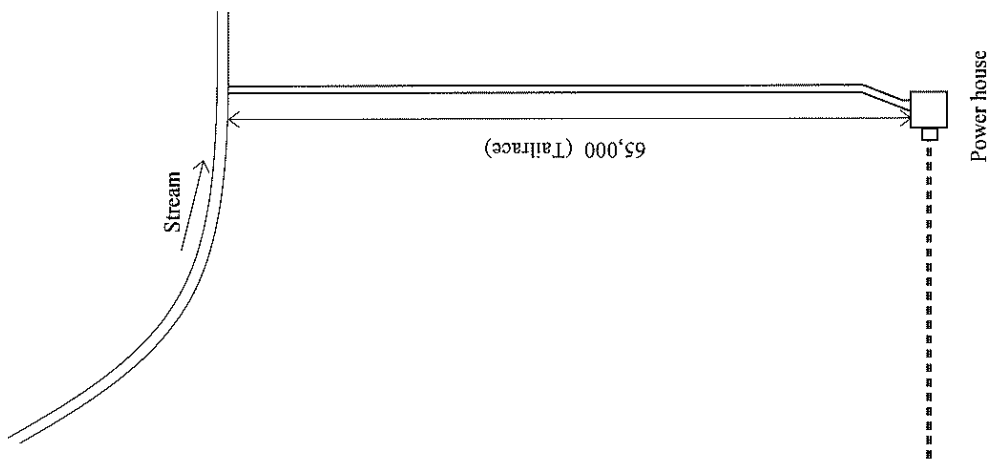
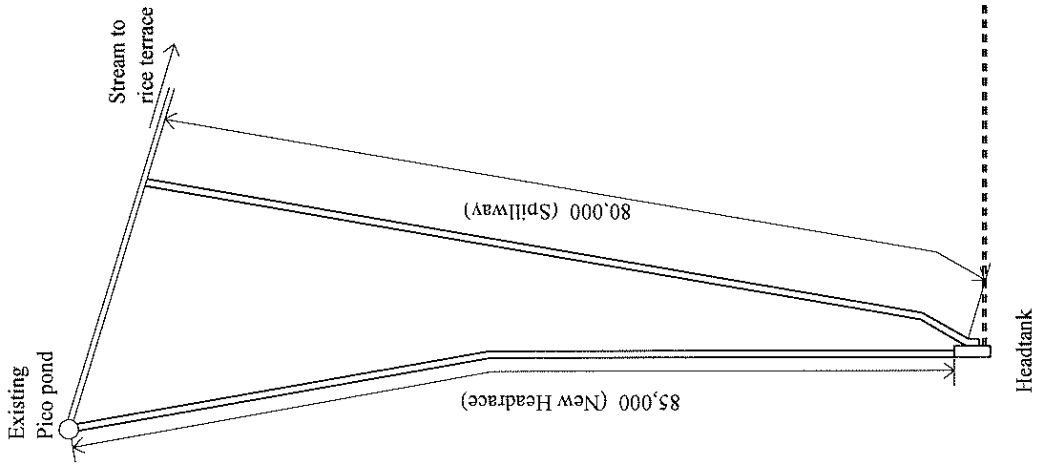


## 參考資料

# Diagrams of Mai Theu Village Hydro

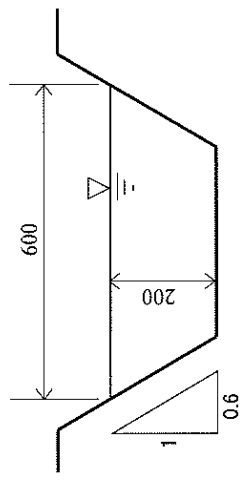
Follow-up Study to Renewable Energy Master Plan  
in the Northern Part of the Socialist Republic of Vietnam  
(JICA)

Channel & Penstock Layout  
(S=1:500)

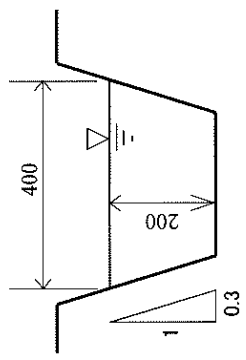


L=180,000 (Penstock)

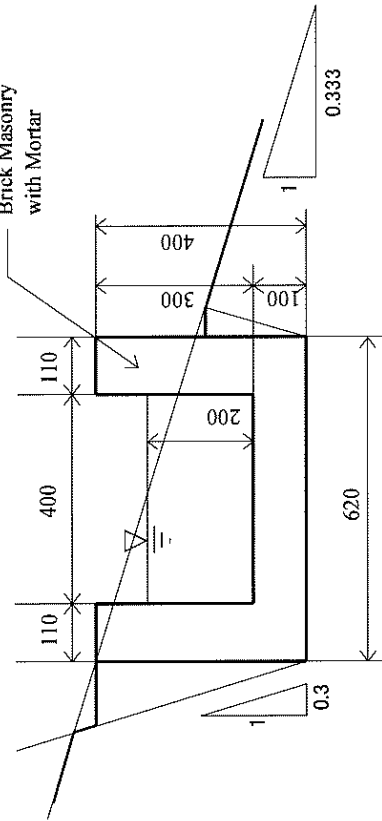
Existing Channel improving  
 $i=1/500$   
 $(S=1:10)$



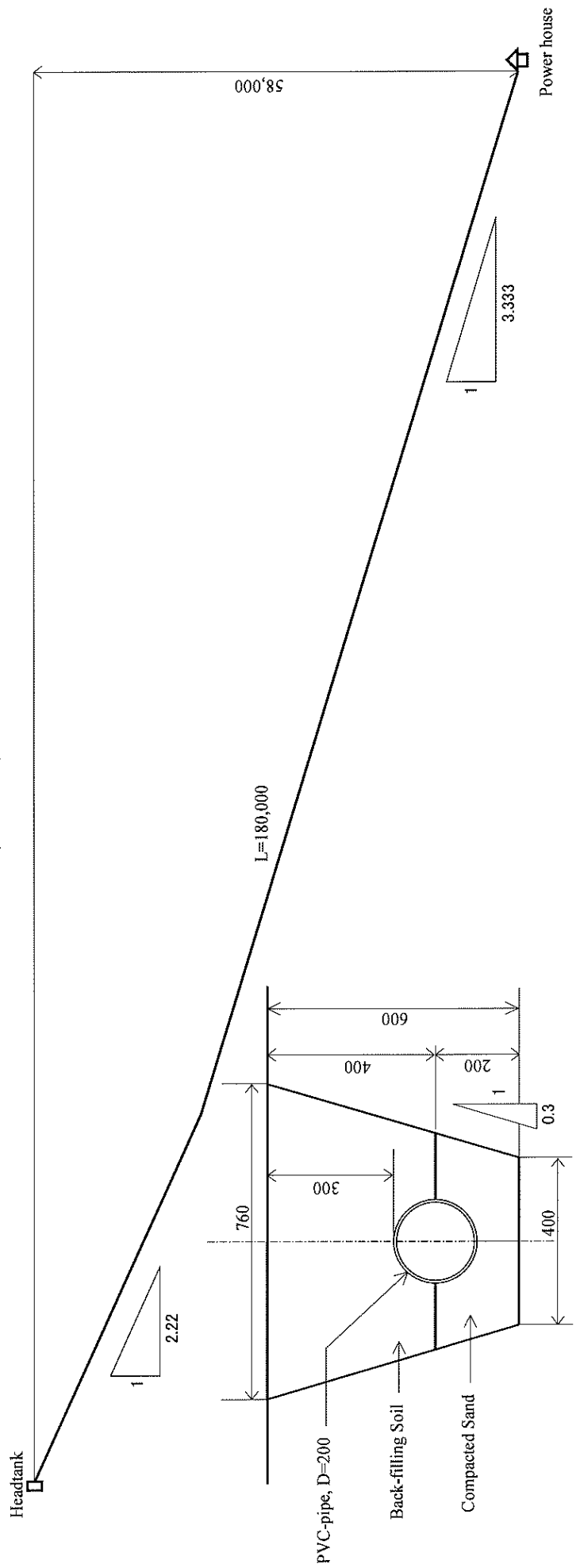
Existing Channel improving  
 $i=1/250$



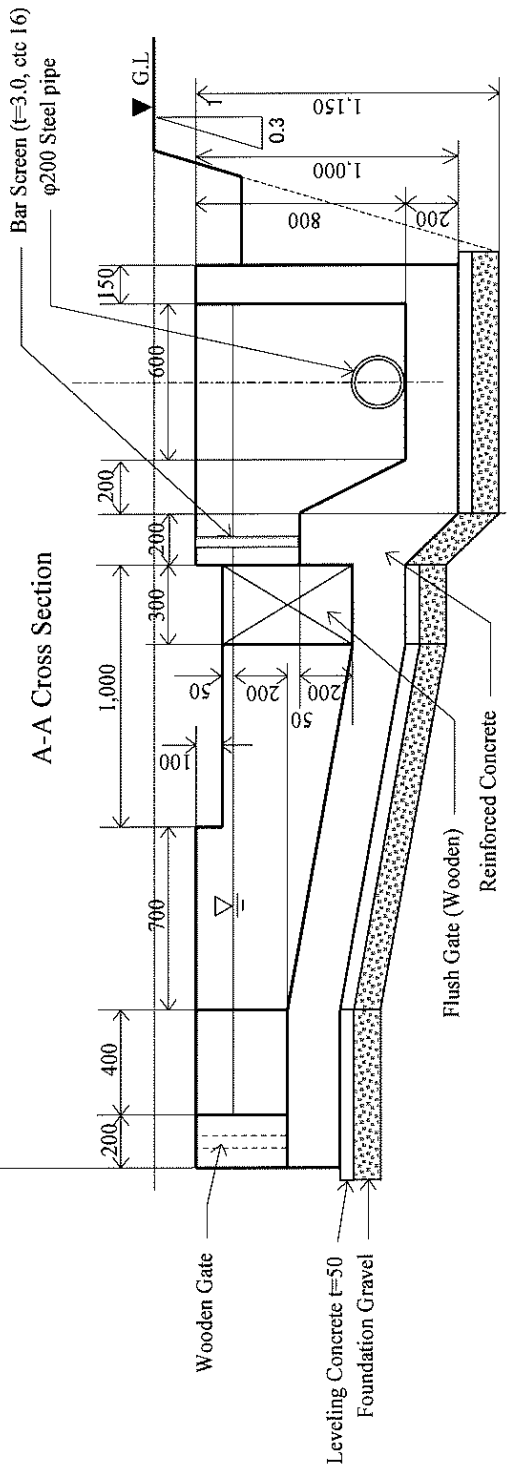
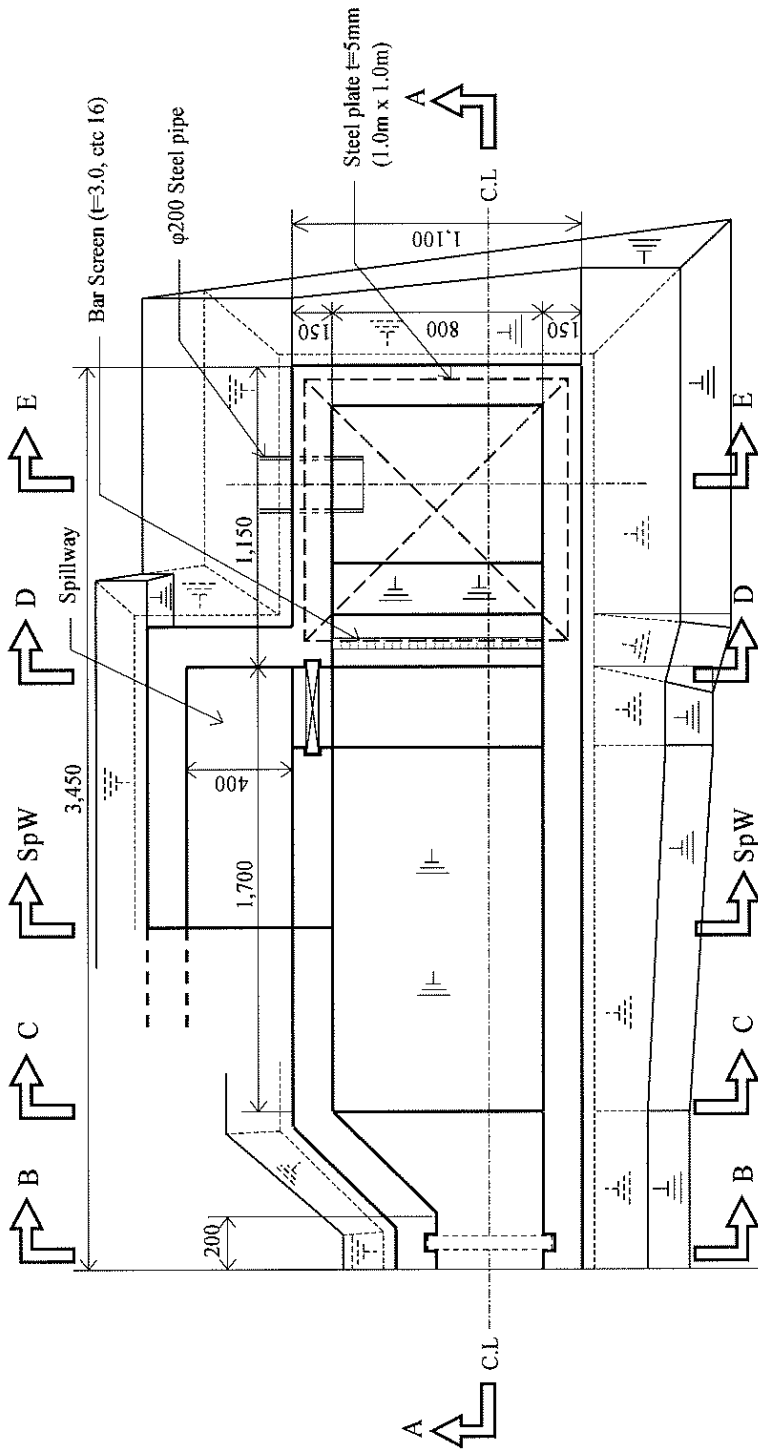
New Channel  
 $i=1/250$   
 $(S=1:10)$



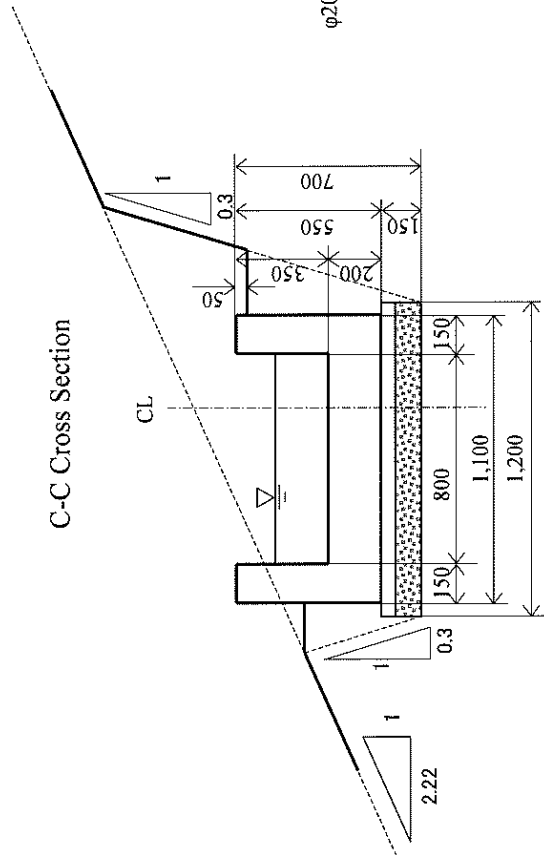
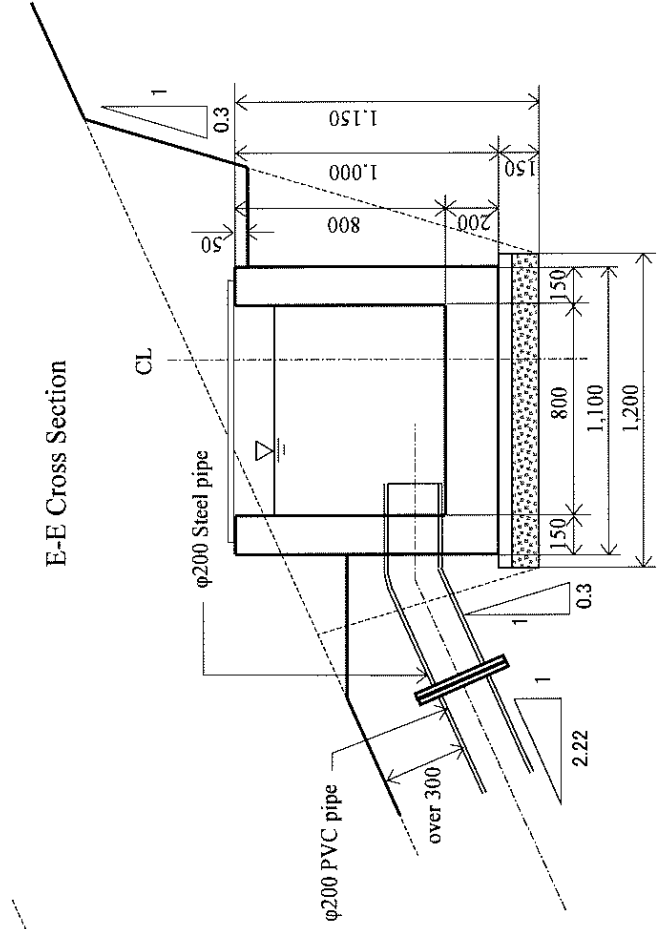
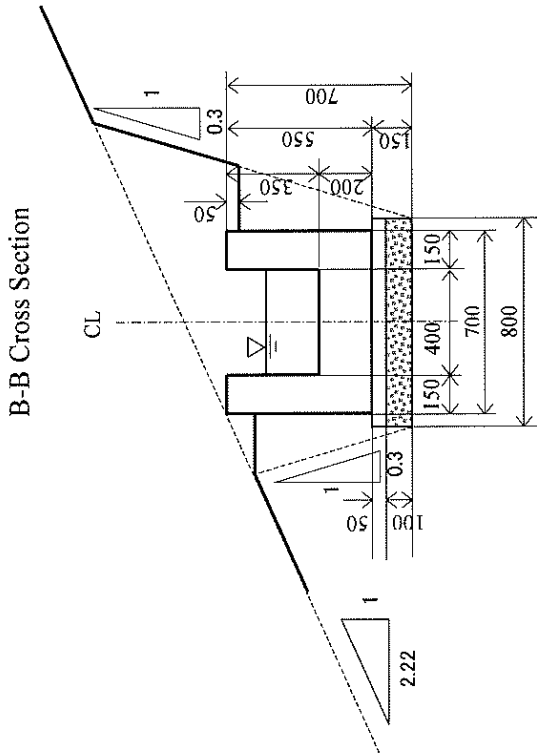
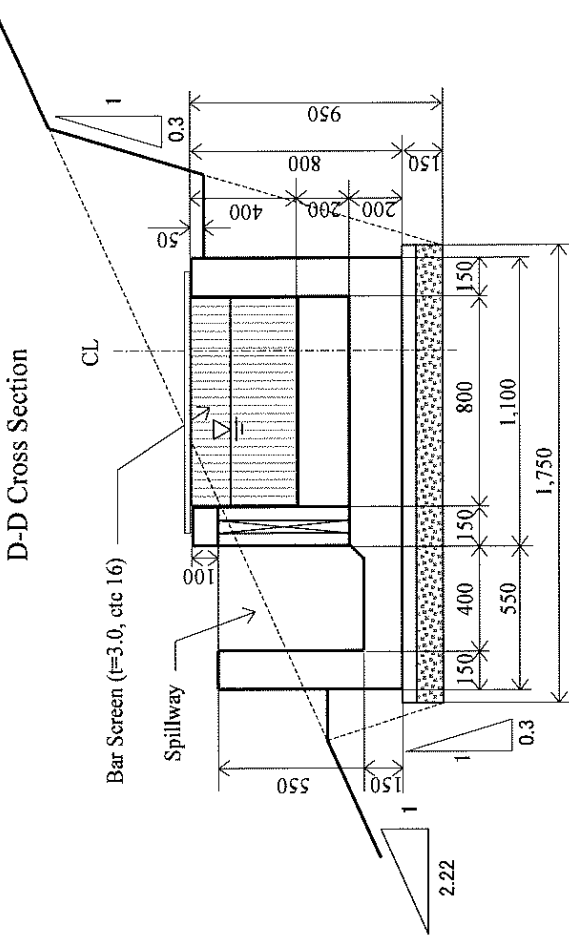
Penstock  
 $(S=1:500)$



**Head Tank - 1/2**  
(S=1:20)

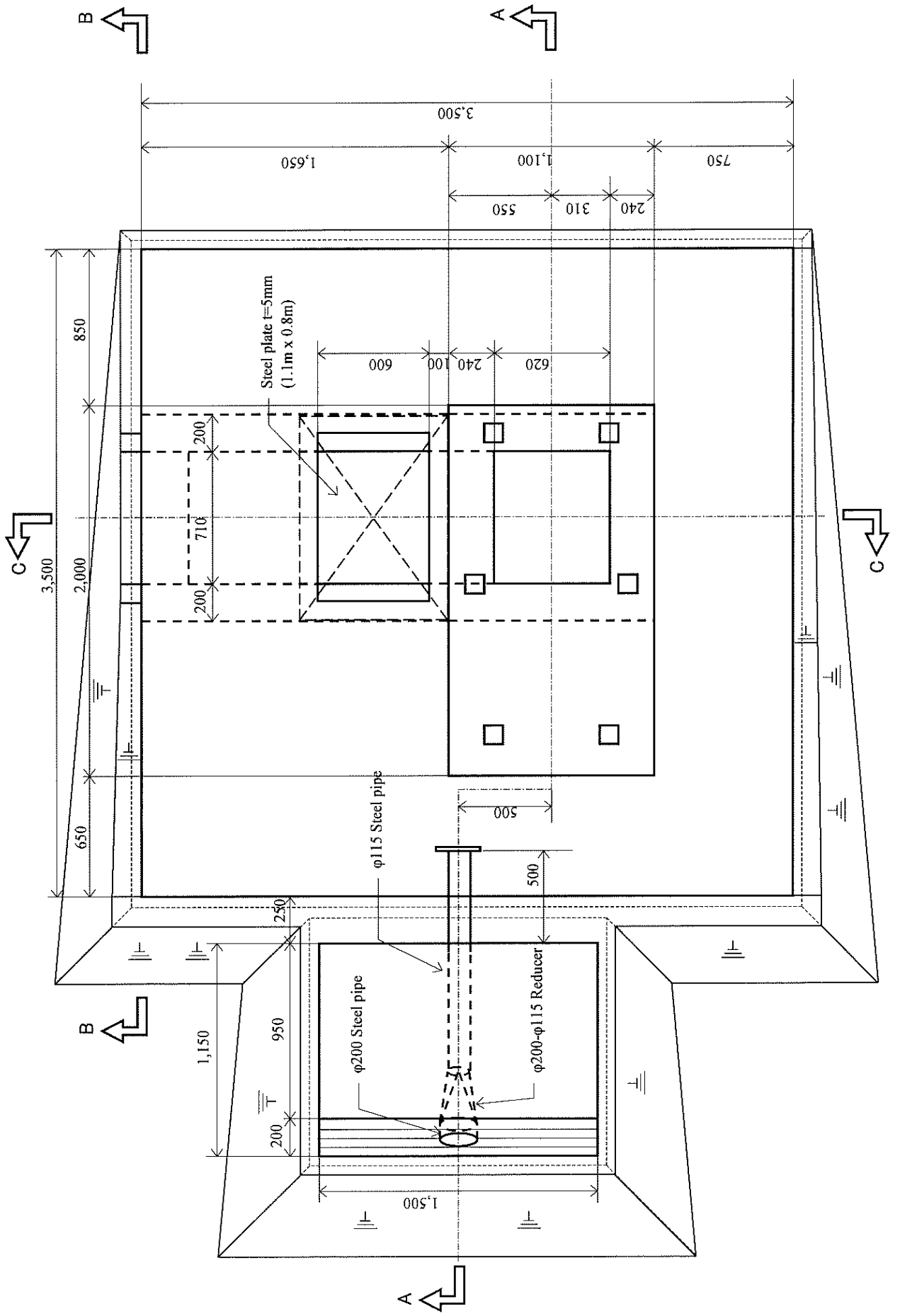


Head Tank - 2/2  
(S=1:20)

