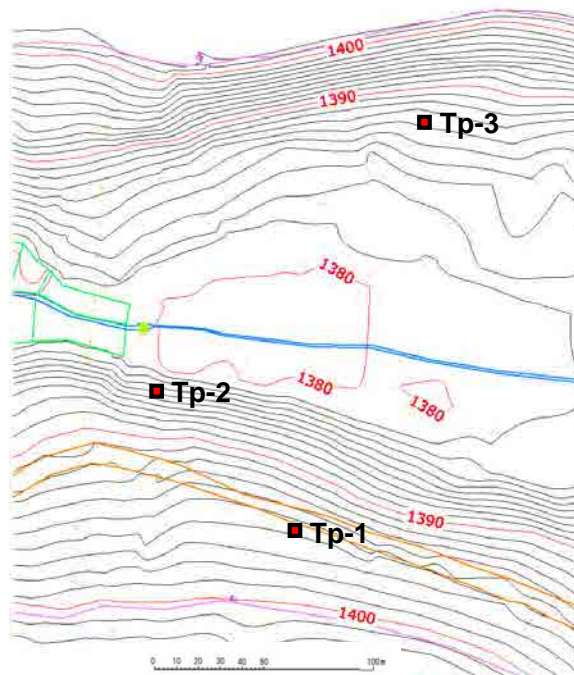


図 4-1-2-1 テストピット位置図

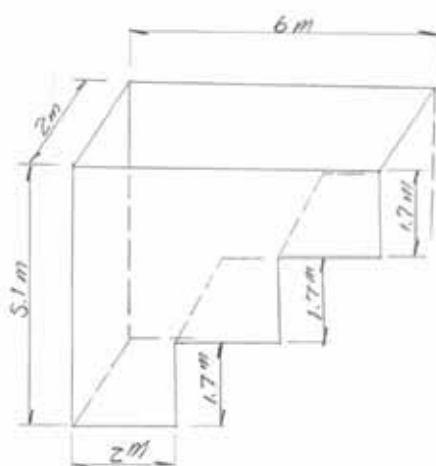


図 4-1-2-2 テストピット模式図（掘削形状）



## i) テストピット No.1

深度 5.1m の間の孔壁は、均質な赤褐色の砂質粘土から成る。現場含水比はほぼ最適含水比状態にあり、築堤材料—不透水性材料—としての適合性が高い。掘削土は 2mm～5mm 程度の軟質亜角礫を含む。亜角礫は時に銀色の鱗片を呈するので起源は粘板岩と考えられる。

現場透水試験結果は以下のとおりとなり、本層は、透水係数が  $k=n \times 10^{-3} \sim n \times 10^{-4}$  オーダーの透水性～半透水性地盤であると評価される。この試験結果は、インテイクレイト試験での高い浸透強度と整合している。2009 年度のボーリング孔内透水試験で不透水性～難透水性を示す結果となっているのは、無水削孔による孔壁の焼きつきの影響によるものと推測される。



表 4-1-2-1 現場透水試験結果(TP-1)

		$\phi$ (cm)	r (cm)	H (cm)	H/r	Q (cm <sup>3</sup> )	time (sec)	Permeability coefficient
TP-1	No.1	20	10	20	2	300	27	$3.6 \times 10^{-3}$ cm/sec
	No.2	20	10	20	2	300	3	$3.3 \times 10^{-2}$ cm/sec
	No.3	22	11	22	2	221	258	$2.3 \times 10^{-4}$ cm/sec
	No.4	20	10	23	2.3	300	25.7	$3.2 \times 10^{-3}$ cm/sec
	No.5	20	10	22	2.2	300	103	$8.5 \times 10^{-4}$ cm/sec
	No.6	20	10	23	2.3	300	80	$1.0 \times 10^{-3}$ cm/sec

$$k = \frac{Q}{2\pi h^2} \left[ \ln \left\{ \frac{h}{r_0} + \left( \frac{h^2}{r_0^2} + 1 \right)^{1/2} \right\} - \left( \frac{r_0^2}{h^2} + 1 \right)^{1/2} + \frac{r_0}{h} \right]$$

ここに、Q：定常流量 (cm<sup>3</sup>/s)

h：試験孔内水深 (cm)

r<sub>0</sub>：試験孔の半径 (cm)

ピット法現場透水試験・透水係数評価式；

(出典： 農林水産省 設計基準 ダム )

ii) テストピット No.2

本孔は左岸アバットの斜面上に設けたが、掘削深度 1.7m で孔内に地下水が浸出し掘削不能となった。土層の色調は明黄褐色を呈するが、粒度組成は No.1 孔と同様で土質分類は砂質粘土となる。地下水位面よりも上で行った透水試験結果は以下のとおりであるが、No.1 と同様に土層の透水性は高い。

なお、本孔で確認されたアバット部での高い地下水位は、ダム基礎地盤を通る浸透およびアバット部を通る迂回浸透を抑制する上で有効に働くことが期待される。



表 4-1-2-2 現場透水試験結果(TP-2)

		φ(cm)	r(cm)	H(cm)	H/r	Q(cm <sup>3</sup> )	time(sec)	Permeability coefficient
TP-2	No.1	20	10	24	2.4	300	32	$2.2 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$
	No.2	19	9.5	20	2.11	300	24	$4.3 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$

iii) テストピット No.3

本孔は右岸アバットの斜面上に掘削したものであるが、深度 3.6m に達したところで粘板岩の強風化帯が出現した。岩質は軟らかく、人力でさらに 4m まで掘削した。層理面は密着しているが、現場透水試験結果では半透水性となる値を示している。完全に風化した土層部の透水性は、右岸の No.1 と同様である。



風化岩部分表面



表 4-1-2-3 現場透水試験結果(TP-3)

		$\phi$ (cm)	r(cm)	H(cm)	H/r	Q(cm <sup>3</sup> )	time(sec)	Permeability coefficient
TP-3	No.1	20	10	20	2	300	8	$1.2 \times 10^{-2}$ cm/sec
	No.2	20	10	20	2	300	10	$1.0 \times 10^{-2}$ cm/sec
	No.3	20	10	21	2.1	300	64	$1.4 \times 10^{-3}$ cm/sec
	No.4	20	10	24	2.4	300	59	$1.3 \times 10^{-3}$ cm/sec
	No.5	20	10	22	2.2	300	795.6	$1.1 \times 10^{-4}$ cm/sec
	No.6	20	10	23	2.3	300	804	$1.0 \times 10^{-4}$ cm/sec

## (b) 崖垂調査

ダムサイトアバット部でのテストピット掘削では、テストピット上位部に崖垂堆積物の被覆層は出現していない。従って、将来の貯水池敷きとなる地山斜面は、粘板岩の原位置風化層に被覆されているものと考えられる。原位置風化層は、一般の堆積層に見られる成層構造を持っておらず、力学的には安定しているので、湛水に伴う地滑りの懸念はない。

なお、貯水池周辺での崖垂堆積層として唯一観察できるのは、左岸道路の丘陵側切り土法面に見られるものである。切り土面の下位が粘板岩強風化層で層理面を残すシルト層から成るのに対し、その上面を被覆する土層は角礫を多く含有し、層相がまったく異なる。この上位層が崖垂堆積層と考えられるが、下位層上面の起伏にあわせて層厚が 1m~0m 程度の間で変化している。

また、ダム軸上右岸アバット斜面の等高線沿い雨水流下遮断工断面を観察したが、基盤岩の原位置風化土層が表層有機質土の下位に現れており、崖垂堆積層は存在しない。



右岸アバット斜面上の雨水流下遮断工



左岸上流改修道路切り土面に現れた崖垂堆積層

(c) ソーラー揚水導入の可能性についての検討

i) ソーラー揚水ポンプの状況

近年、ソーラー発電器機の性能向上に伴い、ソーラー発電システムと揚水ポンプを一体化したソーラー揚水ポンプが市場に登場し、販路を広げている。インターネットを検索して得られたものを以下に示す。

**【ソーラーマリンポンプ Type1】**  
 特別価格 ¥120,762 (税込 ¥128,800)  
 数量 1 個 | 買い物かご



ソーラーポンプのパワフルバージョンです。  
 湧水でも利用いただけます。もちろん、湧水でも可能です。  
 大型のソーラーパネルと強力なポンプで、湧水、循環システム、井戸の汲み上げ、農業用、マリーナなどにもご利用できます。  
 ソーラーポンプに必要な物は全て入っています。  
 ポンプ側の配管は継手加工済みです。ソーラーパネル側は、お客様が好きな長さになる様、加工しておりませんので使う場合に合わせて長さを調整して下さい。3分くらいで完了します。  
 最高毎分6リットル程度の水を噴き上げます。

ケーブル付き  
 継手加工済み  
 定格消費電力 約34W  
 入力電圧 12V  
 最大出力 約20W  
 最大電圧 16V  
 最大電流 1.25A  
 最大電圧 16V  
 最大電流 1.25A

＜セット内容＞  
 ● ソーラーパネル 85W × 2枚

**サンパワーポンプ** 公衆用の本格的なソーラーポンプ

サンポンプSDSシリーズは、厳しい環境でも長く対応できるように、分解清掃も簡単にできるようにしており、本体は真鍮およびステンレスからなっております。ダイアフラムポンプ形式を採用し、12Vから30Vまでの広い電圧で動作(最小35ワットから動作)します。  
 当社では消費電力が少なく揚程の高い小型のSDS-R-128、揚程が低いが排水量が多いSDS-Q-128を扱っております。バッテリーは使用せず日があたる時のみ動作します。

**サンパワーポンプ**

SDS-R-128(写真左)

- サイズ 直径96mm 高さ274mm
- 重量 6.4kg
- 30V時 7.5L/min 最高揚程30m 電力55W

SDS-Q-128(写真右)

- サイズ 直径114mm 高さ311mm
- 重量 7.0kg
- 30V時 14L/min 最高揚程30m 電力110W

ポンプコントローラー PCA 30-MD

- Sunpumps PCAシリーズポンプコントローラーは、マイクロプロセッサによって制御された DSPコンバーターで、DCポンプと太陽電池等の電圧の間のインタフェースとして設計されています。PCシリーズポンプコントローラーの主な目的は、電圧と電流にポンプのための保護を提供している間、毎日の水量を最大にすることです。ポンプコントローラーの特徴は、少ない日光状態においても本物のモジュールを生かし、最適な動作点を確保することにより、親から読まで耐陰性により長いポンプ稼働を可能とします。
- PCシリーズコントローラーは、ポンプ速度制御回路、リモートスイッチ回路、低水位の停止回路、電子回路ブレーカー、およびインディケータライトを備えています。



ソーラーポンプシステム(太陽発電・電動揚水ポンプ、海外限定)	
案件番号	1114473
ビジネスタイプ	商品・部品の輸出入
交流希望形態	商品・部品を売りたい
分類	2601 農業用機械・同部品 8500 省エネ技術 4300 電気・ガス・熱供給・水道事業
登録国 / 地域	日本 大阪府
登録日	Oct 16, 2009
更新日	Oct 08, 2010
内容	ソーラーポンプシステム(太陽発電・電動揚水ポンプ、海外限定)
<p>《内容》</p> <p>太陽発電と電動ポンプを組み合わせた、画期的な自動揚水システムです。商業電源がない漏水地域などに最適で、井戸から水を汲み上げる重労働から解放されます。また、100%自然エネルギーを活用するので、設置後はランニングコストは殆どかかりません。</p> <p>8メートル程度の浅井戸なら毎分32リットル、24メートル程度の深井戸なら毎分10リットルの水を汲みあげます。全く日照がない場合、1日1200リットルを使うとすると約3日間は稼働します。</p>	

# PS4000 C

## Solar-operated Submersible Pump System

### Characteristics

- flow rate up to 70 m<sup>3</sup>/h
- lift up to 170m
- maintenance-free
- excellent efficiency thanks to modern brushless DC motor technology

### Application

- drinking water supply
- livestock watering
- pond management
- irrigation
- etc.

### Components

#### Controller PS4000

- controlling of the pump system and monitoring of the operating states
- mounted at surface (no electronic parts submerged)
- two control inputs for well probe (dry running protection), float or pressure switches, remote control etc.
- automatic reset 20minutes after well probe turns pump off
- protected against reverse polarity, overload and high temperature
- speed control, max. pump speed adjustable to reduce flow rate to c. 30%
- solar operation: integrated MPPT (Maximum Power Point Tracking), Voc = 375VDC, Vmp > 238VDC
- battery operation: low voltage disconnect and restart after battery has recovered
- max. efficiency 92% (motor + controller)
- enclosure IP 54 (sealed, weatherproof)
- ambient temperatures: -30 to +40° C -20 to +115° F

#### Motor ECDRIVE4000C

- 2-pole, synchronous brushless DC motor
- high life expectancy, electronically commutated, sensorless
- voltage: max. 240VDC (electronically commutated)
- power: 3.5kW/4.6HP, nmax = 3,300 RPM

- no electronics inside motor
- water filled
- IP68, pressure balanced, max. submersion 250m
- water lubricated dynamic slide bearings, material carbon/ceramic
- raw earth magnets, sealed in stainless steel and encapsulated in synthetic resin
- unlimited number of starts/stops per hour
- wetted material: stainless steel (AISI316), FOM rubber, cable drinking water approved
- max. water temperature: 40° C/105° F

#### Pump End (PE)

- centrifugal multistage direct-coupled pump end
- non-return valve
- material: stainless steel (AISI304), rubber
- dry running protection (optional)
- max. sand content: 50g/m<sup>3</sup>, a higher content will wear the pump and reduce its life span considerably
- max. salt content: 300-500ppm at max 30° C/85° F higher salt contents require lower water temperatures
- pH value: 6-9
- high life expectancy

Motor and controller can only operate as unit. The motor cannot be operated without controller or with a different controller.



ii) ソーラー揚水ポンプの能力

上記各カタログのポンプ能力は、毎秒 1ℓ 以下と小さく、本事業での採用対象にはなりえないが、海外メーカーのものには、以下に示すような高能力のものがある。

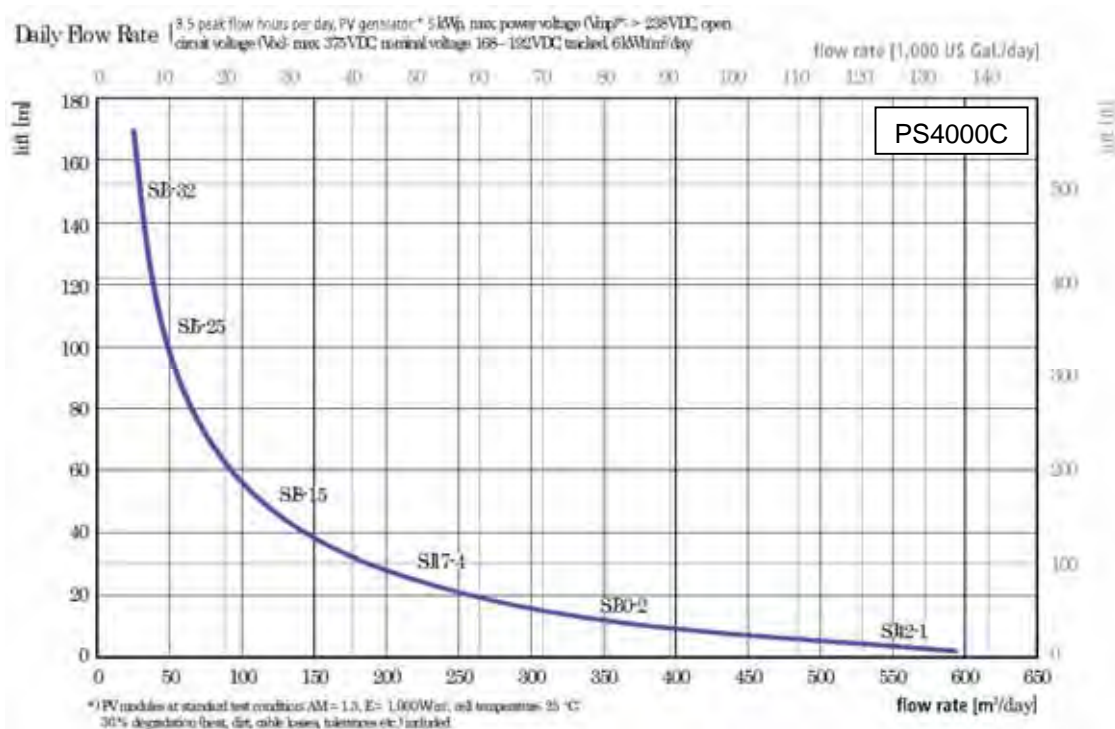


図 4-1-2-3 ソーラー揚水ポンプの能力

上記の PS4000C は、一体型ポンプについて現時点で得ている情報の中では最大のものである。これについての用水能力は次のように考えられる。

揚程 20m とすると、日 8.5 時間ピーク稼働で約 250m<sup>3</sup>/day=250m<sup>3</sup>/8.5hour=8.16ℓ /sec、ポンプ出力がソーラー発電能力に比例すると考えると、次項より晴天時の平均出力はピーク出力の 80%となる。よって晴天時・揚程 20m の時のポンプ能力は、250m<sup>3</sup>/day×0.8=200m<sup>3</sup>/day、8.16 ℓ /sec×0.8=6ℓ /sec と評価される。また、次項より曇天時の能力をこの 70%と評価すると、曇天時能力は 200m<sup>3</sup>/day×0.7=140m<sup>3</sup>/day、8.16 ℓ /sec×0.8×0.7=4.5ℓ /sec となる。

気象データによれば、一日の最長日照時間がほぼ 10 時間であるのに対し、年間の平均日照時間は 5.5 時間である。降雨のあった日を雨天として除外すると、曇天日及び晴天日が 302 日となるが、これを単純化して 55%が晴天日、45%が曇天日とする。平均的な能力は

$$(200\text{m}^3/\text{day} \times 55 + 140\text{m}^3/\text{day} \times 45) / 100 \approx 170\text{m}^3/\text{day}$$

$$(8.16\ell / \text{sec} \times 0.8 \times 55 + 8.16\ell / \text{sec} \times 0.8 \times 0.7 \times 45) / 100 = 5.6\ell / \text{sec}$$

と評価される。



iii) ソーラー揚水ポンプの特徴

揚水能力がソーラー発電能力に支配されることが特徴である。ソーラー発電能力は、太陽光の地表面への入射角（空气中を光が進む距離が長くなれば、光が散乱されることにより発電能力が落ちる。）等の影響で(図 4-1-2-4)のように変化する。

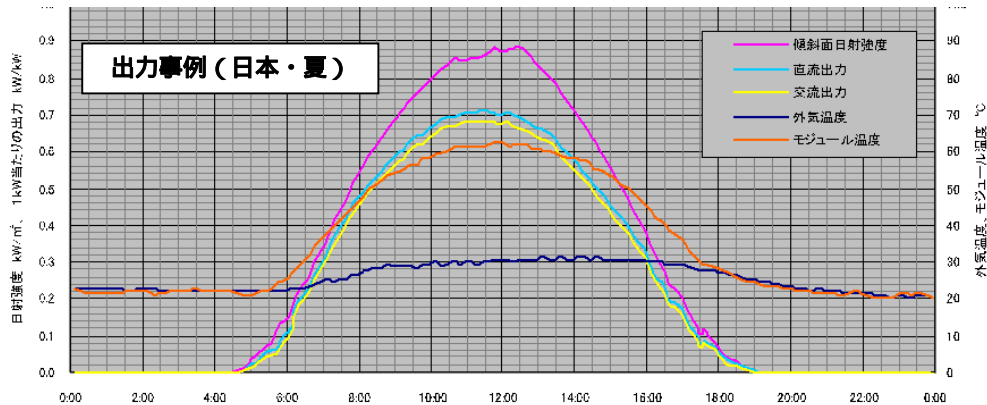
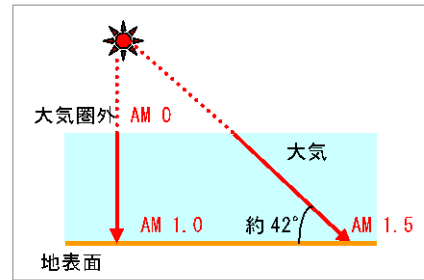


図 4-1-2-4 ソーラー発電の出力事例

しかしながら、午前7時頃には日射強度最大値0.7の40%強に相当する0.3まで上昇している。夕方の午後4時ころに0.3に低下する間を均せば、日中9時間程度は最大値0.7の80%程度に相当する日射強度0.55が得られていることになる。

ソーラー揚水ポンプのシステムは、一定程度以上の日射強度になれば稼動し始め、後は日射強度に応じて能力を発揮する形となっている。従って、曇りの日は能力が落ちるが、全く稼動しないということではない。曇天の状態にも色々な程度があろうが、(図 4-1-2-5)はその一例である。これによれば、曇天時でも晴天時の平均出力の70%程度相当が期待できる。

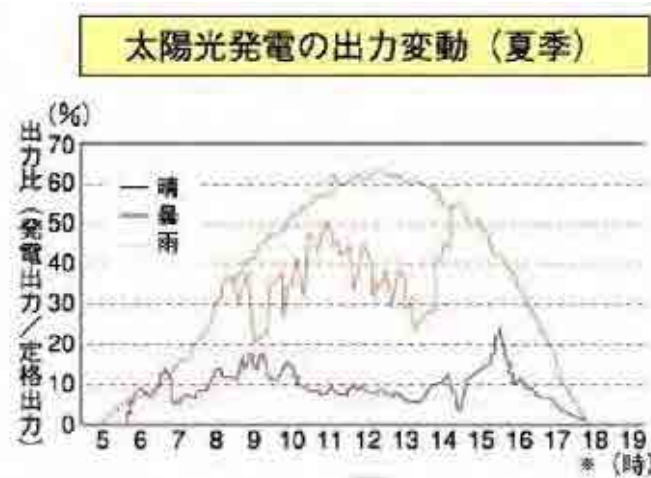


図 4-1-2-5 ソーラー発電の出力変動

iv) 他の揚水ポンプとの経済比較

電気は現場に来ていないが、約 4.2km 地点まではきているので、現場まで延長されたとして電動ポンプとの比較を行う。ディーゼル発電機による電動ポンプ運転も考えられるが、ディーゼル発電機の場合は燃料代が高額となり電動ポンプよりも経済性が劣るので、これとの比較は行わない。

**表 4-1-2-4 揚水ポンプ経済比較**

種別	出力	価格 (US\$)	運転経費	耐用年数
電動揚水ポンプ	3.7KW	22,000	3.7kwh × 112Rwf × 8.5h × 302day × 20year=21,275,296Rwf=35,459US\$	?
ソーラー揚水ポンプ	3.5KW	30,000	No charge	20 年

電動揚水ポンプの 20 年間の運転経費がソーラー揚水ポンプの価格を若干上回る。電動揚水ポンプにも耐用年数があることを考えると、ソーラー揚水ポンプの経済性が勝ることは明らかである。実際上は、ソーラー揚水ポンプで日々の電気代がかからないことは、農民にとっては大きな魅力となる。

v) ソーラー揚水ポンプ導入可能性の判断

ルワンダでは、地方の公官庁施設の多くがソーラー発電パネルで得られた電気を使っている。現在ルワンダに入っているソーラー発電パネルは、中東経由のものが中国製・インド製、ヨーロッパからのものは、フランス製・スペイン製である。また米国製も入っている。これらの販売・設置、調整、維持管理を行っている業者はキガリ市内に 10 数社存在する。

以上より、ソーラー揚水ポンプには揚水能力の不安定さの問題はあるが、経済性上有利であること、ルワンダ国にその維持管理能力があると考えられることから、導入は可能であると判断される。

vi) 周辺諸国のソーラー揚水ポンプ導入実績

**表 4-1-2-5 周辺諸国のソーラー揚水ポンプ導入実績**

COUNTRY	LOCATION	SPECIFICATION
Algeria	(1) -	PS1800, H=40m, Q=45m <sup>3</sup> /day
Angola	(1) Huambo, Longonjo-Conusse	PS600, H=38m, Q=8m <sup>3</sup> /day
	(2) Huambo, Kissala	PS600, H=44m, Q=8m <sup>3</sup> /day
	(3) Huambo, Huambo Escola 102	PS600, H=43m, Q=9m <sup>3</sup> /day
	(4) Huambo, Mungo-Cassenje	PS600, H=40m, Q=8m <sup>3</sup> /day
	(5) Huambo, Cachiungo	PS600, H=44m, Q=8m <sup>3</sup> /day
	(6) Huambo, Bailundo	PS600, H=43m, Q=8m <sup>3</sup> /day
	(7) Huambo, Talulua	PS600, H=36m, Q=8m <sup>3</sup> /day
Burkina Faso	(1) -	PS1800, H=50m, Q=27m <sup>3</sup> /day
	(2) Ouagadougou	PS1800, H=50m, Q=50m <sup>3</sup> /day

COUNTRY	LOCATION	SPECIFICATION
Djibouti	(1) Koussour	PS4000, H=36m, Q=100m <sup>3</sup> /day
Egypt	(1) Marsa Alam, Red Sea region	PS200, H=30m, Q=5.7m <sup>3</sup> /day
	(2) Al Baharia 2, El Wahat	PS600, H=4m, Q=100m <sup>3</sup> /day
	(3) Al Baharia 1, El Wahat	PS600, H=40m, Q=14m <sup>3</sup> /day
	(4) Al Fayoum	PS1800, H=5m, Q=250m <sup>3</sup> /day
Eritrea	(1) Barentu	PS1200, H=60m, Q=12m <sup>3</sup> /day
Ethiopia	(1) Amhara Regional State, Kemisse	PS1800, H=8m, Q=600m <sup>3</sup> /day
	(2) Sidamo District, Awasa	PS150, H= -m, Q=8m <sup>3</sup> /day
Gambia	(1) Somita	PS4000, H=30m, Q=120m <sup>3</sup> /day
	(2) Kuloro	PS4000, H=24m, Q=180m <sup>3</sup> /day
	(3) Buinga	PS1800, H=30m, Q=24m <sup>3</sup> /day
	(4) Bwiam 1	PS1800, H=30m, Q=50m <sup>3</sup> /day
Guinee Bissau	(1) Antula	PS1800, H=50m, Q=22m <sup>3</sup> /day
	(2) Cachue, Ingore	PS1200, H=50m, Q=20m <sup>3</sup> /day
	(3) Cacheu, Ingore	PS600, H=30m, Q=10m <sup>3</sup> /day
	(4) Cacheu, Ingore	PS200, H=28m, Q=7m <sup>3</sup> /day
Ivory Coast	(1) Abidjan	PS600, H=30m, Q=30m <sup>3</sup> /day
Kenya	(1) Maili Tisa	PS1800, H=85m, Q=40m <sup>3</sup> /day
	(2) Nairobi	PS1800, H=160m, Q=8m <sup>3</sup> /day
	(3) Ramada, MDA Health Centre	PS1800, H=250m, Q=24m <sup>3</sup> /day
	(4) Masaai Mara 2, Narok	PS4000, H=160m, Q=40m <sup>3</sup> /day
	(5) Kitale	PS1800, H=50m, Q=20m <sup>3</sup> /day
	(6) Lamu Island	PS600, H= -m, Q= -m <sup>3</sup> /day
	(7) Masaai Mara 1, Narok	PS600, H=2m, Q=12m <sup>3</sup> /day
	(8) Lewa Wildlife Conservancy	PS1200, H=80m, Q=19m <sup>3</sup> /day
	(9) -	PS600, H=10m, Q=6.5m <sup>3</sup> /day
Mali	(1) Soussoula	PS1200, H=25m, Q=15m <sup>3</sup> /day
	(2) Faraoula	PS1200, H=35m, Q=7m <sup>3</sup> /day
	(3) Bamako, Samanko	PS1800, H=82m, Q=28m <sup>3</sup> /day PS4000, H=78m, Q=40m <sup>3</sup> /day
	(4) Koutiala, Tyanhirisso	PS1200, H=23m, Q=15m <sup>3</sup> /day
	(5) Koutiala, Karangasso	PS1200, H=50m, Q=28m <sup>3</sup> /day
Mauritania	(1) Chinguitti, Adrar	PS200, H=21m, Q=9m <sup>3</sup> /day
Morocco	(1) Figuig	PS1800, H=20m, Q=88m <sup>3</sup> /day
	(2) Figuig	PS1800, H=11m, Q=150m <sup>3</sup> /day
	(3) Tahla	PS4000, H=30m, Q=210m <sup>3</sup> /day
	(4) Figuig	PS1800, H=10m, Q=67m <sup>3</sup> /day
	(5) Figuig	PS1800, H=20m, Q=90m <sup>3</sup> /day
	(6) Figuig	PS1800, H=9m, Q=170m <sup>3</sup> /day
	(7) Figuig	PS600, H=4m, Q=20m <sup>3</sup> /day
	(8) Errachidia	PS1800, H=50m, Q=28m <sup>3</sup> /day
	(9) Errachidia	PS4000, H=18m, Q=250m <sup>3</sup> /day
	(10) Bouarfa, Tendirara	PS1800, H=83m, Q=18m <sup>3</sup> /day
	(11) Casablanca, Bensliman	PS1800, H=37m, Q=35m <sup>3</sup> /day
	(12) Tinghir, Douar El kasba	PS1800, H=50m, Q=56m <sup>3</sup> /day
	(13) Beni Mellal, Tizy Nisly	PS4000, H=110m, Q=40m <sup>3</sup> /day
	(14) Meknes, Nzala Bni Amar	PS1800, H=30m, Q=50m <sup>3</sup> /day
	(15) Oujda, Figuigu	PS1800, H=25m, Q=25m <sup>3</sup> /day
	(16) Sidi Bennour, Oualidia	PS1800, H=42m, Q=40m <sup>3</sup> /day
	(17) Douar-Tazamourt, Taroudant	PS4000, H=75m, Q=70m <sup>3</sup> /day
	(18) Guercif	PS1800, H=45m, Q=36m <sup>3</sup> /day
	(19) Ouad Zem	PS1200, H=80m, Q=12m <sup>3</sup> /day
Morocco	(20) Taghdichte, Ouarzazate	PS1800, H=25m, Q=75m <sup>3</sup> /day
	(21) Mzouda, Chichaoua	PS4000, H=85m, Q=130m <sup>3</sup> /day
	(22) Atlas Mountains	PS1200, H=25m, Q=25m <sup>3</sup> /day
	(23) -	PS4000, H= -m, Q= -m <sup>3</sup> /day
Namibia	(1) Akutsima	PS1800, H=20m, Q=30m <sup>3</sup> /day
Nigeria	(1) Numan, Adamawa	PS1200, H=96m, Q= -m <sup>3</sup> /day
Senegal	(1) Thies, Risso	PS150, H=2m, Q=9m <sup>3</sup> /day
	(2) Thies, Mboro	PS600, H=15m, Q=20m <sup>3</sup> /day
	(3) Niayes, Mbawane	PS200, H=18m, Q=23m <sup>3</sup> /day
	(4) Casamanca, Kafountine	PS200, H=20m, Q=10m <sup>3</sup> /day
	(5) Sine Saloum, Samba Dia	PS1800, H=25m, Q=30m <sup>3</sup> /day

COUNTRY	LOCATION	SPECIFICATION
	(6) Sine Saloum , Marlodje	PS600, H=3m, Q=50m <sup>3</sup> /day
	(7) St. Louis, Diama	PS200, H=15m, Q=15m <sup>3</sup> /day
	(8) Ecovillage, Belvedere	PS200, H=20m, Q=12m <sup>3</sup> /day
	(9) Diana, Casamance	PS600, H=13m, Q=25m <sup>3</sup> /day
	(10) Tambacounda, Ngen	PS1200, H=30m, Q=25m <sup>3</sup> /day
	(11) Casamance , Ziguinchor	PS600, H=35m, Q=18m <sup>3</sup> /day
	(12) Fanda, Ziguinchor	PS600, H=17m, Q=12m <sup>3</sup> /day
	(13) Djifongor, Casamance	PS200, H=30m, Q=5m <sup>3</sup> /day
Senegal	(14) -	PS1800, H= -m, Q= -m <sup>3</sup> /day
	(15) -	PS4000, H= -m, Q= -m <sup>3</sup> /day
Sierra Leone	(1) Nothern Province, Makeni	PS600, H=50m, Q=11m <sup>3</sup> /day
South Africa	(1) Billiton, South Witbank	PS4000, H=20m, Q=400m <sup>3</sup> /day
Sudan	(1) River Nile State, Atbara	PS4000, H=90m, Q=150m <sup>3</sup> /day
Tanzania	(1) Makambako, Kitandililo	PS200, H=17m, Q=5m <sup>3</sup> /day PS200, H=19m, Q=5m <sup>3</sup> /day
	(2) Pemba, Chaka Chaka	PS600, H= -m, Q=6.5m <sup>3</sup> /day
	(3) Moshi, Ishinde	PS600, H=40m, Q=14m <sup>3</sup> /day
Tunisia	(1) Sidi Bouzid, Fayedh	PS4000, H=60m, Q=90m <sup>3</sup> /day
	(2) Ellouce Sfax	PS4000, H=48m, Q=115m <sup>3</sup> /day
	(3) Mateur, Bizerte	PS600, H=20m, Q=24m <sup>3</sup> /day
	(4) Sidi Bouzid, Rgueb	PS1800, H=70m, Q=30m <sup>3</sup> /day
Uganda	(1) -	PS1800, H=90m, Q=18m <sup>3</sup> /day
	(2) Sembabule	PS4000, H=140m, Q=25m <sup>3</sup> /day
	(3) Amuru	PS1800, H=70m, Q=25m <sup>3</sup> /day
	(4) -	PS1200, H=60m, Q=25m <sup>3</sup> /day
	(5) Moyo	PS600, H=46m, Q=20m <sup>3</sup> /day
	(6) Nsambwe	PS200, H=38m, Q= -m <sup>3</sup> /day
Zimbabwe	(1) Hatcliffe, Harare	PS1800, H=40m, Q=30m <sup>3</sup> /day

H : Total Dynamic Head or Vertical Lift (m)

Q : Flow Rate (m<sup>3</sup>/day)



Kenya



Uganda



Gambia



Gambia



Burkina Faso



## (2) 灌漑用水水源施設及び取水方法の比較検討

## (a) ダム案

## i) 利用可能水量

灌漑施設の水源施設としてのダムは、洪水流出を含めて変化する河川流水を貯留し、必要とされる灌漑用水を安定的に供給する機能を有する。従って、4-1-1でのダムサイトでの観測結果に基づく検討結果より、ダムサイトでの期待流入量は70万 $m^3$ である。この70万 $m^3$ が利用可能水量となるが、その内訳は水田灌漑分17万 $m^3$ 、畑地灌漑分53万 $m^3$ である。

