

平成 24 年度

小水力等農村地域資源利活用促進事業
福島地区

報 告 書
【坂下ダム編】

平成 25 年 3 月

福島県農林水産部農村計画課
若鈴コンサルタンツ株式会社

【坂下ダム】

1. 資料の検討	1-1
1.1 施設の概要	1-1
1.2 資料の把握	1-2
1.3 水文・地質資料	1-6
1.4 指示事項の掌握	1-6
2. 基本事項の検討	2-1
2.1 発電使用水量と発電形式の検討	2-1
2.2 取水位・放水位等落差の検討	2-14
2.3 水路ルート of 検討	2-15
2.4 最大、常時使用水量の検討	2-16
2.5 発電規模及び電力量の算定	2-17
2.6 工事数量及び事業費の概算	2-30
2.7 経済性の検討	2-49
3. 計画図作成	3-1
4. 諸数値の算出	4-1
4.1 流量資料の整理	4-1
4.2 損失水頭の計算	4-5
4.3 年間発生電力量の計算	4-14
5. 総合検討	5-1
5.1 調査結果のまとめ	5-1
5.2 今後の検討事項及び問題点	5-3
6. 参考資料	6-1
6.1 水文に関する資料	6-1
6.2 既設構造物に関する資料	6-128
6.3 最大使用水量の比較資料	6-143

1. 資料の検討

1.1 施設の概要

本ダムは、熊川支流大川原川上流に位置し、周辺地域の農業用水不足を解消し、農業基盤整備を整備拡大、生産性の向上を図る目的と福島第一原子力発電所の原子炉沸騰用水としての工業用水の供給を目的とするダムである。

ダム諸元は、以下に示すとおりである。



坂下ダム位置図

坂下ダム諸元

河川名	熊川支流大川原川	位置	福島県双葉郡大熊町 福島県双葉郡富岡町
型式	直線式コンクリート重力ダム	流域面積	12.50 km ²
堤高	非越流部 43.00 m 越流部 36.20 m	満水面積	0.21 km ²
堤長	215.00 m	満水面標高	EL=132.50 m
総貯水量	2,840,000 m ³	計画堆砂面標高	EL=111.60 m
有効貯水量	2,532,000 m ³	施設管理者	大熊町

坂下ダムの水利権は、最大 1.0373 m³/s(農業用水 0.91 m³/s、工業用水 0.1273 m³/s)である。

※坂下ダムパンフレットより

1.2 資料の把握

本業務で利用する過年度業務成果などの貸与資料は、下表のとおりである。

貸与資料一覧表

番号	資料名	備考
1	坂下ダム観測月報 (H. 14～H. 23)	
2	工事出来高図	
3	坂下ダムパンフレット	

(1) 番号1：坂下ダム観測月報 (H. 14～H. 23)

【概要】

日毎の雨量、ダム貯水位、流出量、放流量が記録されている。

平成14年～平成23年の10カ年のデータを入手した。

【本業務への適用】

発電計画の基本として、貯水位、流量データを用いる。

なお、平成23年データについては、東日本大震災の影響があるため、データ処理から除外した。

(2) 番号2：工事出来高図

【概要】

坂下ダム建設工事の出来高図面である。

【本業務への適用】

発電施設計画及び計画図の作成に用いる。

(3) 番号3：坂下ダムパンフレット

【業務概要】

坂下ダムの建設経緯や概要が記されているパンフレットである。

【本業務への適用】

ダム概要の記載の基礎資料とする。

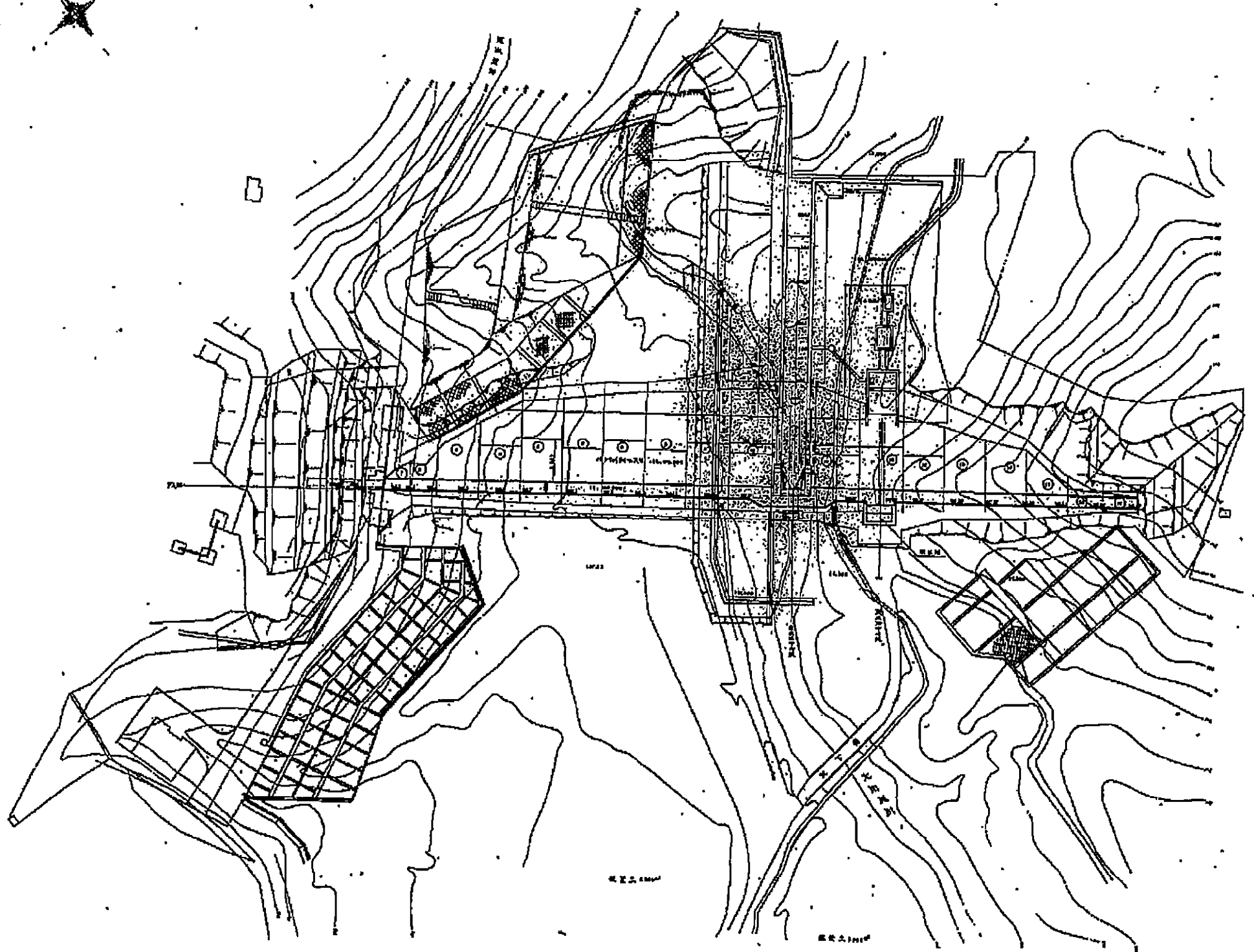
次頁以降に小水力発電検討使用した参考図面を次頁以降に示す。

坂下ダム 平面図

坂下ダム 標準断面図

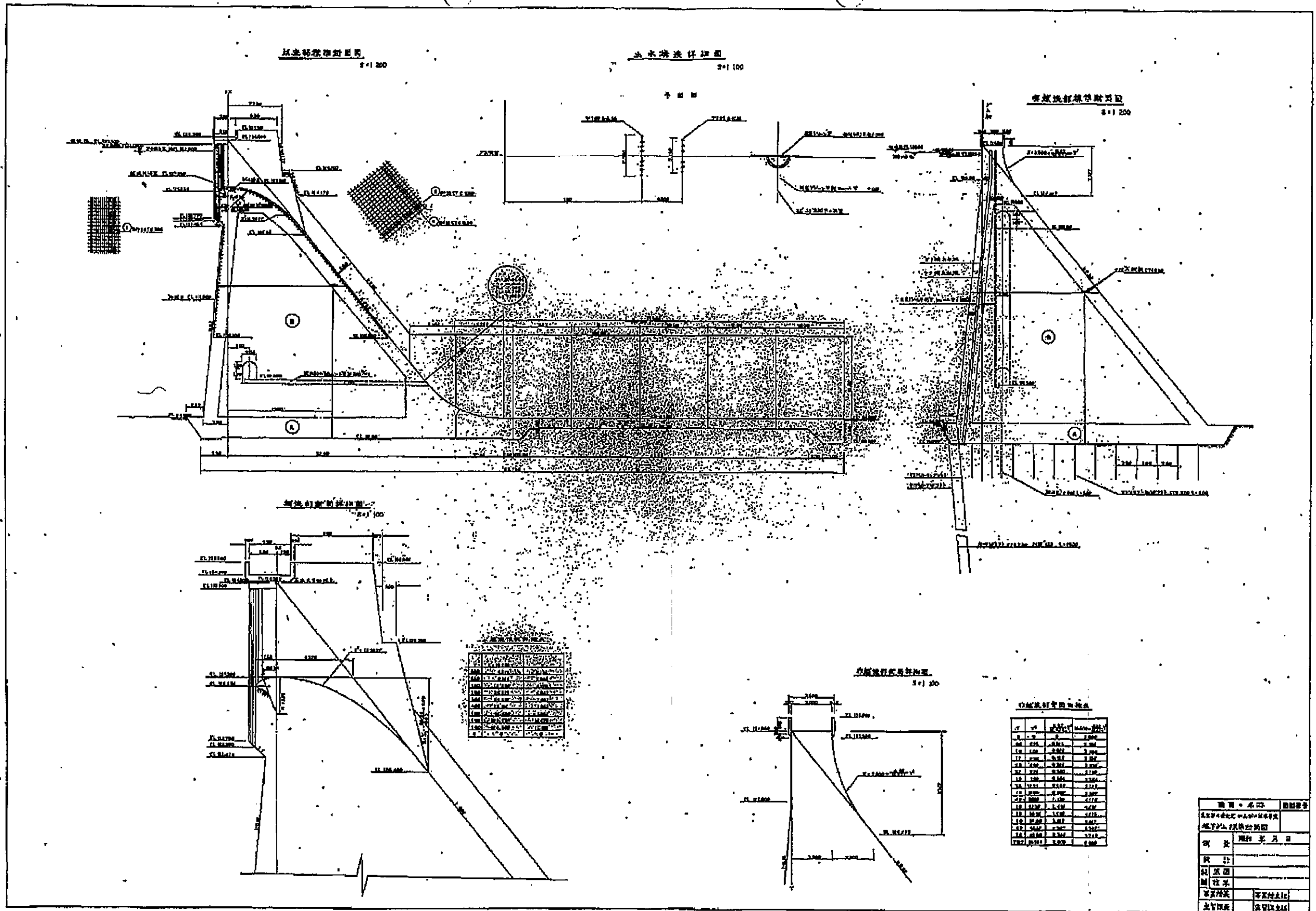
坂下ダム 分水槽一般図

坂下ダム平面図
1:500



図面名称	坂下ダム平面図
縮尺	1:500
設計	
監製	
製図	
承認	
作成	

坂下ダム 平面図



坂下ダム 標準断面図

1.3 水文・地質資料

(1) 水文資料

入手したデータを基に、発電計画に用いる基準年の設定、流況図の作成などを行った。
詳細は、4. 諸数値の算出参照。

(2) 地質資料

地質調査資料は、本業務では、入手できていない。

1.4 指示事項の掌握

坂下ダム小水力発電計画の指示事項は、以下のとおりである。

○農業用水従属型の小水力発電施設を基本とする。

2. 基本事項の検討

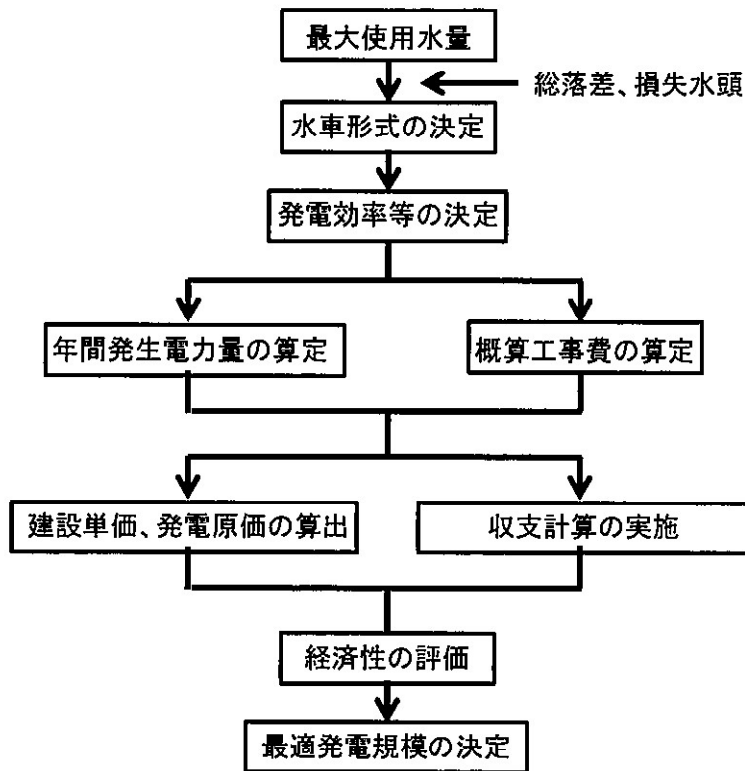
2.1 発電使用水量と発電形式の検討

2.1.1 最大使用水量の決定手法

最大使用水量は、平成24年7月から施行されている「再生可能エネルギー固定価格買取制度」を踏まえ、経済性の検討により最大使用水量を決定する。

検討フローは、下図のとおりである。

詳細は、6.3 最大使用水量の比較資料参照のこと。



(1) 発電した電力の使用及び売電価格

発電した電力は、一旦売電するものとし、平成24年7月から施行された「再生可能エネルギー固定価格買取制度」を踏まえ、最適発電規模の検討を行う。

再生可能エネルギー固定価格買取価格制度の概要は、下表のとおりである。

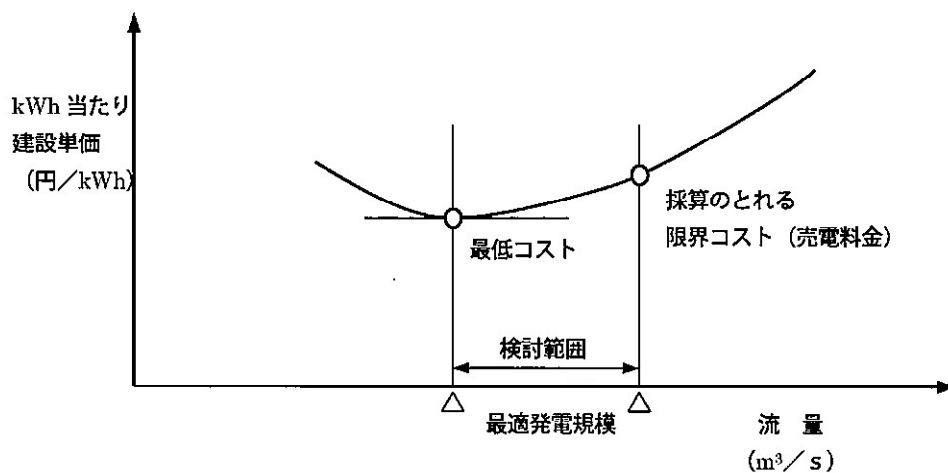
		買取価格		
		出力 200kW 未満	200～1,000kW	1,000kW 超
水力発電	税込	35.7 円	30.45 円	25.2 円
	税抜	34.0 円	29.0 円	24.0 円

(2) ケーススタディー

発電規模の検討は、ケーススタディー方法により、概算建設費、出力、発電電力量、売電単価等を算定し、採算性を判定の上最適規模を決定する。

経済性にすぐれ、最大使用水量を増加していても発電電力量 1kWh 当りの建設単価の増分が急激に大きくなる場合は、事業として採算のとれる限界コスト（売電料金）一杯まで規模を拡大して発電電力量を増加させ、土地改良区の売電収入の拡大を図る方が望ましいという考え方もある。しかし、それによる建設費の増額分による負担増を考慮すると、一概に望ましいとは言いかねる。

このため、本検討では、発電電力量当りの建設費が最小となる発電規模の最大使用水量を選択し、これを最適規模とする。



発電規模の決定

算式は下記のとおりである。

$$\text{発電電力量 (kWh) 当り建設単価} = \text{建設費 (円)} / \text{年間発電電力量 (kWh)}$$

2.1.2 発電形式の検討

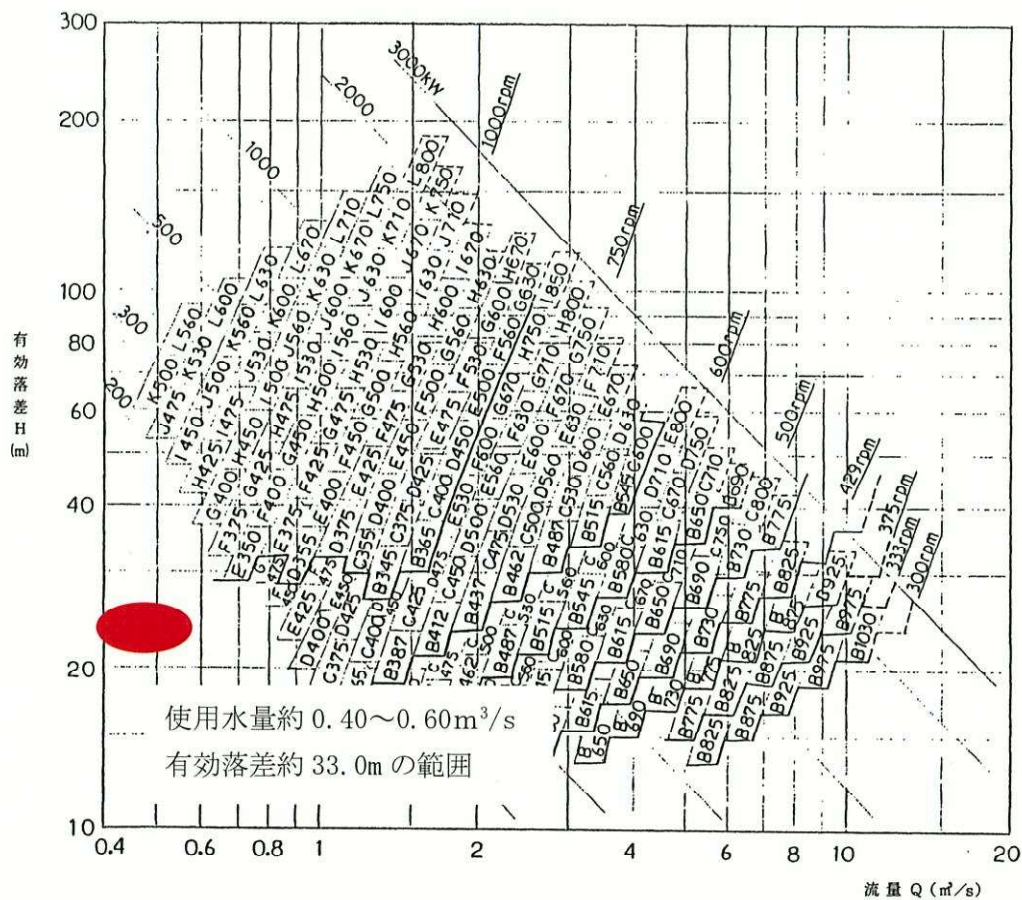
(1) 水車の選定

本計画地点の、最大使用水量：約 0.40～0.60m³/s、有効落差約 25m の条件に対応できる水車は、次頁選定図より、ポンプ逆転水車、フランシス水車、クロスフロー水車が選定される。