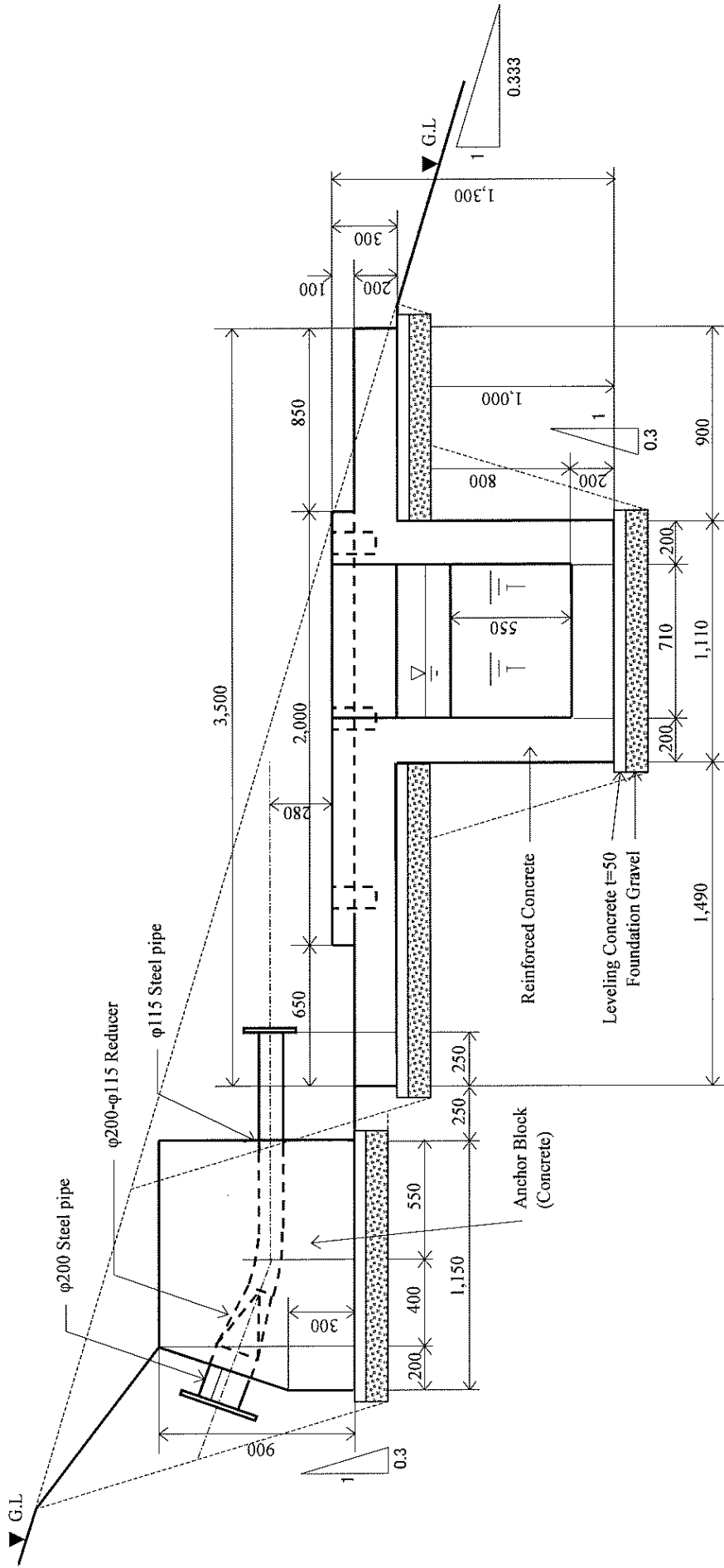


# Powerhouse Foundation - 1/2

(S=1:20)

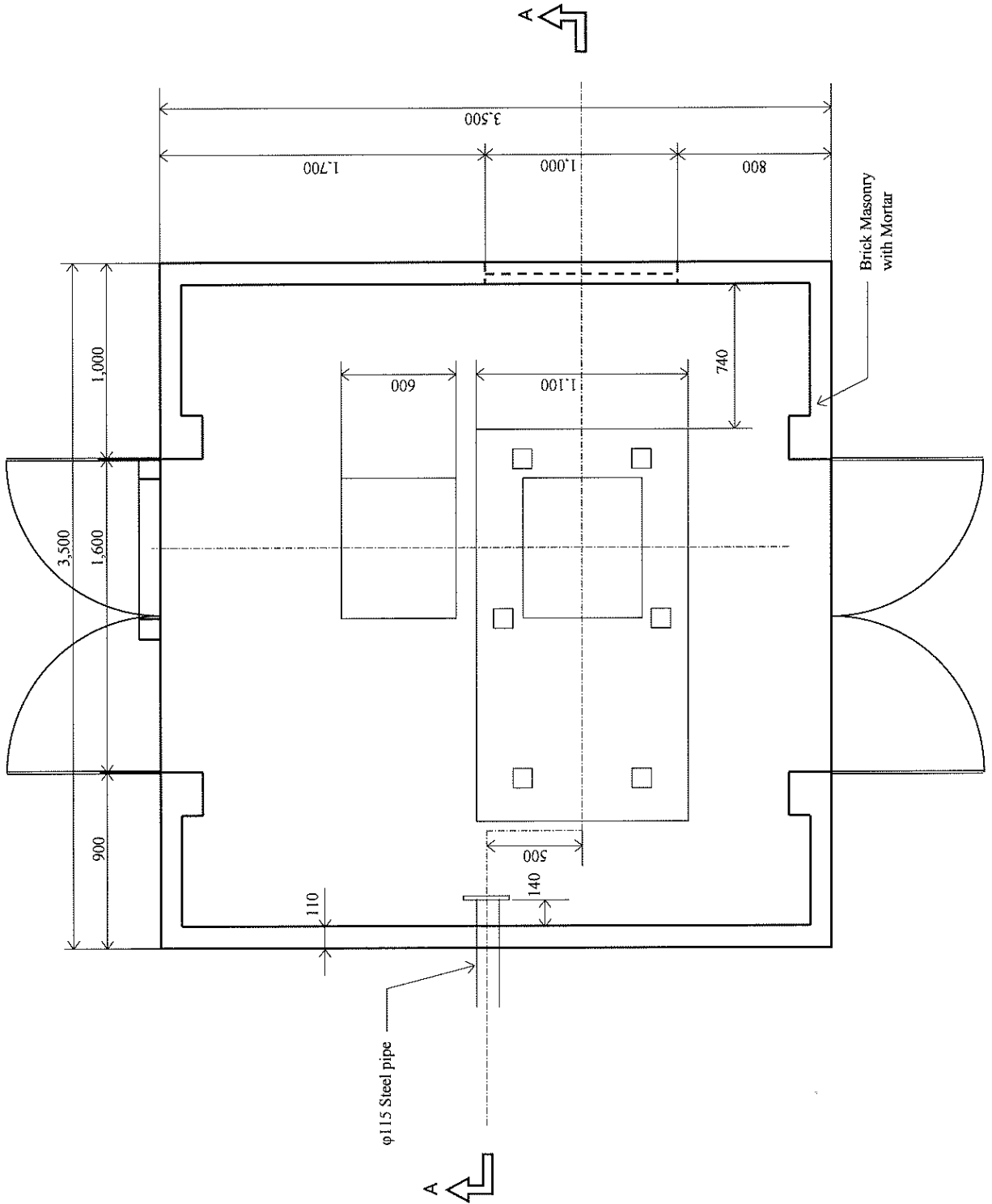


**Powerhouse Foundation - 2/2**  
**A-A Cross Section (S=1:20)**

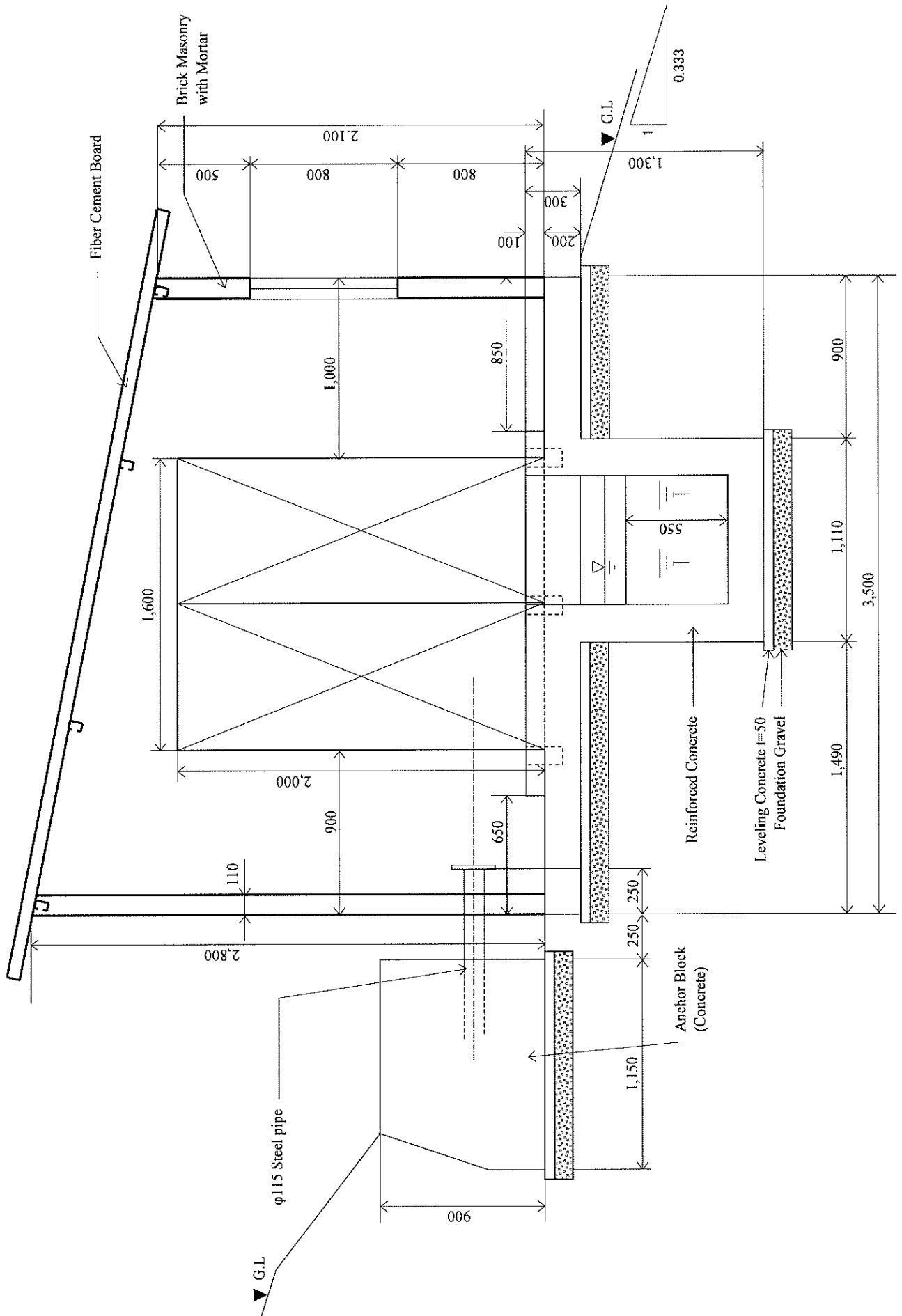




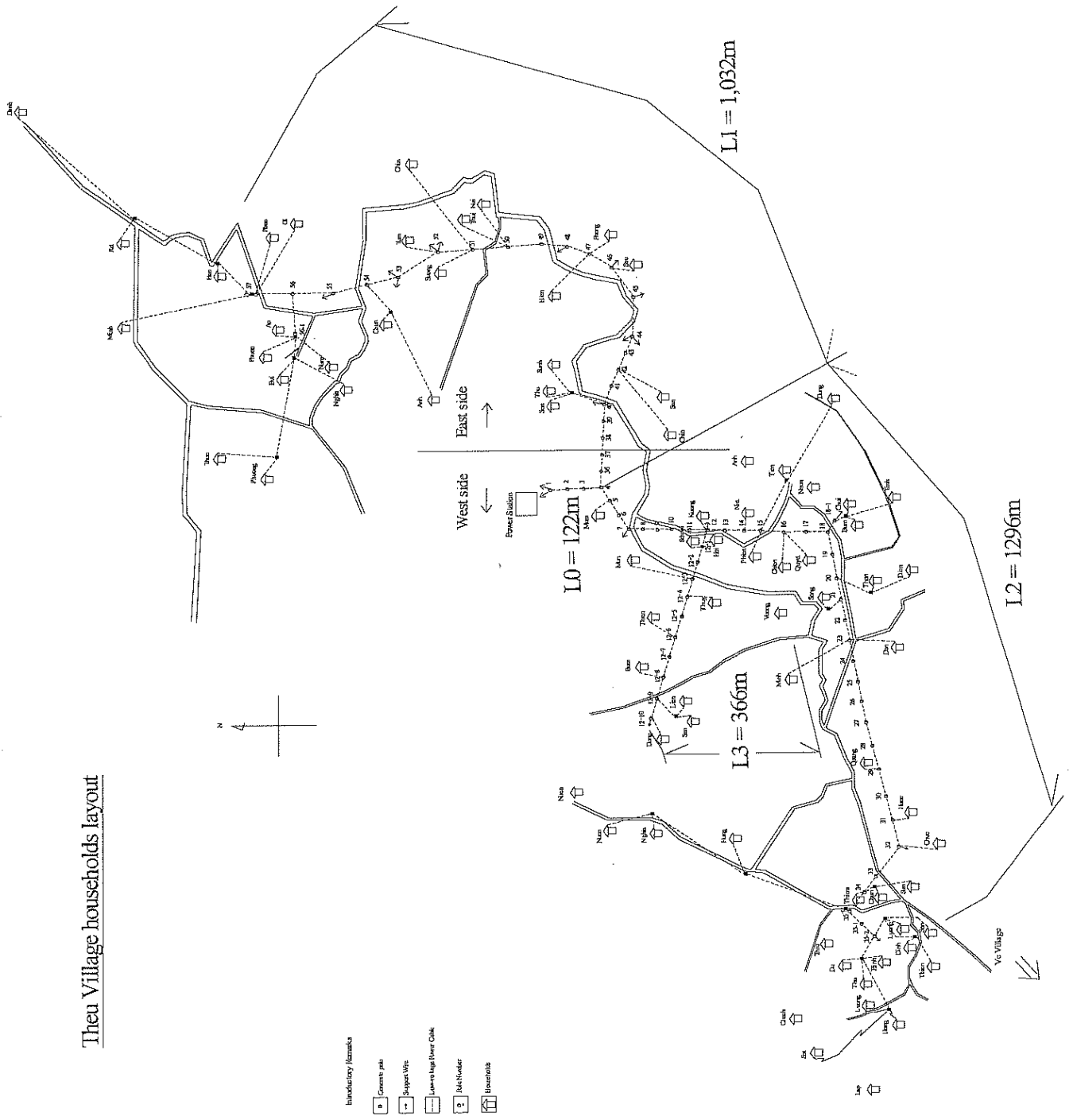
Power House - 1/2  
(S=1:20)



Power House - 2/2  
 A-A Cross Section (S=1:20)

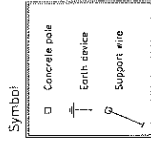
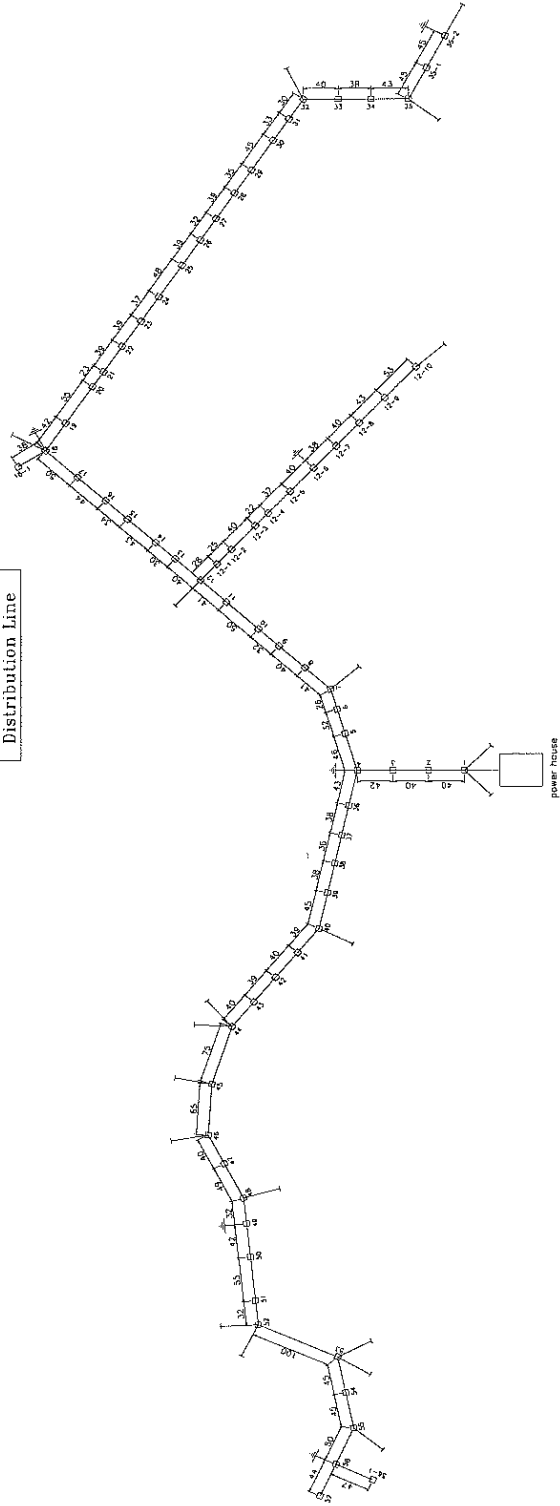


Theu Village households layout

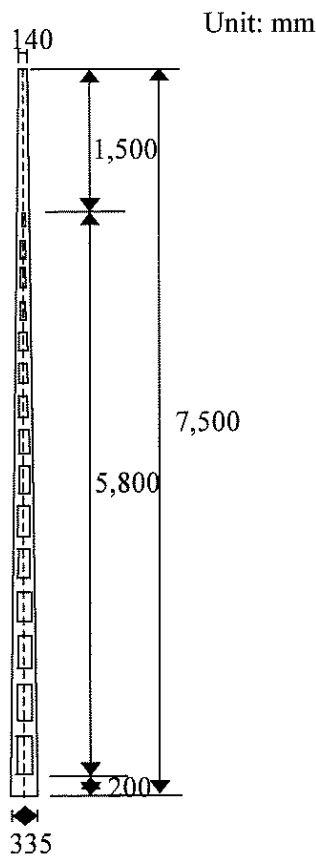


- Boundary / Namaka
- Concrete path
  - Support Well
  - Water Tap / Water Cistern
  - Latrine
  - Borehole

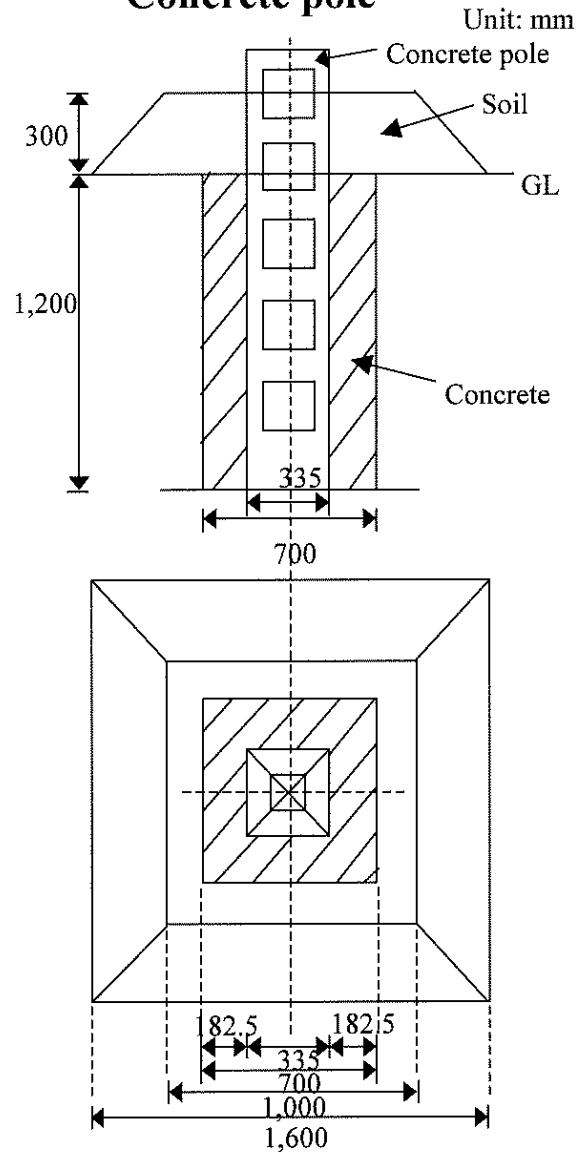
Distribution Line



### Low-voltage Concrete

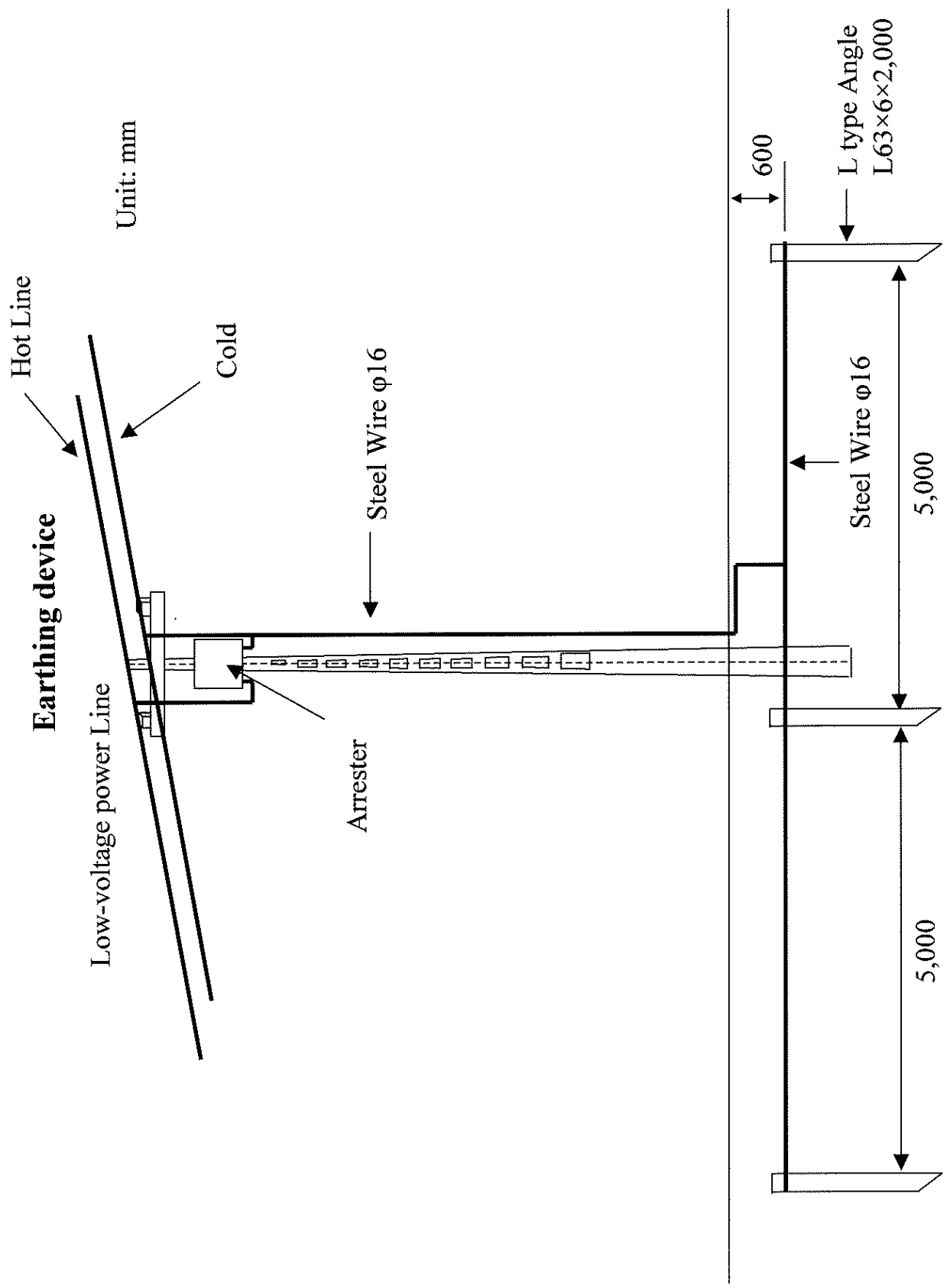


### Concrete pole



Specification of Concrete pole

Item	H7.5B	H7.5C
Type	H7.5B	H7.5C
Length (m)	7.5	7.5
Top size (Vertical×Horizontal) (m)	0.14×0.14	0.14×0.14
Bottom size (Vertical×Horizontal) (m)	0.24×0.34	0.24×0.34
Design load (kgf)	150	150
Breaking load (kgf)	380	440
Concrete volume (m <sup>3</sup> )	0.24	0.24
Concrete weight (kg)	480	480
Reinforcing bar weight (kg)	55.86	59.28
Total weight (kg)	535.86	539.28



