

第 12 章 ケース・スタディ

第 12 章 ケース・スタディ

12.1. 配電網延伸

12.1.1. 配電線現地調査箇所の選定

本ケース・スタディの目的は、将来、カウンターパート自身がマスタープランの見直しを行えるようにすることである。よって、以下の点を踏まえてカウンターパートと相談し、パイロット地点を選定した。

- 10 箇所程度の RGC を含んでいる
- 同じ州から複数選定しない
- 現地調査を安全に実施することができる

その結果、以下の配電線について、ケース・スタディを実施することとなった。

- Chilundu 新設変電所からの配電線（配電線番号 2） ルサカ
- Fig Tree 既設変電所からの配電線（配電線番号 1） 中央部
- Mazabuka 既設変電所からの配電線（配電線番号 1） 南部

12.1.2. 配電線現地調査方法

マスタープランで使用した地理情報システムには RGC、変電所、道路等の情報が入力されているが、これらのほとんどのデータは GPS を使用して得られたデータではないため、まず最初に、実際の位置を GPS で確認する。

次に RGC の状況等を確認し、柱上変圧器設置位置を選定する。また、配電線ルートについては、現地の現状、開発予定状況、道路状況等を考慮し、決定する。

現地で入手したデータをもとにマスタープランで作成した配電システムの修正を行い、再度電圧計算を行い、検証する。

12.1.3. 配電線現地調査結果

各ケースの結果を以下に示す。検討結果の図面は Appendix-D の通りである。

(1) Chilundu 新設変電所からの配電線

マスタープランで使用した地理情報システムのデータと実際の位置については、それほど大きな誤差はなかった。それは、この地域の RGC は主要道路に沿って RGC が点在している状況のためであると考えられる。

RGC の状況については、Boma を除き、以下のとおりであった。

- RGC の中心は学校や病院であり、規模は小さい
- 民家は RGC の中心部に比較的集まっているものの、周辺部にも散在している
- 主要道路沿いもしくは主要道路から 1~2km 程度離れたところに位置している

よって、柱上変圧器は主要道路近傍に設置することになると考えられる。

また、Boma の状況は以下のとおりであった。

- 役場、電話会社など、重要な設備があり、大規模である
- 既にディーゼル発電 (800kVA) が設置されており、11kV 配電線で配電されている
- 柱上変圧器は 5 台 (50kVA x 1、100kVA x 2、200kVA x 1、250kVA x 1) 設置されている

よって、33kV 配電線を設置する場合は、既設設備との取替えになると考えられる。

Kavalamanja へ電力を供給するルートとしては、2 つ考えられる。一つは Kakaro から配電線を延伸するルートであり、もう一つは Boma から延伸するルートである。Boma~Kavalamanja 間は、近い将来、ロッジやキャンプ場などが建設される予定となっているが、Kakaro~Kavalamanja 間は、現在民家はなく、また将来もプロジェクトは予定されていない。よって、Kavalamanja へはマスタープラン同様、Boma から延伸することとした。

これらを踏まえて、再度電圧計算を行った結果、Boma~Kavalamanja 間については配電線 1 回線で対応可能ということになった。

建設コストは下記のとおりであり、配電線の亘長が短くなった分、Case Study のほうが安価となった。

Original/ Case Study	Unit Cost (US\$) & Amount				FC (US\$) Foreign Costs (0.80166747)	LC (US\$)			Total (US\$)
	33kV DL	66kV TL	66/33 Tr 100kVA	New SS 10MVA		Domestic Costs (0.11816629)	Skilled Labor (0.032067)	Unskilled Labor (0.04810005)	
	(36,000)	(40,000)	(13,700)	(1,000,000)					
Original	216	90	51	0.5	10,080,728	1,485,906	403,229	604,844	12,574,700
Case Study	186.4	90	51	0.5	9,226,471	1,359,988	369,059	553,588	11,509,100

(2) Fig Tree 既設変電所からの配電線

マスタープランで使用した地理情報システムのデータと実際の位置を比較した結果、RGC や変電所の場所が大きく異なっており、幾つかの RGC へ電力を供給する変電所を変更する必要性が生じた。また、実際の名前と異なっている RGC もあった (Waya→4Ways)。

RGC の状況については、以下のとおりであった。

- RGC の中心は学校や病院であり、規模は小さい
- Monboshi には何もなかった (川のみ)
- 民家は RGC の中心部に比較的集まっているものの、周辺部にも散在している

- ▶ 主要道路沿いもしくは主要道路から 1~2km 程度離れたところに位置している

よって、柱上変圧器は主要道路近傍に設置することになると考えられる。

Kasosolo、Kabanga および Mukulushi は Fig Tree 変電所よりも Kabwe 変電所のほうが近く、Chombela および Kayosha は Coventry 変電所のほうが近い。よって、Fig Tree 変電所から供給するのは、Simukuni、4Ways、Lifwambula、Momboshi および Kabangala の 5RGC となる。

これらを踏まえて、再度電圧計算を行った結果、変電所から Simukuni および 4Ways への距離が長くなったが、電圧は基準値を確保できていることが確認できた。また、そのほかの 3RGC については、全体の需要が減少し、距離が短くなったため、電圧降下は減少した。

建設コストは下記のとおりであり、4 つの RGC を除いたことにより、配電線の亘長が短くなり、需要も減少したことから、このプロジェクトのコストは大幅に減少した。ただし、その分は他のプロジェクトに上乘せされることになる。

Original/ Case Study	Unit Cost (US\$) & Amount			FC (US\$)	LC (US\$)			Total (US\$)
	33kV DL	66/33 Tr 100kVA	33kV Bay Extension	Foreign Costs	Domestic Costs	Skilled Labor	Unskilled Labor	
	(36,000)	(13,700)	(99,300)	(0.80166747)	(0.11816629)	(0.032067)	(0.04810005)	
Original	206	29	1	6,343,274	935,003	253,731	380,596	7,912,600
Case Study	124.2	15	1	3,828,764	564,362	153,151	229,726	4,776,000

(3) Mazabuka 既設変電所からの配電線

マスタープランで使用した地理情報システムのデータと実際の位置を比較したところ、RGC および変電所の位置は、かなり異なっていた。また、マスタープランで使用した地理情報システムには記載されていない道路も存在した。さらに、ZESCO から入手した配電設備データには記載されていない 33kV 配電線が数多く存在した。

RGC の状況については、以下のとおりであった。

- ▶ RGC の中心は学校や病院であり、規模は小さい
- ▶ 民家は RGC の中心部に比較的集まっているものの、周辺部にも散在している
- ▶ 主要道路沿いもしくは主要道路から 1~2km 程度離れたところに位置している

よって、柱上変圧器は主要道路近傍に設置することになると考えられる。

配電線のルートについては、変電所や RGC の実際の位置や道路のコンディションを考慮し、当初案を変更した。

これらを踏まえて、再度電圧計算を行った結果、変更後の配電線ルートはマスタープランの案と異なるものの、需要がそれほど大きくないことから、基準値を確保していることが確認できた。

コストは下記のとおりであり、配電線の亘長が短くなった分、Case Study のほうが安価となった。

Original/ Case Study	Unit Cost (US\$) & Amount			FC (US\$)	LC (US\$)			Total (US\$)
	33kV DL	66/33 Tr 100kVA	33kV Bay Extension		Foreign Costs	Domestic Costs	Skilled Labor	
	(36,000)	(13,700)	(99,300)	(0.80166747)	(0.11816629)	(0.032067)	(0.04810005)	
Original	163	25	1	5,058,361	745,606	202,334	303,502	6,309,800
Case Study	148.9	25	1	4,651,435	685,624	186,057	279,086	5,802,200

12.1.4. 結論

ケース・スタディを行った結果、今回作成したマスタープランを大幅に変更せざるを得ない状況であることが分かった。これは、地理情報システムに入力されている RGC、変電所、配電線等の位置データが正確さに欠けていたり、未入力の道路情報があったりしたためである。配電系統計画を行うにはこれらの正しい情報が必須である。よって、カウンターパートにはこれらの情報を関連するすべてのデータを GPS で取得し、地理情報システムに入力することを推奨する。

12.2. 小水力発電による地方電化

12.2.1. 実施目的

小水力発電ポテンシャル調査を実施した地点の中から、特に有望と思われる 2 地点を選定し、ケーススタディーを実施する。なお、小水力発電を含む再生可能エネルギーによるケーススタディーは、当初 1 地点の予定であったが、カウンターパートからの強い要望により、2 地点とすることで合意した。選定された 2 地点のケーススタディーの実施目的は、下記の通りである。

- Pre-F/S レベルの調査、発電所設備の概略設計および経済性評価を行い、対象地点の技術的、財務的妥当性を検証する。
- 発電所運営形態の提案を行い、地方電化マスタープランをより実用的なものとする。
- ケーススタディーをカウンターパート機関と協働で実施し、小水力発電所開発に関する技術移転を行う。

12.2.2. ケーススタディー対象地点の選定

(1) ケーススタディー対象地点選定条件

対象となる 2 地点は、小水力発電ポテンシャル調査で現地調査を実施した 25 地点の中から、下記条件に基づき選定する。

- ① 対象 2 地点は、地点の偏りを避けるため、北西部州から 1 地点、北部州またはルアブラ州より 1 地点を選定する。
- ② 地方電化マスタープランにおいて、最適電化方式選定において実際に選択された地点であること。
- ③ 電化対象 RGC の電化優先順位が高いこと。

(2) ケーススタディー地点の選定

前述の選定条件を元に、ケーススタディー対象地点を選定する。調査を実施した 25 地点のうち、開発の見込みがあると判断された地点は 9 地点存在する。これら 9 地点の概要について、表 12-1 に示す。このうち、北西部州が 5 地点、北部州およびルアプラ州が 4 地点であり、選定基準①より、これらよりそれぞれ 1 地点を選択することになる。

北西部州の 5 地点のうち、マスタープランにおける最適電化方法選定段階で選定されたのは、Upper Zambezi 地点と Mujila Falls Lower 地点の 2 地点である（表 12-1 の最下段にて”Hydro”と表示されている地点。”D/L”は配電線延伸による電化を指す）。基準③に従えば、電化優先順位の高い Ikelenge RGC を供給地域に含む Upper Zambezi 地点が選択されることとなるが、Ikelenge RGC は 2007 年 7 月に竣工した 700kW の Zemgamina 水力発電所により既に電化されているおり、Upper Zambezi 地点は将来の供給力不足を補うという位置付けであることから、当発電所建設によるインパクトは低いと判断できる。よってケーススタディーの 1 地点目は、Mujila Falls Lower 地点に決定する。

北部州およびルアプラ州の 4 地点の中で、最適電化方法選定段階で選択された地点は皆無であった。従って、基準③の電化対象 RGC の優先順位の高い地点を選択することは無意味である。よって、2 地点目のケーススタディー地点については、技術移転に主眼を置き、これら 4 地点の中で最もアクセス条件が良く、かつ地形的に最も典型的な水力発電所開発ができると考えられる Chilambwe Falls 地点とした。加えて、Chilambwe Falls 地点付近は Kasama 郡と Mporokoso 郡の中間に位置するが、それぞれの郡中心部は別方向から既に電化されているため、この 2 郡を結ぶ ZESCO の送電線が建設される見込みはなく、分散電源の特に必要な地域であると言える。

以上より、ケーススタディー地点は、Mujila Falls Lower (MFL) 地点および Chilambwe Falls 地点に決定した。なお、この地点選定は、カウンターパートと協議の上で決定されたものである。

表 12-1 有望小水力発電ポテンシャル地点

Name of the Site	Upper Zambezi	Mujila Falls Lower	Mujila Falls Upper	Kasanjiku Falls	Chauka Matambu Falls	Namukale Falls	Chilambwe Falls	Mumbuluma Falls	Chitongo Falls
Province	Northwestern	Northwestern	Northwestern	Northwestern	Northwestern	Northern	Northern	Northern	Lusapula
District	Mwinilunga	Mwinilunga	Mwinilunga	Mwinilunga	Mwinilunga	Mpulungu	Mporokoso	Mporokoso	Kawambwa
Name of the River	Zambezi	Mujila	Mujila	Kasanjiku	West Lumuwana	Lunzua	Kafubu	Luangwa	Lufubu
Effective Head [m]	8.0	17.1	13.2	9.0	9.1	15.0	37.8	13.0	37.2
Designed Discharge [m ³ /s]	6.0	10.0	4.0	4.5	2.5	2.3	1.0	9.0	1.7
Potential [kW]	360	1400	420	320	160	270	300	930	500
Electrified RGC 1	Ikelenge	Kanyama (incl. 2 villages)	Kanyama	Ntambu	Lumuwana	Mpungu Central	Kaputu	Kalabwe	Kanengo
Number of Households in 2006	1763	921	521	416	310	2000	512	425	60
Potential Demand in 2030 [kW]	1996	1065	598	532	371	2201	610	471	79
Priority Order	57	671	671	322	526	1	95	453	1029
Priority in the District	2	4	4	1	5	4	14	10	3
Electrified RGC 2	Nyakaseya	Kakoma					Sibwalya Kapila	Sunkutu	Chibote
Number of Households in 2006	400	301					3646	360	90
Potential Demand in 2030 [kW]	403	350					4013	306	133
Priority Order	445	551					13	512	907
Priority in the District	3	17					2	8	4
Cost Estimation [thousand US\$]	2,290	9,782	2,264	3,521	2,000	2,068	3,604	5,504	5,763
Electrification Method in the Master Plan	Hydro	Hydro	D/L	D/L	D/L	D/L	D/L	D/L	D/L

12.2.3. 実施結果 1 : Mujila Falls Lower 地点

(1) 需要地域と需要想定

MFL 地点に発電所を建設した場合の需要地として、最寄RGCであるKanyama RGCと、KanyamaRGCから約 60km東側に存在するKakoma RGCが挙げられる。Kakoma RGCは 60kmも離れており、配電線建設費用が嵩むことになる。しかし、これらRGCを配電線延伸にて電化する場合、幹線道路のある南方からKanyama RGCを通過してKakoma RGCを結ぶと考えられ、ゆえにKanyama RGCはMFL発電所、Kakoma RGCは配電線延伸で電化するという選択肢はありえない。よってMFL発電所を建設する場合、そこより末端側にある全てのRGC、ここではKanyama RGCとKakoma RGCが必然的に電化対象地域となる。図 12-1にMFL地点と需要地の位置図を示す。