ポンプ逆転水車は、横軸ポンプを逆転させて使用するものであり、ガイドベーンがないため、最高効率が低く、また、流量変動に伴う部分負荷運転に適さない。

フランシス水車は、使用水量が 1.0m³/s～10.0m³/s に向いており、小流量時では発電能力が低下するため、本検討の流量には適さない。

よってクロスフロー水車による検討を行う。



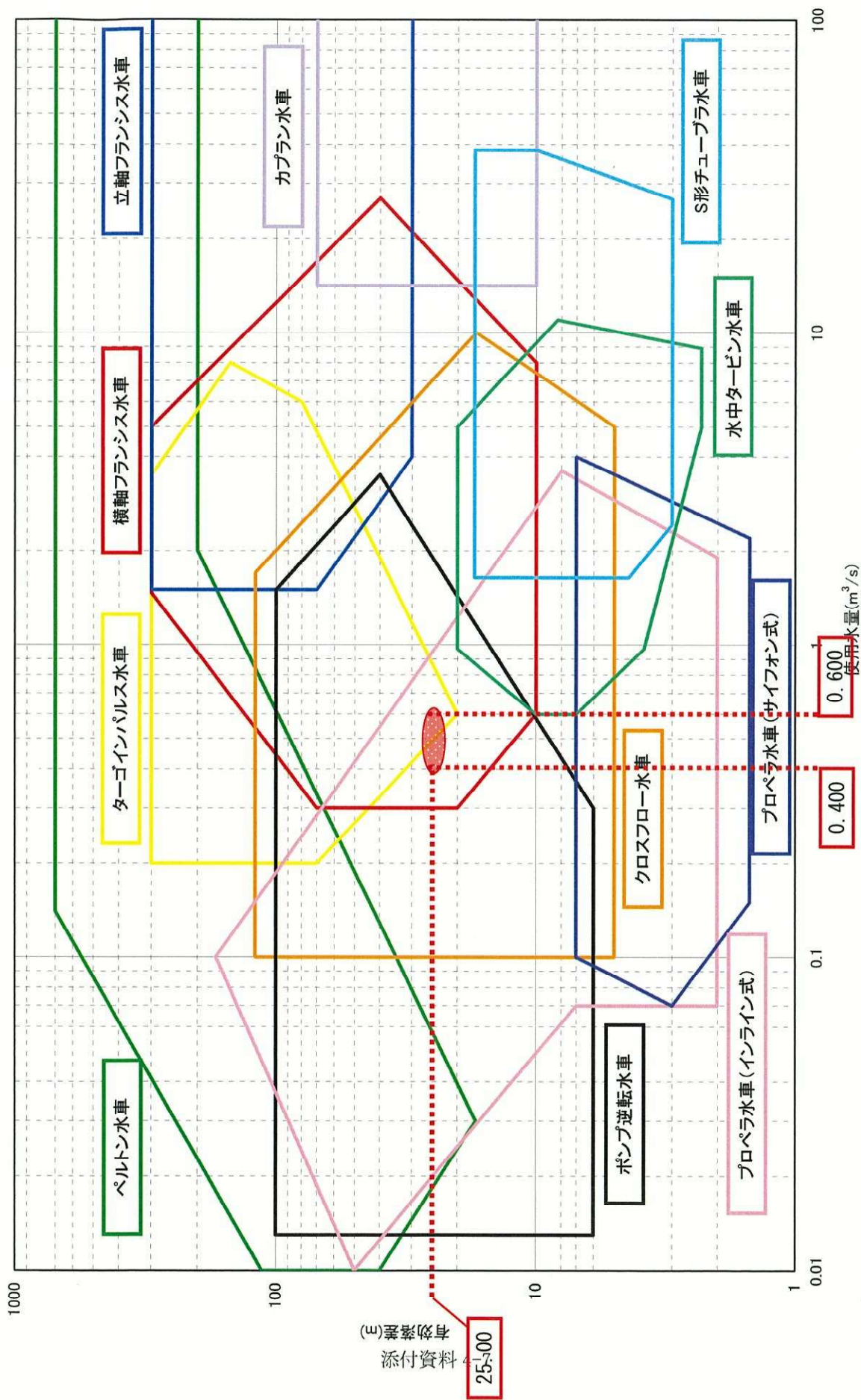


図 4.4.1 水車選定図

出典：ハイドロバレー計画ガイドブック P.4-7

2.1.3 最大使用水量及び発電形式の決定

(1) 比較諸元

水車選定図量から、選定されたクロスフロー水車について、最大使用水量を 0.40m³/s～0.60m³/s まで 0.10m³/s ピッチで変化させて検討する。

	最大使用水量		
	Q=0.4m ³ /s	Q=0.50m ³ /s	Q=0.60m ³ /s
クロスフロー水車	C-1	C-2	C-3

比較検討に用いた水車諸元は、次頁のとおりである。(詳細は、6.3 最大使用水量の比較資料参照)

クロスフロー水車比較諸元表

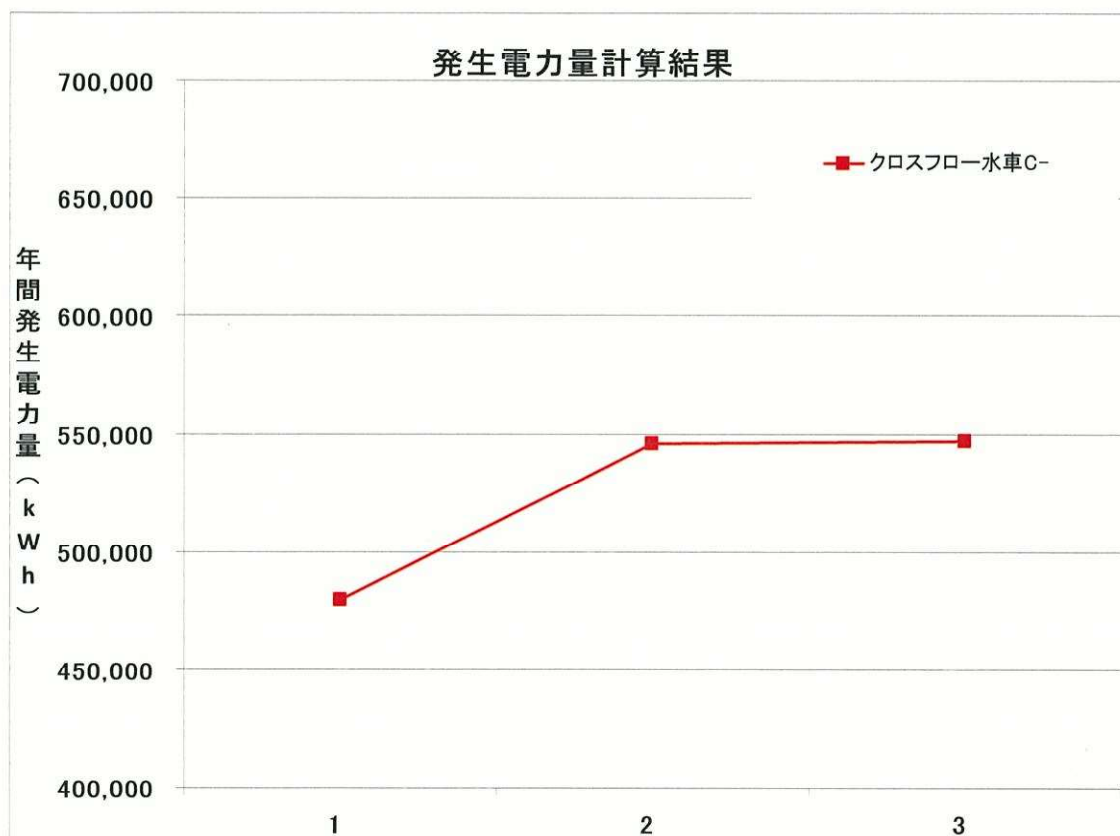
項 目	C-1	C-2	C-3	備考
取 水 位 (m)	EL=128.40			基準年 (H. 19) 平均水位EL=128.40
放 水 位 (m)	EL=104.00			ホロージェットバルブ中心高EL=104.00
最大使用水量 (m ³ /s)	0.40	0.50	0.60	基準年 (H. 19) の95日流量相当を中心に設定
総 落 差 (m)	24.40	←同左	←同左	取水位EL=128.40 放水位EL=104.00 総落差=128.40-104.00=44.00(m)
導 水 管 口 径 (mm)	φ500	φ500	φ600	水圧管路内流速をV=2.0~3.0m/s程度で設定
導水管内流速 (m/s)	2.038	2.547	2.122	
導水管延長 (m)	20.00	←同左	←同左	
損 失 水 頭 (m)	0.30	0.50	0.40	各ケースの取水塔～発電位置までの損失水頭を計算した
有 効 落 差 (m)	24.10	23.90	24.00	有効落差=総落差-損失水頭
水車最高効率	79.0	79.0	79.0	鋼構造物計画設計技術指針 (小水力発電設備編) P.97より 50kW→78.5%、100kW→79.0%
変 流 量 効 率	0.980	←同左	←同左	鋼構造物計画設計技術指針 (小水力発電設備編) P.97より 1/3+2/3ガイドベーンの場合
水車100%負荷時効率 (水車効率×変流量効率)	0.774	0.774	0.774	
水 車 出 力 (kW)	73	91	109	水車出力=9.8×最大使用水量×有効落差×水車100%負荷効率
増 速 機 効 率	—	—	0.97	増速機効率より 回転数ににより考慮 負荷100%→増速機効率97%
増 速 機 出 力 (kW)	—	—	106	
発 電 機 効 率	0.869	0.874	0.877	発電機定格出力時の効率図より算定
発 電 機 出 力 (kW)	63	80	93	
発 電 機 出 力 枠 (kVA)	300	300	300	発電機出力300kW未満300kW 300kW超過400kW

(2) 発電量の計算

各ケースの年間発生電力量の計算結果は、以下のとおりである。

発電電力量計算結果一覧表（比較検討用）

ケース	クロスフロー水車 C-		
	1	2	3
	Q=0.4m ³ /s	Q=0.5m ³ /s	Q=0.6m ³ /s
年間発生電力量 (kWh)	479,544	545,808	546,936



(3) 概算工事費の算出

概算工事費の算出は、以下の図書に基づき算定を行った。

整理番号	図書名	発行所／発行年
図書 1	ハイドロバレー計画ガイドブック	(財) 新エネルギー財団／平成 17 年 3 月
図書 2	水力発電計画工事積算基準	(財) 新エネルギー財団／平成 17 年 3 月

各ケースの概算工事費算定結果は、以下のとおりである。

概算工事費算出結果一覧表（比較検討用）

ケース	クロスフロー水車 C-		
	1	2	3
	Q=0.4m ³ /s	Q=0.5m ³ /s	Q=0.6m ³ /s
概算工事費（千円）	181,000	194,000	212,000

(4) 経済性の評価指標

1) kWh 当り建設単価

水力発電の経済性を判定する指標の一つとして建設単価法が使われている。建設単価には、出力 (kW) 当たりの建設単価と発電電力量 (kWh) 当たりの建設単価の 2 種類があるが、発電電力量 (kWh) 当たりの建設単価で評価するのが一般的である。

$$\text{出力 (kW) 当たり建設単価} = \frac{\text{建設費 (円)}}{\text{最大出力 (kW)}}$$

$$\text{発電電力量 (kWh) 当たり建設単価} = \frac{\text{建設費 (円)}}{\text{年間発電電力量 (kWh)}}$$

発電電力量当たりの建設単価として 250~300円/kWh程度が経済性をみる一つの指標と考えられる。(「Q&A (改訂版)」P. 47)

2) 発電原価

発電電力を売電する場合には、下記を満足する必要がある。

売電単価（電力会社の購入単価） ≥ 発電原価

発電原価は、建設及び維持管理によって発生する発電施設の年間経費であり、次の構成からなっている。

年間経費 = 直接費（人件費、修繕費、諸費等） + 資本費（減価償却費、借入金利息等）
+ 管理部門費（共用施設維持管理費）

$$\text{発電原価 (円/kWh)} = \frac{\text{年間経費}}{\text{年間可能発電電力量 (kWh)} \times 0.97}$$

ここで0.97は、理想的な仮定で計算される年間可能発電電力量のうち、実際に発電電力量として期待できる割合を示す係数である。

下表に発電年間経費を構成する各項目を示す。

発電年間経費内訳

減価償却費	定額償却（残存価値率0%）による耐用年間の均等化償却費
人件費	発電所運転・保守のための人件費（委託運転の場合は委託費）
借入金利息等	銀行からの借入返済、起債償還に対する利息
修繕費	発電所維持・管理のための修繕費
諸費等	水利使用料、固定資産税、消耗品・光熱費等その他経費
管理部門費	水路等の共用施設に係る維持管理費

次頁に「 hidroバレー計画ガイドブック（H17.3月）」P.7-7から、年経費算出諸元を抜粋して添付する。

表 7.3.2 年経費内訳

経費項目		解 説
資本費	減価償却費	減価償却は、固定資産の取得原価を費用として、各利用年度に合理的かつ計画的に配分する会計上の手続きをいいます。 つまり、いったん固定資産として投入した資本を、その固定資産の耐用年数間に合理的に配分して回収するために計上する費用が減価償却費です。
	金 利	金利は事業報酬に相当するものです。 経費として見込むのは、建設借入金の返済利息額となります。
	固定資産税	固定資産税は、地方税法に基づき、土地、家屋、償却資産を課税物件とし、その所有者に課せられる地方税をいいます。 電気事業固定資産のうち土地及び償却資産の帳簿価額に固定資産税率を乗じて算定します。
直接費	人 件 費	発電所の保守・運用に必要な経費をいいます。
	修 繕 費	発電設備の維持・管理のための修繕費をいいます。
	その他経費	その他経費の主なものは、委託費、固定資産除却費、補償費、水利使用料、その他費用となります。
間接費	一般管理費	一般管理費は、発電所の運転に関連する経費をいいます。 固定資産税、人件費、修繕費、その他経費の合計額に一般管理費率を乗じて算定します。

表 7.3.3 年経費算出諸元

項 目		諸条件・諸数値
減価償却費 ^{※1}	減価償却法	定率法
	残 存 率	0%
	耐用年数	返済期間と同値
金 利 ^{※2}		2%
固定資産税 ^{※1}		建設費/初年度簿価×簿価×1.4%
人 件 費 ^{※2}		建設費×0.17%
修 繕 費 ^{※1}	初年度率	建設費×0.310%
	年増加率	建設費×0.019%
その他経費 ^{※1}		建設費×0.31%
一般管理費 ^{※1}		(固定資産税+人件費+修繕費+その他経費)×12%
割 引 率 ^{※2}		2%

※1) 水力発電効用評価の手引き(平成11年3月): 資源エネルギー庁, 新エネルギー財団

※2) 平成16年度末時点における標準的な利率

3) 収支計算

2) 発電原価に用いた維持管理費などを用いて、収支計算を行う。収支計算の前提条件は、下表のとおりである。

	出力 200kW 未満	出力 200kW 超	備 考
計算年数	20 年間		
売電価格	34 円/kWh	29 円/kWh	
算定方式	hidrovalley計画ガイドブック方式		

(5) 評価手法

平成 24 年 7 月 1 日から施行された「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」は、発電規模別に価格が設定されている。採算性の見きわめは、減価償却費、維持管理費、更新費用などを考慮した「発電原価」により判定を行う。また、上記の検討手法に加えて、固定価格買取制度を利用して発電電力を売電した場合の収益(売電収入を修繕費や人件費及び更新費用に充当した場合)を買取期間又は、耐用年数間のキャッシュフローに基づき比較検討し、最も有利なケースを最適発電規模として採用する。

(6) 最大使用水量の決定

各ケースの計算結果は、以下のとおりである。

次頁以降に各ケースの建設単価、発電原価、収支計算結果を示す。

① 発電原価

C-2 (Q=0.5m³/s) が最も安価となった。

② 建設単価

C-2 (Q=0.5m³/s) が最も安価となった。

③ 収支計算

収支計算では、年間売電金額、平均収益金額ともに C-2 が最大となった。

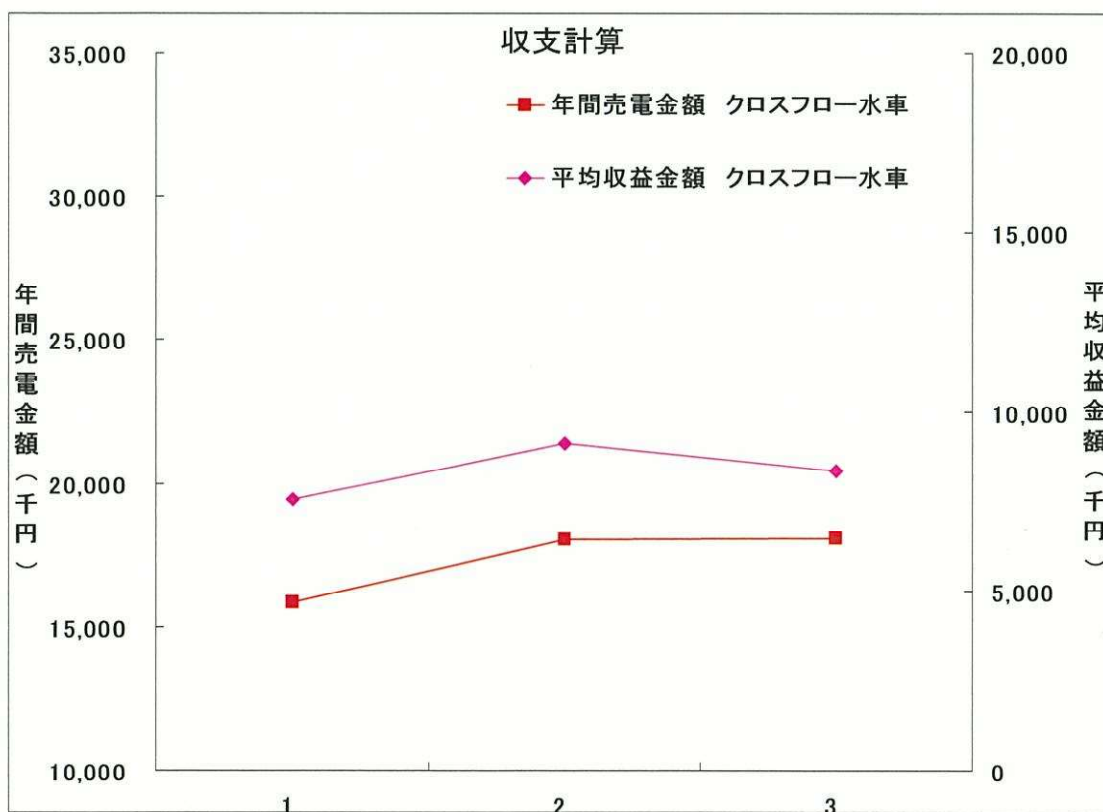
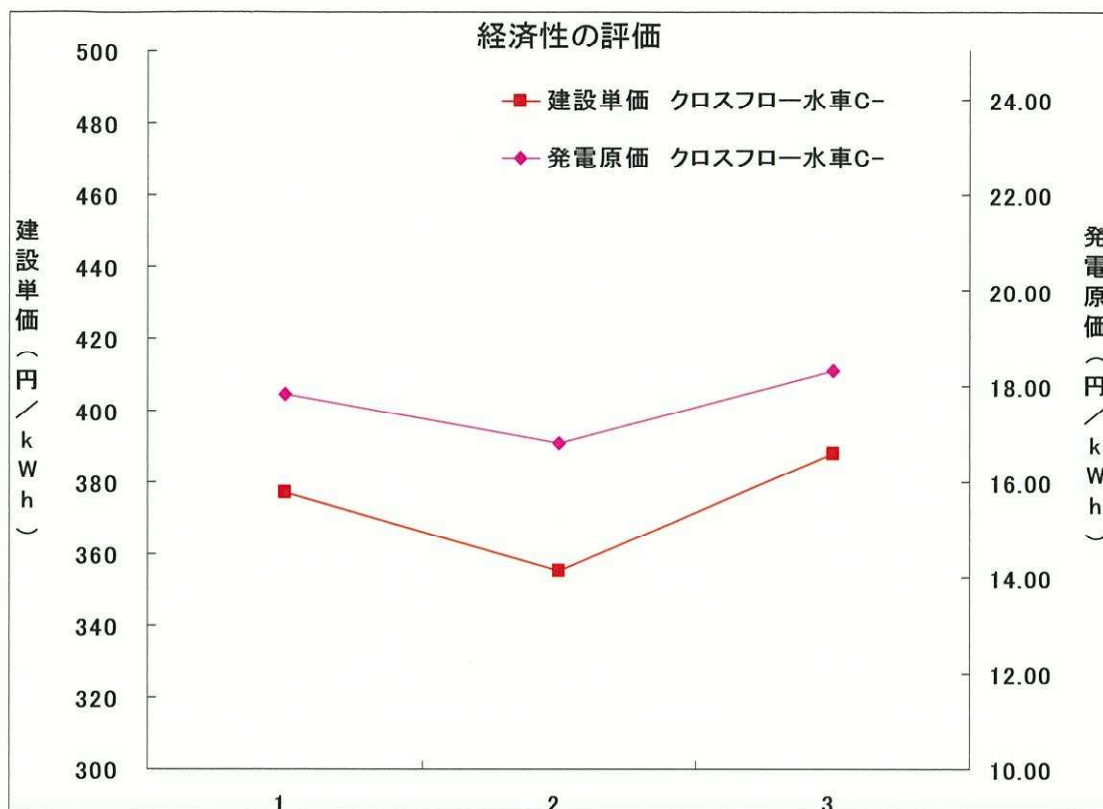
以上から、最大使用水量は、Q=0.5m³/s (C-2) とする。

発電原価算出結果一覧表 (比較検討用)

ケース	クロスフロー水車 C-		
	1	2	3
	Q=0.3m ³ /s	Q=0.5m ³ /s	Q=0.7m ³ /s
発電原価 (kWh/円)	17.85	16.81	18.33
順位	2	1	

建設単価算出結果一覧表 (比較検討用)

ケース	クロスフロー水車 C-		
	1	2	3
	Q=0.3m ³ /s	Q=0.5m ³ /s	Q=0.7m ³ /s
建設単価 (kWh/円)	377	355	388
順位	2	1	



2.2 取水水位・放水水位等落差の検討

(1) 総落差

坂下ダム W.L(基準年平均取水水位)－放水水位より

$$128.40.00 - 104.00 = 24.40\text{m}$$

(2) 損失水頭の計算

ダム又は、取水設備から放水管までの管路の損失水頭 h_i は、次式で表わされる。

$$\Sigma h_i = \Sigma f_i \times \frac{V_i^2}{2g} = \Sigma \frac{f_i}{A_i^2} \times \frac{Q_i^2}{2g}$$

ここに、 f_i : 損失水頭
 V_i : 平均流速 (m/s)
 Q_i : 流量 (m³/s)
 A_i : 通水断面積 (m²)

A_i が既知だが、 Q は、放流量と発電使用水量と変化するため

$$\Sigma h_i = \alpha \cdot Q^2 + \beta \cdot Q^2$$

$$\text{ここに、 } \alpha = \Sigma \frac{f_i}{A_i^2 \cdot 2g} \text{ (放流路まで)} \quad \beta = \Sigma \frac{f_i}{A_i^2 \cdot 2g} \text{ (発電導水路)}$$