オフグリッドマイクロ水力  
地方電化マニュアル

計画・技術者用 設計・施工編





## 目 次

<b>1. Village Hydro の標準仕様</b> .....	<b>1</b>
(1) 基本思想 .....	1
(2) モデルプランの標準仕様 .....	2
<b>2. 地点調査</b> .....	<b>3</b>
2-1. 作業フロー .....	3
2-2. 地点調査 .....	6
(1) 水力ポテンシャル調査 .....	6
a. 流量の調査 .....	6
b. 落差の測定 .....	8
c. その他の調査事項 .....	10
(2) 村落基礎データ .....	10
a. 既設グリッドの状況およびグリッド拡張計画 .....	10
b. 村落へのアクセス .....	10
c. 世帯数および家屋配置 .....	10
d. その他の調査事項 .....	11
(3) 村落概況図の作成 .....	11
2-3. 電化基本計画の検討 .....	12
(1) 電化範囲 .....	14
(2) 概略設計 .....	14
<b>3. 設計</b> .....	<b>15</b>
3-1. 作業フロー .....	15
3-2. 設計 .....	16
(1) 土木設備 .....	17
a. 取水堰と取水口 .....	17
b. 沈砂池 .....	20
c. 調整池 .....	22
d. 導水路 .....	23
e. 水槽 .....	25
f. 水圧管路 .....	29
g. 発電所 .....	32
h. 放水路 .....	35
(2) 電気機械設備 .....	36
a. 入口弁 .....	37
b. 水車 .....	37

c.	発電機 .....	39
d.	调速機（ガバナ） .....	43
e.	運転制御・保護継電器装置 .....	45
(3)	配電設備 .....	47
a.	基本事項 .....	47
b.	配電方式 .....	47
c.	配電線ルート .....	48
d.	基本仕様 .....	48
(4)	概算事業費用積算 .....	56
<b>4.</b>	<b>施工</b> .....	<b>57</b>
(1)	工程計画 .....	57
(2)	施工管理 .....	57
(3)	安全管理 .....	58
(4)	品質管理 .....	58
(5)	住民への対応 .....	59

## はじめに

ベトナムではグリッド網の拡張を進めているが、まだ未電化のまま取り残されている村も多い。こういった未電化村落における電化への要望は非常に大きい。道路や灌漑用水路、学校などが整備されれば、次は電化を進めたいというのが共通の心情であろう。しかし、グリッドの延長によらず電化を行う方法についてはこれまで詳しく解説したハンドブックがなく、それが開発を停滞させる原因になっていた。

本マニュアルはベトナムにおけるマイクロ水力発電におけるオフグリッド地方電化を推進するため、マイクロ水力発電所を建設して村落単位の電化を行う方法を解説している。これを **Village Hydro** と名付けている。本マニュアルが対象としているのは地方人民委員会工業局をはじめとする計画プランナーであり、彼らが電化事業実施の流れを理解し、また地点調査、電化計画作成、設備設計、施工監理などの作業を行う場合の要点を示した手引書として利用できるよう、作成されたものである。



## 1. Village Hydroの標準仕様

### (1) 基本思想

Village Hydro は地理的・経済的条件により一般の電力系統（グリッド）の整備が遅延している地域の電化を目的とした、マイクロ水力発電によるオフグリッド電化システムである。Village Hydro は未電化地域でグリッドが延長されるまでの間の電化に用いられるシステムと位置付けられる。電化の初期段階であるので想定される需要は電灯、テレビなどわずかである。グリッド電化と大きく異なる点は、住民自らが日常の運転／維持管理を実施しなければならないことである。したがって、Village Hydro による電化が普及・持続するためには、機器の運転操作が容易かつ安全であり、村民自身による長期的な設備の維持管理が可能であることが技術面での最優先事項となる。このため、Village Hydro の基本的な考え方として、以下のポイントが重要となる。

- ① 設備の大型化を避け、電力供給範囲を限定した簡素なシステムとする。
- ② 運転や維持管理の容易さを優先した設計とする。
- ③ 既存の灌漑設備を改修して利用するなど在来技術を活用する。
- ④ 資機材はベトナム国内で調達可能なものとする。
- ⑤ 設備、仕様の標準化を進める。

このような基本思想に基づいて計画、設計、建設を行えば、結果的に建設費用や運転費用のコストダウンにつながる。もちろん、住民による維持管理はすぐにできるようになるものではなく、相当の期間を使った十分なトレーニングの実施によって初めて可能になるものである。この点を忘れてはならない。

単独運転となる Village Hydro には、河川流量が減少する乾季における運転をどのように安定的に行うかという難しさがある。乾季における発電所の運用について、計画段階から十分に検討を行うことが肝要である。

## (2) モデルプランの標準仕様

このような基本思想に基づく Village Hydro のシステム概念図を以下に示す。本マニュアルではここで示された各設備について、その計画や設計を行う場合の手法を解説している。

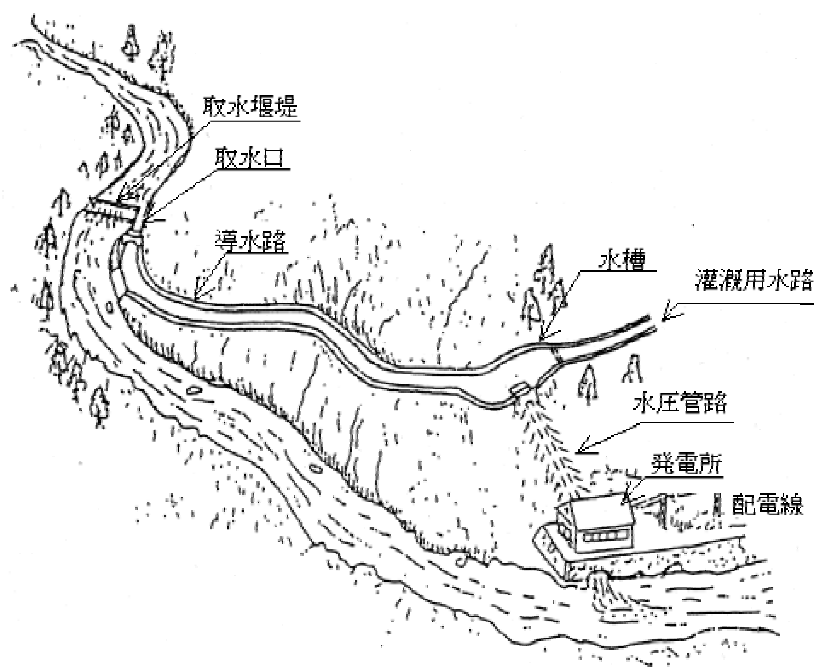
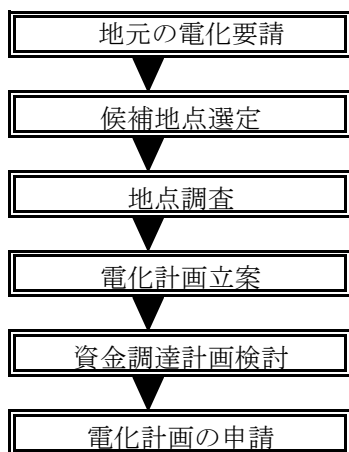


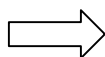
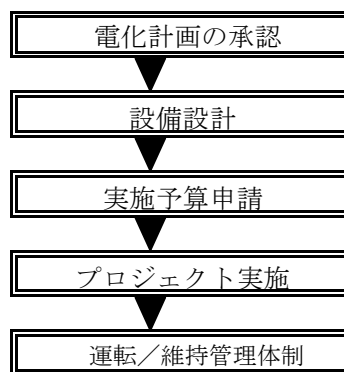
図 1-1 Village Hydro 概念図

Village Hydro の開発を行うためにはさまざまな作業が必要となる。第 1 段階としては地元  
の電化要請を受け、開発の基本計画を作成し、関係行政機関の承認を得て、開発資金を確  
保するまでの計画段階の作業がある。次に第 2 段階として開発プロジェクトが決定されて  
から、建設工事を実施し運転管理体制の確立を行うまでの事業化段階の作業がある。

### [ Step .1 計画段階 ]



### [ Step .2 事業実施段階 ]



## 2. 地点調査

### 2-1. 作業フロー

Village Hydro の計画段階における作業項目は以下の通りである。

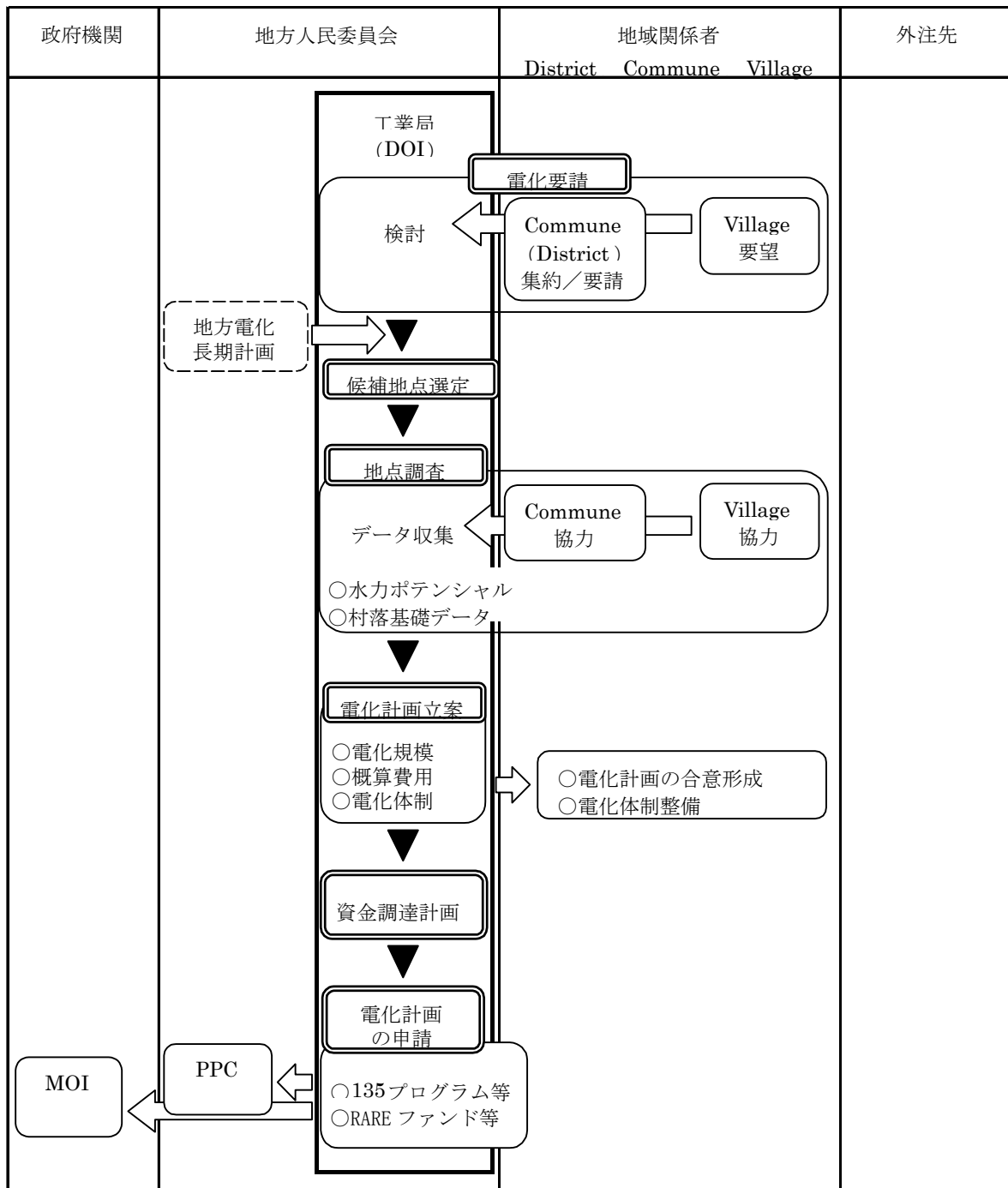


図 2-1 計画段階における作業項目および関係者の役割

### 〔1〕電化要望

各コミュニティは未電化村落からの Village Hydro による電化要望があった場合には、District を通じて工業局（DOI）へ電化を要請する。Village Hydro による電化が実施できるのは水力ポテンシャルが存在する村落であり、発電に必要な落差と流量が年間を通じて得られることが必要条件となる。このため、コミュニティとしても要請提出前に水力ポテンシャル（位置、地形、流況など）に関する情報を集めておくことは重要である。

### 〔2〕候補地点選定

DOI は各コミュニティからの電化要請を受け付けた場合、将来のグリッド電化計画と対比して、Village Hydro による電化候補地点とすべきか否か判断する。この場合、現在はグリッド延長の予定はないものの、グリッド電化の方が経済的に有利であると判断される地区は除外される。ただし、Village Hydro を恒久的な設備と考えず、グリッド電化の前の予備的電化手段と位置づけ、グリッド電化が5年以上先に計画されている地区を候補とするといった考え方も可能である。この場合、Village Hydro の配電設備はグリッドと接続された場合でも利用できるため、先行投資と考えればよい。

【注】山岳地域での中圧送電線延長のコストは約\$10,000/km、220V 低圧配電線延長のコストは約\$5,000/km であるのに対し、10kW クラスの Village Hydro の発電所建設費用(配電設備を除く)は\$10,000 程度である。

### 〔3〕地点調査

DOI は選定された候補地点に対して地点調査を実施して詳しいデータを収集する。この地点調査は電化計画立案のために実施するものであり、コミュニティ、村落等の地元関係者の協力を得ながら、水力ポテンシャルと村落基礎データの情報を収集する。

### 〔4〕基本計画立案

地点調査結果に基づき、DOI は次の内容を含む電化基本計画を立案し、これらの内容を盛り込んだ計画書を作成する。この計画書は資金計画の申請などに必要となる。

- ① 電化の規模 : 発電出力、電化設備諸元、電化世帯数など
- ② 概略設計 : 各設備の概略設計
- ③ 概算電化費用 : 概略設計に基づく建設費用積算
- ④ 電化後のマネジメント : 発電所の維持管理体制、電気料金の見直しなど

電化後のマネジメントは Village Hydro による電化を持続的に運営するうえで特に重要



である。したがって、計画段階から維持管理体制について地元関係者と話し合いを行っておくこと。

#### 〔5〕資金調達計画検討

計画作成後、優先度の高い地点から事業を進める必要がある。このためには、Village Hydro の建設資金の確保方策をまず検討しなければならない。Village Hydro については、ベトナム地方部でのインフラ整備対策予算として有名な「135 プログラム」のほか、世銀などの援助機関による助成金等も利用可能である。各種資金スキームの条件を比較検討して、最も適した資金調達方法を立案する。また、住民が建設資金の一部を負担する必要がある場合には、その点について地元関係者と話し合いを行っておくこと。

## 2-2. 地点調査

Village Hydro は開発規模が小さいが、電源開発計画と電力供給計画を総合的に検討する必要があり、開発の第一歩となる地点調査では Village Hydro による電化計画の立案に必要な基礎的情報、すなわち、流量、落差などの水力ポテンシャルの状況と、村落内の家屋数やその配置、住民の経済状況、灌漑用水利用状況などの村落基礎データについても調査する必要がある。(表 2-1 参照) この段階では高い精度で調査・検討を行うことは考えず、最低限必要な内容を調査し、以降の調査、検討により電化計画の精度を段階的に向上させていけばよい。

表 2-1 地点調査項目一覧表

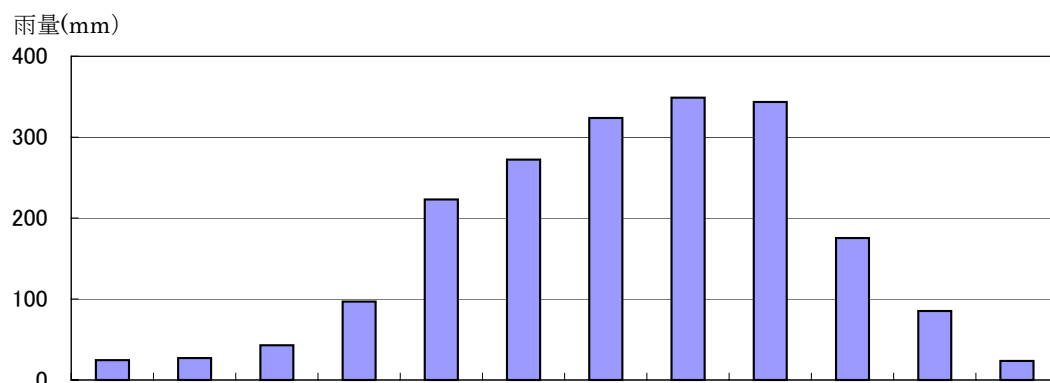
調査項目	調査内容
(1) 水力ポテンシャル	
a. 流量	特に乾季流量が重要
b. 水路ルート	取水位置、取水方法、導水路ルート
c. 水槽、発電所予定地	位置、地盤の状況
d. 落差	水槽予定地と発電所予定地間の標高差
e. 既存灌漑設備	位置および使用状況
f. 既往洪水位	発電所予定地等との位置関係
(2) 村落基礎データ	
a. グリッドの現状と拡張計画	拡張計画の有無、既設グリッドとの離隔
b. 村落へのアクセス	車両通行の可否
c. 世帯数および家屋配置	
d. 村落の組織体制および現金収入	
e. ピコハイドロやバッテリーの普及状況	
f. 住民の電化要望の強さ	

### (1) 水力ポテンシャル調査

#### a. 流量の調査

##### ① 使用水量の考え方

ベトナム北部では雨季と乾季の降水量が大きく異なり、河川流量も大きく変動する。Village Hydro はオフグリッド電源であり、年間を通じて供給地域の電力需要を満足させるためには、流量が少ない乾季流量に基づき最大使用水量を設定することが望ましい。ただし、集水面積が小さい山岳地域では乾季流量も小さいため、乾季には十分な発電出力を確保できないことを前提に計画を作成せざるを得ない場合が多い。この場合に乾季における出力増加や供給制限措置を検討する必要がある。参考として Hoa Binh 省 Lac Son 郡における月毎の雨量を図 2-2 に示す。



季節	乾季				雨季						乾季		計
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
雨量	24.5	27.0	43.1	97.1	223.2	272.5	323.6	348.5	343.3	175.4	85.3	23.3	1,986.8
灌漑	無				有						無		

注：IE 提供気象データを基に調査団が作成

図 2-2 Hoa Binh 省 Lac Son 郡における月毎の平均降水量

## ② 流量測定法

ベトナム北部は乾季と雨季での降水量の差が大きく、また Village Hydro による電化の対象となる山岳地域は集水面積が小さく、このため乾季流量が少ない。したがって、水力ポテンシャル調査では乾季流量（湧水量）を出来る限り正確に把握して乾季における電力供給の可能性を評価することが最も重要である。流量が少ない場合には、流れをせき止めてバケツなどで実際に計量し、毎秒当たりの流量（ $Q$ ；リットル/秒）を計算すれば正確な流量測定が可能である。（注：1000 リットル =  $1\text{m}^3$ ）



図 2-3 実測による流量測定法

このほか、灌漑水路などが既にある場合には、断面変化の少ない直線部分を測定区間に使って浮子を流して流量測定する方法がある。これは距離の明らかな二点間を浮子が流下するのに要する時間を計測して、この区間の平均表面流速を知ることにより流量を推定す

る方法である。表面流速( $V_s$ )から流下断面の平均流速( $V_{ave}$ )を求め、これに流下断面積( $A$ )を乗じて流量( $Q$ )を算出する。水中の流速は摩擦抵抗のため表面流速よりも遅くなっている。平均流速は表面流速の 60%と評価してよいが、水深が 50 cm 以上の場合には 80%とする。この測定法は水路断面が一定の灌漑水路などで流量を計測する場合には適しているが、自然河川では断面の計測が困難な場合が多い。この方法は誤差が出やすいので何回も計測を行って精度を高めることが必要である。

$$Q = V_{ave} \times A = 0.6 \text{ (または } 0.8) \times V_s \times A$$

ここで、 $Q$  : 流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )、 $A$  : 流下断面積 ( $\text{m}^2$ )

$V_s$  : 表面流速 ( $\text{m/s}$ )、 $V_{ave}$  : 平均流速 ( $\text{m/s}$ )

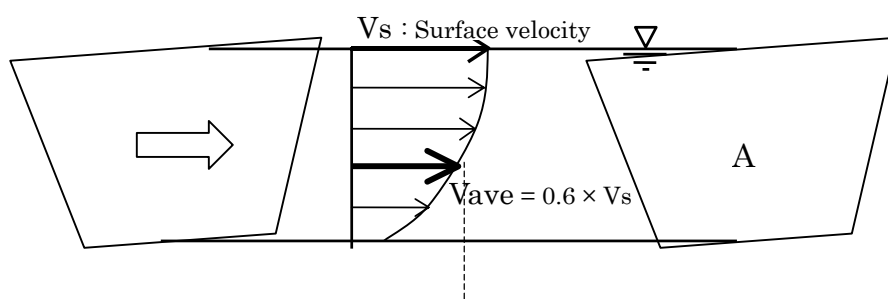


図 2-4 浮子法による流量測定法

#### b. 落差の測定

水槽予定地と発電所予定地との標高差を測定して落差を求める。ハンド・レベルを用いた現地簡易測量による方法が望ましいが (図 2-5)、落差があまり大きくない場合には、水準器を利用して水平を確認しながら二点間の標高差を順次計測する方法により、大まかな落差を簡易に計測できる。(図 2-6)

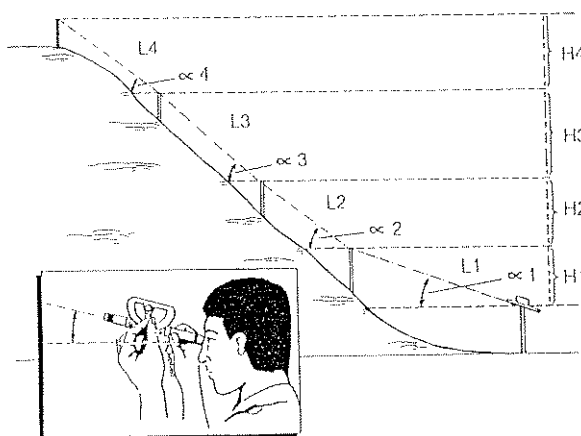


図 2-5 ハンドレベルによる落差測定法

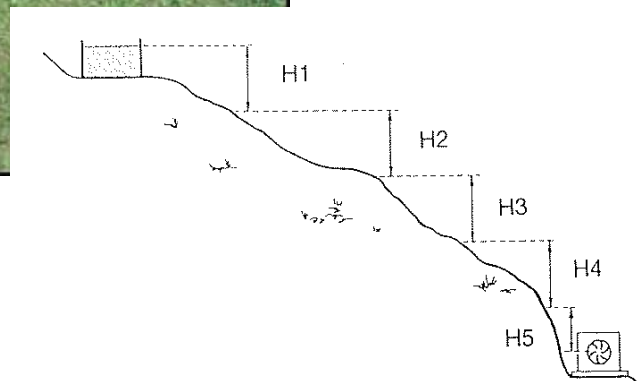
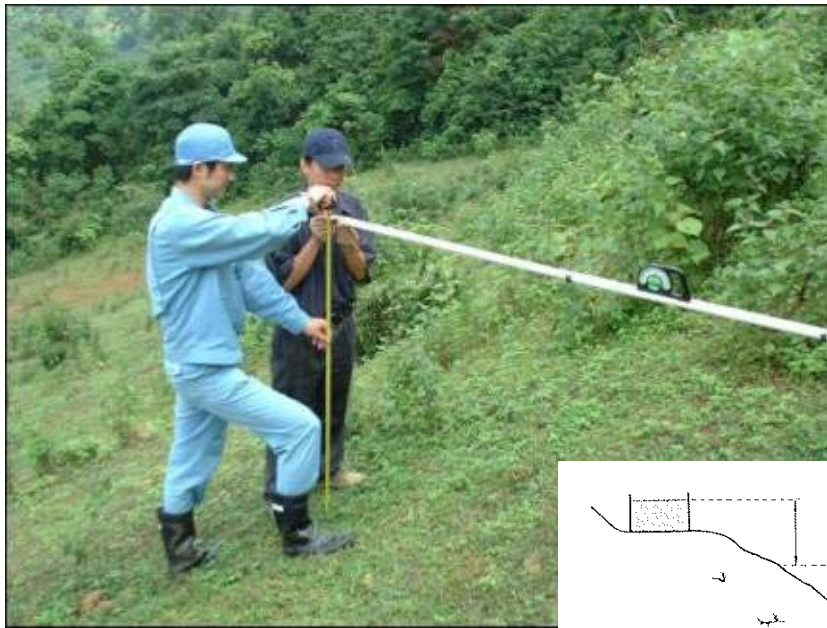


図 2-6 水準器による簡易落差測定法

このようにして流量 (Q) と落差(H)が測定できると以下の式により、発電出力(kW)が概算できる。

$$P=5 \times Q \times H$$

ここで、P：水力ポテンシャル(kW) = 発電出力

Q：使用水量 (m<sup>3</sup>/s)