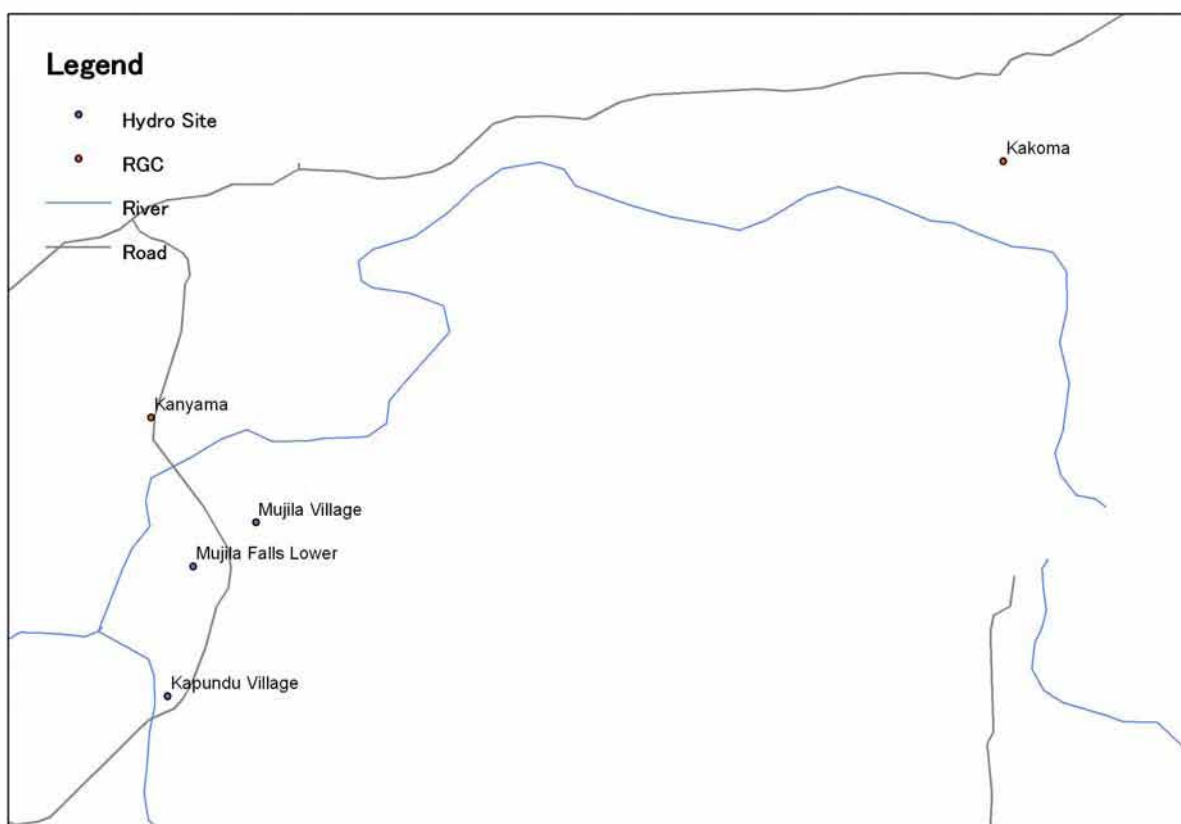


図 12-1 水力ポテンシャル地点と需要地の位置

電化対象地域の存在需要を調査するため、Kanyama RGC にて社会調査を実施した。調査においては、需要想定の主要要因である家屋、ハンマーミル、公共設備および商用設備の数を調査した。マスタープランにおける電化対象地域は、原則的に RGC 中心部のみであるが、現地調査において、Kanyama 地域に属する Mujila 村と Kapundu 村について、電化対象に含めるべきではないか、という議論がカウンターパートと成された。これら 2 村落を調査した結果、Mujila 村には大規模農業組合が、Kapundu 村には小学校と地域最大規模のヘルスクリニックが存在し、なおかつ両村とも幹線道路沿いにあり、両地域合計の配電線追加延伸距離は 10km 程度であること

から、これら 2 村落を MFL 発電所の供給範囲に含めて検討を進めることとした。

表 12-2にこれら地域における、社会調査の結果を示す。なお、Kakoma RGCについてはアクセス道路の状態が悪く自動車の走行が不可能であり、調査は実施できなかったため、第 2 回ワークショップにて郡政府より収集した村落社会データを引用した。

村落社会調査結果を踏まえ、5 年毎の需要想定を行い、その結果を表 12-3に示す。表中における需要値は、その年におけるピーク電力を示している。日間の最大需要は 19 時であり、11 時～13 時の昼ピーク帯と 18 時～20 時の夜ピークが存在する需要形態である。需要想定結果より、マスタープランがターゲットとしている 2030 年の合計想定需要は、約 1,400kWとなった。

表 12-2 村落社会調査結果 (KanyamaArea, Kakoma RGC)

	Kanyama Area			Kakoma RGC
	Kanyama RGC	Mujila Village	Kapundu Village	
No. of Households (as of 2006)	521	200	200	301
No. of Population (as of 2006)	4,000	-	-	1,806
No. of Hammer Mills (as of 2006)	5	2	1	0
Number of Existing Public Facilities	15	2	2	5
1) Basic / Primary School	1	1	1	1
2) Secondary School [under construction]	[1]			
3) Tertiary School				
4) Hospital				
5) Health Centre (Clinic) / Health Post	1		1	1
6) Police Office / Station				
7) Post Office				
8) Church	9			2
9) Mosque				
10) Community Centre				
11) (Agricultural) Depot	2	1		
12) Orphanage				
13) Central Government Office				
14) Provincial Government Office				
15) District Government Office				
16) Other Local Administration Offices				
17) Court	1			1
18) Others				
Number of Existing Business Entities	16	2	0	6

表 12-3 ピーク需要想定 (Kanyama Area, Kakoma RGC)

	Kanyama Area [kW]			Kakoma RGC [kW]	Total [kW]
	Kanyama RGC	Mujila Village	Kapundu Village		
Current (2006)	301	125	125	176	727
2010	349	138	139	196	822
2015	393	154	154	235	936
2020	458	173	173	264	1,068
2025	531	194	195	297	1,217
2030	598	234	234	350	1,416

(2) 発電所出力の決定

図 12-2に、MFL地点の想定流況曲線を示す。これは、MFL地点の存在するMujila川の本流にあたるWest Lunga川にある測水所における流量データを、第 8 章 8.4.1(3)に示す方法でMFL地点の流量相当に換算して作成したものである。実際の河川流量測定結果は、50%可能流量程度に相当する 2007 年 6 月 1 日が 15.02m³/s、80%可能流量程度に相当する 2007 年 10 月 17 日が 13.38m³/s であった。いずれの実流量も、流況曲線より 2~3 m³/s程度、割合にして 20%程度多いという結果になった。これは直前の雨期の雨量が例年を上回るものであったことに起因していると考えられる。

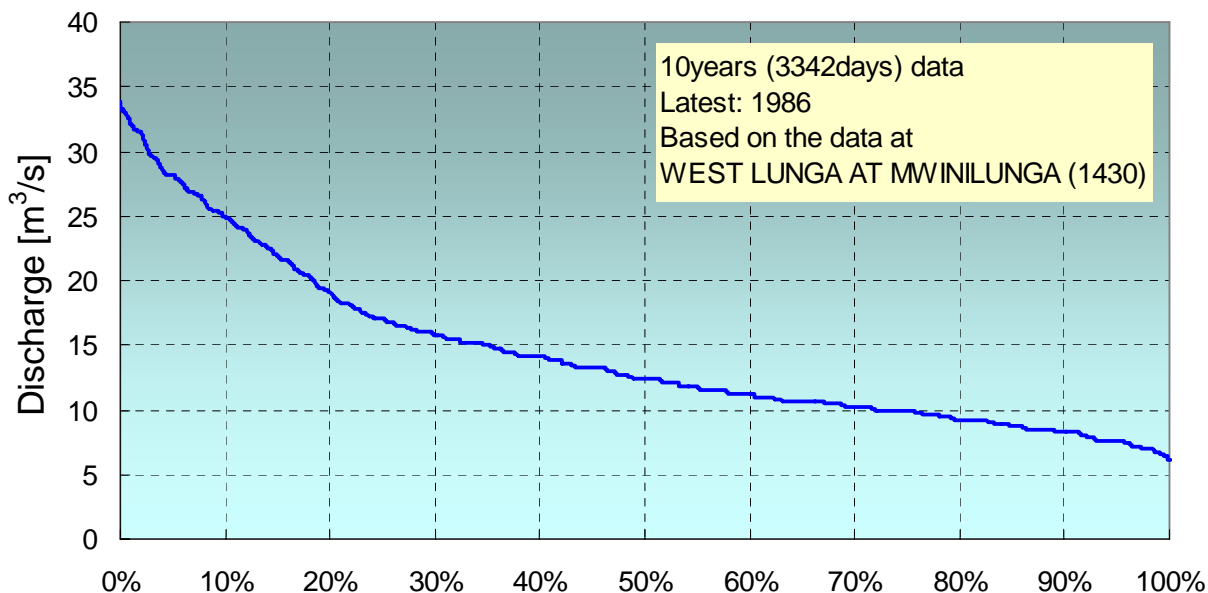


図 12-2 MFL 地点流況曲線

図 12-2より、70%、80%、90%、および 100%可能流量を求め、有効落差を 17.1mとして、発電所の出力を算出した。その結果を表 12-4に示す。自流式水量発電の単独電源による地方電化プロジェクトでは、80%~90%可能流量を設計流量とするのが一般的であるが、当地点の想定需要

である 1,400kW の出力を達成するには、70% 可能流量相当の流量が必要となることが解る。MFL 地点は自流式発電所ではあるが、取水堰地点の直上流は広大な窪地になっており、5m 程度の堰により、この窪地が少なくとも 200,000 m³ の総貯水容量を持つ池となる。100% 可能流量と 70% 可能流量の差である約 4 m³ の水を約 5 時間供給し続けたとしても 86,400 m³ であることから、乾期であってもピーク時間帯に 10 m³/s 程度での運転が十分可能であり、ここで消費した水量は夜間～午前中にかけて満水まで十分回復できることから、設計流量を 10.4 m³/s、発電所定格出力を 1,400kW とする。

表 12-4 MFL 地点流量と発電所出力

	River Flow [m ³ /s]	Generation Capacity [kW]
100% availability	6.12	828
90% availability	8.27	1,120
80% availability	9.21	1,246
70% availability	10.20	1,380

(3) 発電所設計

表 12-5に、MFL発電所の設計諸元を示す。2030 年の最大需要を想定し、総出力 1,400kWとしているが、オフピーク時間帯の需要は 400kW程度であり、水車 1 台とすると、極端な低負荷運転を強いられる時間が長くなることから、主機構成は 700kW×2 台とした。これにより、水車点検時や不具合発生時においても、地域が完全に停電する、という事態は回避できる。

表 12-5 Mujila Falls Lower 発電所設計諸元

Plant parameters		Mujila Falls Lower Project
Rated output		1,400kW
No. of units		Two [700kW x 2 units]
Design discharge		10.4m ³ /s
Effective head		17.1m
Civil facilities		
Weir		Stone masonry with flushing gate H=5m, L=35m
Intake channel		Open channel B=3.5m, H=3.0m, L=20m
Silt basin		No need
Headrace		Non-pressure tunnel B=2.4m, H=2.8m, L=284m
Tailrace		Open channel B=3.0m, H=2.5m, L=10m x 2 lines
Spillway		Open channel B=1.5m, H=1.2m, L=36m
Head tank		Open channel B=7.0m, H=5.5m, L=20m
Penstock		Exposed type D=1.6m, t=6mm, L=20m x 2 lines
Powerhouse		Stone masonry, Aboveground type 10m x 20m x 8m
Electrical Equipment		
Turbine		Cross-flow turbine with sprit guide-vane H _{max} =17.1m, Q _{max} =5.2m ³ /s, P _{tmax} =740kW
Generator		3-phase synchronous generator Rated output: 800kVA, Voltage: 6.6kV Power factor: 0.9, Frequency: 50Hz
Main transformer		Outdoor type Capacity: 1600kVA, Voltage: 6.6kV/33kV
Distribution line		3 phase, 3 wires, Overhead distribution line Voltage: 33kV, L=85km
Pole transformer		Outdoor type Voltage: 33kV/400V, Capacity: 100kVA x 17 units

(4) 発電所建設費用算出

上記発電所設計に基づき、MFL発電所建設費用を算出した。その結果を表 12-6に示す。

表 12-6 Mujila Falls Lower 発電所建設費用

	Quantity	Unit Price	Price
I. Construction Cost			6,165,040 US\$
i) Civil Engineering			1,235,030 US\$
[Weir, Intake, Headtank and Power house]			
Concrete	200 m ³	600 US\$/m ³	120,000 US\$
Rebar	20 t	1,400 US\$/t	28,000 US\$
Masonry	1,201 m ³	150 US\$/m ³	180,150 US\$
Excavation, common	504 m ³	10 US\$/m ³	5,040 US\$
Excavation, rock	2,015 m ³	60 US\$/m ³	120,900 US\$
[Channel and Tailrace]			
Masonry	200 m ³	150 US\$/m ³	30,000 US\$
Excavation, common	73 m ³	10 US\$/m ³	730 US\$
Excavation, rock	291 m ³	60 US\$/m ³	17,460 US\$
Concrete	532 m ³	600 US\$/m ³	319,200 US\$
Tunnel	284 m	1,000 US\$/m	284,000 US\$
[Penstock and Spillway]			
Concrete	59 m ³	600 US\$/m ³	35,400 US\$
Rebar	6 t	1,400 US\$/t	8,400 US\$
Excavation, common	63 m ³	10 US\$/m ³	630 US\$
Excavation, rock	252 m ³	60 US\$/m ³	15,120 US\$
[Steel Structures]			
Gate and Screen	15 t	2,800 US\$/t	42,000 US\$
Penstock	10 t	2,800 US\$/t	28,000 US\$
ii) Mechanical & Electrical Equipment			4,450,900 US\$
Turbine, Gen and Tr	2 Unit	579,000 US\$	1,158,000 US\$
33kV distribution line	85 km	36,000 US\$/km	3,060,000 US\$
33kV/400V Transformer	17 Unit	13,700 US\$/Unit	232,900 US\$
iii) Temporary Works			479,110 US\$
Access Road	5 km	30,000 US\$	150,000 US\$
Road maintenance	1 LS	3,000 US\$	3,000 US\$
Others [30% of i)]	1 LS	326,110 US\$	326,110 US\$
II. Engineering Service Cost			493,204 US\$
8.0% of Item I	1 LS	493,204 US\$	493,204 US\$
III. Overhead Cost			1,541,260 US\$
25.0% of Item I	1 LS	1,541,260 US\$	1,541,260 US\$
IV. Profit Margin			1,233,008 US\$
20.0% of Item I	1 LS	1,233,008 US\$	1,233,008 US\$
Grand Total			9,432,512 US\$

(5) 経済性評価

MFL地点は、700kW×2 ユニットの設備構成であることから、一度に 2 台の水車を設置する場合 (Case A-1) と、2 台目の水車発電機を後から設置する場合 (Case A-2) とで、経済性の比較を行う。Case A-2 では、第 1 期工事で 2 号機用水圧鉄管を除く全ての土木工事と 1 号水車発電機 (700kW) の設置を行う。この段階での供給範囲は、Kanyama RGCおよびMujila村とした。この 2 地点合計の最大需要が 700kWを越えるタイミングである 2024 年から第 2 期工事を行い、2 号機用水圧鉄管および 2 号水車発電機を設置する。併せて、Kakoma RGCとKapundu村も供給範囲に加えるため、この 2 地点への 33kV配電線 69kmを設置する。第 1 期工事の工事費用は 4,547,283UD\$, 第 2 期工事の工事費用は 4,892,604US\$と試算した。Case A-1 およびCase A-2 について、それぞれFIRRを算出し、表 12-7に示す。電気料金設定は、表中に示すように、現状の ZESCOの電気料金とした。