となり、あらかじめ α ($= \frac{f_i}{A_i^2 \cdot 2g}$) を求めておけば、各流量に対する損失水頭が、

簡便に算出できる。

従って、各管径の損失水頭を $(\alpha \cdot Q^2 + \beta \cdot Q^2)$ の形で整理し、次項の発電電力量の計算(電算使用)で行う損失水頭の計算の資料とする。(算出は、4.2 損失水頭の計算参照)

(3) 有効落差

有効落差＝総落差－損失水頭

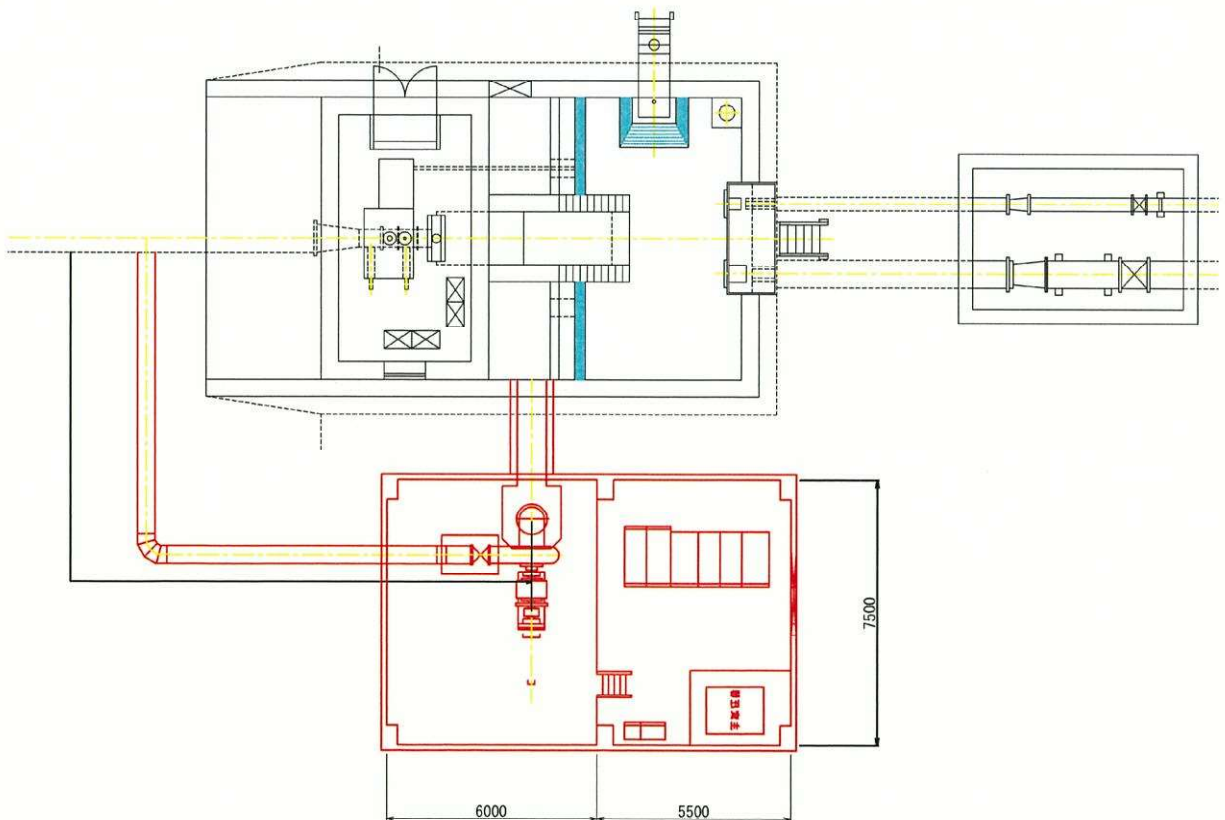
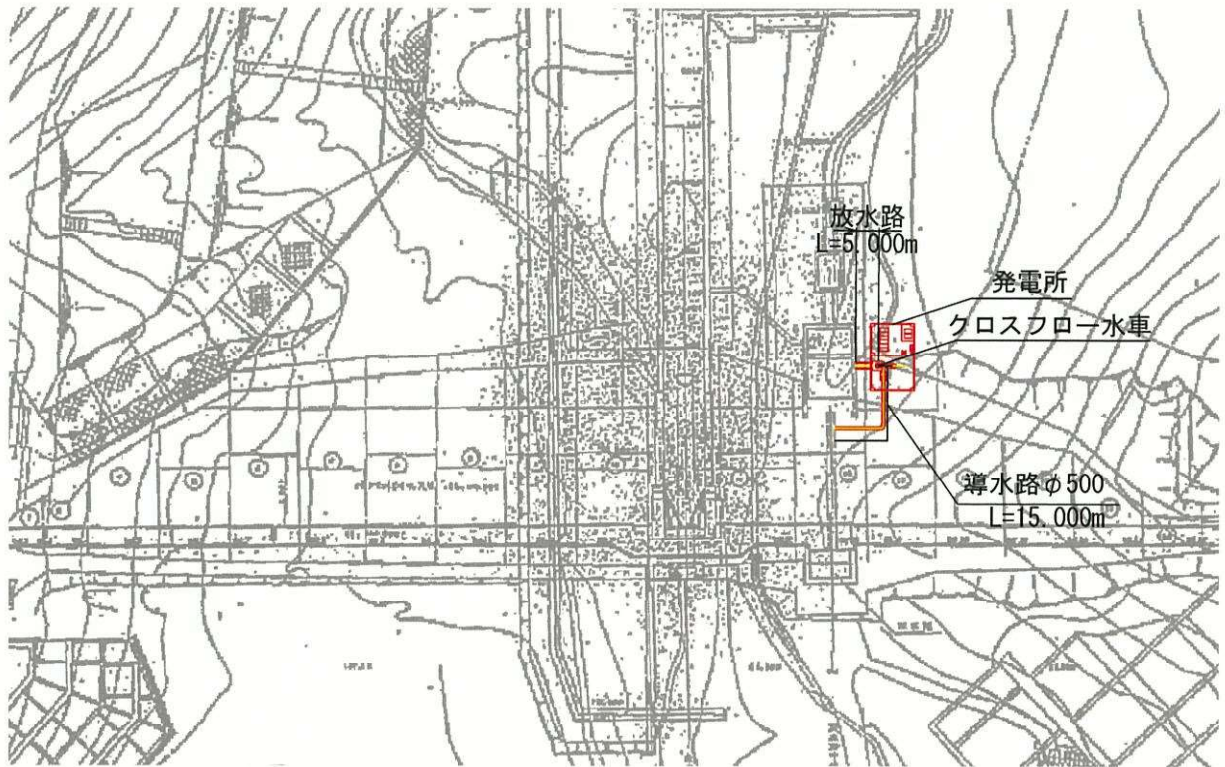
最大使用水量時の有効落差は下表のとおりとなる。

総落差 (m)	最大使用水量 (m ³ /s)	損失水頭(m)	有効落差(m)
24.40	0.500	0.5	23.90

損失係数(α)	損失係数(β)
0.476243	1.280367

2.3 水路ルートを検討

農業用水路のスペースが限られていることから、農業用水路に併設して小水力発電施設を配置する。(下図参照)



2.4 最大、常時使用水量の検討

(1) 最大使用水量

最大使用水量は、2.1.1 発電使用水量より、 $Q=0.500\text{m}^3/\text{s}$ とする。

(2) 常時使用水量

標準年流況表(4.1 流量資料の整理参照)より355日流量の $Q=0.194\text{m}^3/\text{s}$ を常時使用水量とする。

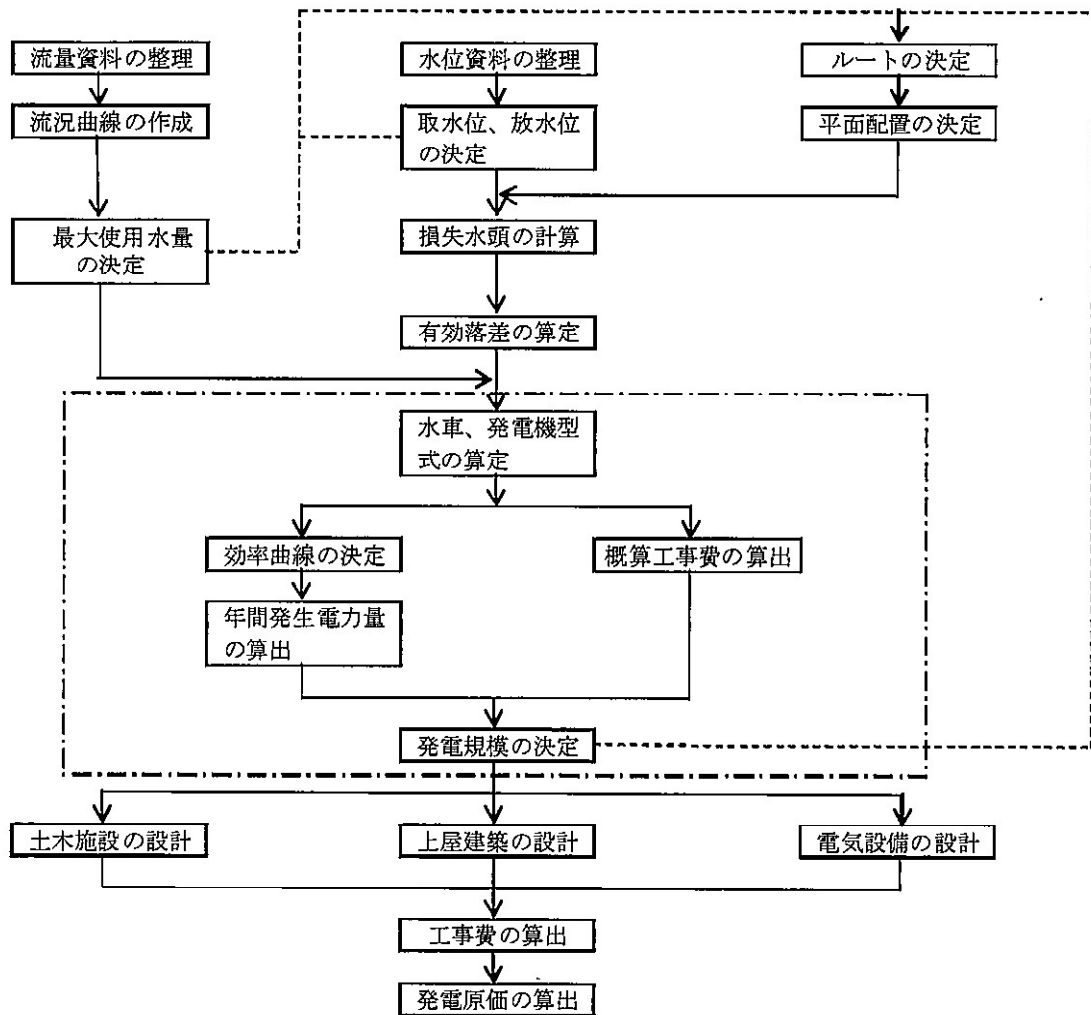
2.5 発電規模及び電力量の算定

2.5.1 発電計画立案の方針

発電所候補地の選定の優劣と、必要に応じて2～3案のケースで比較検討し、小水力発電の最適規模を定める。

本項では、下記フローに一点鎖線()で示した範囲の検討を行う。

小水力発電の設計業務フロー



(注) 点線は、比較検討の経路を示す。

2.5.2 主機の諸元

主要機器の仕様については、2.1.1 発電使用水量より、以下のとおり。

(1) 水車

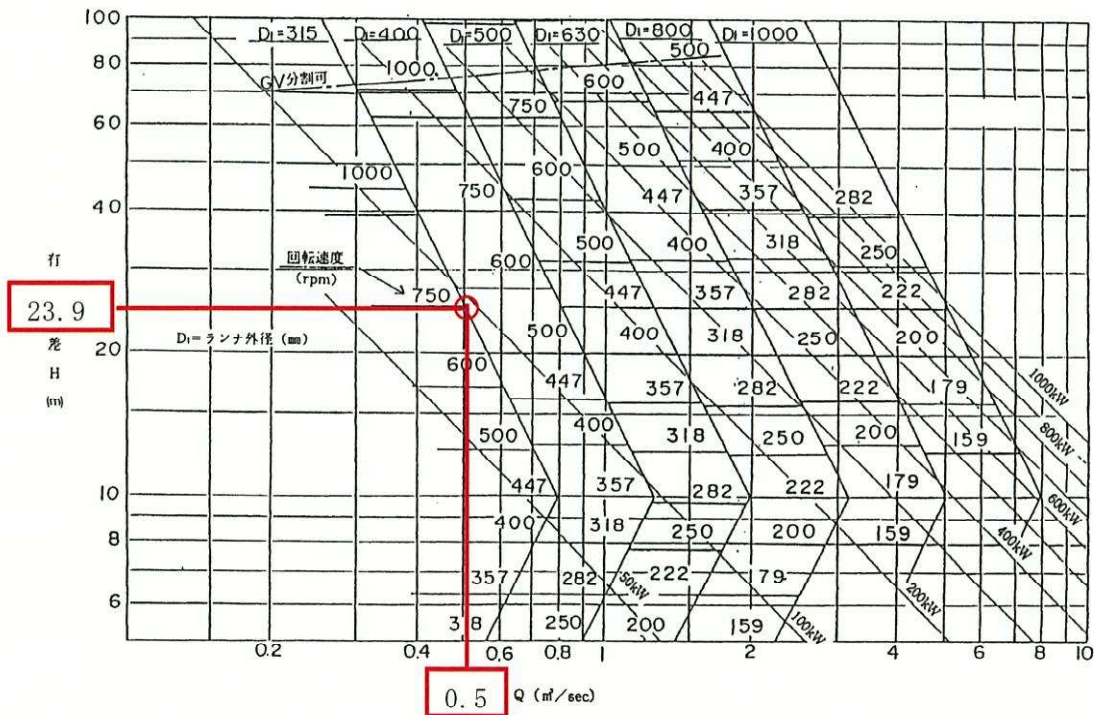
1) クロスフロー水車の仕様の検討

水車の仕様を検討する上での計画諸元は以下のとおりである。

- ・ 50Hz 地区
- ・ 静落差 $H_e=24.40\text{m}$ ($128.400-104.00=24.40\text{m}$)
- ・ 基準有効落差 $H_e=23.90\text{m}$
- ・ 最大使用水量 $Q=0.50\text{m}^3/\text{s}$

上記の条件において、下図に示すクロスフロー水車選定図（「鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）」P.89）より選定した水車の規格は以下に示す通りとなる。

- ・ ランナ外径 315 mm
- ・ 水車概略出力 100 kW
- ・ 回転速度 750 rpm



- (注) 1. 本図は概略設計用の目安を示すものである。
 2. 詳細設計にあたっては水車の運転範囲を考慮して適切な仕様を決定すること。

①水車効率

水車効率は「鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）」P.96～より以下のとおりとする。

(a) 水車の変流量効率 (η_{ml}) 及び水車出力最高効率 (f)

クロスフロー水車の特性は、図-3.4-3 に示すとおりである。

ガイドベーンを1:2に分割し、流量が多い場合は全体に水を流し、流量が2/3以下に減少すれば1/3の方がガイドベーンを閉じて2/3の方のガイドベーンだけで運転する。更に流量が減少し1/3以下になれば、2/3の方のガイドベーンを閉じて、1/3の方のガイドベーンで運転する。

この方法によって定格流量の15%程度までかなり高い効率で運転できる。

なお、ガイドベーンを分割せず一体とした場合は、分割したものより、下図に示した斜線部分だけ効率は低い。

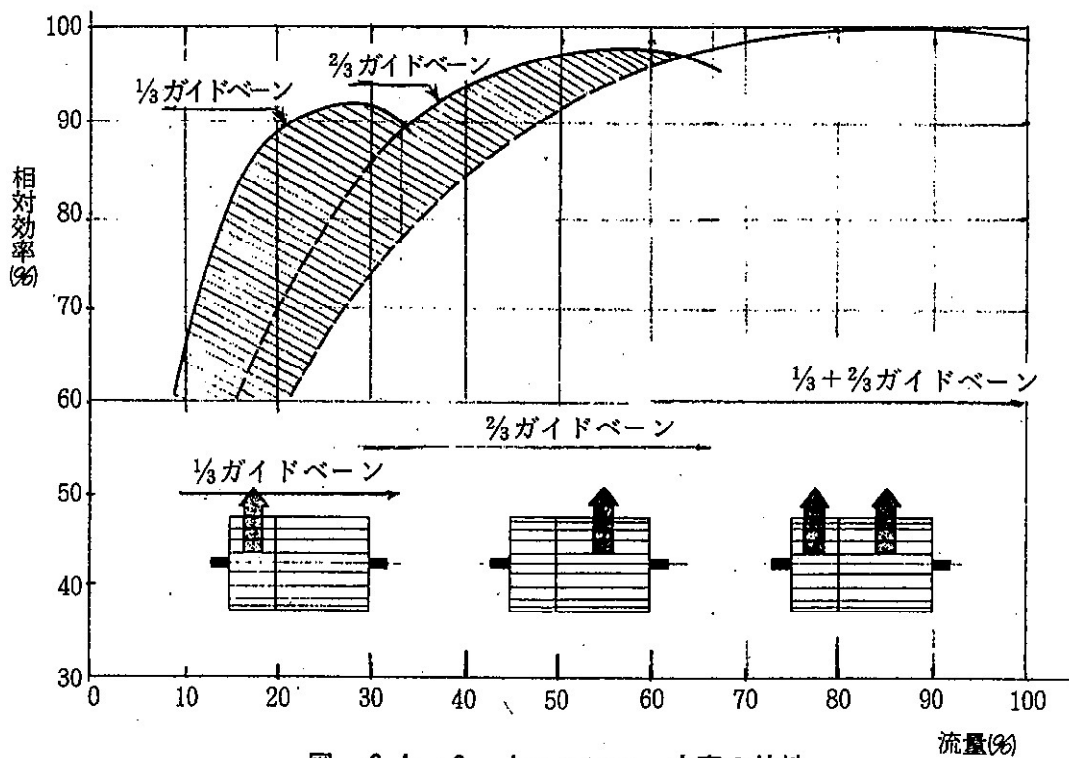


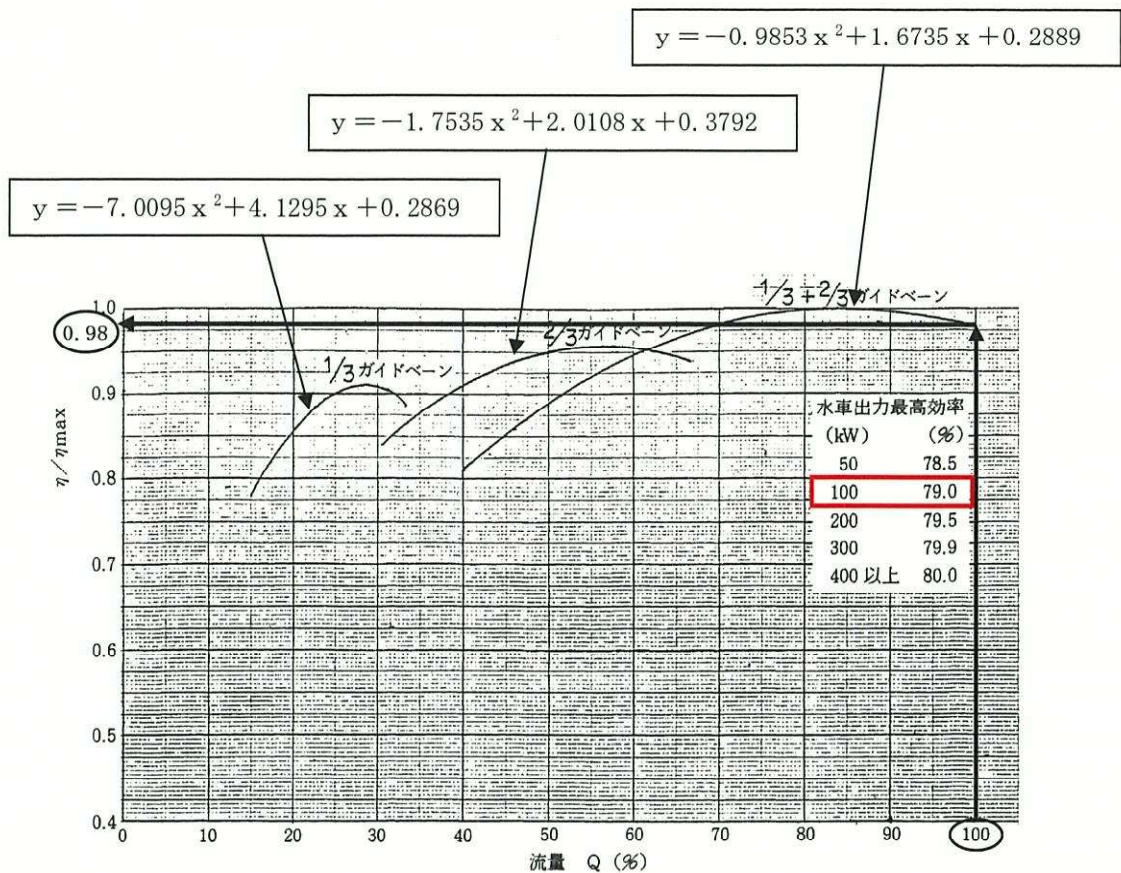
図-3.4-3 クロスフロー水車の特性

前述した「鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）」より、概略の比速度 (n_s) を算出する。