H：落差 (m) = 水槽と発電所の標高差

計算例            水量    50 l/sec = 0.05 m<sup>3</sup>/sec  
                       落差    30m  
                       発電出力 = 5 × 0.05 × 30 = 7.5 kW

### c. その他の調査事項

#### ① 水路ルート

Village Hydro では取水量は少なく、河川からの取水方法は石積みなど住民が灌漑用水を取水する場合に用いる方法を基本とする。既に灌漑水路が建設されている場合にはその改修によって発電用水を取水する可能性について検討する。

#### ② 水槽位置と発電所位置

水槽と発電所は比較的平らな場所で地盤が固く安定している場所に設置する必要があり、適当と考えられる場所を探す。発電所位置は水槽と結ぶ水圧管路のルート、放水路で河川へ水に戻すルートを考慮し、建設工事が容易に実施できる場所としなければならない。

#### ③ 灌漑システムとの調整

水力ポテンシャル調査の基礎情報として既存の灌漑設備の位置およびその使用水量について情報収集する。Village Hydro は未電化村落にとっての生活基盤である灌漑設備を活用する 경우가多く、灌漑用水と発電用水の調整については十分に検討する必要がある。

#### ④ 既往洪水位

既往最高水位は発電設備を洪水被害から守るために確認すべき事項である。したがって、大まかな設備配置を想定したうえで、現地での聞き取り調査により、付近の河川におけるこれまでの最高水位を確認する。特に、発電所については雨季の洪水や地表水の被害を受けない場所を選定する必要がある。

## (2) 村落基礎データ

### a. 既設グリッドの状況およびグリッド拡張計画

Village Hydro の開発はグリッド拡張計画が無い村落が対象となる。グリッド延長事業との経済性比較のため、既存あるいは計画中のグリッドとの離隔や村落周辺の道路整備計画など、将来のグリッド拡張の可能性について確認する。

### b. 村落へのアクセス

山岳地域における工事では資機材の運搬方法により工程や建設費用が大きく変動するため、村落までの道路状況や通行できる車両といったアクセスに関する情報を入手する。

### c. 世帯数および家屋配置

世帯数は計画出力を検討する基礎データとなる。家屋が中心部に集中している村は配電設備費用を圧縮できる。低圧配電となる Village Hydro では送電できる範囲が限定されるため、村落の広がり状況を調査し、送電可能な範囲を検討することが必要である。対象村落をい

くつかの地区に分割し、それぞれの地区の住宅数や位置を歩測等により概略で把握する。

#### d. その他の調査事項

##### ① 村落の組織体制や現金収入

Village Hydro では村落の自主的な維持管理体制が必要であり、その検討のため既存の組織体制を調査する。また、現金収入や電化に伴う各世帯への引き込み費用に対する支払い能力などを調査し、電気使用申込み数や世帯需要を推定するための参考とする。

##### ② ピコ hidro やバッテリーの普及状況

未電化地域であってもピコ hidro はかなりの割合で普及し、電灯やテレビを利用している家庭が多い。また、小型バッテリーを電灯等に使用している事例もある。こういった電気製品の普及状況は電化後の電力需要を想定するうえでの貴重なデータとなる。

##### ③ 電化に対する住民のモチベーション

Village Hydro の維持管理は住民が主体となって行う。したがって、長期間にわたる持続的運営実現のため、住民はプロジェクト運営への強い意欲を有していることを確認する。

#### (3) 村落概況図の作成

Village Hydro は供給範囲に制限があり、電化基本計画は電力需要規模とその位置関係を想定しながら立案する。電化基本計画立案のための基礎資料として、村落内の世帯数や家屋配置、道路、灌漑設備などを村落状況図として整理する。(図 2-7)

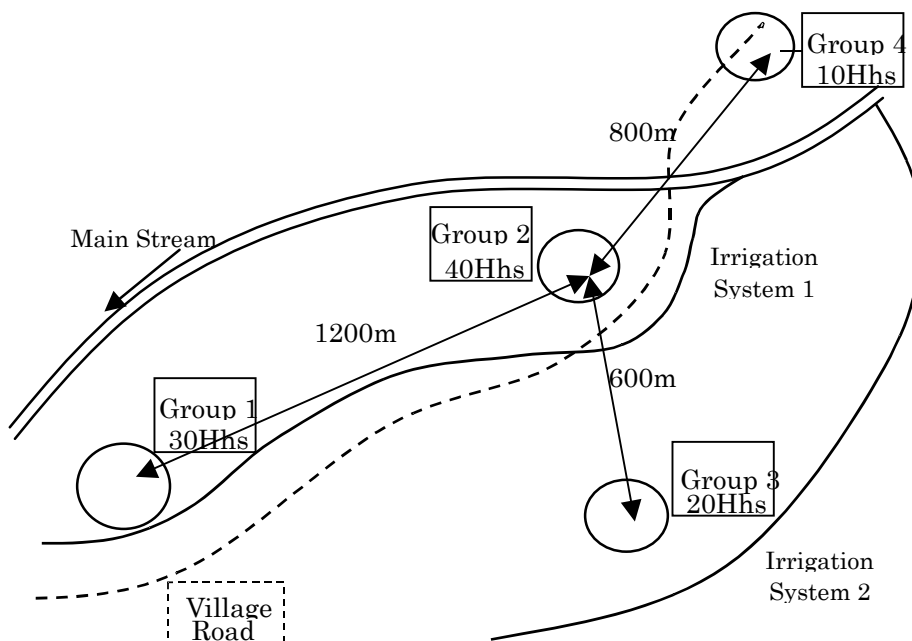


図 2-7 村落状況図の例

### 2-3. 電化基本計画の検討

電力需給バランスについて検討し、適正な発電出力を決定する。まず、乾季に利用できる最小流量をもとに発生可能な発電出力(=ベース出力:Pmin)を計算し、この値と供給対象世帯全体の電力需要を比較して発電出力が十分であるかどうかを評価する。

計算に用いる一世帯当たりの電力需要想定値(需要原単位)は 70W/世帯とする。これはテレビの利用者が多いと予想される場合に相当している。照明主体の需要である場合には 40W/世帯としてよい。このようにして計算した電力需要と発電出力を比較し、発電出力が上回っていればよい。

$$\underline{P_{\min}(\text{kW}) - \sum 0.07 \times n(\text{kW}) > 0, \text{または } P_{\min}(\text{kW}) - \sum 0.04 \times n(\text{kW}) > 0}$$

ここで、Pmin:ベース出力(乾季) (kW)、n;供給世帯数

計算例	水量	50 l/sec = 0.05 m <sup>3</sup> /sec
	落差	30m
	発電出力	= 5 × 0.05 × 30 = <u>7.5 kW</u>
	供給予定世帯数	100 戸
	電力需要	0.07(kW) × 100 = <u>7kW</u>
	発電出力－電力需要	7.5－7.0=0.5 > 0

このように、乾季流量で需要に対して十分な発電出力が確保できるサイトが理想であるが、ベトナムでは乾季に発電出力が不足するケースが多いことが予想される。この場合には以下のような対応策を検討しなければならない。

(出力増加対策)

- ・ 調整池を設置してピーク時間帯に水路へ放流
- ・ ディーゼル発電機などを併設

(需要抑制対策)

- ・ 白熱灯から蛍光灯への切り替え
- ・ ピーク時間帯の電気機器使用抑制
- ・ 地域的な計画停電
- ・ 一部地区を供給区域外とする

需要抑制対策については住民の同意が必要なものがあるため、住民集会を開催して了解を得ることが望ましい。



雨季は水量が多いため乾季のベース出力(Pmin)と比較して発電出力を増加できる。乾季において上記の対策を含めて電力供給が可能となった場合、次に雨季における最大出力(Pmax)を決定しなければならない。Village Hydro の設計はこの最大出力に基づいて行われる。しかし、最大出力がベース出力と比較して大きすぎるとベース出力時の発電効率が著しく低下し、乾季の発電所運転が難しくなる。目安として最大出力はベース出力の3倍以下とすべきである。

**$P_{max} \text{ (kW)} / P_{min} \text{ (kW)} < 3$**   
 ここで、 $P_{max}$ :最大出力(kW)、 $P_{min}$ :ベース出力(kW)

ベース出力、最大出力を含む電化基本計画立案の流れを図 2-8 に示す。

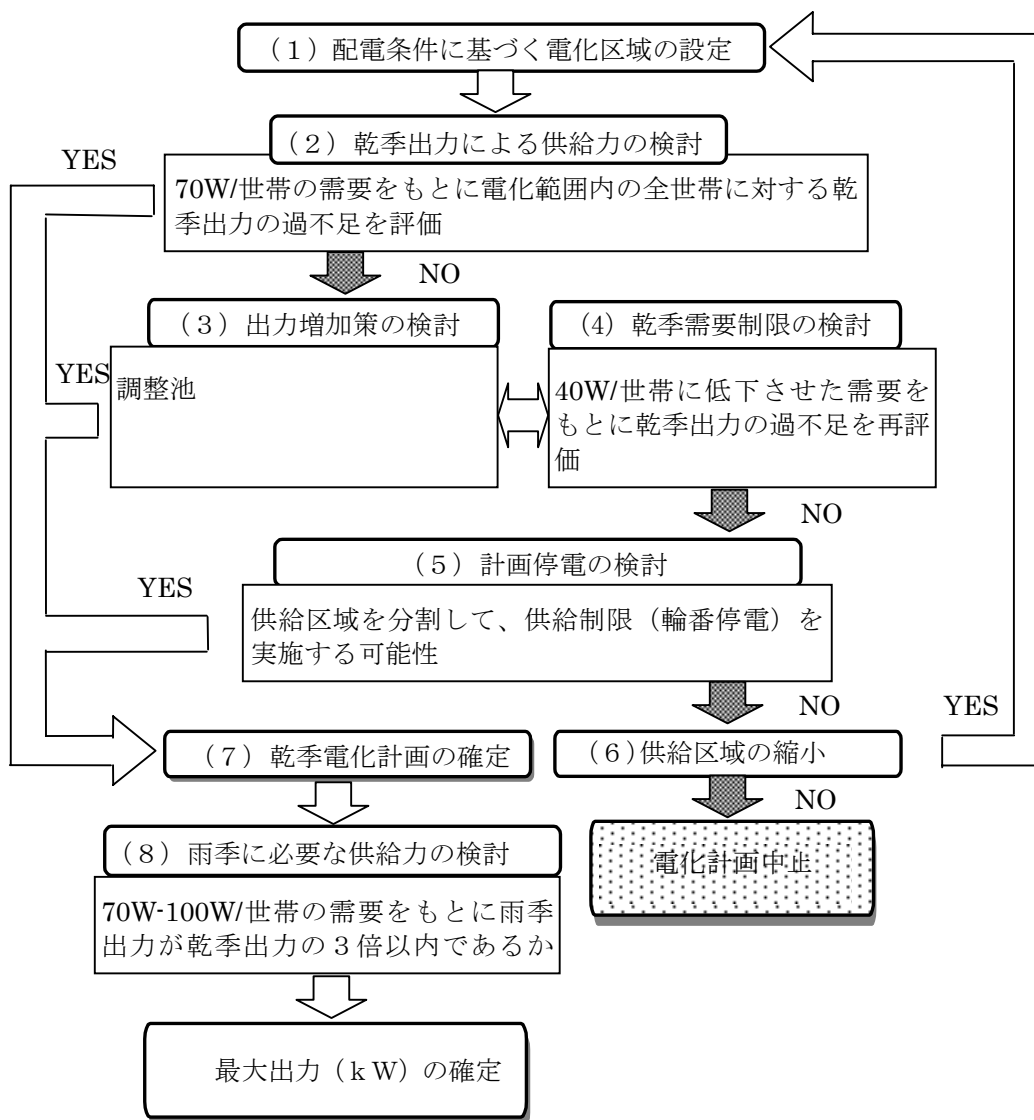


図 2-8 電化基本計画立案フロー

## (1) 電化範囲

Village Hydro は 220V の低圧配電を用いるため電圧降下が発生しやすく、配電できる距離が短い。出力 10 kW の場合で電源から半径 2km 程度と想定される。また、孤立した少数の世帯向けに長い配電線をひくことは経済的に困難である。このように電力供給範囲は発電出力に基づく供給可能世帯数や配電設備の電圧降下条件から制約を受ける。村落全体に供給できない場合があることについて住民によく説明しておくことが重要である。

例：以下の図に示すような世帯数 100 の村に Village Hydro を建設する場合、Group4 地区は配電線距離が長く、供給できない。ただし、Group4 地区はバッテリー充電によって電気を利用することは可能である。

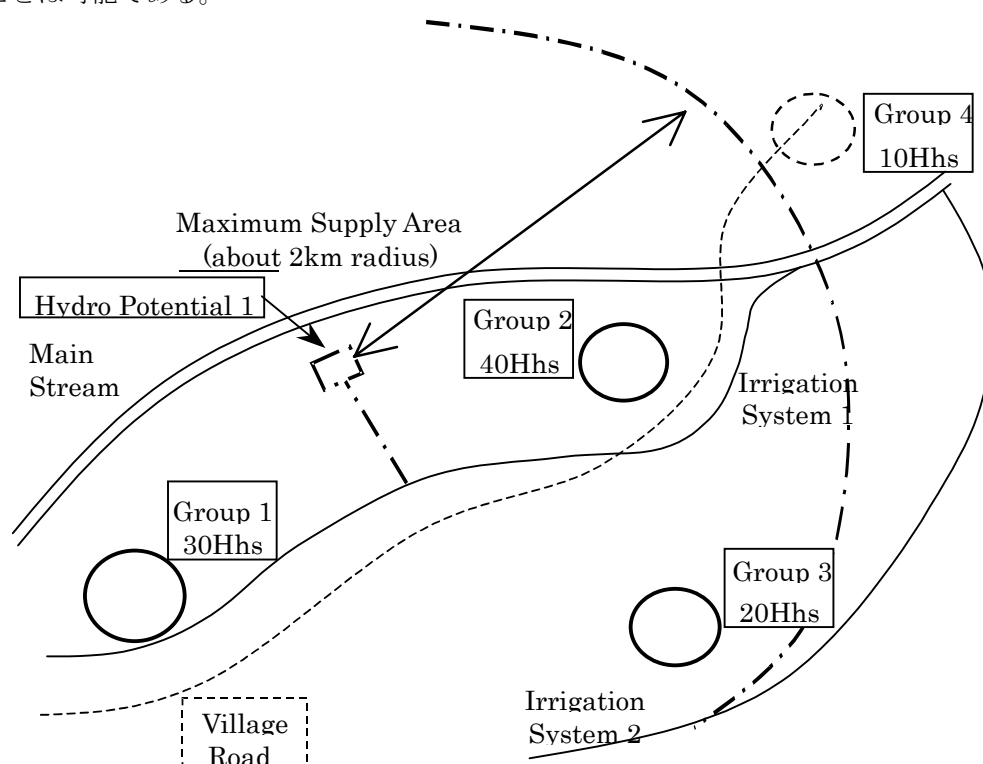


図 2-9 配電可能範囲の例

## (2) 概略設計

決定された最大出力や電化範囲をもとに Village Hydro 主要設備の概略配置と土木設備の規模や水車・発電機などの諸元を決定し、工事に必要な経費を概算する。設計方法は次章を参照のこと。

### 3. 設計

#### 3-1. 作業フロー

Village Hydroの基本計画が承認された後の電化事業実施段階における作業項目は以下の通りである。

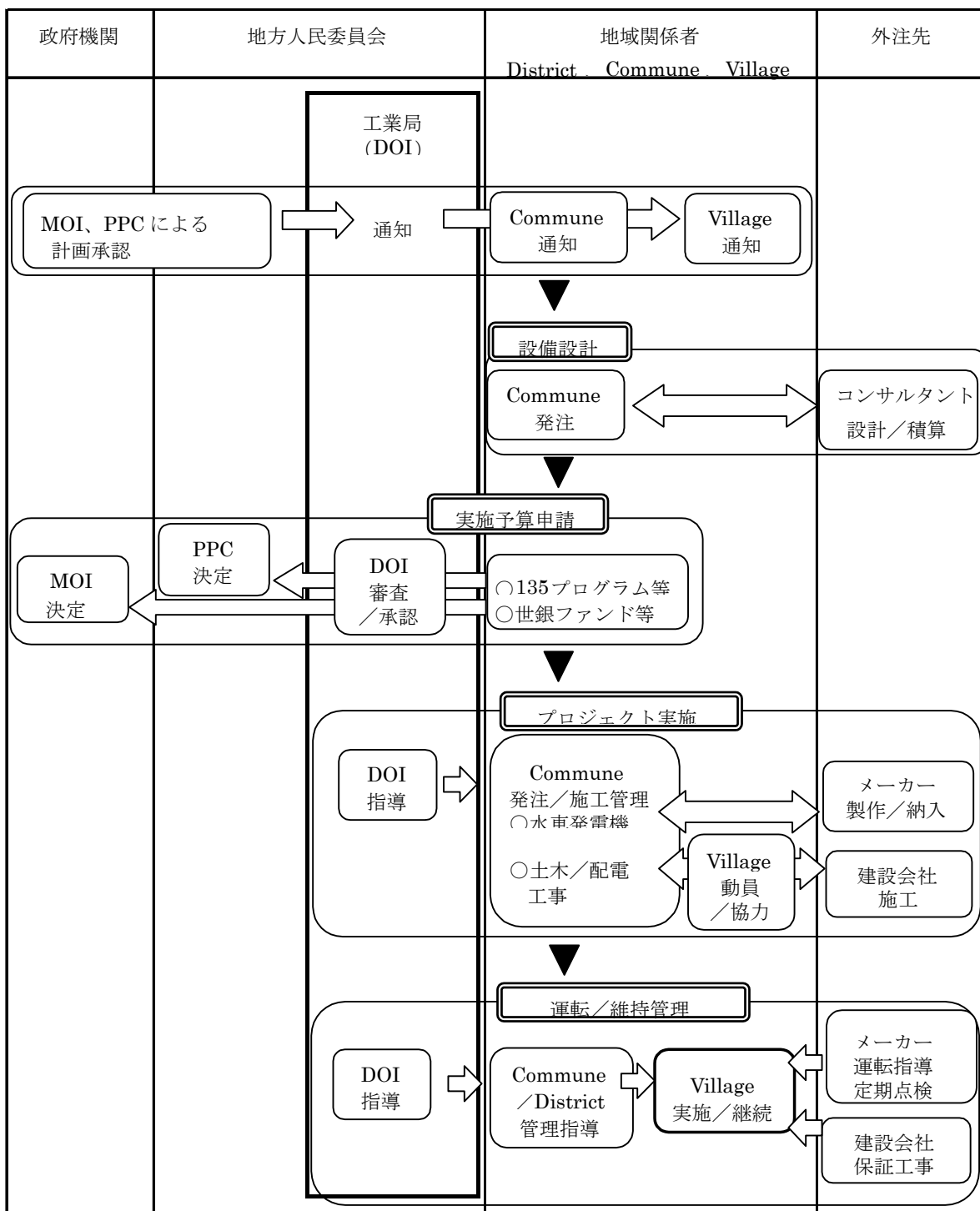


図 3-1 電化事業実施段階における実施事項および関係者の役割

### 〔1〕設備設計

Village Hydro による電化計画が上部機関で承認されると事業化段階に入る。ここでコミュニティは Village Hydro の設備設計を発注する。発注を受けたコンサルタント企業はベトナム国内の技術基準に従い、また建設費予算を考慮しつつ、各設備の設計と工事費積算を行う。特に水車、発電機、制御装置については専門的なノウハウが必要となるため、信頼できる国内メーカーと連絡をとりながら設計を行うことが重要である。

### 〔2〕実施予算申請と工事許可申請

設備設計を経て工事費が確定した段階で、コンサルタント企業は事業費見積を作成して実施予算を申請する。ここで最終的に事業予算が認められる。コンサルタントは設備設計、工事計画、事業費積算などの資料を DOI に提出し、DOI は設備設計の技術的審査および実施予算の精査を行い、工事許可を出す。

### 〔3〕プロジェクト実施

実施予算決定後、コミュニティとコンサルタント企業が協議して、Village Hydro の建設工事を業者に発注する。Village Hydro は既存の灌漑設備を改修して利用する場合があります。この作業には村落住民が自発的に取り組むことが望ましい。これにより、建設費の低減および電化事業への参加意識の高揚を図ることができる。また、建設会社が作業補助要員として住民を有償で雇用する場合もあるため、施工期間は農繁期を避けるよう設定することが望ましい。

### 〔4〕運転／維持管理に関する住民指導

水車発電機の運転や保守は村民にとって初めての経験であり、簡単に習得できる作業内容ではない。また電気料金の徴収や用途なども実地経験を重ねながら覚えていくものである。したがって、Village Hydro の完成後に行われる住民へのトレーニングは非常に重要な作業である。このトレーニングが不十分であると住民による長期的な維持管理が困難となり、最終的には発電所の運転停止につながってしまう。運転／維持管理の基本的な作業内容については、「オフグリッド電化マニュアル」運転・保守編および組織・運営編が参考になるであろう。DOI としても住民へのトレーニングがきちんとした計画に基づき確実に実施されるようコンサルタント企業や施工業者、機材納入業者等を監督しなければならない。

## 3-2. 設計

ここでは土木設備の設計について解説する。設計に必要な主要設備諸元を容易に決定できるように、水力発電の基本諸元となる発電使用水量と落差をパラメータとして標準化を図っている。

(1) 土木設備

表 3-1 Village Hydro 土木設備の基本仕様

項目	仕様	説明
取水堰	—	現地灌漑設備との共用
取水口	—	現地灌漑設備との共用
沈砂池	レンガ積モルタル	土砂流入がわずかの場合は省略
導水路 (調整池)	素掘またはレンガ積モルタル	新設部（灌漑設備との共用も可）
水槽	鉄筋コンクリート	灌漑設備と組み合わせる場合もある
水圧管路	耐圧型 PVC 管または鋼管	PVC 管は落差 60m まで
発電所建屋	鉄筋コンクリート基礎 レンガ積建屋	建屋は従来工法
放水路	レンガ積モルタル	

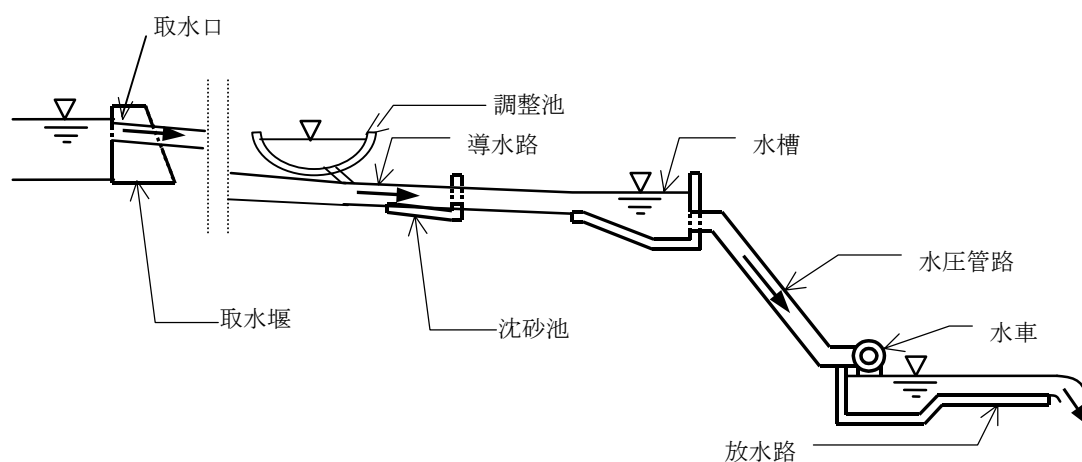


図 3-2 Village Hydro の土木設備

北部山岳地域の大部分で稲作が営まれており、灌漑設備は比較的整備されている。Village Hydro の土木設備は既存の灌漑設備をできるだけ活用することがポイントであり、これによってコスト圧縮、工期短縮、住民による維持管理の容易さというメリットを得ることができる。もちろん、既存の灌漑用設備をそのまま利用する場合は少なく、改修して利用する場合が多い。

a. 取水堰と取水口

自然地形を利用しながら地元住民のアイデアを基本に取水堰および取水口の位置、形状を決定する。取水堰や取水口は出水時には水圧や流木、転石によって損壊、流失する場合

があるため、その修復を住民が独自に実施できるような構造とすることが重要である。

棚田が発達している地域の住民は、これまで灌漑用の取水設備や水路の建設や保守を行ってきた経験があり、Village Hydro の場合の取水方法を計画し、石積工事や水路掘削を行うことができる。基本的には図 3-3 のような構造で十分である。