表 12-7 2号水車投入時期による経済性比較

Tariffs	Case A-1		Case A-2	
	ZESCO Charge		ZESCO Charge	
	K	US \$	K	US \$
Households tariffs	102	0.026	102	0.026
Monthly fixed charge	8,475	2.12	8,475	2.12
Commercial tariffs	245	0.06	245	0.06
Monthly fixed charge	43,841	10.96	43,841	10.96
Social tariffs	201	0.05	201	0.05
Monthly fixed charge	34,839	8.71	34,839	8.71
FIRR	-1.16 %		-1.75 %	

FIRRを算出した結果、いずれのケースにおいても負のFIRRとなった。独立系等の小水力発電開発では、将来に渡り単独で電力を供給するため、導入当初においては過剰出力となるうえ、オフピーク時間帯の余剰電力を既存系統に売却できず、いっ水が多く発生する。このような理由から、ZESCOと同レベルの安価な電力料金設定では、単独プロジェクトとしては成り立たない。そこで、3.3.2 (3) a)で述べた既設Zengamina発電所で採用されている電力料金レベルでFIRRを試算し、ZESCO料金の場合との比較を行った。Case A-1 についての比較結果を表 12-8に、Case A-2 についての比較結果を表 12-9示す。

表 12-8 電気料金設定による経済性比較（単一フェーズ建設ケース）

Tariffs	Case A-1-1		Case A-1-2		Case A-1-3	
	ZESCO Charge		Zengamina HP Commodity Charge		Zengamina HP Fixed Charge	
	K	US \$	K	US \$	K	US \$
Households tariffs	102	0.026	440	0.11	-	-
Monthly fixed charge	8,475	2.12	50,000	12.50	40,000	10.00
Commercial tariffs	245	0.06	440	0.11	600	2.00
Monthly fixed charge	43,841	10.96	50,000	12.50	50,000	15.00
Social tariffs	201	0.05	440	0.11	600	2.00
Monthly fixed charge	34,839	8.71	50,000	12.50	50,000	15.00
FIRR	-1.16 %		6.56 %		1.62 %	

表 12-9 電気料金設定による経済性比較（2 フェーズ建設ケース）

Tariffs	Case A-2-1		Case A-2-2		Case A-2-3	
	ZESCO Charge		Zengamina HP		Zengamina HP	
	K	US \$	K	US \$	K	US \$
Households tariffs	102	0.026	440	0.11	-	-
Monthly fixed charge	8,475	2.12	50,000	12.50	40,000	10.00
Commercial tariffs	245	0.06	440	0.11	600	2.00
Monthly fixed charge	43,841	10.96	50,000	12.50	50,000	15.00
Social tariffs	201	0.05	440	0.11	600	2.00
Monthly fixed charge	34,839	8.71	50,000	12.50	50,000	15.00
FIRR	-1.75 %		7.69 %		1.76 %	

Case A-1、Case A-2 共に、Zengamina 発電所と同程度の従量料金制とした場合（Case A-1-2、Case A-2-2）のみ、比較的高い FIRR 値となり、プロジェクトとして成立する可能性を示した。ここで試算した 4 ケースの経済性分析結果の詳細を表 12-10～表 12-15 に示す。

ZESCO レベルの料金では、水車 2 台、1,400kW を一度に建設する Case A-1 の方が高い FIRR を示したが、料金を高額にした場合、700kW ずつ 2 フェーズに分けて建設する Case A-2 の方が高い FIRR を示した。ゆえに、開発に際しては、割高の電気料金を設定することを前提に、2 フェーズに分けて水車を導入する Case A-2 の方が有利であると言える。

表 12-10 Case A-1-1 財務諸表

FIRR = -1.16%								
Discount Factor = 12.00%								
Year	Capital Costs US\$	Operational costs US\$	Total Cost US\$	Present Cost US\$	Power Supply MWh	Revenues MWh	Net Revenue US\$	Net Present Value US\$
0	2,642,714		2,642,713.73	2,642,713.73			(2,642,713.73)	(2,642,713.73)
1	5,285,427		5,285,427.47	4,719,131.67			(5,285,427.47)	(4,719,131.67)
2	2,642,714	107,271.73	2,749,985.46	2,192,271.57	3,409,337	138,337.33	(2,611,648.13)	(2,081,989.90)
3		107,271.73	107,271.73	76,353.90	3,564,356	146,775.18	39,503.45	28,117.78
4		107,271.73	107,271.73	68,173.12	3,665,069	151,766.95	44,495.22	28,277.52
5		107,271.73	107,271.73	60,868.86	3,740,695	155,762.75	48,491.02	27,515.11
6		107,271.73	107,271.73	54,347.19	3,831,394	160,397.13	53,125.41	26,914.98
7		107,271.73	107,271.73	48,524.28	3,991,472	169,189.77	61,918.05	28,008.58
8		107,271.73	107,271.73	43,325.25	4,095,167	174,234.05	66,962.32	27,044.96
9		107,271.73	107,271.73	38,683.26	4,179,735	178,811.14	71,539.41	25,797.83
10		107,271.73	107,271.73	34,538.62	4,284,527	184,382.70	77,110.97	24,827.67
11		107,271.73	107,271.73	30,838.06	4,456,530	194,063.19	86,791.46	24,950.47
12		107,271.73	107,271.73	27,533.98	4,572,731	199,931.95	92,660.23	23,783.57
13		107,271.73	107,271.73	24,583.91	4,679,844	206,278.04	99,006.31	22,689.69
14		107,271.73	107,271.73	21,949.92	4,859,796	216,641.82	109,370.10	22,379.29
15		107,271.73	107,271.73	19,598.14	4,980,487	223,432.97	116,161.24	21,222.22
16		107,271.73	107,271.73	17,498.34	5,112,255	230,245.36	122,973.63	20,059.66
17		107,271.73	107,271.73	15,623.52	5,289,080	241,067.51	133,795.79	19,486.60
18		107,271.73	107,271.73	13,949.57	5,412,662	247,840.30	140,568.58	18,279.48
19		107,271.73	107,271.73	12,454.97	5,540,941	254,988.25	147,716.52	17,150.89
20		107,271.73	107,271.73	11,120.51	5,770,627	268,816.15	161,544.43	16,746.79
21		107,271.73	107,271.73	9,929.03	5,890,366	275,822.46	168,550.73	15,600.99
22		107,271.73	107,271.73	8,865.20	6,028,763	283,706.50	176,434.77	14,581.01
23		107,271.73	107,271.73	7,915.36	6,222,990	296,372.02	189,100.30	13,953.32
24		107,271.73	107,271.73	7,067.29	6,363,714	304,622.59	197,350.87	13,001.89
25		107,271.73	107,271.73	6,310.08	6,538,609	316,863.50	209,591.77	12,328.88
26		107,271.73	107,271.73	5,634.00	6,675,921	325,672.71	218,400.99	11,470.60
27		107,271.73	107,271.73	5,030.36	6,864,559	338,593.24	231,321.51	10,847.49
28		107,271.73	107,271.73	4,491.39	7,012,775	347,901.66	240,629.94	10,075.00
29		107,271.73	107,271.73	4,010.17	7,185,843	360,950.52	253,678.79	9,483.34
30		107,271.73	107,271.73	3,580.51	7,320,823	369,764.31	262,492.59	8,761.46
31		107,271.73	107,271.73	3,196.88	7,524,792	384,802.33	277,530.60	8,270.89
32		107,271.73	107,271.73	2,854.36	7,693,922	395,764.50	288,492.77	7,676.41
33		107,271.73	107,271.73	2,548.53	7,877,404	409,791.97	302,520.25	7,187.20
34		107,271.73	107,271.73	2,275.48	8,029,715	420,247.13	312,975.40	6,638.92
35		107,271.73	107,271.73	2,031.68	8,252,347	436,784.49	329,512.77	6,240.82
36		107,271.73	107,271.73	1,814.00	8,437,568	448,962.54	341,690.81	5,778.09
37		107,271.73	107,271.73	1,619.64	8,619,958	463,934.77	356,663.04	5,385.07
38		107,271.73	107,271.73	1,446.11	8,819,927	479,867.45	372,595.73	5,022.88
39		107,271.73	107,271.73	1,291.17	8,976,237	491,767.14	384,495.42	4,627.95
40		107,271.73	107,271.73	1,152.83	9,199,931	508,974.15	401,702.42	4,317.01
41		107,271.73	107,271.73	1,029.31	9,357,845	523,944.71	416,672.99	3,998.13
10,258,175.74							NPV	(8,835,334.85)

表 12-11 Case A-1-2 財務諸表

FIRR = 6.56%									
Discount Factor = 12.00%									
Year	Capital Costs US\$	Operational costs US\$	Total Cost US\$	Present Cost US\$	Power Supply MWh	Revenues MWh	Net Revenue US\$	Net Present Value US\$	
0	2,642,714		2,642,713.73	2,642,713.73			(2,642,713.73)	(2,642,713.73)	
1	5,285,427		5,285,427.47	4,719,131.67			(5,285,427.47)	(4,719,131.67)	
2	2,642,714	107,271.73	2,749,985.46	2,192,271.57	3,409,337	534,219.63	(2,215,765.83)	(1,766,394.95)	
3		107,271.73	107,271.73	76,353.90	3,564,356	559,089.00	451,817.27	321,594.61	
4		107,271.73	107,271.73	68,173.12	3,665,069	578,901.31	471,629.59	299,729.13	
5		107,271.73	107,271.73	60,868.86	3,740,695	596,235.66	488,963.93	277,451.27	
6		107,271.73	107,271.73	54,347.19	3,831,394	615,736.53	508,464.81	257,604.09	
7		107,271.73	107,271.73	48,524.28	3,991,472	642,755.78	535,484.05	242,225.79	
8		107,271.73	107,271.73	43,325.25	4,095,167	664,301.72	557,030.00	224,975.07	
9		107,271.73	107,271.73	38,683.26	4,179,735	684,194.40	576,922.68	208,044.10	
10		107,271.73	107,271.73	34,538.62	4,284,527	707,041.48	599,769.75	193,109.81	
11		107,271.73	107,271.73	30,838.06	4,456,530	737,510.33	630,238.61	181,178.54	
12		107,271.73	107,271.73	27,533.98	4,572,731	762,238.45	654,966.72	168,113.64	
13		107,271.73	107,271.73	24,583.91	4,679,844	787,203.15	679,931.43	155,822.73	
14		107,271.73	107,271.73	21,949.92	4,859,796	820,259.23	712,987.51	145,891.37	
15		107,271.73	107,271.73	19,598.14	4,980,487	847,569.20	740,297.48	135,249.58	
16		107,271.73	107,271.73	17,498.34	5,112,255	876,346.77	769,075.05	125,452.80	
17		107,271.73	107,271.73	15,623.52	5,289,080	911,119.36	803,847.63	117,075.86	
18		107,271.73	107,271.73	13,949.57	5,412,662	940,118.68	832,846.95	108,303.08	
19		107,271.73	107,271.73	12,454.97	5,540,941	970,430.46	863,158.74	100,218.58	
20		107,271.73	107,271.73	11,120.51	5,770,627	1,014,048.05	906,776.32	94,002.57	
21		107,271.73	107,271.73	9,929.03	5,890,366	1,044,594.27	937,322.54	86,758.21	
22		107,271.73	107,271.73	8,865.20	6,028,763	1,078,045.14	970,773.42	80,227.15	
23		107,271.73	107,271.73	7,915.36	6,222,990	1,119,459.59	1,012,187.87	74,687.27	
24		107,271.73	107,271.73	7,067.29	6,363,714	1,154,632.42	1,047,360.69	69,002.33	
25		107,271.73	107,271.73	6,310.08	6,538,609	1,195,202.50	1,087,930.77	63,995.69	
26		107,271.73	107,271.73	5,634.00	6,675,921	1,231,655.06	1,124,383.33	59,053.52	
27		107,271.73	107,271.73	5,030.36	6,864,559	1,275,389.97	1,168,118.24	54,777.25	
28		107,271.73	107,271.73	4,491.39	7,012,775	1,314,728.34	1,207,456.61	50,555.32	
29		107,271.73	107,271.73	4,010.17	7,185,843	1,358,464.39	1,251,192.66	46,773.68	
30		107,271.73	107,271.73	3,580.51	7,320,823	1,397,441.96	1,290,170.23	43,063.20	
31		107,271.73	107,271.73	3,196.88	7,524,792	1,447,290.93	1,340,019.21	39,934.87	
32		107,271.73	107,271.73	2,854.36	7,693,922	1,492,950.73	1,385,679.01	36,871.08	
33		107,271.73	107,271.73	2,548.53	7,877,404	1,541,525.42	1,434,253.69	34,074.64	
34		107,271.73	107,271.73	2,275.48	8,029,715	1,586,552.71	1,479,280.99	31,378.91	
35		107,271.73	107,271.73	2,031.68	8,252,347	1,642,950.68	1,535,678.96	29,085.04	
36		107,271.73	107,271.73	1,814.00	8,437,568	1,694,560.55	1,587,288.82	26,841.52	
37		107,271.73	107,271.73	1,619.64	8,619,958	1,747,078.49	1,639,806.77	24,758.59	
38		107,271.73	107,271.73	1,446.11	8,819,927	1,803,151.48	1,695,879.75	22,861.79	
39		107,271.73	107,271.73	1,291.17	8,976,237	1,854,015.15	1,746,743.43	21,024.53	
40		107,271.73	107,271.73	1,152.83	9,199,931	1,915,560.68	1,808,288.96	19,433.32	
41		107,271.73	107,271.73	1,029.31	9,357,845	1,969,003.09	1,861,731.37	17,863.97	
10,258,175.74							NPV	(4,839,175.84)	