## ii) 施設規模

利用可能水量70万 $m^3$ を水田・畑地に配水する上でダムに貯留することが必要となる水量は、灌漑計画での検討結果より45万 $m^3$ である。

以下のH-Qカーブより、貯水量45万 $m^3$ に対する貯水深は8.5mである。経験的に余裕高を1.5mとし、堤敷掘削を1.5mとすると、堤高は11.5mとなる。

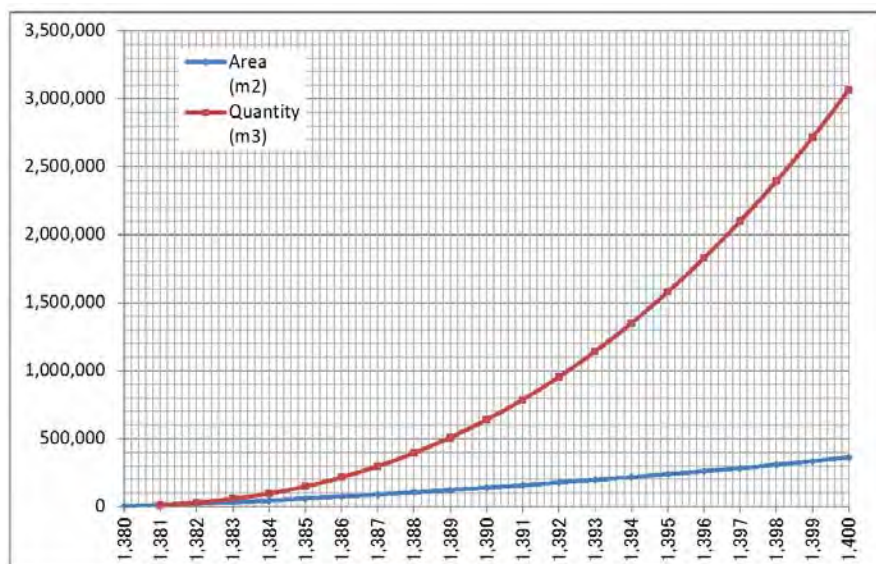


図 4-1-2-6 貯水池 H~Q 曲線

堤体の堤体積概算は、次頁の算式（土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」）により求めることができる。

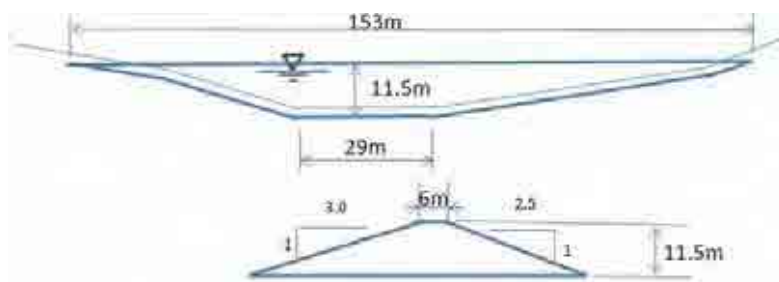


図 4-1-2-7 ダム案堤体の寸法図

(図 4-1-2-7)より、

$$B=6.0, H=11.5, L_1=153.0, L_2=29.0, m=3.0, n=2.5$$

$$\begin{aligned} \therefore V &= (1/2) \times 6.0 \times 11.5 \times (153.0+29.0) + (1/6) \times (3.0+2.5) \times 11.5^2 \times (153.0+2 \times 29.0) \\ &= 31,900\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot B \cdot H \cdot (L_1 + L_2) + \frac{1}{6} \cdot (m+n) \cdot H^2 \cdot (L_1 + 2L_2)$$

V：掘削面のコンターラインが全て平行な場合の堤体積 (m<sup>3</sup>)

B：堤頂幅員 (m)

H：堤高 (m)

L<sub>1</sub>：堤頂標高における掘削後の谷幅 (m)

L<sub>2</sub>：堤体基礎地盤標高における掘削後の谷幅 (m)

m：堤体上流面の平均法勾配

n：堤体下流面の平均法勾配

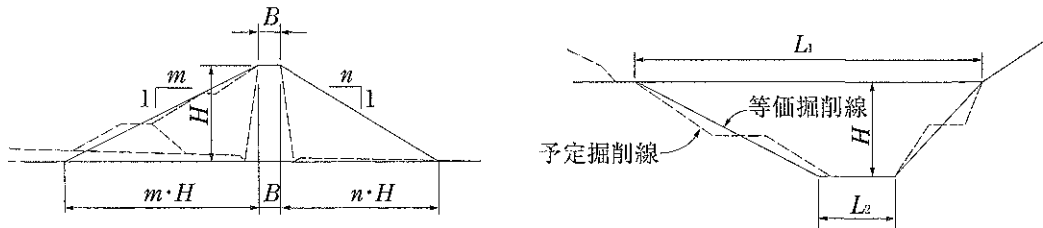


図 4-1-2-8 寸法説明図

概略の工事費は、次のとおりとなる。

- ・ 堤体基礎掘削；  $\{(1/2) \times (6.0+11.5 \times 5.5) \times (153.0-29.0) + 29.0 \times 11.5 \times 5.5\} \times 1.5$   
 $\times (4,500/600)^{\text{US\$/m}^3} = 68,900 \text{ US\$}$
- ・ 堤体盛土；  $31,900\text{m}^3 \times (8,500/600)^{\text{US\$/m}^3} = 451,900 \text{ US\$}$
- ・ 斜面保護；  $(1/2) \times (153.0+29.0) \times \{(3 \times 11.5)^2 + 11.5^2\}^{1/2} \times 0.6 \times (1/2) \times (40,000/600)^{\text{US\$/m}^3}$   
 $= 66,200 \text{ US\$}$
- ・ 洪水吐； 1 式 80,000 US\\$
- ・ 底樋； 1 式 75,000 US\\$
- ・ 取水設備； 1 式 60,000 US\\$
- ・ 計； 802,000 US\\$

## iii) 取水方法

本計画では次の2案が考えられる。

- ① 底樋に幹線用水路を連結し、幹線用水路以下の斜面を重力灌漑する一方、用水路路線上に用水ポンプを設置して上位斜面のポンプ灌漑を行う案
- ② ダム地点で一括して揚水し、高い位置に設けた幹線用水路に用水を乗せる案

上記①案による重力灌漑可能面積については、以下のように考えられる。

底樋による取水の場合は、ダム直下での受益地幅はゼロである。Ngoma-22の谷では、ダム地点と約4km下流の合流点との標高差が25mある。従ってこの間の勾配は $25\text{m}/4\text{km}=6.25/1,000$ となる。用水路の縦断勾配を $1/500=2/1,000$ とすれば、勾配の差は $4.25/1,000$ となり、4km先での標高差は $4.25 \times 4=17\text{m}$ である。斜面の地形勾配を平均 $15^\circ$ とすると17mに対する水平幅は $17\text{m}/\tan 15^\circ=63\text{m}$ となる。ダムサイトとの間で受益地の形を三角形と考えれば、下流4km地点にいたる間の面積は $(1/2) \times 4,000\text{m} \times 63\text{m}=126,000\text{m}^2=12.6\text{ha}$ 、両岸で25.2haとなる。合流点以降の右岸側では、河床勾配が $1/500$ 程度と導水路の勾配と同じになるので、受益地の幅は一定となる。よって、さらに下流4km間での受益地面積は $A=63\text{m} \times 4\text{km}=25.2\text{ha}$ となる。合計重力灌漑受益地面積は50.4haである。

従って①案では、幹線用水路以下の狭い面積に対する配水施設と路線上に設けた揚水ポンプ付帯施設、上位斜面での用水路が錯綜することになる。

これに対し②案は、一括した揚水施設とその後の幹線用水路、幹線用水路からの支線、と施設が簡略化される。よって、ここでは②案を採用する。

揚水ポンプの灌漑対象面積は240haとなる。ポンプ1台の畑地灌漑能力は、4-1-2(7)での検討結果より7.4haである。よって必要台数は33台となる。

$$240\text{ha} \div 7.4\text{ha/unit}^{\text{t}} = 33^{\text{unit}}$$

この購入金額は $30,000\text{US\$} \times 33=990,000\text{US\$}$ となる。

(b) 頭首工案

i) 利用可能水量

灌漑施設の水源施設としての頭首工は、流下する河川流水を分水取水する施設である。受益地へ灌漑用水が安定して供給されることが営農上求められることから、取水量は変化する河川流量の低い方に合わせて設定されるのが一般的である。この意味では、2月下旬から5月にかけてのダムサイト観測流量より、乾季の基底流量を 150 /sec と考えると、4-1-1 (1)の検討結果に基づけば、下流水田への供給分 50 /sec を除いた 100 /sec が利用可能水量となる。年間では、100 /sec×86,400sec/day×365day=315,000m<sup>3</sup> が、利用可能水量として期待できる。

ii) 施設規模

高さ 2m、堰長 30m 程度の練り石積み製堰堤を構築することになる。



図 4-1-2-9 越流ゼキ及び床止め工

概略の工事費は次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \text{掘削；池敷部} &: (14.0 \times 30.0 \times 1.5 + 0.5 \times 0.5 \times 30.0 \times 2) \times (6,500/600)^{\text{US\$/m}^3} \\ &= 7,000 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{もたれ壁部} &: \{(1/2) \times 2.0 \times 3.5 \times 14.0 \times 2\} \times (4,500/600)^{\text{US\$/m}^3} \\ &= 700 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{練り石積み；越流堰及び床固め工} &: \{(1/2) \times (0.5 + 2.0) \times 2.0 \times 30.0 + 14.0 \times 0.3 \times 30.0 + (1/2) \\ &\quad \times (0.4 + 0.2) \times 0.5 \times 30.0 \times 2\} \times (75,000/600)^{\text{US\$/m}^3} = 19,500 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{もたれ壁} &: \{(1/2) \times (0.5 + 1.0) \times 2.5 + 0.3 \times 1.0\} \times 14.0 \times 2 \times (75,000/600)^{\text{US\$/m}^3} \\ &= 7,600 \text{ US\$} \end{aligned}$$

ゲートその他；1式 5,000 US\$

計 39,800 US\$

## iii) 取水方法

頭首工の場合には、堰上げを行っている関係上、底樋よりも取水標高を高く取れるので、底樋の場合よりも若干、重力灌漑を行える受益面積が広がる。1.5m 堰上げ取水するとすれば、頭首工地点での水平幅は  $1.5\text{m}/\tan 15^\circ = 5.6\text{m}$ 、下流 4km 間での重力灌漑対象面積は、前項と同様にして、 $A=(1/2) \times \{5.6\text{m} + (5.6\text{m} + 63\text{m})\} \times 4\text{km} = 14.8\text{ha}$ 、両岸で 29.6ha となる。合流点以降の右岸側では、河床勾配が 1/500 程度と導水路の勾配と同じになるので、受益地の幅は一定となる。さらに下流 4km 間での受益地面積は  $A=(5.6\text{m} + 63\text{m}) \times 4\text{km} = 27.4\text{ha}$  となる。合計重力灌漑受益地面積は 57ha である。一方で、利用可能水量  $315,000\text{m}^3$  に対する灌漑可能面積は、灌漑必要水量  $2,200\text{m}^3/\text{ha} (=530,000\text{m}^3/240\text{ha})$  より、 $315,000\text{m}^3 \div 2,200\text{m}^3/\text{ha} = 143\text{ha}$  である。従って、ソーラーポンプ対象面積は  $143\text{ha} - 57\text{ha} = 86\text{ha}$  となる。これに要するポンプ台数は 12 台となる。

$$86\text{ha} \div 7.4\text{ha/unit} = 12\text{unit}$$

この購入費は  $30,000\text{US\$} \times 12 = 360,000\text{US\$}$  である。

## (c) 堰上げ 10m ダム案

## i) 利用可能水量

本案は、頭首工の堰上げ機能をダム堤体に与えたものである。堰上げ機能の与え方としては、実際に堤体直上流部アバット斜面の高い標高位置に取水口を設けて取水する方法、底樋内導水管を下流斜面の高い標高位置に設けた調整水槽まで導き用水路に結ぶ方法がある。底樋は、施工中の排水路として欠かせない施設であることから、これを有効利用した後者の案で考えるものとする。利用可能水量はダム案同様  $70\text{万 m}^3$ （水田分約  $17\text{万 m}^3$  を含む）となる。

## ii) 施設規模

堰上げ高 10m に相当する貯水位は EL.1390m となる。(図 4-1-2-10) よりこの貯水位に相当する貯水量は  $63\text{万 m}^3$  となる。この上に貯水池運用対象の  $45\text{万 m}^3$  をとると、貯水量は  $108\text{万 m}^3$ 、これに対応する貯水位（貯水池満水位）は EL.1392.7m となる。貯水深は 12.7m、余裕高 1.5m をとるとダム天端標高は EL.1394.2m、基礎掘削を 1.5m 行うとすると堤高は 15.7m となる。

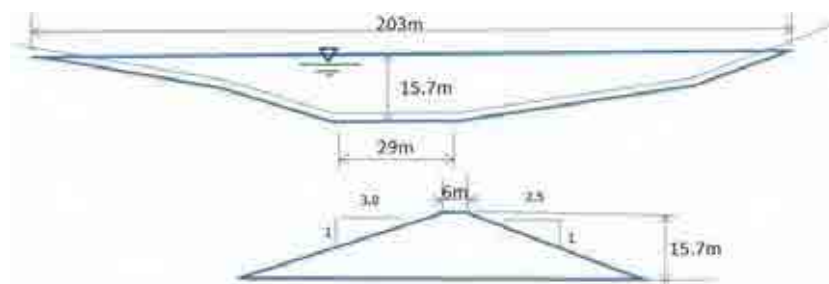


図 4-1-2-10 堰上げ 10m ダム案堤体の寸法図

(図 4-1-2-10)より、

$$B=6.0, H=15.7, L_1=203.0, L_2=29.0, m=3.0, n=2.5$$

$$V=(1/2) \times 6.0 \times 15.7 \times (203.0+29.0)+(1/6) \times (3.0+2.5) \times 15.7^2 \times (203.0+2 \times 29.0)=69,900 \text{ m}^3$$

概略の工事費は、次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \text{堤体基礎掘削} & ; \{(1/2) \times (6.0+15.7 \times 5.5) \times (203.0-29.0)+29.0 \times 15.7 \times 5.5\} \times 1.5 \\ & \times (4,500/600)^{\text{US\$/m}^3} = 118,600 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{堤体盛土} & ; 58,800 \text{ m}^3 \times (8,500/600)^{\text{US\$/m}^3} \\ & = 990,300 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{斜面保護} & ; (1/2) \times (203.0+29.0) \times \{(3 \times 15.7)^2 + 15.7^2\}^{1/2} \times 0.6 \times (1/2) \times (40,000/600)^{\text{US\$/m}^3} \\ & = 115,200 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\text{洪水吐} ; 1 \text{ 式 } 100,000 \text{ US\$}$$

$$\text{底樋} ; 1 \text{ 式 } 100,000 \text{ US\$}$$

$$\text{取水設備} ; 1 \text{ 式 } 60,000 \text{ US\$}$$

$$\text{計} ; 1,484,100 \text{ US\$}$$

## iii) 取水方法

底樋内の導水管を下流で左右岸に分岐し、斜面上 EL.1390m に設けた調整水槽に吐出させ、用水路に接続し斜面上を導水することになる。(図 4-1-2-11)の路線図から導水路下位の重力灌漑対象面積を求めると、右岸：156.3ha、左岸：64.2ha、計 220.5ha となる。従って、ソーラーポンプ対象面積は  $240\text{ha} - 220.5\text{ha} = 19.5\text{ha}$  となる。19.5ha を灌漑する上でのポンプ必要台数は、ポンプの灌漑能力が 4-1-2 (7)より 7.4ha となることから 3 台となる。

$$19.5\text{ha} \div 7.4\text{ha/unit} = 3\text{unit}$$

この購入費は  $30,000\text{US\$} \times 3 = 90,000\text{ US\$}$  である。

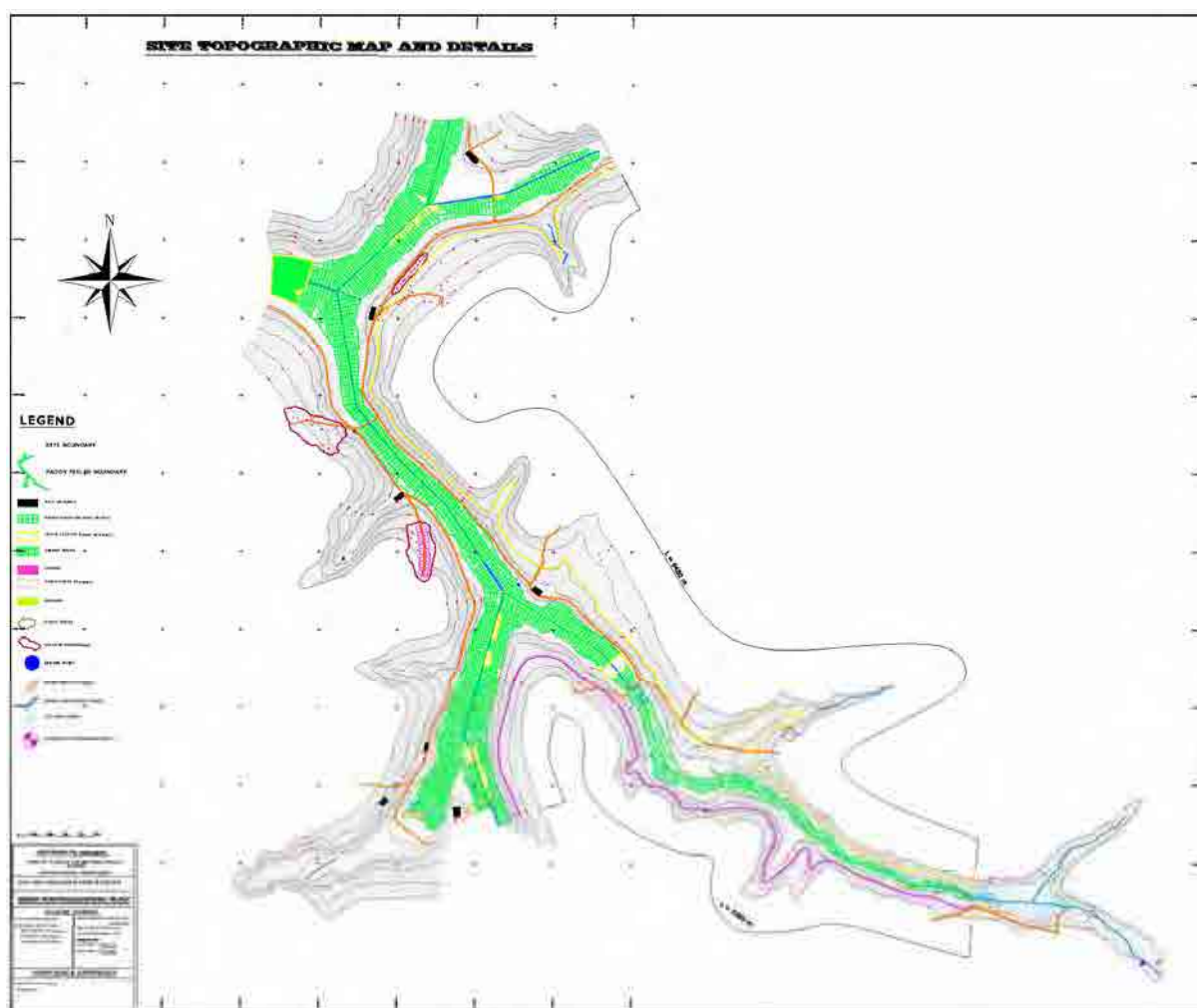


図 4-1-2-11 用水路路線と受益地 (10m 堰上げ案)



(d) 堰上げ 7.5m ダム案

i) 利用可能水量

利用可能水量はダム案同様 70 万 m<sup>3</sup> (水田分 17 万 m<sup>3</sup> を含む) となる。

ii) 施設規模

堰上げ高 7.5m に相当する貯水位は EL.1387.5m となる。(図 4-1-2-12) よりこの貯水位に相当する貯水量は 35 万 m<sup>3</sup> となる。この上に貯水池運用対象の 45 万 m<sup>3</sup> をとると、貯水量は 80 万 m<sup>3</sup>、これに対応する貯水位 (貯水池満水位) は EL.1391.2m となる。貯水深は 11.2m、余裕高 1.5m をとるとダム天端標高は EL.1392.7m、基礎掘削を 1.5m 行うとすると堤高は 14.2m となる。

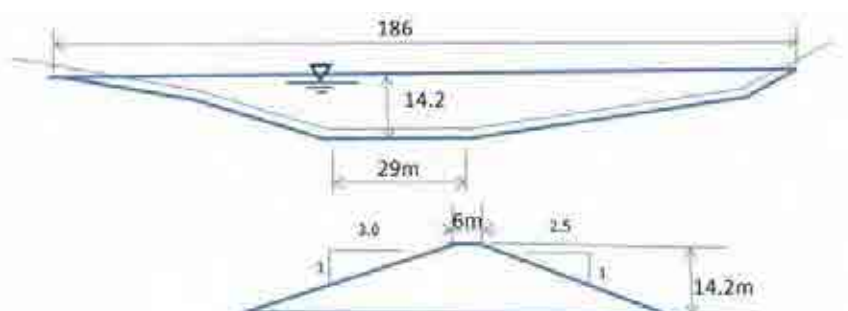


図 4-1-2-12 堰上げ 7.5m ダム案堤体の寸法図

(図 4-1-2-12) より、

$$B=6.0, H=14.2, L_1=186.0, L_2=29.0, m=3.0, n=2.5$$

$$V=(1/2) \times 6.0 \times 14.2 \times (186.0+29.0)+(1/6) \times (3.0+2.5) \times 14.2^2 \times (186.0+2 \times 29.0)=54,300 \text{ m}^3$$

概略の工事費は、次のとおりとなる。

堤体基礎掘削 ;  $\{(1/2) \times (6.0+14.2 \times 5.5) \times (186.0-29.0)+29.0 \times 14.2 \times 5.5\} \times 1.5$

$$\times (4,500/600)^{\text{US\$/m}^3} = 99,800 \text{ US\$}$$

堤体盛土 ;  $54,300 \text{ m}^3 \times (8,500/600)^{\text{US\$/m}^3}$

$$= 769,300 \text{ US\$}$$

斜面保護 ;  $(1/2) \times (186.0+29.0) \times \{(3 \times 14.2)^2+14.2^2\}^{1/2} \times 0.6 \times (1/2) \times (40,000/600)^{\text{US\$/m}^3}$

$$= 96,500 \text{ US\$}$$

洪水吐 ; 1 式 95,000 US\$

底樋 ; 1 式 95,000 US\$

取水設備 ; 1 式 60,000 US\$

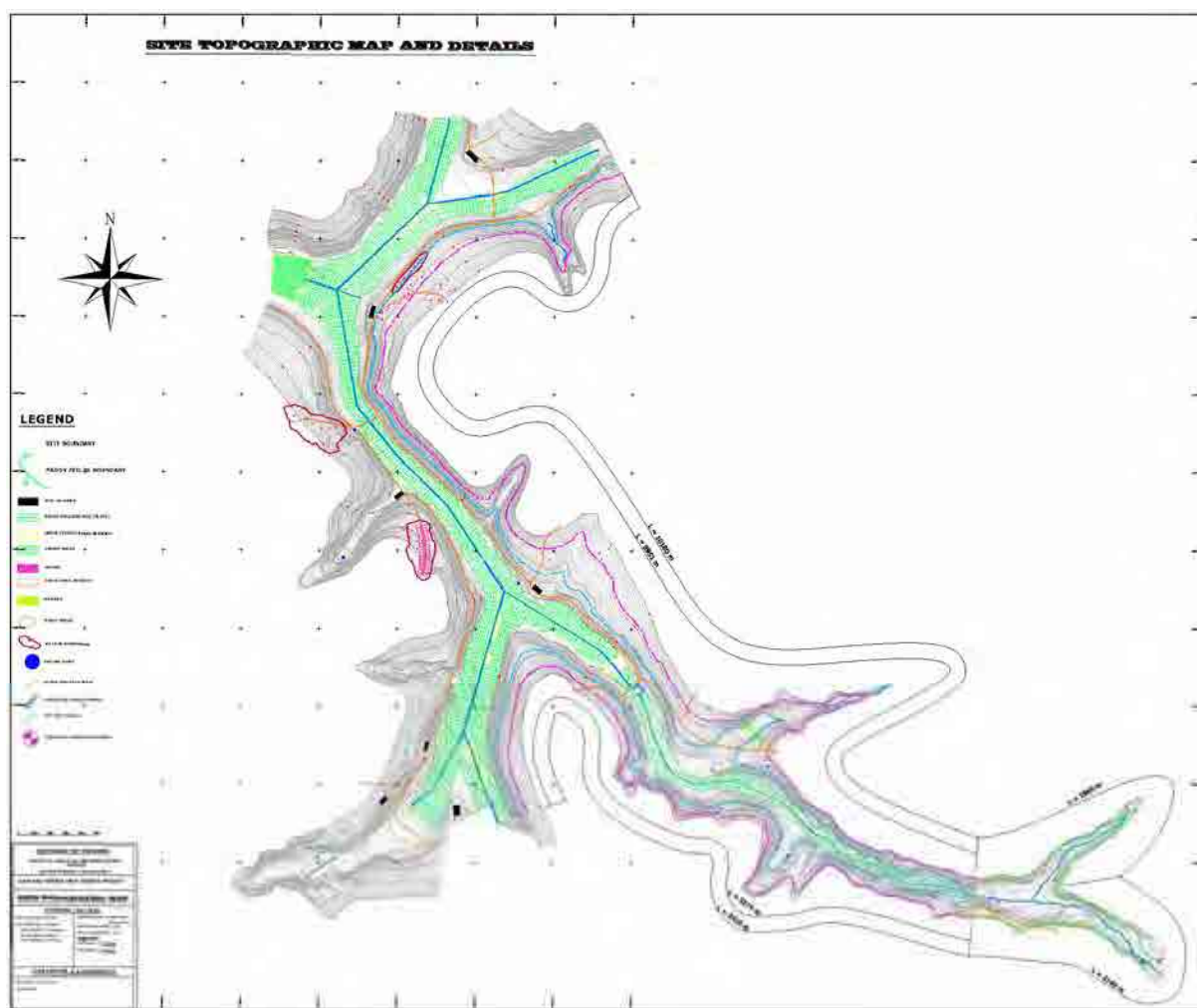
計 ; 1,215,600 US\$

## iii) 取水方法

底樋内の導水管を下流で左右岸に分岐し、斜面上 EL.1387.5m に設けた調整水槽に吐出させ、用水路に接続し斜面上を導水する。導水路下位の重力灌漑対象面積は、(図 4-1-2-13) より 124.6ha となる。ソーラーポンプ対象面積は  $240\text{ha} - 124.6\text{ha} = 115.4\text{ha}$  となる。115.4ha を灌漑する上でのポンプ必要台数は、ポンプの灌漑能力が 4-1-2 (7)より 7.4ha となることから 16 台となる。

$$115.4\text{ha} \div 7.4\text{ha/unit} = 16\text{unit}$$

この購入費は  $30,000\text{US\$} \times 16 = 480,000\text{US\$}$  である。



**図 4-1-2-13 用水路路線と受益地 (7.5m 堰上げ案)**

(e) 堰上げ 6.5m ダム案

i) 利用可能水量

利用可能水量はダム案同様 70 万 m<sup>3</sup> (水田分 17 万 m<sup>3</sup> を含む) となる。

ii) 施設規模

堰上げ高 6.5m に相当する貯水位は EL.1386.5m となる。(図 4-1-2-14) よりこの貯水位に相当する貯水量は 25 万 m<sup>3</sup> となる。この上に貯水池運用対象の 45 万 m<sup>3</sup> をとると、貯水量は 70 万 m<sup>3</sup>、これに対応する貯水位 (貯水池満水位) は EL.1390.6m となる。貯水深は 10.6m、余裕高 1.5m をとるとダム天端標高は EL.1392.1m、基礎掘削を 1.5m 行うとすると堤高は 13.6m となる。

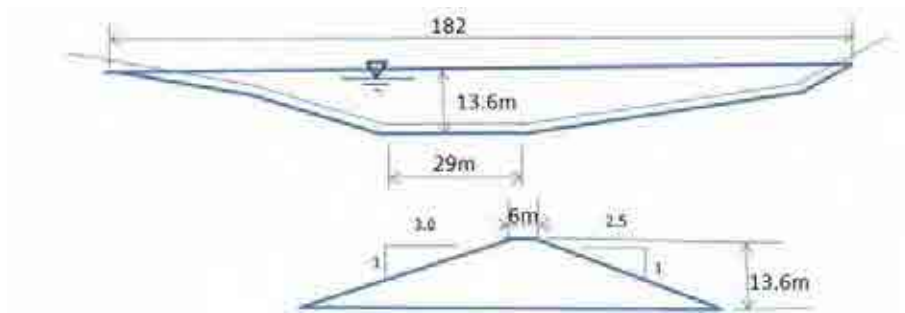


図 4-1-2-14 堰上げ 6.5m ダム案堤体の寸法図

(図 4-1-2-14) より、

$$B=6.0, H=13.6, L_1=182.0, L_2=29.0, m=3.0, n=2.5$$

$$V=(1/2) \times 6.0 \times 13.6 \times (182.0+29.0)+(1/6) \times (3.0+2.5) \times 13.6^2 \times (182.0+2 \times 29.0)=49,300 \text{ m}^3$$

概略の工事費は、次のとおりとなる。

$$\text{堤体基礎掘削} ; \{(1/2) \times (6.0+14.2 \times 5.5) \times (186.0-29.0)+29.0 \times 14.2 \times 5.5\} \times 1.5$$

$$\times (4,500/600)^{\text{US\$/m}^3} = 93,900 \text{ US\$}$$

$$\text{堤体盛土} ; 49,300 \text{ m}^3 \times (8,500/600)^{\text{US\$/m}^3}$$

$$= 698,400 \text{ US\$}$$

$$\text{斜面保護} ; (1/2) \times (182.0+29.0) \times \{(3 \times 13.6)^2 + 13.6^2\}^{1/2} \times 0.6 \times (1/2) \times (40,000/600)^{\text{US\$/m}^3}$$

$$= 90,700 \text{ US\$}$$

$$\text{洪水吐} ; 1 \text{ 式 } 95,000 \text{ US\$}$$

$$\text{底樋} ; 1 \text{ 式 } 95,000 \text{ US\$}$$

$$\text{取水設備} ; 1 \text{ 式 } 60,000 \text{ US\$}$$

$$\text{計} ; 1,133,000 \text{ US\$}$$

## iii) 取水方法

底樋内の導水管を下流で左右岸に分岐し、斜面上 EL.1386.5m に設けた調整水槽に吐出させ、用水路に接続し斜面上を導水する。導水路下位の重力灌漑対象面積は、(図 4-1-2-15) より 114.6ha となる。従って、ソーラーポンプ対象面積は  $240\text{ha} - 114.6\text{ha} = 125.4\text{ha}$  となる。125.4ha を灌漑する上でのポンプ必要台数は、ポンプの灌漑能力が 4-1-2 (7)より 7.4ha となることから 17 台となる。

$$125.4\text{ha} \div 7.4\text{ha/unit} = 17\text{unit}$$

この購入費は  $30,000\text{US\$} \times 17 = 510,000\text{US\$}$  である。

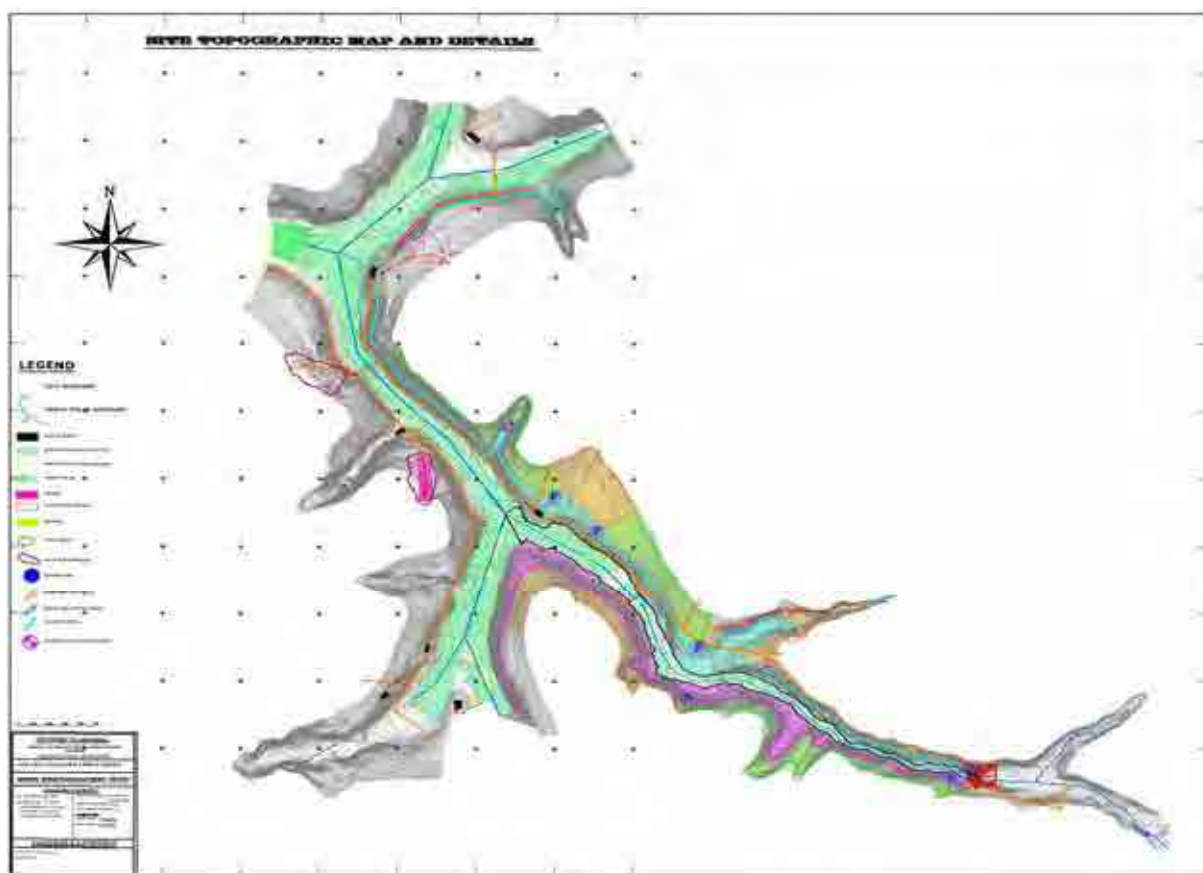


図 4-1-2-15 用水路路線と受益地 (6.5m 堰上げ案)