$Q=0.500\text{m}^3/\text{s}$ の場合

$$\begin{aligned}
 n_s &= nP_T^{0.5} / H^{1.25} \\
 &= 750 \times (100)^{0.5} / 23.90^{1.25} \\
 &= 142\text{m-kW}
 \end{aligned}$$

従って、相対効率曲線は n_s が比較的近い図-3.4-4 より算出し、水車出力最高効率 f は 79.0% となる。



(b) $n_s = 100, 140$

図-3.4-4 クロスフロー水車特性曲線

各流量における変流量効率は、半旬毎の使用水量の最大使用水量に対する比を求め、これを上図において縦軸にとり、横軸方向に変流量効率を求める。

最大使用水量時、即ち、流量比 100% 時における変流量効率比は上図より、 $\eta_{m1} = 0.98$ となる。

(b) 水車の変落差効率 (η_{m2}) 及び相対流量 (Q)

落差が変化する場合の水車効率は、半旬毎の有効落差の最大有効落差に対する比を求め、これを図-3.4-5 において縦軸にとり、横軸方向に相対効率を求める。

また、この時の相対流量 (%) を相対効率と同様に横軸方向に求める。

相対流量とは有効落差が変化した場合に、水車が呑み込むことが出来る流量であり、有効落差に比例して相対流量も変化する。

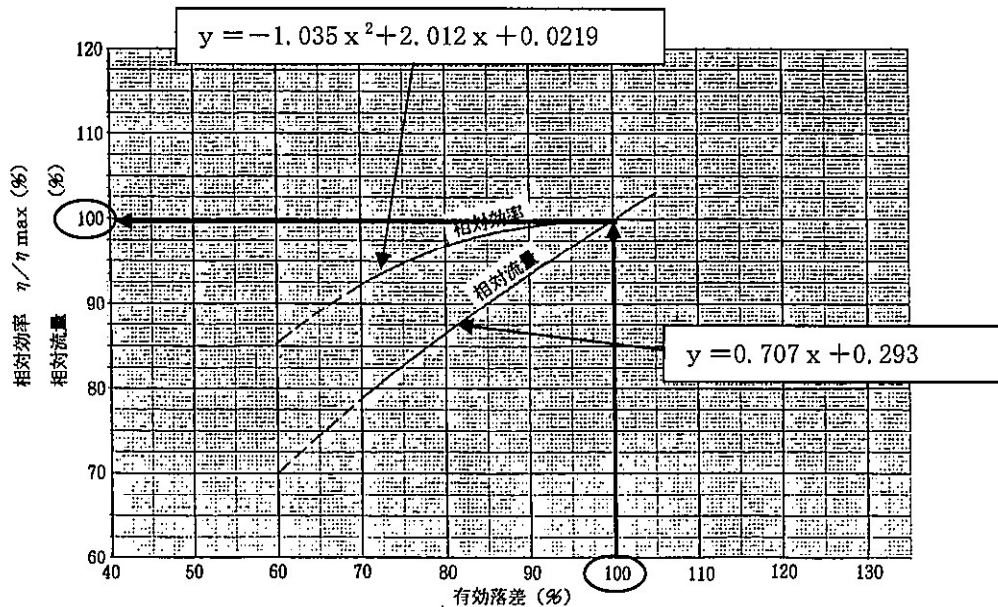


図-3.4-5 クロスフロー水車の変落差特性

最大有効落差時、即ち、落差比率 100% 時における変落差効率は上図より $\eta_{m2}=1.00$ 、相対流量は $Q=1.00$ となる。

以上より、最大有効落差で 100% 流量時の水車の最高効率は $f=0.790$ 、変流量効率 $\eta_{m1}=0.98$ 、変落差効率 $\eta_{m2}=1.00$ 、相対流量 $Q=1.00$ となる。

従って、水車出力は以下のとおりとなる。

$Q=0.500\text{m}^3/\text{s}$ の場合

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times Q \times H \times \eta_{m1} \times \eta_{m2} \times f \\ &= 9.8 \times 0.500\text{m}^3/\text{s} \times 23.90\text{m} \\ &\quad \times 0.980 \times 1.00 \times 0.790 \\ &= 90.6\text{kW} \text{ 改め } 91\text{kW} \end{aligned}$$

また、比速度は以下のとおりとなる。

$Q=0.500\text{m}^3/\text{s}$ の場合

$$\begin{aligned} n_s &= n P_T^{0.5} / H^{1.25} \\ &= 750 \times (100)^{0.5} / 23.90^{1.25} \\ &= 142\text{m-kW} \end{aligned}$$

以上より、本水車の仕様は次のとおりとする。

水車の仕様

項目	諸元	備考
最大有効落差 H_e (m)	23.90	基準取水位: EL128.40
最大使用水量 Q (m^3/s)	0.50	
ランナ外径 D (mm)	315	
水車出力 P_t (kW)	100	
回転速度 n (r/min)	750	
比速度 n_s (m-kW)	83	

－ クロスフロー水車の変落差特性について －

クロスフロー水車は、下記のとおり変落差率 70%～105%までと図示されている。

当発電計画では、基準有効落差＝23.90m の場合、 $23.90 \times 0.70 = 16.73 \sim 23.90 \times 1.05 = 25.10\text{m}$ であり、発電可能最低水位は、EL. 111.67m (＝EL. 128.40－16.73m) となる。

70%以下の水位でも発電は可能であるが、キャビテーション発生による水車の劣化が耐用年数を短くする要因となる。

また、上記のように 70%以下での運転を行い、機器が故障した場合にはメーカー保障外となる恐れがある。

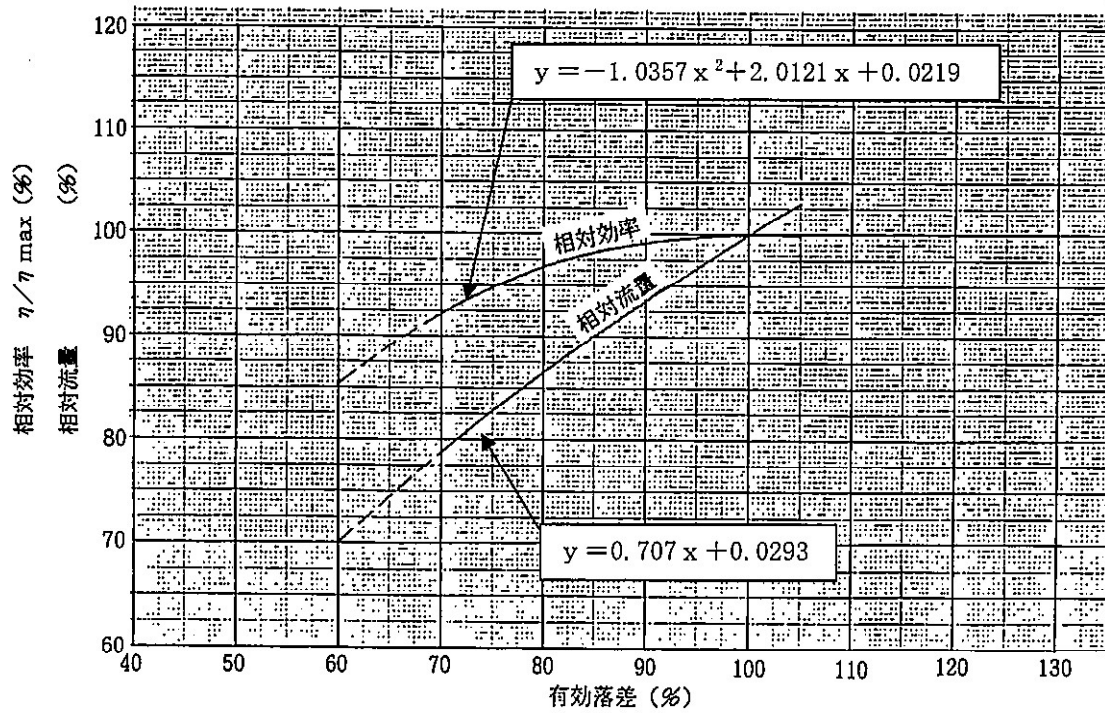


図-3.4-5 クロスフロー水車の変落差特性

鋼構造物計画設計指針

(小水力発電設備編) P. 187

(2) 発電機

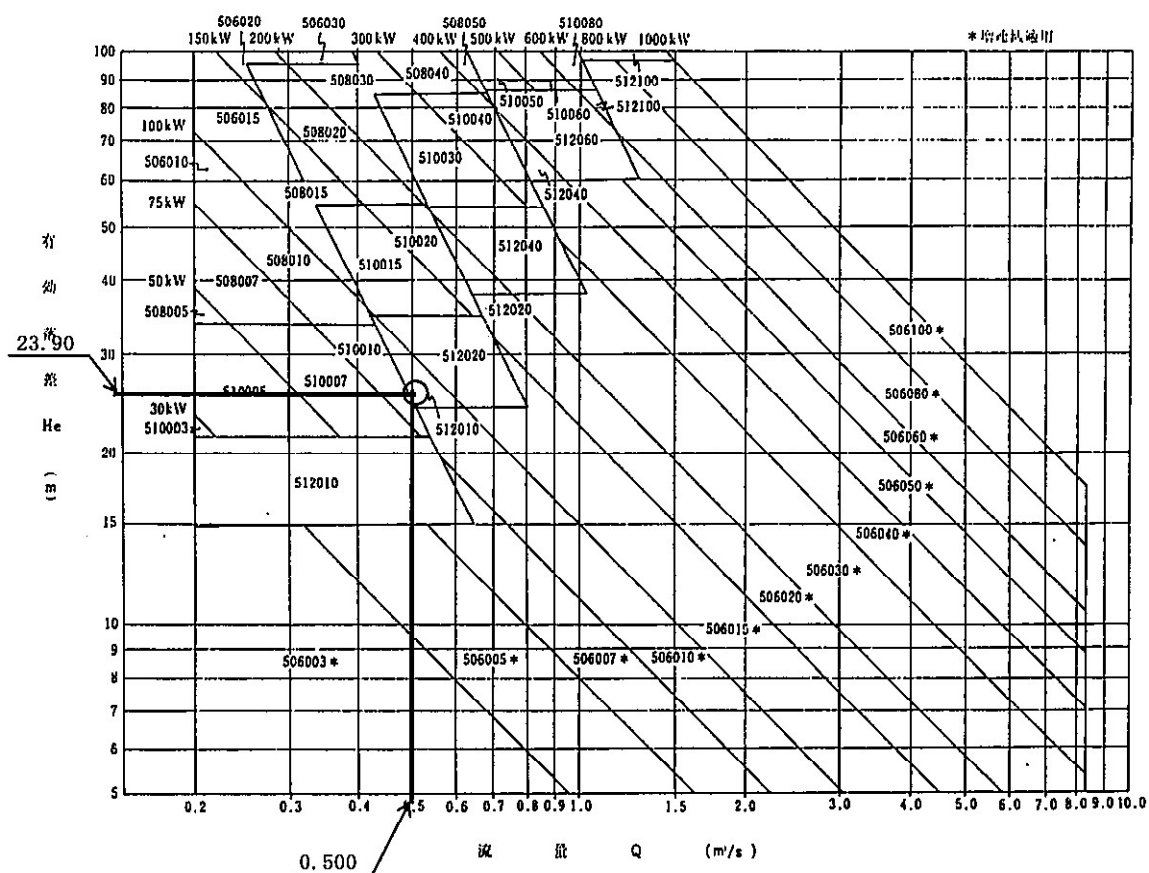
発電機の仕様は「鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）」P. 182 に示される選定図を用いて仕様を決定する。

1) 発電機の仕様

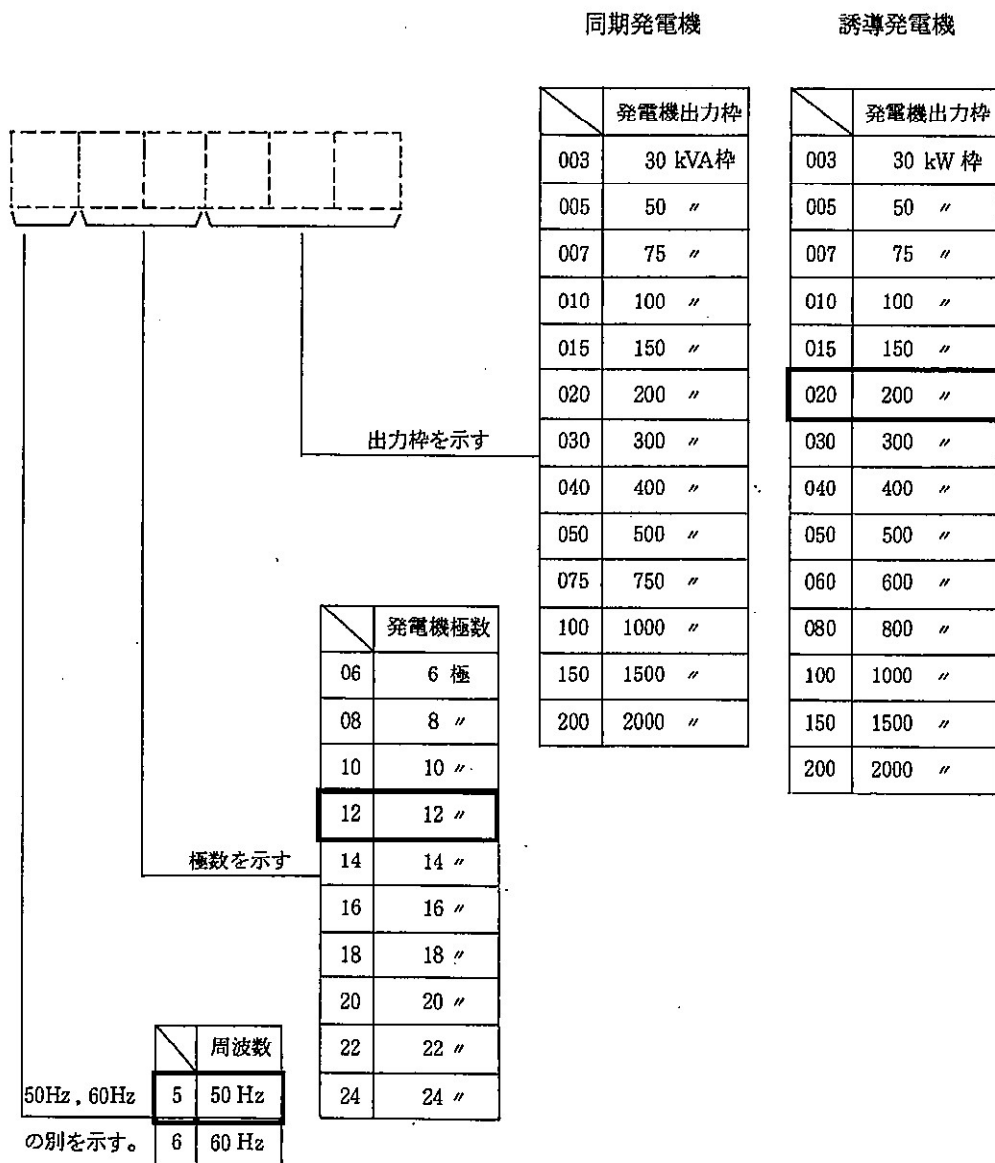
発電機の仕様は、上述の「鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編）」P. 182 の選定図により、以下の通りに決定する。

発電機の仕様を検討する上での計画諸元は以下のとおりである。

- ・ 50Hz 地区
- ・ 最大有効落差 $H_e=23.90\text{m}$
- ・ 最大使用水量 $Q=0.500\text{m}^3/\text{s}$



図一 4.4 -14 クロスフロー水車-50Hz-誘導発電機選定図



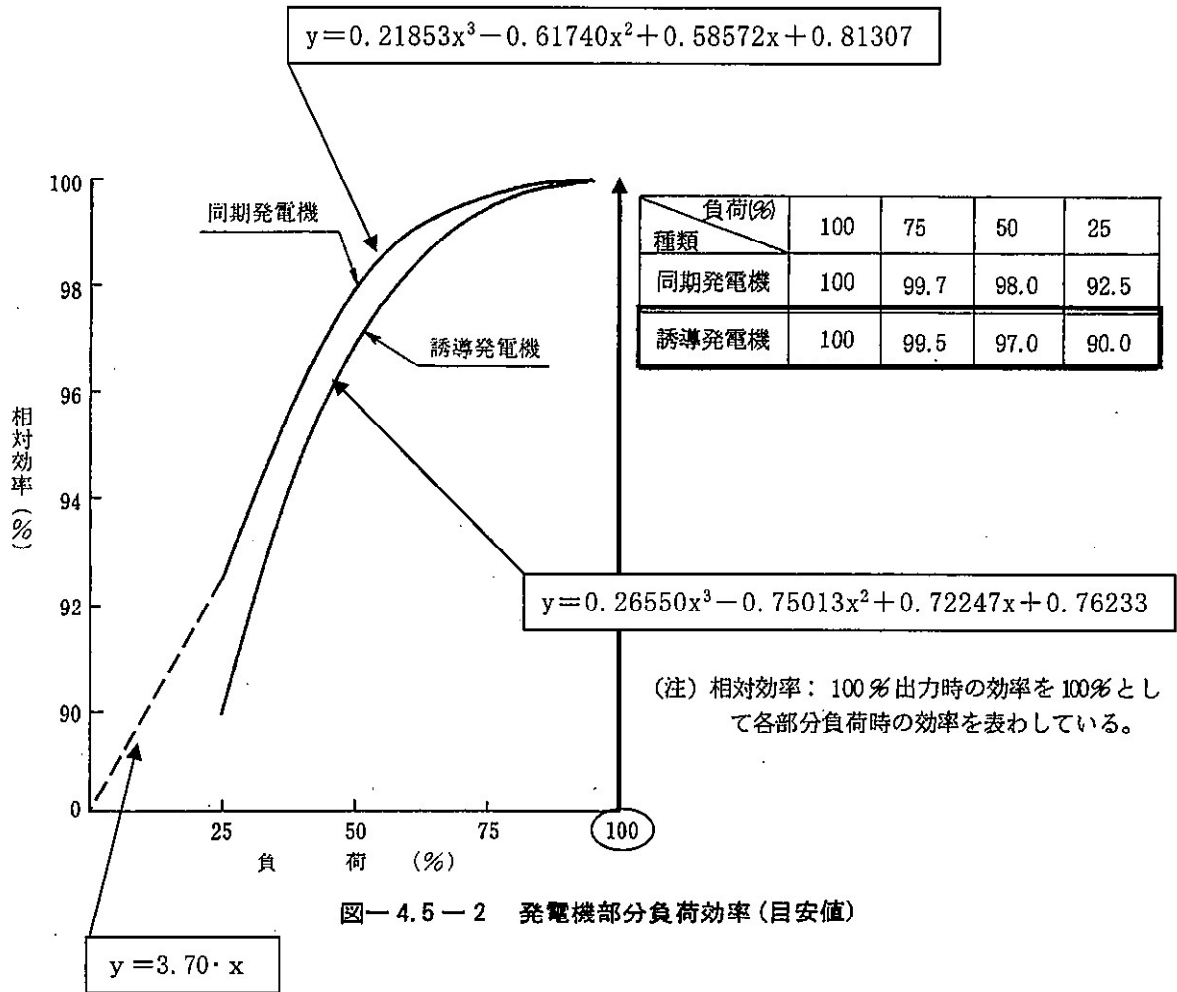
上記の選定結果より、発電機の型番記号は「510010」となり、発電機仕様は以下のとおりである。

発 電 機 の 仕 様

項 目	諸 元	備 考
最大有効落差 He (m)	23.900	
最大使用水量 Q (m ³ /s)	0.500	
周波数 (Hz)	50	
発電機種類	誘導発電機	
発電機極数 (極)	12	
発電機出力枠 (kVA 枠)	200	

2) 発電機部分負荷効率 (η_{Ga})

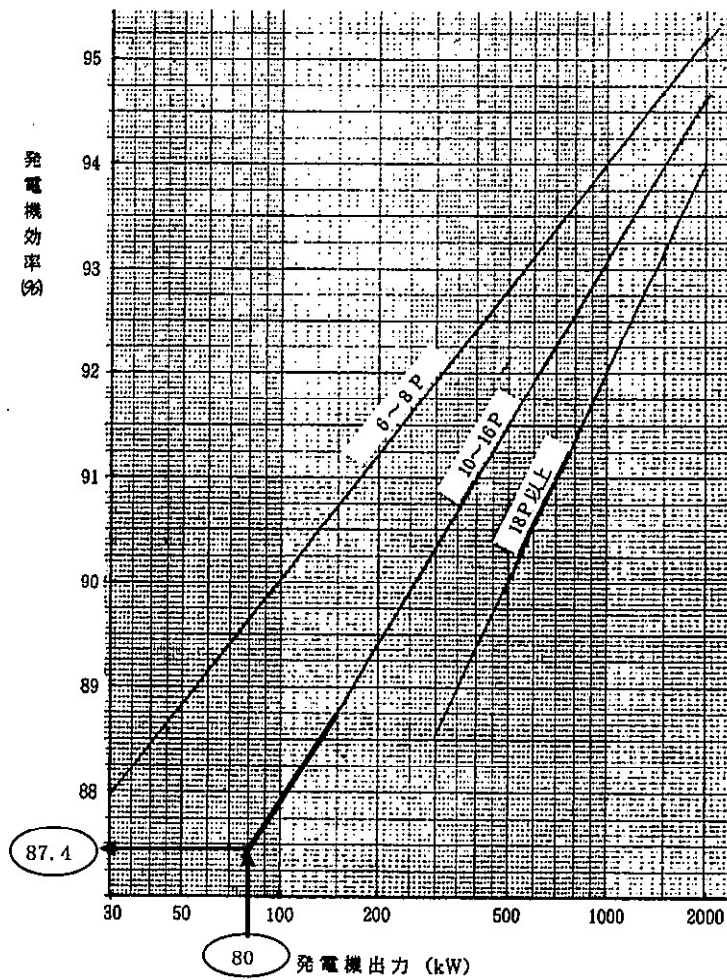
発電機効率は「鋼構造物計画設計技術指針 (小水力発電設備編)」P. 191～より以下の通りに算出する。