表 12-12 Case A-1-3 財務諸表

FIRR = 1.62%									
Discount Factor = 12.00%									
Year	Capital Costs US\$	Operational costs US\$	Total Cost US\$	Present Cost US\$	Power Supply MWh	Revenues MWh	Net Revenue US\$	Net Present Value US\$	
0	2,642,714		2,642,713.73	2,642,713.73			(2,642,713.73)	(2,642,713.73)	
1	5,285,427		5,285,427.47	4,719,131.67			(5,285,427.47)	(4,719,131.67)	
2	2,642,714	107,271.73	2,749,985.46	2,192,271.57	3,409,337	248,288.01	(2,501,697.44)	(1,994,337.89)	
3		107,271.73	107,271.73	76,353.90	3,564,356	264,602.74	157,331.02	111,985.11	
4		107,271.73	107,271.73	68,173.12	3,665,069	271,992.27	164,720.55	104,682.88	
5		107,271.73	107,271.73	60,868.86	3,740,695	277,706.93	170,435.21	96,709.51	
6		107,271.73	107,271.73	54,347.19	3,831,394	284,192.72	176,920.99	89,633.68	
7		107,271.73	107,271.73	48,524.28	3,991,472	300,679.08	193,407.36	87,487.67	
8		107,271.73	107,271.73	43,325.25	4,095,167	307,422.48	200,150.75	80,837.53	
9		107,271.73	107,271.73	38,683.26	4,179,735	313,805.68	206,533.95	74,478.21	
10		107,271.73	107,271.73	34,538.62	4,284,527	321,747.09	214,475.37	69,055.33	
11		107,271.73	107,271.73	30,838.06	4,456,530	339,466.93	232,195.20	66,750.57	
12		107,271.73	107,271.73	27,533.98	4,572,731	347,161.00	239,889.27	61,573.60	
13		107,271.73	107,271.73	24,583.91	4,679,844	356,807.75	249,536.02	57,187.22	
14		107,271.73	107,271.73	21,949.92	4,859,796	375,457.80	268,186.07	54,876.18	
15		107,271.73	107,271.73	19,598.14	4,980,487	384,968.91	277,697.18	50,734.24	
16		107,271.73	107,271.73	17,498.34	5,112,255	393,698.66	286,426.94	46,722.44	
17		107,271.73	107,271.73	15,623.52	5,289,080	413,217.88	305,946.16	44,559.33	
18		107,271.73	107,271.73	13,949.57	5,412,662	421,984.60	314,712.88	40,925.13	
19		107,271.73	107,271.73	12,454.97	5,540,941	431,244.10	323,972.37	37,615.39	
20		107,271.73	107,271.73	11,120.51	5,770,627	455,452.71	348,180.99	36,094.80	
21		107,271.73	107,271.73	9,929.03	5,890,366	464,547.49	357,275.77	33,069.31	
22		107,271.73	107,271.73	8,865.20	6,028,763	474,567.63	367,295.91	30,354.26	
23		107,271.73	107,271.73	7,915.36	6,222,990	497,000.07	389,728.34	28,757.26	
24		107,271.73	107,271.73	7,067.29	6,363,714	507,455.55	400,183.82	26,364.95	
25		107,271.73	107,271.73	6,310.08	6,538,609	529,650.11	422,378.38	24,845.69	
26		107,271.73	107,271.73	5,634.00	6,675,921	541,727.17	434,455.44	22,817.95	
27		107,271.73	107,271.73	5,030.36	6,864,559	564,198.12	456,926.40	21,426.91	
28		107,271.73	107,271.73	4,491.39	7,012,775	576,099.86	468,828.13	19,629.49	
29		107,271.73	107,271.73	4,010.17	7,185,843	599,660.16	492,388.43	18,407.09	
30		107,271.73	107,271.73	3,580.51	7,320,823	610,859.77	503,588.05	16,808.72	
31		107,271.73	107,271.73	3,196.88	7,524,792	637,406.12	530,134.39	15,798.92	
32		107,271.73	107,271.73	2,854.36	7,693,922	651,636.64	544,364.91	14,484.83	
33		107,271.73	107,271.73	2,548.53	7,877,404	675,948.06	568,676.34	13,510.47	
34		107,271.73	107,271.73	2,275.48	8,029,715	689,272.89	582,001.17	12,345.57	
35		107,271.73	107,271.73	2,031.68	8,252,347	717,603.16	610,331.43	11,559.39	
36		107,271.73	107,271.73	1,814.00	8,437,568	732,644.92	625,373.20	10,575.25	
37		107,271.73	107,271.73	1,619.64	8,619,958	758,720.02	651,448.30	9,835.88	
38		107,271.73	107,271.73	1,446.11	8,819,927	785,841.59	678,569.86	9,147.65	
39		107,271.73	107,271.73	1,291.17	8,976,237	801,810.42	694,538.69	8,359.76	
40		107,271.73	107,271.73	1,152.83	9,199,931	829,743.44	722,471.71	7,764.26	
41		107,271.73	107,271.73	1,029.31	9,357,845	856,537.99	749,266.26	7,189.48	
10,258,175.74							NPV	(7,781,221.39)	

表 12-13 Case A-2-1 財務諸表

FIRR = -1.75%		Discount Factor = 12.00%						
Year	Capital Costs US\$	Operational costs US\$	Total Cost US\$	Present Cost US\$	Power Supply MWh	Revenues MWh	Net Revenue MWh	Net Present Value US\$
0	1,319,490		1,319,489.80	1,319,489.80			(1,319,489.80)	(1,319,489.80)
1	2,638,980		2,638,979.59	2,356,231.78			(2,638,979.59)	(2,356,231.78)
2	1,319,490	51,714.20	1,371,204.00	1,093,115.43	3,409,337	81,667.75	(1,289,536.24)	(1,028,010.40)
3		51,714.20	51,714.20	36,809.14	3,564,356	83,808.97	32,094.77	22,844.43
4		51,714.20	51,714.20	32,865.31	3,665,069	86,567.21	34,853.01	22,149.72
5		51,714.20	51,714.20	29,344.02	3,740,695	92,727.91	41,013.71	23,272.28
6		51,714.20	51,714.20	26,200.02	3,831,394	95,926.07	44,211.87	22,399.11
7		51,714.20	51,714.20	23,392.88	3,991,472	98,788.31	47,074.11	21,293.94
8		51,714.20	51,714.20	20,886.50	4,095,167	101,597.70	49,883.50	20,147.11
9		51,714.20	51,714.20	18,648.66	4,179,735	104,337.65	52,623.46	18,976.55
10		51,714.20	51,714.20	16,650.59	4,284,527	107,520.98	55,806.78	17,968.29
11		51,714.20	51,714.20	14,866.60	4,456,530	114,838.25	63,124.05	18,146.66
12		51,714.20	51,714.20	13,273.75	4,572,731	118,085.21	66,371.01	17,035.78
13		51,714.20	51,714.20	11,851.56	4,679,844	121,830.04	70,115.84	16,068.74
14		51,714.20	51,714.20	10,581.75	4,859,796	125,297.26	73,583.06	15,056.55
15		51,714.20	51,714.20	9,447.99	4,980,487	129,005.50	77,291.30	14,120.83
16	2,650,961.86	51,714.20	2,702,676.06	440,865.01	5,112,255	132,988.60	(2,569,687.46)	(419,171.69)
17	2,650,961.86	51,714.20	2,702,676.06	393,629.47	5,289,080	241,067.51	(2,461,608.55)	(358,519.36)
18		107,355.59	107,355.59	13,960.48	5,412,662	247,840.30	140,484.71	18,268.57
19		107,355.59	107,355.59	12,464.71	5,540,941	254,988.25	147,632.65	17,141.15
20		107,355.59	107,355.59	11,129.21	5,770,627	268,816.15	161,460.56	16,738.09
21		107,355.59	107,355.59	9,936.79	5,890,366	275,822.46	168,466.86	15,593.23
22		107,355.59	107,355.59	8,872.14	6,028,763	283,706.50	176,350.90	14,574.08
23		107,355.59	107,355.59	7,921.55	6,222,990	296,372.02	189,016.43	13,947.14
24		107,355.59	107,355.59	7,072.81	6,363,714	304,622.59	197,267.00	12,996.36
25		107,355.59	107,355.59	6,315.01	6,538,609	316,863.50	209,507.90	12,323.95
26		107,355.59	107,355.59	5,638.40	6,675,921	325,672.71	218,317.12	11,466.19
27		107,355.59	107,355.59	5,034.29	6,864,559	338,593.24	231,237.64	10,843.56
28		107,355.59	107,355.59	4,494.90	7,012,775	347,901.66	240,546.07	10,071.49
29		107,355.59	107,355.59	4,013.30	7,185,843	360,950.52	253,594.93	9,480.21
30		107,355.59	107,355.59	3,583.31	7,320,823	369,764.31	262,408.72	8,758.66
31		107,355.59	107,355.59	3,199.38	7,524,792	384,802.33	277,446.73	8,268.39
32		107,355.59	107,355.59	2,856.59	7,693,922	395,764.50	288,408.90	7,674.18
33		107,355.59	107,355.59	2,550.53	7,877,404	409,791.97	302,436.38	7,185.21
34		107,355.59	107,355.59	2,277.26	8,029,715	420,247.13	312,891.53	6,637.14
35		107,355.59	107,355.59	2,033.26	8,252,347	436,784.49	329,428.90	6,239.23
36		107,355.59	107,355.59	1,815.41	8,437,568	448,962.54	341,606.94	5,776.67
37		107,355.59	107,355.59	1,620.91	8,619,958	463,934.77	356,579.17	5,383.80
38		107,355.59	107,355.59	1,447.24	8,819,927	479,867.45	372,511.86	5,021.75
39		107,355.59	107,355.59	1,292.18	8,976,237	491,767.14	384,411.55	4,626.94
40		107,355.59	107,355.59	1,153.73	9,199,931	508,974.15	401,618.55	4,316.11
41		107,355.59	107,355.59	1,030.12	9,357,845	523,944.71	416,589.12	3,997.32
5,989,863.75							NPV	(4,994,613.61)

表 12-14 Case A-2-2 財務諸表

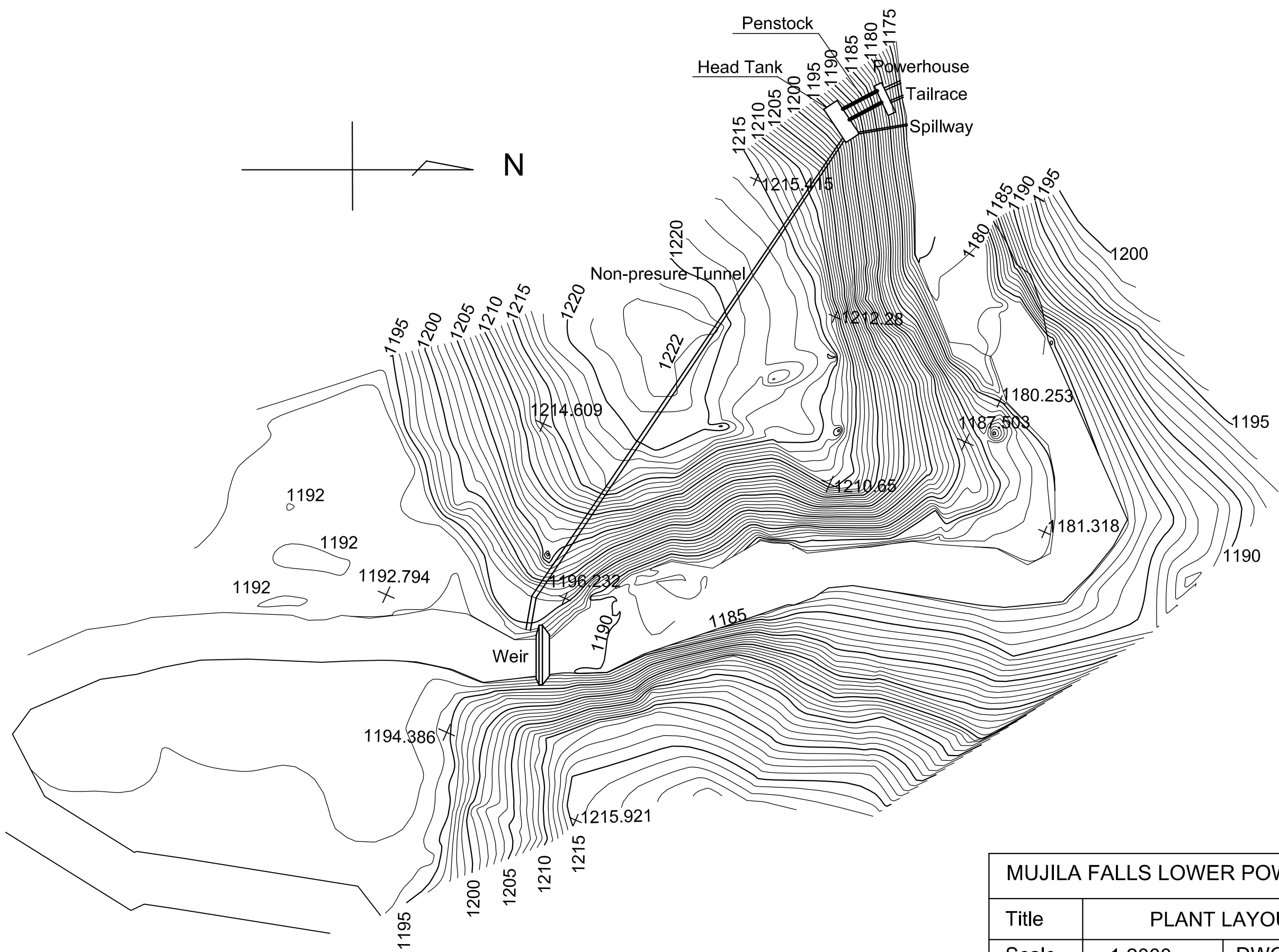
FIRR = 7.69%								
Discount Factor = 12.00%								
Year	Capital Costs US\$	Operational costs US\$	Total Cost US\$	Present Cost US\$	Power Supply MWh	Revenues MWh	Net Revenue MWh	Net Present Value US\$
0	1,319,490		1,319,489.80	1,319,489.80			(1,319,489.80)	(1,319,489.80)
1	2,638,980		2,638,979.59	2,356,231.78			(2,638,979.59)	(2,356,231.78)
2	1,319,490	51,714.20	1,371,204.00	1,093,115.43	3,409,337	310,945.14	(1,060,258.85)	(845,231.86)
3		51,714.20	51,714.20	36,809.14	3,564,356	320,455.36	268,741.16	191,284.65
4		51,714.20	51,714.20	32,865.31	3,665,069	331,511.96	279,797.76	177,816.54
5		51,714.20	51,714.20	29,344.02	3,740,695	348,436.05	296,721.85	168,367.95
6		51,714.20	51,714.20	26,200.02	3,831,394	360,643.94	308,929.74	156,513.42
7		51,714.20	51,714.20	23,392.88	3,991,472	372,240.89	320,526.69	144,990.00
8		51,714.20	51,714.20	20,886.50	4,095,167	384,439.52	332,725.33	134,382.18
9		51,714.20	51,714.20	18,648.66	4,179,735	396,096.46	344,382.26	124,187.70
10		51,714.20	51,714.20	16,650.59	4,284,527	409,144.52	357,430.32	115,083.00
11		51,714.20	51,714.20	14,866.60	4,456,530	429,624.87	377,910.67	108,640.29
12		51,714.20	51,714.20	13,273.75	4,572,731	443,633.90	391,919.70	100,596.02
13		51,714.20	51,714.20	11,851.56	4,679,844	458,257.56	406,543.36	93,169.25
14		51,714.20	51,714.20	10,581.75	4,859,796	472,827.50	421,113.30	86,168.12
15		51,714.20	51,714.20	9,447.99	4,980,487	488,115.91	436,401.71	79,728.96
16	2,650,961.86	51,714.20	2,702,676.06	440,865.01	5,112,255	504,693.56	(2,197,982.50)	(358,538.56)
17	2,650,961.86	51,714.20	2,702,676.06	393,629.47	5,289,080	911,119.36	(1,791,556.71)	(260,930.10)
18		107,355.59	107,355.59	13,960.48	5,412,662	940,118.68	832,763.09	108,292.17
19		107,355.59	107,355.59	12,464.71	5,540,941	970,430.46	863,074.87	100,208.84
20		107,355.59	107,355.59	11,129.21	5,770,627	1,014,048.05	906,692.45	93,993.87
21		107,355.59	107,355.59	9,936.79	5,890,366	1,044,594.27	937,238.68	86,750.45
22		107,355.59	107,355.59	8,872.14	6,028,763	1,078,045.14	970,689.55	80,220.22
23		107,355.59	107,355.59	7,921.55	6,222,990	1,119,459.59	1,012,104.00	74,681.09
24		107,355.59	107,355.59	7,072.81	6,363,714	1,154,632.42	1,047,276.82	68,996.80
25		107,355.59	107,355.59	6,315.01	6,538,609	1,195,202.50	1,087,846.90	63,990.75
26		107,355.59	107,355.59	5,638.40	6,675,921	1,231,655.06	1,124,299.46	59,049.12
27		107,355.59	107,355.59	5,034.29	6,864,559	1,275,389.97	1,168,034.37	54,773.31
28		107,355.59	107,355.59	4,494.90	7,012,775	1,314,728.34	1,207,372.75	50,551.81
29		107,355.59	107,355.59	4,013.30	7,185,843	1,358,464.39	1,251,108.79	46,770.54
30		107,355.59	107,355.59	3,583.31	7,320,823	1,397,441.96	1,290,086.36	43,060.40
31		107,355.59	107,355.59	3,199.38	7,524,792	1,447,290.93	1,339,935.34	39,932.37
32		107,355.59	107,355.59	2,856.59	7,693,922	1,492,950.73	1,385,595.14	36,868.85
33		107,355.59	107,355.59	2,550.53	7,877,404	1,541,525.42	1,434,169.82	34,072.64
34		107,355.59	107,355.59	2,277.26	8,029,715	1,586,552.71	1,479,197.12	31,377.13
35		107,355.59	107,355.59	2,033.26	8,252,347	1,642,950.68	1,535,595.09	29,083.45
36		107,355.59	107,355.59	1,815.41	8,437,568	1,694,560.55	1,587,204.95	26,840.10
37		107,355.59	107,355.59	1,620.91	8,619,958	1,747,078.49	1,639,722.90	24,757.32
38		107,355.59	107,355.59	1,447.24	8,819,927	1,803,151.48	1,695,795.89	22,860.66
39		107,355.59	107,355.59	1,292.18	8,976,237	1,854,015.15	1,746,659.56	21,023.52
40		107,355.59	107,355.59	1,153.73	9,199,931	1,915,560.68	1,808,205.09	19,432.42
41		107,355.59	107,355.59	1,030.12	9,357,845	1,969,003.09	1,861,647.50	17,863.17
5,989,863.75							NPV	(2,224,043.00)