(f) 堰上げ 5m ダム案

i) 利用可能水量

利用可能水量はダム案同様 70 万 m<sup>3</sup> (水田分 18 万 m<sup>3</sup> を含む) となる。

ii) 施設規模

堰上げ高 5m に相当する貯水位は EL.1385.0m となる。(図 4-1-2-16) よりこの貯水位に相当する貯水量は 15 万 m<sup>3</sup> となる。この上に貯水池運用対象の 45 万 m<sup>3</sup> をとると、貯水量は 60 万 m<sup>3</sup>、これに対応する貯水位 (貯水池満水位) は EL.1389.7m となる。貯水深は 9.7m、余裕高 1.5m をとるとダム天端標高は EL.1391.5m、基礎掘削を 1.5m 行うとすると堤高は 12.7m となる。

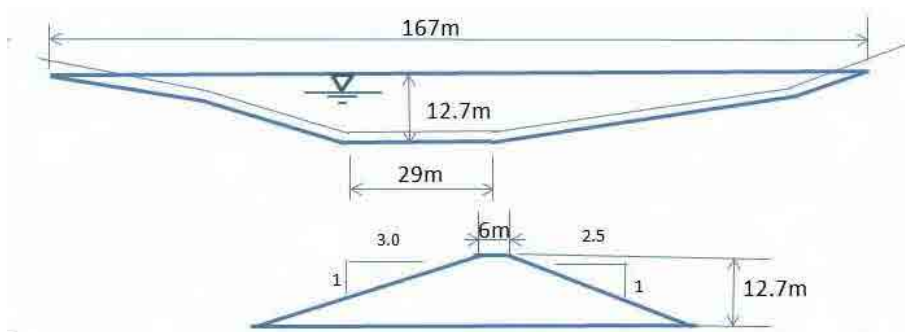


図 4-1-2-16 堰上げ 5m ダム案堤体の寸法図

(図 4-1-2-16) より、

$$B=6.0, H=12.7, L_1=167.0, L_2=29.0, m=3.0, n=2.5$$

$$V=(1/2) \times 6.0 \times 12.7 \times (167.0+29.0)+(1/6) \times (3.0+2.5) \times 12.7^2 \times (167.0+2 \times 29.0)= 40,700 \text{ m}^3$$

概略の工事費は、次のとおりとなる。

$$\text{堤体基礎掘削} ; \{(1/2) \times (6.0+12.7 \times 5.5) \times (167.0-29.0)+29.0 \times 12.7 \times 5.5\} \times 1.5$$

$$\times (4,500/600)^{\text{US\$/m}^3} =81,700 \text{ US\$}$$

$$\text{堤体盛土} ; 40,700\text{m}^3 \times (8,500/600)^{\text{US\$/m}^3}$$

$$=576,600 \text{ US\$}$$

$$\text{斜面保護} ; (1/2) \times (167.0+29.0) \times \{(3 \times 12.7)^2+12.7^2\}^{1/2} \times 0.6 \times (1/2) \times (40,000/600)^{\text{US\$/m}^3}$$

$$=78,000 \text{ US\$}$$

$$\text{洪水吐} ; 1 \text{ 式 } 90,000 \text{ US\$}$$

$$\text{底樋} ; 1 \text{ 式 } 90,000 \text{ US\$}$$

$$\text{取水設備} ; 1 \text{ 式 } 60,000 \text{ US\$}$$

$$\text{計} ; 977,000 \text{ US\$}$$

## iii) 取水方法

底樋内の導水管を下流で左右岸に分岐し、斜面上 EL.1385m に設けた調整水槽に吐出させ、用水路に接続し斜面上を導水する。導水路下位の重力灌漑対象面積は、(図 4-1-2-17) の用水路下位の範囲となり、72.6ha となる。従って、ソーラーポンプ対象面積は  $240\text{ha} - 72.6\text{ha} = 167.4\text{ha}$  となる。167.4ha を灌漑する上でのポンプ必要台数は、ポンプの灌漑能力が 4-1-2 (7) より 7.4ha となることから 23 台となる。

$$167.4\text{ha} \div 7.4\text{ha/unit} = 23\text{unit}$$

この購入費は  $30,000\text{US\$} \times 23 = 690,000\text{US\$}$  である。

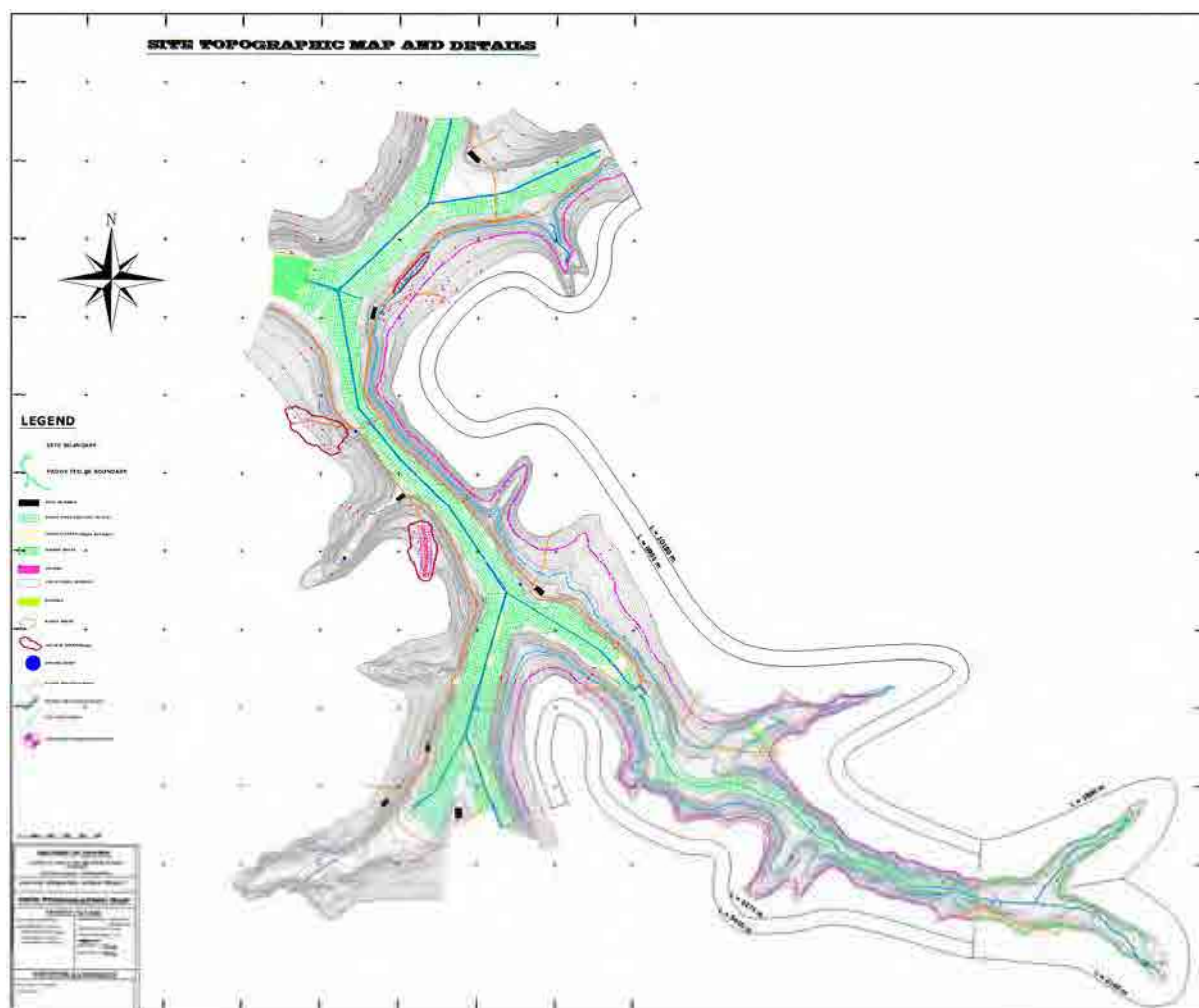


図 4-1-2-17 用水路路線と受益地 (5m 堰上げ案)

(g) 採用案の決定

表 4-1-2-6 施設規模比較表

候補案	利用可能水量 (m <sup>3</sup> )	灌漑面積(ha)	ダム規模・工事費(US\$)	ソーラーポンプ台数・購入費(US\$)
ダム案	530,000	重力 ; 0 Pump;240	堤高 ; 11.5m 貯水量 ; 450,000m <sup>3</sup>	Pump:11 台 購入費:330,000
頭首工	315,000	重力 ; 57 Pump;86	堤高 ; 2m 貯水量 ; 工事費: 39,800	Pump:4 台 購入費:120,000
堰上げ 10m ダム案	530,000	重力 ; 220.5 Pump;19.5	堤高 ; 15.7 貯水量 ; 1,080,000m <sup>3</sup> 工事: 1,484,100	Pump: 1 台 購入費: 30,000
堰上げ 7.5m ダム案	530,000	重力 ; 124.6 Pump;115.4	堤高 ; 12.7m 貯水量 ; 800,000m <sup>3</sup> 工事費 1,215,600	Pump: 7 台 購入費: 210,000
堰上げ 6.5m ダム案	530,000	重力 ; 114.6 Pump;125.4	堤高 ; 14.2m 貯水量 ; 700,000m <sup>3</sup> 工事: 1,133,000	Pump: 5 台 購入費: 150,000
堰上げ 5.0m ダム案	530,000	重力 ; 72.6 Pump;167.4	堤高 ; 13.6m 貯水量 ; 600,000m <sup>3</sup> 工事: 977,000	Pump: 6 台 購入費: 180,000

全体評価

候補案	評価
ダム案	<p>工事費計 ; 1,792,000 US\$。堤高 11.5m。総貯水量 45 万 m<sup>3</sup>。ソーラーポンプ 33 台。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全体工事費が最大である。</li> <li>・ソーラーポンプへの依存度が高すぎる。用水到達までに長時間を要することが開水路系水路の問題点の一つであるが、これをソーラーポンプの出力変動が助長してしまい、用水路としての機能を低めてしまう。</li> <li>・ソーラーポンプの施設更新費の負担が大きくなる。</li> </ul>
頭首工	<p>工事費計 ; 159,800 US\$。堤高 2m。総貯水量 45 万 m<sup>3</sup>。ソーラーポンプ 12 台。</p> <p>工事費は非常に安くなる。費用対効果面からも魅力的であるが、實際上、乾季の基底流量はさらに少なく可能性が高く、この場合、安定的な農業経営ができなくなる。</p>
堰上げ 10m ダム 案	<p>工事費計 ; 1,574,100 US\$。堤高 15.7m。総貯水量 108 万 m<sup>3</sup>。ソーラーポンプ 3 台。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全体工事費がダム案の中では最も低くなる。</li> <li>・108 万 m<sup>3</sup>の総貯水量は、ダムが満水になるのに複数年を要することを意味し、受益者には我慢を強い、ダムへの早期経済効果発現という要望にもこたえることができない。</li> </ul>
堰上げ 7.5m ダム 案	<p>工事費計 ; 1,695,600 US\$。堤高 14.2m。総貯水量 80 万 m<sup>3</sup>。ソーラーポンプ 16 台。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全体工事費は 2 番目に高い。</li> <li>・80 万 m<sup>3</sup>の総貯水量は、ダムが満水になるのに複数年を要することを意味し、受益者には我慢を強い、ダムへの早期経済効果発現という要望にもこたえることができない。</li> </ul>
堰上げ 6.5m ダム 案	<p>工事費計 ; 1,643,000US\$。堤高 13.6m。総貯水量 70 万 m<sup>3</sup>。ソーラーポンプ 17 台。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全体工事費は 2 番目に低い。</li> <li>・総貯水量 70 万 m<sup>3</sup>は、想定利用可能水量とバランスが取れており、ダムが満水になるのに複数年を要することもなく、ダムへの早期経済効果発現が可能である。</li> <li>・ソーラーポンプの台数も適度である。</li> </ul>
堰上げ 5.0m ダム 案	<p>工事費計 ; 1,667,000US\$。堤高 12.7m。総貯水量 60 万 m<sup>3</sup>。ソーラーポンプ 23 台。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ソーラーポンプへの依存度が高すぎ、用水路系全体の機能低下につながる。</li> <li>・ソーラーポンプの施設更新費の負担が大きくなる。</li> </ul>

以上より、堰上げ 6.5m ダム案を採用する。



## (3) 送水・末端灌漑方法の検討

## (a) 末端灌漑方法の検討

以下の理由により、当地区では節水灌漑（マイクロ灌漑）手法を採るものとする。

- ・畑地（地盤）の透水度が非常に高い（ $k=n \times 10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/sec}$ ）。従って畝間灌漑のような一般的手法では、圃場の隅々にまで用水を送ることができない（2010年度に現場試験で確認されている）。
- ・有り余るほど豊富な灌漑用水はない。少ない水をできるだけ有効に使い、できるだけ広い範囲に灌漑することによる生産性向上効果をもたらしたい。この点に関し、節水灌漑（マイクロ灌漑）手法は、最も高い灌漑効率を持っている。
- ・先行プロジェクトである PiCROPP（東部県農業生産向上プロジェクト）では野菜栽培に取り組んでいるが、Hand Irrigation（ジョロによる灌漑）、あるいは Hand Irrigation とポンプを組み合わせた灌漑手法で実績を上げつつある。

**地表灌漑 (surface irrigation)** : 水路から重力を利用して導水する。価格は小、灌漑効率は小。

維持管理費は安い。

畦間灌漑(furrow) 野菜畑, 砂糖キビ畑, 用水路, サイホンチューブ  
ボーダー灌漑(border) 牧草地, 平坦地,  
水盤灌漑(basin) 果樹園

**散水灌漑 (spray irrigation)** : 圧力を利用して散水ノズルから水滴を散布する。

価格は中、灌漑効率は中。

維持管理費（ポンプの燃料費など）を要す。

スプリンクラー灌漑(sprinkler) 各種ノズルの選択（散水半径、適用圧力）、均平度不要  
センターピボット灌漑(center pivot) 牧草地, 穀物, 広範囲の円形圃場  
サイドロール灌漑(side roll) 牧草地, 車輪  
移動式散水灌漑(hand move) 野菜園, 移動労力要, 設備費安価  
定置式散水灌漑(solid set) 果樹園, ローテーションブロックの自動化, 設備費高価

**マイクロ灌漑 (micro irrigation)** : 低水圧で滴下孔(emitter)から少量頻りに灌漑する。

価格は中、灌漑効率は中。

維持管理費（ポンプの燃料費など）を要す。

マイクロ散水灌漑(micro-spray) 果樹園, 樹下スプレーヤ, 防除, 微気象調整  
マイクロスプリンクラー灌漑(micro-sprinkler) 軟弱野菜, 凍結防止  
点滴灌漑(in-line drip trickle) 果樹園, 作物の根元に直接, 減圧2重管, トンネルマルチ栽培  
多孔管灌漑(in-line drip emitter) 野菜畑, 多孔ホース, 硬質多孔管, 地中灌漑

(乾地土壌管理学特論・www.geocities.jp/soil\_water\_mitchy11 より引用)

節水灌漑手法として、以下の検討結果より、Hand Irrigation とコック付ホースを組み合わせたマイクロ散水灌漑手法を採用する。

表 4-1-2-7 末端灌漑方法の比較

種別	灌漑効率	施設費	労働力	維持管理／実績
マイクロ散水灌漑 (ジョロ+ホース)	やや大	小	大	維持管理の対象となるものがほとんどない。 ／ポンプ+ジョロの実績がある。
マイクロスプリンク ラー灌漑	中	大	小	容易／実績なし
点滴灌漑	大	大	中	1作毎に設備の改修・再設置が必要。 目詰まりすることが多い。
多孔管灌漑	大	大	小	点滴灌漑の導入実績はあるが、維持管理が困難。

(b) 2次/3次用水路

2次用水路は、ホースへの接続の関係上、パイプとなる。

2次水路は、3次水路との頻繁な接続、水の垂れ流し状態を防ぐ節水の観点から、パイプとする。

(c) 幹線用水路

以下の比較検討より、維持管理の容易性、経済性を重視し、マソンリー製開水路とする。

表 4-1-2-8 幹線用水路の比較

種別	維持管理	経済性	機能
管水路	日常的な管理を必要としないが、堆泥等の問題が生じた際の処理が大変である。	Φ500mmHDPE パイプ ; 231 US\$/km (4.20)	送水開始からの時間遅れなしで取水できる。
鉄筋コンクリート開水路	維持管理は容易。粗度係数が小さく流速が速くなるので、堆砂の心配が無くなる。	水路幅 0.50m 水路; 197 US\$/km (3.58)	送水された用水が末端に届くまでに長時間を要する。
マソンリー製開水路	維持管理は容易。粗度係数が大きくなり堆砂しやすいが、水質上、問題はない。	水路幅 0.50m 水路; 55 US\$/km (1.00)	

(単価は Nyanza-23 プロジェクト採用単価を適用)

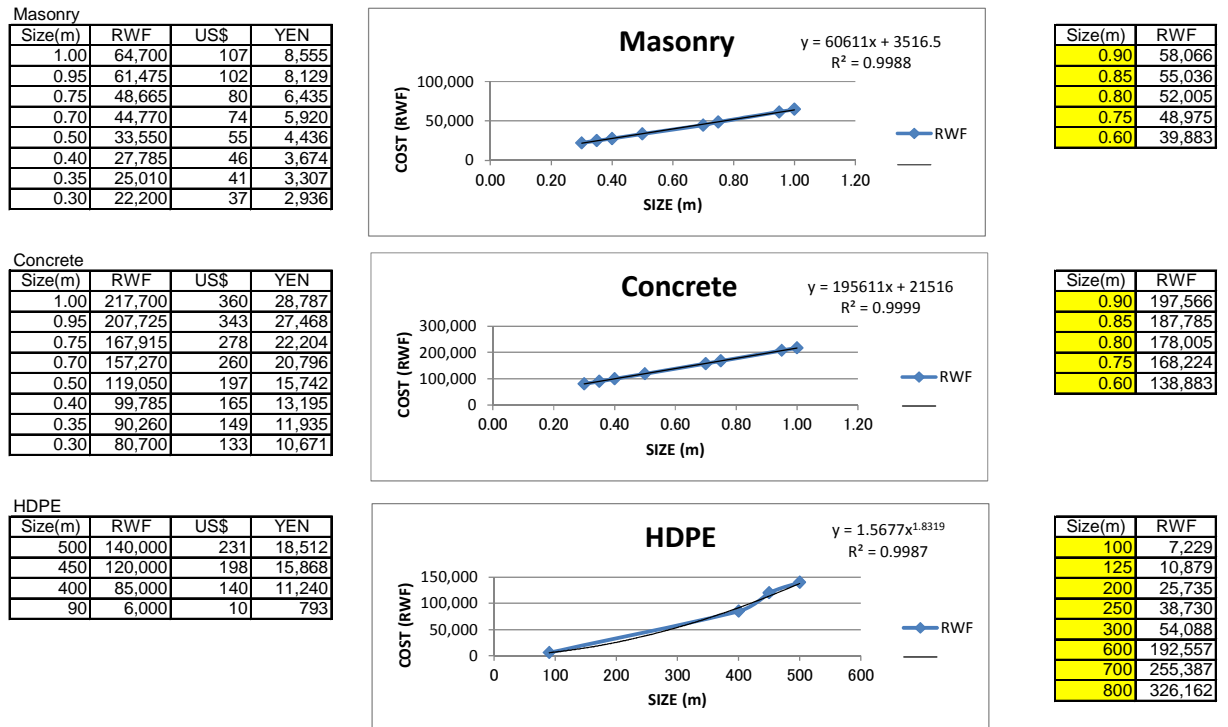


図 4-1-2-18 工種・規模別単価

(4) 水源施設の概略設計

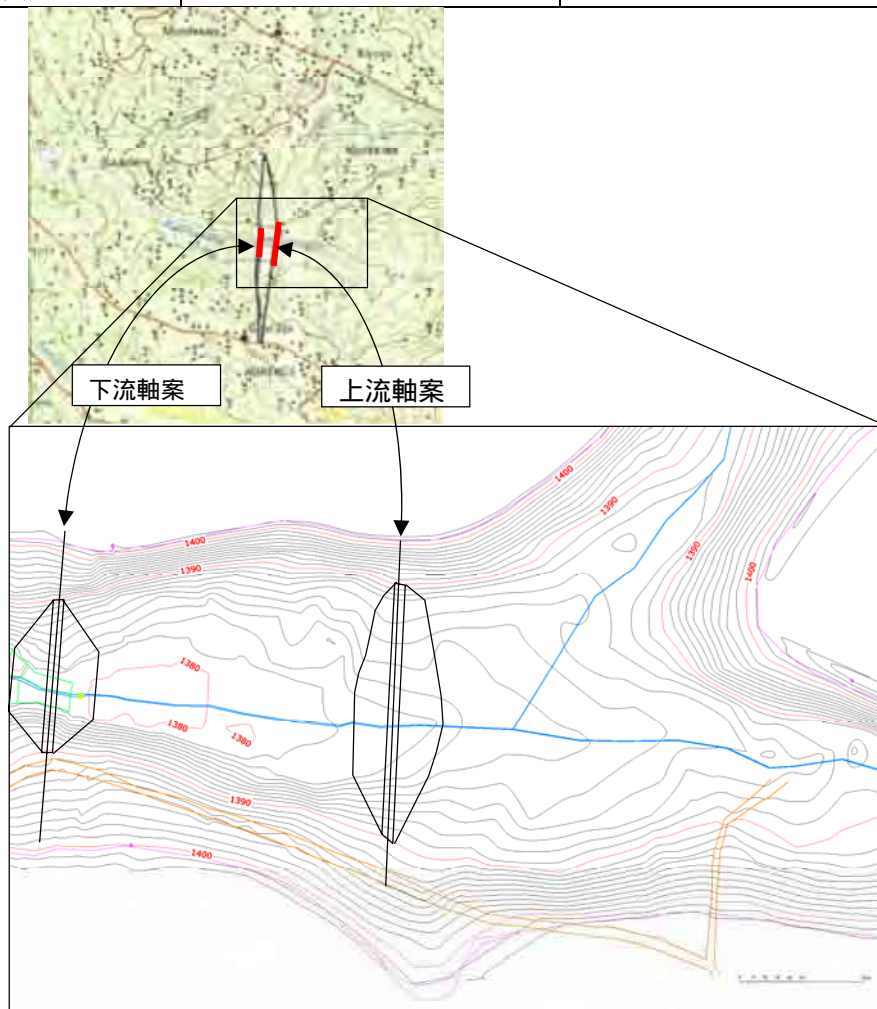
(a) 堤体

i) ダム軸の検討

本ダムサイトにおけるダム軸候補として、(図 4-1-2-19)の下流軸案、上流軸案が考えられるが、以下の検討結果より小さい堤体積で大きな貯水量を得ることができる下流軸案を採用する。

**表 4-1-2-9 ダム軸比較**

項目	上流軸案	下流軸案
流域面積	8.68 km <sup>2</sup>	8.8 km <sup>2</sup>
貯水池容量	400,000m <sup>3</sup>	600,000m <sup>3</sup>
ダム天端標高	同一条件で比較するとし、EL.1390m に設定する。	
堤頂長	225m	145m
堤体積	37,000m <sup>3</sup>	30,000m <sup>3</sup>
堤高	10.0m	11.5m



**図 4-1-2-19 ダム軸位置図**

ii) 設計洪水量

最大日雨量の超過確率計算 ; Gahororo 観測データ(1960年～1993年)について行った結果は次のとおりである。

表 4-1-2-10 最大日雨量・超過確率計算結果

生起年					生起年 確率値
T年		1/a・	平均Y +1/a・	x+b	x
2	0.0000	0.0000	1.6747	47.3	51.932
3	0.3045	0.0539	1.7285	53.5	58.175
4	0.4769	0.0844	1.7590	57.4	62.068
5	0.5951	0.1053	1.7799	60.2	64.900
6	0.6858	0.1213	1.7960	62.5	67.167
7	0.7547	0.1335	1.8082	64.3	68.946
10	0.9062	0.1603	1.8350	68.4	73.038
20	1.1630	0.2057	1.8804	75.9	80.578
50	1.4520	0.2568	1.9315	85.4	90.063
100	1.6450	0.2910	1.9656	92.4	97.048

設計洪水流量は、ダムの耐用年数（50年）及びダム下流に人家がない状況を踏まえ50年確率最大流量とする。50年確率日最大雨量は90.06mmである。この降雨に対する洪水ピーク流量を合理式により求める。

$$Q_A = (1/3.6) \cdot r_e \cdot A$$

$$r_e = f_p \cdot r$$

$Q_A$  ; 洪水ピーク流量(m<sup>3</sup>/sec)

$r_e$  ; 洪水到達時間内の有効降雨強度(mm/h)

$A$  ; 流域面積(km<sup>2</sup>),  $A=8.8 \text{ km}^2$

$f_p$  ; ピーク流出係数

$r$  ; 確率降雨強度(mm/h)

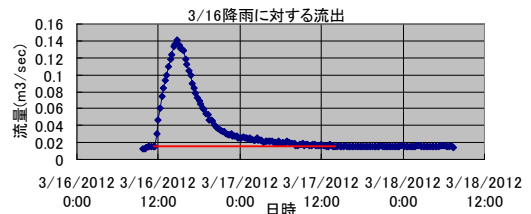


図 4-1-2-20 3月16日の降雨と流出

洪水到達時間は、現地での雨量観測・流量観測結果より安全側に 2.5 時間とする。

上記 90.06mm の雨が、安全側に考え全てこの 2.5 時間内に降ったとする。 $f_p$  は、3-1-1 より 4 月 24 日の日雨量；57.6mm に対する地表流出の流出率が 1.39%であることを踏まえ、2.5%とする。

$$r = 90.06/2.5 = 36.0 \text{ mm/h}$$

$$r_e = 0.025 \times 36 \text{ mm/h} = 0.9 \text{ mm/h}$$

$$Q_A = (1/3.6) \cdot r_e \cdot A = (1/3.6) \times 0.9 \times 8.8 = 2.2 \text{ m}^3/\text{sec}$$

設計洪水量は  $2.2 \text{ m}^3/\text{sec}$  を採用する。

本流量は、今回の調査期間中にダムサイトで観測された最大の日雨量 57.8mm（4 月 24 日；確率的にはほぼ 1/3 確率雨量に相当）に対する最大観測流量  $0.3 \text{ m}^3/\text{sec}$  の 7 倍強に相当する。

ここで、最大日雨量を観測した 4 月 24 日には、ダムサイトでは  $0.3 \text{ m}^3/\text{sec}$  が 1.3m の越流堰長を約 25cm の水深で流下していた。ダムサイトの河川敷は約 30m 弱で、この上では水稲が作付けされているが、この規模の洪水が発生した場合は、水田上にあふれはするものの、水田の遊水地的機能ともあいまって濁水が突進するような状態は生じないものと推測される。

## ii) 常時満水位および設計洪水位

### a) 常時満水位

常時満水位は、堰上げ水位（下流調整水槽へのサイホン送水水頭）に貯水池運用貯水容量を上乗せした水位として設定する。貯水池運用貯水容量は、3-3-1(3)の水収支計算結果より  $450,000 \text{ m}^3$  である。

4-1-2(2)の検討結果より、堰上げ 6.5m ダム案に対応し各水位は、死水位 EL.1386.5m、常時満水位 EL.1390.6m となる。

### b) 洪水吐越流水深

経済性を考慮し、越流水深=越流堰高とする。また、堰前面は直とする。 $P/H_d=1$  に対する流量係数  $C_d$  は、右のグラフより  $C_d=2.14$  である。

ここで、越流堰流量公式  $Q=C \cdot L \cdot H^{3/2}$  より、設計洪水量  $2.2 \text{ m}^3/\text{sec}$  流下時の越流堰長と越流水深の関係を求める。

下表の結果より、越流堰長 5m、越流堰高 0.35m、  
越流水深 0.35m とする。

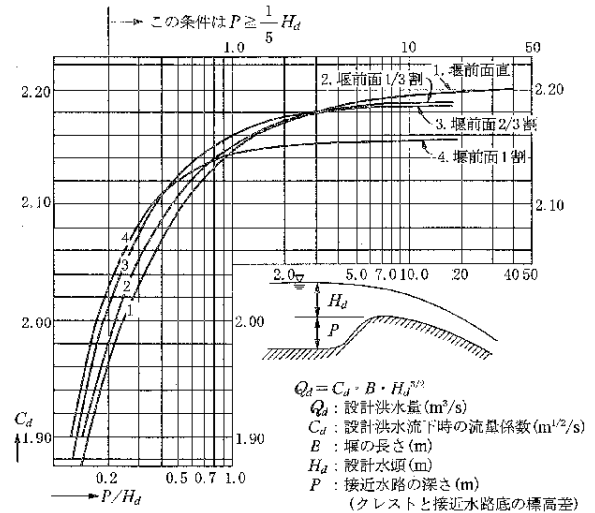


図 4-1-2-21 洪水吐越流水深

表 4-1-2-11 洪水吐越流水深結果

越流量(m <sup>3</sup> /sec)	越流係数	越流堰長(m)	越流水深(m)
2.2	2.14	3.0	0.490
2.2	2.14	4.0	0.404
2.2	2.14	5.0	0.348
2.2	2.14	6.0	0.308

以上より、設計洪水位は、EL.1390.6m+0.35m = EL.1390.95m となる。

iii) ダムタイプ及び堤体の余裕高

ダムタイプは、低ダムであること、不透水性堤体の幅広い底幅が基礎浸透流を抑制する上で効果を発揮することを考慮し、均一型を採用する。均一型の場合の堤体諸元は、数のように定義される。

- H<sub>1</sub> ; 貯水深
- FWL ; 常時満水位
- HWL ; 設計洪水位
- H<sub>2</sub> ; 最大水深
- h<sub>1</sub> ; 越流水深
- h<sub>2</sub> ; 余裕高
- B ; 堤頂幅
- H ; 堤高

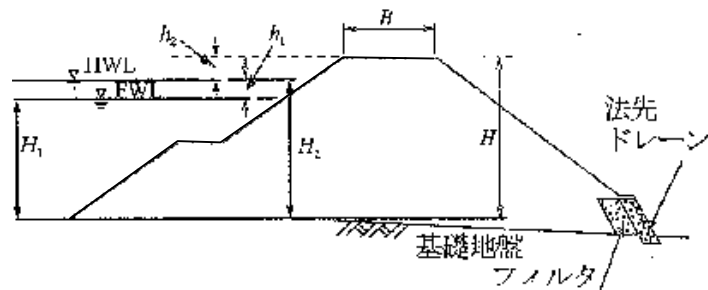


図 4-1-2-22 堤体諸元説明図

余裕高は次式により求める。

$$h_2 = 0.05 \cdot H_2 + 1.0 \quad (R \leq 1.0\text{m の場合})$$

$$h_2 = 0.05 \cdot H_2 + R \quad (R > 1.0\text{m の場合})$$

R は堤体斜面上への打ち上げ高を含む風波高であり、通常は(図 4-1-2-23)により求める。ただしルワンダは赤道無風帯に位置し、以下の Kigali の観測記録でも風速 10m 以上の風は吹いておらず、R は確実に 1.0m 以下となる。

よって余裕高は以下により 1.1m を採用する。

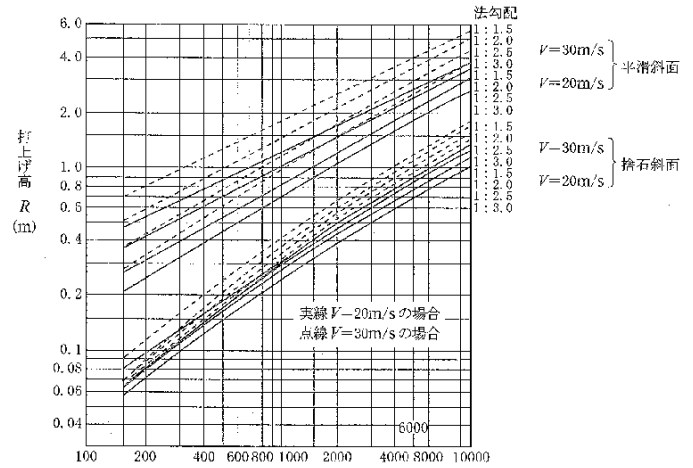


図 4-1-2-23 風波打ち上げ高

$$h_2 = 0.05 \cdot H_2 + 1.0$$

$$= 0.005 \times \{ \text{EL.1390.95mm}^{\text{設計洪水位}} - (\text{EL.1380m}^{\text{堤敷}} - 1.5\text{m}^{\text{基礎掘削}}) \} + 1.0\text{m}$$

$$= 1.06\text{m} \cong 1.1\text{m}$$

Kigali、1月の風速・風向の頻度(%) (データ数 8,056)

SPEED (m/s)	DIRECTION								TOT-V
	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	
1-2	5.6	5.2	4.8	9.2	2.2	2.7	4.9	6.9	41.6
3-5	4.3	4.3	2.8	4.6	.7	.5	1.1	4.0	22.2
6-7	.3	.4	.1	.1	.0	.1	.1	.3	1.3
8-10	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2
> 10	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0



iv) 堆砂量

ンゴマ-22 現況河川の川底には、ダムサイト橋梁部、合流地点部、下流堰上げ堰地点等で河川流量計測時に何度か川底に立ったが、ほとんど堆積物らしきものはない。大雨時の河川水も不透明・淡黄灰色を呈するが、特に顕著なにごりはない。流域の地表面はほとんど全てが植生に覆われており、礫質・ラテライト系地盤が地表部に現れていることが多いこともあり、ガリ浸蝕の発達程度も低い。

以上の状況から、種々提案されている算定式による計算結果で、最も少な目となる値を採用する。

堆砂量  $Q_{sd} = D \cdot A \cdot Y$

ここに、D ; 比堆砂量

A ; 流域面積 :  $A = 8.8 \text{ km}^2$

Y ; 耐用年数 : ルワンダ国で一般的に採用されている  $Y = 50$  年を採用する。

D に関し、Gresillons (フランス) ;  $D = 700(P/500)^{-0.22} \cdot A^{-0.1}$       P: 年降水量

$$= 700 \cdot (1000/500)^{-0.22} \cdot 8.8^{-0.1}$$

$$= 122.6 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$$

Gottshalk (USA) ;  $D = 260 \cdot A^{-0.1}$

$$= 260 \times 8.8^{-0.1}$$

$$= 209.2 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$$

Puech (West Africa);  $50 < D < 200 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$

$$D = 70 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$$

算定式	評価値	採用値
Gresillons	54,000 m <sup>3</sup>	30,000 m <sup>3</sup>
Gottshalk	92,000 m <sup>3</sup>	
Puech	30,000 m <sup>3</sup>	