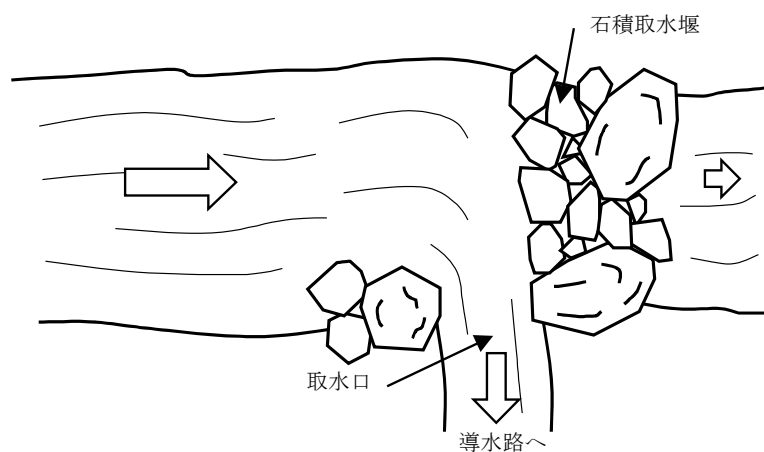


図 3-3 石積みによる簡易取水法



図 3-4 石積取水堰および取水口参考例

自然地形の利用や簡単な石積みによって取水ができる場合は問題ないが、取水堰によって水位を上げることが必要な場合もある。取水堰を新設する場合は必要となる取水量、取水口位置によって必要な高さを求める。雨季の出水で破損する可能性があるため、鉄筋コンクリートではなく石積みを基本として補修が容易な構造とする。

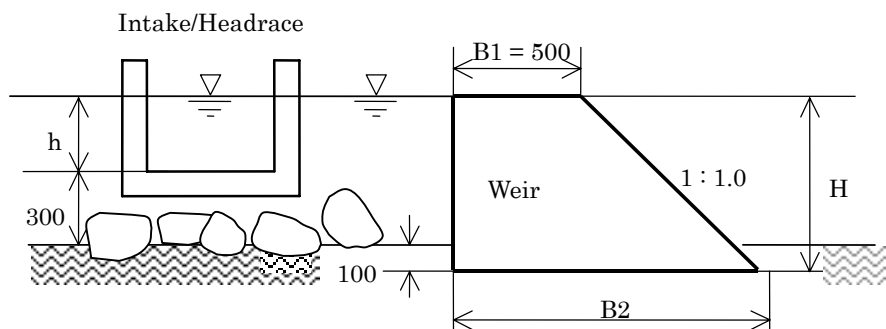


図 3-5 取水堰設計例（断面図）

表 3-2 取水堰設計データ

導水路水深 h (m)	堰高さ H (m)	堰天端幅 B1 (m)	堰底面幅 B2 (m)
0.20	0.60	0.50	1.10
0.30	0.70		1.20
0.40	0.80		1.30
0.50	0.90		1.40
0.60	1.00		1.50

取水口は河川水を安定して取水することに加えて、洪水時に過剰な取水をしない機能が重要となる。そのためには、河川水が直接流入しないよう配置方向の工夫し、流入量を制限するオリフィス形式の採用や、余剰水を河川へ戻す余水吐の設置などの対策を施す。



図 3-6 オリフィス取水口の例

## b. 沈砂池

水路に流入する砂や小石は水路に堆積して通水能力を低下させ、また水車やバルブに当たって故障劣化の原因となる。このため、水路途中に沈砂池を設置して砂や小石を除去する。

沈砂の原理は、流積を広げることにより流速を低下させながら流れの乱れを小さくし、土砂粒子の自重によって沈降させるものである。Village Hydro では水路は開渠であり、雨季には地表水の流入によって水路途中で土砂が流れ込むため、水路末端の水槽に沈砂池機能を持たせることが基本となる。なお、水槽へ流入する土砂量を低減させるため水路途中に独立した沈砂池を設けることもできる。この場合には沈砂池を通過する流量をもとに沈砂池の幅、長さなどの諸元を決定する。構造はレンガ積みモルタル仕上げでよい。なお、沈砂池内幅は沈砂池設置地点の状況を勘案し十分広く設定する。

沈砂池の必要な長さ  $L$  は以下の式で求めることができる。

$$L = (D \times V) / Vg = Q / (Vg \times W)$$

ここで、

$L$  : 沈砂池の所要長さ [m]、 $D$  : 沈砂池の上部水深 [m]

$Vg$  : 土砂粒子の沈降速度 [m/s]

$V$  : 沈砂池内の平均流速 [m/s]

$Q$  : 流量 [m<sup>3</sup>/s]、 $W$  : 沈砂池の幅 [m]

土砂粒子の沈降速度は 0.05 m/s と仮定する。これは砂粒子平均径 0.5mm に対応している。沈砂トラップ部分の深さは水路底面より 20cm から 30cm 程度とする。表 3-3 は沈砂効果の余裕を見込んで上式計算値  $L$  の 2 倍の値を示す。

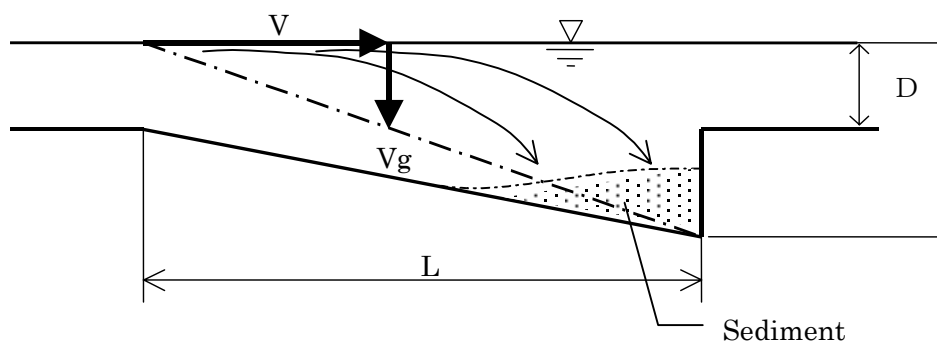


図 3-7 沈砂池所要長さ



表 3-3 沈砂池設計データ

		沈砂池内幅 W (m)															
		0.80				1.00			1.20			1.50			2.00		
導水路水深 h (m)		0.20	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50
沈砂池 流入量 Q (m <sup>3</sup> /s)	0.02	長さ L = 1.00 (m)				L = 1.00 (m)											
	0.03	1.50				1.50						※L ≥ Wとする。					
	0.04	2.00							1.50								
	0.05	2.50				2.00						1.50					
	0.06	3.00				2.50			2.00								
	0.07	3.50							2.50			2.00					
	0.08		4.00			3.00											
	0.09		4.50			3.50			3.00			2.50					
	0.10		5.00	4.50		4.00									2.00		
	0.11			5.00					3.50			3.00					
	0.12			5.50					4.00			3.50			2.50		
	0.13				6.00							3.50			2.50		
	0.14				6.50		5.00		4.50								
	0.15						5.50	5.00				4.00					
	0.16									5.00					3.00		
	0.17						6.00					4.50			3.50		
	0.18						6.50				5.50	4.50			3.50		
	0.19												5.00				
	0.20										6.00		5.00		4.00		
	0.22										6.50			5.50			
0.24														4.50			
0.26													6.00				
0.28													6.50		5.00		
0.30																5.50	

注：表中の空白箇所は、沈砂池内平均流速が0.3m/sを超えるため、土砂が沈降しにくい。

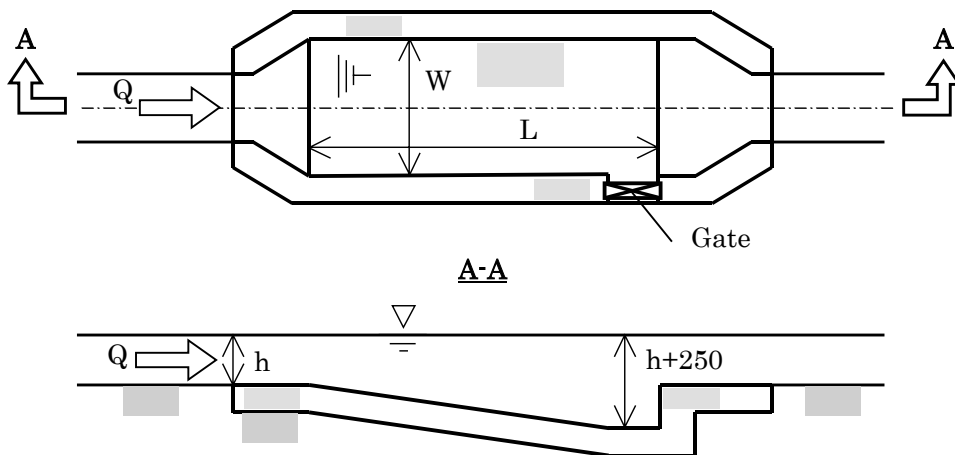


図 3-8 沈砂池設計例 (平面図/断面図)

### c. 調整池

乾季出力が十分確保できない場合、溜池に貯留されている水をピーク時間帯に水路へ放流して、発電出力を増加させるという方法がある。

ため池を発電用調整池として運用するパターンは以下のようなものがある。調整池の運用は、他の水運用に影響を与えない程度の水量を常時貯水し、発電のピーク時間に必要な水量を放流する。時間的に放流量を増減させるため、制御機能を持った放流設備を設置する必要がある。

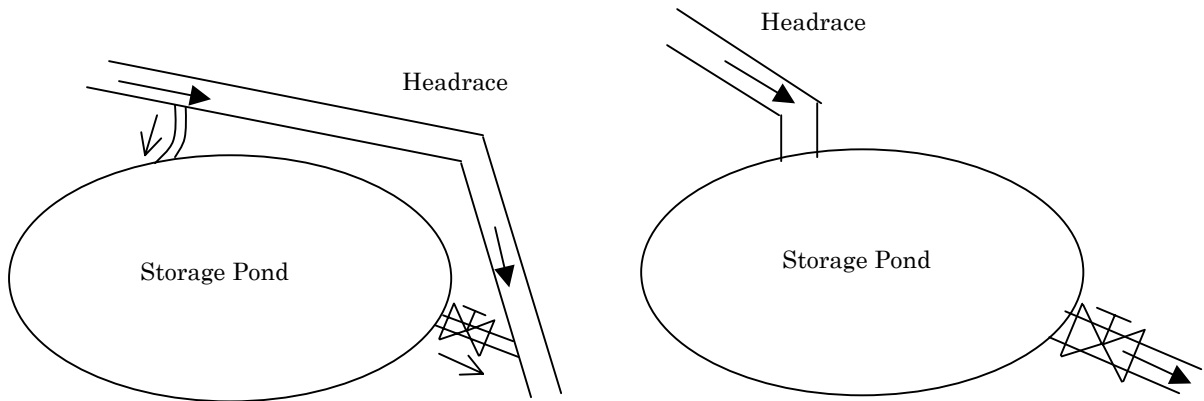


図 3-9 調整池設置パターン

放流設備は鋼管にゲートバルブを取り付けた簡単な設備で十分であり、その設置個所を石積みモルタルで補強し、漏水を防止する。図 3-10 に放流設備の例を示す。放流量と放流時間は一日に貯留できる水量によって決定される。

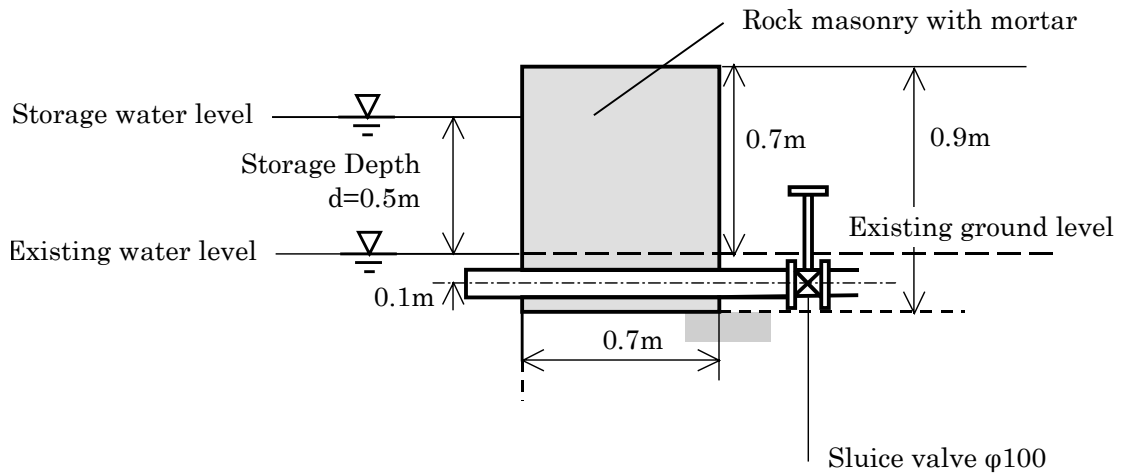


図 3-10 放流設備参考例

#### d. 導水路

Village Hydro では既存の灌漑水路をできるだけ活用する。取水量が増加する場合には水路の改修が必要となる。

山間部で通常用いられている素掘水路では漏水対策が大きな問題となる。漏水が著しい場合には粘土によって隙間を埋めたり、石積みモルタル構造とするなどの対応が必要である。また、雨季の出水により土砂が流込み水路が埋まるなどの問題も予想されるが、小規模な設備であるため住民だけで修復し復旧できる。

新設水路が必要な場合は、作用する荷重が小さいことからレンガ積みの構造とし、表面をモルタル仕上げすることにより粗度係数を向上させる。水理諸元は表 3-4 のコンクリート水路諸元の考え方に基づくものとする。この表では所要の流量を流下させるために必要な水深を 10cm ピッチの設計値として示している。

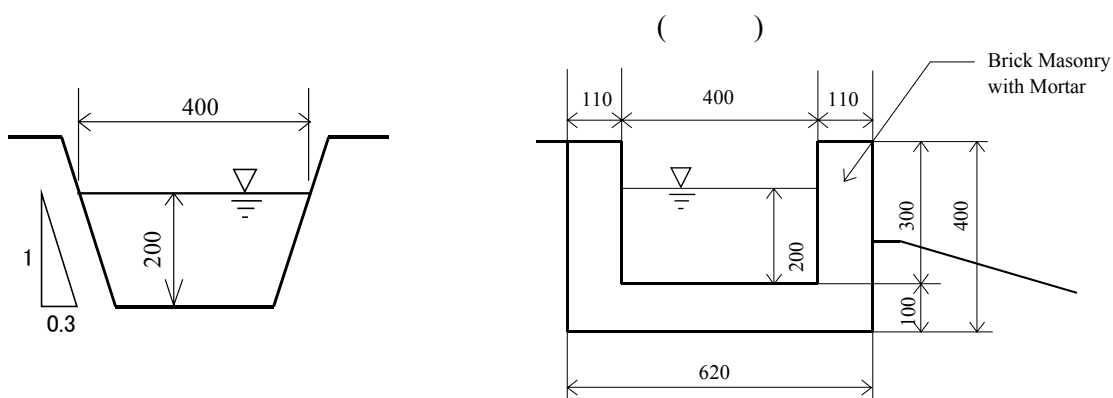


図 3-11 水路設計例 (断面図) : 素掘開水路 (左) とレンガ積モルタル開水路 (右)

表 3-4 水路設計データ

② 水路勾配 = 1/500 の場合

		素掘り水路										コンクリート水路					
法勾配 i		1 : 0.6					1 : 0.3					鉛直					
水面幅 W (m)		0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	
流下水量 Q (m <sup>3</sup> /s)	0.01	水深 H = 0.10 (m)															
	0.02	0.20															
	0.03						0.30										
	0.04		0.30				0.50										
	0.05		0.40		0.20				0.20								
	0.06											0.30		0.20			
	0.07							0.40									
	0.08							0.50				0.40					
	0.09			0.40	0.30					0.30							
	0.10																
	0.11			0.50				0.60	0.40								
	0.12											0.50					
	0.13				0.40												
	0.14																
	0.15								0.50								
	0.16											0.60	0.40	0.30			
	0.17				0.50												
	0.18					0.40				0.40							
	0.19								0.60								
	0.20				0.60												
0.22						0.50					0.50						
0.24																	
0.26									0.60								
0.28										0.50				0.40			
0.30												0.50					

注：表中の      は流速が0.3m/s未満であり、水路内に土砂が堆積しやすいため、注意を要する。

① 水路勾配 = 1/250 の場合

		素掘り水路										コンクリート水路					
法勾配 i		1 : 0.6					1 : 0.3					鉛直					
水面幅 W (m)		0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	
流下水量 Q (m <sup>3</sup> /s)	0.01	水深 H = 0.10 (m)															
	0.02	0.20															
	0.03						0.30										
	0.04		0.30				0.40										
	0.05						0.50										
	0.06		0.40		0.20				0.20								
	0.07							0.30		0.20							
	0.08											0.30					
	0.09														0.20		
	0.10																
	0.11																
	0.12																
	0.13			0.40	0.30							0.40					
	0.14																
	0.15			0.50													
	0.16																
	0.17			0.60													
	0.18											0.50					
	0.19																
	0.20																
0.22				0.40					0.50	0.40		0.60	0.40	0.30			
0.24				0.50													
0.26									0.60								
0.28					0.60												
0.30												0.50	0.40				

注：表中の      は流速が0.3m/s未満であり、水路内に土砂が堆積しやすいため、注意を要する。

### e. 水槽

水路の末端部で水圧管路に流し込む位置に設置される水槽は流入水からゴミ等を除去し、水圧管路に安定した水量を供給する機能を有する。また、発電所の運転を停止している場合には流入水を安全に流出させる。

水槽では深さ 1m 以上の掘削が発生するため、空虚時の土圧および充水時の水圧を考慮した鉄筋コンクリート構造とする。Village Hydro では導水路の沈砂池を省略することが多いため、水槽に沈砂機能を付加することを基本とする。沈砂やゴミ除去を確実にを行うためには水槽内での流速を下げるのが重要である。このため、流入前の水路を水平に保ち、水槽の断面積を大きくとるなどの工夫が必要である。

水槽の沈砂池部分の長さは沈砂池設計の手法に準じて設定する。なお、水圧管の呑み口位置は水槽底部より 10cm 程度高く、上部に水圧管内径以上の水深が確保できる位置とする。また、塵芥、小石等の水圧管路への流入を防止するため、スクリーンを設置し、スクリーン後の水面部には塵芥の落下を防止するため鋼製カバーを設置する。

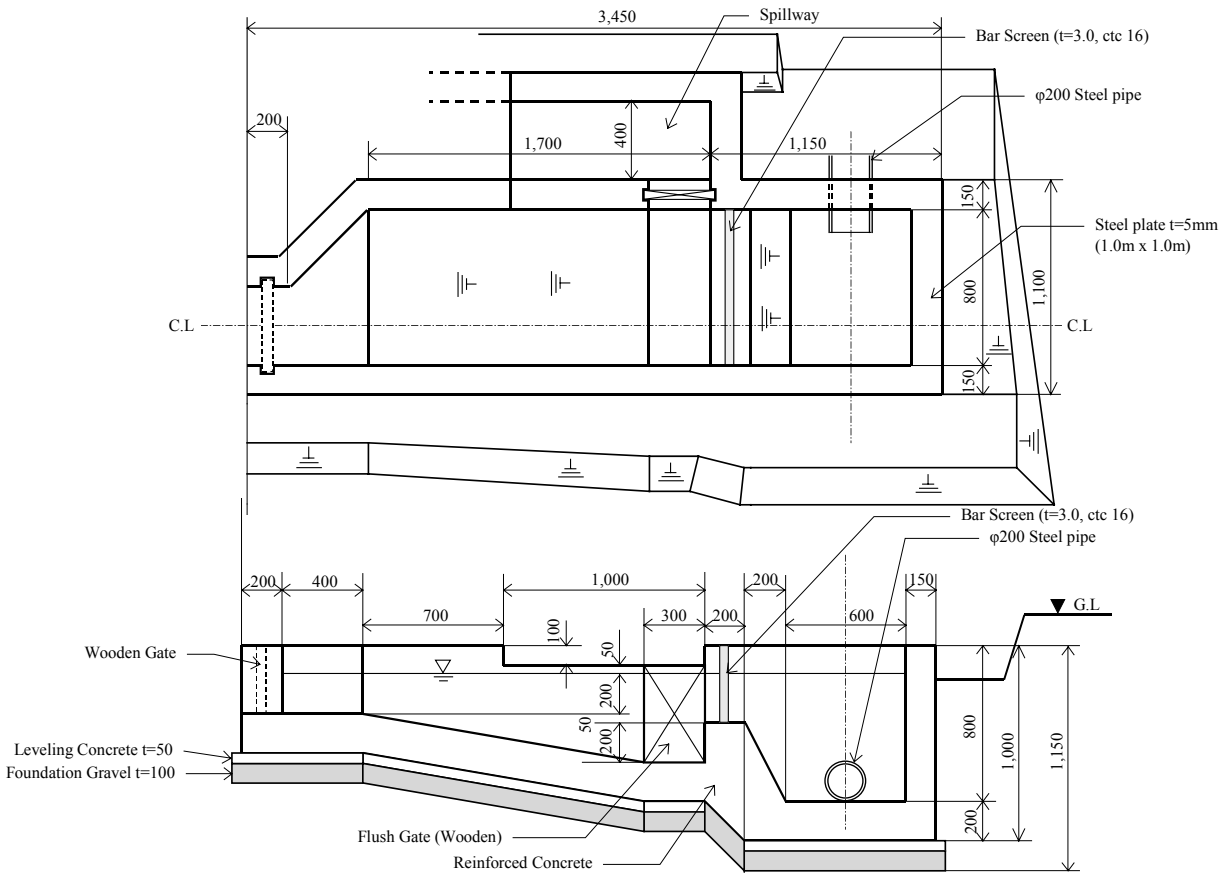


図 3-12 水槽設計例 (平面図/断面図)

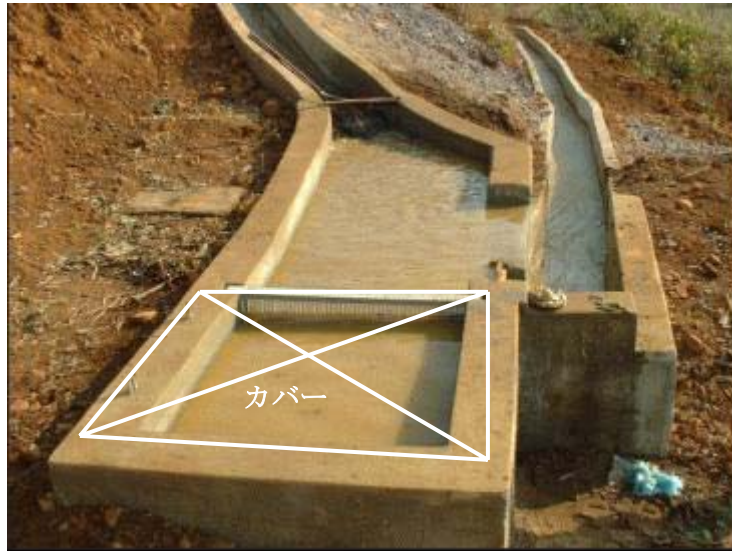


図 3-13 水槽参考例 (右側は余水路)

表 3-5 水槽設計データ

		水槽内幅 W (m)												
		0.80				1.00			1.20			1.50		
導水路水深 h (m)		0.20	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50
発電使用水量 Q (m <sup>3</sup> /s)	0.02	長さ L= 1.00 (m)				1.00								
	0.03	1.50				1.50			※L ≥ Wとする。					
	0.04	2.00							1.50					
	0.05	2.50				2.00			2.00			1.50		
	0.06	3.00				2.50			2.50			2.00		
	0.07	3.50				3.00			3.00			2.50		
	0.08	4.00				3.50			3.50			2.00		
	0.09	4.50				4.00			4.00			2.50		
	0.10	5.00				4.50			4.50			3.00		
	0.11	5.50				5.00			5.00			3.50		
	0.12	6.00				5.50			5.50			4.00		
	0.13	6.50				6.00			6.00			4.50		
	0.14					6.50			6.50			5.00		
	0.15					7.00			7.00			5.50		
	0.16					7.50			7.50			6.00		
	0.17					8.00			8.00			6.50		
	0.18					8.50			8.50			7.00		
	0.19					9.00			9.00			7.50		
	0.20					9.50			9.50			8.00		

注：表中の空白箇所は、沈砂池内平均流速が0.3m/sを超えるため、土砂が沈降しにくい。

### ① 余水吐き

水槽には余水吐きを設け、発電に使用されない余剰水を越流させ余水路を通じて近接する溪流・河川へ放流する。

越流による余水吐きの越流せき幅は発電使用水量に基づき設定する。なお、表 3-6 は越流水深を 10cm 程度と想定しており、水槽壁の高さから余裕を持たせて 15cm 程度低くする。余水路は導水路と同様にレンガ積モルタル仕上げとする。

表 3-6 余水吐き設計データ

使用水量 Q (m <sup>3</sup> /s)	越流せき幅 B (m)
0.01	0.50
0.02	
0.03	1.00
0.04	
0.05	
0.06	1.50
0.07	
0.08	2.00
0.09	
0.10	
0.11	2.50
0.12	
0.13	3.00
0.14	
0.15	
0.16	3.50
0.17	
0.18	4.00
0.19	
0.20	