上図より、負荷100%時の発電機部分負荷効率は $\eta_{Ga}=1.00$ となる。

3) 定格出力時の発電機効率 (η_{G_b})

定格出力時の発電機効率は、採用する発電機極数が 12 極であることから、下図 (10~16 極) より算出する。



(注) 本効率は同期発電機の場合には定格力率 95% 時の効率である。

図一 4.5 - 1 発電機定格出力時の効率 (目安値)

上図より、発電機出力 $P_G=80$ (kW) と仮定した時の発電機効率 (η_{G_b}) は、上図より 0.874 となる。このとき、発電機出力 P_G は、発電機入力 P_Z に前述の負荷 100% 時の発電機部分負荷効率は η_{G_a} と発電機効率 η_{G_b} を乗じた値として求まることから、

$$\begin{aligned}
 P_G &= P_Z \times \eta_{G_a} \times \eta_{G_b} \\
 &= 91 \times 1.00 \times 0.874 \\
 &= 79.5 \text{ 改め } 80 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

となり、発電機効率 $\eta_{G_b}=0.874$ で問題ない。

主機の計画諸元とりまとめ

(1) 主機の計画諸元

項 目		諸 元	備 考
総 落 差 H (m)		24.40	
最大有効落差 He (m)		23.90	
最大使用水量 Q (m ³ /s)		0.50	
水車	機 種	クロスフロー	
	ランナ外径 D (mm)	315	
	回転速度 n (r/min)	750	
	水車出力 Pt (kW)	91	
増速機	機 種		
	増 速 比		
	増速機出力 (kW)		
発電機	機 種	誘導	
	周 波 数 (Hz)	50	
	発電機出力 (kW)	80	

※1. 損失落差は、下式によって算出する。

(取水設備損失) + (水圧管損失)

$$H_i = 0.476243 \cdot Q^2 + 1.280367 \cdot Q^2$$

常時使用水量 : Q = 0.500m³/s において

$$H_i = 0.476243 \times 0.500^2 + 1.280367 \times 0.500^2$$

$$= 0.43$$

$$\approx 0.50 \text{ (m)}$$

2.5.4 発電量の計算

(1) 発電電力量の計算方法

1) 有効落差の計算

$$\text{有効落差 (He)} = \text{総落差 (H}_G\text{)} - \text{損失落差(h)} \quad (\text{m})$$

ただし、ダム式の場合の取水水位は、ダムの水位変動に伴って変動するため、年間発生電力量の計算においては、総落差(H_G)は年間平均総落差を用いて行う。

2) 発電力の計算

$$\text{発電力 (P)} = 9.8 \times Q \times \text{He} \times \eta_t \times \eta_g \times \eta_m \quad (\text{kW})$$

ここに、

Q	:	発電使用水量	(m ³ /s)
η _t	:	水車効率	
η _g	:	発電機効率	
η _m	:	増速機効率	(回転数が低速となる水車のみ必要となる)

3) 発電電力量の計算

$$\begin{aligned} \text{発電電力量 (1日あたり)} &= \text{発電力(P)} \times 24\text{hr} \quad (\text{kWh}) \\ &= 9.8 \times Q \times \text{He} \times \eta_t \times \eta_g \times \eta_m \times 24\text{hr} \quad (\text{kWh}) \end{aligned}$$

なお、発電電力量の電力量の計算は、標準年の流況で実施する。

(2) 年間発生電力量

上記に基づいて年間発生電力量を計算した結果は、下表のとおり。

年間発生電力量の計算詳細は、4.3年間発生電力量に添付する。

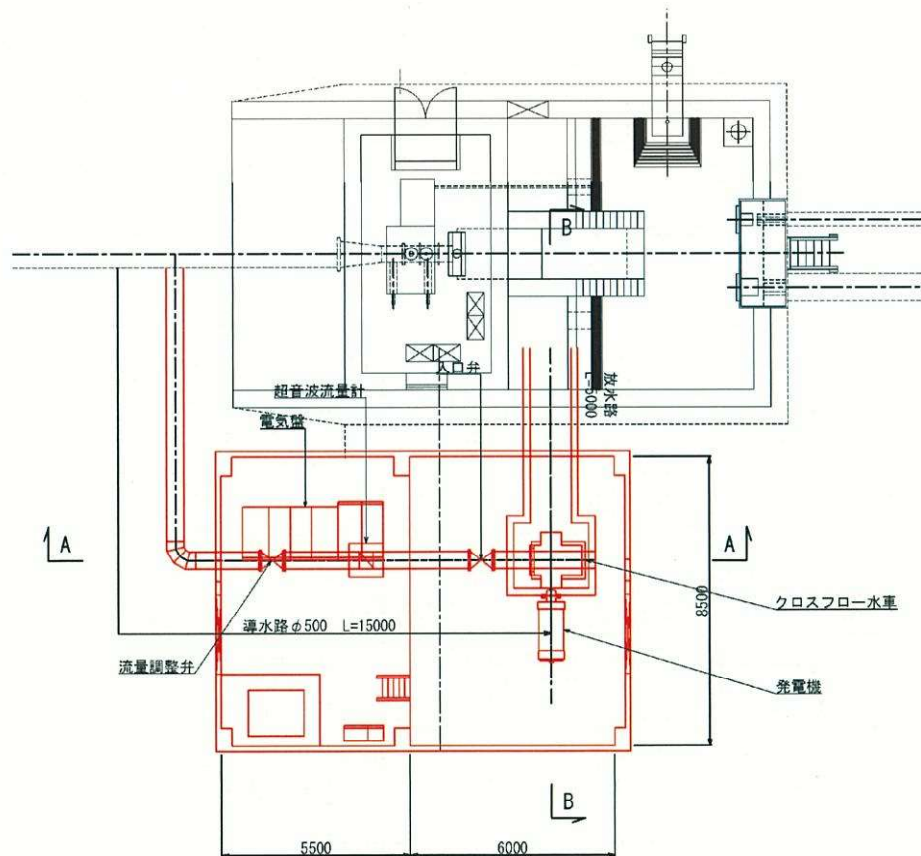
施設名	年間発生電力量	備考
坂下ダム	546MWh	

2.6 工事数量及び事業費の概算

2.6.1 工事数量

工事数量は、以下のとおり

名称	規格	単位	数量	備考
建築				
建屋	半地下式	棟	1	
発電機基礎	半地下式	式	1	
土木				
掘削		式	1	
埋戻		式	1	
導水路+放水路		m	20	
分岐管		箇所	1	
入口弁	バタフライバルブ	箇所	1	
流量調整弁	バタフライバルブ	箇所	1	
流量計	超音波流速計：二測線式	箇所	1	
電気				
水車	クロスフロー水車	式	1	
発電機	誘導発電機	式	1	
電気盤	主要変圧器、配電盤開閉装置等	式	1	



2.6.2 事業費の概算

事業費の概算に必要な工事数量は、以下のとおりである。

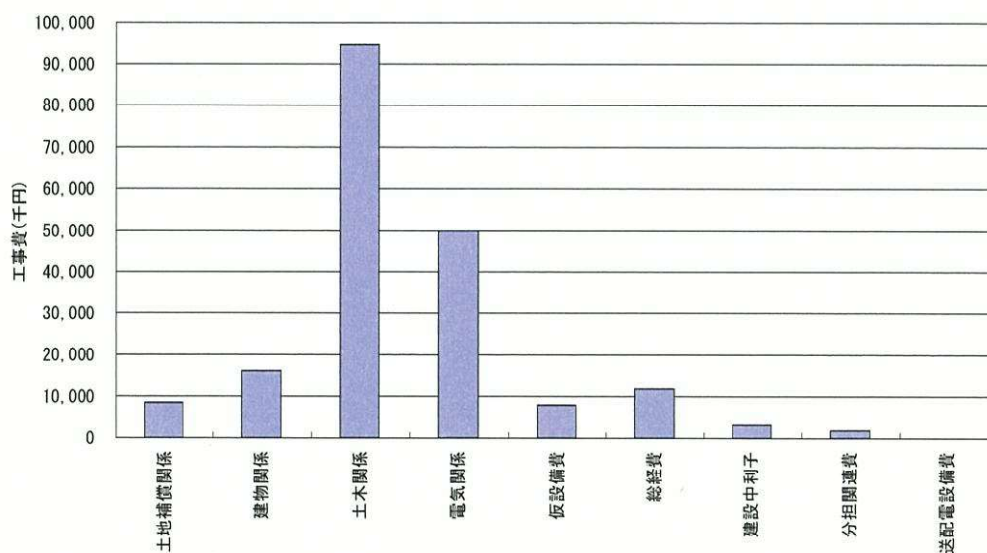
坂下ダム				
項目	単位	規格	数量	備考※
最大出力 P_{max}	kW		80	
最大流量 Q_{max}	m ³ /s		0.500	
有効落差 H_e	m		23.90	

※備考欄の項目は、概算工事費算出項目を示している。

事業費の概算は、ハイドロバレー計画ガイドブック（平成17年：(財)新エネルギー財団）に基づいて算出を行った。事業費と内訳は、以下のとおりである。

項目	金額（百万円）	項目	金額（百万円）
土地補償関係	8	仮設備関係	8
建物関係	16	経費	12
土木関係	95	その他	5
電気関係	50	計	194 百万円

概算工事費内訳（坂下ダム）



次頁以降に算定過程を添付する。

支出済費用換算係数

概算事業費は、ハイドロバレー計画ガイドブック(H17.3月;経済産業省 資源エネルギー庁、財団法人 新エネルギー財団)により、算出した。

なお、同ガイドブックの積算基準は、平成15年度の資料であるため、現時点の費用への換算は下表より支出済費用換算係数 $\alpha=1.138$ を乗じて行った。

支出済費用換算係数 (推定値)

年度	支出済費用換算係数	年度	支出済費用換算係数
S 50	1.951	H 5	1.141
51	1.847	6	1.137
52	1.759	7	1.12
53	1.688	8	1.113
54	1.547	9	1.093
55	1.401	10	1.114
56	1.371	11	1.123
57	1.339	12	1.12
58	1.334	13	1.134
59	1.326	14	1.137
60	1.324	15	1.138
61	1.343	16	1.12
62	1.35	17	1.082
63	1.322	18	1.062
H 1	1.268	19	1.054
2	1.218	20	0.992
3	1.169	21	1.021
4	1.151	22	1.012
		23	1.000

出典；「土地改良事業の費用対効果分析に必要な諸係数等について」(A表)
農村振興局企画部土地改良企画課課長補佐(事業効果班)事務連絡

次頁に概算事業費算定結果を示す。

発電施設概算工事費(C-2)

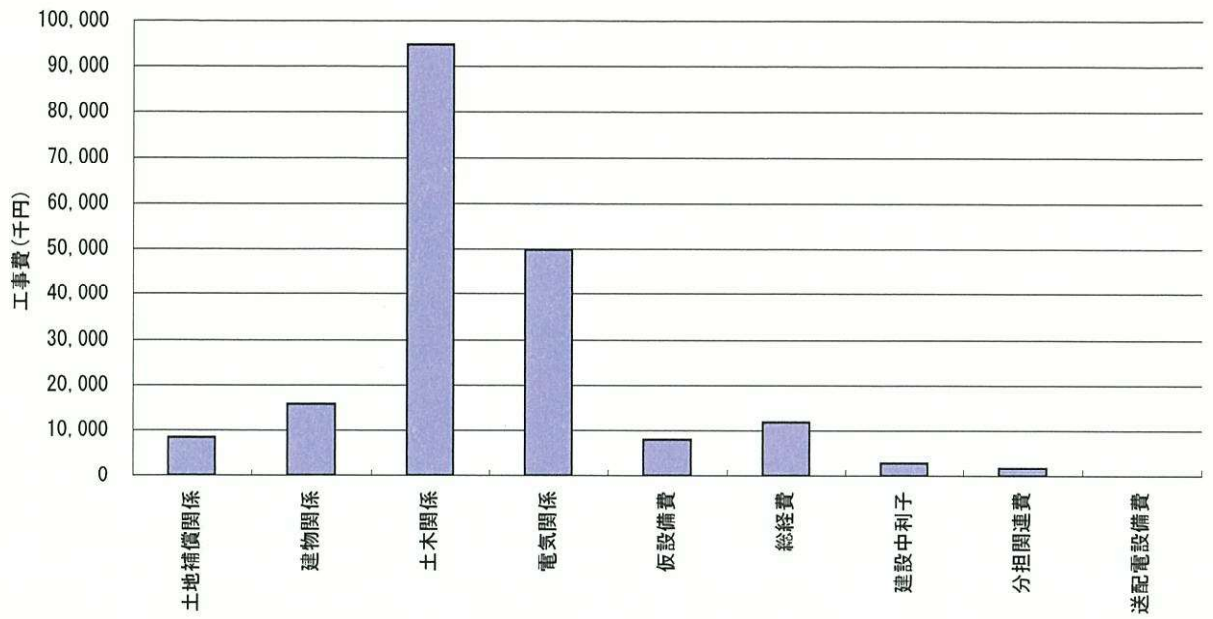
$\alpha = 1.138$

(H15年ベースから現時点費用への換算係数)

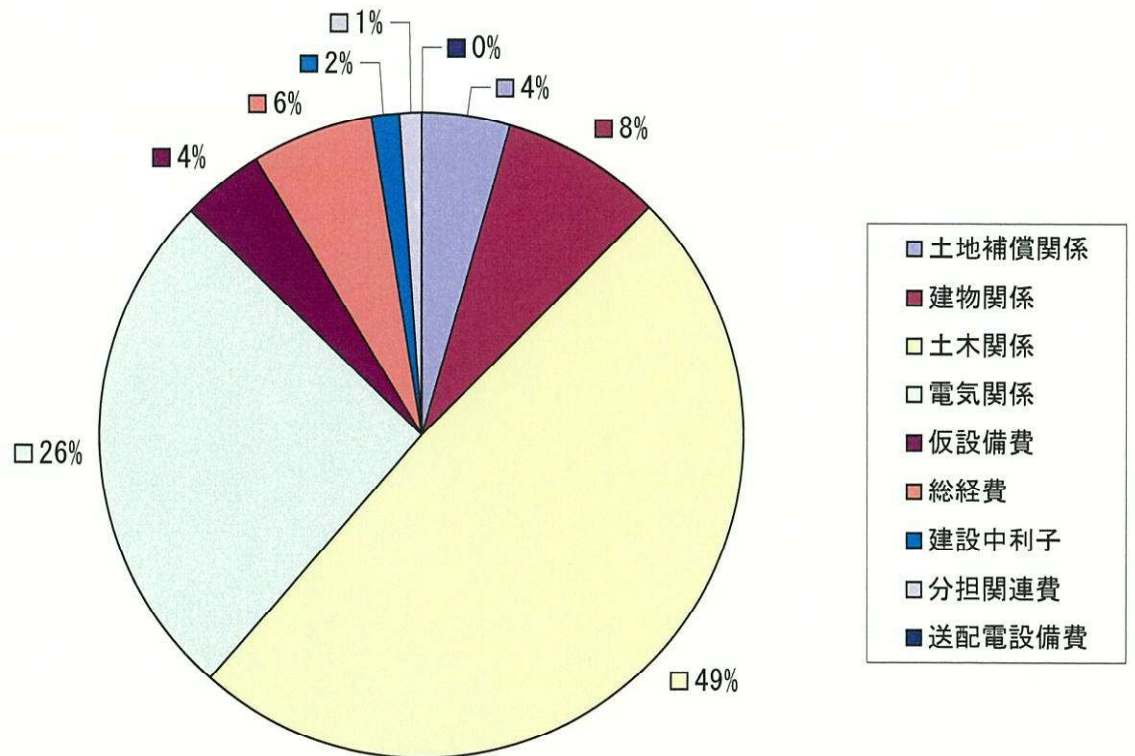
単位:千円

地点名	坂下ダム	算出式等	
最大出力 Pmax(kW)	80		
最大流量 Qmax(m ³ /s)	0.500		
有効落差 He(m)	23.90		
(1) 土地補償関係	8,424	((2)+(3)+(4)+(5))×0.05 建物・土木・電気設備工事費、仮設備費の合計額の5% 水没家屋、田畑、山林、付替道路、鉄道、漁業、公共補償、無形固定資産等	
(2) 建物関係	15,990	発電機床面以上の発電所本館建物(半地下式、地下式の場合は内装を含む)、付属建物(本館以外)	
(地上式)		$Y = \alpha \cdot 1110 \cdot X^{0.522}$	X=最大出力(kW) Y= 12,440
(半地下式)	15,990	$Y = \alpha \cdot 1420 \cdot X^{0.523}$	X=最大出力(kW) Y= 15,990
(地下式)		$Y = \alpha \cdot 5410 \cdot X^{0.523}$	X=最大出力(kW) Y= 60,910
(3) 土木関係	94,690	①+②+③	
①水路	78,970	a~lの合計	
h.水圧管路	71,790	既設管路との分岐管、バルブ室、バルブ、流量計室、流量計、グラウト、法面保護工等を含む	
水圧管路工事費 (鉄管を除く)	7,500	$Y = \alpha \cdot 478 \cdot X^{0.858}$	X=0.50 (X:水圧管路内径(m)) Y= 300 (埋設) L=25.00 (L:延長(m)) Y*L= 7,500
FRPM管工事費	1,230	$Y = \alpha \cdot 106.13 \cdot X^{1.312}$	X=0.50 (X:管路内径(m)) Y= 49 L=25.00 (L:延長(m)) Y*L= 1,230
3種管			L=25.00 (L:延長(m)) Y*L= 1,230
掘削工事費	1,210	$Y = 12.2 \cdot X^{1.26}$	X=0.50 (X:管路内径(m)) Y= 5
分岐管工事費	4,810	$Y = \alpha \cdot (3,500X^2 + 2,360X + 94.7)$	X=0.80 (X:既設管径(m)、大口径φ500) Y= 4,810
バルブ工事費	23,200	$Y = \alpha (2,740X^2 + 13,000X + 13,200)$	X=0.50 (X:バルブ径(m)、バタフライバルブ、大口径) Y= 23,200
バルブ工事費	23,200	$Y = \alpha (2,740X^2 + 13,000X + 13,200)$	X=0.50 (X:バルブ径(m)、バタフライバルブ、大口径) Y= 23,200
流量計工事費	10,640	$Y = \alpha \cdot (-7.62 \times 10^{-5} \cdot X^2 + 1.071 \cdot X + 8,833)$	X=500 (X:水圧管内径(mm)、超音波流速計:二測線式) Y= 10,640
l.雑工事費	7,180	$\Sigma(a \sim k + l) \times 0.10$ 土捨場、水路に係る緑化工事、自記量水設備等	
②貯水池又は調整池	0	(ダム高15m以上の)ダム本体、洪水吐、雑工事	
③機械装置	15,720		
m.基礎(地上式)		発電機床面以下の土木工事 $Y = \alpha \cdot 719 \cdot X^{0.867}$ Q=5,000 He=5.00 (Q:通水量(m ³ /s)、He:有効落差(m) Y= 23,840 $X = Q \times He^{2/3} \times n^{1/2}$ n=5 n:主機台数 X= 32.69	
m.基礎 (半地下・地下式)	7,110	発電機床面以下(半地下式、地下式の場合は床面以上を含む)の土木工事 $Y = \alpha \cdot 1780 \cdot X^{0.883}$ Q=0.500 He=23.90 (Q:通水量(m ³ /s)、He:有効落差(m) Y= 7,110 $X = Q \times He^{2/3} \times n^{1/2}$ n=1 n:主機台数 X= 4.15	
n.諸装置	8,610	取付道路、構内整備、機械装置に係る緑化工事等 (①+②+m)×0.10+ $\Sigma(n1 \sim n3)$ $n1 = \alpha \times 181,000 \times L$ (n1:道路新設の場合) n1= 0 $n2 = \alpha \times 885,000 \times L$ (n2:道路(トンネル)新設の場合) n2= 0 $n3 = \alpha \times 89,000 \times L$ (n3:道路改良の場合) n3= 0	
(4) 電気関係	49,770	水車、発電機、主要変圧器、配電盤開閉装置等	
水車工事費	42,540	$Y = \alpha \cdot 7770 \cdot X^{0.582}$	P=80.0 He=23.90 (P:最大出力(kW)、He:有効落差(m) Y= 42,540
発電機費	7,230	$Y = \alpha \cdot 557 \cdot X^{0.871}$	P=80.0 He=23.90 (P:最大出力(kW)、He:有効落差(m) Y= 7,230
(5) 仮設備費	8,030	工専用道路、橋梁、仮建物、動力設備等(特に工専用道路工事費が大きくなる場合は別途上乘せする) ((2)+(3)+(4))×0.05	
(6) 総経費	11,800	地形測量、発電所概略設計、流量資料整理、協議資料作成、実施設計 ((2)+(3)+(4)+(5))×0.15(冬期休止が必要な場合) 25280 11,800 ((2)+(3)+(4)+(5))×0.07(冬期休止が不要な場合) 11800	
(7) 小計	188,704	(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)	
(8) 建設中利子	3,020	(7)×0.4×0.02×工期(月)/12 想定工期=24箇月	
(9) 分担関連費	1,890	(7)×0.01 発注者の現場以外の組織全体に係る事務経費	
(10) 送配電設備費	0	一定延長(配電線500m以上、送電線1000m以上)に対応 $Y1 = \alpha \times 5,000 \times L$ L=500.00 (Y1:配電線(240/415V級)) Y1= 2,845,000 $Y2 = \alpha \times 8,000 \times L$ L=500.00 (Y2:配電線(架空3.3~6.6kV級)) Y2= 4,552,000 $Y3 = \alpha \times 18,000 \times L$ L=500.00 (Y3:配電線(地中3.3~6.6kV級)) Y3= 10,242,000 $Y4 = \alpha \times 80,000 \times L$ L=1000.00 (Y4:送電線(架空33~66kV級)) Y4= 91,040,000 $Y5 = \alpha \times 100,000 \times L$ L=1000.00 (Y5:送電線(架空154kV級)) Y5= 113,800,000	
(11) 事業費計	193,614	(7)+(8)+(9)+(10)	