以上より、計画堆砂量は 30,000 m<sup>3</sup> とする。

ここで、計画堆砂量 30,000 m<sup>3</sup> は、死水量 250,000m<sup>3</sup> に対し極めて小さく、また 50 年の供用期間を通じての総量であるため、ダムの運用上全く意味を持たないため、ダム計画上は死水量の内数として扱う。

iv) ダム天端標高および堤高

以上より、ダム天端高および堤高は以下のとおりとなる。

- ・ダム天端標高 = EL. 1390.95mm 設計洪水位 + 1.1m = EL.1392.05m
- ・堤高 = EL.1392.05m - (EL.1380m 堤敷 - 1.5m 基礎掘削) = 13.55m

v) 基礎処理工

基礎地盤は、透水性から半透水性を示す土質地盤と半透水性を示す風化岩地盤から成る。基礎地盤からの漏水量を抑制するために基礎処理工が実施される。基礎処理工法には、一般的な工法としてグラウチング工法とブランケット工法がある。前者は岩盤の亀裂をセメントミルクにより閉塞することにより抑制効果を得る方法であり、後者は基礎浸透流に長い浸透路長を与え動水勾配を小さくすることにより抑制効果を得る工法である。当ダムの基礎地盤は土質地盤および風化岩地盤より成っており、セメントミルクが入る亀裂が存在しないので、グラウチング工法は適用できない。

よって、当ダムではブランケット工法を基礎処理工法として採用する。

[検討基本式]

$$q_f = \frac{k \cdot h \cdot d}{x_r + x_d} \quad x_r = \frac{e^{2ax} - 1}{a(e^{2ax} + 1)} \quad a = \sqrt{\frac{k_1}{t \cdot k \cdot d}}$$

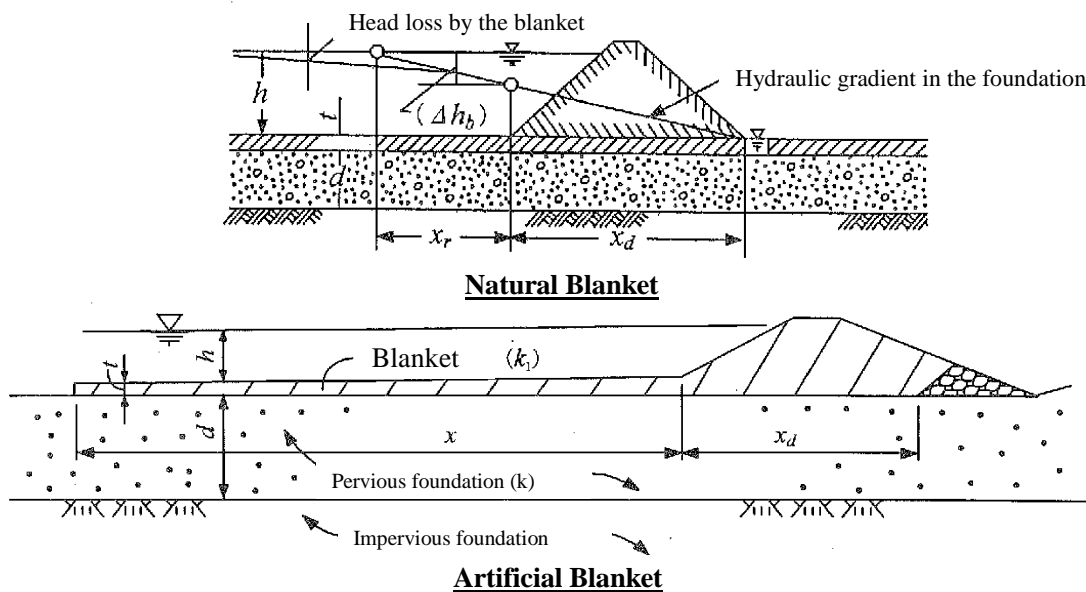


図 4-1-2-23 ブランケット工寸法説明図

ここに

- q<sub>f</sub>: 基礎地盤からの浸透水量 (m<sup>3</sup>/sec)
- h; 上下流の水位差 (m)
- x<sub>r</sub>; 有効浸透路長 (m)
- x<sub>d</sub>; 堤体底幅 (m)
- x; required length of the blanket (m)
- k; 基礎地盤の透水係数 (m/sec)
- k<sub>j</sub>; ブランケット及び堤体の透水係数 (m/sec)
- t; ブランケットの厚さ (m)
- d; 基礎地盤の厚さ (m)

[基礎地盤の透水性評価]

K=6.0×10<sup>-3</sup> と k=1.0×10<sup>-4</sup> では 60 倍の開きがある。よって、強風化岩層は上位層に対し相対的な不透水層と評価できるので、検討は平均的に k=6.0×10<sup>-3</sup>cm/sec の透水性を有する土質基礎部分に対し行う。

土質基礎の層厚は、ボーリング調査結果の河床部で考えることし、7.5m、1.5m の基礎掘削を考慮し 6m とする。

表 4-1-2-12 基礎地盤の透水性評価

Pit	Hole No.	Permeability coefficient	試験深度	地盤状態	透水係数平均値	BH-1(左岸アバット部)			BH-2(河床部)			BH-3(右岸アバット部)		
						深度	土相	透水係数	N値	土相	透水係数	N値	土相	透水係数
TP-1	No.1	3.6×10 <sup>-3</sup> cm/sec	1.7m	土質地盤	6.0×10 <sup>-3</sup> cm/sec	1.0	赤褐色砂 ～砂礫混 じり粘性土	1.5 Lu	N>50	3.2 Lu	12	黄褐色 砂礫混じり 粘性土	17	
	No.2	3.3×10 <sup>-2</sup> cm/sec	1.7m	土質地盤										
	No.3	2.3×10 <sup>-4</sup> cm/sec	3.4m	土質地盤										
	No.4	3.2×10 <sup>-3</sup> cm/sec	3.4m	土質地盤										
	No.5	8.5×10 <sup>-4</sup> cm/sec	5.1m	土質地盤										
	No.6	1.0×10 <sup>-3</sup> cm/sec	5.1m	土質地盤										
TP-2	No.1	2.2×10 <sup>-3</sup> cm/sec	1.0m	土質地盤	1.0 Lu	1.0	1.0 Lu	38	風化砂岩					
	No.2	4.3×10 <sup>-3</sup> cm/sec	1.0m	土質地盤										
TP-3	No.1	1.2×10 <sup>-2</sup> cm/sec	1.7m	土質地盤	1.0×10 <sup>-4</sup> cm/sec	1.0	1.0 Lu	N>50	Lu<1.0					
	No.2	1.0×10 <sup>-2</sup> cm/sec	1.7m	土質地盤										
	No.3	1.4×10 <sup>-3</sup> cm/sec	3.4m	土質地盤～										
	No.4	1.3×10 <sup>-3</sup> cm/sec	3.4m	強風化岩										
	No.5	1.1×10 <sup>-4</sup> cm/sec	4.2m	強風化岩										
	No.6	1.0×10 <sup>-4</sup> cm/sec	4.2m	強風化岩										

[ブランケット長 : x]

ブランケット厚 1.0m, 1.5m, 2.0m, 2.5m について、x を仮定して試算する。

試算結果は(表 4-1-2-13)のとおりとなり、(図 4-1-2-24)に総括される。許容漏水量を日当たり総貯水量の 0.05% に設定すると、許容漏水量は

$$700,000\text{m}^3 \times 0.05 / 100 = 350\text{m}^3/\text{day}$$

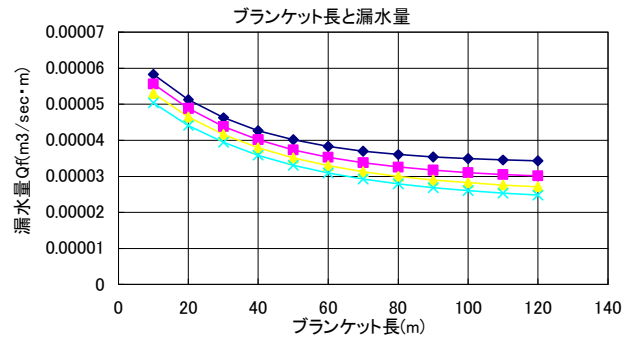


図 4-1-2-24 ブランケット長と漏水量

これに照らし、ブランケット厚 2m、ブランケット長 50m を採用する。

ブランケット厚 t=2m, ブランケット長 50m のときの単位幅当たり漏水量は、

$$qf = 3.51 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec} = 3.51 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{sec} \times 86400 \text{sec}/\text{day} = 3.0 \text{m}^3/\text{day}$$

堤体縦断に渡って評価すると、(前項 ; 河床部、後項 ; 両アバット部) 日当たり許容漏水量 300m<sup>3</sup>/day にほぼ等しい。

$$Q = 3.0 \text{m}^3/(\text{day} \cdot \text{m}) \times 29\text{m} + (1/2) \times (182\text{m} - 29\text{m}) \times 3.0 \text{m}^3/(\text{day} \cdot \text{m}) = 316.5 \text{m}^3/\text{day} < 350 \text{m}^3$$

表 4-1-2-13 ブランケット長さ/厚と漏水量計算

t(m)	k	d(m)	k1	a	x(m)	e2ax	xr(m)	qf(m3/sec)
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	10	1.395612	9.908425	5.82861E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	20	1.947734	19.29076	5.12697E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	30	2.718282	27.72703	4.62623E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	40	3.793668	34.96698	4.26846E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	50	5.29449	40.93571	4.01262E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	60	7.389056	45.69565	3.82958E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	70	10.31226	49.39204	3.69856E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	80	14.39192	52.20370	3.60475E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	90	20.08554	54.30890	3.53757E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	100	28.03162	55.86658	3.48945E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	110	39.12128	57.00907	3.45498E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	120	54.59815	57.84165	3.43029E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	10	1.312804	9.938725	5.5636E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	20	1.723455	19.52038	4.88164E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	30	2.262559	28.43742	4.3818E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	40	2.970297	36.46747	4.01188E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	50	3.899419	43.48739	3.73614E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	60	5.119174	49.46685	3.52951E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	70	6.720474	54.44838	3.37405E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	80	8.822667	58.52242	3.25674E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	90	11.58244	61.80417	3.16801E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	100	15.20547	64.41557	3.10079E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	110	19.96181	66.4734	3.04979E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	120	26.20595	68.08259	3.01106E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	10	1.265797	9.953959	5.29999E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	20	1.602243	19.63768	4.64441E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	30	2.028115	28.80949	4.15735E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	40	2.567183	37.27868	3.79032E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	50	3.249533	44.91769	3.51075E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	60	4.11325	51.66343	3.29606E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	70	5.206542	57.50979	3.13017E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	80	6.590427	62.49496	3.00136E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	90	8.342145	66.68722	2.90097E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	100	10.55946	70.17172	2.82251E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	110	13.36614	73.03993	2.76103E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	120	16.91883	75.38201	2.71278E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	10	1.234688	9.963127	5.03694E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	20	1.524455	19.70888	4.41048E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	30	1.882227	29.03844	3.94123E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	40	2.323963	37.78688	3.58369E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	50	2.86937	45.83279	3.30772E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	60	3.542778	53.10167	3.09257E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	70	4.374226	59.5634	2.92353E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	80	5.400805	65.22571	2.78989E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	90	6.668311	70.12538	2.68374E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	100	8.233285	74.31913	2.5991E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	110	10.16554	77.87527	2.5314E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	120	12.55127	80.86694	2.47712E-05

## vi) 堤体標準断面および地山ブランケット標準断面

ダム天端幅は、余裕高が小さく、満水面がダム天端標高付近まで上昇することを考慮し広い目に与えることとし、6mとする。

上流斜面勾配、下流斜面勾配は、ダムの安定性確保および広い堤体底幅による浸透流抑制効果を考慮し、上流 1:3.0、下流 1:2.5 とする。

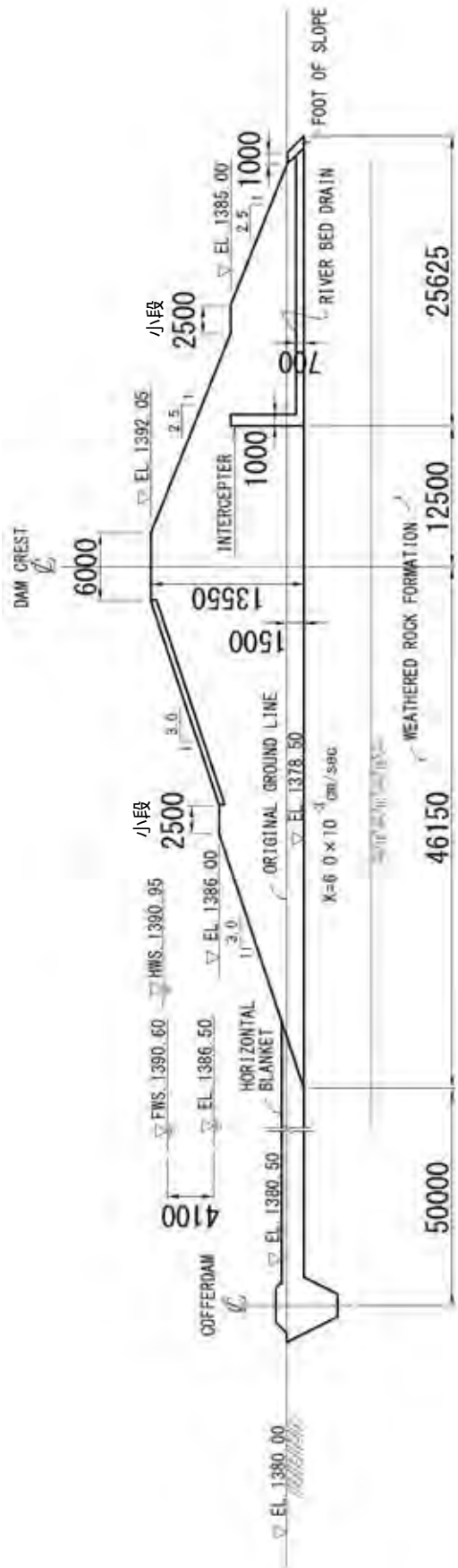
堤体上流法先より 50m の位置に仮締め切り堤を設ける。仮締め切り堤の高さは 2m とする。その基礎部は地盤中に 3m 根入れして地下水流を遮断し、後背の水平ブランケット施工時のドライワーク確保への効果を期待する。

堤体上流斜面には、EL.1386.0m の位置に小段を設ける。貯水位の上昇・下降が生じる小段よりも上位の斜面は、リップラップにより保護する。

堤体内下流側に立ち上がりドレーンを設け、浸潤線を捕捉することにより下流法尻部の飽和化を防止する。また、堤敷ドレーンを幅広く設置し、基礎浸透流の集中的浸出を防ぐ。法尻は石積み工（法尻工）により固める。下流斜面には、維持管理を考慮し EL.1385.0m の位置に小段を設ける。下流斜面は植生工により保護する。

ダム天端は、雨水の浸蝕防止および蟻の侵入を防ぐことを目的に、ソイルセメントにより保護する。

地山ブランケット工は、盛土斜面の安定性および斜面の浸蝕防止の観点から、堤体上流斜面と同じ構造とする。天端幅および地山側掘削勾配は、後背から地下水によるバックプレッシャーが働いた際の安定性を考慮し、作用水深の約 50% の盛土厚を与えることを目安に、幅 4m、勾配 1:2.5 とする。



Typical cross-section of slop blanket

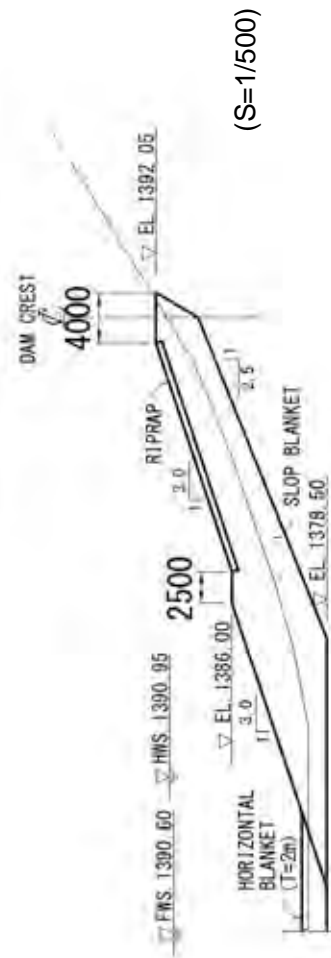


図 4-1-2-25 標準断面図



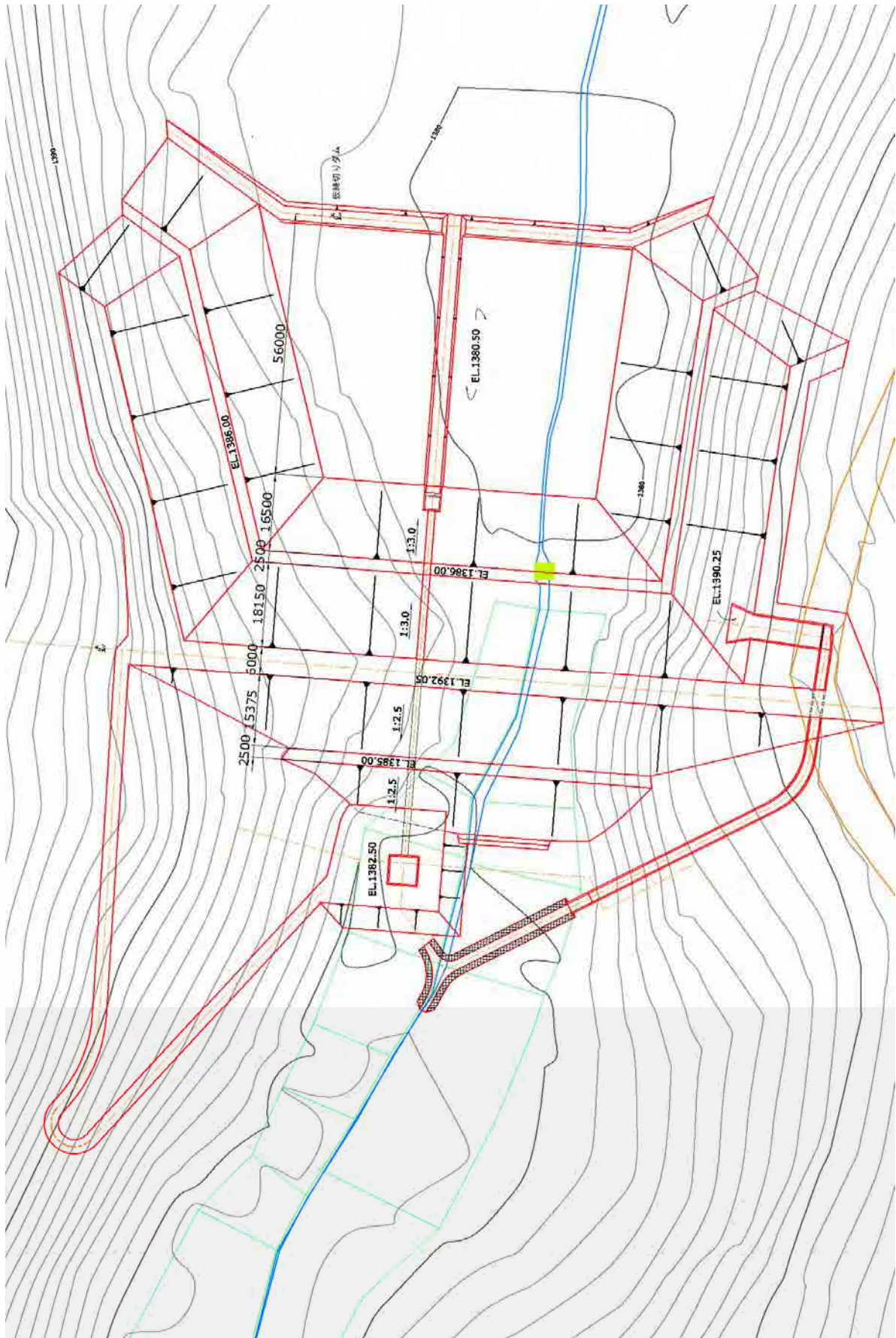


図 4-1-2-26 一般平面図

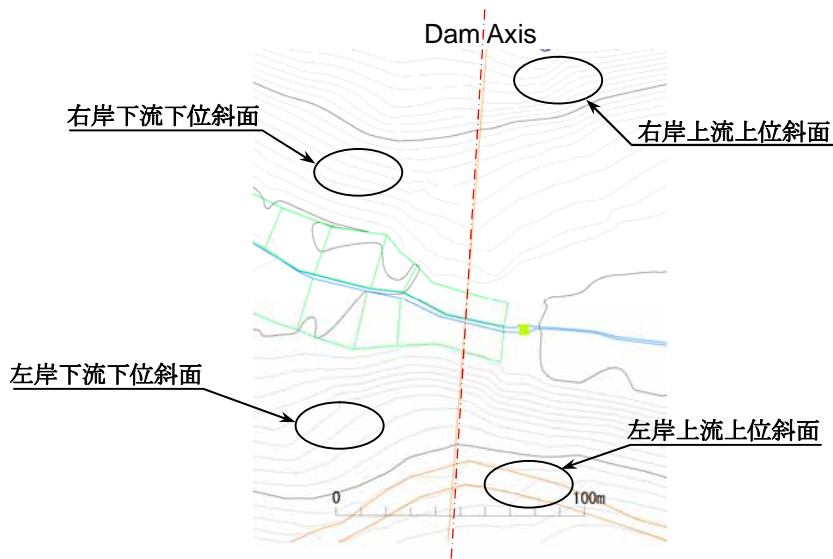
(b) 洪水吐

i) 設置位置

洪水吐は、流入部、取り付け水路部、急流部、静水池部からなる。設置位置を左右岸部の地形的特徴の観点から比較すると(表 4-1-2-14)のとおりとなり、左岸側が適す。

**表 4-1-2-14 洪水吐の設置位置**

斜面位置 サイド	上流側上位斜面	下流側下位斜面
左岸側	緩勾配である。洪水吐流入部～取り付け水路部設置に伴う掘削土量が少なく、切り土斜面規模も小さくなる。	緩勾配である。洪水吐急流部設置に伴う掘削土量が少なく、切り土斜面規模も小さくなる。
右岸側	急勾配である。洪水吐流入部～取り付け水路部設置に伴う掘削土量が多くなり、切り土斜面規模も大きくなる。	急勾配である。洪水吐急流部設置に伴う掘削土量が多くなり、切り土斜面規模も大きくなる。



**図 4-1-2-27 洪水吐の設置位置**

## ii) 洪水吐型式

当ダムでは斜面ブランケットが施工され、流入水路部が斜面ブランケット上に設置される。このため洪水流が斜面と直方向に導水されるので、横越流型洪水吐を採用する。

表 4-1-2-15 洪水吐型式

Spillway type	Flow condition		Capacity to floods, etc.	
	Adjustment section	Transition section	Discharge capacity to floods	Foundation of the structure
Channel flow-in type	From the front	Unsteady flow condition	Very small	Ground or embankment
Front weir type	From the front over the weir	Flow down in the channel in the critical flow condition	Small to medium	Ground or embankment
Side weir type	From the side over the weir		Medium to large	Ground

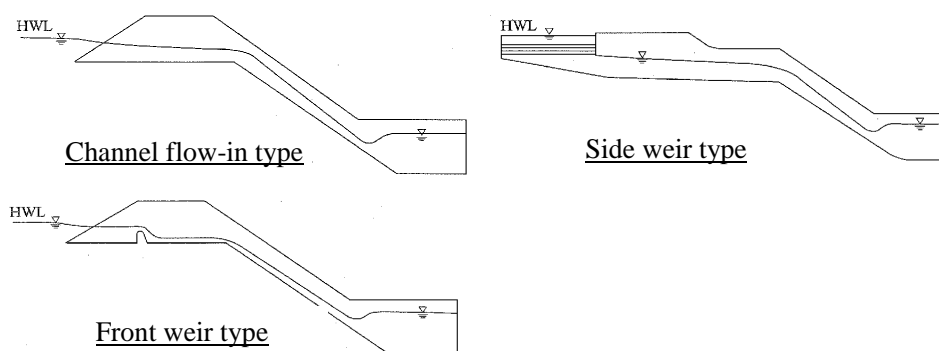


図 4-1-2-28 洪水吐の形式

## iii) 貯留効果

雨量観測・河川流量観測の結果から、当地区の洪水は次の特徴を持っている。

- ①洪水としての直接流出の割合(Run-off ratio)が非常に小さい。
- ②洪水到達時間が短い。
- ③洪水ピークの立ち上がりが急である。

②, ③については、貯水池の流域が扇形浸蝕地形を呈する2つの谷からなり、斜面に降った雨が集水された形で流出することに起因するものと推測される。

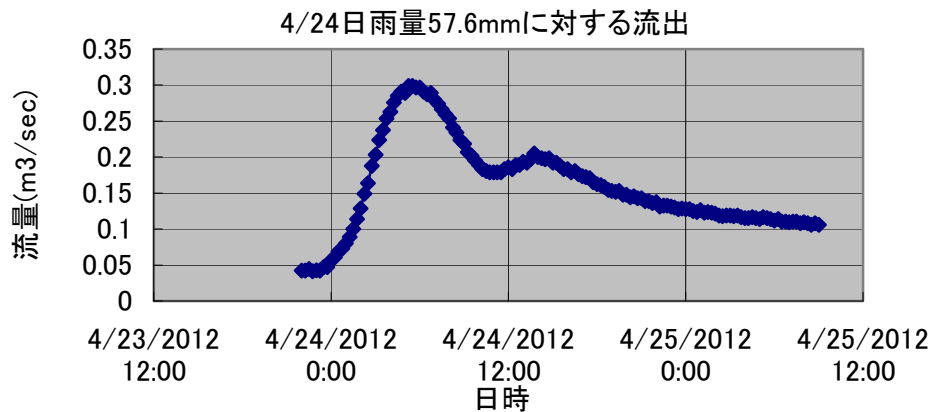


図 4-1-2-29 4月24日の雨量に対する流出量

よって安全側に考え、洪水ピークが一举に洪水吐に到達するとみなす。洪水により貯水位が徐々に上昇し、その間洪水吐から洪水が排出されるとする現象（貯留効果）は考慮しない。

日本では、小規模ため池で貯水池面積が流域面積の 1/40 (=0.025) 以上になる場合にのみ、貯留効果を考慮することが認められている。本貯水池の場合は、流域面積  $8.8\text{km}^2=8.8 \times 10^6\text{m}^2$  に対し、貯水池常時満水位の面積は約  $150,000\text{m}^2$  である。その比は  $(1.50 \times 10^5)/(8.8 \times 10^6)=0.017$  ( $<0.025$ ) であり、日本の流儀に従えば、貯留効果を認めることはできない。

iv) 設計洪水量、越流堰長、越流水深

前項(4) (a) での結果より、越流堰長 5m、越流堰高 0.35m、越流水深 0.35m とする。

v) 平面線形、縦断線形

平面線形は、斜面ブランケット工、堤体との位置関係、下流河川へのスムーズな取り付けを考慮し、右図のとおりとする。

また、本路線に対する縦断線形を(図 4-1-2-30)のとおり計画する



図 4-1-2-30 洪水吐一般平面図

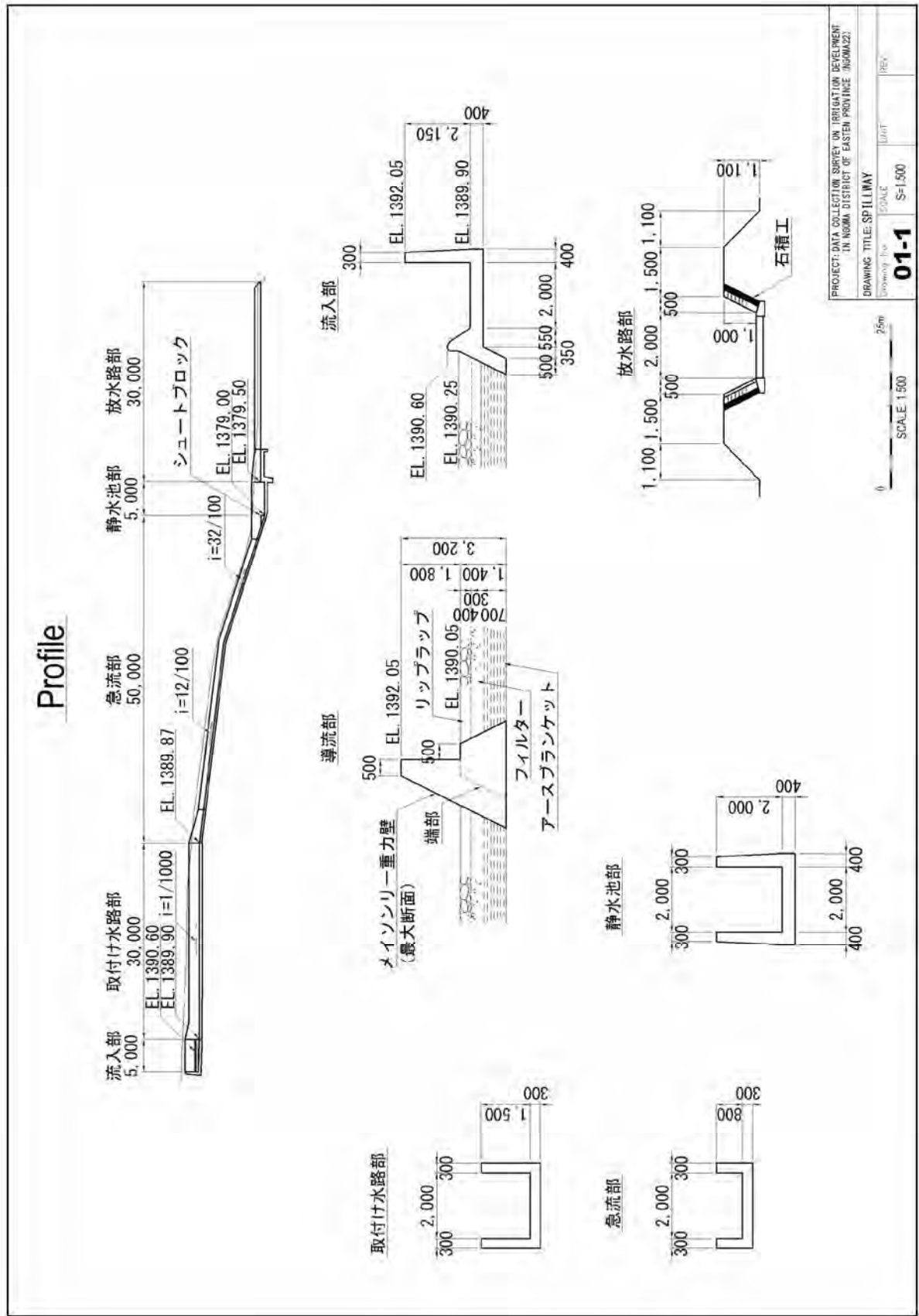


図 4-1-2-31 洪水吐一般図



## (5) 補助水源施設の概略設計

## (a) 基本的考え方

現時点では、地下水流出の季節変動は小さいとの仮定のもとに以下の通り計画する。

- ・現地踏査で確認されている湧水地点，小水流，湿地等の下流を締め切る。
- ・基礎地盤透水層を掘削し、掘削土の含水比を調整し適切な転圧を行うことにより難透水性としたもので掘削部を埋め戻す。
- ・粘板岩風化層が、地盤に比べ1オーダー透水性が低いことをダムサイトでの現場透水試験で確認しているため、転圧埋め戻し土を風化岩盤層に根入れする。
- ・これにより地盤内の地下水流をせき止め、地下水位を上昇させることにより、地下水がせき止め地点上流で地表部に現れるようにする。
- ・地表部に出現した地下水および地表水をせき止めるために堰を設ける。
- ・堰は経済性、埋め戻し土上に乗る構造物となることを考慮し、ソイルセメントとし、荷重分散を図るために幅広い底幅を与える。
- ・ソイルセメントの表面をマソンリーで被覆し、浸蝕から守る。
- ・大雨時の流入地表水を排除するために、中央に水とおしを設ける。
- ・土砂の流入による堆砂を防ぐために、上流端に沈砂池を設ける。

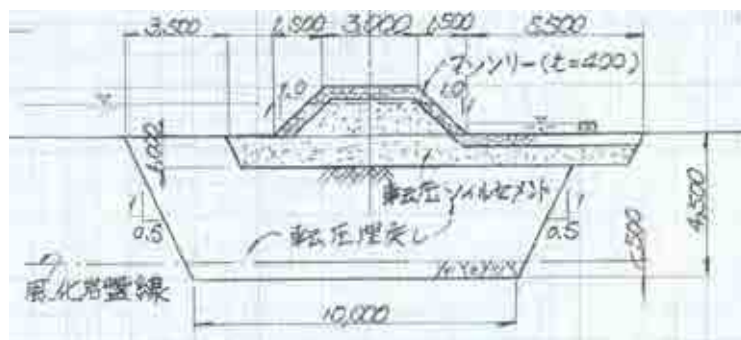


図 4-1-2-32 せき止め工標準断面図

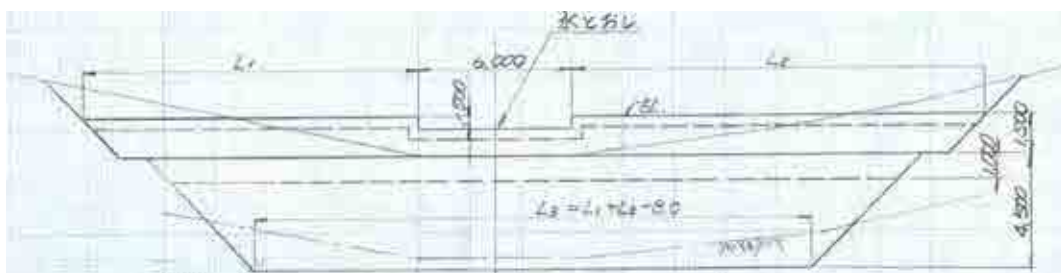


図 4-1-2-33 せき止め工正面図



(b) 各谷の地下水せき止め工

潤れ谷および右岸下流の谷については、用水路配置計画との関係上、用水路調整池を兼用させる。調整池の容量確保上、掘り込み池（最大掘削深3 m）として設計する。合流点下流の谷については、運用上必要な貯水池容量を考慮するのみでよいので、掘り込み池とはなるが掘削深は最大1m程度である。