### ② スクリーン

水槽に設置されるスクリーンは落ち葉や枝、ゴミなどを除去するものである。使用水量が少ない場合には、バルブ、ガイドベーンでの目詰まりが発生しやすいので、細かなゴミの除去を行うためメッシュのワイヤーネットを併用する。

Village Hydro の場合、水量が少なく水中の細かなゴミによってバルブ、ガイドベーンが目詰まりを起こしやすく、安定した運転の支障となる。このため、バースクリーンの間隔は狭く 10mm 程度とする。また、バースクリーンの後ろに 2mm 程度のワイヤーネットを設置し 2 段階で塵芥を除去することが望ましい。

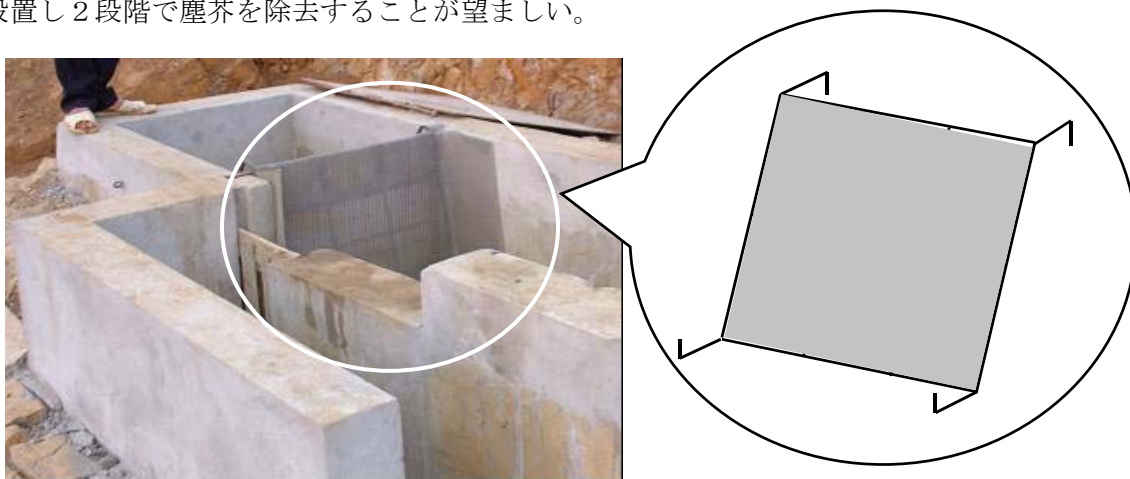


図 3-14 ネットスクリーン参考例

### ③ バイパス水路

灌漑水路を導水路と兼用する場合は、灌漑用水の分水用バイパスが必要となる。このバイパス構造には灌漑用水量と発電使用水量を正しく分配できるように、水量調節が可能なゲートなどを設置する。

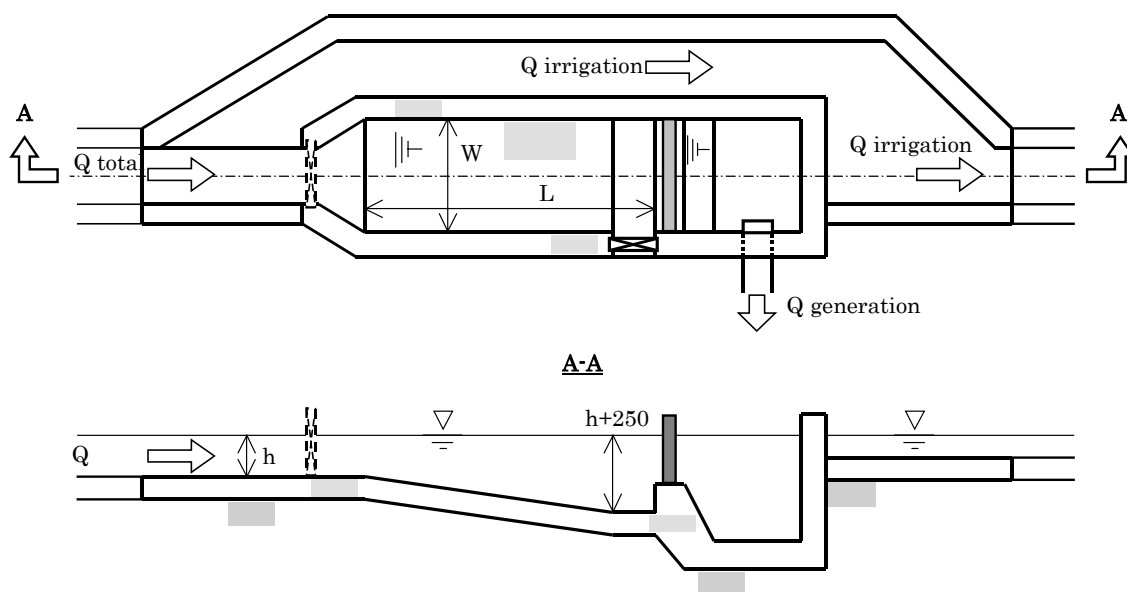


図 3-15 バイパス水路設計例 (平面図/断面図)



## f. 水圧管路

水槽と発電所・水車をつなぐため、耐圧性を持った水圧管路を設置する。

水圧管路では水槽からの落差による管内水圧が作用する。Village Hydro の水圧管路は、運搬が難しい山岳地域での施工を考慮し、軽量かつ安価でベトナムでも流通している耐圧型 PVC (塩ビ) 管を標準とする。ただし、PVC 管は衝撃や紫外線に弱く必ず埋設しなければならない。PVC 管の接続は現地で容易に施工できる。ベトナムで流通している耐圧型 PVC 管の許容最大水圧は  $10.0\text{kg/cm}^2$  であり、静水圧の 50% 程度の水撃圧を想定すると、落差 60m 程度以下が採用の目安となる。落差が 60m 以上の地点、また岩が露出する斜面など水圧管路の埋設が難しい地点などでは PVC 管ではなく鋼管を用いる。この場合には現地で溶接して接続する。

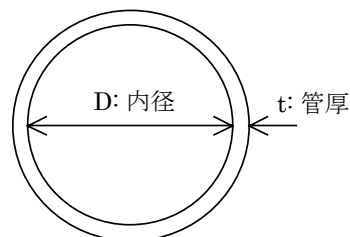
水圧管路内径は水圧管路内の水流の摩擦損失に影響し、過小な管路内径では摩擦損失が大きくなり発電出力が減少してしまう。過大な管路内径では摩擦損失は小さいものの工事費/資材代が増大する。したがって、水圧管路内径の決定は発電出力や事業費に大きな影響を与えることから慎重に行う必要がある。耐圧型 PVC 管の規格製品は以下のとおりであり、摩擦損失が総落差の 10% 以内という条件下では標準的内径は表 3-7 のとおりとなる。

表 3-7 発電使用水量と水圧管路径の関係

		L/H=水圧管路長/落差																	
		2.5	3.0	3.5															
斜面勾配		23.6°	19.5°	16.6°															
発電 使用 水量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.02	125		150															
	0.03	150	200																
	0.04	250																	
	0.05				300														
	0.06						300												
	0.07	300																	
	0.08			300															
	0.09					300													
	0.10								300										
	0.11										300								
	0.12												300						
	0.13														300				
	0.14																300		
	0.15																		300
	0.16							300											
	0.17	300																	
	0.18			300															
	0.19					300													
	0.20									300									

呼び径と管諸元の関係 (ISO)

呼び径φ	外径 (mm)	内径D (mm)	管厚 t (mm)
125	140	126.6	6.7
150	160	144.6	7.7
200	225	203.4	10.8
250	280	253.2	13.4
300	315	285.0	15.0



※表中の  は、摩擦ロスが落差の10%を超過

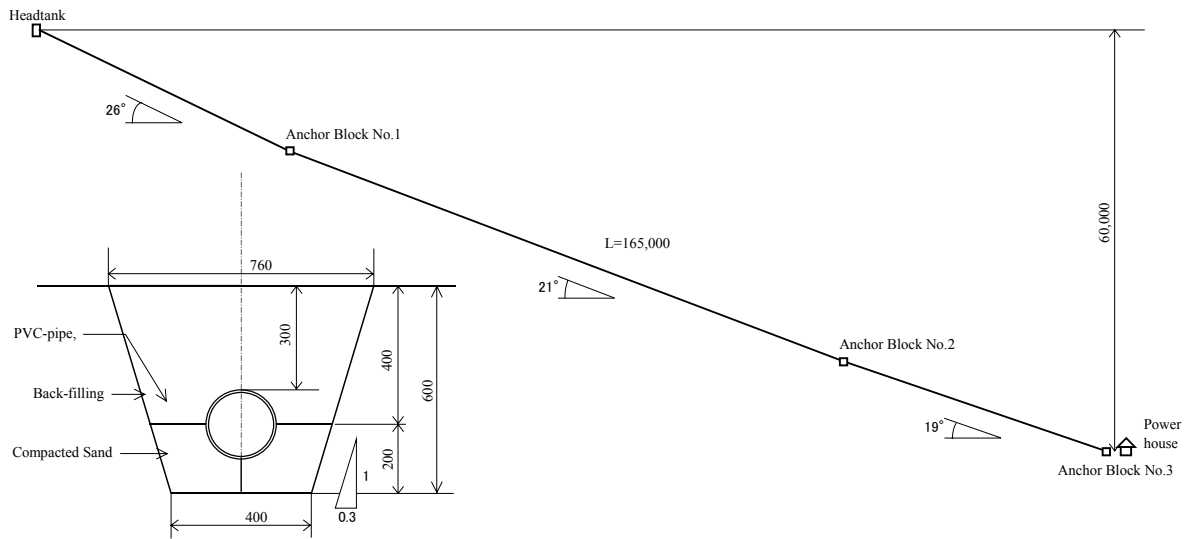


図 3-16 埋設式 PVC 水圧管路設計例 (縦断面図)



図 3-17 耐圧型 PVC パイプ

埋設水圧管路の場合、緩斜面（勾配  $17^\circ$  程度以内）では管路および管内水の重量は地面で支持され、それを超える斜面勾配では固定台により荷重が一部支持される。また、固定台は斜面勾配の変化に合せた管の曲がり部にて管路を固定するために必要であり、管路および管内水の重量の分力等を考慮して諸元を決定する。固定台はコンクリート製であり、PVC 管の曲がり部には角度加工した鋼管を使用する。PVC 管同士はラバーリングを用いてソケットジョイントにより接続する。固定台付近の鋼管と PVC 管はフランジジョイントにより接続する。

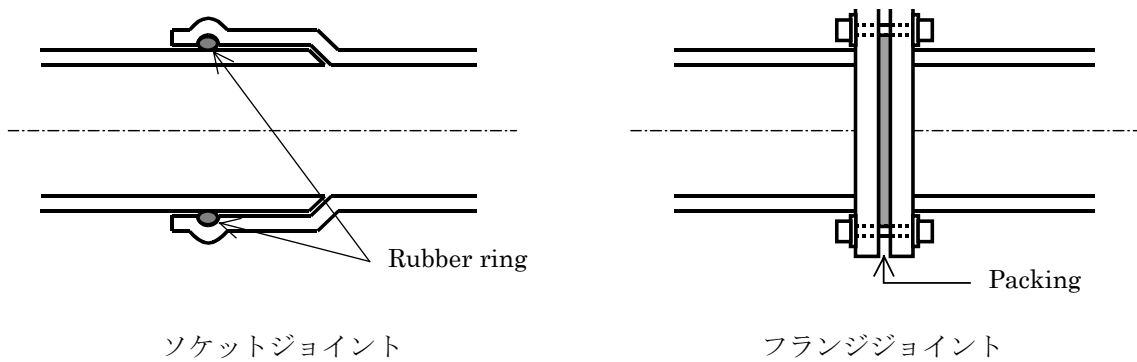


図 3-18 水圧管路ジョイント部

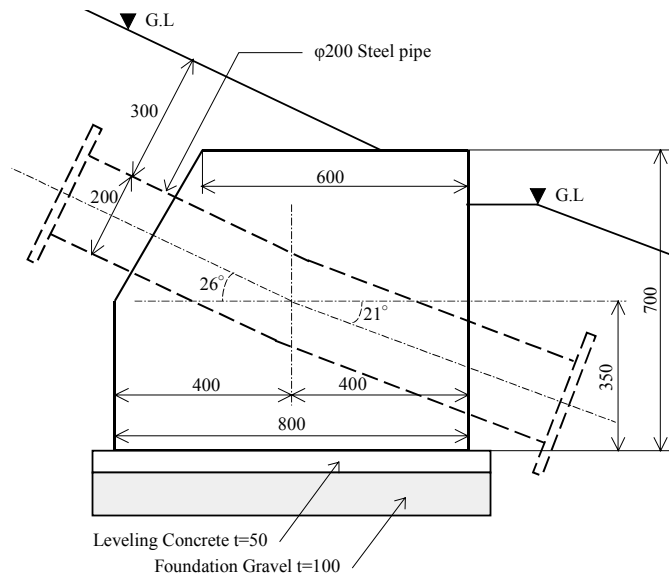


図 3-19 中間固定台設計例 (断面図)



図 3-20 固定台部分の鋼管との接続例



図 3-21 水圧管路施工状況

水圧管路をすべて鋼管とする場合には溶接で接続するが、途中で伸縮継手を追加し、固定台に加えてコンクリート製の小支台により全延長を支持する。

#### g. 発電所

発電所基礎は水車発電機の自重および水車振動に耐えるため鉄筋コンクリート構造とする。水車発電機基礎の下部には放水庭を設ける。Village Hydro では水冷式ダミーロードを放水庭へ設置するため、十分な深さを確保すること。

発電所建屋の広さは水車発電機の高さや配置に基づき決定される。建屋は火災等を考慮しレンガ積み構造の表面モルタル仕上げとし、水車発電機の搬入を考慮し広い扉を設置し、ケーブル引出しの高さを考慮し最低高さ 2m 程度とする。屋根材はベトナムで汎用されているファイバーセメント板等を使用し、雨水は発電所に影響を及ぼさない下流方向等へ流す片勾配とする。

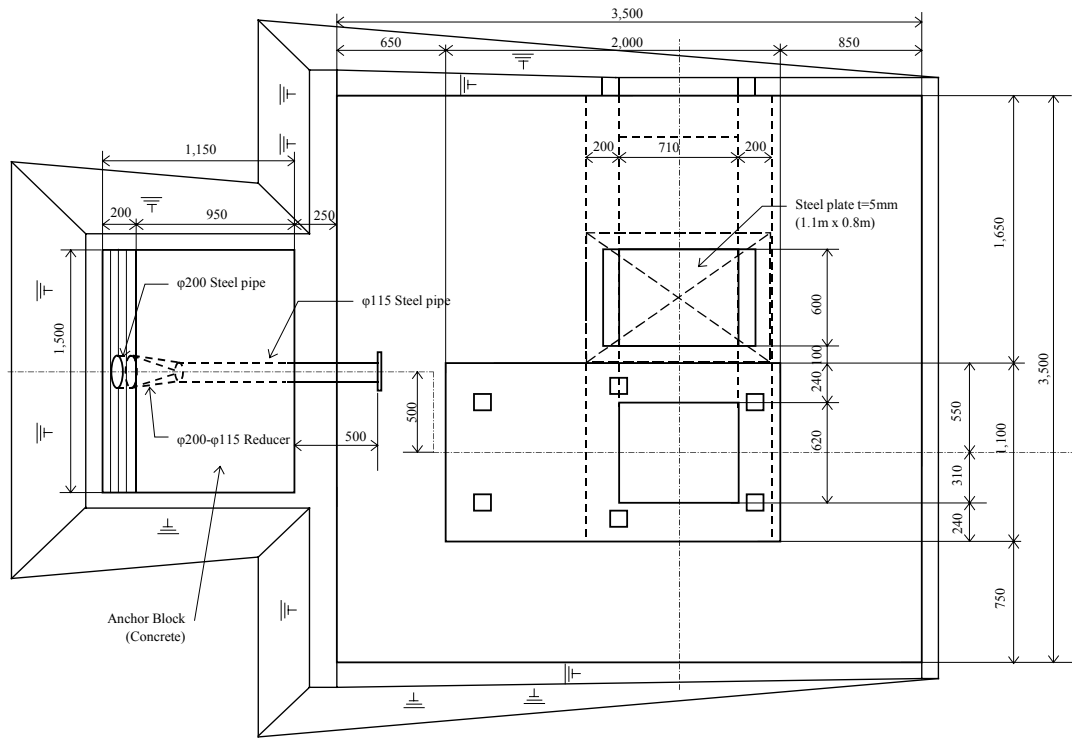


图 3-22 發電所設計例 (平面図)



图 3-23 發電所施工狀況

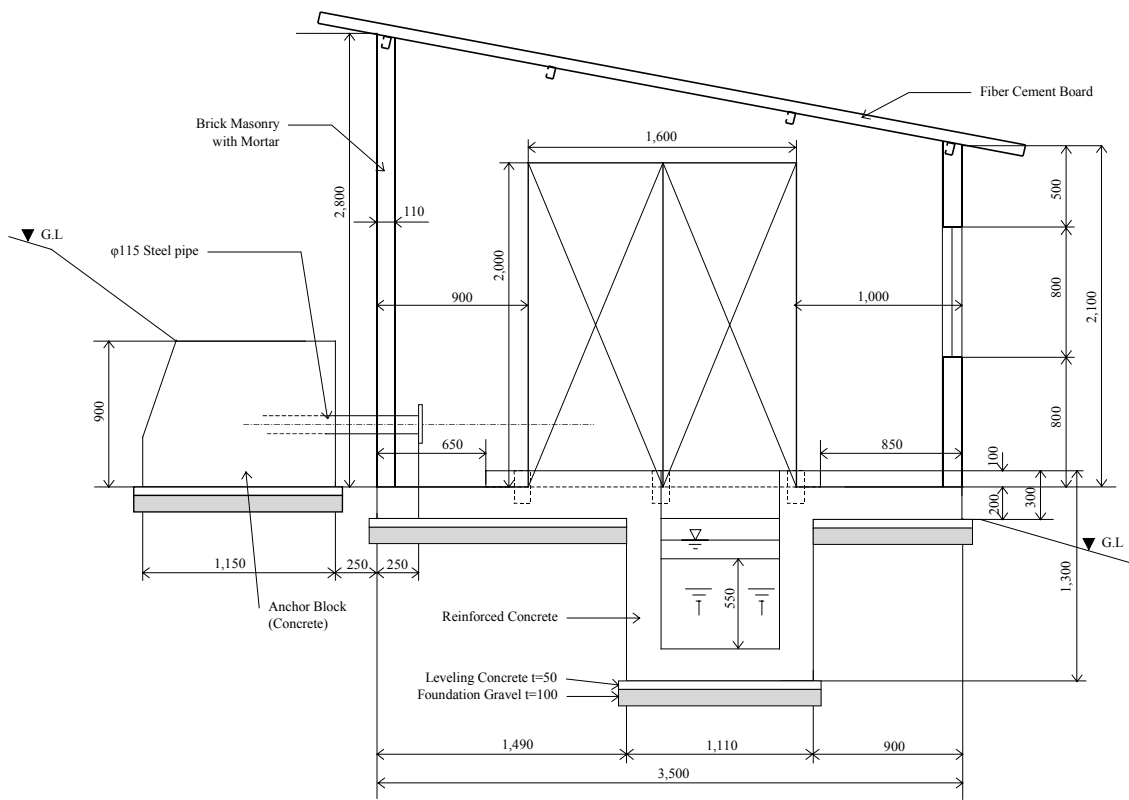


图 3-24 発電所設計例 (縦断面図)

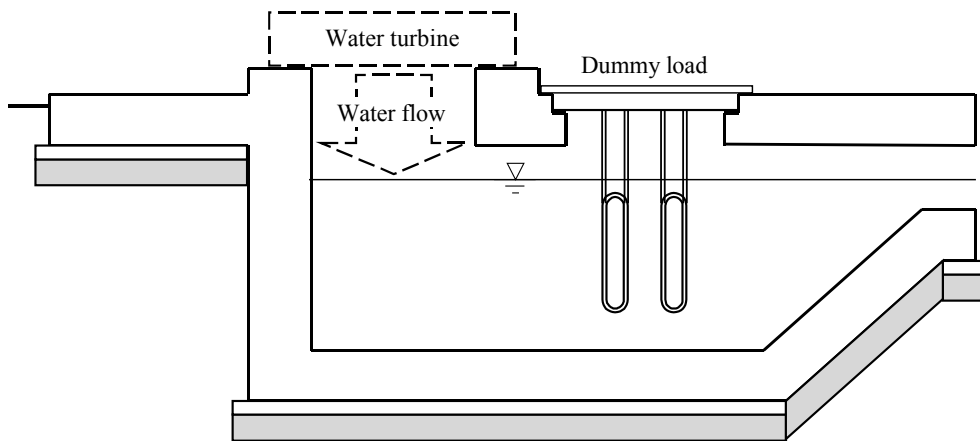


图 3-25 放水庭設計例 (縦断面図)

#### h. 放水路

発電に使用した水は放水路によって河川へ放流される。放水路はレンガ積みモルタル仕上げとし、導水路と同様の諸元検討を行う。


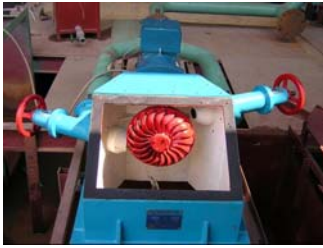

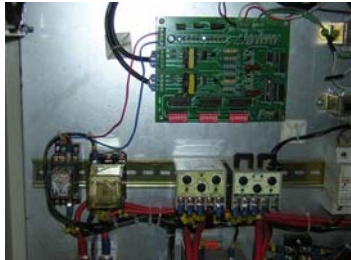



図 3-26 発電所と放水路参考例

(2) 電気機械設備

Village Hydro における電気機械設備の基本構成は以下のとおりである。これらは専門メーカーに発注し、工場試験を行ったものを購入する。

表 3-8 電気機械設備の基本構成

	名 称	参考例
a	入口弁	
b	水車	
c	発電機	
d	調速機 (ガバナ)	
e	運転制御・ 保護継電器装置	



a. 入口弁

水車・発電機停止の場合に水流を完全に遮断する装置として、水圧管路の水車手前に入  
口弁を設置する。

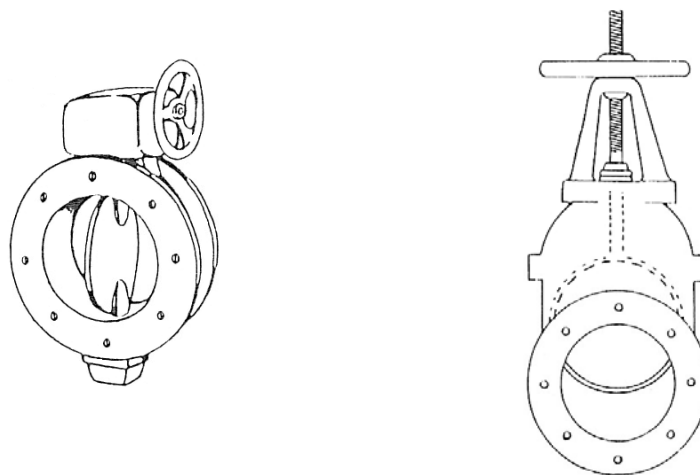


図 3-27 入口弁—Butterfly valve (左) と Gate valve (右)

b. 水車

水車は水の位置エネルギーを回転エネルギーに変換し、その回転力を発電機に伝達する。  
最適な水車形式や形状は使用水量や落差によって変わるため、使用水量と落差の条件を提  
示して専門メーカーに発注する。メーカーは水量や落差、メンテナンスの容易性などを考  
慮して水車を設計・製作する。

主な水車の種類としては低落差用のクロスフロー水車、中高落差用のターゴ水車がある。

表 3-9 水車比較表

項目	クロスフロー水車	ターゴ水車
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低落差用</li> <li>・製作が容易</li> <li>・分割式ガイドベーンにより流量変化に対応可能</li> <li>・点検が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中高落差用</li> <li>・小型化できる</li> <li>・流量変化しても効率低下少ない</li> <li>・摩耗に強い</li> <li>・点検が容易</li> </ul>
参考図		

このほか、ペルトン水車やポンプ逆転水車も利用される場合がある。

### ① ペルトン水車

80m 以上の高落差地点の場合にはペルトン水車が適している。

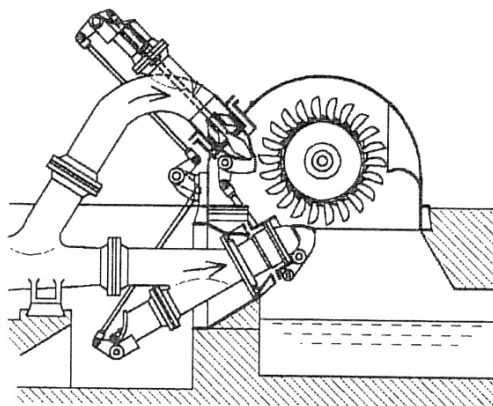


図 3-28 ペルトン水車

### ② ポンプ逆転水車

ポンプ逆転水車は、ポンプの吐き出し口から水を流入させ、ランナを逆回転し水車として利用し、電動機を発電機とする方式である。市販の汎用ポンプを使用するため安価だが、流量変動に対する効率変化が大きいことから、年間ほぼ一定の水量を確保できる地点でないと利用は難しい。機種選定に当たっては流量および落差の条件が仕様と合致することを確認しなければならない。