表 12-15 Case A-2-3 財務諸表

FIRR = 1.76%								
Discount Factor = 12.00%								
Year	Capital Costs US\$	Operational costs US\$	Total Cost US\$	Present Cost US\$	Power Supply MWh	Revenues MWh	Net Revenue MWh	Net Present Value US\$
0	1,319,490		1,319,489.80	1,319,489.80			(1,319,489.80)	(1,319,489.80)
1	2,638,980		2,638,979.59	2,356,231.78			(2,638,979.59)	(2,356,231.78)
2	1,319,490	51,714.20	1,371,204.00	1,093,115.43	3,409,337	149,172.43	(1,222,031.57)	(974,196.09)
3		51,714.20	51,714.20	36,809.14	3,564,356	152,215.47	100,501.27	71,534.82
4		51,714.20	51,714.20	32,865.31	3,665,069	156,162.04	104,447.84	66,378.49
5		51,714.20	51,714.20	29,344.02	3,740,695	168,911.85	117,197.65	66,501.09
6		51,714.20	51,714.20	26,200.02	3,831,394	173,992.27	122,278.07	61,949.87
7		51,714.20	51,714.20	23,392.88	3,991,472	178,136.90	126,422.71	57,187.21
8		51,714.20	51,714.20	20,886.50	4,095,167	181,950.67	130,236.48	52,600.33
9		51,714.20	51,714.20	18,648.66	4,179,735	185,903.51	134,189.31	48,390.01
10		51,714.20	51,714.20	16,650.59	4,284,527	190,415.69	138,701.49	44,658.17
11		51,714.20	51,714.20	14,866.60	4,456,530	204,910.13	153,195.93	44,040.17
12		51,714.20	51,714.20	13,273.75	4,572,731	209,230.29	157,516.10	40,430.46
13		51,714.20	51,714.20	11,851.56	4,679,844	214,953.46	163,239.26	37,410.23
14		51,714.20	51,714.20	10,581.75	4,859,796	219,706.11	167,991.91	34,374.47
15		51,714.20	51,714.20	9,447.99	4,980,487	224,819.94	173,105.74	31,625.77
16	2,650,961.86	51,714.20	2,702,676.06	440,865.01	5,112,255	230,078.04	(2,472,598.02)	(403,334.30)
17	2,650,961.86	51,714.20	2,702,676.06	393,629.47	5,289,080	413,217.88	(2,289,458.18)	(333,446.63)
18		107,355.59	107,355.59	13,960.48	5,412,662	421,984.60	314,629.01	40,914.23
19		107,355.59	107,355.59	12,464.71	5,540,941	431,244.10	323,888.50	37,605.65
20		107,355.59	107,355.59	11,129.21	5,770,627	455,452.71	348,097.12	36,086.10
21		107,355.59	107,355.59	9,936.79	5,890,366	464,547.49	357,191.90	33,061.54
22		107,355.59	107,355.59	8,872.14	6,028,763	474,567.63	367,212.04	30,347.32
23		107,355.59	107,355.59	7,921.55	6,222,990	497,000.07	389,644.48	28,751.07
24		107,355.59	107,355.59	7,072.81	6,363,714	507,455.55	400,099.95	26,359.43
25		107,355.59	107,355.59	6,315.01	6,538,609	529,650.11	422,294.51	24,840.76
26		107,355.59	107,355.59	5,638.40	6,675,921	541,727.17	434,371.57	22,813.55
27		107,355.59	107,355.59	5,034.29	6,864,559	564,198.12	456,842.53	21,422.98
28		107,355.59	107,355.59	4,494.90	7,012,775	576,099.86	468,744.27	19,625.98
29		107,355.59	107,355.59	4,013.30	7,185,843	599,660.16	492,304.57	18,403.96
30		107,355.59	107,355.59	3,583.31	7,320,823	610,859.77	503,504.18	16,805.92
31		107,355.59	107,355.59	3,199.38	7,524,792	637,406.12	530,050.53	15,796.42
32		107,355.59	107,355.59	2,856.59	7,693,922	651,636.64	544,281.05	14,482.60
33		107,355.59	107,355.59	2,550.53	7,877,404	675,948.06	568,592.47	13,508.48
34		107,355.59	107,355.59	2,277.26	8,029,715	689,272.89	581,917.30	12,343.79
35		107,355.59	107,355.59	2,033.26	8,252,347	717,603.16	610,247.57	11,557.80
36		107,355.59	107,355.59	1,815.41	8,437,568	732,644.92	625,289.33	10,573.83
37		107,355.59	107,355.59	1,620.91	8,619,958	758,720.02	651,364.43	9,834.61
38		107,355.59	107,355.59	1,447.24	8,819,927	785,841.59	678,486.00	9,146.52
39		107,355.59	107,355.59	1,292.18	8,976,237	801,810.42	694,454.82	8,358.75
40		107,355.59	107,355.59	1,153.73	9,199,931	829,743.44	722,387.84	7,763.36
41		107,355.59	107,355.59	1,030.12	9,357,845	856,537.99	749,182.39	7,188.67
5,989,863.75							NPV	(4,252,024.18)

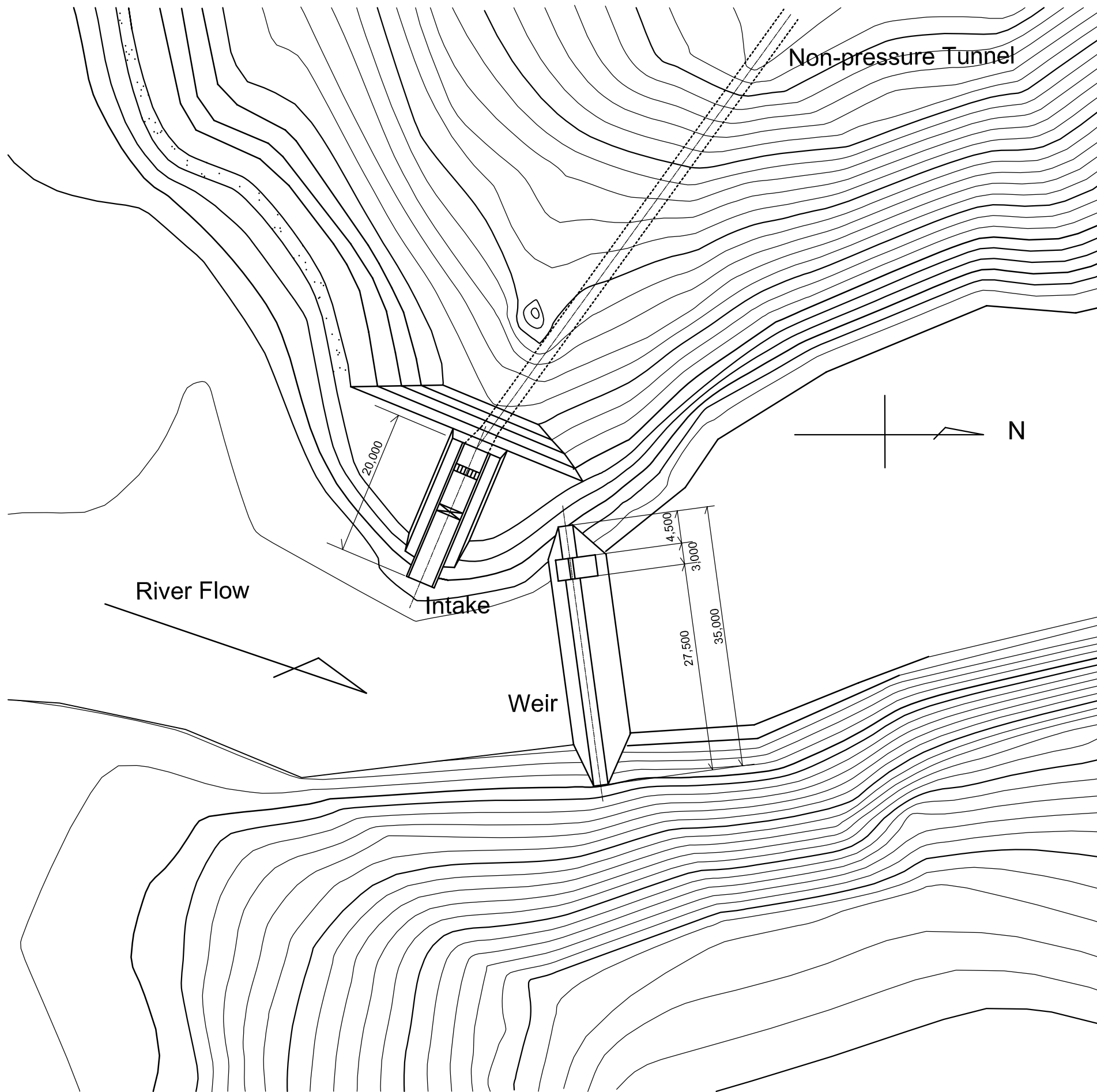
(6) 設計図面

以下に Mujila Falls Lower 地点の設計図面を添付する。

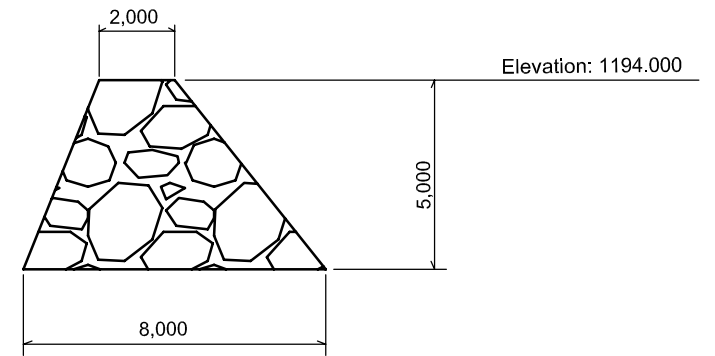


MUJILA FALLS LOWER POWER STATION			
Title	PLANT LAYOUT		
Scale	1:2000	DWG No.	MFL-1
TEPCO JICA STUDY TEAM		16-JAN-2008	

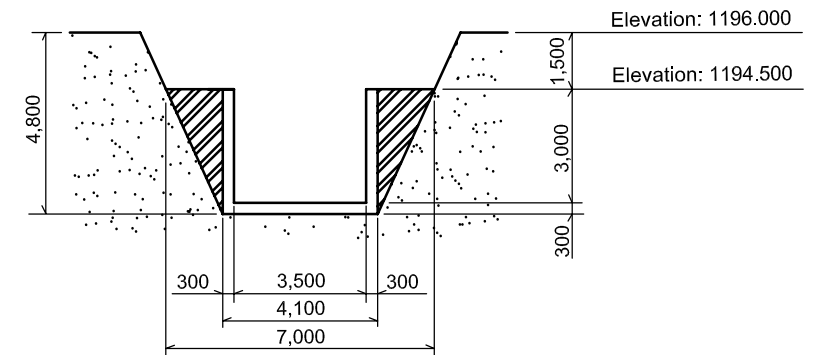
Weir and Intake Plan



Weir Section (1:200)

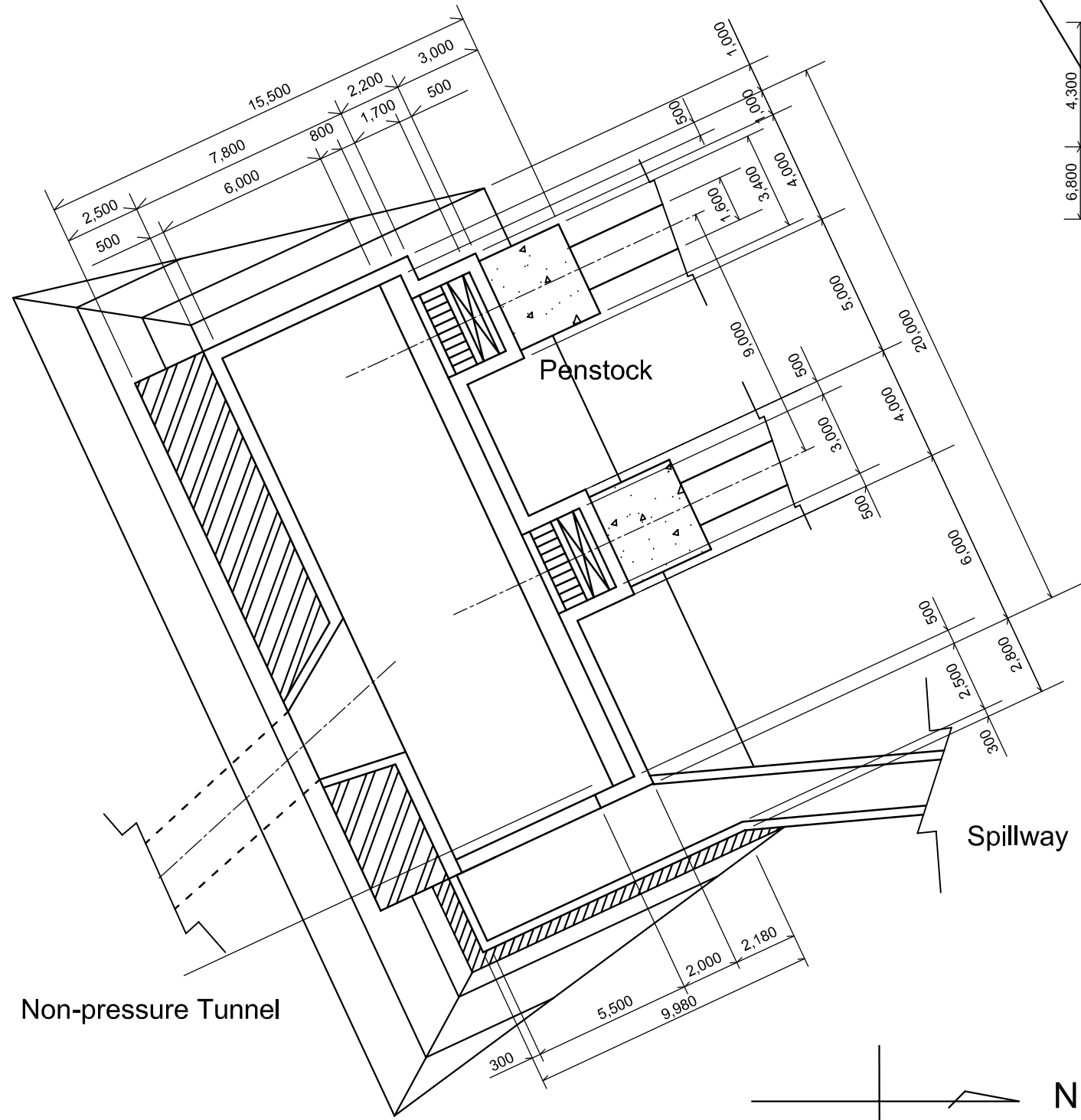


Intake Section (1:200)