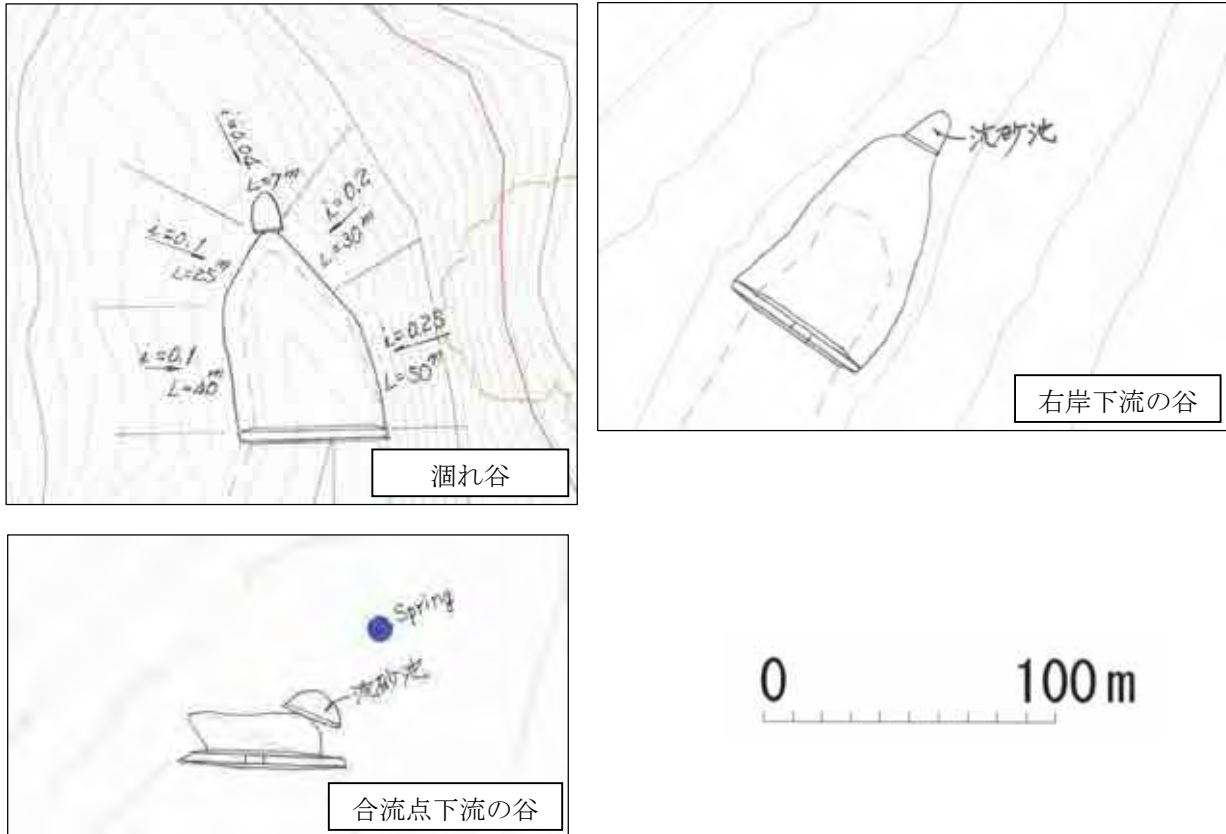


図 4-1-2-34 地下水せき止め工

表 4-1-2-16 地下水せき止め工

谷	天端標高	堤頂長	L1	L2	L3	貯水量
潤れ谷	EL.1397.0	35.5m	13.2m	16.3m	21.5m	1,300m <sup>3</sup>
右岸下流の谷	EL.1378.0	51.0m	24.0m	21.0m	37.0m	3,000m <sup>3</sup>
合流点下流の谷	EL.1370.5	53.0m	19.0m	28.0m	39.0m	470m <sup>3</sup>

(6) 取水施設の概略設計

i) 取水施設計画

取水施設の形式は、次の案が考えられる。

表 4-1-2-17 取水施設比較

	第1案	第2案
イメージ図		
説明	底樋に幹線用水路をパイプで連結し、左右岸の開水路幹線用水路以下の斜面を重力灌漑し、用水路路線上に揚水ポンプを設置して上位斜面のポンプ灌漑する案	底樋から、現況河川沿いにパイプラインを配置して、左右岸へパイプラインで圃場へ配水する案

【第2案】は【第1案】に比べて幹線水路の施工延長が半分となるが、パイプラインの延長が長くなる。パイプラインは、開水路と比べ施工費が4倍以上であるため、経済的に不利である。また、現況河川沿いにパイプラインを布設するためには、管理用道路兼仮設道路を設置する必要があるが、1)水田面積の縮小、2)軟弱地盤対策に工事費が高むことから、今回の業務では【第1案】を選択する。

a) 底樋

流量調整の操作・運用性の容易さ、Nyanza23でも採用されている、底樋に幹線用水路をパイプで連結し、左右岸の開水路幹線用水路以下の斜面を重力灌漑し、用水路路線上に揚水ポンプを設置して上位斜面のポンプ灌漑を行う、底樋取水とする。

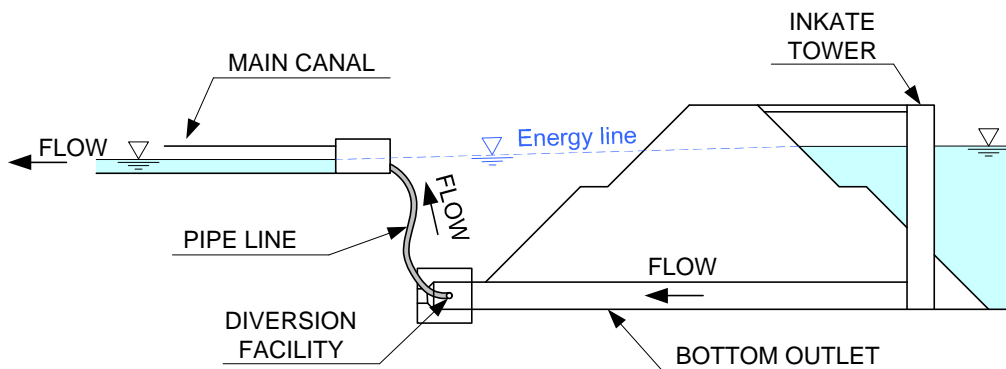


図 4-1-2-35 幹線用水路への分水イメージ

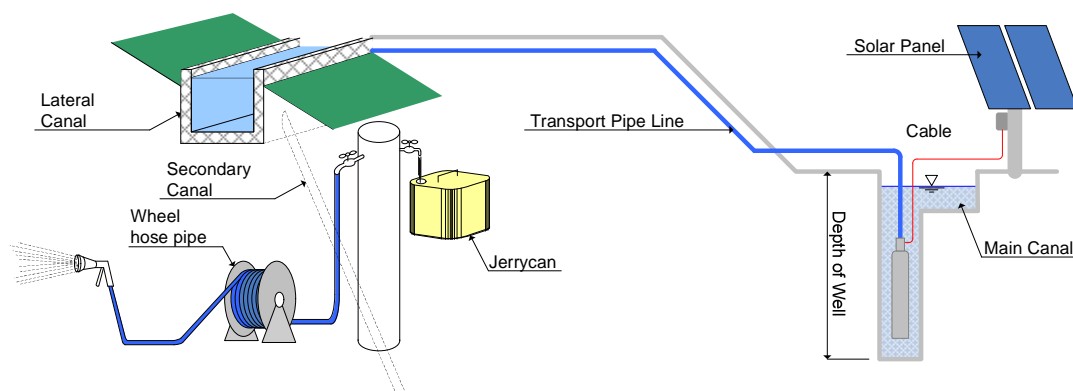


図 4-1-2-36 ポンプ灌漑のイメージ

b) 取水部

取水部は、「取水塔」、「斜樋」の形式が考えられ、1)施設構造が簡単であり維持管理が容易、2)堤体への影響が小さく、沈下に対して有利であることから、「取水塔」型式とする。

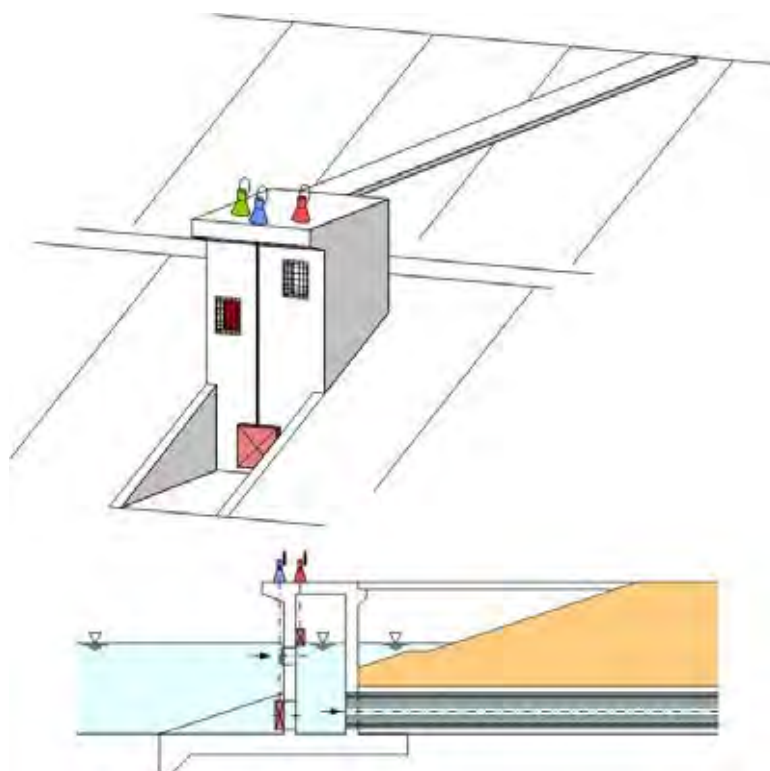


図 4-1-2-37 取水部施設イメージ

## ii) 設計条件

本設計における底樋の設計流量は、仮排水時(乾期)の基底流量 0.015 m<sup>3</sup>/s と計画用水量 0.234 m<sup>3</sup>/s である。

ここで、底樋としては基底流量を流化させる能力を有していればよいため、本稿では仮排水時の流量 0.015 m<sup>3</sup>/s で検討する。(なお、計画用水量 0.234 m<sup>3</sup>/s に対する流下能力は、後述のパイプラインの水力計算で検討した。)

設計流量 (底樋) :  $Q=0.015 \text{ m}^3/\text{s}$

## iii) 水力計算

底樋の水力計算は、マンニング公式により計算する。

表 4-1-2-18 粗度係数

$$Q = V \cdot A$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ここに、

$Q$  : 流量(m<sup>3</sup>/s)

$V$  : 平均流速(m/s)

$R$  : 径深(m) =  $A/P$

[ $A$  : 通水断面積(m<sup>2</sup>),  $P$  : 潤辺長(m)]

$I$  : 水路勾配

$n$  : 粗度係数

水路の材料と状態	粗度係数		
	最小値	標準値	最大値
コンクリート(現場打フルーム, 暗渠等)	0.012	0.015	0.016
" (吹付け)	0.016	0.019	0.023
" (既製フルーム, 管等)	0.012	0.014	0.016
" (鉄筋コンクリート管)	0.011	0.013	0.014
コンクリートブロック積	0.014	0.016	0.017
セメント(モルタル)	0.011	0.013	0.015
鋼(ロックバー及び溶接)	0.010	0.012	0.014
" (リベット)	0.013	0.016	0.017
平滑な鋼表面(塗装なし)	0.011	0.012	0.014
平滑な鋼表面及び管(塗装)	0.012	0.013	0.017
波形表面(鋼板)	0.021	0.025	0.030
鑄鉄(塗装なし)	0.011	0.014	0.016
鑄鉄板及び管(塗装)	0.010	0.013	0.014
塩化ビニル管		0.012	
強化プラスチック管		0.012	
陶管	0.011	0.014	0.017
アースライニング		0.025	
アスファルト(滑面)		0.014	
" (粗面)		0.017	
石工(粗石練積)	0.017	0.025	0.030
" ( " 空積)	0.023	0.032	0.035
全断面無ライニングの岩トンネル	0.030	0.035	0.040
底面だけコンクリートを打った無ライニングの岩トンネル	0.020	0.025	0.030
草生被覆(芝張)	0.030	0.040	0.050

底樋の最小管径は、「ため池 指針 3.5.3 底樋の設計 P.105」より、維持管理を考慮して最小管径のφ800mmとする。管種は、Nyanza-23で採用されている鋼管とする。また、計画勾配は、現地地形勾配及び施工上の限界勾配から  $I=1/1,000$  とする。

## ・ 仮排水時の等流計算結果

水深 d (m)	流量 Q (m <sup>3</sup> /s)	流速 V (m/s)	流積 A (m <sup>2</sup> )	潤辺 P (m)	径深 R (m)	Fr 数	粗度係数 n
0.100	0.015	0.415	0.036	0.577	0.063	0.507	0.012

以上の結果から、構造・水理的に問題のない、鋼管φ800mmを採用する。

(7) 用水路／末端灌漑施設の概略設計

幹線用水路は、取水施設からパイプラインによって分水される。したがって、圧力水頭をもったパイプラインの水力計算を行う。また、開水路は、マンニング公式で水力計算を行う。

i) 設計条件

設計流量	底樋	:	$Q=0.234 \text{ m}^3/\text{s}$ ( $Q=Q1+Q2+Q3$ )
	水田	:	$Q1=0.058 \text{ m}^3/\text{s}$
	右岸	:	$Q2=0.116 \text{ m}^3/\text{s}$
	左岸	:	$Q3=0.060 \text{ m}^3/\text{s}$
ダム取水位 最低取水位		:	LWL=1387.5 m
幹線用水路 底高		:	WL=1387.0 m
灌漑用水通水時間		:	8.5 時間/日 (ソーラーポンプ性能曲線条件より)
ha 当り用水量		:	

表 4-1-2-19 ha 当り用水量

項目	数値	備考
灌漑必要用水量( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ )	0.000317	CROPWAT8.0 の計算値
水運搬係数( $ec$ )	95%	FAO Annex I: Irrigation efficiencies
水運用係数( $ea$ )	90%	同上
灌水面積率( $Kw$ )	70%	※
作物必要用水量( $CWR$ ) ( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ )	0.000733	$0.000317 \times (24\text{hr}/8.5\text{hr}) \times 1 / (95\% \times 90\%) \times 70\%$

※ PROJECT ON DEVELOPMENT OF EFFICIENT IRRIGATION TECHNIQUES AND EXTENSION IN SYRIA (JICA) August,2007 DESIGN STANDARD OF EFFICIENT IRRIGATION SYSTEM AND ON-FARM IRRIGATION MANAGEMENT p.37,p.51

III.4.2 - Crop water requirement (CWR)

ET<sub>a</sub>: Evapotranspiration (mm/d)  
 ET<sub>crop</sub>: Crop water requirement (mm/d)  
 CWR: Crop water requirement (mm/d)  
 IWA: Irrigation water amount (mm/d)

ET<sub>a</sub> = ET<sub>ref</sub> × K<sub>e</sub>  
 ET<sub>crop</sub> = ET<sub>a</sub> × K<sub>c</sub>  
 CWR = ET<sub>crop</sub> - ET<sub>a</sub>  
 IWA = CWR × K<sub>w</sub>

Crop water requirement (CWR) is defined as the depth of water that is equivalent to the water amount consumed by crop-transpiration. It can be estimated according to the following procedure.

- Reference evapotranspiration (ET<sub>ref</sub>) is calculated with the calculation equations such as Hargreaves-Claiborne, Pan evaporation or Penman-Monteith method from meteorological data.
- The crop factor including the variety and growing stage should be calculated when estimating crop evapotranspiration (ET<sub>crop</sub>). Differences in evapotranspiration between the proposed crops and the reference grass are integrated into crop coefficient (K<sub>c</sub>). Crop evapotranspiration (ET<sub>crop</sub>) is calculated by multiplying ET<sub>ref</sub> by crop coefficient (K<sub>c</sub>).
- A certain amount of water is lost by evaporation, seepage, deep percolation, etc. during the irrigation process. These should be considered when estimating crop water requirement (CWR). Difference between the water amount consumed by crop growing and the water amount to be supplied from water sources is expressed by application coefficient (E<sub>a</sub>). Crop water requirement is calculated by dividing crop evapotranspiration (ET<sub>crop</sub>) by application coefficient (E<sub>a</sub>).
- Micro irrigation forms the localized wet area which differs from the whole area area formed by sprinkler irrigation. This difference should be considered when estimating irrigation water amount (IWA). The ratio of wet area to whole area can be expressed by wet area coefficient (K<sub>w</sub>). Irrigation water amount (IWA) is calculated by multiplying crop water requirement (CWR) by wet area coefficient (K<sub>w</sub>).

The shape of wet area is different depending on the irrigation method and the arrangement of the emitters and so on. Sprinkler and surface irrigation create whole wet area. On the contrary, GE and Micro irrigation create localized wet area. GE irrigation method forms the partial wet areas with a certain width along the drip tubes, and Micro irrigation forms the isolated wet area around trees.

The ratio of wet area to whole area is expressed by wetting area coefficient (K<sub>w</sub>). In case of surface irrigation and sprinkler irrigation, K<sub>w</sub>-value is 100%. On the other hand, K<sub>w</sub>-value of GE irrigation varies from 70 to 100% according to the spacing of the drip tubes, the discharge of the drippers and soil type. K<sub>w</sub>-value of Micro irrigation varies 40 to 70 % in accordance with spacing of the trees, specification of the emitters and soil type as well.

III.4.3 - Wetting area coefficient (K<sub>w</sub>)

III.4.3 - Wetting area coefficient (K<sub>w</sub>)

Figure 4.3 Wetting area coefficient K<sub>w</sub>

Irrigation method	K <sub>w</sub> (%)	Remarks
Surface irrigation	100	
Sprinkler irrigation	100	
GE irrigation	70-100	GE: Drip tube
Micro irrigation	40-70	Micro emitter, Micro emitter

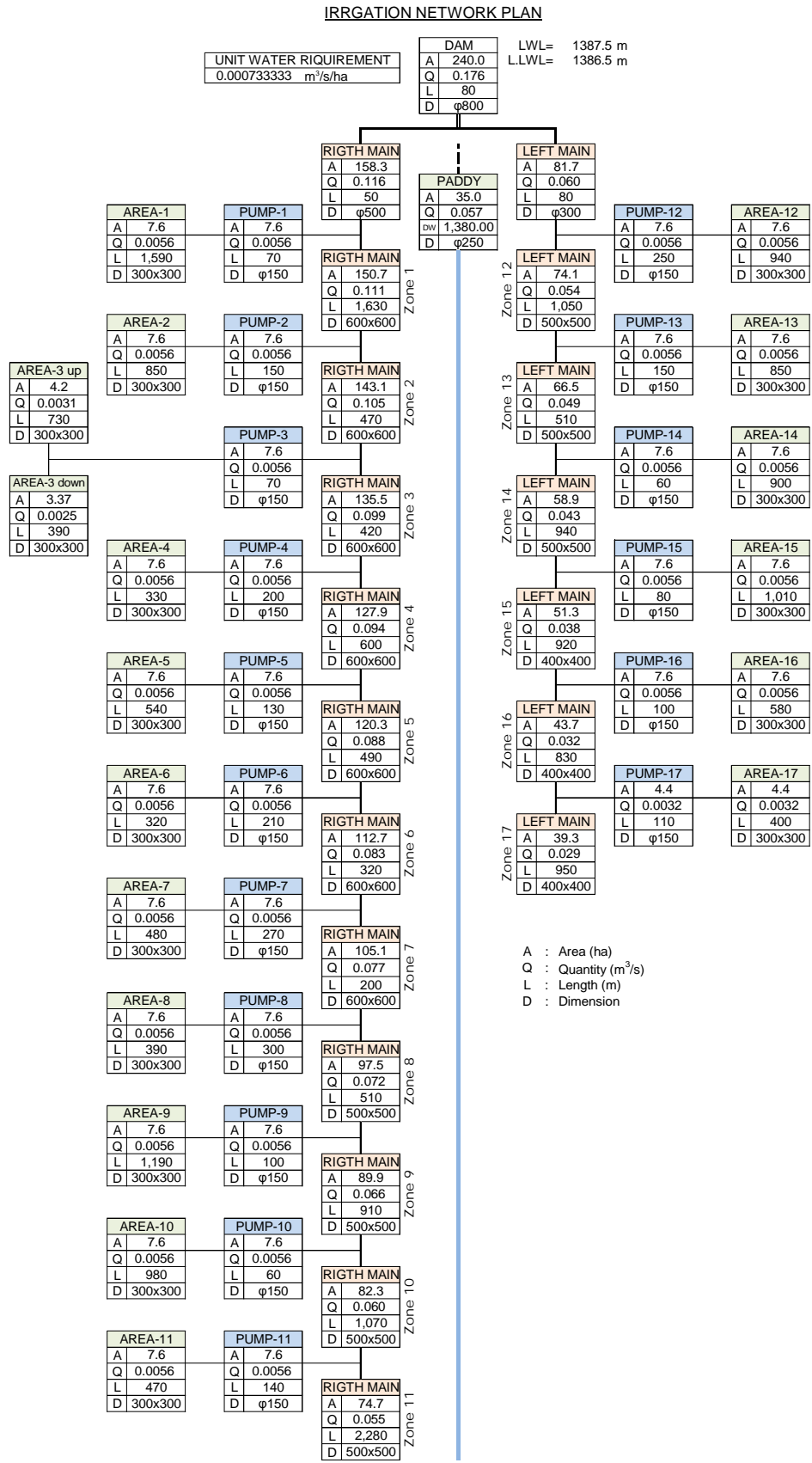


図 4-1-2-38 計画用水系統図







## ii) 水理計算

## a) パイプライン

## ・ 摩擦損失水頭

パイプラインの摩擦損失水頭はヘーゼン・ウィリアムス (Hazen Williams) 公式を用いて算定するものとする。また、最小許容流速は、浮遊土砂の堆積がないように  $V=0.3 \text{ m/s}$  以上、最大許容流速は、望ましい値である  $V=2.0 \text{ m/s}$  以下とする。

$V=0.849 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54}$  から、円形管について次式が誘導される。

$$V = 0.355 \cdot C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54}$$

$$Q = 0.279 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54}$$

$$D = 1.626 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.21}$$

$$I = h_f/L = 10.67 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$$

$V$  : 平均流速 (m/s)

$D$  : 管径 (m)

$C$  : 流速係数 (下表の標準値を用いる)

$h_f$  : 摩擦損失水頭 (m)

$R$  : 径深 (m)

$Q$  : 流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$I$  : 動水勾配

$L$  : 管路長 (m)

表 4-1-2-20 流速係数  $C$  の値

管 種 (内面の状態)	流 速 係 数 (C)		
	最 大 値	最 小 値	標 準 値
鋳鉄管 (塗装なし)	150	80	100
鋼管 ( " )	150	90	100
コー尔特ール塗装管 (鋳鉄)	145	80	100
タールエポキシ塗装管 (鋼) *			
$\phi$ 800 以上	-	-	130
$\phi$ 700~600	-	-	120
$\phi$ 500~350	-	-	110
$\phi$ 300 以下	-	-	100
モルタルライニング管 (鋼、鋳鉄)	150	120	130
遠心力鉄筋コンクリート管	140	120	130
ロール転圧鉄筋コンクリート管	140	120	130
プレストレスコンクリート管	140	120	130
石綿セメント管	160	140	140
硬質塩化ビニル管**	160	140	150
ポリエチレン管**	170	130	150
強化プラスチック複合管及び遠心力			
強化プラスチック複合管**	160	-	150

注) \*塗装方法は JWWA-115-1974 に準拠するものとし塗膜厚は 0.5 mm 以上が望ましい。

また、呼び径 800 mm 未満のタールエポキシ塗装鋼管については、現場溶接部の内面塗装を行わない場合には本表の値を適用する。但し、現場溶接部の内面塗装を十分な管理のもとで行う場合は  $C=130$  を適用することができる。

\*\*呼び径 150 mm 以下のパイプでは  $C=140$  を適用する。

・概略水理計算結果

概略水理計算のため、1)パイプラインの斜長、2)バルブ、3)曲り、4)流入、5)流出などの摩擦損失以外に発生する損失水頭は、計算された摩擦損失水頭の15%として計上する。

必要水位を幹線用水路の底高と開水路の水理計算で求められた水深を含めた水位として管径を決定した。

表 4-1-2-21 概略水理計算

Name	C	D (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Hf (m)	L (m)	Hf (m)	ΣHf (m)	V (m/s)	Head of water level (m) (1)	Required water level (m) (2=3+4)	Grand level (m) (3)	water depth of canal (m) (4)	Water head difference (m) (5=(1)-2)	Judge
NGOMA22				Another loss15%										
LWL of DAM									1387.500					
Bottom outlet	100	0.800	0.234	0.000494155	80.0	0.040	0.040	0.466	1387.460					
Main canal of Righth									1387.460					
	150	0.500	0.116	0.000628575	50.0	0.031	0.031	0.591	1387.429	1387.35	1387.00	0.35	0.079	≥0 OK
Main canal of Left									1387.460					
	150	0.300	0.060	0.002234049	80.0	0.179	0.179	0.849	1387.282	1387.20	1387.00	0.25	0.082	≥0 OK

: Refer to "d" of Hydraulic calculations (Zone1, Zone12)

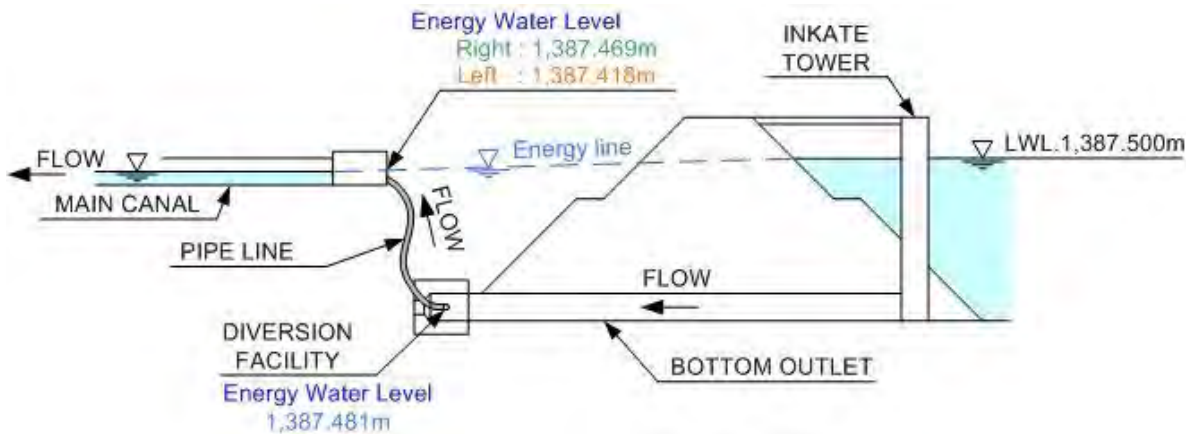


図 4-1-2-40 水理計算

b) 開水路

開水路の水理計算は、等流として Manning 公式により計算して水路規模を決定する。また、最大許容流速は、洗掘・摩耗に対する構造的耐久性から V=2.5 m/s 以下とする。

余裕高は、以下の式から求めるが、不測の事態に対処するため、設計流量の 1.2 倍を流下させた場合にも安全となるように計画する。

$$Q = V \cdot A$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Fb1 = 0.07 \cdot d + hv + 0.1 \quad (\text{常流の場合})$$

$$Fb2 = C \cdot V \cdot d^{1/2} \quad (\text{斜流の場合})$$

ここに、

- $Q$  : 流量(m<sup>3</sup>/s)
- $V$  : 平均流速(m/s)
- $R$  : 径深(m)= $A/P$
- $A$  : 通水断面積(m<sup>2</sup>),
- $P$  : 潤辺長(m)
- $I$  : 水路勾配
- $n$  : 粗度係数
- $C$  : 係数
- 長方形断面  $C=0.1$
- 台形断面  $C=0.13$
- $Fb$  : 余裕高(m)
- $h_v$  : 速度水頭(m)
- $d$  : 水深(m)

表 4-1-2-22 粗度係数

水路の材料と状態	粗度係数		
	最小値	標準値	最大値
コンクリート(現場打フルーム, 暗渠等)	0.012	0.015	0.016
" (吹付け)	0.016	0.019	0.023
" (既製フルーム, 管等)	0.012	0.014	0.016
" (鉄筋コンクリート管)	0.011	0.013	0.014
コンクリートブロック積	0.014	0.016	0.017
セメント(モルタル)	0.011	0.013	0.015
鋼(ロックバー及び溶接)	0.010	0.012	0.014
" (リベット)	0.013	0.016	0.017
平滑な鋼表面(塗装なし)	0.011	0.012	0.014
平滑な鋼表面及び管(塗装)	0.012	0.013	0.017
波形表面(鋼板)	0.021	0.025	0.030
鑄鉄(塗装なし)	0.011	0.014	0.016
鑄鉄板及び管(塗装)	0.010	0.013	0.014
塩化ビニル管		0.012	
強化プラスチック管		0.012	
陶管	0.011	0.014	0.017
アースライニング		0.025	
アスファルト(滑面)		0.014	
" (粗面)		0.017	
石工(粗石練積)	0.017	0.025	0.030
" ("空積)	0.023	0.032	0.035
全断面無ライニングの岩トンネル	0.030	0.035	0.040
底面だけコンクリートを打った無ライニングの岩トンネル	0.020	0.025	0.030
草生被覆(芝張)	0.030	0.040	0.050

・概略水理計算結果

右岸 幹線用水路 (Zone1 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	h <sub>v</sub>	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.500	0.427	0.213	1.353	0.158	0.292	0.025	0.00200	0.522	0.111	0.111	0.014	0.255	0.144	—	0.144	0.570	0.600
	0.600	0.349	0.210	1.299	0.161	0.296	0.025	0.00200	0.530	0.111	0.111	0.014	0.287	0.139	—	0.139	0.488	0.500
	0.700	0.299	0.210	1.299	0.161	0.296	0.025	0.00200	0.530	0.111	0.111	0.014	0.310	0.135	—	0.135	0.435	0.500
1.2Q	0.500	0.494	0.247	1.487	0.166	0.302	0.025	0.00200	0.540	0.133	0.133	0.015	0.246	0.149	—	0.149	0.643	0.700
	0.600	0.402	0.241	1.404	0.172	0.309	0.025	0.00200	0.553	0.133	0.133	0.016	0.279	0.144	—	0.144	0.545	0.600
	0.700	0.342	0.240	1.385	0.173	0.311	0.025	0.00200	0.556	0.133	0.133	0.016	0.303	0.140	—	0.140	0.482	0.500

右岸 幹線用水路 (Zone2 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	h <sub>v</sub>	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.500	0.408	0.204	1.316	0.155	0.289	0.025	0.00200	0.516	0.105	0.105	0.014	0.258	0.142	—	0.142	0.550	0.600
	0.600	0.335	0.201	1.270	0.158	0.293	0.025	0.00200	0.523	0.105	0.105	0.014	0.289	0.137	—	0.137	0.472	0.500
	0.700	0.288	0.201	1.275	0.158	0.292	0.025	0.00200	0.523	0.105	0.105	0.014	0.311	0.134	—	0.134	0.422	0.500
1.2Q	0.500	0.473	0.236	1.445	0.164	0.299	0.025	0.00200	0.535	0.126	0.126	0.015	0.249	0.148	—	0.148	0.620	0.700
	0.600	0.385	0.231	1.370	0.169	0.305	0.025	0.00200	0.546	0.126	0.126	0.015	0.281	0.142	—	0.142	0.527	0.600
	0.700	0.329	0.230	1.358	0.170	0.306	0.025	0.00200	0.548	0.126	0.126	0.015	0.305	0.138	—	0.138	0.467	0.500

右岸 幹線用水路 (Zone3 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	h <sub>v</sub>	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.500	0.389	0.194	1.277	0.152	0.285	0.025	0.00200	0.510	0.099	0.099	0.013	0.261	0.140	—	0.140	0.529	0.600
	0.600	0.321	0.192	1.241	0.155	0.288	0.025	0.00200	0.516	0.099	0.099	0.014	0.291	0.136	—	0.136	0.457	0.500
	0.700	0.276	0.193	1.252	0.154	0.288	0.025	0.00200	0.515	0.099	0.099	0.014	0.313	0.133	—	0.133	0.409	0.500
1.2Q	0.500	0.450	0.225	1.401	0.161	0.296	0.025	0.00200	0.529	0.119	0.119	0.014	0.252	0.146	—	0.146	0.596	0.600
	0.600	0.369	0.221	1.337	0.165	0.301	0.025	0.00200	0.539	0.119	0.119	0.015	0.284	0.141	—	0.141	0.509	0.600
	0.700	0.316	0.221	1.332	0.166	0.302	0.025	0.00200	0.540	0.119	0.119	0.015	0.307	0.137	—	0.137	0.453	0.500

右岸 幹線用水路 (Zone4 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	h <sub>v</sub>	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.500	0.374	0.187	1.247	0.150	0.282	0.025	0.00200	0.505	0.094	0.094	0.013	0.264	0.139	—	0.139	0.513	0.600
	0.600	0.309	0.185	1.218	0.152	0.285	0.025	0.00200	0.510	0.095	0.094	0.013	0.293	0.135	—	0.135	0.444	0.500
	0.700	0.267	0.187	1.233	0.151	0.284	0.025	0.00200	0.508	0.095	0.094	0.013	0.314	0.132	—	0.132	0.399	0.400
1.2Q	0.500	0.432	0.216	1.365	0.158	0.293	0.025	0.00200	0.524	0.113	0.113	0.014	0.254	0.144	—	0.144	0.577	0.600
	0.600	0.354	0.213	1.309	0.162	0.298	0.025	0.00200	0.533	0.113	0.113	0.014	0.286	0.139	—	0.139	0.494	0.600
	0.700	0.305	0.213	1.310	0.163	0.298	0.025	0.00200	0.534	0.114	0.113	0.015	0.309	0.136	—	0.136	0.441	0.500

右岸 幹線用水路 (Zone5 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	h <sub>v</sub>	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.500	0.355	0.177	1.210	0.147	0.278	0.025	0.00200	0.498	0.088	0.088	0.013	0.267	0.137	—	0.137	0.492	0.500
	0.600	0.293	0.176	1.186	0.148	0.280	0.025	0.00200	0.501	0.088	0.088	0.013	0.296	0.133	—	0.133	0.427	0.500
	0.700	0.253	0.177	1.206	0.147	0.278	0.025	0.00200	0.498	0.088	0.088	0.013	0.316	0.130	—	0.130	0.383	0.400
1.2Q	0.500	0.411	0.206	1.322	0.155	0.289	0.025	0.00200	0.517	0.106	0.106	0.014	0.258	0.142	—	0.142	0.553	0.600
	0.600	0.337	0.202	1.275	0.159	0.293	0.025	0.00200	0.525	0.106	0.106	0.014	0.288	0.138	—	0.138	0.475	0.600
	0.700	0.289	0.203	1.279	0.158	0.293	0.025	0.00200	0.524	0.106	0.106	0.014	0.311	0.134	—	0.134	0.424	0.500