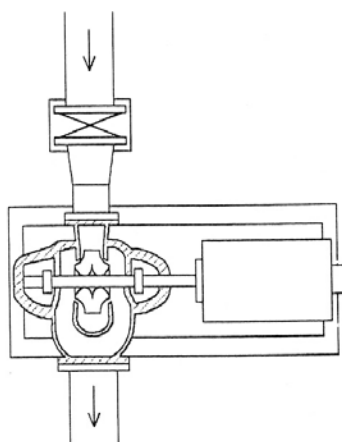


図 3-29 ポンプ逆転水車

表 3-10 水車型式と推奨される適用落差範囲

水車形式	適用落差
クロスフロー水車	2m~30m
ターゴ水車	10m~70m
ペルトン水車	50m~200m
ポンプ逆転水車	5m~40m

### ③ 増速機

発電機の定格回転数と水車回転数が異なる場合、増速機を用いる。増速機には通常、ベルト駆動方式が用いられる。

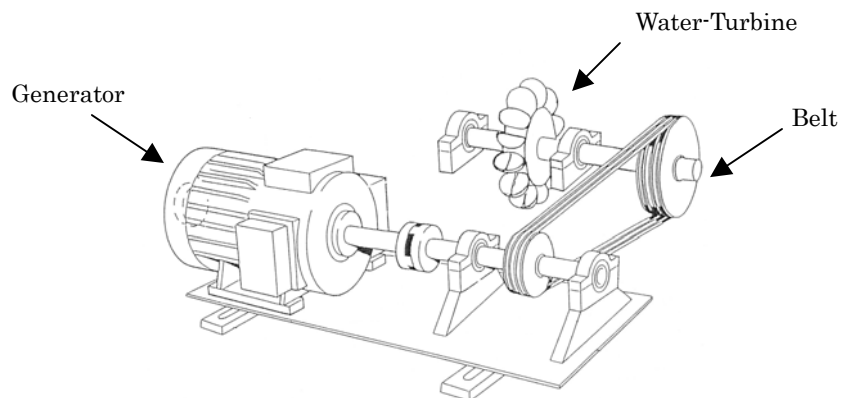


図 3-30 ベルト駆動式増速機

### c. 発電機

発電機は Village Hydro の出力や配電方式に適合する製品を購入して使用する。発電機の容量は発電機効率を考慮し、発電出力×120%を満たすものを選定する。

#### ① 発電機の種類と特徴

Village Hydro ではオフグリッド電化方式であるため、単独運転が可能な同期発電機を採用することが基本である。同期発電機の入手が困難な場合は、励磁用コンデンサを取付けた誘導発電機も利用可能である。

## ② 同期発電機と誘導発電機の比較

### ア. 同期発電機

ベトナム国内市場では国産品の三相用と単相用の同期発電機が低価格で流通している。三相と単相のどちらを選定するかは配電方式によって決定される。表 3-11 にベトナム国内で販売されている単相同期発電機の仕様を示す。

表 3-11 単相同期発電機仕様



図 3-31 ベトナム製同期発電機

発電出力 (kW)	定格電圧 (V)	定格電流 (A)	重量 (kg)
2.0	220	9.0	70
3.0	220	13.6	70
5.0	220	22.7	120
7.5	220	34.0	130
10.0	220	45.0	140
12.0	220	54.5	140
15.0	220	68.0	165
20.0	220	90.0	165

(備考) 全機種とも力率  $\cos \phi = 1.0$ 、回転数=1500 (rpm)  
出典：ベトナムメーカー技術資料

### イ. 誘導発電機

Village Hydro で誘導発電機を使う場合は市販の三相誘導発電機にコンデンサを並列接続して励磁することにより電力を取出す。図 3-32 にコンデンサ接続の結線図を示す。また、汎用電動機にコンデンサを用いて自己励磁することにより、誘導発電機として使用することも可能である。表 3-12 にベトナム国内で販売されている誘導発電機の仕様を示す。

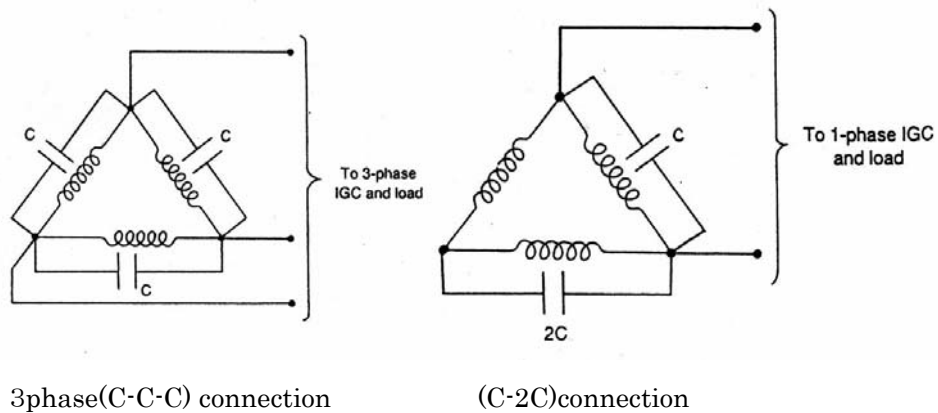


図 3-32 誘導発電機における自己励磁用コンデンサの接続例

### (I) 励磁用コンデンサ容量の選定

誘導電動機における励磁用コンデンサ容量は、定格電圧と無負荷電流によって以下の式で求める。なお、その容量が不適切な場合は、以下のような問題が発生する恐れがあることから、適切なものを選定する。

- ・ コンデンサ容量が小さすぎると自己励磁現象が発生しない。
- ・ コンデンサ容量が大きすぎると増磁作用で異常電圧が発生、機器を破損する。

#### <誘導電動機の選定例>

選定条件：発電出力 5.0 (kW)、水車回転速度 N=1,000 (rpm)

設計条件である発電出力 5 (kW)、水車回転速度 N=1,000 (rpm) より、必要となる誘導電動機の容量は  $5.0 \times 1.2 = 6.0$  (kW) となるが、機種データからこれを満足する電動機仕様は、

**7.5 (kW)、 N=1,000 (rpm)** となる。

#### <励磁用コンデンサ選定例>

検討条件：三相誘導電動機 (定格容量 P=7.5kW)、 $\Delta$  結線 (線間電圧：220V)、  
周波数 f=50Hz、定格電流 I=28.0A、力率  $\cos \phi = 0.82$

皮相電力  $S = \sqrt{3} \times 220 \times I = 10,669.4$  (VA)

有効電力  $P = S \times \cos \phi = 8,748.9$  (W)

無効電力  $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 6,106.8$  (Var)

コンデンサ容量  $C = Q / (2 \pi f V^2) = Q / (6 \pi f V^2)$  より  $C = 133.9$  ( $\mu F$ )

**C=140( $\mu F$ /相)**を選定する。

表 3-12 3相誘導発電機 仕様

出力 (kW)	極数	回転速度 (rpm)	電圧 (V) Δ/Y	電流 (A)	力率 cos φ	絶縁耐熱 クラス	重量 (k g)	励磁用 コンデンサ容量 (μ F/相)
1.1	8	750	220/380	6.1/3.5	0.70	B	35	30
	6	1000	220/380	5.2/3.0	0.76	B	28	
	4	1500	220/380	4.9/2.8	0.81	B	18	
1.5	8	750	220/380	8.2/4.7	0.68	B	43	40
	6	1000	220/380	7.1/4.1	0.74	B	35	
	4	1500	220/380	5.9/3.4	0.85	B	21.5	
2.2	8	750	220/380	10.4/6.2	0.71	B	55.5	50
	6	1000	220/380	9.5/5.5	0.74	B	43	
	4	1500	220/380	8.66/5.0	0.85	B	26.5	
3.0	8	750	220/380	13.5/7.8	0.74	B	69.5	60
	6	1000	220/380	12.8/7.4	0.76	B	58	
	4	1500	220/380	11.6/6.7	0.83	B	36.5	
4.0	8	750	220/380	18.2/10.5	0.70	B	108	85
	6	1000	220/380	16.0/9.2	0.81	B	72	
	4	1500	220/380	14.9/8.6	0.84	B	41	
5.5	8	750	220/380	23.6/13.6	0.74	B	116	105
	6	1000	220/380	21.3/12.3	0.80	B	81	
	4	1500	220/380	19.8/11.4	0.86	B	62	
7.5	8	750	220/380	30.7/17.7	0.75	B	170	140
	6	1000	220/380	28.0/16.2	0.82	B	116	
	4	1500	220/380	26.2/15.1	0.86	B	72	
11	8	750	220/380	45.0/26.0	0.76	B	225	190
	6	1000	220/380	39.2/22.6	0.86	B	146	
	4	1500	220/380	38.0/22.0	0.87	B	106	

(出典) ベトナムメーカー技術資料

(備考) 絶縁耐熱クラス許容最高温度 B種 : 130°C

#### d. 调速機（ガバナ）

水量が一定の場合、運転している水車の回転速度は電力負荷の変動に伴って変化する。この結果、電力需要が増減すると発生する電気の周波数（Hz）や電圧（V）が変化してしまう。また、保護装置が働いて送電が停止された場合には電力負荷が消失してしまうが、水車は回転を続けているため回転速度が著しく上昇し、発電機の内部が損傷してしまうおそれがある。このような理由から、良質の電気供給と水車・発電機の保護のため、負荷の変動があっても水車の回転速度を一定に調整する装置が必要となる。Village Hydro の場合には構造が簡単で電子式自動制御機能がついているダミーロード式ガバナを用いるのが一般的である。このダミーロード式ガバナは既にベトナム国内でも製品化されている。

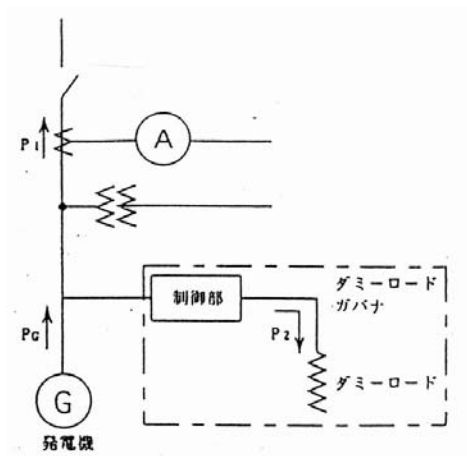


図 3-33 ダミーロード式ガバナ

##### ① 動作原理

発電した電気の余剰分をダミーロード（ヒーター）で消費するシステムであり、周波数の変化を検知して、ダミーロード（ヒーター）に流れている電流を自動的に増減させ、電力負荷(P<sub>I</sub>)とダミーロード負荷(P<sub>d</sub>)の合計が常に一定になるように制御する。(P<sub>g</sub> = P<sub>I</sub> + P<sub>d</sub> = constant) この結果、発電機は常に一定の負荷(P<sub>g</sub>)で運転され、周波数、電圧も一定に維持される。

(解説)

- ・ 電力負荷が減少 ⇒ 周波数が上昇 ⇒ ダミーロード負荷を増やす ⇒ 周波数一定(50Hz)
- ・ 電力負荷が増加 ⇒ 周波数が低下 ⇒ ダミーロード負荷を減らす ⇒ 周波数一定(50Hz)

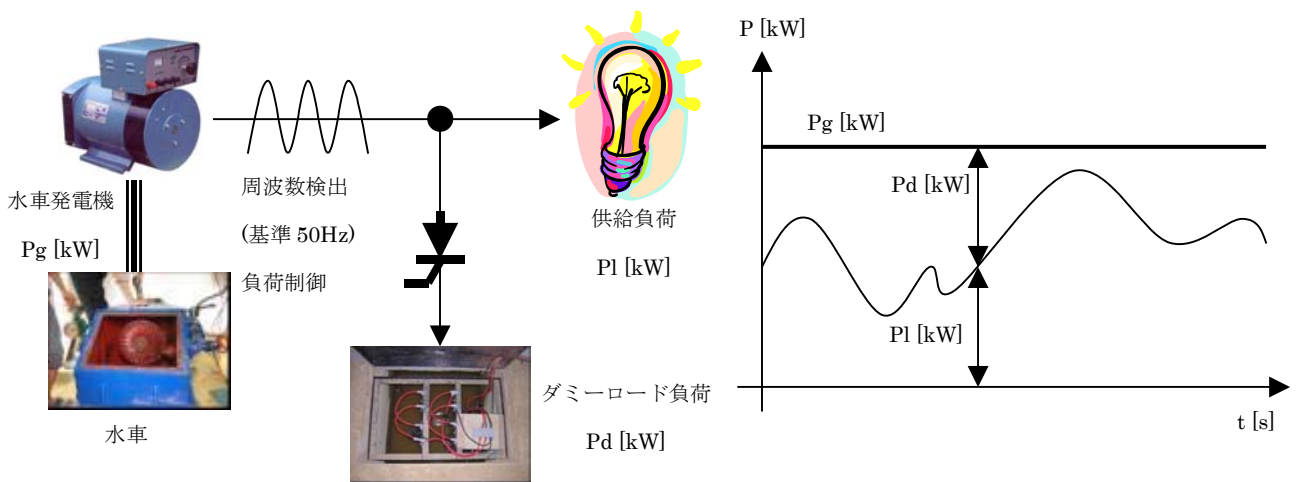


図 3-34 ダミーロード式ガバナの動作原理

### ② ダミーロード

ダミーロードは抵抗要素であるヒータエレメントで構成される。容量(kW)は発電機出力の 110%~120%の容量とする。冷却方式は冷却効果が大きい水冷式で設置場所は放水路とするのが一般的であるが、ダミーロード冷却用の専用水槽を発電所内に設ける場合もある。



ヒータエレメント



ダミーロード据付図 (放水庭内)

図 3-35 水冷式ダミーロード



### ③ ガバナ機能の多重化

ダミーロード式ガバナが故障すると運転制御が出来なくなり、電力負荷が消失した時に水車の回転数が上昇して発電機を損傷するおそれがある。このため、ダミーロード式ガバナが故障した場合でも回転数の上昇を止める非常用のバックアップ制御装置を取り付けることが望ましい。

#### e. 運転制御・保護継電器装置

水車・発電機の運転・停止を安全確実にを行い、配電系統あるいは発電機器に事故が発生した場合、事故の影響を最小限におさえる装置をいう。Village Hydro では設備の保護のために最低限必要な過電流、周波数変動、過電圧に対応した保護回路を取り付ける

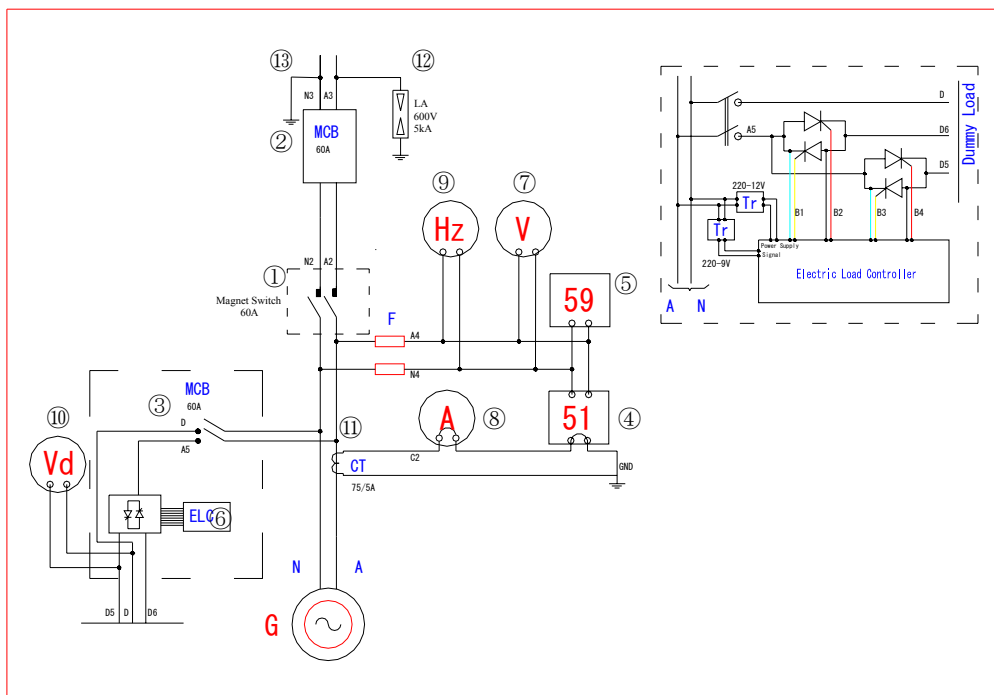


図 3-36 Village Hydro の結線図参考例

表 3-13 運転制御・保護装置の仕様参考例

Classification	No.	Device	Specification	Function
Switch	①	Contactator	100A (> 60A)	系統接続・切離用
	②	MCB for transmission	60A	過負荷・短絡保護
	地絡保護のために ELCB を設置することも可能			
Protective Relay	③	MCB for Dummy Load	60A	ダミーロード短絡保護
	④	Over Current Relay (51)	7.5-97.5A (0.5-6.5A) On Time 0-10s Delay Time 0-30s	過負荷・短絡保護
	⑤	Over Voltage Relay (59)	220-300V On Time 0-30s Delay Time 0-30s	過電圧保護
Instrument	⑥	Over & Under Frequency Relay (OF、UF)	OF 55Hz UF 45Hz On Time 5s Type : Set in ELC	周波数上昇低下から機器保護
	⑦	Potential meter	0-300V	発電電圧の計測
	⑧	Current meter	0-150A	発電電流の計測
	⑨	Frequency meter	45-65Hz	周波数の計測
Transformer	⑩	Potential meter for DL	0-300V	ダミーロード負荷の計測
	⑪	Current Transformer	75 / 5 A	計器・継電器用
Lightning Protection	⑫	Lightning Arrester (LA)	600V 5000A	雷からの機器保護
	⑬	Earth 片線多重接地方式 (Viet Nam) による	< 4 Ω	

### (3) 配電設備

#### a. 基本事項

Village Hydro は 220V 低圧配電が基本である。この設計、施工はベトナム電気技術基準にあたる以下の文献に準拠する。配電設備は将来グリッドと接続された場合でも利用できる設備であり、その点を考慮して設計、施工を行うことが重要である。

表 3-14 技術基準など参考文献リスト

文献名	セクション名	発行元
ベトナム 電気設備基準	Part I :General Provisions (11TCN-18-84)	Ministry of Electricity, 1984
	Part II : System of power transmission (11TCN-19-84)	
	Part III : Protection and automation (11TCN-20-84)	
	Part IV : Distribution equipment and substation (11TCN-21-84)	
地方電化技術 ガイドブック		EVN, 2003

#### b. 配電方式

Village Hydro の配電設備は供給範囲が狭いことから、低コストで維持管理も容易な低圧配電が適している。配電方式には単相方式と三相方式がある。単相供給がシンプルで低コストであるが、動力需要が大きい場合には三相モーターを駆動できるよう三相供給が必要となる場合もある。

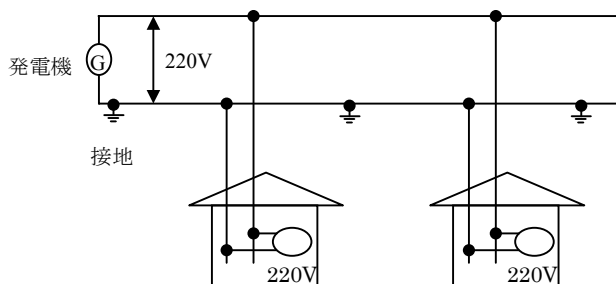


図 3-37 単相 2 線配電方式 (220V) 配電方式

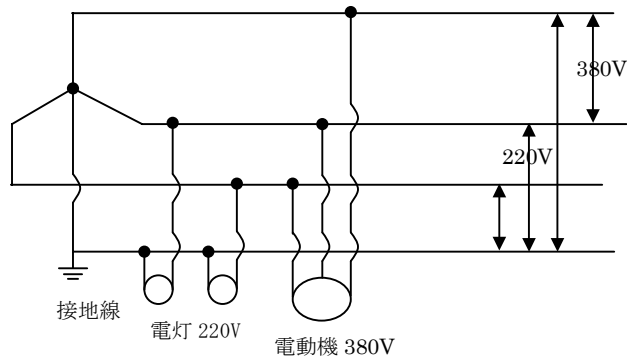


図 3-38 三相 4 線配電方式 (220/380V)

### c. 配電線ルート

配電線ルートは直線的なルートが好ましく、需要家の位置、工事の難易度、電圧降下などの要素を考慮して、いくつかのパターンの中から工事費用が最小となるよう選定する。

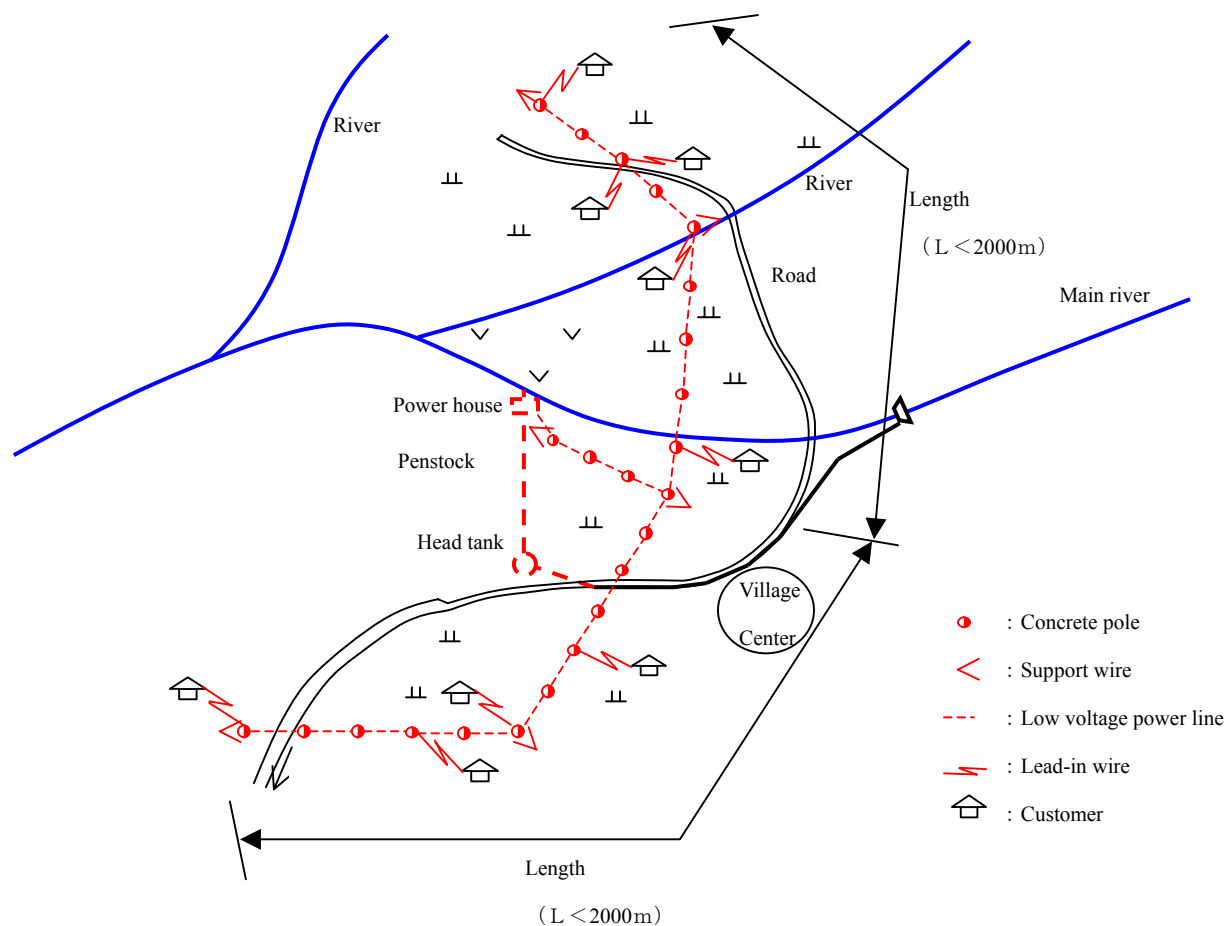


図 3-39 配電線ルート例

### d. 基本仕様

#### ① 基準電圧

供給電圧は配電線の末端において電気機器の利用可能電圧が許容範囲内に収めるよう設定する。基準電圧は 220V であり末端で 10%以内の電圧低下とするよう設計する。電圧低下電線に太物の線種を適用すれば電圧降下が抑えられ、供給範囲は拡大する反面、設備費は上昇する。発電機の送出電圧を 230V として配電線の電圧降下を補償するという方法もある。