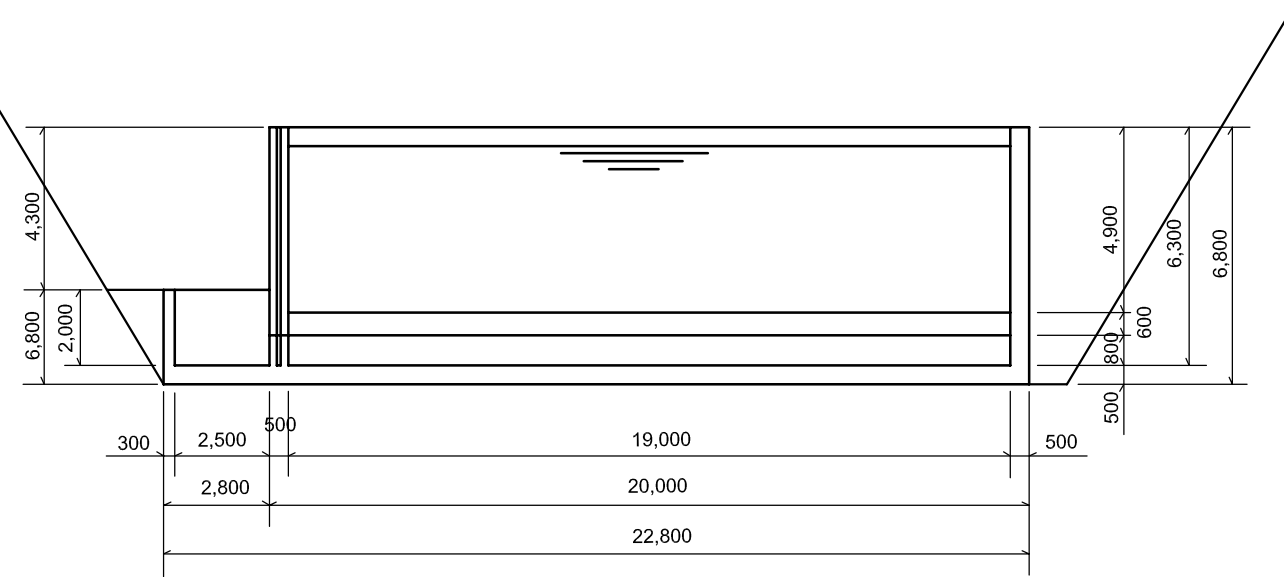


MUJILA FALLS LOWER POWER STATION			
Title	WAIR AND INTKE		
Scale	1:600	DWG No.	MFL-2
TEPCO JICA STUDY TEAM		16-JAN-2008	

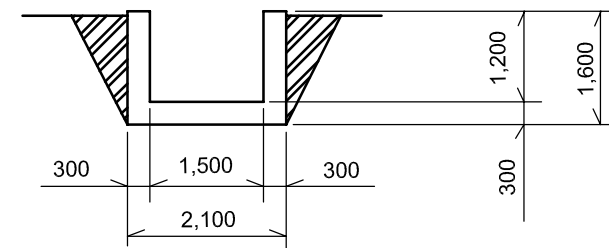
Head Tank Plan



Head Tank Section

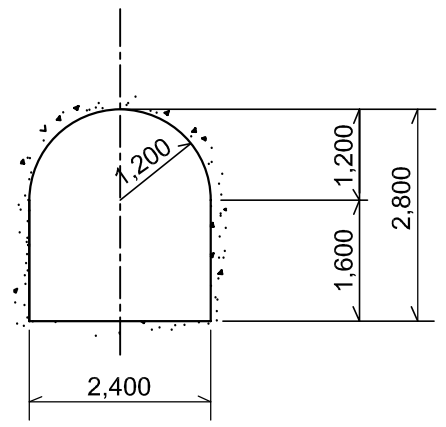
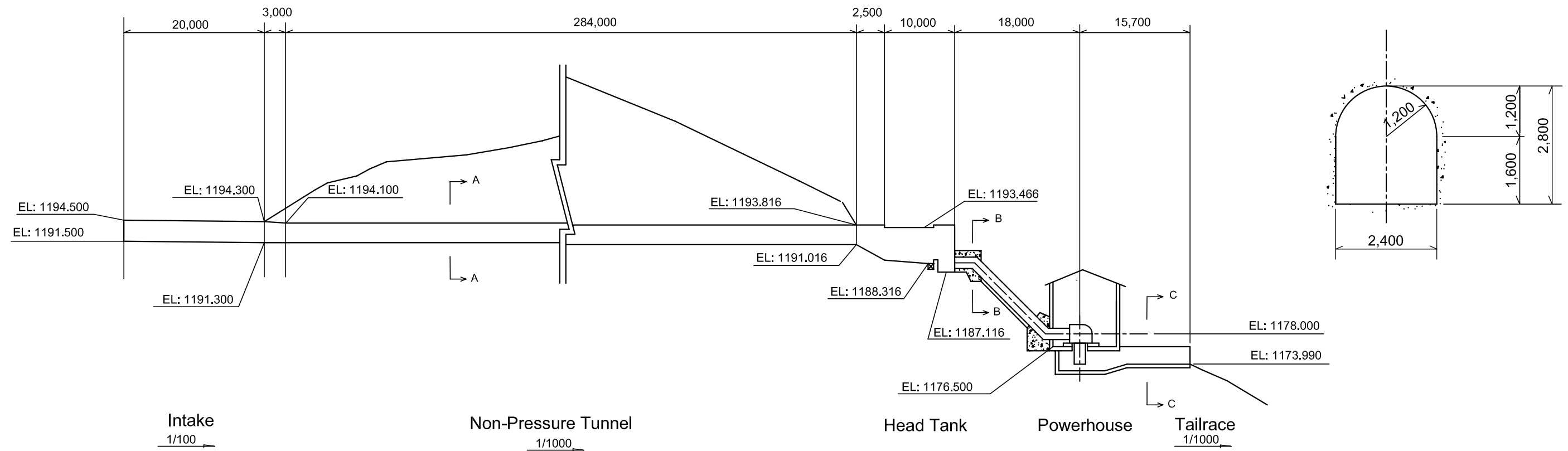


Spillway Section (1:100)

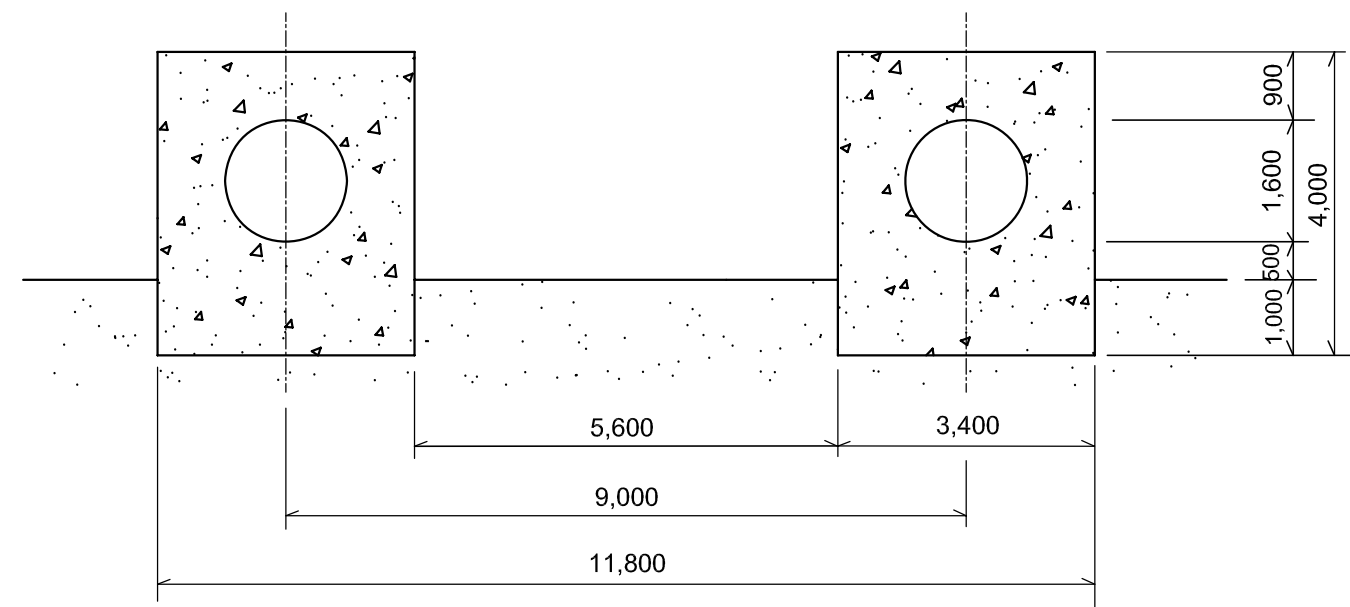


MUJILA FALLS LOWER POWER STATION			
Title	HEAD TANK		
Scale	1:200	DWG No.	MFL-3
TEPCO JICA STUDY TEAM		16-JAN-2008	

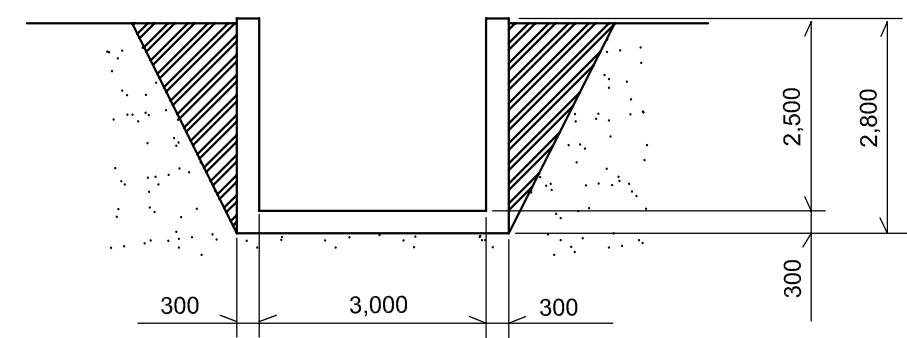
A - A Section (1:100)



B - B Section (1:100)



C - C Section (1:100)



MUJILA FALLS LOWER POWER STATION			
Title	WATER WAY SECTION		
Scale	1:600	DWG No.	MFL-4
TEPCO JICA STUDY TEAM		16-JAN-2008	

12.2.4. 実施結果 2 : Chilambwe Falls 地点

(1) 需要地域と需要想定

図 12-3にChilambwe Falls地点と需要候補地の位置を示す。Chilambwe Falls地点の近隣には、Kapatu RGCとShibwalya Kapila RGCが存在する。しかし、両RGC共に非常に大規模なRGCであり、この両方の 2030 年の需要をChilambwe Fallsの水力ポテンシャルで賄うのは不可能であり、実際にマスタープランにおいても、この地域の電化方式として配電線延伸が採択されている。ゆえにここでは、スタディーに主眼を置き、電化対象地域としてKapatu RGCを選択した。表 12-16 に、Kapatu RGCの村落社会調査結果を示す。

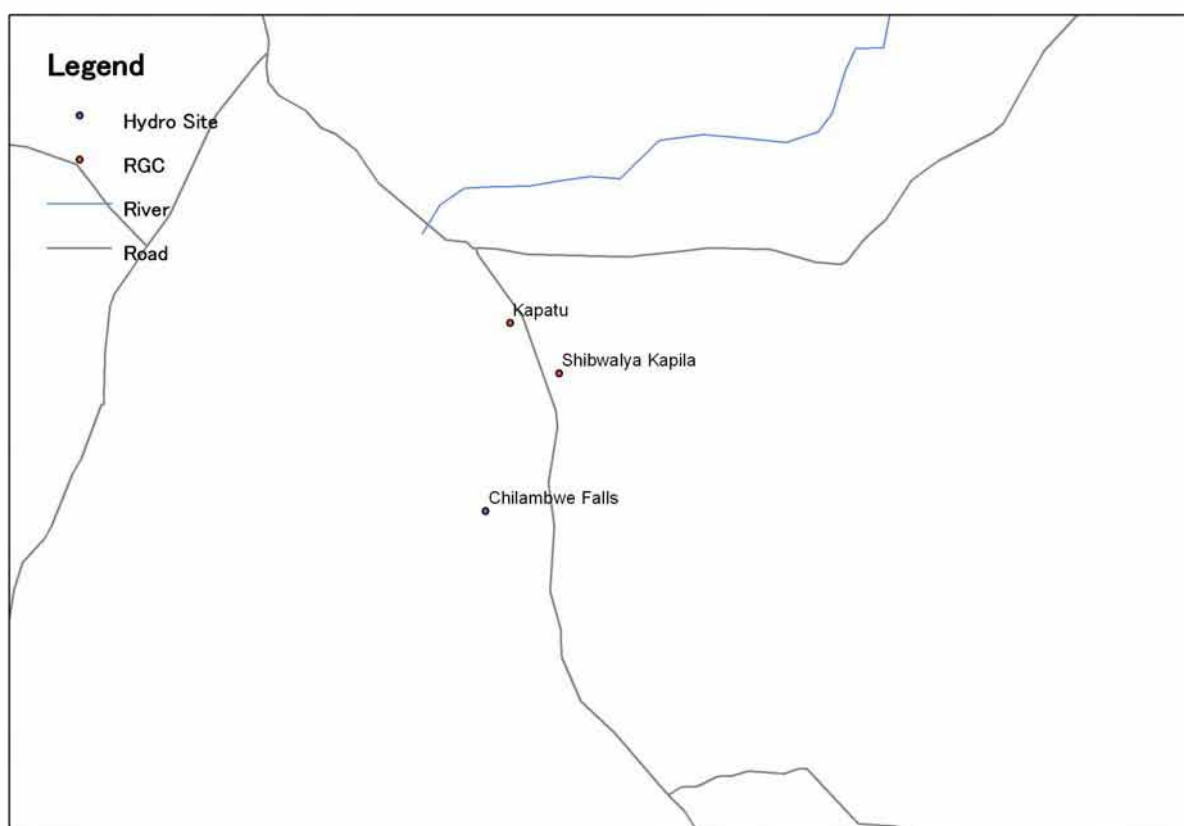


図 12-3 水力ポテンシャル地点と需要地の位置

表 12-16 村落社会調査結果 (Kapatu RGC)