右岸 幹線用水路 (Zone6 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.500	0.338	0.169	1.176	0.144	0.274	0.025	0.00200	0.491	0.083	0.083	0.012	0.270	0.136	—	0.136	0.474	0.500
	0.600	0.280	0.168	1.161	0.145	0.276	0.025	0.00200	0.494	0.083	0.083	0.012	0.298	0.132	—	0.132	0.413	0.500
	0.700	0.243	0.170	1.185	0.143	0.274	0.025	0.00200	0.490	0.083	0.083	0.012	0.318	0.129	—	0.129	0.372	0.400
1.2Q	0.500	0.392	0.196	1.285	0.153	0.286	0.025	0.00200	0.511	0.100	0.100	0.013	0.261	0.141	—	0.141	0.533	0.600
	0.600	0.323	0.194	1.245	0.155	0.289	0.025	0.00200	0.517	0.100	0.100	0.014	0.291	0.136	—	0.136	0.459	0.600
	0.700	0.278	0.194	1.255	0.155	0.288	0.025	0.00200	0.516	0.100	0.100	0.014	0.313	0.133	—	0.133	0.411	0.500

右岸 幹線用水路 (Zone7 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.500	0.319	0.160	1.138	0.140	0.270	0.025	0.00200	0.483	0.077	0.077	0.012	0.273	0.134	—	0.134	0.453	0.500
	0.600	0.265	0.159	1.130	0.141	0.271	0.025	0.00200	0.484	0.077	0.077	0.012	0.300	0.131	—	0.131	0.396	0.400
	0.700	0.230	0.161	1.159	0.139	0.268	0.025	0.00200	0.479	0.077	0.077	0.012	0.319	0.128	—	0.128	0.357	0.400
1.2Q	0.500	0.367	0.183	1.233	0.149	0.281	0.025	0.00200	0.502	0.092	0.092	0.013	0.265	0.139	—	0.139	0.505	0.600
	0.600	0.303	0.182	1.206	0.151	0.283	0.025	0.00200	0.507	0.092	0.092	0.013	0.294	0.134	—	0.134	0.437	0.600
	0.700	0.261	0.183	1.222	0.150	0.282	0.025	0.00200	0.504	0.092	0.092	0.013	0.315	0.131	—	0.131	0.392	0.400

右岸 幹線用水路 (Zone8 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.400	0.389	0.156	1.178	0.132	0.259	0.025	0.00200	0.464	0.072	0.072	0.011	0.238	0.138	—	0.138	0.527	0.600
	0.500	0.303	0.152	1.107	0.137	0.266	0.025	0.00200	0.476	0.072	0.072	0.012	0.276	0.133	—	0.133	0.436	0.500
	0.600	0.253	0.152	1.105	0.137	0.266	0.025	0.00200	0.476	0.072	0.072	0.012	0.302	0.129	—	0.129	0.382	0.400
1.2Q	0.400	0.450	0.180	1.300	0.138	0.268	0.025	0.00200	0.479	0.086	0.086	0.012	0.228	0.143	—	0.143	0.593	0.600
	0.500	0.348	0.174	1.196	0.145	0.277	0.025	0.00200	0.495	0.086	0.086	0.012	0.268	0.137	—	0.137	0.485	0.500
	0.600	0.288	0.173	1.176	0.147	0.278	0.025	0.00200	0.498	0.086	0.086	0.013	0.296	0.133	—	0.133	0.421	0.500

右岸 幹線用水路 (Zone9 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.400	0.362	0.145	1.124	0.129	0.255	0.025	0.00200	0.456	0.066	0.066	0.011	0.242	0.136	—	0.136	0.498	0.500
	0.500	0.284	0.142	1.067	0.133	0.260	0.025	0.00200	0.466	0.066	0.066	0.011	0.279	0.131	—	0.131	0.414	0.500
	0.600	0.237	0.142	1.074	0.132	0.260	0.025	0.00200	0.465	0.066	0.066	0.011	0.305	0.128	—	0.128	0.364	0.400
1.2Q	0.400	0.419	0.168	1.238	0.135	0.264	0.025	0.00200	0.472	0.079	0.079	0.011	0.233	0.141	—	0.141	0.560	0.600
	0.500	0.326	0.163	1.151	0.141	0.271	0.025	0.00200	0.486	0.079	0.079	0.012	0.272	0.135	—	0.135	0.460	0.500
	0.600	0.270	0.162	1.141	0.142	0.272	0.025	0.00200	0.487	0.079	0.079	0.012	0.299	0.131	—	0.131	0.401	0.500

右岸 幹線用水路 (Zone10 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.400	0.335	0.134	1.070	0.125	0.250	0.025	0.00200	0.448	0.060	0.060	0.010	0.247	0.134	—	0.134	0.469	0.500
	0.500	0.264	0.132	1.028	0.128	0.254	0.025	0.00200	0.455	0.060	0.060	0.011	0.283	0.129	—	0.129	0.393	0.400
	0.600	0.221	0.133	1.042	0.127	0.253	0.025	0.00200	0.453	0.060	0.060	0.010	0.308	0.126	—	0.126	0.347	0.400
1.2Q	0.400	0.388	0.155	1.177	0.132	0.259	0.025	0.00200	0.464	0.072	0.072	0.011	0.238	0.138	—	0.138	0.526	0.600
	0.500	0.303	0.152	1.106	0.137	0.266	0.025	0.00200	0.475	0.072	0.072	0.012	0.276	0.133	—	0.133	0.436	0.500
	0.600	0.252	0.151	1.105	0.137	0.266	0.025	0.00200	0.476	0.072	0.072	0.012	0.302	0.129	—	0.129	0.382	0.400

右岸 幹線用水路 (Zone11 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.400	0.313	0.125	1.025	0.122	0.246	0.025	0.00200	0.440	0.055	0.055	0.010	0.251	0.132	—	0.132	0.444	0.500
	0.500	0.247	0.124	0.994	0.124	0.249	0.025	0.00200	0.445	0.055	0.055	0.010	0.286	0.127	—	0.127	0.374	0.400
	0.600	0.208	0.125	1.015	0.123	0.247	0.025	0.00200	0.442	0.055	0.055	0.010	0.310	0.124	—	0.124	0.332	0.400
1.2Q	0.400	0.362	0.145	1.124	0.129	0.255	0.025	0.00200	0.456	0.066	0.066	0.011	0.242	0.136	—	0.136	0.498	0.500
	0.500	0.284	0.142	1.067	0.133	0.260	0.025	0.00200	0.466	0.066	0.066	0.011	0.279	0.131	—	0.131	0.414	0.500
	0.600	0.237	0.142	1.074	0.132	0.260	0.025	0.00200	0.465	0.066	0.066	0.011	0.305	0.128	—	0.128	0.364	0.400

左岸 幹線用水路 (Zone12 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.400	0.309	0.123	1.017	0.121	0.245	0.025	0.00200	0.438	0.054	0.054	0.010	0.252	0.131	—	0.131	0.440	0.500
	0.500	0.244	0.122	0.989	0.124	0.248	0.025	0.00200	0.444	0.054	0.054	0.010	0.287	0.127	—	0.127	0.371	0.400
	0.600	0.205	0.123	1.010	0.122	0.246	0.025	0.00200	0.440	0.054	0.054	0.010	0.310	0.124	—	0.124	0.329	0.400
1.2Q	0.400	0.358	0.143	1.115	0.128	0.254	0.025	0.00200	0.455	0.065	0.065	0.011	0.243	0.136	—	0.136	0.493	0.500
	0.500	0.277	0.138	1.054	0.131	0.258	0.025	0.00200	0.462	0.064	0.065	0.011	0.281	0.130	—	0.130	0.407	0.500
	0.600	0.234	0.141	1.069	0.132	0.259	0.025	0.00200	0.463	0.065	0.065	0.011	0.305	0.127	—	0.127	0.362	0.400

左岸 幹線用水路 (Zone13 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.400	0.285	0.114	0.971	0.118	0.240	0.025	0.00200	0.429	0.049	0.049	0.009	0.257	0.129	—	0.129	0.415	0.500
	0.500	0.227	0.113	0.953	0.119	0.242	0.025	0.00200	0.433	0.049	0.049	0.010	0.290	0.125	—	0.125	0.352	0.400
	0.600	0.191	0.115	0.982	0.117	0.239	0.025	0.00200	0.427	0.049	0.049	0.009	0.312	0.123	—	0.123	0.314	0.400
1.2Q	0.400	0.331	0.132	1.061	0.125	0.249	0.025	0.00200	0.446	0.059	0.059	0.010	0.248	0.133	—	0.133	0.464	0.500
	0.500	0.260	0.130	1.021	0.128	0.253	0.025	0.00200	0.453	0.059	0.059	0.010	0.284	0.129	—	0.129	0.389	0.500
	0.600	0.218	0.131	1.037	0.126	0.252	0.025	0.00200	0.451	0.059	0.059	0.010	0.308	0.126	—	0.126	0.344	0.400

左岸 幹線用水路 (Zone14 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa
-----------	---	---	---	---	---	------------------	---	---	---	---	----

左岸 幹線用水路 (Zone16 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.300	0.281	0.084	0.862	0.098	0.212	0.025	0.00200	0.380	0.032	0.032	0.007	0.229	0.127	—	0.127	0.408	0.500
	0.400	0.206	0.082	0.812	0.102	0.218	0.025	0.00200	0.389	0.032	0.032	0.008	0.274	0.122	—	0.122	0.328	0.400
	0.500	0.166	0.083	0.833	0.100	0.215	0.025	0.00200	0.385	0.032	0.032	0.008	0.302	0.119	—	0.119	0.286	0.300
1.2Q	0.300	0.324	0.097	0.947	0.102	0.219	0.025	0.00200	0.392	0.038	0.038	0.008	0.220	0.130	—	0.130	0.454	0.500
	0.400	0.237	0.095	0.875	0.109	0.228	0.025	0.00200	0.407	0.039	0.038	0.008	0.267	0.125	—	0.125	0.363	0.400
	0.500	0.188	0.094	0.876	0.107	0.226	0.025	0.00200	0.404	0.038	0.038	0.008	0.298	0.122	—	0.122	0.310	0.400

左岸 幹線用水路 (Zone17 区間)

Condition	B	d	A	P	R	R <sup>2/3</sup>	n	i	V	Q	Qa	hv	Fr	Fb <sub>1</sub>	Fb <sub>2</sub>	Fb	d+Fb	H
Q	0.300	0.260	0.078	0.819	0.095	0.208	0.025	0.00200	0.373	0.029	0.029	0.007	0.234	0.125	—	0.125	0.385	0.400
	0.400	0.191	0.076	0.782	0.098	0.212	0.025	0.00200	0.380	0.029	0.029	0.007	0.277	0.121	—	0.121	0.312	0.400
	0.500	0.155	0.078	0.810	0.096	0.209	0.025	0.00200	0.374	0.029	0.029	0.007	0.304	0.118	—	0.118	0.273	0.300
1.2Q	0.300	0.302	0.091	0.905	0.100	0.216	0.025	0.00200	0.386	0.035	0.035	0.008	0.224	0.129	—	0.129	0.431	0.500
	0.400	0.220	0.088	0.840	0.105	0.222	0.025	0.00200	0.398	0.035	0.035	0.008	0.271	0.123	—	0.123	0.344	0.400
	0.500	0.177	0.089	0.855	0.104	0.221	0.025	0.00200	0.395	0.035	0.035	0.008	0.300	0.120	—	0.120	0.298	0.300

iii) 末端灌漑施設

末端灌漑方法は、ホース及びジェリー缶による「マイクロ灌漑」とする。

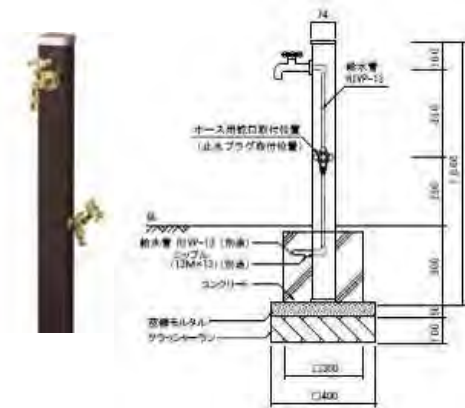


図 4-1-2-41 給水栓



図 4-1-2-42 ホイールホース

給水栓は 6 カ所/ha を設置する。また、ホイールホースは、給水栓 1 カ所に付き 2 台を設置することとして、12 台/ha を設置する。

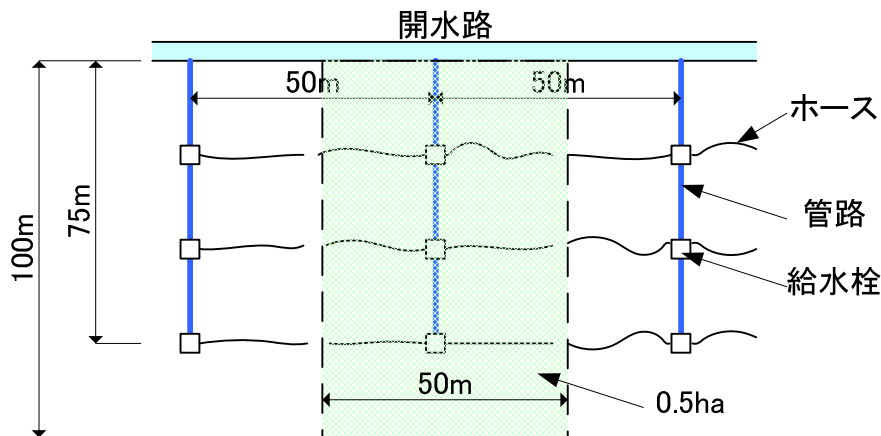


図 4-1-2-43 給水栓の配置

## (8) 調整池の検討

幹線用水路は、右岸側延長約 9km、左岸側延長約 5km の延長が比較的短い開水路である。また、幹線用水路は、バルブやゲート操作による供給主導型の水管理が想定され、需要と供給の調整を図るために調整池の導入を検討する。

調整池の送水管理や需要と供給の均衡をバランス良く保つこと等が目的であり、送配水運営上生じる無効放流や配水の不均衡を極力防止するとともに、水路の機能を有機的かつ弾力的なものとするために設けられる。

本プロジェクトの調整池は次の効用がある。

- ① 配水の運営が円滑となり、用水の操作損失を少なくすることができる。
- ② 灌漑組織全体の配水能力の弾力性を増して、末端における灌漑の自由度を高める。
- ③ 用水到達の平準化と水配分の均等化。
- ④ ゲート操作ミス、雨水流入の不測の事態に対応するため余水吐の機能を付加する。

設置位置は、補助水源施設を複合利用することが経済的に有利となるため、これを利用する。

## i) 容量の検討

調整池の必要容量は、上流からの到達遅れ分を確保できる容量以上を確保する。従って、必要容量計算を、流量×到達時間で求める。また、計画容量は、水深 1～3m 程度の掘り込み池とする。

表 4-1-2-23 調整池の容量

	Zone	流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速 (m/s)	延長 (m)	到達時間 (sec)	流積 (m <sup>3</sup> )	必要容量 (m <sup>3</sup> )	計画容量 (m <sup>3</sup> )
潤れ谷	1	0.111	0.530	1,630	3,075	644	825	< 4,000 OK
	2	0.105	0.523	470	899	181		
右岸下流の谷	3	0.099	0.516	420	814	157	1,161	< 3,000 OK
	4	0.095	0.510	600	1,176	218		
	5	0.088	0.501	490	978	172		
	6	0.083	0.494	320	648	109		
	7	0.077	0.484	200	413	66		
	8	0.072	0.476	510	1,071	162		
	9	0.066	0.466	910	1,953	277		
左岸の谷	12	0.054	0.444	1,050	2,365	289	747	< 800 OK
	13	0.049	0.433	510	1,178	134		
	14	0.043	0.418	940	2,249	232		
	15	0.038	0.405	397	980	92		

上表から、計画した補助水源施設と調整池の容量は十分確保できている。

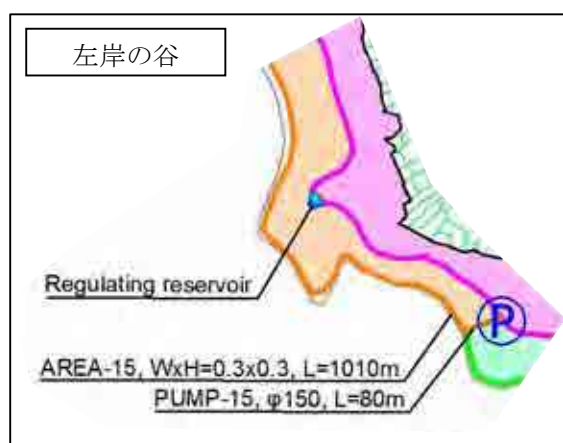
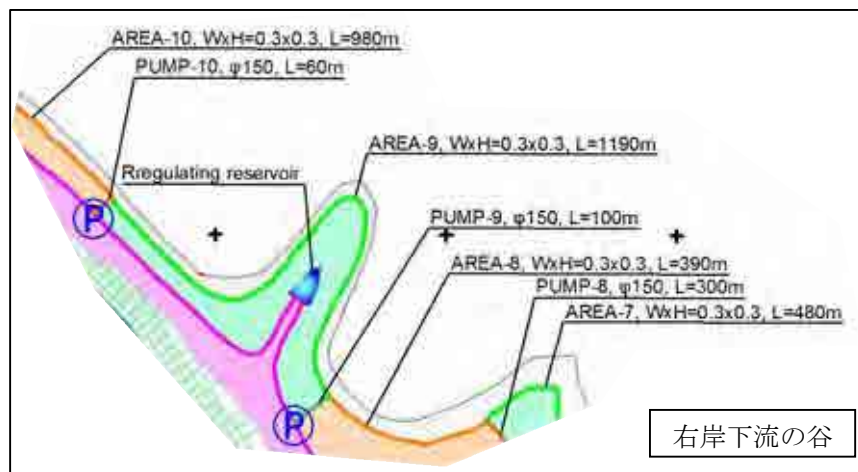
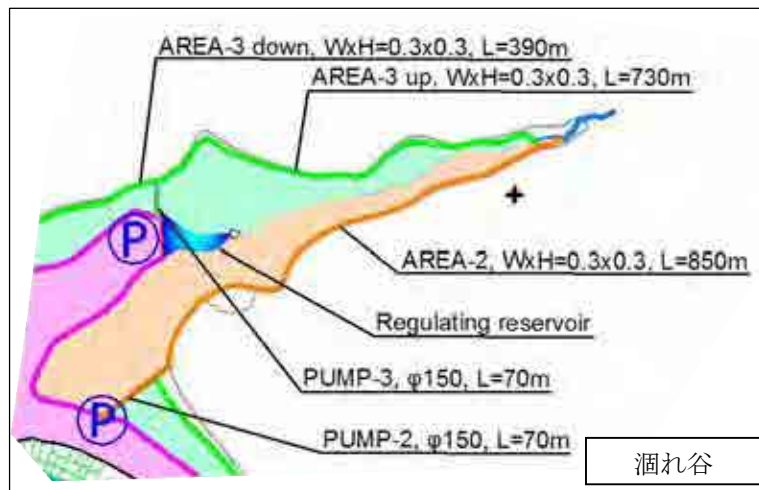


図 4-1-2-44 調整池の位置



(9) 水田の整備計画

(a) 現状

i) 灌漑用水の需給バランス

Ngoma-22 谷で水田を耕作している農民からの聞き取り調査によれば、用水が十分得られていると考えている農民が約 50%、不十分であると考えている農民が 50%である。不十分であると考えている農民に不足する時期を聞いたところ、7,8 月、1,2 月という返事が返ってきた。苗代と乾季が重なる時期に水不足に陥るといことのように理解される。

ii) 取水／灌漑方法

川の両側に一枚ずつの水田が存在する上流域では、川の土手 (=畦) の一部を開削して川から直接取水している。この際、木の枝と刈り取った草により川の流れを堰上げる方法もとられている。圃場内に引き入れられた用水は、畦際の圃場内水路を通して畦割り部から隣の圃場に導かれる(田越し灌漑)。田越し灌漑は通常 3 枚程度の圃場まで行われ、用水は末端の圃場から川に戻される。畦際の圃場内水路が特徴的であるが、この圃場内水路には稲が植えつけられていない。

川の両側の水田が複数枚になると、堰上げ堰と山側への引き込み水路による取水が行われるようになる。堰上げ堰は下流に行くほど規模が大きくなるが、恒久的な施設設けられていない。引き込み水路から取水された用水は、同様に田越し灌漑により圃場内水路を通過していくもの、圃場外水路から圃場に引き入れられているもの、様々であるが、幾枚かの圃場を経由した後に川に戻される。

iii) 水田の整備状況

水田基盤と透水度

水田は marshland に開かれたもので、その基盤は湿地帯の沖積土であり軟弱地盤である。湿田状態までは行かないが、畦改良後減水深試験で畦脇に矢板を配置した際には 60cm 内外の深さまで容易に手で押し込むことができた。

基盤の土質は暗灰褐色～明灰褐色の粘土質シルトであり、減水深試験結果 20.1mm/day~7.2mm/day(平均 13.8mm/day)と、下方への透水度は日本での土性区分別平均減水深に照らしても比較的小さい。

表 4-1-2-24 土性区分別単位用水量

乾燥区分	土 性 区 分		土 質 統 号 <sup>1)</sup>	平均減水深 (mm/day)	
	土 性 区 分	土 質 統 号 <sup>1)</sup>			
圃 田	強 粘 土	1, 2, 10, 20, 30, 31	11	14	
	粘 土	3, 11, 21, 32, 33	12		
	壤 土	4, 12, 22, 34, 35	14		
	砂 土	5, 13, 36, 37	17		
半 圃 田	強 粘 土	40, 41	14	16	
	粘 土	42	14		
	壤 土	43	17		
	砂 土	44	19		
乾 田	強 粘 土	60, 80, 81	17	26	
	粘 土	50, 51, 61, 82	19		
	壤 土	52, 53, 62, 63, 83	23		
	砂 土	54, 64, 65, 84	25		
	黒色 土質	粘 土	70, 72		21
	粘 土	71, 73	29		
	レヤ質 土質	レヤ質土	93, 95		32
	レヤ層 土質	レヤ層土	90, 91		34
レヤ層 土質	全層砂レヤ	92, 94	38		

## 1) 畦

畦は草と粘土質シルトの混合物から成っている。粘土質シルトの強度が非常に小さく、水分を含んだ状態では側方に流れてしまい塊として存在し得ないが、中に含まれる草の繊維がこのように変形することを防いでいる。いわばファイバー強化粘土壁となっており、幅 20cm、高さ 50~60cm の壁が自立している様は驚きである。軟弱地盤上の軽量・強化壁としても理にかなっている。反面、透水性が大きく、畦としての遮水隔壁機能は持っていない。減水深試験の結果では、畦からの漏水が原因と推測される 90mm/day 前後の減水量が計測されている。

## (b) 施設整備の必要性

## 1) 取水設備

ダムが完成した後は、現在の河川流量が半減するものと考えられる。その時には、現時点で行われている不完全仮設堰での堰上げによる取水方法が、有効でなくなる可能性が高い。よって恒久的施設として堰上げ堰を設置し、これにより取水することが必要となる。

## 2) 畦の改修

現状では、畦畔からの漏水（平均 90 mm/日、減水深試験結果）が下方浸透量（平均 13.6 mm/日、同）よりもはるかに大きいため、水田の湛水位を維持するためには、本来の減水深（ETc+下方浸透量）よりもはるかに大きな取水を行うことが必要になっている。また、畦畔がザルの状態では、用水ブロック内での効率的な水管理ができず、公平な水配分もできていない。

このため、畦畔の漏水量を抑制（5 mm/日以下）することで、水田用水量が大幅に減少し、上流での畑地灌漑用水の先取り取水による河川流量の大幅な削減を可能とするだけでなく、効率的で安定的な水田用水の取水・配分を実現することが可能となることから、畦畔の漏水を抑制することが必要である。

## 3) 用水路

現状では、川の両側の水田が複数枚となった場合には、山側への引き込み用水路が設けられているが、土水路であり、断面および勾配等が不完全である。ダム完成後、河川流量が半減した状態でなお用水路による配水が完全に行われるためには、ロスが少なく水が流れ易く維持管理の容易な水路に改修することが必要である。

## (c) 整備改修計画

## 1) 取水設備

**(図 4-1-2-43)**のと通りのチェックゲートを計画する。

なお、今後の主たる課題としては、軟弱地盤上への重量構造物の設置（杭基礎とする必要があるかどうか）と如何に取り組むか、がある。

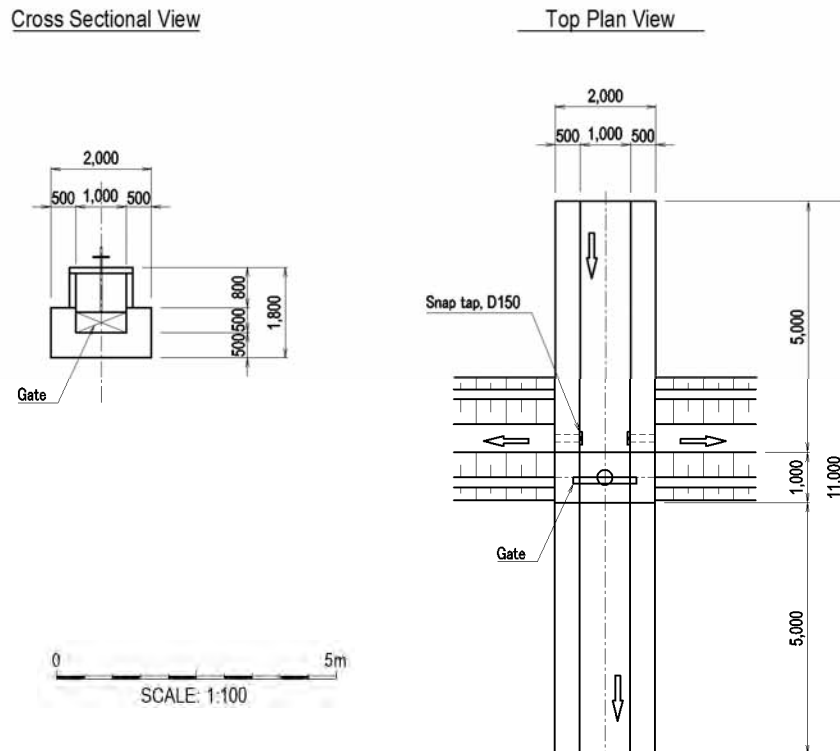


図 4-1-2-45 チェックゲート

2) 畦の改修

軟弱地盤上での土の締め固めが不可能なこと、軟弱地盤を除去した場合にも湧出地下水を排除しながら土を締め固めることは、工事規模・環境問題上、困難と考えられることから、現状の畦を造りかえることはしない。畦の高透水性を改良する手段として、矢板工法を採用する。本工法は、現畦の両サイド（または片側）に矢板を打ち込むことにより止水する方法であるが、畦基礎からの漏水も遮断できる利点がある。矢板材料としては種々のものが考えられるが、耐久性、経済性より、日本で市販されている畦畔板を用いる計画とする。

畦畔板作例



3) 用水路

維持管理を考慮し、300mm×300mm 三面練り石張り水路で計画する。今後の主たる課題は、用水路系統を整理し、水田と用水路・取水堰を体系化すること、用水路が圃場外～圃場内を繰り返しながら流下している現状を、用地問題も考慮しながらいかに改善するか、という点である。

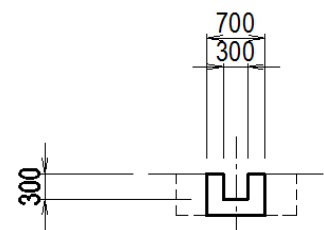


図 4-1-2-46 用水路

## 4-1-3. 施工計画・積算

## (1) 工事数量

表 4-1-3-1 工事数量

項目	単位	i) 仮設・一般			ii) 堤体			合計
		ダムサイト 道路整備	ダム仮設	一般仮設	本堤	斜面ブランケット	水平ブランケット	
切り土面保護擁壁工	m	1000.0						1,000.0
排水溝整備 (3面石張り水路)	m	2500.0						2,500.0
路床整備 (切り盛り再転圧)	m <sup>3</sup>	4000.0						4,000.0
路盤整備(セメント改良工法)	m <sup>3</sup>	1600.0						1,600.0
砂利舗装	m <sup>3</sup>	3200.0						3,200.0
斜面保護植生工	m <sup>2</sup>	4000.0			2943.0			6,943.0
仮締め切り施工時水替え工	式		1					1
底樋接続水路掘削	m <sup>3</sup>		100.0					100.0
仮設道路	m		1,000.0					1,000.0
サイト準備工	式			1				1
サイト事務所設営	式			1				1
現場試験室	式			1				1
伐採・伐開	m <sup>2</sup>			30,000.0				30,000.0
掘削	m <sup>3</sup>				11,175.0	14,611.0	4,871.0	30,657.0
堤敷ドレーン,インターセプター	m <sup>3</sup>				1,285.0			1,285.0
法尻工	m <sup>3</sup>				30.0			30.0
リップラップ	m <sup>3</sup>				1,211.0	1,854.0		3,065.0
盛土	m <sup>3</sup>				48,721.0	29,221.0	8,522.0	86,464.0
天端保護工 (ソイルセメント)	m <sup>3</sup>				295.0	343.0		638.0

項目	Unit	iii) 洪水吐						合計
		導流部	流入部	取り付け 水路部	急流部	静水池部	放水路部	
マソンリー重力壁	m <sup>3</sup>	154.6						154.6
アースブランケット	m <sup>3</sup>	47.0						47.0
リップラップ・フィルター	m <sup>3</sup>	56.0						56.0
掘削	m <sup>3</sup>		72.0	336.0	401.0	40.0		849.0
埋め戻し	m <sup>3</sup>		18.0	134.0	131.0	26.0		309.0
鉄筋コンクリート	m <sup>3</sup>		16.6	50.0	63.0	13.04		142.64
斜面保護植生工	m <sup>2</sup>		5.0	60.0	100.0			165.0
盛土	m <sup>3</sup>						145.0	145.0
練り石積み護岸工	m <sup>2</sup>						67.0	67.0
練り石張り護床工	m <sup>3</sup>						18.0	18.0

項目	単位	v) 灌漑施設							合計
		(f-1) Pipe Line	(f-2) H0.60xB0.60	(f-3) H0.50xB0.50	(f-4) H0.40xB0.40	(f-5) H0.30xB0.30	(f-6) Weir(1/2)	(f-7) Weir(2/2)	
HDPE									
φ500	m	50							50
φ300	m	80							80
φ150	m	2,450							2,450
Pump	unit	17							17
Secondary canal									
HDPE φ90	m	36,000							36,000
Water tap	unit	1,440							1,440
Earth work									
Excavation work	m <sup>3</sup>		3,618	7,706	2,133	7,246	726	8,237	29,666
Backfilling work	m <sup>3</sup>		2,234	4,871	1,377	4,788	242	4,233	17,745
Structuer									
Wet masonry	m <sup>3</sup>		1,170	2,763	864	3,364	33	2,974	11,168
Gate	unit						22		22
Snap tap	unit						44		44
畦畔板	m							35,000	35,000

項目	単位	v) 灌漑施設							合計
		(f-1) Pipe Line	(f-2) H0.60xB0.60	(f-3) H0.50xB0.50	(f-4) H0.40xB0.40	(f-5) H0.30xB0.30	(f-6) Weir(1/2)	(f-7) Weir(2/2)	
HDPE									
φ500	m	50							50
φ300	m	80							80
φ150	m	2,450							2,450
Pump	unit	17							17
Secondary canal									
HDPE φ90	m	36,000							36,000
Water tap	unit	1,440							1,440
Earth work									
Excavation work	m <sup>3</sup>		3,618	7,706	2,133	7,246	726	8,237	29,666
Backfilling work	m <sup>3</sup>		2,234	4,871	1,377	4,788	242	4,233	17,745
Structuer									
Wet masonry	m <sup>3</sup>		1,170	2,763	864	3,364	33	2,974	11,168
Gate	unit						22		22
Snap tap	unit						44		44
畦畔板	m							35,000	35,000



## (3) 施工計画

## (a) 施工要領

## i) 仮設

## [道路整備]

ダムサイト左岸に道路が整備されたが、部分的に軟弱な箇所があり、降雨時にダムサイトに車両が入れない状態である。また、現状では切土部が落ち着いておらず、降雨時に崩落を繰り返しているとともに、盛土斜面でもガリ浸蝕が進行しており、これらが濁水の発生源になっている。よって、現況道路に砂利舗装を施す形で整備するものとする。整備工事に当たっては、ダムサイト左岸での山側への付け替えも同時に行うものとする。

## [仮設道路]

貯水池内右岸上流の緩斜面および上流尾根裾の緩斜面を土取場に設定する。土取場とダムサイトの間で河床部を通る築堤材料運搬用の仮設道路を計画する。河床部は軟弱であることからセメントによる地盤改良を行うとともに、路面は敷き砂利により保護する計画とする。

## [工事中の排水]

取水設備呑口に接続する排水路が取水設備工事の一部として設置される。この排水路に河川水を乗せることにより工事中の排水を行うものとする。

## ii) 取水設備工事

取水設備は、上流側から排水路、取水塔、底樋、分土工から成る。施工順序として、堤体底設構造物であることから、最初に施工されなければならない構造物である。右岸アバット斜面裾に設置されるので、施工時には右岸側から湧水が浸出するが、底樋施工基盤から十分離れた位置に排水溝を設けて処理しなければならない。

## iii) 堤体工事

施工順位としては、堤敷掘削、仮締め切りダム築堤、水平ブランケット工事の後、左右岸斜面ブランケット工事と堤体盛土工事が平行して進められることになる。盛土量が 86,500m<sup>3</sup> あるが、本堤に 1 セット、左右岸斜面ブランケットに 1 セットを配置して工事を行えば、約 5 ヶ月で工事を完了することができる。

重機の締め固め能力； $Q=(V \times W \times D \times E) / N$

ここに

V；締め固め速度  $V=3.5\text{km/hr}=3,500\text{m/hr}$

W；1 回当たりの有効締め固め幅  $W=1.2\text{m}$

D；仕上がり厚さ  $D=0.2\text{m}$



E ; 作業効率 E=0.55

N ; 締め固め回数 N=8 回

$$Q=(3,500 \times 1.2 \times 0.2 \times .55) / 8=58 \text{ m}^3/\text{hr}$$

日当たり作業時間を 6 時間とすると

$$Qd=58 \times 6=348 \text{ m}^3/\text{day}$$

2 セットによる締め固め能力は

$$Qd'=696 \text{ m}^3/\text{day}$$

86,500m<sup>3</sup> の締め固めに要する作業日数は

$$86,500\text{m}^3 / 696\text{m}^3/\text{day}=124 \text{ day}$$

この作業月数は

$$124 \text{ day} / 26 \text{ day/month} = 4.8 \text{ ヶ月}$$

#### iv) 洪水吐工事

洪水吐工事は堤体工事と併行して行うことができる。工事期間は 3 ヶ月程度となる。

#### v) 灌漑施設工事

幹線用水路は 5 工区に分割して施工し、各工区では上流側と下流側から工事を進める。日能力を 15m 程度とすれば、工事期間は約 4 ヶ月となる。ソーラーポンプ設置等その他工事は、一部、幹線用水路工事と重複させて実施する。