概算工事費内訳 (坂下ダム)



工事費割合



概算工事費算定根拠

□ は、ハイドロバレー計画ガイドブック（平成17年3月）の記載内容である。

1. 土地補償関係

建物・土木・電気関係工事費、仮設費の合計額の5%を計上します。

- ・土地補償費は、発電所建設に係る土地代及び鉄道、道路等の公共設備への補償等に要する費用である。

2. 建物関係

建物関係工事費は、本館建物と付属建物の合計として、図3.1から算定します。

- ・下図の算定式、半地下式より、 $Y=1420 \cdot X^{0.523}$ （百万単位を千円単位に換算）により算定する。なお、 X =最大出力（kW）である。

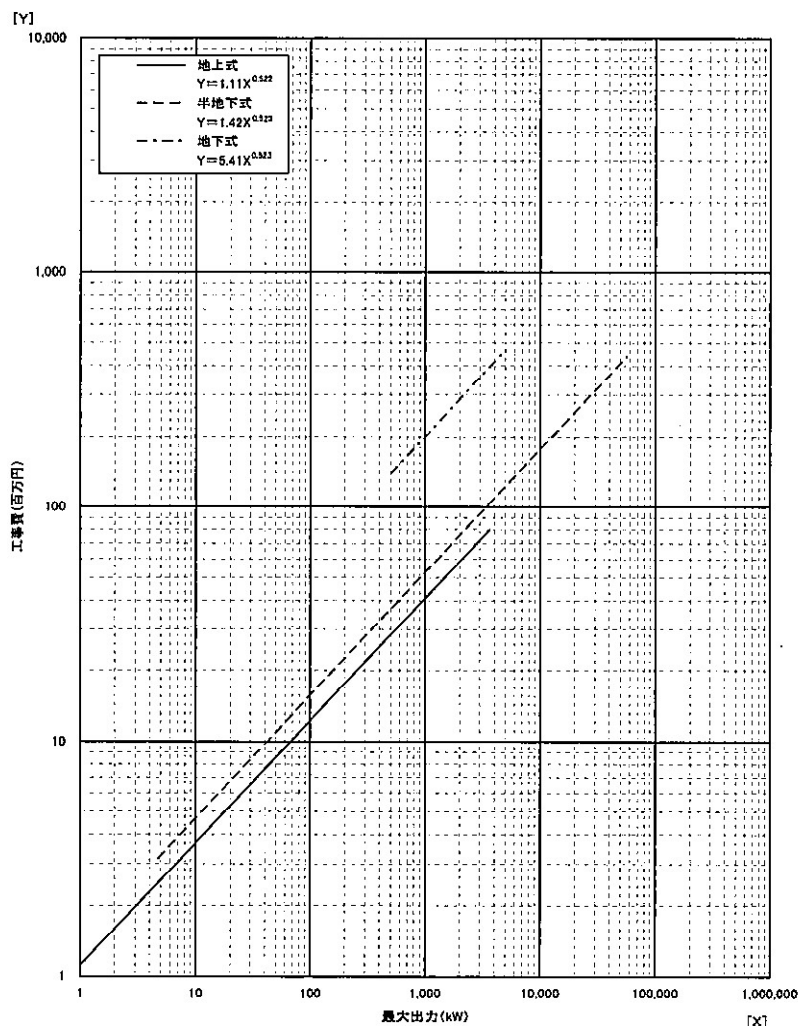


図3.1 発電所建物工事費

3. 土木関係

土木関係の工事としては、以下の項目がある。

区 分	名 称	概 要	坂下ダムへの適用	備 考
水路	(1) 取水ダム		該当なし	
	(2) 取水口		該当なし	
	(3) 沈砂池		該当なし	
	(4) 排砂路		該当なし	
	(5) 導水路		該当なし	
	(6) 水槽		該当なし	
	(7) 余水路		該当なし	
	(8) 水圧管路	FRPM管	該 当	L=25m
	(9) 放水路		該当なし	
	(10) 放水口		該当なし	
	(11) 代替放流設備		該当なし	
	(12) 雑工事費		該 当	
貯水池又は調整池			該当なし	
機械装置	(13) 基礎		該 当	
	(14) 諸装置		該 当	

(8) 水圧管路

水圧管路工事費は、水圧管路に鉄管を用いる形式とし、以下の合計金額として算定します。

ア. 水圧管路工事費（鉄管を除く）

鉄管以外の水圧管路工事費は、図3. 26又は図3. 27からm当たり工事単価を算定し、鉄管長を乗じて算定します。

イ. 鉄管工事費及び水圧管（FRPM管）工事費

鉄管工事費は、

①図3. 25からm当たり鉄管あたり重量を算定する。

②図3. 28から鉄管単価を算定する。

③鉄管工事費は、①×②で算定する。

鉄管以外の水圧管（FRPM管）は、図2-59からm当たり水圧管単価を算定し、余水路延長を乗じて算定します。

ウ. 分岐管工事費

既設ダムの放流設備等の比較的大規模な管路上から分岐する場合の分岐管工事費は、図3. 29から算定します。

また、水道施設等の比較的小規模なパイプラインから分岐するケースで通常工法（断水発生）の場合は、図3. 30から、不断水工法の場合は、図3. 31から算定します。

エ. バルブ工事費

既設ダムの放流設備等の比較的大規模な管路上にバルブ（仕切弁）を設ける場合のバルブ工事費は、図3. 29から算定します。

また、水道施設等の比較的小規模なパイプライン上にバルブ（仕切弁）を設けるケースで通常工法（断水発生）の場合は、図3. 33から、不断水工法の場合は、図3. 34から算定します。

オ. 流量計工事費

流量計を設置する場合の工事費は、図3. 35から算定します。

ア. 掘削

下図の算定式より、 $Y=122 \cdot X^{1.26}$ に水圧管路延長を乗じて算定する。なお、 X = 水圧管路内径 (m) である。

なお、単価は、単独の場合8,200円を用いる。

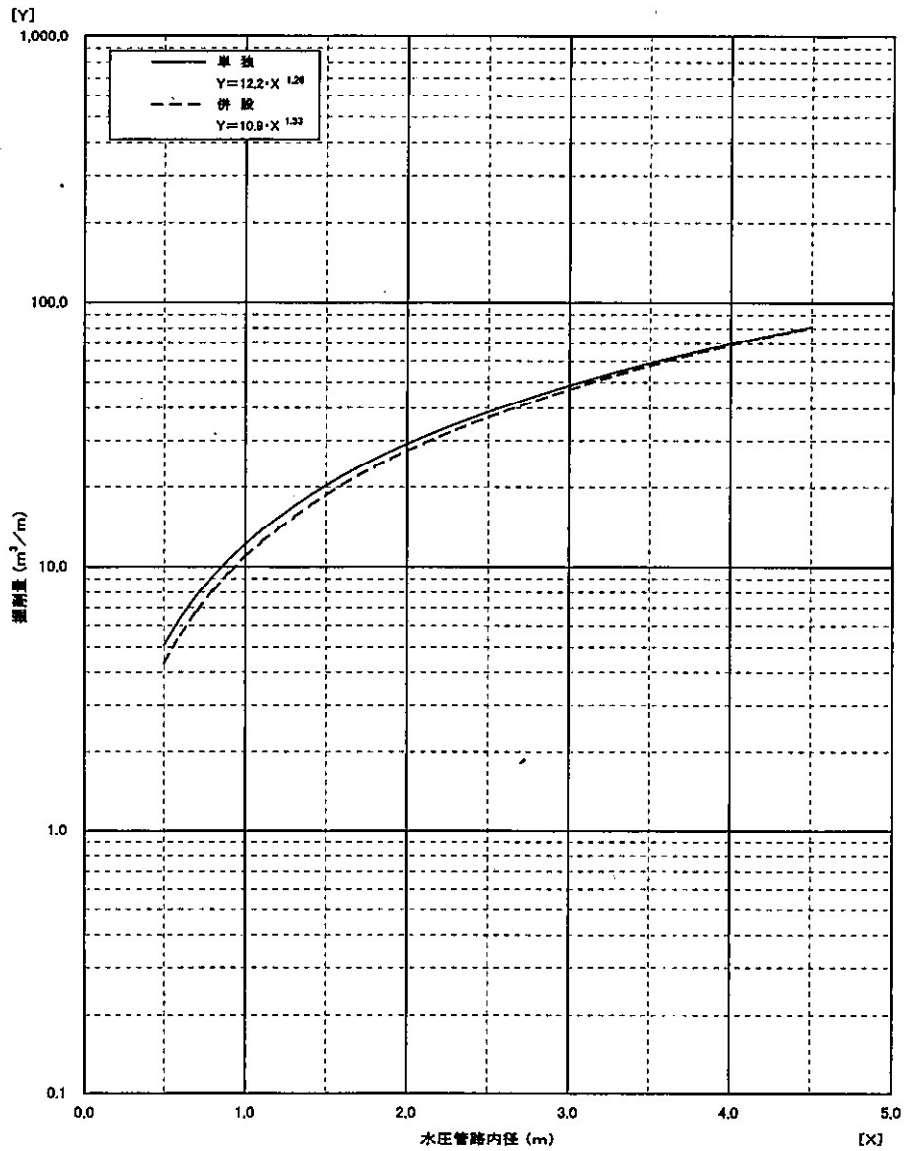


図-2.62 水圧管路掘削量 (露出式)

イ. 水圧管路工事費

・FRPM管を用いるものとし、下図の算定式 $Y=478X^{0.858}$ より、工事費を求めます。

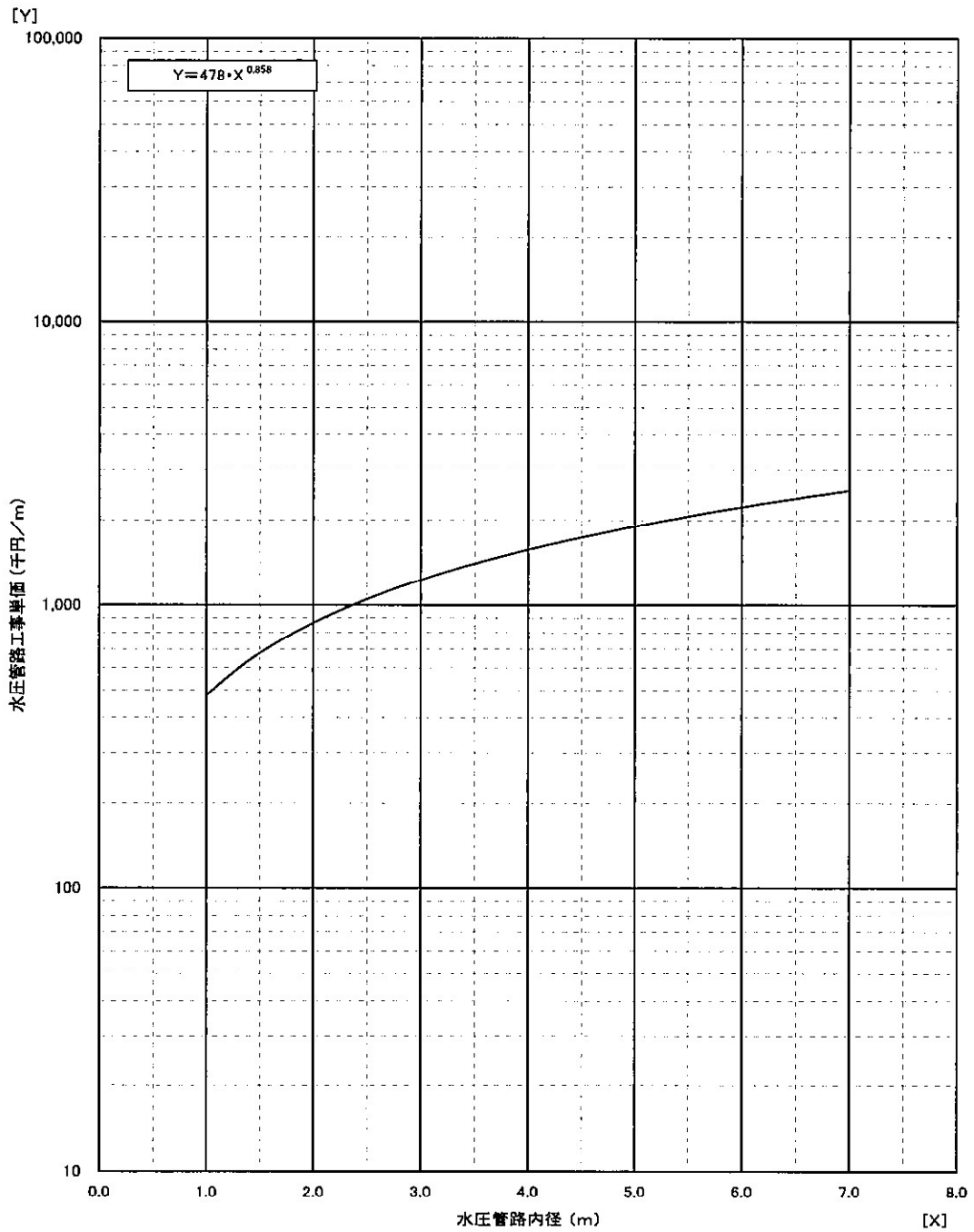


図 3.27 水圧管路工事単価 (埋設式) <鉄管除く>

ウ. 水圧管路FRPM管単価

・FRPM管を用いるものとし、下図の算定式 $Y=106.13X^{1.312}$ より、工事費を求めます。

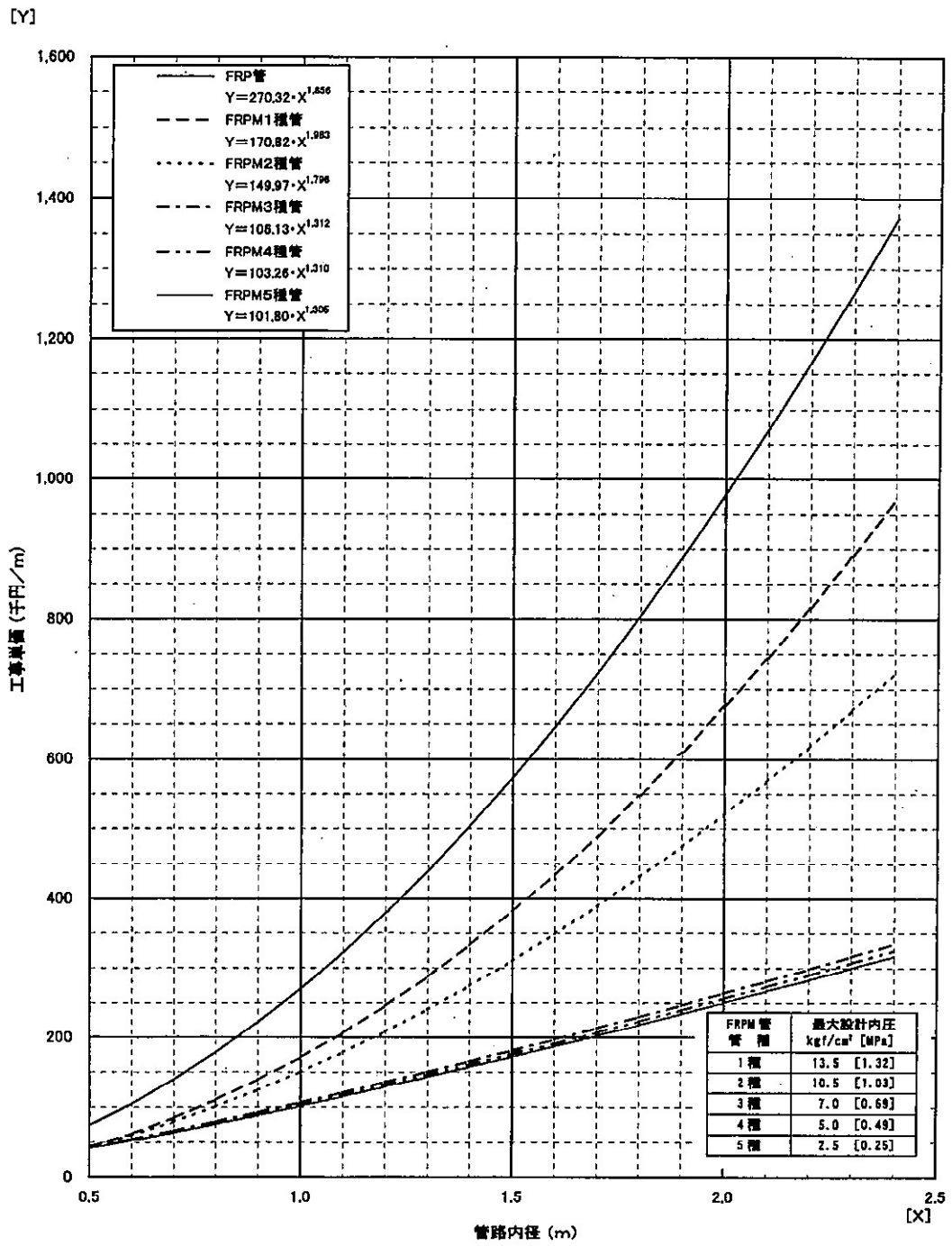


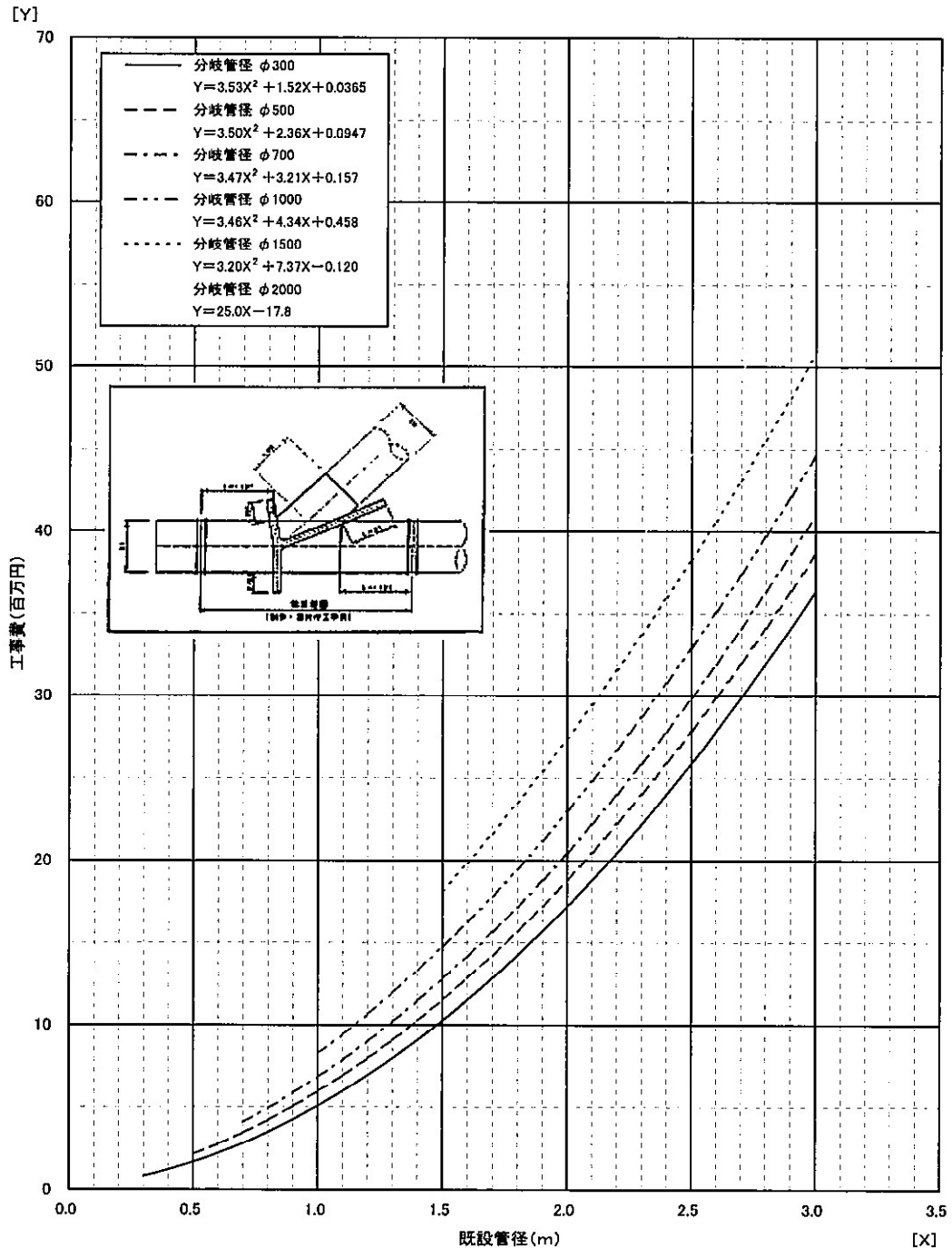
図-2.59 FRP(M)管工事単価(埋設式)