	Kapatu RGC
No. of Households (as of 2006)	535
No. of Population (as of 2006)	2,750
No. of Hammer Mills (as of 2006)	2
Number of Existing Public Facilities	13
1) Basic / Primary School	1
2) Secondary School [under construction]	[1]
3) Tertiary School	
4) Hospital	
5) Health Centre (Clinic) / Health Post	1
6) Police Office / Station	
7) Post Office	
8) Church	1
9) Mosque	
10) Community Centre	7
11) (Agricultural) Depot	2
12) Orphanage	
13) Central Government Office	
14) Provincial Government Office	
15) District Government Office	
16) Other Local Administration Offices	
17) Court	
18) Others	
Number of Existing Business Entities	22

村落社会調査結果に基づいたKapatu RGCの潜在需要想定結果を表 12-17に示す。

表 12-17 ピーク需要想定 (Kapatu RGC)

	Kapatu RGC [kW]
Current (2006)	303
2010	366
2015	413
2020	481
2025	559
2030	647

(2) 発電所出力の決定

図 12-4に、Chilambwe Falls地点の想定流況曲線を示す。これは、Chilambwe Falls地点の存在するKafubu川の本流にあたるLukulu川にある測水所における流量データを、第 8 章 8.4.1(3)に示す方法でChilambwe Falls地点の流量相当に換算して作成したものである。実際の河川流量測定結果は、70%可能流量程度に相当する 2007 年 8 月 14 日において $1.47 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。よって流況曲線による流量は、実流量より少なめであると言えるが、MFL地点と同様、雨期の雨量が例年を上回るものであったためであると考えられる。

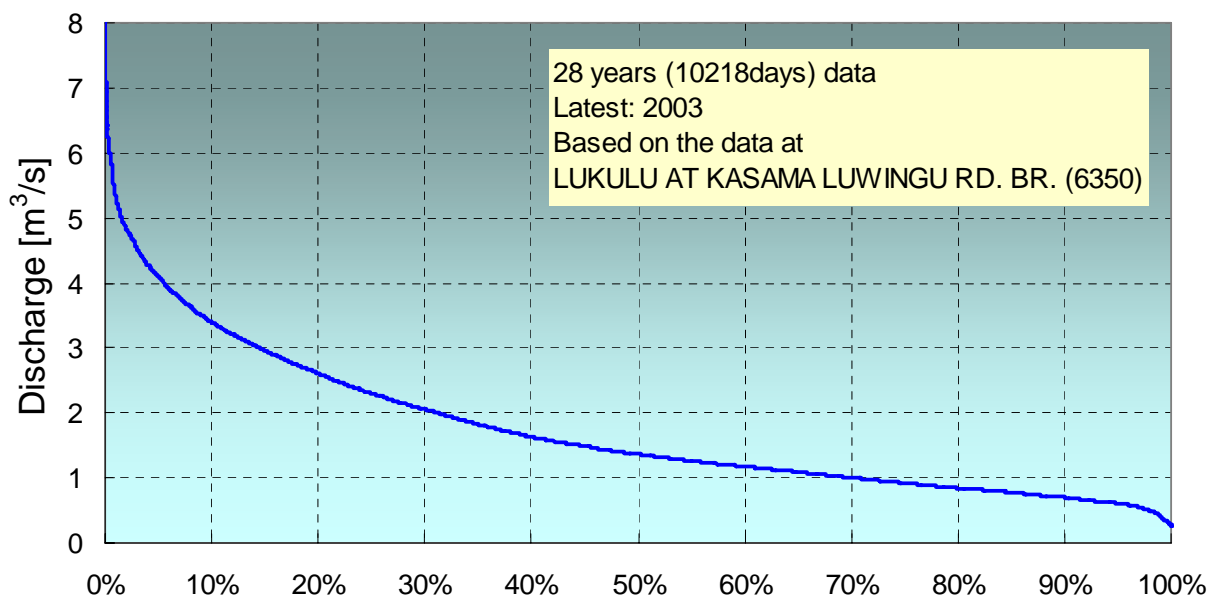


図 12-4 Chilambwe Falls 地点流況曲線

表 12-18に、Chilambwe Falls地点における 70%、80%、90%、100%可能流量、および各流量における発電出力（有効落差 36.9m）を示す。

表 12-18 Chilambwe Falls 地点流量と発電所出力

	River Flow [m ³ /s]	Generation Capacity [kW]
100% availability	0.26	78
90% availability	0.70	210
80% availability	0.85	253
70% availability	1.01	302

表 12-19に、各設計流量点におけるkWh当たりの建設工事費を示す。設計流量点は、70%可能流量、80%可能流量、90%可能流量とした。いずれの流量の場合においても、電化初期段階で最大需要が発電出力を上回るため、夕方のピーク時間帯には輪番停電などの措置を取る必要が生じるが、その他の時間帯では需要が低いため、十分な電力供給が可能である。設計流量 1m³/sにすると、2030 年においても需要の 73%の電力供給は可能であり、またkWhあたりの建設単価も最安値を示した。ゆえにChilambwe発電所の最大使用水量を、70%可能流量相当である 1.0 m³/sとする。

表 12-19 設計流量と kWh 当たりの建設費用

	70% Available Discharge	80% Available Discharge	90% Available Discharge				
Plant Reliability	95 %	95 %	95 %				
Days of Planed Outage (Low Flow Season)	10 days	10 days	10 days				
Design Discharge	1.00 m³/s	0.85 m³/s	0.70 m³/s				
Max. Output	300 kW	254 kW	209 kW				
Days at Max. Output	243 days	277 days	312 days				
Ave. Low Discharge	0.76 m ³ /s	0.68 m ³ /s	0.57 m ³ /s				
Ave. Output at Low Dis.	226 kW	203 kW	171 kW				
Days at Low Output	94 days	59 days	25 days				
Actual Generation							
Year	Demand [kWh]	Supply [kWh]	S/D	Supply [kWh]	S/D	Supply [kWh]	S/D
2010	1,604,540	1,434,037	89.4%	1,406,780	87.7%	1,351,440	84.2%
2011	1,642,865	1,462,543	89.0%	1,435,149	87.4%	1,371,677	83.5%
2012	1,681,190	1,490,390	88.7%	1,462,407	87.0%	1,391,890	82.8%
2013	1,723,165	1,520,799	88.3%	1,490,458	86.5%	1,414,114	82.1%
2014	1,766,235	1,551,653	87.9%	1,517,658	85.9%	1,435,664	81.3%
2015	1,806,385	1,580,338	87.5%	1,542,936	85.4%	1,454,694	80.5%
2016	1,921,725	1,661,412	86.5%	1,608,372	83.7%	1,497,178	77.9%
2017	1,969,905	1,694,372	86.0%	1,633,354	82.9%	1,512,922	76.8%
2018	2,014,070	1,722,790	85.5%	1,655,186	82.2%	1,526,260	75.8%
2019	2,058,600	1,749,415	85.0%	1,676,761	81.5%	1,539,286	74.8%
2020	2,106,780	1,778,547	84.4%	1,700,120	80.7%	1,549,265	73.5%
2021	2,170,655	1,816,346	83.7%	1,731,085	79.7%	1,564,222	72.1%
2022	2,221,025	1,843,557	83.0%	1,752,284	78.9%	1,574,201	70.9%
2023	2,271,395	1,868,262	82.3%	1,771,818	78.0%	1,584,517	69.8%
2024	2,402,795	1,921,688	80.0%	1,810,948	75.4%	1,597,165	66.5%
2025	2,454,990	1,945,328	79.2%	1,825,806	74.4%	1,605,921	65.4%
2026	2,514,120	1,972,015	78.4%	1,841,179	73.2%	1,616,023	64.3%
2027	2,580,550	1,999,226	77.5%	1,854,907	71.9%	1,627,809	63.1%
2028	2,638,950	2,020,980	76.6%	1,866,615	70.7%	1,637,600	62.1%
2029	2,705,015	2,045,145	75.6%	1,880,402	69.5%	1,649,501	61.0%
2030	2,838,605	2,080,342	73.3%	1,892,783	66.7%	1,659,644	58.5%
Total	45,093,560	37,159,185	82.4%	35,357,008	78.4%	32,160,992	71.3%
Construction Cost	3,397,121 US\$			3,288,093 US\$		3,210,568 US\$	
Const. Cost / kWh	9.14 US Cents			9.30 US Cents		9.98 US Cents	

(3) 発電所設計

表 12-20に、Chilambwe Falls発電所の設計諸元を示す。

表 12-20 Chilambwe Falls 発電所設備諸元

Plant parameters		Chilambwe Falls Project
Rated output		300kW
No. of units		One
Design discharge		1.0m ³ /s
Effective head		36.9m
Civil facilities		
Weir		Stone masonry with flushing gate H=2m, L=50m
Intake channel		Open channel B=2.0m, H=1.5m, L=12m
Silt basin		No need
Headrace		Open channel B=1.5m, H=1.5m, L=208m
Tailrace		Open channel B=2.0m, H=2.3m, L=55m
Spillway		Open channel B=0.8m, H=1.0m, L=45m
Head tank		Open channel B=3.0m, H=3.5m, L=12m
Penstock		Exposed type D=0.75m, t=5mm, L=200m x 1 line
Powerhouse		Stone masonry, Aboveground type 5.5m x 10m x 4m
Electrical Equipment		
Turbine		Cross-flow turbine with sprit guide-vane H _{max} =36.9m, Q _{max} =1.0m ³ /s, Pt _{max} =310kW
Generator		3-phase synchronous generator Rated output: 330kVA, Voltage: 6.6kV Power factor: 0.9, Frequency: 50Hz
Main transformer		Outdoor type Capacity: 330kVA, Voltage: 6.6kV/33kV
Distribution line		3 phase, 3 wires, Overhead distribution line Voltage: 33kV, L=34km
Pole transformer		Outdoor type Voltage: 33kV/400V, Capacity: 100kVA x 6 units

(4) 発電所建設費用算出

上記発電所設計に基づき、Chilambwe Falls発電所建設費用を算出した。その結果を表 12-21に示す。

表 12-21 Chilambwe Falls 発電所建設費用

	Quantity	Unit Price	Price
I. Construction Cost			2,220,340 US\$
i) Civil Engineering			406,840 US\$
[Weir, Intake, Headtank and Power house]			
Concrete	80 m ³	600 US\$/m ³	48,000 US\$
Rebar	8 t	1,400 US\$/t	11,200 US\$
Masonry	321 m ³	150 US\$/m ³	48,150 US\$
Excavation, common	170 m ³	10 US\$/m ³	1,700 US\$
Excavation, rock	679 m ³	60 US\$/m ³	40,740 US\$
[Channel and Tailrace]			
Masonry	525 m ³	150 US\$/m ³	78,750 US\$
Excavation, common	278 m ³	10 US\$/m ³	2,780 US\$
Excavation, rock	1,112 m ³	60 US\$/m ³	66,720 US\$
[Penstock and Spillway]			
Concrete	41 m ³	600 US\$/m ³	24,600 US\$
Rebar	5 t	1,400 US\$/t	7,000 US\$
Excavation, common	40 m ³	10 US\$/m ³	400 US\$
Excavation, rock	160 m ³	60 US\$/m ³	9,600 US\$
[Steel Structures]			
Gate and Screen	5 t	2,800 US\$/t	14,000 US\$
Penstock	19 t	2,800 US\$/t	53,200 US\$
ii) Mechanical & Electrical Equipment			1,616,200 US\$
Turbine, Gen and Tr	1 LS	310,000 US\$	310,000 US\$
33kV distribution line	34 km	36,000 US\$/km	1,224,000 US\$
33kV/400V Transformer	6 Unit	13,700 US\$/Unit	82,200 US\$
iii) Temporary Works			197,300 US\$
Access Road	3 km	30,000 US\$	90,000 US\$
Road maintenance	1 LS	3,000 US\$	3,000 US\$
Others [30% of i)]	1 LS	104,300 US\$	104,300 US\$
II. Engineering Service Cost			177,628 US\$
8.0% of Item I	1 LS	177,628 US\$	177,628 US\$
III. Overhead Cost			555,085 US\$
25.0% of Item I	1 LS	555,085 US\$	555,085 US\$
IV. Profit Margin			444,068 US\$
20.0% of Item I	1 LS	444,068 US\$	444,068 US\$
Grand Total			3,397,121 US\$

(5) 経済性評価

表 12-22に、Chilambwe Falls発電計画の経済性評価の結果を示す。MFL地点における経済性評価結果と同様、ZESCOが採用する電気料金設定（Case B-1）では、負のFIRRとなり、プロジェクトとして成り立たない。しかし、既設Zengamina発電所で採用する従量料金レベルの価格設定とすることにより、FIRRは 7%程度にまで向上し、プロジェクトとして成り立つ可能性を示した。表 12-22に示す 3 ケースの経済性評価結果の詳細を表 12-23～表 12-25 に示す。

表 12-22 Chilambwe Falls 発電計画における経済性評価結果

Tariffs	Case B-1		Case B-2		Case B-3	
	ZESCO Charge		Zengamina HP Commodity Charge		Zengamina HP Fixed Charge	
	K	US \$	K	US \$	K	US \$
Households tariffs	102	0.026	440	0.11	-	-
Monthly fixed charge	8,475	2.12	50,000	12.50	40,000	10.00
Commercial tariffs	245	0.06	440	0.11	600	2.00
Monthly fixed charge	43,841	10.96	50,000	12.50	50,000	15.00
Social tariffs	201	0.05	440	0.11	600	2.00
Monthly fixed charge	34,839	8.71	50,000	12.50	50,000	15.00
FIRR	-1.42 %		6.97 %		2.20 %	