(b) 工程計画

表 4-1-3-3 工程計画

工種 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
道路整備	■	■										
サイト準備工	■											
サイト事務所設営	■											
現場試験室設置	■											
伐採・伐開	■											
仮設道路		■										
取水設備工事		■	■	■	■							
堤敷掘削	■	■										
仮締め切りダム				■								
水平ブランケット				■								
斜面ブランケット						■	■	■	■	■	■	■
本堤盛土						■	■	■	■	■	■	■
リップラップ									■	■	■	■
天端保護工											■	■
斜面保護植生工										■	■	■
洪水吐工事								■	■	■	■	■
幹線用水路工事			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
支川用水路工事							■	■	■	■	■	■
ソーラーポンプ設置							■	■	■	■	■	■
末端用水路工事									■	■	■	■
その他										■	■	■
跡片付け												■

(注)

なお、本プロジェクトとは別に「ル」側で Land Husbandry 工事を実施する場合には、上記工事の開始までに終了させておく必要がある。

## 4-2. 営農計画

### 4-2-1. 基本方針

本プロジェクトの営農計画は以下の項目を基本方針とする。

- 市場性：灌漑による効果が高く、高収益作物であること。
- 生産性：現況の栽培技術の習熟度を考慮し、容易に導入可能な作物であること。
- 食料の安全保障：地域で食糧供給が影響を受ける場合、食糧供給を確保するための対策として、また、市場性、効率的な換金作物として、Maize の作付けを奨励する。

作付け計画は上記の基本方針と Remera sector 農業技官との話し合いのもと策定された。作付け割合は Rice: 35ha (13%)、Maize+Beans: 140ha (51%)、Vegetable 1: 20ha (7%)、Vegetable 2: 40ha (15%)、Vegetable 3: 20ha (7%)、コーヒー: 20ha (7%) となっている。作付け計画を(表 4-2-1-1)に示す。

表 4-2-1-1 作付け計画

Crop	Area	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Rice	35 ha (13 %)	R-B	Rice A								Rice B		
Maize+Beans	140 ha (51 %)		Maize							Beans			
Vegetable-1	20 ha (7 %)	Cab	Carrot							Cabbage			
Vegetable-2	40 ha (15 %)	Cab	Tomato							Cabbage			
Vegetable-3	20 ha (7 %)	Tomato Tree						Tomato Tree					
Coffee	20 ha (7 %)	Coffee											
Total	275 ha (100 %)												

それぞれの地目別の作物選定理由は以下の通りである。

#### (1) Rice

##### ・市場性

国策として作付けを推進している。Maize、コムギと並んで輸入作物である。安定的な価格での販売が可能である。

##### ・生産性

アンケート実施農家 61 戸のうち水稻を栽培している農家は 56 戸で全ての農家で二期作を行っ

ている。また、13戸の農家で自身の面積を把握している。13戸の農家の収量は1作当たり4 t/haとなっている(粳米ベース)。

#### ・現行栽培状況と農家の技術レベル

水稻の作付面積は35haである。品種はPekin、Inobanure、Kigoriの3品種である。施肥は生育期間中2回実施されており、除草後に行われている。現在の状況を考慮すると、ダムが建設された後には面積の拡張は望めないが、基盤整備などにより施肥効率の向上及び水管理の適正化により収量向上が見込まれる。

#### ・現況との比較からの計画の妥当性

現況ではRiceは作期Aと作期Bの年2回作付けされている。今回の計画では、RiceAが作期Bに、RiceBが作期Aと慣行農法の作付けパターンを継承しており、作付け計画は技術的に妥当であると判断する。

### (2) Maize + Beans:

#### ・市場性

Maizeの収穫時期を6月下旬～7月上旬の出荷が可能となる。灌漑による安定的多収栽培と収穫後の貯蔵施設による適期出荷の体制を整えることにより、より高い便益を得ることが出来る。

#### ・生産性

イネ科作物(Maize)→マメ科(Beans)作物の輪作体系により生産性を維持向上させる。マメ科は窒素固定能力のある作物であり、輪作体系に取り込むことにより、土壌の栄養バランスが良くなり、Maizeの収穫量・品質が向上する。また、連作障害による収穫量・品質の低下の問題を防ぐことができる。「Maize+Beans」は、現在Sorghumが栽培されている場所に導入されると見込まれる。Sorghumは収量に及ぼす灌漑効果があらわれにくく、一方Maizeは灌漑効果が出やすいことが明らかにされている。

#### ・現行栽培状況と農家の技術レベル

Maizeの作付面積は現況土地利用の5%と推定される。アンケート実施農家61戸のうちMaizeを栽培している農家は11戸で7戸の農家で自身の面積を把握している。その7戸の農家の収量は0.12t/ha-1.1t/haで平均収量は0.5t/haと低い。収量の低い農家は、Maize-Sorghum、Sorghum-Maizeのイネ科-イネ科の作付け体系をとっている。一方で収量の高い農家は、Beans-Maizeのマメ科-イネ科の作付け体系をとっている。施肥を実施しているのは11戸中で1戸のみである。haあたり収

量は 1999 年世界平均 4.4t/ha に比して非常に低い数字である。緑肥マメ科植物ムクーナの混作による地力の増進、適切な輪作体系による作付け体系の変更(マメ科の後の作付け)、堆肥等による土作り、密植傾向にあるので栽植密度の適正化(畦幅 70cm、株間 30cm)、施肥(NPK-80-80-80kg/ha)が必要と思われる。

・ 現況との比較からの計画の妥当性

Maize : 現況は作期 A に作付けされている。今回の計画では、作期 B に変更する。これは灌漑の導入により、乾季終了時期に播種することが可能となるためである。

Beans : 現況は作期 A、B に作付けされている。今回の計画では、作期 A のみ作付けされる。これは灌漑の導入により、乾季終了時期に計画的に播種することが可能となるためである。営農指導として適正な水管理技術の普及が必要である。

(3) Vegetable 1 : (Carrot +Cabbage), Vegetable 2 : (Tomato+Cabbage)

・ 市場性

Cabbage : 収穫時期を 2 月に調整することにより、市場価格が高い時期の出荷が可能である。水田裏作への転換の可能性もある。

Tomato、Carrot : 嗜好性が高く、年間を通して価格が安定している。

・ 生産性

野菜の輪作体系を考慮する上で葉菜(Cabbage)、根菜(Carrot)、果菜(Tomato)のローテーションは好ましく生産性を維持させるために重要である。

・ 現行栽培状況と農家の技術レベル

Cabbage、Tomato については、現在小面積ながら受益予定農家が栽培している。農民からのニーズは高い。栽培技術については、混作は好ましくない。Tomato は光を好む植物なので Banana との混作は日陰になり生育に悪影響を及ぼす。土地利用の知恵と思われるが、全面日が当たる場所での栽培が望まれる。一部開花して黄色い花を付けているが、Mini-tomato の一種か草丈は低い。Cabbage については結球もしており、現在のところ問題は無さそうである。Carrot は、Ngoma 地区で栽培しているとの情報を得た。

・ 現況との比較からの計画の妥当性

Cabbage : 現況は作期 A-B に作付けされ、11 月頃播種し、4 月頃収穫している。今回の計画では、作期 A に変更する。灌漑の導入により、乾季終了時に苗床を整備し、作付けが可能となるが、営農

指導として育苗時期の豪雨対策の技術普及が必要である。

**Carrot**：現況では作期 A に作付けされている。今回の計画では、作期 B に作付けされる。これは灌漑の導入により、乾季終了時期に計画的に播種することが可能となるためである。現在少量しか生産されていないため、営農指導として栽培指導と適正な水管理技術の普及が必要である。

**Tomato**：現況では作期 A-B に作付けされている。今回の計画では、作期 B に作付けされる。これは灌漑の導入により、乾季終了時期に計画的に播種・育苗することが可能となるためである。営農指導として適正な水管理技術の普及が必要である。



トマト栽培



キャベツ栽培

(出典：JICA 調査団)

#### (4) Vegetable 3 : Tree Tomato

##### ・市場性

嗜好性が高く、年間を通して価格が安定している。生食用として流通しているが、ジュースやジャム等の農産加工も容易であり、商品価値も高い。**Rulenge sector** の農業官も強く推薦している。

##### ・生産性

移植後トマトに似ている実を付け、4-5 年間収穫が可能である。「ル」国内では盛んに栽培されている。

##### ・現行栽培状況と農家の技術レベル

Ngoma ダム建設予定地から 1km ほど離れた村で栽培している。栽培上の問題はないと考えられる。

##### ・現況との比較からの計画の妥当性

「ル」国で盛んに生産されている。慣行農法の作付けパターンを継承しており、作付け計画は技

術的に妥当であると判断する。



Fruit of Tree Tomato



Tree Tomato

#### 4-2-2. 作付け場所

灌漑候補地は、北に Remera sector、Gikomero 村（標高：1525m）、東に同 Remera sector、Gitobe 村（標高：1675m）、南に Rulenge sector（標高：1500m）の3つの丘陵地に囲まれた谷地である。ダム予定地から北西に長さ 3km、幅 60-200m と広がっている。その幅は上流(図 4-2-2-1:A)から少しずつ広がり、中流域で一度しぼんで(同:B)、また広がりを見せる形状となっている(同:C)。作付け場所の選定に先立って3地点で土壌断面調査を実施した(表 4-2-2-1)。

##### 上流域(Map:A 斜度 5°調査日 4月25日前作 Sweet potato 圃場)

植物根の分布状況から第 I II 層の 100cm の深さに分布していた。これらのことから有効根群域は 100cm と推察された。

##### 中流域(Map:B 斜度 10°調査日 4月1日 Sorghum 圃場)

植物根の分布状況から第 I 層の 37cm の深さに分布していた。これらのことから有効根群域は 37cm と推察された。

##### 下流域(Map:C 平坦地 前作 Beans + Maize)

植物根の分布状況から第 I II 層の 50cm の深さに分布していた。これらのことから有効根群域は 50cm と推察された。



表 4-2-2-1 土壌断面調査結果

上流域(Map:A斜度5° 調査日4月25日前作Sweet potato圃場)													
層位	深さ(cm)	ち密度(mm)	土色	土性	礫面積	礫形状	礫大きさ	可塑性	粘着性	孔隙量	孔隙(径)	土の乾湿	植物根
I	40	4.0	黒褐色(7.5YR 3/2)	壤土(L)	あり	円状	小(径:1-5cm)	中	中	富む	中	湿	富
II	40	13.8	にぶい赤褐色(5YR 4/3)	埴壤土(CL)	あり	円状	細(径:<1cm)	中	中	富む	中	湿	富
III	<80	17.1	にぶい赤褐色(5YR 4/4)	埴壤土(CL)	-	無し	-	中	中	富む	細	湿	含
中流域(Map:B斜度10° 調査日4月1日 Sorghum圃場)													
層位	深さ(cm)	ち密度(mm)	土色	土性	礫面積	礫形状	礫大きさ	可塑性	粘着性	孔隙量	孔隙(径)	土の乾湿	植物根
I	37	14.0	にぶい赤褐色(5YR 4/4)	シルト質壤土(SiL)	-	無し	-	弱	弱	富む	中	半湿	富
II	32	25.0	明褐色(7.5YR 5/6)	埴壤土(CL)	富む	円状、半角	小(径:1-5cm)	中	強	含む	細	湿	無
III	<69	28.0	明赤褐色(5YR 5/6)	軽埴土(LiC)	富む	円状	小(径:1-5cm)	強	強	あり	細	半湿	無
下流域(Map:C平坦地 前作Beans + Maize)													
層位	深さ(cm)	ち密度(mm)	土色	土性	礫面積	礫形状	礫大きさ	可塑性	粘着性	孔隙量	孔隙(径)	土の乾湿	植物根
I	22	8.4	暗赤褐色(2.5YR 3/4)	埴壤土(CL)	富む	角状	小(径:1-5cm)	弱	中	富む	中	湿	富
II	28	19.1	灰褐色(5YR 4/2)	埴壤土(CL)	富む	角状	中(径:5-10cm)	中	中	含む	中	湿	含
III	<50	21.7	明赤褐色(5YR 4/4)	埴壤土(CL)	富む	角状	中(径:5-10cm)	中	中	あり	細	湿	無

表注)

層位の区分：土壌の断面は、色・かたさ・土性などの性質の違ったいくつもの層の積み重ねから成り立っている。上から順に第I層、第II層、第III層のように記録する。

ち密度：土壌硬度計により測定し、根が伸長しうる土の硬さの目安となる。

土色：黒色味の強い土は腐食に富み、赤色味の強い土は酸化的、青～緑色系の土は還元的である。

土性：礫を除いた細土部分の土粒の粒径組成のことで、砂、シルト(微砂)、粘土の重量比で区分される。

礫面積：あり(5%未満)、含む(5-10%)、富む(10-20%)、すこぶる富む(20-50%)

可塑性と粘着性は耕耘の難易にかかわる項目である。

可塑性：なし(湿らせた土を指先でこねても棒状にならない)、弱(かろうじて棒状になる)、中(直径2mm ぐらいの棒状になる)、強(直径1mm ぐらいの棒状に伸ばせる)

粘着性：なし(湿らせた土を指先でこねても土が指先に付着しない)、弱(どちらか一方の指先に付着)、中(両方の指先に付着)、強(指先に強く付着、指を離すと伸びてくる)

孔隙は土壌の透水性、根の伸長などと関係する重要な性質で、土塊を割って肉眼で測定する。

孔隙量：なし、あり (1-3 個/2.5cm<sup>2</sup>)、含む(4-14 個/2.5cm<sup>2</sup>)、富む(15 以上)

孔隙(径)：細(0.1-0.5 mm)、小(0.5-2mm)、中(2-5mm)、大(5mm 以上)

土の乾湿：土塊を手のひらで握りしめたときの感触で判定：乾(土塊を強く握っても手のひらに全然湿り気が残らないもの)、半湿(土塊を強く握ると手のひらに湿り気が残るもの)、湿(湿り気が残り、親指と人差指の間に強く押すと水がにじみ出る)

野菜栽培土壌の物理性の診断基準によると有効根群域は、果菜で 40-50cm 以上、ち密度 20mm 以下であるとされている。また、葉菜で 30cm 以上、ち密度 20mm 以下であるとされている。地点 B における斜度 10°の傾斜地で有効根群域が 37cm なので受益候補地の斜度は 0-25°の畑地に含んでいるため、土壌流亡により斜度 10°以上の斜面では、有効根群域が浅くなっていると考えられる。そのためテラス作りにより、有効根群域を厚くする必要がある。一方で、テラス作りの際、表土剥離をしないよう、表土を取ったら別の場所に置いておきテラスができてから戻すなど細やかな対応も必要である。

以上に鑑みて作付け場所は野菜を水田脇の有効根群域の深い土壌とし、深根性作物のトウモロコシは2段目、果樹のコーヒーを3段目とした(図4-2-2-2)。

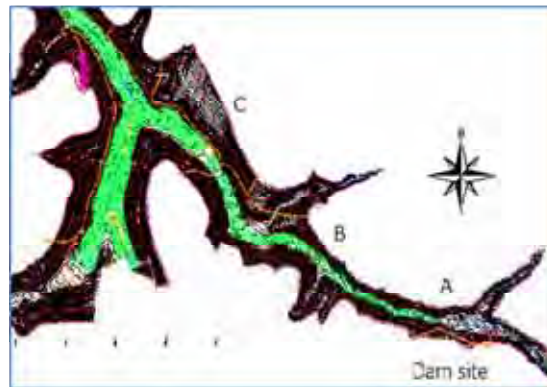


図4-2-2-1 土壌断面調査位置図



上流域の土壌調査



中流域の土壌調査



下流域の土壌調査

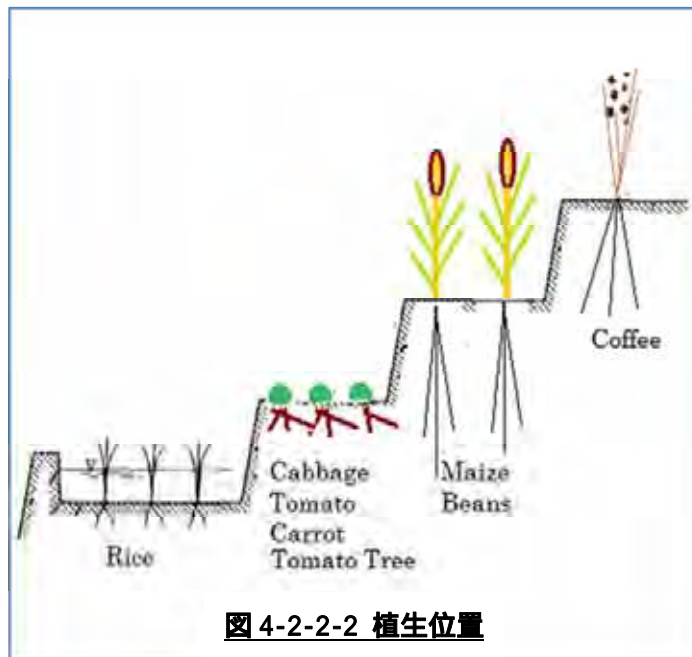


図 4-2-2-2 植生位置

### 4-2-3. 各作物の特性

#### (1) Rice/イネ科

水生植物である。湛水状態での栽培は、水に含まれる養分供給、有害物質を水が流すため連作障害を起こさないなどの特徴がある。また、浸透水による地下水の涵養という二次的な役割を果たす。「ル」国の奨励作物として位置づけられている。当地区では換金作物として位置付けされている(表 4-2-3-1)。

#### (2) Maize+Beans

##### ・Maize (トウモロコシ/イネ科)

イネ科作物である。作物的特徴は、少肥性であるが多収性であること、高温性作物であるが適応性が大きいこと、雌穂、子実粒の内容物に幅広い変異があるため利用面に多様性があること、他殖性であることがあげられる。イネ科作物の特徴から畑・園芸作物体系上における輪作作物として大きな有利性がある。「ル」国の奨励作物として位置づけられている。昨年の市場価格によると 9 月に Kg あたり、200Rwf と高値になるので、貯蔵施設を準備し、計画的販売が可能である。

##### ・Beans (豆類)

イネ科トウモロコシの跡作として地力維持増進作物としての役割は大きい。当地区では自家消費割合が 42% と高い(表 4-2-3-1)。

## (3) Vegetable 1 (Carrot+Cabbage) , Vegetable 2 (Tomato+Cabbage)

## ・ Cabbage (キャベツ/ アブラナ科)

現在、ダム予定地の水田の脇で小規模に栽培されている。農家の要望も高い（準備調査 2009 年）。生育適温が 20℃なので気候的には、非常に適している。昨年の市場価格によると 4-5 月に Kg あたり、150Rwf と高値なので、この時期に出荷できるような作付け体系とする。また、現在行われている水田の 2 期作より、収益性があがれば水田 1 期作、後作にキャベツの可能性はある。

## ・ Tomato (トマト/ナス科)

トマトでは、土壌水分が永久萎凋点近くになって、苗がかなり萎凋していても、灌水すれば速やかに回復し、生育が再び旺盛となる。根の分布状態は、灌水によって異なり、多灌水区では地表面付近に根が密集し、細根多く根ばりが良好であるのに対し、乾燥の著しい区ほど表層に根が分布していないことが知られている。節水灌漑が可能であり、農家の要望も高い（準備調査 2009 年）。

## ・ Carrot (ニンジン/セリ科)

種子の発芽適温は、15-25℃で生育適温は 18-21℃である。根の生育には土壌容水量の 70-80% の水分が最もよく 30%以下では生育が困難となる。着色する適温は 16-21℃である。発芽の良し悪しが、ニンジン栽培の 70-80%を支配するといわれる。

## (4) Vegetable 3 体系 (Tree Tomato)

## ・ Tree Tomato (タマリロ、木トマト)/ナス科

木トマトと呼ばれている。移植後トマトのように実をつけ 4-5 年間は収穫可能である。

「ル」国国内で栽培されているが、セクター農業官の推薦もあった。

表 4-2-3-1 作付割合

	Domestic-consumption	Sale
Rice	26%	70%
Sorghum	18%	82%
Maize	35%	65%
Beans	42%	58%
Irish potato	89%	11%

## 第5章 経済性評価

### 5-1. 財務分析及び経済分析の前提

財務分析及び経済分析は、開発事業を対象として金銭的価値の視点から費用と便益を比較・評価するものである。一般的に財務評価（分析）は事業主体に対する事業の好ましさを示し、市場価格で計算する。また、経済評価はその事業を行うことにより国や地域レベルでどれだけの裨益効果があるかを、経済価格によって計算する。

LWH（丘陵地灌漑プログラム，Land-husbandary, Water Harvesting and Hillside-irrigation）による事業経済評価は、ガイドラインが作成されている。事業の経済分析は、このガイドラインに示される内容に従って分析を進める。これは一般的な経済評価の内容である。すなわち本分析では、市場価格を用いる財務分析と経済価格を用いる経済分析をIRR（内部収益率，Internal Rate of Return）B/C（費用便益費 Benefit/Cost）およびNPV（純現在価値，Net Present Value）の指標の算定により行う。また、LWHによるサイト選定の基準としてEIRR（経済的內部収益率，EIRR）が12%以上と示されており、これが灌漑セクターにおける「ル」国の資本の機会費用と考えられる。経済評価は、下記の条件の下に行う。

#### 5-1-1. プロジェクト期間

プロジェクト期間は一般的に投資に用いられる設備・機械・資機材等の物理的投入財の経済的寿命と、分析者が案件の将来的動向を予測しうる未来期間を勘案して決定される。LWH 事業では、プロジェクト期間を50年程度と想定されている。従って本経済評価ではプロジェクト期間を50年と仮定する。また、太陽光発電用パネルとポンプの耐用年数を20年と設定した。これにより、パネルとポンプは50年の間に置き換え費用（更新費用）が発生する。施工期間は1年間を計画しているが、ダム完成後、約1年間湛水試験を実施する必要があるため、工事着工から、施設の供用開始までは2年間必要であるので、効果発生は3年目からとなる。従って案件開始後当初の2年間を建設期間、残り48年間を便益発生期間とする。維持管理費は完工の翌年（2年目）から発生するものとする。

#### 5-1-2. 変換係数

貿易財に関しては標準変換係数（Standard Conversion Factor: 以下SCFとする）0.95を適用して、国内市場価格を経済価格に変換する<sup>1</sup>。SCFは、ルワンダ国の貿易および関税統計から算出する。SCFの推定を（表5-1-2-1）に示す。

<sup>1</sup> 経済価格は、完全競争市場下で決定される価格である。実際の社会では、国際市場が最も完全競争に近い市場とみなされる。一国内の貿易財の市場価格は、関税等により国際市場価格から歪められていると判断され、表5-1-2-1に示されるようにSCFを算定して、市場価格を経済価格に変換する。

表 5-1-2-1 標準変換係数 (SCF) の推定

(単位: million US\$)

項目	2009	2010	2011	平均
(1)輸入総額	1246.80	1389.38	1629.90	1422.03
(2)輸出総額	191.00	253.70	387.70	277.47
(3)輸入税総額	78.08	97.33	115.78	97.06
(4)輸出税総額	0.00	0.00	0.00	0.00
(5)輸出補助金総額	0.00	0.00	0.00	0.00
(6) = (1) + (2)	1437.80	1643.08	2017.60	1699.49
(7) = (1) + (2) + (3) - (4) + (5)	1515.88	1740.41	2133.38	1796.56
(8)SCF = (6) ÷ (7)	0.95	0.94	0.95	0.95

Data: Statistical year book, MINFIN資料より作成

輸出入総額: Statistical year book, MINFIN資料より作成

輸入税総額: MINFIN Revenue data

為替レート: Rwanda Statistics and Figures in Year 2011

### 5-1-3. 事業評価に用いる単価

各農産物の価格は、MINAGRI から入手した各作物別の価格(市場価格)と農家聞き取り価格(庭先価格)により市場(財務)価格を決定した。今回想定される事業は受益農民に便益が発生することが前提であるため。庭先価格を市場(財務)価格とする。事業実施後は、組合設立などにより、農家庭先価格と市場価格の格差はかなり是正されるものと推定する。市場価格を SCF により、経済価格に変換する。事業評価に用いる単価を(表 5-1-3-1)に示す。

表 5-1-3-1 事業評価に用いる単価一覧 (2012年4月現在)

費目	単位	市場(財務)価格	経済価格	備考
<b>生産物</b>				
ソルガム	Rwf/kg	200	190	SCF適用
さつまいも	Rwf/kg	60	57	SCF適用
キャッサバ	Rwf/kg	50	48	SCF適用
米	Rwf/kg	250	238	SCF適用
メイズ	Rwf/kg	200	190	SCF適用
豆	Rwf/kg	330	314	SCF適用
バナナ	Rwf/kg	50	48	SCF適用
キャベツ	Rwf/kg	130	124	SCF適用
トマト	Rwf/kg	300	285	SCF適用
にんじん	Rwf/kg	450	428	SCF適用
木トマト	Rwf/kg	850	808	SCF適用
コーヒー(パーチメント)/1	Rwf/kg	600	570	SCF適用
<b>種子・苗</b>				
ソルガム	Rwf/kg	180	171	
さつまいも	Rwf/vine	150	150	SCF適用
キャッサバ	Rwf/nos	10	9	非貿易産品
米	Rwf/kg	500	475	SCF適用
メイズ	Rwf/kg	300	285	SCF適用
豆	Rwf/kg	300	285	SCF適用
バナナ	Rwf/kg	300	285	SCF適用
キャベツ	Rwf/kg	800	760	SCF適用
トマト	Rwf/kg	20,000	19,000	SCF適用
にんじん	Rwf/kg	800	760	SCF適用
木トマト	Rwf/kg	1,000	950	SCF適用
コーヒー(パーチメント)/1	Rwf/seedling	25	24	SCF適用
<b>肥料</b>				
NPK(窒素・リン酸・カリウム)	Rwf/kg	480	480	関税撤廃を考慮
DAP(リン酸アンモニウム)	Rwf/kg	480	480	関税撤廃を考慮
Urea(尿素)	Rwf/kg	410	410	関税撤廃を考慮
DSP(リン酸水素ナトリウム)	Rwf/kg	500	500	関税撤廃を考慮
CAN(硝酸カルシウム)	Rwf/kg	400	400	関税撤廃を考慮
堆肥	Rwf/kg	5	5	非貿易産品
<b>農薬</b>				
Thiodan(殺虫剤)	Rwf/liter	11,000	10,450	SCF適用
Ridomil(殺菌剤)	Rwf/kg	10,000	9,500	SCF適用
Dithane(殺菌剤)	Rwf/kg	1,600	1,520	SCF適用
Dimethoate(殺虫剤)	Rwf/liter	6,000	5,700	SCF適用
Kitazine(殺菌剤)	Rwf/liter	8,500	8,075	SCF適用
<b>資材</b>				
マルチグラス	Rwf/kg	500	500	非貿易産品
<b>農業労賃</b>				
	man-day	800	600	農業労働の機会費用

注: 鋤などの道具はSCFを用いて経済価格を算定。

ローカル資材は市場価格 = 経済価格

/1: コーヒー(パーチメント)は水洗加工により、果肉を除去したもの

#### 5-1-4. 農業労働賃金

熟練労働は、競争的市場で調達されるので、市場価格 = 経済価格であり、未熟練労働は、非競争的市場での調達のため、労働変換係数をかけて市場価格を経済価格に変換する。農業労働は、未熟練労働とみなす。今回の経済性評価では、熟練労働者賃金を 800RWF、Labor Conversion Factor を 0.6 と推計し、農業労働賃金を 480RWF と規定する。



### 5-1-5. 税金

付加価値税(VAT)に関しては、生産費(市場価格)では考慮するが、経済価格からは除外する。

### 5-2. 事業費

事業費は、水源施設、用水施設、圃場内灌漑施設、維持管理費を見積もる。事業費は外貨 (F/C: Foreign Currency) と内貨 (L/C: Local Currency) に分類し、F/C 部分については SCF を適用して経済価格に変換する。事業費を(表 5-2-2-1)に示す。事業における建設期間は 1 年間とし、維持管理費は毎年発生するものとし、年平均維持管理費を計上する。

#### 5-2-1. 物理的予備比率および価格予備費

初期投資段階における設計・仕様変更などに起因する費用の見込み増加分に対し、外貨・内貨費用とも 5%の物理的予備費を想定する。

#### 5-2-2. 建設期間中の各年次の投資割合

施工期間は 1 年と予定されるが、ダム完成後湛水試験を実施するため、工事着工から施設の供用開始まで約 2 年間が必要である。しかし工事費の各年次の投資配分は行わない。

**表 5-2-2-1 事業費**

市場価格

(単位: RWF)

項目	Unit	事業費	外貨(F/C)	内貨(L/C)
仮設・一般	1式	467,485,000	233,742,500	233,742,500
堤体	1式	1,099,675,600	549,837,800	549,837,800
洪水吐	1式	67,042,000	33,521,000	33,521,000
取水設備	1式	266,256,000	213,004,800	53,251,200
灌漑施設	1式	2,315,325,000	1,157,662,500	1,157,662,500
Base Cost		4,215,783,600	2,187,768,600	2,028,015,000
物理的予備費	5%	210,789,180	109,388,430	101,400,750
合計		4,426,572,780	2,297,157,030	2,129,415,750
(US\$換算額) <sup>*1)</sup>		7,316,649		
Ha当り事業費(US\$)	275Ha	26,606		

\*1) US\$1.00 = Rwf 605

経済価格

項目	Unit	事業費	外貨(F/C)	内貨(L/C)
仮設・一般	1式	455,797,875	222,055,375	233,742,500
堤体	1式	1,072,183,710	522,345,910	549,837,800
洪水吐	1式	65,365,950	31,844,950	33,521,000
取水設備	1式	255,605,760	202,354,560	53,251,200
灌漑施設	1式	2,257,441,875	1,099,779,375	1,157,662,500
Base Cost		4,106,395,170	2,078,380,170	2,028,015,000
物理的予備費	5%	205,319,759	103,919,009	101,400,750
合計		4,311,714,929	2,182,299,179	2,129,415,750
(US\$換算額) <sup>*1)</sup>		7,126,802		
Ha当り事業費(US\$)	275Ha	25,916		

\*1) US\$1.00 = Rwf 605

出所: JICA 調査団

### 5-3. 事業の経済的便益

事業では以下の項目を貨幣換算可能な経済的便益とする。

- 1) 灌漑用水の安定供給による作物単位面積当たりの収量(以下「単収」とする)の増大。

灌漑用水の安定供給による単収増は、現在実施中である「ルワンダ国 東部農業生産向上プロジェクト」からの入手情報、およびセクター農業技官からの聞き取りにより推定した。また、周辺国での灌漑農業による実績も考慮した。各作物における単収の増加と作物別期待生産量を(表 5-3-1)に示す。なお作付面積は、4章 4-2 営農計画(表 4-2-1-1)による作付計画面積とする。

**表 5-3-1 単収の増加と期待生産量**

作物	単収 (単位:ton/ha)		作付け計画 面積 (単位:ha)	作物別期待 生産量 (単位:ton)
	Without	With		
米	4.0	6.0	70	420
メイズ	1.0	5.5	140	770
豆	0.8	2.5	140	350
キャベツ	8.0	17.0	60	1,020
トマト	5.0	22.0	40	880
にんじん	3.0	22.0	20	440
木トマト	2.5	3.5	20	70
コーヒー	3.0	4.0	20	80

出典：JICA 調査団

各作物の単収の根拠と妥当性

米：米の単収は、東部農業生産向上プロジェクトから、灌漑による水管理の改善および、栽培技術の改善により、6ton/ha は妥当である。

メイズ：世界平均収量（FAO）は灌漑なしで 4.8t である。現況の気象、土質データから適切な肥培管理と水管理により、5.5t/ha の収量向上は妥当である。

豆：日本の大豆の単収は 3t/ha であり、適切な肥培管理と水管理により 2.5t/ha の収量向上は妥当である。

キャベツ：灌漑後の世界平均単収（FAO）が 22t/ha であり、ケニアでの灌漑後 16t/ha の実績があり、17t/ha の収量向上は妥当である。

トマト：灌漑後の世界平均単収（FAO）27t/ha で、適切な肥培管理と水管理により 22t/ha 妥当である

にんじん：灌漑後の世界平均単収（FAO）23t/ha で、適切な肥培管理と水管理により、22t/ha の収量向上は妥当である。

木トマト：適切な肥培管理と水管理により 3.5t/ha の収量向上は妥当である

コーヒー：ルアンダ国での実績から適切な肥培管理と水管理により、4t/ha の収量向上は妥当である。

2) 灌漑用水供給による作物転換による農業所得の増大（自給的作物から換金作物への転換）

事業便益の算定においては、現況作物および計画作物の純収益を算定し、現況作物を事業が実施されていない場合(without)の作物と見なし、その差額を事業実施による増加便益とする。各作物別の粗収益、生産費、増加便益を(表 5-3-2)に示す。

**表 5-3-2 粗収益、生産費、増加便益**

作物	単位面積当たり収穫量 (単位: ton/ha)		国内市場 価格 (000 Rwf/ton)	粗収益 (単位000Rwf/ton)		生産費 (単位000 Rwf/ton)		増加便益 (単位000 Rwf/ton)	
	Without	With		Without	With	Without	With	Without	With
米	4.0	6.0	250	1,000	1,500	331	491	669	1,009
メイズ	1.0	5.5	200	200	1,100	117	146	83	954
豆	0.8	2.5	330	264	825	196	307	68	518
キャベツ	8.0	17.0	130	1,040	2,210	340	576	700	1,634
トマト	5.0	22.0	300	1,500	6,600	1,273	1,526	227	5,074
にんじん	3.0	22.0	428	1,284	9,416	622	941	662	8,475
ホトマト	2.5	3.5	850	2,125	2,975	3,514	714	-1,389	2,261
コーヒー	3.0	4.0	600	1,800	2,400	1,706	1,514	94	886

出典：JICA 調査団

3) 貯水池内の耕作地に関して

現況では、満水面積 15ha の内、10.5ha 程度が耕作されている。貯水池内の耕作地に関しては土地補償、移転補償、作付け補償の発生が想定される。土地補償と移転補償に関しては、今回の調査で対応が確認できなかった。次回の環境影響評価調査で対応を検討する。作付け補償は、今回の経済評価で、マイナスの便益として試算する。