## ② 配電設備の選定

ベトナム国内の使用実績が豊富な汎用品であり、グリット電化後も設備をそのまま継続使用できることを条件に選定する。

表 3-15 配電設備の選定

配電設備	選定	選定理由
支持物	鉄筋コンクリート柱	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 耐久性があり、寿命が長い。</li><li>・ 国内の使用実績が豊富。</li></ul>
電線	絶縁電線	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 感電防止、メンテナンス性に優れる。</li><li>・ 市場流通が広い。</li></ul>
装柱	水平方式	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 地上高さの確保が容易。</li><li>・ 強風など自然環境に強い。</li></ul>

## ③ 電柱径間および弛度

電柱の径間は 40m以内(地支線および補強柱を適用する場合は除く)とし、また弛度は径間の1～3%とする。

## ④ 電柱長さとは荷重

電柱長さとは荷重の決定は電線の太さとは条数、施設環境の状況を考慮し決定する。低圧配電となる Village Hydro では H7.5mタイプを標準とする。電柱荷重は、電線路の末端個所、電線路の曲がり部分、電線径間が 40m以上で補強が必要となる個所などについては高荷重型 (C タイプ)、その他には標準荷重型 (B タイプ) を適用する。鉄筋コンクリート柱の基礎設計は、電柱長さが 7.5m以下のとき、根入れ深さは 1.5mである。ただし、コンクリートによる基礎工事を実施した場合は 1.0mまで簡略化できる。

## ⑤ 電柱の現場製作

Village Hydro の場合、サイトが山間部奥地であるため電柱を現場まで輸送することが困難な場合がある。この場合には、型枠、鉄筋、セメントを持ち込み現地で電柱を製作することを検討する。

Low-voltage Concrete pole

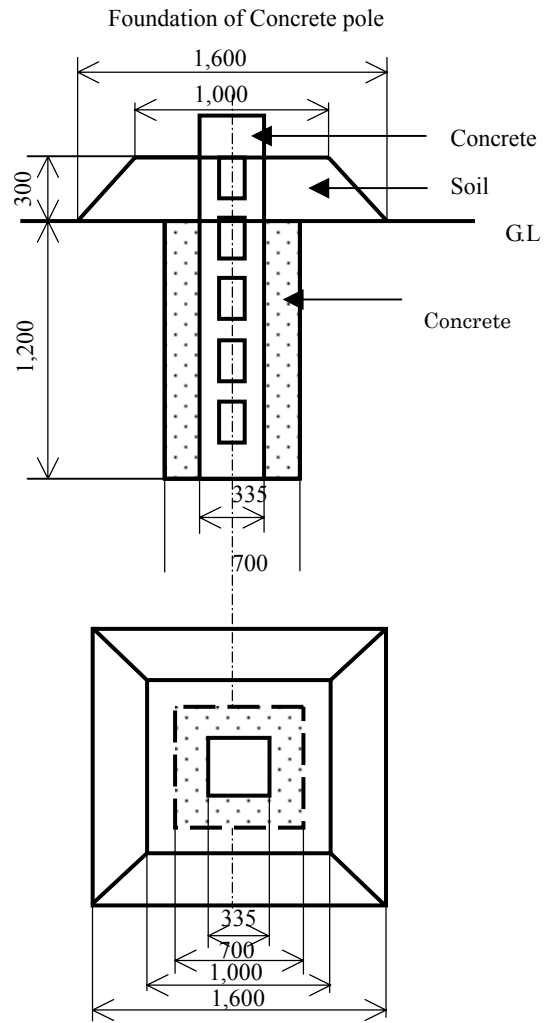
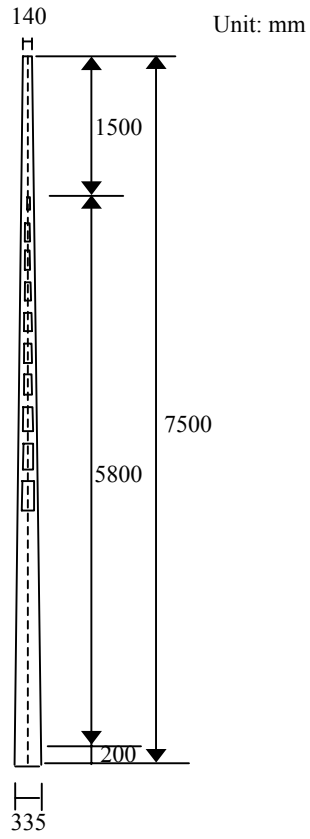


図 3-40 鉄筋コンクリート柱の基本仕様

### ⑥ 地支線

高荷重型には補強として地支線を取付け、電柱への荷重を分散させる。地支線ワイヤーおよび基礎設計は地方電化技術ガイドブックに準拠する。

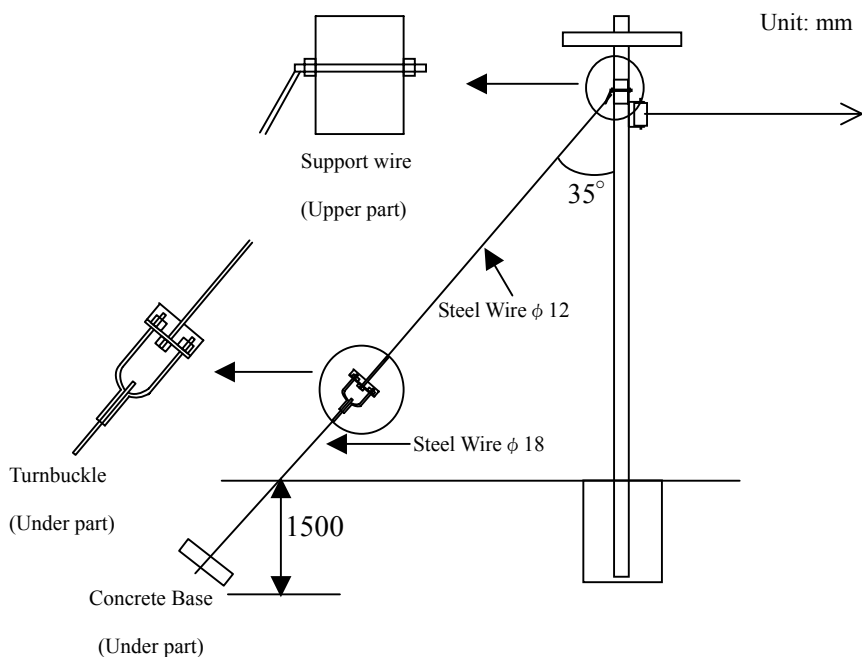


図 3-41 地支線の基本仕様

### ⑦ 電線太さの選定

Village Hydro では、ベトナムで広く用いられており、コストも安いアルミニウム絶縁電線 (Al-PVC) を使用する。電線太さは電圧降下計算を行い、供給電圧が許容範囲に入ることを確認し、決定する。

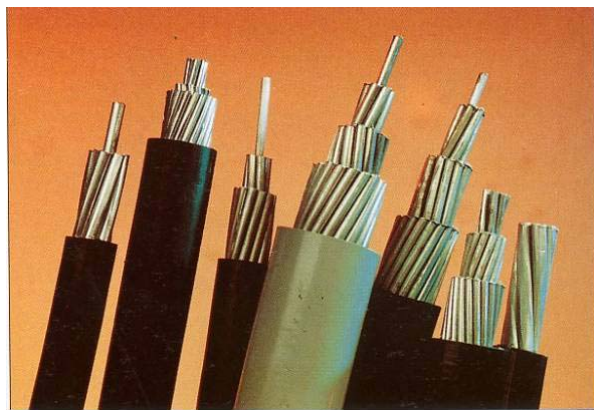


図 3-42 アルミニウム絶縁電線

表 3-16 低圧電線 (AL-PVC) 技術仕様

Item	Unit	Data			
		35	50	70	95
Nominal Area	(mm <sup>2</sup> )	35	50	70	95
Diameter Core	(mm)	8.4	9.6	11.4	13.5
Overall diameter	(mm)	12.0	13.2	15.4	17.5
Resistance of Conductor	(Ω/km)	0.78	0.60	0.42	0.30
Reactance of Conductor	(Ω/km)	0.28	0.27	0.26	0.26
Weight	(kg/km)	231	287	396	534

(出典) ベトナム電線メーカーのカタログ

### ⑧ 電圧降下計算

電線太さによって電圧降下量が異なる。配電線の電圧降下は以下の計算式によって求められる。

$$\Delta V = K \times I \times Z_e \times L \text{ (V)}$$

ここで  $\Delta V$ : 電圧降下量(V)

K: 送電方式係数 単相 2 線式は K=2、三相 4 線式は K= $\sqrt{3}$

I: 負荷電流 (A)

$Z_e$ : 電線 1 条の単位長さ当りの等価抵抗  $Z_e = R \cos\phi + X \sin\phi$  (Ω/km)

$\cos\phi$ : 負荷力率 (理論値  $\cos\phi=0.8$ )

R: 電線 1 km 当たりの抵抗値 (Ω/km)

X: 電線 1 km 当たりのリアクタンス値 (Ω/km)

L: 配電線の距離 (km)

#### 【電圧降下計算例：1】

5kW の需要が末端にある場合の電線太さ、長さ と電圧降下量を求めた。

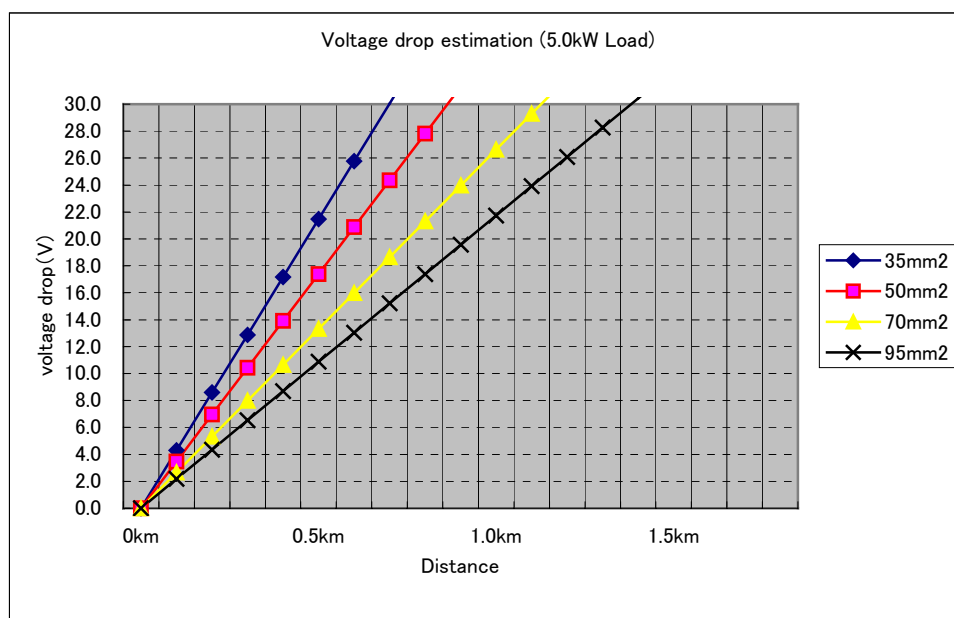
#### 電圧降下量計算結果 (末端負荷 5kW)

(Power factor  $\cos\phi=0.8$ )

Distance	Voltage Drop ( $\Delta V$ )			
	D 35mm <sup>2</sup>	D. 50mm <sup>2</sup>	D. 70mm <sup>2</sup>	D. 95mm <sup>2</sup>
0.1km	4.3	3.5	2.7	2.2
0.2km	8.6	7.0	5.3	4.3
0.3km	12.9	10.4	8.0	6.5
0.4km	17.2	13.9	10.7	8.7
0.5km	21.5	17.4	13.3	10.9
0.6km	25.8	20.9	16.0	13.0

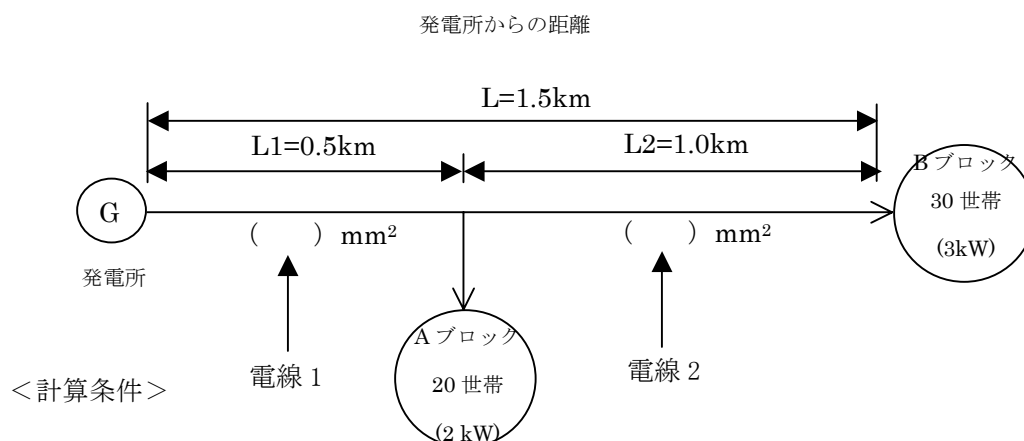


0.7km	30.1	24.3	18.6	15.2
0.8km	34.3	27.8	21.3	17.4
0.9km	38.6	31.3	24.0	19.6
1.0km	42.9	34.8	26.6	21.7
1.1km	47.2	38.3	29.3	23.9
1.2km	51.5	41.7	32.0	26.1
1.3km	55.8	45.2	34.6	28.3
1.4km	60.1	48.7	37.3	30.4
1.5km	64.4	52.2	39.9	32.6



【電圧降下計算例：2】

以下の配電モデルについて、末端の電圧を 200V 以上とする電線の組み合わせを求める。想定条件としては、負荷力率を 0.8、1 世帯あたりの需要を 100W としている。



K：送電方式係数（単相2線式はK=2、三相4線式はK=√3）

Ze：電線1条の単位長さ当たり等価抵抗  $Z_e = Z_e = R \cos\phi + X \sin\phi$  (Ω/km)

cosφ：負荷力率（cosφ=0.8とする）

低圧線 AL-PVC(95mm<sup>2</sup>) 1条の等価抵抗 Ze=0.40(Ω/km)

低圧線 AL-PVC(70mm<sup>2</sup>) 1条の等価抵抗 Ze=0.49 (Ω/km)

低圧線 AL-PVC(50mm<sup>2</sup>) 1条の等価抵抗 Ze=0.64 (Ω/km)

低圧線 AL-PVC(35mm<sup>2</sup>) 1条の等価抵抗 Ze=0.79 (Ω/km)

<計算結果>

区間 L1 (5kW 負荷)					区間 L2 (3kW 負荷)				
断面積	送出電圧 Es (V)	負荷電流 I (A)	電圧降下値 ΔV (V)	到達電圧 Er (V)	断面積	送出電圧 Es (V)	負荷電流 I (A)	電圧降下値 ΔV (V)	到達電圧 Er (V)
35mm <sup>2</sup>	230.0	27.2	21.5	208.5	35mm <sup>2</sup>	208.5	18.0	28.4	180.1
					50mm <sup>2</sup>	208.5	18.0	23.0	185.5
					70mm <sup>2</sup>	208.5	18.0	17.6	190.9
					95mm <sup>2</sup>	208.5	18.0	14.4	194.1
50mm <sup>2</sup>	230.0	27.2	17.4	212.6	35mm <sup>2</sup>	212.6	17.6	27.8	184.8
					50mm <sup>2</sup>	212.6	17.6	22.5	190.1
					70mm <sup>2</sup>	212.6	17.6	17.2	195.4
					95mm <sup>2</sup>	212.6	17.6	14.0	198.6
70mm <sup>2</sup>	230.0	27.2	13.3	216.7	35mm <sup>2</sup>	216.7	17.3	27.3	189.4
					50mm <sup>2</sup>	216.7	17.3	22.1	194.6
					70mm <sup>2</sup>	216.7	17.3	17.0	199.7
					95mm <sup>2</sup>	216.7	17.3	13.8	202.9
95mm <sup>2</sup>	230.0	27.2	10.9	219.1	35mm <sup>2</sup>	219.1	17.1	27.0	192.1
					50mm <sup>2</sup>	219.1	17.1	21.9	197.2
					70mm <sup>2</sup>	219.1	17.1	16.8	202.3
					95mm <sup>2</sup>	219.1	17.1	13.7	205.4

<検討結果>

末端電圧200Vを確保するには70mm<sup>2</sup>もしくは95mm<sup>2</sup>の組み合わせが必要となる。この場合、コスト比較から距離の短い区間L1に95mm<sup>2</sup>、区間L2には70mm<sup>2</sup>を採用する。

区間番号	距離 (Km)	選定パターン(AL-PVC)		
		ケース1	ケース2	ケース3
L1	0.5	70 mm <sup>2</sup>	95 mm <sup>2</sup>	95 mm <sup>2</sup>
L2	1.0	95 mm <sup>2</sup>	70 mm <sup>2</sup>	95 mm <sup>2</sup>
経済性評価		②	①	③

### ⑨ 計画停電用開閉器

Village Hydro では発電出力が不足する場合の対策として供給区域の一部への送電を停止することがある。このため、計画停電に対応できるよう配電線設置工事の段階で配電線の途中に開閉器を取り付けておく。

### ⑩ 系統接地

配電系統はベトナムの標準である一線連接接地方式を採用する。この一線連接接地方式は、接地線の電位を 0V、活線の電位を 220V とすることで対地電位を安定させ、相間での浮遊電圧の発生、電圧上昇の防止に効果がある。この場合、人が活線側に接触した場合、活線側の電位が高いことから、図 3-43 のような感電事故が発生する。配電線、引込線ともに PVC 絶縁電線を使用すれば感電の可能性は低下するが、感電事故の防止のため、非接地線には触れないよう住民に周知する。

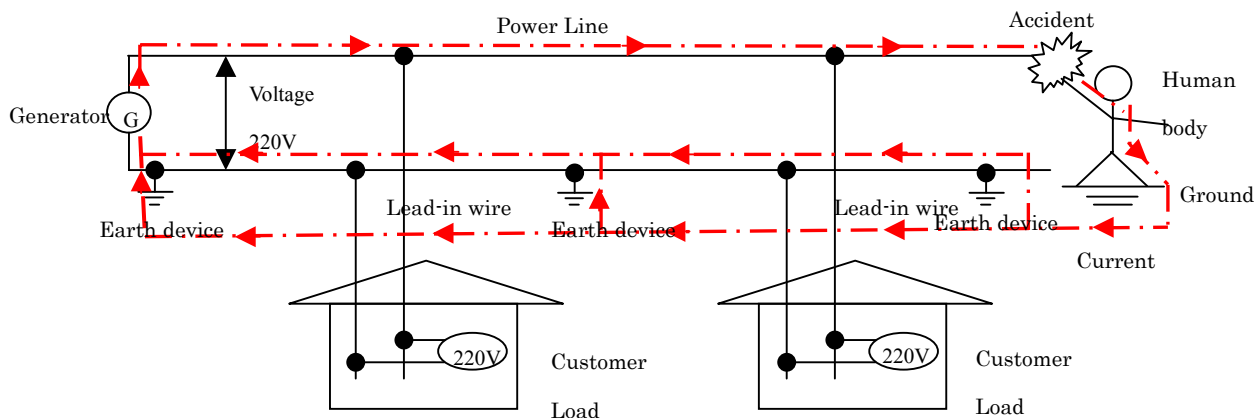


図 3-43 感電事故の発生

### ⑪ バッテリー充電装置

配電線による電力供給が困難な需要家対象にバッテリー充電装置を設置することがある。この場合、利用できる電気機器は直流 12V に対応したものとなる。



図 3-44 バッテリー充電装置

#### (4) 概算事業費用積算

Village Hydro の電化計画を立案した後、地方人民委員会（PPC）や各ドナーによる「電化計画の承認」を得ないと資金調達ができず、Village Hydro による地方電化事業が開始できない。承認を得るためには概算事業費を提示する必要がある。

概算事業費については発電設備と配電設備に分けて検討する。このうち、Village Hydro に特有の土木構造物や水車・発電機・制御装置については施工業者や製造メーカーからの情報を参考に積算を行う。配電線の工事についてはグリッド延長工事の場合と同様に積算すればよい。Village Hydro の場合には車輛によるアクセスが困難である地点が多いので資材の輸送費用に注意する。

表 3-17 工事費積算項目

項目		資材費	輸送費	労務費
発電設備工事費	土木設備			
	電気機械			
配電設備工事費				
間接費、税など				

工事費の目安としては 1kW 当たりの工事費が\$3,000 未満であることを目標とする。また、低圧配電線工事費は 1km 当たり\$5,000 程度、土木構造物や水車・発電機・制御装置を含めた発電設備の工事費は 1kW 当たり\$1,000 程度が目安となる。

## 4. 施工

設備施工はコミュニケーションからの発注に基づき建設会社が実施する。Village Hydro の工事内容は基本的に特殊なものではない。したがって、業者を選定する際は地元の建設業者の中から、小水力発電および送配電工事に関する経験豊富な業者を選定するという考え方でよい。なお、水車・発電機・自動制御装置は個別に発注するのではなく一体として専門メーカーに発注し、十分な工場内試験を行って性能を確認したものを購入する。また、配電設備については将来のグリッド接続後にも使用できるものであることを念頭に長期的な耐久性確保に注意する。

### (1) 工程計画

施工を順調に進めるためには、工程管理、安全管理、品質管理を確実に実施しなければならない。このうち工程管理については着工前に全体工程および各作業の施工手順を示す施工計画書を作成する必要がある。工事時期としてはアクセスが容易で流量も少なく工事しやすい乾季に行うのがよい。同時に住民の農作業繁忙期と重ならないよう注意する。

Village Hydro を必要とする村落の多くはグリッド延伸が難しい山岳地域に位置するため、車輛のアクセスが制限され資機材の運搬工程が全体工程を大きく左右する。土木工事に必要な砂、砂利等の資材をサイト付近でどの程度調達できるか調査することは重要である。また、注文品となる水車の製作・試験期間や、特殊品である耐圧型 PVC 管の在庫、納期など、工程に影響を及ぼす項目を確認しながら全体工程の立案を行う必要がある。

基本となる工程は、水路・発電所基礎施工→水車発電機搬入据付→水圧管路接続→運転試験 という工程である。運転試験の段階では配電線建設工事が完成していない場合も多く、この場合には発電所内での運転試験によって水車・発電機・制御装置の調整および試験を行い、性能を確認する。この作業は水車等の製造メーカーの技術者が実施する。工事工程の実例を表 4-1 に示す。

### (2) 施工管理

施工計画書に明記している作業内容および手順は作業員まで確実に周知しなければならない。そのためには、作業区域毎の責任者を明確化し、指示系統を機能させる必要がある。建設会社の技術者が不在で作業員のみで施工すると不具合が発生しやすい。技術者は品質管理に関して責任があり、作業スケジュールに基づきできるだけ施工個所に常駐できる体制づくりが必要である。また、これらの内容を徹底するため作業前ミーティング等を習慣化することが望ましい。

### (3) 安全管理

現場での資材運搬は人力によることが多い。斜面など危険な場所での作業も予想されるため重量物の運搬時における安全性の確保には特に注意する。なかでも水車（ケーシングを含む）や発電機はそれぞれ100kg以上となる場合が多く、その運搬方法は事前に十分検討し、作業前に搬入路を下見し足場を点検するなど、無理のない作業計画とする。また、サイト周辺の住民を補助要員として雇用することが多いため、安全な施工手順を事前に十分説明することにより安全かつ確実な施工が可能となり、工程確保にもつながる。



図 4-1 水車発電機の運搬作業

### (4) 品質管理

土木設備は水圧管路部分を除けば簡単な構造物であり、在来の資機材・技術によって実施可能で施工作业に大きな問題はないと考えられる。配筋作業、レンガ積み、モルタル仕上げなど各段階で仕上がり具合を確認する。コンクリートの品質については打設時の泥水混入による強度低下に留意する。特に、雨天時の施工においては泥水が混入しやすく、止水、排水を含めた仮設や施工手順の考え方を徹底させる必要がある。

水圧管路部分は大きな水圧がかかる構造物であるため漏水が生じないように慎重に施工する。埋め戻しを行う前に PVC 管の接続部分、鋼管の溶接部分などに漏水箇所がないことを確認する。漏水が発生した場合は、漏水箇所の外側にラバーを巻き付け金属バンドにて締め付けて止水するなどの対策を行い、完全に漏水がなくなったことを確認する。また、水圧管路の施工中に石などがパイプ内部に落下しないよう慎重に作業を行う。

配電設備工事には専門的な施工技術を伴うため技能工による作業が主体となる。その品質管理は通常の配電線工事の場合と同様である。

#### (5) 住民への対応

Village Hydro の完成後の維持管理を行う住民が設置工事の過程において作業内容をよく理解し、将来における設備保守の参考とできるよう、工事中における住民の参加を促し、設計や施工方法について十分説明し技術移転を図ることが必要である。

表 4-1 パイロット事業工事工程（実績）