エ. 分岐管径工事費

下図の算定式より、水圧管路の直近上位の管径を用いる。

φ 700 $Y=3.47 \cdot X^2+3.21 \cdot X+0.157$

φ 1000 $Y=3.46 \cdot X^2+4.34 \cdot X+0.458$ により算定する。



オ. バルブ工事費

下図の算定式バタフライバルブより、 $Y=2.74 \cdot X^2+13.0 \cdot X+13.2$ により算定する。

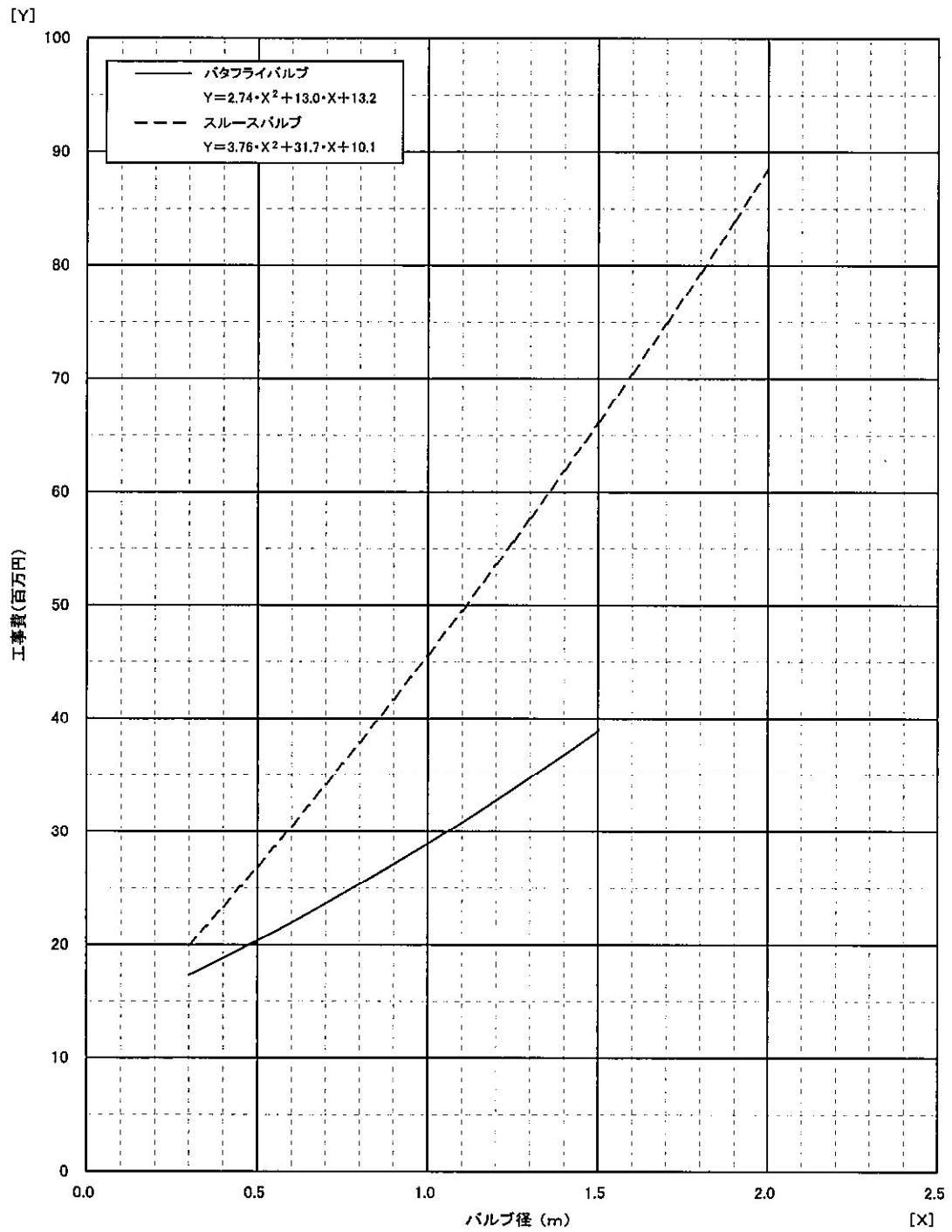


図 3.32 バルブ工事費 (バルブ室を含む)

カ. 流量計工事費（超音波流速計：二測線式）

下図の算定式より、 $Y = -7.62 \times 10^{-5} \cdot X^2 + 1.071 \cdot X + 8833$ により算定する。
 なお、 $X = \text{水圧管内径 (mm)}$ である。

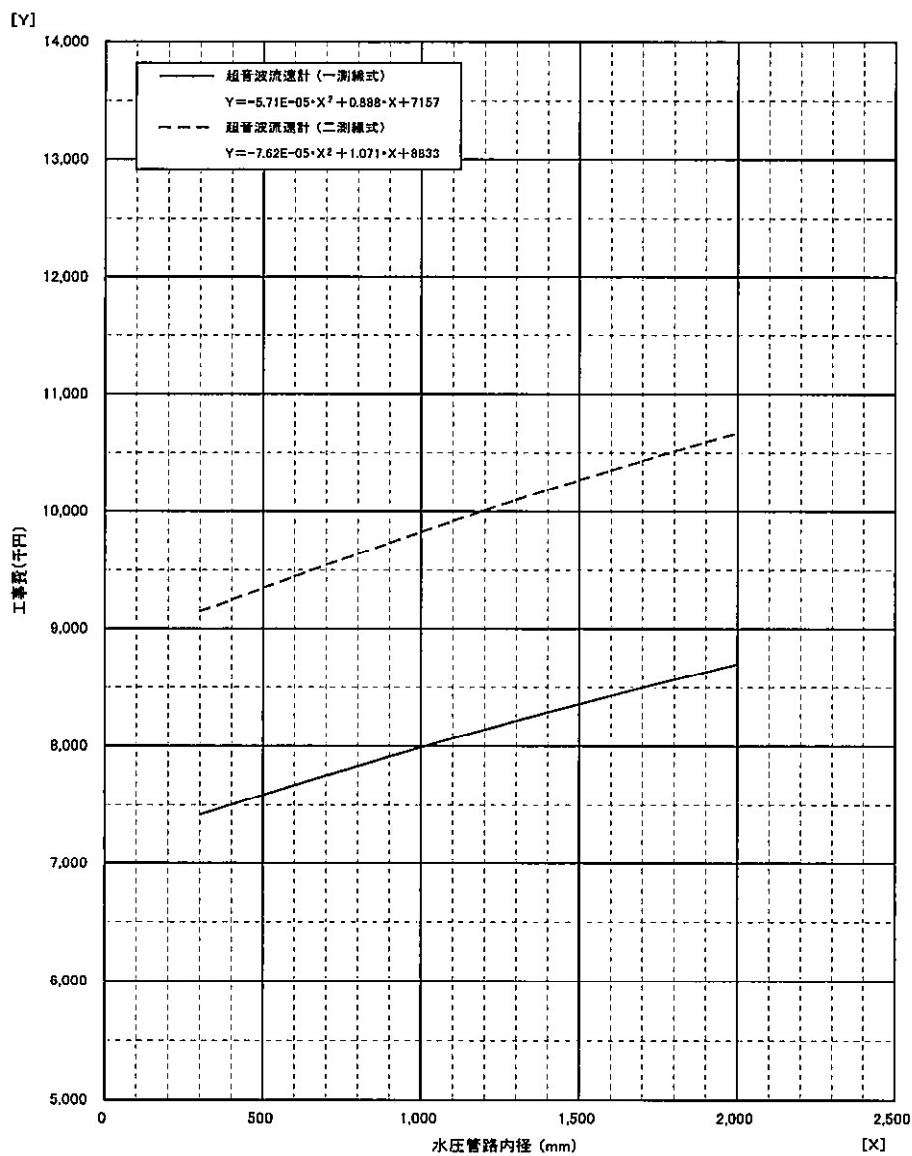


図 3.35 流量計工事費（流量計室を含む）

(12) 雑工事費

土木関係工事費のうち雑工事費は、上記までの水路工事費の合計額の10%を計上します。

- ・水路費の10%を計上する。

3.3 機械装置

(1) 基礎

機械装置基礎工事費は、図3.39から算定します。

(半地下式・地下式)

・下図の算定式より、 $Y=1780 \cdot X^{0.883}$ (百万単位を千円単位に換算) により算定する。

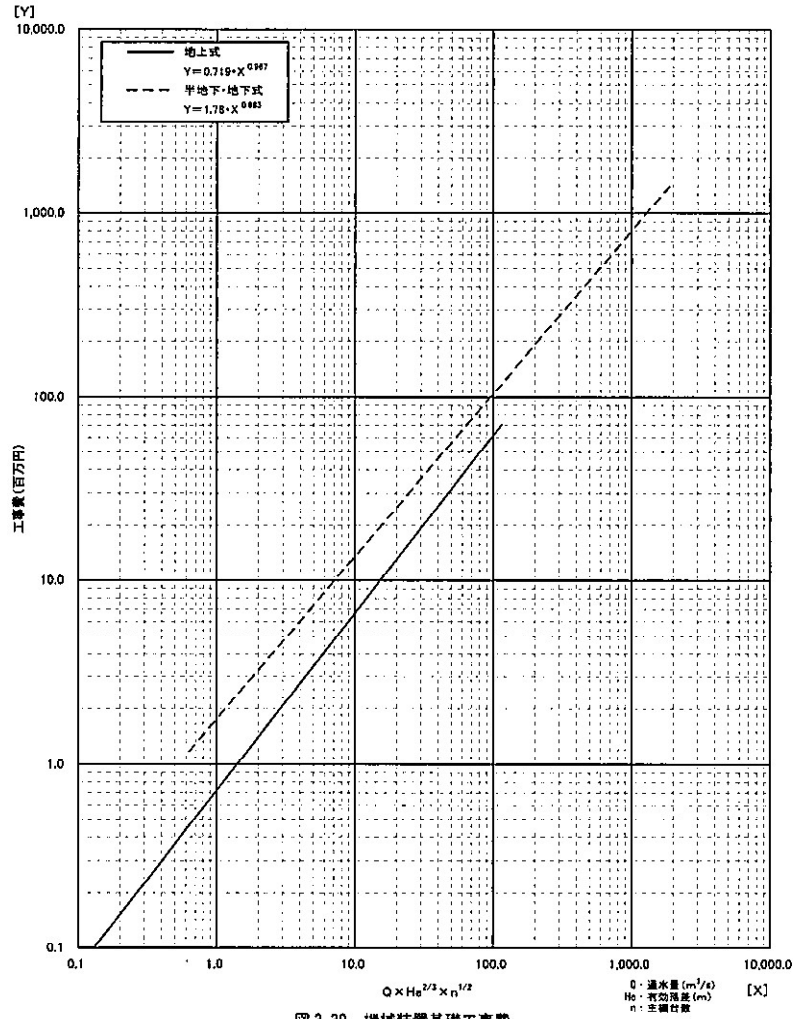


図3.39 機械装置基礎工事費

(2) 諸装置

諸装置の工事費は、上記までの土木関係工事費の合計額（水路+貯水池又は調整池+機械装置基礎に10%を計上します。

ただし、地下式を採用する場合の発電所への進入路（機械搬入路）については、その工事費を諸装置工事費に加算します。

- ・ 土木関係工事費の合計額の10%を計上する。
- ・ 構内整備、取付道路、機械装置に係わる緑化工事が計上され、個々の設備に対して積算すれば精度が向上されますが、本積算では便宜的に率で計上します。
- ・ 諸装置として計上する道路は、永久施設となる地下式発電所への進入路のみとし、他施設への取付道路は仮設備へ計上します。

① 道路新設の場合	181,000 円/m
② 道路（トンネル）新設の場合	885,000 円/m
③ 道路改良の場合	89,000 円/m

4. 電気関係

電気関係の工事費は、水車、発電機、その他装置を一括して図3. 40から算定します。

ア. 水車工事費

・ 下図の算定式、クロスフロー水車より、 $Y=7770 \cdot X^{0.562}$ (百万単位を千円単位に換算) により算定する。

フランシス水車より、 $Y=6320 \cdot X^{0.589}$ (百万単位を千円単位に換算) により算定する。

なお、 $X = P \cdot \sqrt{He}$ (最大出力kW) \times \sqrt{He} (有効落差m) である。

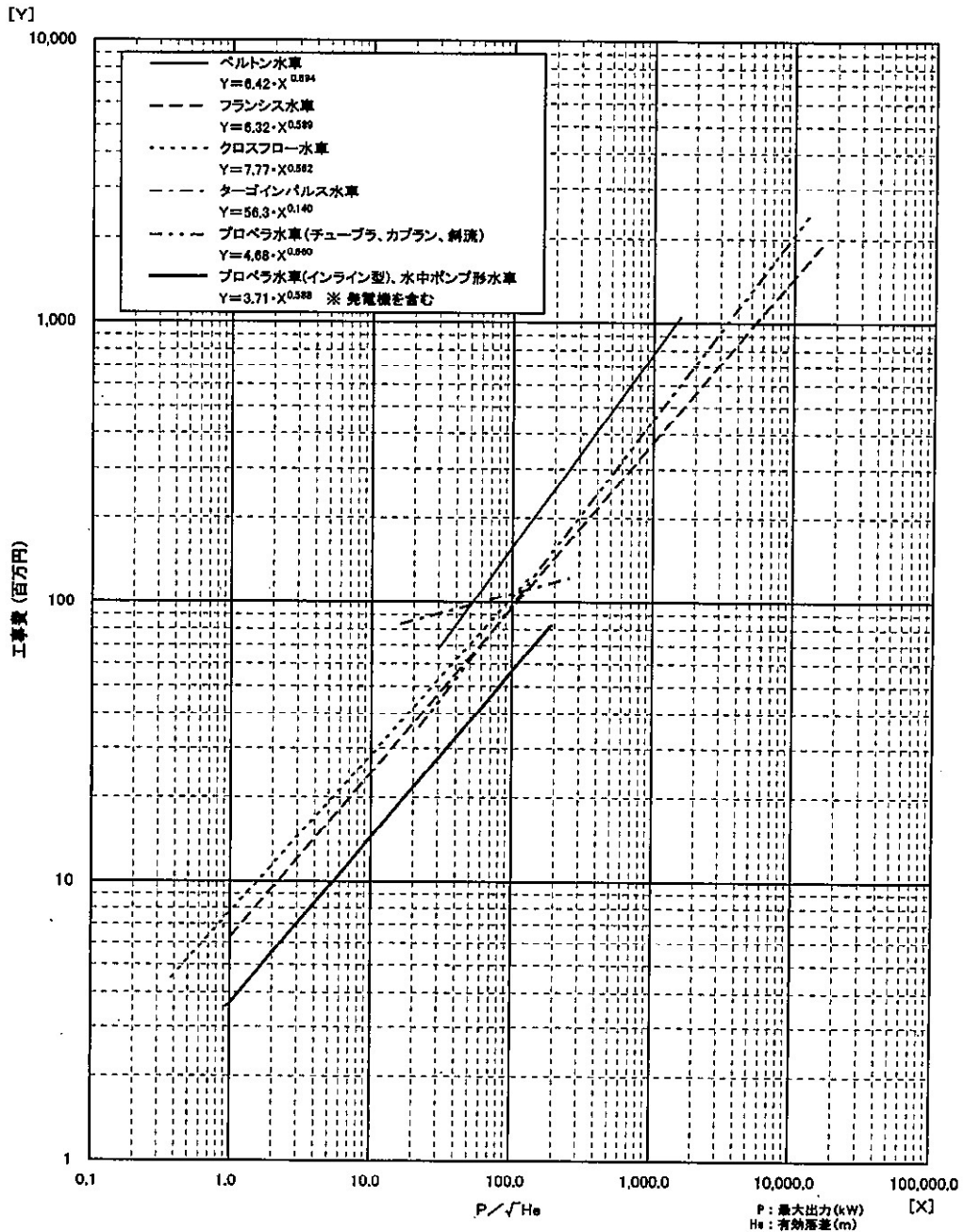


図-2.89 水車工事費

イ. 発電機工事費

・下図の算定式、誘導発電機より、 $Y=557 \cdot X^{0.871}$ (百万単位を千円単位に換算) により算定する。

なお、 $X = P$ (最大出力kW) $\times \sqrt{H_e}$ (有効落差m) である。

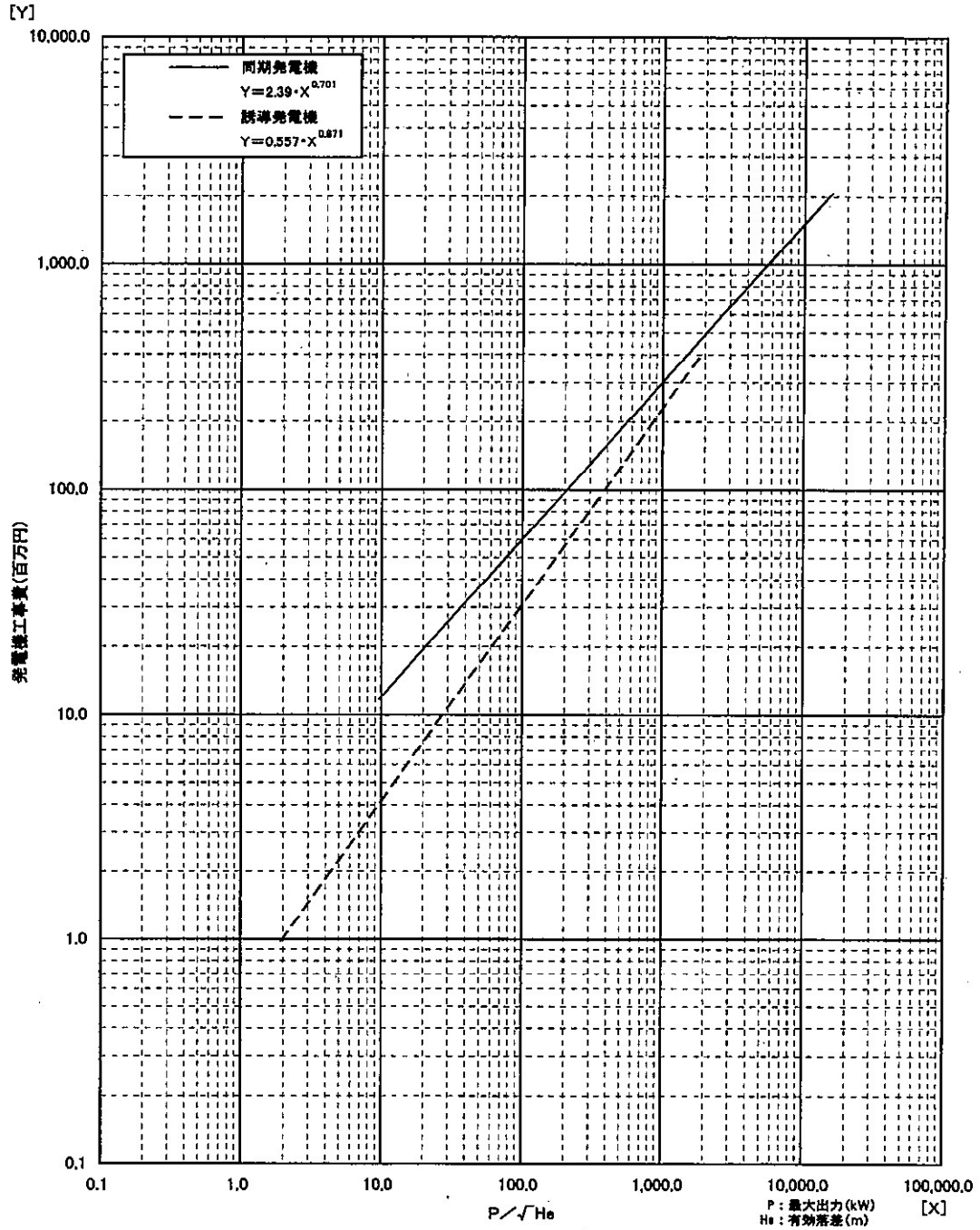


図-2.90 発電機工事費

5. 仮設備費

仮設備費は、建物・土木・電気関係工事費の合計額の5%を計上します。
ただし、工事用道路（地下式発電所への進入路以外の取付道路を含む。）を新設又は改良する場合には、その工事費を仮設備費に加算します。

- ・工事用道路の必要がないため、建物・土木・電気関係工事費の5%を計上する。

6. 総経費

- ア. 冬季休止が必要な場合
建物・土木・電気関係工事費と仮設備費の合計額の15%を計上します。
- イ. 冬季休止が不要な場合
建物・土木・電気関係工事費と仮設備費の合計額の7%を計上します。

- ()
- ・総経費は、人件費、調整委託費、設備償却費、事務関係経費である。冬季施工を行うものとし、建物・土木・電気関係工事費と仮設備費の7%を計上する。

7. 建設中間利子

建設中利子は、下式により算定します。
建設中利子＝建設中利子算定対象額×工期×キャッシュフロー係数×利子率
ここに、建設中利子算定対象額＝（土地補償費）＋（建物関係）＋（土木関係）
＋（電気関係）＋（仮設備費）＋（総経費）
工期＝月数/24 キャッシュフロー係数＝0.4 利子率＝0.02（参考値）

- ・工期は24ヶ月として算定する。

8. 分担関連費

()