4) 家族労働

財務分析では便益は市場価格を用いるため、家族労働の貨幣評価を行わない。

5) 年度別増加便益

事業による年度別の増加便益を(表 5-3-3)に示す。

表 5-3-3 事業実施による増加便益（計画単収達成時）

年度	受益面積 (ha)	年増加便益(000Rwf)		Ha当り増加便益(Rwf)	
		市場価格	経済価格	市場価格	経済価格
1	275	168,874	292,055	614,087	1,062,018
2	275	770,204	541,105	2,800,742	1,967,655
3	275	932,324	639,105	3,390,269	2,324,018
4	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
5	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
6	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
7	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
8	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
9	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
10	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
11	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
12	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
13	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
14	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
15	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
16	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
17	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
18	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
19	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
20	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
21	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
22	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
23	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
24	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
25	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
26	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
27	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
28	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
29	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
30	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
31	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
32	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
33	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
34	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
35	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
36	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
37	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
38	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
39	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
40	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
41	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
42	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
43	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
44	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
45	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
46	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
47	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
48	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
49	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582
50	275	1,005,414	703,885	3,656,051	2,559,582

出典：JICA 調査団

### 5-4. 事業の財務的評価および経済的評価

上記の事業費と便益額を用いて、内部収益率(IRR)、投資効率(B/C)および純現在価値(NPV)を算定する。B/CおよびNPVの算定に用いる割引率は12%を適用する。経済的内部収益率(EIRR)が、LWHに示される資本の機会費用12%を上回る、またB/Cが1以上、およびNPVが正の値であれば、事業による追加便益が追加投資額を上回ることになる。(表5-4-1)に算定結果を示す。

表5-4-1 事業評価結果

IRR		B/C(割引率 i = 12%)1/		NPV(000Rwf) (i = 12%)	
経済的	財務的	経済的	財務的	経済的	財務的
12.1%	15.7%	1.01	1.36	23	1,552

Note:1/割引率12%はLWHのガイドラインによる値を採用した

出典：JICA 調査団

### 5-5. 感度分析

プロジェクトを取り巻く経済・社会環境の変化によるプロジェクト効果へのインパクトを計量的に(定点)分析するために感度分析を行う。感度分析は、1)事業費が10%増加した場合、2)便益が10%減少したばあい、3)事業費10%増と便益10%減少の組み合わせ、更に、便益減少要因として、4)計画単収10%減、および5)作物単価10%減の場合で行う。(表5-5-1)にEIRRに対する感度分析結果を示す。事業費増と便益減では、より便益減に反応する。また便益減の要因として単価より単収減の方により反応することが示唆される。

表5-5-1 経済的内部収益率(EIRR)の感度分析(単位：%)

基準	事業費10%増	便益10%減	事業費10%増+ 便益10%減	計画単収 10%減	作物単価 10%減
12.1	11.1	10.9	10.0	10.4	10.6

出典：JICA調査団

### 5-6. 将来予測される効果

現状では貨幣換算が困難であるが、将来的に費用便益分析に含まれることが予測される効果を(表5-6-1)に整理する。

表5-6-1 将来予測される効果

効果			裨益主体			
			居住者	農水利 利用者	ダム湖 利用者	内水面 漁業者
地域社会	地域経済	内水面漁業の振興			+	+
		エコツーリズムの振興	+		+	
	環境	ダム湖畔の景観の改善	+		+	
		鳥類や植物の生態系の改善		+		+

出典：JICA 調査団

「裨益主体」の定義は下記の通りである。

居住者： 当該事業の効果が及ぶ範囲に居住する者

農水利用者：ダム貯水を灌漑用水として利用している農家

ダム湖利用者：ダム周辺に来訪して、ツーリズム等の活動を行う者

内水面漁業者：ダム湖において内水面漁業を行う者

「効果」の定義は下記の通りである。

内水面漁業の振興：ダム貯水地を利用する内水面漁業を振興することにより発生する効果となる。

エコツーリズムの振興：ダム湖利用者が増加することに伴い、土産物販売や飲食業の需要が地域経済の中で増加する効果となる。

ダム湖畔の景観の改善：ダム湖畔の景観が向上することにより、「ダム湖利用者」に良好な景観が鑑賞出来る効果となり、居住者には良好な景観が保全される効果となる。

鳥類や植物の生態系の改善：水棲生物の生育環境の向上に伴い、食物連鎖上関係してくる鳥類や植物を含めた生態系が良好な状態に変化することにより発生する効果

## 第6章 中国ダム調査

### 6-1. 現況調査

本調査は、Ngoma-22 に対する調査初期に、利用可能河川水量および受益面積が少ない場合、プロジェクト規模が小さくなり投資効率が低下する懸念が出たことを受け、隣接谷の既存ダム(中国支援により 1987 年完成)の再開発と合わせた事業とすることの可能性を探る目的で実施された。調査・検討が進む過程でその懸念は解消され、既存ダムの再開発は当事業の対象外となったが、再開発事業そのものはLWHプロジェクトとしても有望なものであることが明らかになっている。

#### 6-1-1. ダム及び付帯施設

##### (1) ダム

表 6-1-1-1 中国ダムの諸元表

項目	内容	項目	内容
流域面積	29.4 km <sup>2</sup>	堤高	14m (推定)
貯水池満水位面積	95,000 m <sup>2</sup> (衛星画像より)	堤頂長	157.8m
総貯水量	推定 400,000m <sup>3</sup>	堤頂幅	4.5m
ダム型式 (構造)	(均一型)	上流斜面勾配	1:2.4
ダム天端標高	EL.1,380 m(GPS による)	下流斜面勾配	1:2.0

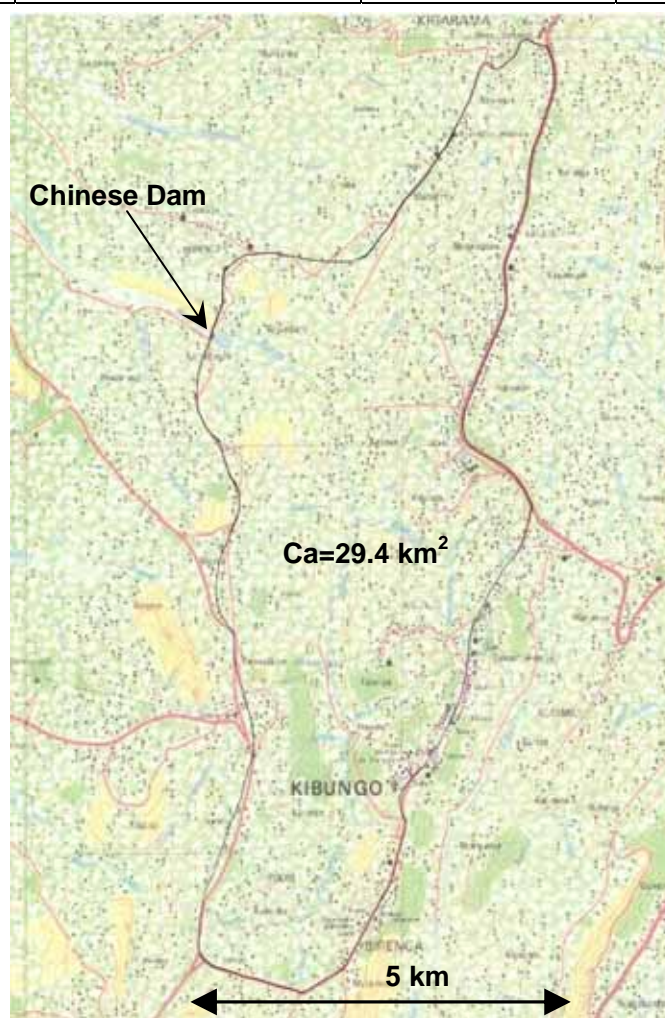


図 6-1-1-1 中国ダム流域図



(2) 付帯施設その他

洪水吐越流部の標高 ; EL. 1374.8 m (GPS による)

底樋の構造 ; 鋼管コンクリート巻き立て構造と考えられているが、近年、誰も確認していない。

ダム運用 ; ダムからの放流は、2, 3, 4月、7, 8月、11, 12月に行う。

日々の放流は、アグロノミストもしくは農民からの放流要請にもとづいて、ゲート管理人がゲートの開閉を行っている。

運用規則のようなものはない。

乾季に貯水池が空になって放流ができなくなり問題となったことはない。

最近年の貯水位変動履歴

; 貯水池水位は7月~9月中旬の間、満水位以下となるが、2m以上下回ったことはない。通常はいつも満水である。

流量観測 ;

**表 6-1-1-2 流量観測結果**

日時	中国ダム下流	合流点	下流堰
25/3/2012	108ℓ/sec	69.8ℓ/sec	183ℓ/sec
1/4/2012	116ℓ/sec	71.3ℓ/sec	241ℓ/sec
8/4/2012	119ℓ/sec	73.5ℓ/sec	345ℓ/sec
19/4/2012	99ℓ/sec	68.3ℓ/sec	52ℓ/sec
25/4/2012	32.6ℓ/sec *	236ℓ/sec	806ℓ/sec
1/5/2012	518ℓ/sec	210ℓ/sec	881ℓ/sec
12/5/2012	462ℓ/sec	218ℓ/sec	158ℓ/sec
20/5/2012	423ℓ/sec	223ℓ/sec	958ℓ/sec
	* 上流で取水		

## 6-1-2. 上流域および受益地調査

### (1) 上流域調査



- ・貯水池上流端は直線的に緩斜面に接岸する。



- ・貯水池上流の谷底は平坦で、農地と草地が雑然と混在している。



- ・谷は上流約 400m で狭くなり、河床勾配も急となる。貯水面が 2, 3m 上昇したとしても水面はこの辺りで止まるものと考えられる。水没面積は、 $300\text{m} \times 50\text{m} = 15,000\text{m}^2$  程度となる。



(2) 受益地踏査 (踏査日時 4月1日)



導水管はφ600mm、鋼管で腐食が進行中



用水路は下流約50mで終点、道路下の暗渠を経て河床部へと下る。



下流約60mで洪水吐からの流れと合流



合流部下流の流量観測地点





衛星画像で見える山裾沿いの水路は、現地では草に埋もれて見えない。



河川水面と田面の比高差が1m程度あり、水が圃場にかかるかどうか危ぶまれる。



用水出し入れのための畦の切り欠き。



下流約500m地点のせき上げ用横木



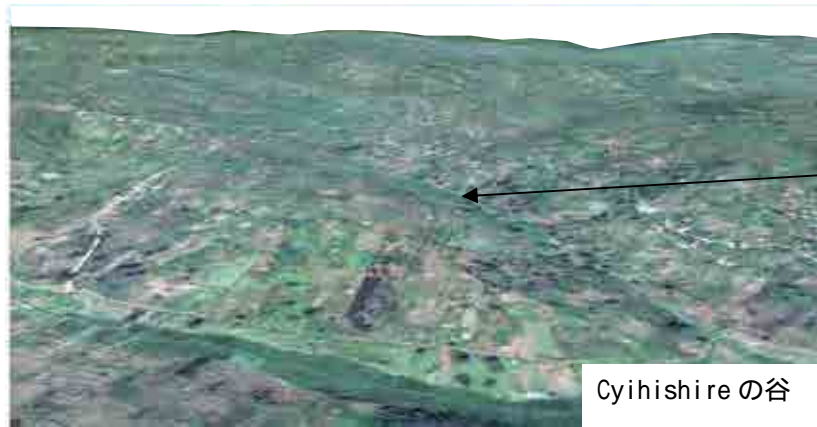
下流約500m地点左岸側の耕作状況



下流約500m地点右岸側、勾配が急で自然林となっている。



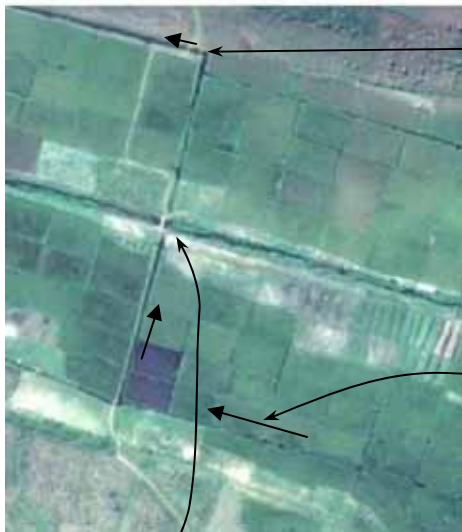
下流約1km地点左岸側にCyihishireの谷。奥深く地下水の灌漑利用が有望。谷の出口に小さな流れもある。







せき上げ堰上流の用水取り入れ口



農協建物の下で左岸山裾沿い水路が本川に合流。合流地点に堰があり、右岸側への取水口があるが、右岸山裾沿い水路は途中で止まっている。



右岸山裾沿いの水路が Ngoma-22 側へと回り込んでいるように見えるが、水路は手入れがなされており、水は流れていない。

(3) 水路状況踏査 (5月8日実施)

(a) 河川の状況

河川自身の維持管理がなされていない。雑草、水草が繁茂し、流下疎外が生じている。



中流部の河川流況

(b) 堰上げ施設

下流約4km地点と農協事務所下にコンクリート製の堰がある。堰上げた水を受ける側の山側導水路は、前者の場合は標高が高く水が乗らない。後者の場合は雑草が繁茂し行き止まり状態となっている。ダムから下流4kmの間には、堰上げ施設はない。



(c) 水路の状況 (左岸側のみを調査)

ダムサイト下流から Natural Forest 終点までの間、約1kmは、斜面の裾沿いに水路はあるが、雑草に覆われ維持管理がなされていない。





下流約 1.5km 地点には、よく整備された幅の広い水路があるが、水路底が逆勾配で水は流れていない。



中流部の谷幅の狭い地域は、山側の水路は設けられていない。



下流約 4km 地点では、左右岸の山裾に水路があった（1999年～2000年にかけて改修）ということであるが、現時点ではほぼ埋まっており、水路の面影はない。

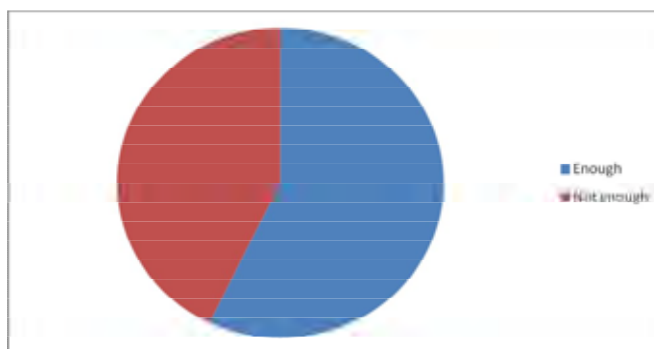


#### (d) 総括

- ・水路は維持管理をしっかりとすれば、そのまま使える部分が多い。
- ・がけ崩れのために埋没したような水路はない。
- ・中流部から下流にかけての山側水路には、かなり標高の高いところに設置されたものがある。これに水を乗せるためには、上流部、中流部でしっかりした堰上げ施設を設ける必要がある。

(4) 灌漑用水使用実態聞き取り調査

Irrigation water	Number of farmers	Percentage
Enough	24	57%
Not enough	18	43%
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>100%</b>



**図 6-1-2-1 灌漑用水使用実態**

また、回答者は、灌漑用水が満足に得られない原因として以下を挙げた。

- ・ 合理性に欠ける水管理
- ・ 用水路に対する維持管理が不十分なこと

さらに、灌漑用水が満足に得られないことによる影響として、次を挙げた。

- ・ 稲の病気
- ・ 低収穫量

### 6-1-3. 中国ダムの改修余地と改修意義

#### (1) 改修余地

##### (a) 小規模改修

中国ダムの現況ダム天端標高は EL.1380.0m(GPS による)程度である。これに対し、現況常時満水位は EL. 1374.8m(GPS による)程度である。この間に約 5m の標高差がある。当ダムの堤高が 14m 程度であることを踏まえると、余裕高は 2m も見込めば十分である。その意味では、常時満水位を約 3m 上げることができる。この時、貯水量増として $(95,000\text{m}^2 + \alpha) \times 3\text{m} = 300,000\text{m}^3$ 程度、現貯水量のほぼ倍の貯水量が期待できる。全体貯水量はほぼ  $700,000\text{m}^3$  になるものと考えられ、Ngoma-22 に匹敵する灌漑開発が可能となる。

##### (b) 大規模再開発

中国ダムの流域面積は Ngoma-22 の流域面積  $8.8\text{km}^2$  のほぼ 4 倍の  $29.4\text{km}^2$  に達する。ダム下流での流量観測結果でも、合流点での観測流量のほぼ倍の流量を示す。雨期の合流点観測流量がダムサイト地点のほぼ倍であることから、中国ダム地点の河川流量としては、Ngoma-22 ダム地点の期待流入量のほぼ 4 倍が期待できる。すなわち、利用可能水量 280 万  $\text{m}^3$  程度での灌漑計画が成り立つものと考えられる。ただしこの場合には、ダム位置を上流側に移した新設ダムとしての計画になるであろう。もちろん、既設ダムの貯水量 70 万  $\text{m}^3$  への改修と上流への貯水量 210 万  $\text{m}^3$  新設ダムの築造、という案もありえる。

#### (2) 改修意義

##### (a) 経済的意義

改修を行うことにより水田灌漑状況が改善され、収量増により農家所得が向上する。また、改修により畑地灌漑用水が確保できるようになるので、LWH 事業を当該地域にも展開することができる。これにより農業近代化を促進し、地域の経済発展を図ることができる。

##### (b) 社会的意義

灌漑施設／機能が不備なために、農民間に水利用上の不公平感が蔓延しており、これが地域の協力体制構築上の障害となっている。ダムが改修され水田灌漑施設が機能するようになれば、社会的協力体制確立に向けて、よい方向に歯車が回り始める。

また、畑地灌漑が行われるようになれば、灌漑作業を担う労働者としての雇用機会が生まれ、地域社会の安定化をもたらす。

## 6-2. 中国ダムの概略改修計画

### 6-2-1. 概略改修計画

#### (1) 全体コンセプト

ダムの現況取水設備を改修するとともに既存水田の灌漑施設を整備し、完全な水田灌漑が行えるようにする。現貯水池の常時満水位を 3m 高くし貯水量増を図り、これにより丘陵斜面部での畑地灌漑を実施すべく施設を整備する。

#### (2) 改修工事計画

##### (a) 堤体工事

##### i) 上下流のカウンターウェイト施工

貯水位上昇に対して、従前と変わらないすべり破壊に対する安全性を確保する。

このための手段として、堤体上下流斜面にカウンターウェイトとなる盛土を腹付けする。

##### ii) 水平ブランケット

貯水位上昇に対して、従前と変わらない浸透破壊に対する水理的安全性を確保する。

このための手段として堤体底面沿いの導水勾配を従前と等しくするために水平ブランケットを施工する。

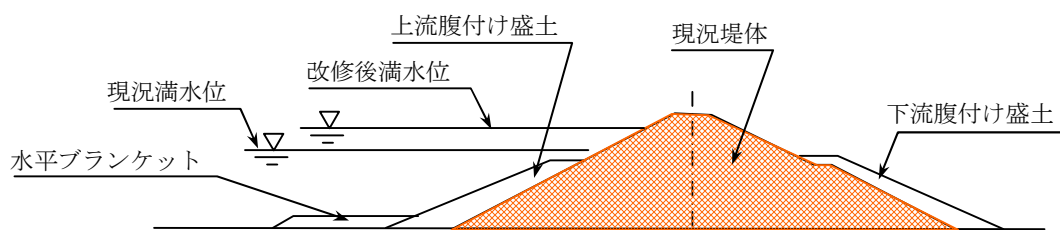


図 6-2-1-1 堤体改修計画概要図

##### iii) 張り石の部分撤去と改修

上流カウンターウェイトが乗る範囲から既存の張り石を撤去し、再施工する。

##### iv) 下流斜面整形、腰石撤去および再構築

下流カウンターウェイト工事のために、斜面保護の植生、腰石、排水路を撤去し、再構築する。

## (b) 洪水吐工事

## i) 流入部整備および越流堰の構築

現洪水吐流入部に壁高 3m の重力ダム状越流堰を構築する。上流側の流入敷きは、3m の水位上昇に対し越流堰基礎の動水勾配が十分小さくなるようにアースブランケットにより被覆する。

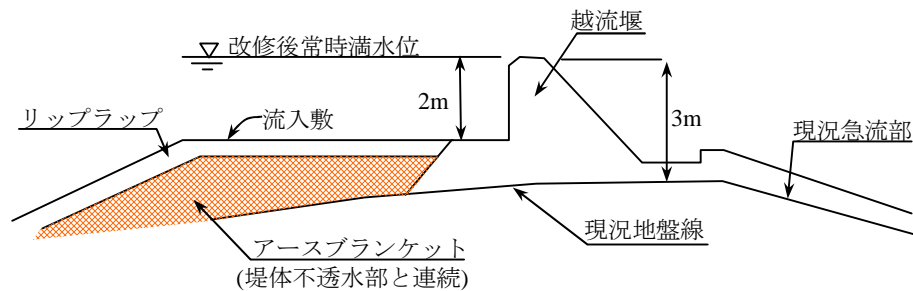


図 6-2-1-2 流入部整備および越流堰

## ii) 急流部整備

現急流部は、地山状態そのまま未整備である。3m の貯水位上昇に伴い水流の落下高が増すことを考慮し、コンクリート水路として整備する。

## (c) 取水設備

## i) 現況取水設備の新設改修

現況取水設備は全体的に老朽化が進んでいる。ゲートが損傷し修理しなければならない状態にあるが、管路を締め切る手段がないために取り外しての修理ができない。よって、既存施設を撤去し、取水設備全体の改修を行うものとする。改修は堤体を開削し行うが、改修に当たっては貯水池利用水量の増加を図る観点から、底樋位置をより低い標高位置に移すものとする。新設改修に伴う工事は次の通りとなる。

- ・ 取水塔工事
- ・ 底樋工事
- ・ 分水槽工事

## ii) 畑地灌漑用取水設備の新設

畑地灌漑用水の取水施設として下流アバット部斜面上に調整水槽を設置し、Ngoma-22 と同様の設計思想に基づきパイプ配管により灌漑用水を導水する。

**(d) 灌漑施設**

Ngoma-22 と同様の設計思想に基づき、畑地灌漑を幹線用水路からの重力灌漑およびソーラーポンプによるポンプ灌漑により行う計画とする。また、水田についても、Ngoma-22 と同様に、灌漑施設の整備を行うものとする。

**6-2-2 施工計画・積算****(1) 仮設計画****(a) 仮締め切り堤**

上流カウンターウエイト及び水平ブランケットの土工事を行うために、1,2mの盛土を行う。

**(b) 堤敷掘削**

カウンターウエイト、水平ブランケット基盤から堆積土を除去する。

**(c) 工事期間中のポンプ排水**

工事期間中、水中ポンプにより、仮締め切り堤上流側から既存底樋撤去のための堤体開削部を経て、流入水を排水する。新設底樋完成後は底樋経由の排水となる。

**(d) 仮設道路**

貯水池内左岸斜面沿いに上流土取場までの仮設道路を設置する。

(2) 施工計画

表 6-2-2-1 中国ダムの施工計画

工種	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
仮設・一般													
サイト準備工		■											
サイト事務所設営		■											
仮設道路		■											
取水設備工事													
堤体開削			■										
既存施設取り壊し撤去			■										
取水設備新設				■	■	■							
堤敷掘削			■										
仮締め切りダム		■											
水平ブランケット			■										
腹付け盛土				■	■								
開削部復旧盛土								■	■				
リップラップ									■	■			
天端保護工										■			
斜面保護植生工									■	■			
洪水吐工事							■	■	■				
幹線用水路工事				■	■	■	■						
支川用水路工事								■	■	■	■		
ソーラーポンプ設置								■	■				
末端用水路工事										■	■	■	■
その他											■	■	■
跡片付け													■



(3) 概算数量 (中国ダム改修)

表 6-2-2-2 概算数量 (中国ダム改修)

Description	Calculation	Unit	Quantity
仮設・一般			
サイト準備工		式	1
サイト事務所設営		式	1
仮設道路	500	m	500
仮締め切りダム			
水替え工	水中ポンプ運転	式	1
取水設備工事			
堤体開削	$\{1.0 \times (2.4+2.0)/3\} \times 12.0^3 + \{4.5 \times 1.0 + 5.0 \times (2.4+2.0)/2\} \times 12.0^2 + 4.5 \times 5.0 \times 12.0$ = 5,036	m <sup>3</sup>	5,036
既存施設取り壊し撤去	1	式	1
取水設備新設	1	式	1
堤体工			
堤敷掘削	$120.0 \times 30.0 \times 1.5$ = 5,400	m <sup>3</sup>	5,400
仮締め切りダム	$120.0 \times 1/2 \times (3.0+6.0) \times 2.0$ = 1,080	m <sup>3</sup>	1,080
水平ブランケット	$120.0 \times 20.0 \times 2.0$ = 4,800	m <sup>3</sup>	4,800
腹付け盛土	$1/2 \times (3.0+6.0) \times 7.0 \times 120.0 \times 2$ = 7,560	m <sup>3</sup>	7,560
開削部復旧盛土	= 5,036	m <sup>3</sup>	5,036
リップラップ	$1/2 \times (19.0+29.0) \times 7.0 \times 2.6 \times 0.6$ = 262	m <sup>3</sup>	262
斜面保護植生工	$1/2 \times (19.0+29.0) \times 7.0 \times 2.236 + 1/2 \times (120.0+80.) \times 7.0 \times 2.236 + 3.0 \times 120.0$ = 2,301	m <sup>2</sup>	2,301
洪水吐工事			
越流堰及び急流水路	$1/2 \times (1.0+4.0) \times 3.0 \times 5.0 \times 1.5 + 1.0 \times 0.3 \times 10.0 \times 2 + 5.0 \times 0.3 \times 10.0$ = 77	m <sup>3</sup>	77
アースブランケット	$10.0 \times 30.0 \times 2.0$ = 600	m <sup>3</sup>	600
リップラップ	$10.0 \times 30.0 \times 0.6$ = 180	m <sup>3</sup>	180
灌漑施設	1	式	1



## 6-2-3. 調査計画

中国ダムの改修計画を検討する上で必要な調査・試験は、以下の通りである。

表 6-2-3-1 中国ダムの調査計画

Chinese Dam Investigation Plan		
Item	Quantity	Note
Borehole drilling	3 holes, 20m × 3=60m	
Standard penetration test	12 times/hole × 3=36 times	
Permeability test in the hole	4 times/hole × 3=12 times	
Test pit excavation	3 pits, D=3m × 3=9m	
Field permeability test	2 pits/m × 3m × 3test pit=18	Pit method
Test piece sampling	3 pieces	undisturbed sample
Unit weight measurement	3	
moisture content test	3	
particle size distribution test	3	
Specific gravity test	3	
Atterburg limit test	3	
Direct shear test	3	
Standard compaction test	3	

## 7. 協力実施の妥当性及び適切な協力範囲・規模の検討

### 7-1. 協力実施の妥当性

本案件に対して、我が国の無償資金協力による協力対象事業の実施は以下の点から妥当と判断される。

- ① 本計画の「ル」国における上位計画として、1) ルワンダヴィジョン 2020、2) 中期 5 カ年計画、3) 国家農業政策、4) ルワンダ国農業変革戦略、5) 丘陵地灌漑整備計画がある。ここでは、貧困削減、経済成長、食料安全保障が目標として設定されている。本案件は、上記 5) の丘陵地灌漑整備計画の一環をなすものであり、「ル」国上位計画における中・長期的開発計画に合致するとともに、それらの目標達成に資するプロジェクトである。
- ② 「ル」国 LWH 事業・丘陵地灌漑整備計画の方針では、「農地改善、耕作地確保及び丘陵灌漑を通じた商業農業の実施、スタッフ・関連機関の組織強化」が掲げられ、全国 101 カ所で農業用貯水池を建設することが目標とされている。本計画は、丘陵地斜面における市場指向型の野菜栽培に力点を置いたものであり、丘陵地灌漑整備計画が掲げる目標に合致するものである。
- ③ 第 4 回アフリカ開発会議(TICAD IV)において、我が国は 1) 食料増産及び農業生産性向上への支援、2) 水資源及び土地利用管理の向上、3) 水関連インフラ、4) 災害リスクの軽減、5) 安全な水資源の確保、に力点を置いて支援することを公約した。本計画は、ダム建設を通じた水資源開発、農業近代化を目標とするものであり、上記各項の全てを履行する形で公約の達成に寄与するものである。
- ④ 本計画は、貯水池計画、設計に関する基礎的技術に加え、斜面灌漑へのソーラーポンプの導入、地形狭窄部を利用した浅層地下水の堰上げ取水等の、新しい着想を提案することにより、「ル」国における小規模灌漑開発のモデルとなり得るものである。具体的には、以下の点が挙げられる。
  - i) 雨量流量実測データにより、当初想定されたよりも流出率が小さいことが判明したことから、Ngoma-22 支川全体の水収支を概括評価し、自流に着目して、この活用を検討したこと。
  - ii) これにより、流域に相当面積の水田を含むことを踏まえ、既存の水田基盤の状況を調査し、水田用水の合理化・節水を図ることで、上流で畑地灌漑用水の先取り取水が可能となることを立証したこと。(水田用水にとっても、安定取水及び用水ブロック内での公平な灌水条件の実現を図ることで、水稻の安定生産及び水利費の徴収・施設の維持管理の容易化など、水利組合活動にも寄与できる)

- iii) 実測データにより河川流量が想定よりも小さいことが判明したことから、補完水源としての地下水の取水方法など具体的な活用方策について検討したこと。
- iv) 丘陵の間に狭隘な河川流域が存在する当国特有の地形条件の下で、地形測量の結果から、重力灌漑のみにより灌水可能となる受益面積が、計画立案上大幅に不足することが明らかとなったことを踏まえ、すでに他国で普及し始めている比較的廉価なソーラーポンプシステムの導入を計画したこと。

## 7-2. 協力範囲・規模

### 7-2-1. 協力範囲

本プロジェクトにおける協力範囲は、ダム建設から末端灌漑施設の整備に至るハード面の整備である。本計画では、マイクロ灌漑手法を取り入れた節水灌漑が事業のポイントとなっており、これに要するホース等の資材は、プロジェクト目標達成上不可欠なものであることから、協力範囲の対象とした。また、ダム地点下流河床部で、現時点、水田耕作が行われているが、ダムの建設によりこれらの水田も受益地となる。水田への用水供給に際しては、用水量の無駄を無くす上で、供給量の量的把握／管理を行うことが必要となる。このためには、ほとんど保水能力を持っていない現況畦の改修が必要となる。本計画では、畦の改修を含めた下流水田の灌漑施設整備を協力範囲に含めている。

LWH 事業では、L（ランドハズバンドリー）とH（ヒルサイドイリゲーション）は不可分なものとして「ル」国及び関係ドナー間では認識されており、ランドハズバンドリーを事業対象に含める一方でこれに伴う収穫増による経済的メリットを経済評価中に含めることが行われているが、技術的には我が国の関与を必要としないと判断し、協力範囲の対象外とした。

### 7-2-2. 規模

現時点では、地下水利用を有効・有望としながらも、利用可能水量をどの程度に評価するのが妥当かについて想定するのが困難なこともあり、具体的に灌漑計画の中に組み込んでいない。現計画の灌漑面積 275 ha は、この地下水利用計画が具体化した段階で増加する可能性がある。

### 7-2-3. 今後の課題

#### (1) プロジェクトとしての課題（短期的課題）

##### (a) 利用可能水量の見直し

計画の樹立に当たり用いた河川流量観測データは2月～6月のものであるため、7,8月の乾季を含む年間の流量観測データに基づき、利用可能河川流量を見直すことが必要である。

また、地下水利用可能水量をどの程度に評価するかについての検討を、乾季の状況を含め行うことが必要である。

**(b) ダム設計洪水量の評価**

現時点では、ダム設計洪水量は2月～4月の河川流量観測結果について、合理式により求めた洪水ピーク流量によっている。利用可能水量同様、年間の河川流量観測結果に基づき、タンクモデル法、貯留関数法等の方法により、さらに制度を上げた評価をする必要がある。

**(c) ダム安定計算、洪水吐の水理計算・構造計算の実施**

現時点での堤体断面形状は経験的に決定したものであり、次の設計段階では堤体安定計算を実施することが必要である。

同様に洪水吐についても、水理・構造設計／計算を行う必要がある。

**(d) 灌水面積率**

現計画では、0.4～0.7とされる節水灌漑における灌水面積率の0.7を採用している。この値は、現在、現場において取り組まれようとしている節水灌漑現地確認調査の結果も参照しつつ、今後、その妥当性を検証する必要がある。

**(e) 有効貯水量 45 万 m<sup>3</sup>**

利用可能水量の見直し結果に基づくのは当然のこととして、長期間にわたる貯水池運用シミュレーションにより、どの程度の有効貯水量とするのが妥当かを検討することが必要である。

**(f) 水田基盤の改善**

畦畔の改善による漏水抑制及びチェックゲートの設置等に関し、現地に即した効果的な施工法について、引き続き調査検討する必要がある。

**(g) ランドハズバンドリー (Land Husbandry)**

ランドハズバンドリーについては、受益農地の肥沃度の向上並びに土壌の保水性の保持の観点から、「ル」政府側によるコンポスト(有機肥料)投入の重点的な実施について検討すべきである。

**(2) 中長期的課題**

本事業が完了した後に、本事業の事業効果をより高く発現させるためには、「ル」国政府によるソフト面の継続的な指導が必要である。その対象となる課題・分野については以下のように考えられる。

**(a) 畑地農業技術指導**

当地区の農民にとっては、畑地において灌漑農業を営むことは初体験の出来事であるとともに、本プロジェクトでは末端灌漑手法としてホース灌漑(これも又、農民にとって初体験である)を導入している。又、営農に対する経済分析(感度分析)によれば、経済効果を上げるうえで収量増が重要という結果になっている。今後の畑地農業では、適切な施肥、ホース灌漑を行うことで

より高い収量、経済効果を上げることが可能となることから、「ル」国政府による指導が期待される。

(b) 水稲栽培技術指導

当地区の水稲栽培は20年前後の歴史を持っているが、熱帯にありながら標高が1500m前後と高いために、低温と戦いながらの水稲栽培となっている。生産性のいっそうの向上には、品種改良による適合品種導入、間断栽培、不耕起栽培、あるいは有機農法等の、特殊農法あるいは先端農法の中からの適合農法の発見・適用等、検討課題は多い。「ル」国政府による取り組みが必要である。

(c) 農民組織強化支援・水利施設管理技術支援

ダム、灌漑用水路等の維持管理を行っていく上では、地域社会の協力体制が確立されなければならない。この協力体制の確立は、水利組合の組織強化を通じて成し遂げられるものであり、その意味では、その確立は、農民内部からの自発的な力によるものが大きい。これらに対する「ル」国政府の継続的な指導が求められる。

また、これと同時に水利施設の操作(ソーラーポンプの運転管理、ダムの取水ゲート、用水路調整池のゲート管理、水田取水設備のチェックゲートの管理等)に関する「ル」国政府の技術指導が必要である。