分担関連費は、土地補償費、建物・土木・電気工事関係費、仮設備費、総経費の合計金額の1%を計上します。

- ・分担関連費は、当該工事をバックアップするため、現場以外の組織全体に係る関連事務経費であるので、土地補償費、建物・土木・電気工事関係費、仮設備費、総経費の合計金額の1%を計上する。

9. 送配電設備費

送配電設備費は、新たに敷設する送配電線の延長に工事単価を乗じて算定します。

- ・新たに送配電線を設置する費用であり、近隣施設への系統連係することを想定し、該当しない。

2.7 経済性の検討

(1) 算出方法

前項で算出した概算事業費をもとに、建設コスト(円/kWh)及び発電単価(円/kWh)を下式により求めて事業化評価の基礎資料とする。

$$\text{建設コスト(円/kWh)} = \text{概算事業費(円)} \div \text{有効電力量(kWh)}$$

$$\text{発電単価(円/kWh)} = \text{年間経費(円)} \div \text{有効電力量(kWh)}$$

有効電力量 = 年間可能発生電力量 × 利用率 (水路式 : 95%、ダム式 : 97%)

年間経費は、ハイドロバレー計画ガイドブック P. 7-7(下表)に準じ算出した。

年経費算出諸元

項 目		諸 条 件 ・ 諸 数 値
減価焼却費※1	減価焼却法	定率法
	残存率	0%
	耐用年数	返済期間と同値
金 利※2		2%
固定資産税※1		建設費 / 初年度簿価 × 簿価 × 1.4%
人 件 費※2		建設費 × 0.17%
修 繕 費※1	初年度率	建設費 × 0.310%
	年増加率	建設費 × 0.019%
その他経費※1		建設費 × 0.31%
一般管理費※1		(固定資産税 + 人件費 + 修繕費 + 共用施設維持管理費 + その他経費) × 1.2%
割 引 率※2		2%

※1 水力発電効用評価の手引き(平成11年3月):資源エネルギー庁、新エネルギー財団

※2 平成16年度末時点における標準的な利率

【供用施設維持管理費】

水路等の共用施設に係る維持管理費として1人分の人件費相当額等を目安に協議の上、所要額を計上するものとする。

農業用水を利用した小水力発電導入の手引き 平成21年3月 / (財)日本水土総合研究所 P. 55

とあるが、事業実施主体や管理主体が不明確であるため考慮しない。

(2) 補助率

経済性の指標を求めるに当り、補助率を50%で算定する。

(3)算定結果

経済性の指標の算定結果は、下表のとおりである。

		単位	補助率(%)	備 考
			50.00	
発 生 電 力 量		kWh	545,808	
建 設 費		千円	194,000	
年 経 費		千円/年	8,900	
評 価 指 標	kWh 当り 建 設 単 価	円/kWh	355	≤300円/kWh程度目安
	発 電 原 価	円/kWh	16.81	≤ 34円/kWh程度目安

次頁以降に経済性の指標を算定した結果を示す。

発 電 原 価 計 算 表			
補助率	50.0 %	算定：H/Tロバレ方式	単位：千円
項目	金額	計算式	
建設費	194,000		
売電可能電力量	529,434 kWh	発電電力量 × 0.97 =	545,808 × 0.97
直接費			
人件費 ①	330		194,000 × 0.00170
修繕費 ②	953		194,000 × [0.00310 + 0.00019 × 1/2 × (20 - 1)]
水利使用料	---		免除
諸費 ③	601		194,000 × 0.00310
小計	1,884		
資本費			
減価償却費 ④	4,850		194,000 × 0.5000 ÷ 20年
借入金利息 ⑤	1,940		97,000 × 0.0200
一般管理対応費 ⑥	226		(人件費330 + 修繕費 953 + 固定資産税0 + その他経費601) × 0.12
固定資産税	0		免除
小計	7,016		
管理部門費			
共用施設維持管理費 ⑦	0		0千円
その他	0		
小計	0		
合計	8,900		
発電量当たり建設費	355 円/kWh	194,000,000 円 ÷	545,808 kWh
発電原価	16.81 円/kWh	8,900,000 円 ÷	529,434 kWh

- ※ 算出方法はH/Tロバレ計画ガイドブックP7-7による。
- ※ 耐用年数を経過した施設の資産価格は、1円(備忘価格)とする。新たな土地改良の効果算定マニュアルP610
ただし、本検討では、1円を0円とし試算する。
- ※ 水利使用料は、下流使用者と発電使用者が同じため免除とする。
- ※ 固定資産税は、公的機関が所有するため免除とする。

発電可能電力量 = 530,000 kWh
購入単価(売電単価) = 34.00 円/kWh

(単位: 千円)
税抜き

ハイドロパラー算定方式
クロスフロー-水車

小水力発電計画におけるキャッシュフロー(発電計画収支予想)

年度	発電所建設の収支計画				発電所建設後の収支計画										備考					
	建設費の総額(A)	補助(B)=(A)×50%	地元負担額①(金利込)50%	地元の負担額②(金利込)50%	発電所建設による電気利益効果累計(b)	人件費(c1)	修繕費(c2)	諸費(c3)	一般管理対応費(c4)	減価償却費(c5)	金利(c6)	共用施設維持管理費(c7)	年経費(c)	減価償却費(d)		金利(e)	収入相当額(b)-(c)-(d)-(e)	同左の累計Σ(E)	実質年間総経費(D)-(E)	発電所建設費回収年数計算Σ(D)-Σ(E)
1	194,000	97,000	97,000	97,000																1 建設期間: 2年
2					18,020	330	601	184	601	4,850	1,940	0	8,506	4,850	1,940	16,304	16,304	9,514	△ 9,514	
3					18,020	330	638	188	601	4,850	1,940	0	8,547	4,850	1,940	16,263	32,567	9,473	△ 18,987	
4					18,020	330	675	193	601	4,850	1,940	0	8,589	4,850	1,940	16,221	48,788	9,431	△ 28,418	
5					18,020	330	712	197	601	4,850	1,940	0	8,630	4,850	1,940	16,180	64,968	9,390	△ 37,808	
6					18,020	330	749	202	601	4,850	1,940	0	8,672	4,850	1,940	16,138	81,106	9,348	△ 47,156	
7					18,020	330	786	206	601	4,850	1,940	0	8,713	4,850	1,940	16,097	97,203	9,307	△ 56,463	
8					18,020	330	823	210	601	4,850	1,940	0	8,754	4,850	1,940	16,056	113,259	9,266	△ 65,729	
9					18,020	330	860	215	601	4,850	1,940	0	8,796	4,850	1,940	16,014	129,273	9,224	△ 74,953	
10					18,020	330	897	219	601	4,850	1,940	0	8,837	4,850	1,940	15,973	145,246	9,183	△ 84,136	
11					18,020	330	934	224	601	4,850	1,940	0	8,879	4,850	1,940	15,931	161,177	9,141	△ 93,277	
12					18,020	330	971	228	601	4,850	1,940	0	8,920	4,850	1,940	15,890	177,067	9,100	△ 102,377	
13					18,020	330	1,008	233	601	4,850	1,940	0	8,962	4,850	1,940	15,848	192,915	9,058	△ 111,435	
14					18,020	330	1,045	237	601	4,850	1,940	0	9,003	4,850	1,940	15,807	208,722	9,017	△ 120,452	
15					18,020	330	1,082	242	601	4,850	1,940	0	9,045	4,850	1,940	15,765	224,487	8,975	△ 129,427	
16					18,020	330	1,119	246	601	4,850	1,940	0	9,086	4,850	1,940	15,724	240,211	8,934	△ 138,361	
17					18,020	330	1,156	250	601	4,850	1,940	0	9,127	4,850	1,940	15,683	255,894	8,893	△ 147,254	
18					18,020	330	1,193	255	601	4,850	1,940	0	9,169	4,850	1,940	15,641	271,535	8,851	△ 156,105	
19					18,020	330	1,230	259	601	4,850	1,940	0	9,210	4,850	1,940	15,600	287,135	8,810	△ 164,915	
20					18,020	330	1,267	264	601	4,850	1,940	0	9,252	4,850	1,940	15,558	302,693	8,768	△ 173,683	
21					18,020	330	1,304	268	601	4,850	1,940	0	9,293	4,850	1,940	15,517	318,210	8,727	△ 182,410	
小計					360,400	6,600	19,950	12,020	4,520	97,000	38,800	0	177,990	97,000	38,800	318,210	318,210	△ 182,410		

運用20年間の売電収入(2)	360,400
運用20年間の諸費用(3)	177,990
運用20年間の増収収支(4)	△ 182,410
年間平均収支額(4)/20	△ 9,121

運用20年間の売電収入(2)	360,400
運用20年間の諸費用(3)	177,990
運用20年間の増収収支(4)	△ 182,410

【算定方法】

項目	算定方法
建設費(1)	施工業者見積もり結果による。
運用20年間の売電収入(2)	年間可能発電電力量(kwh)×売電単価29(円/kwh)×20年間
運用20年間の諸費用(3)	(人件費+修繕費+諸費+一般管理対応費)×20年間
人件費	建設費×0.170%
修繕費	初年度費:建設費×0.310%、次年度以降:前年度修繕費+建設費×0.019%
諸費	建設費×0.310%
減価償却費	建設費÷20年間
金利	建設費×2.0%
一般管理対応費	(人件費+修繕費+固定資産税+その他経費)×12%
運用20年間の増収収支(4)	運用後20年間の売電収入(2) - 建設費(1) - 運用20年間の諸費用(3)

算定基準:ハイドロパラー計画ガイドブック(経産省監修)より

売電可能電力量 = 530,000 KWh
 購入単価(売電単価) = 34.00 円/KWhの場合(20年目まで)
 購入単価(売電単価) = 9.36 円/KWhの場合(1年目以降)

売電発生可能電力量 = 546,000 KWh
 ハイドロバレー算定方式
 Q=0.5m³/s

補助率 = 50.0%

小水力発電計画におけるキャッシュフロー(発電計画収支予想)

年度	建設費の総額		財源内訳		財源必要額		差額の累計	発電所建設後の収支計画										備考				
	(A)	(B) = (A) × 50%	補助	手当された補助金額	返済額(金利息)	計		(D) = ① - ②	人件費	修繕費	諸費	一般管理 対価費	減価 償却費	金利	共用施設 維持管理費	年経費	減価 償却費		金利	収入当量 (b)-(c)-(d)-(e)	同左の累計	事業年間の 総経費
1	194,000	97,000	97,000	97,000	97,000	97,000	97,000	(c1)	(c2)	(c3)	(c4)	(c5)	(c6)	(c7)	(c)	(d)	(e)	(f)	(E)	(D)-(E)	△ 9,514	△ 9,514
2					6,790	6,790	6,790	330	601	184	4,850	1,940	8,506	4,850	1,940	16,304	4,850	1,940	16,304	16,304	△ 9,514	△ 9,514
3					6,790	6,790	13,580	330	638	188	4,850	1,940	8,547	4,850	1,940	32,567	4,850	1,940	32,567	32,567	△ 9,473	△ 18,987
4					6,790	6,790	20,370	330	675	193	4,850	1,940	8,589	4,850	1,940	48,788	4,850	1,940	48,788	48,788	△ 9,431	△ 28,418
5					6,790	6,790	27,160	330	712	197	4,850	1,940	8,630	4,850	1,940	64,968	4,850	1,940	64,968	64,968	△ 9,390	△ 37,808
6					6,790	6,790	33,950	330	749	202	4,850	1,940	8,672	4,850	1,940	81,106	4,850	1,940	81,106	81,106	△ 9,348	△ 47,156
7					6,790	6,790	40,740	330	786	206	4,850	1,940	8,713	4,850	1,940	97,203	4,850	1,940	97,203	97,203	△ 9,307	△ 56,463
8					6,790	6,790	47,530	330	823	210	4,850	1,940	8,754	4,850	1,940	113,259	4,850	1,940	113,259	113,259	△ 9,266	△ 65,729
9					6,790	6,790	54,320	330	860	215	4,850	1,940	8,796	4,850	1,940	129,273	4,850	1,940	129,273	129,273	△ 9,224	△ 74,953
10					6,790	6,790	61,110	330	897	219	4,850	1,940	8,837	4,850	1,940	145,246	4,850	1,940	145,246	145,246	△ 9,183	△ 84,136
11					6,790	6,790	67,900	330	924	224	4,850	1,940	8,879	4,850	1,940	161,177	4,850	1,940	161,177	161,177	△ 9,141	△ 93,277
12					6,790	6,790	74,690	330	971	228	4,850	1,940	8,920	4,850	1,940	177,067	4,850	1,940	177,067	177,067	△ 9,100	△ 102,377
13					6,790	6,790	81,480	330	1,008	233	4,850	1,940	8,962	4,850	1,940	192,915	4,850	1,940	192,915	192,915	△ 9,058	△ 111,435
14					6,790	6,790	88,270	330	1,045	237	4,850	1,940	9,003	4,850	1,940	208,722	4,850	1,940	208,722	208,722	△ 9,017	△ 120,452
15					6,790	6,790	95,060	330	1,082	242	4,850	1,940	9,043	4,850	1,940	224,487	4,850	1,940	224,487	224,487	△ 8,975	△ 129,427
16					6,790	6,790	101,850	330	1,119	246	4,850	1,940	9,086	4,850	1,940	240,211	4,850	1,940	240,211	240,211	△ 8,934	△ 138,361
17					6,790	6,790	108,640	330	1,156	250	4,850	1,940	9,127	4,850	1,940	255,894	4,850	1,940	255,894	255,894	△ 8,893	△ 147,254
18					6,790	6,790	115,430	330	1,193	255	4,850	1,940	9,169	4,850	1,940	271,535	4,850	1,940	271,535	271,535	△ 8,851	△ 156,105
19					6,790	6,790	122,220	330	1,230	259	4,850	1,940	9,210	4,850	1,940	287,135	4,850	1,940	287,135	287,135	△ 8,810	△ 164,915
20					6,790	6,790	129,010	330	1,267	264	4,850	1,940	9,252	4,850	1,940	302,693	4,850	1,940	302,693	302,693	△ 8,768	△ 173,683
21	地域用水環境整備事業にて機械電器更新	50.0%	積立金	25,000	135,800	135,800	135,800	6,600	19,050	12,020	4,520	97,000	38,800	0	177,990	97,000	38,800	318,210	318,210	△ 8,727	△ 182,410	
22	50,000	25,000	25,000	25,000	0	0	0	330	601	184	1,250	0	2,966	1,250	0	3,244	0	293,210	293,210	25,000	△ 157,410	
23					0	0	135,800	4,960	330	638	188	1,250	0	3,007	1,250	0	3,203	0	296,454	296,454	△ 3,244	△ 160,654
24					0	0	135,800	4,960	330	675	193	1,250	0	3,049	1,250	0	3,151	0	299,657	299,657	△ 3,203	△ 163,857
25					0	0	135,800	4,960	330	712	197	1,250	0	3,090	1,250	0	3,120	0	302,818	302,818	△ 3,161	△ 167,018
26					0	0	135,800	4,960	330	749	202	1,250	0	3,132	1,250	0	3,078	0	305,938	305,938	△ 3,120	△ 170,138
27					0	0	135,800	4,960	330	786	206	1,250	0	3,173	1,250	0	3,037	0	309,016	309,016	△ 3,078	△ 173,216
28					0	0	135,800	4,960	330	823	210	1,250	0	3,214	1,250	0	2,996	0	312,053	312,053	△ 3,037	△ 176,253
29					0	0	135,800	4,960	330	860	215	1,250	0	3,256	1,250	0	2,954	0	315,049	315,049	△ 2,996	△ 179,249
30					0	0	135,800	4,960	330	897	219	1,250	0	3,297	1,250	0	2,913	0	318,003	318,003	△ 2,954	△ 182,203
31					0	0	135,800	4,960	330	934	224	1,250	0	3,339	1,250	0	2,871	0	320,916	320,916	△ 2,913	△ 185,116
32					0	0	135,800	4,960	330	971	228	1,250	0	3,380	1,250	0	2,830	0	323,787	323,787	△ 2,871	△ 187,987
33					0	0	135,800	4,960	330	1,008	233	1,250	0	3,422	1,250	0	2,788	0	326,617	326,617	△ 2,830	△ 190,817
34					0	0	135,800	4,960	330	1,045	237	1,250	0	3,463	1,250	0	2,747	0	329,405	329,405	△ 2,788	△ 193,605
35					0	0	135,800	4,960	330	1,082	242	1,250	0	3,505	1,250	0	2,705	0	332,152	332,152	△ 2,747	△ 196,352
36					0	0	135,800	4,960	330	1,119	246	1,250	0	3,546	1,250	0	2,664	0	334,857	334,857	△ 2,705	△ 199,057
37					0	0	135,800	4,960	330	1,156	250	1,250	0	3,587	1,250	0	2,623	0	337,521	337,521	△ 2,664	△ 201,721
38					0	0	135,800	4,960	330	1,193	255	1,250	0	3,629	1,250	0	2,581	0	340,144	340,144	△ 2,623	△ 204,344
39					0	0	135,800	4,960	330	1,230	259	1,250	0	3,670	1,250	0	2,540	0	342,725	342,725	△ 2,581	△ 206,925
40					0	0	135,800	4,960	330	1,267	264	1,250	0	3,712	1,250	0	2,498	0	345,265	345,265	△ 2,540	△ 209,465
41					0	0	135,800	4,960	330	1,304	268	1,250	0	3,753	1,250	0	2,457	0	347,763	347,763	△ 2,498	△ 211,963
42					0	0	135,800	4,960	330	1,341	272	1,250	0	3,794	1,250	0	2,416	0	350,220	350,220	△ 2,457	△ 214,420
					0	0	135,800	99,200	6,600	19,050	12,020	4,520	25,000	0	67,190	25,000	0	32,010	350,220	△ 32,010	△ 214,420	小計
					135,800	135,800	469,600	13,200	38,100	24,040	9,040	122,000	38,800	0	245,180	122,000	38,800	350,220	350,220	△ 214,420	△ 214,420	合計

(4) 廃棄等に係る費用の検討

基本的に発電機器は、維持管理し継続使用するものとする。ただし、発電機器や導水管路が故障し、廃棄した場合について検討する。

建設副産物の処理場は、本ダムより最も近く受入対象等の指定に問題のない茨城県笠間市福田 165 番 1「エコフロンティアかさま」とする。(建設物価 P882：建設物価調査会)

本ダム～処理場までの運搬距離約 200km とする。



廃棄物	処理費	単位	備考
木くず	34,800	円/t	
金属くず	34,200	円/t	
がれき類	17,900	円/t	
コンクリート	17,900	円/t	

(建設物価 P882：建設物価調査会)

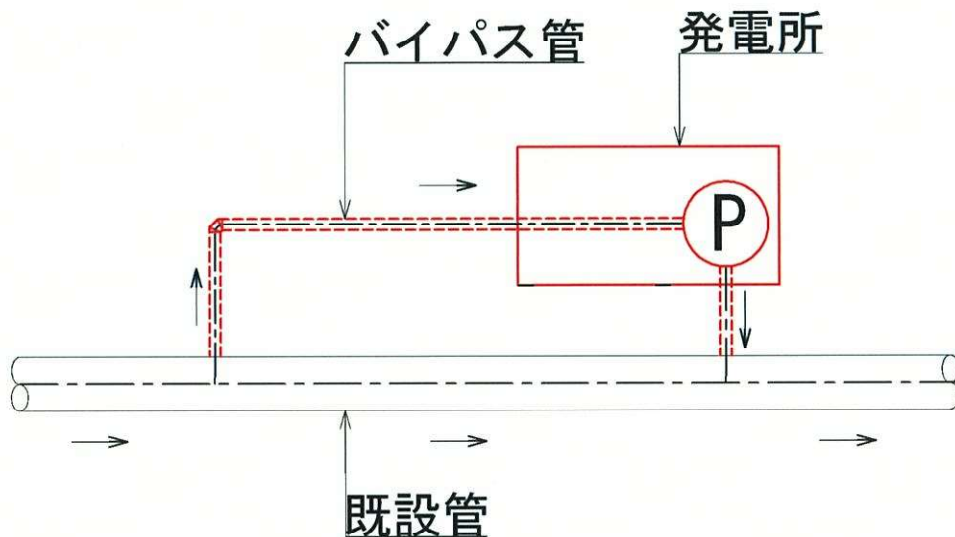
運搬費は、土木工事標準積算単価 P895 より仮設材 (鋼矢板、H 形鋼、敷鉄板等) の運搬を用いることとする。

運搬費は、200km : 5,980 円/t (土木工事標準積算単価 P895)

(5) 周辺環境の検討

1) 河川への影響

現況の水利用は、取水設備より取水し下流へと配水している。農業用水管は、農業用水と河川維持放流水を併用している。発電計画は、農業用水管からバイパス管を設置し発電所を經由し農業用水路の放水路へ放流する。発電所からの放流は、現況の水利用と同じ箇所へ放流するため河川への影響は下図の通り問題ない。



2) 発電機器による騒音の影響

発電所は、水車を地下に設置し建屋を建設するため騒音を軽減できる。外部への騒音対策は、建築構造物による遮音が考えられる。その他の対策としては、誘導機や増速機を採用する場合に防音カバーをつける等がある。詳細設計時に防音対策を考慮することが望ましい。また発電所の周辺は、民家も離れており騒音の問題はない。

3) 周辺環境への配慮

発電所の建設に必要な仮設道路は、ダムへの既設道を利用できるため新たに建設する必要はない。発電所の用地は、ダムの用地内と考えられるため建設に係る影響は少ないと考えられる。発電所の景観は、詳細設計時に色彩や屋根形式に配慮することが望ましい。