表 12-23 Case B-1 財務諸表

FIRR = -1.42% Discount Factor = 12.00%								
Year	Capital Costs US\$	Operational costs US\$	Total Cost US\$	Present Cost US\$	Power Supply MWh	Revenues US\$	Net Revenue US\$	Net Present Value US\$
0	951,651		951,650.94	951,650.94			(951,650.94)	(951,650.94)
1	1,903,302		1,903,301.88	1,699,376.68			(1,903,301.88)	(1,699,376.68)
2	951,651	38,633.93	990,284.87	789,449.04	1,434,037	62,667.96	(927,616.91)	(739,490.52)
3		38,633.93	38,633.93	27,498.87	1,462,543	64,323.14	25,689.22	18,285.08
4		38,633.93	38,633.93	24,552.56	1,494,591	66,108.31	27,474.38	17,460.46
5		38,633.93	38,633.93	21,921.93	1,520,799	67,740.52	29,106.60	16,515.86
6		38,633.93	38,633.93	19,573.15	1,551,653	69,671.37	31,037.44	15,724.53
7		38,633.93	38,633.93	17,476.03	1,580,338	71,423.71	32,789.78	14,832.43
8		38,633.93	38,633.93	15,603.60	1,666,091	76,833.96	38,200.03	15,428.35
9		38,633.93	38,633.93	13,931.78	1,694,372	78,824.78	40,190.85	14,493.22
10		38,633.93	38,633.93	12,439.09	1,722,790	80,679.62	42,045.70	13,537.59
11		38,633.93	38,633.93	11,106.33	1,749,415	82,340.51	43,706.58	12,564.60
12		38,633.93	38,633.93	9,916.37	1,783,553	84,450.39	45,816.46	11,759.94
13		38,633.93	38,633.93	8,853.90	1,816,346	87,232.40	48,598.47	11,137.52
14		38,633.93	38,633.93	7,905.27	1,843,557	89,169.23	50,535.31	10,340.52
15		38,633.93	38,633.93	7,058.27	1,868,262	91,043.56	52,409.63	9,575.04
16		38,633.93	38,633.93	6,302.03	1,927,092	96,114.97	57,481.04	9,376.40
17		38,633.93	38,633.93	5,626.81	1,945,328	97,832.27	59,198.34	8,621.90
18		38,633.93	38,633.93	5,023.94	1,972,015	100,023.11	61,389.18	7,983.02
19		38,633.93	38,633.93	4,485.66	1,999,226	102,475.65	63,841.72	7,412.46
20		38,633.93	38,633.93	4,005.05	2,026,659	104,624.70	65,990.77	6,841.05
21		38,633.93	38,633.93	3,575.94	2,045,145	106,657.78	68,023.85	6,296.26
22		38,633.93	38,633.93	3,192.80	2,080,342	110,908.60	72,274.67	5,972.96
23		38,633.93	38,633.93	2,850.72	2,098,008	112,809.57	74,175.64	5,473.27
24		38,633.93	38,633.93	2,545.28	2,121,940	115,316.38	76,682.46	5,052.00
25		38,633.93	38,633.93	2,272.58	2,129,051	116,023.41	77,389.49	4,552.31
26		38,633.93	38,633.93	2,029.09	2,144,556	117,124.72	78,490.79	4,122.40
27		38,633.93	38,633.93	1,811.68	2,159,295	119,763.57	81,129.64	3,804.46
28		38,633.93	38,633.93	1,617.57	2,181,734	121,159.78	82,525.85	3,455.30
29		38,633.93	38,633.93	1,444.26	2,189,633	121,974.57	83,340.64	3,115.55
30		38,633.93	38,633.93	1,289.52	2,203,103	122,967.71	84,333.78	2,814.89
31		38,633.93	38,633.93	1,151.36	2,219,971	124,350.71	85,716.79	2,554.51
32		38,633.93	38,633.93	1,028.00	2,239,682	127,197.42	88,563.49	2,356.56
33		38,633.93	38,633.93	917.86	2,244,261	127,863.62	89,229.69	2,119.90
34		38,633.93	38,633.93	819.51	2,256,640	129,006.89	90,372.97	1,917.02
35		38,633.93	38,633.93	731.71	2,267,563	130,002.13	91,368.21	1,730.47
36		38,633.93	38,633.93	653.31	2,286,829	132,807.47	94,173.55	1,592.50
37		38,633.93	38,633.93	583.31	2,292,078	133,573.68	94,939.75	1,433.45
38		38,633.93	38,633.93	520.82	2,305,428	134,769.47	96,135.54	1,295.98
39		38,633.93	38,633.93	465.01	2,319,020	135,982.05	97,348.12	1,171.72
40		38,633.93	38,633.93	415.19	2,338,671	138,767.41	100,133.49	1,076.11
41		38,633.93	38,633.93	370.71	2,342,322	139,557.12	100,923.19	968.39
3,694,043.53							NPV	(3,105,752.15)

表 12-24 Case B-2 財務諸表

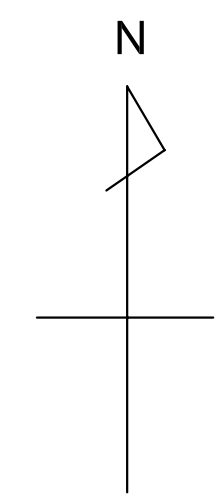
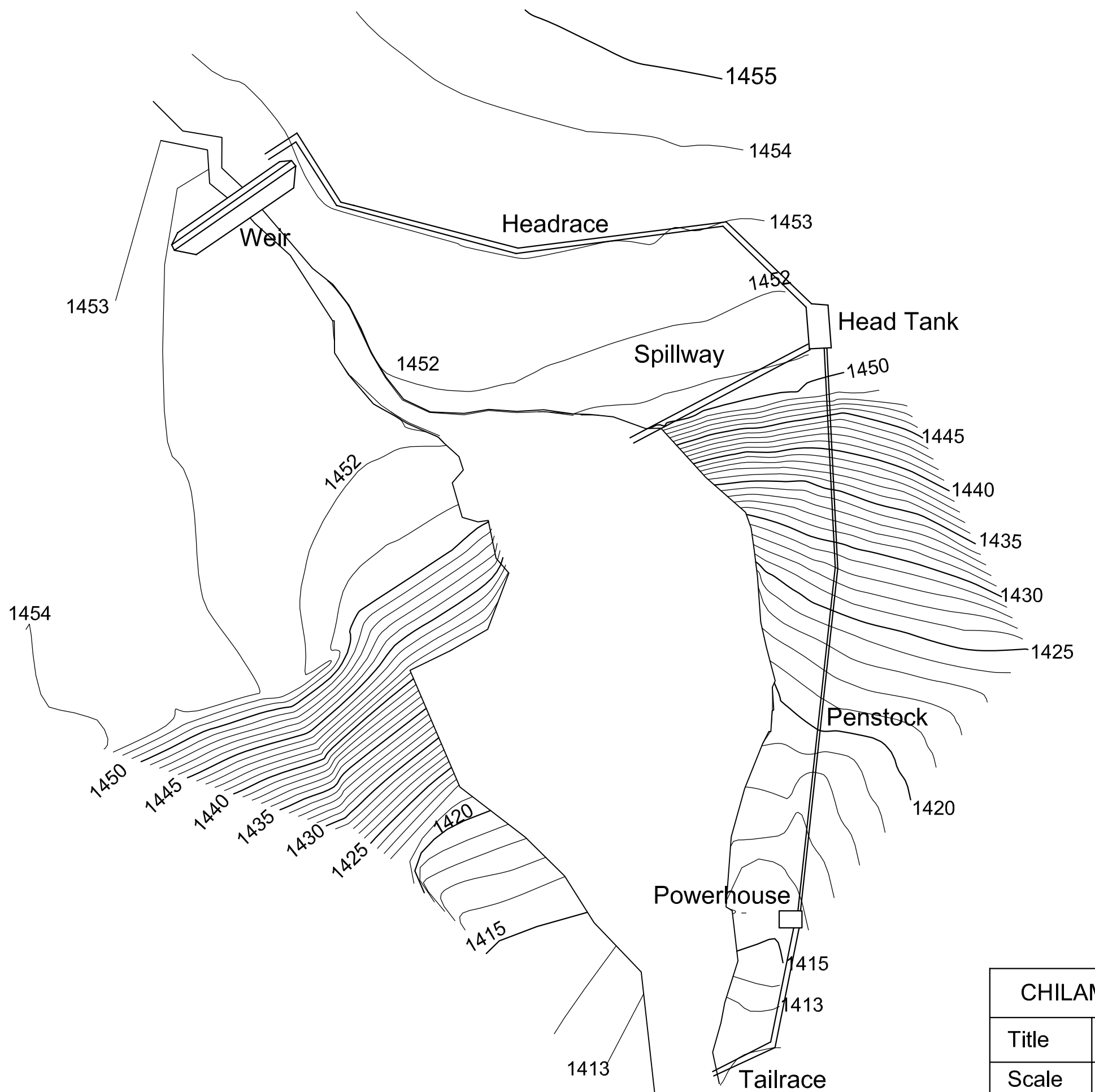
FIRR = 6.97%								
Discount Factor = 12.00%								
Year	Capital Costs US\$	Operational costs US\$	Total Cost US\$	Present Cost US\$	Power Supply MWh	Revenues US\$	Net Revenue US\$	Net Present Value US\$
0	951,651		951,650.94	951,650.94			(951,650.94)	(951,650.94)
1	1,903,302		1,903,301.88	1,699,376.68			(1,903,301.88)	(1,699,376.68)
2	951,651	38,633.93	990,284.87	789,449.04	1,434,037	230,194.38	(760,090.49)	(605,939.48)
3		38,633.93	38,633.93	27,498.87	1,462,543	237,072.06	198,438.14	141,244.35
4		38,633.93	38,633.93	24,552.56	1,494,591	244,382.96	205,749.03	130,757.23
5		38,633.93	38,633.93	21,921.93	1,520,799	251,172.36	212,538.44	120,600.02
6		38,633.93	38,633.93	19,573.15	1,551,653	258,784.47	220,150.54	111,535.12
7		38,633.93	38,633.93	17,476.03	1,580,338	266,113.49	227,479.56	102,900.20
8		38,633.93	38,633.93	15,603.60	1,666,091	279,981.24	241,347.32	97,476.13
9		38,633.93	38,633.93	13,931.78	1,694,372	287,751.43	249,117.51	89,834.27
10		38,633.93	38,633.93	12,439.09	1,722,790	295,614.83	256,980.91	82,740.97
11		38,633.93	38,633.93	11,106.33	1,749,415	303,361.85	264,727.92	76,102.95
12		38,633.93	38,633.93	9,916.37	1,783,553	312,285.54	273,651.62	70,239.55
13		38,633.93	38,633.93	8,853.90	1,816,346	321,828.68	283,194.76	64,900.93
14		38,633.93	38,633.93	7,905.27	1,843,557	330,295.85	291,661.92	59,679.81
15		38,633.93	38,633.93	7,058.27	1,868,262	338,559.43	299,925.50	54,795.27
16		38,633.93	38,633.93	6,302.03	1,927,092	351,362.09	312,728.17	51,012.74
17		38,633.93	38,633.93	5,626.81	1,945,328	359,204.01	320,570.08	46,689.22
18		38,633.93	38,633.93	5,023.94	1,972,015	368,506.14	329,872.21	42,896.45
19		38,633.93	38,633.93	4,485.66	1,999,226	378,225.57	339,591.65	39,428.89
20		38,633.93	38,633.93	4,005.05	2,026,659	387,789.09	349,155.16	36,195.79
21		38,633.93	38,633.93	3,575.94	2,045,145	396,631.06	357,997.14	33,136.08
22		38,633.93	38,633.93	3,192.80	2,080,342	407,715.87	369,081.94	30,501.86
23		38,633.93	38,633.93	2,850.72	2,098,008	416,751.00	378,117.07	27,900.49
24		38,633.93	38,633.93	2,545.28	2,121,940	427,039.80	388,405.88	25,589.00
25		38,633.93	38,633.93	2,272.58	2,129,051	430,574.60	391,940.67	23,055.25
26		38,633.93	38,633.93	2,029.09	2,144,556	435,219.53	396,585.60	20,829.00
27		38,633.93	38,633.93	1,811.68	2,159,295	439,832.17	401,198.25	18,813.62
28		38,633.93	38,633.93	1,617.57	2,181,734	445,507.23	406,873.30	17,035.49
29		38,633.93	38,633.93	1,444.26	2,189,633	449,366.07	410,732.14	15,354.51
30		38,633.93	38,633.93	1,289.52	2,203,103	454,009.88	415,375.96	13,864.39
31		38,633.93	38,633.93	1,151.36	2,219,971	459,171.37	420,537.44	12,532.74
32		38,633.93	38,633.93	1,028.00	2,239,682	464,790.07	426,156.14	11,339.45
33		38,633.93	38,633.93	917.86	2,244,261	468,431.84	429,797.91	10,211.03
34		38,633.93	38,633.93	819.51	2,256,640	473,188.57	434,554.64	9,217.89
35		38,633.93	38,633.93	731.71	2,267,563	477,807.67	439,173.74	8,317.74
36		38,633.93	38,633.93	653.31	2,286,829	483,658.35	445,024.42	7,525.49
37		38,633.93	38,633.93	583.31	2,292,078	487,608.90	448,974.97	6,778.84
38		38,633.93	38,633.93	520.82	2,305,428	492,765.40	454,131.47	6,122.05
39		38,633.93	38,633.93	465.01	2,319,020	498,027.64	459,393.72	5,529.45
40		38,633.93	38,633.93	415.19	2,338,671	504,246.33	465,612.41	5,003.84
41		38,633.93	38,633.93	370.71	2,342,322	508,197.40	469,563.48	4,505.63
				3,694,043.53			NPV	(1,524,773.40)

表 12-25 Case B-3 財務諸表

FIRR = 2.20%									
Discount Factor = 12.00%									
Year	Capital Costs US\$	Operational costs US\$	Total Cost US\$	Present Cost US\$	Power Supply MWh	Revenues US\$	Net Revenue US\$	Net Present Value US\$	
0	951,651		951,650.94	951,650.94			(951,650.94)	(951,650.94)	
1	1,903,302		1,903,301.88	1,699,376.68			(1,903,301.88)	(1,699,376.68)	
2	951,651	38,633.93	990,284.87	789,449.04	1,434,037	118,825.67	(871,459.20)	(694,721.93)	
3		38,633.93	38,633.93	27,498.87	1,462,543	121,443.75	82,809.82	58,942.39	
4		38,633.93	38,633.93	24,552.56	1,494,591	124,191.77	85,557.84	54,373.55	
5		38,633.93	38,633.93	21,921.93	1,520,799	127,111.80	88,477.87	50,204.72	
6		38,633.93	38,633.93	19,573.15	1,551,653	130,289.35	91,655.42	46,435.49	
7		38,633.93	38,633.93	17,476.03	1,580,338	133,020.72	94,386.79	42,695.79	
8		38,633.93	38,633.93	15,603.60	1,666,091	144,783.18	106,149.25	42,871.90	
9		38,633.93	38,633.93	13,931.78	1,694,372	148,312.65	109,678.72	39,551.25	
10		38,633.93	38,633.93	12,439.09	1,722,790	151,238.30	112,604.37	36,255.59	
11		38,633.93	38,633.93	11,106.33	1,749,415	153,834.67	115,200.74	33,117.46	
12		38,633.93	38,633.93	9,916.37	1,783,553	157,090.85	118,456.93	30,404.94	
13		38,633.93	38,633.93	8,853.90	1,816,346	162,507.60	123,873.68	28,388.65	
14		38,633.93	38,633.93	7,905.27	1,843,557	165,613.99	126,980.06	25,982.64	
15		38,633.93	38,633.93	7,058.27	1,868,262	168,652.43	130,018.50	23,753.89	
16		38,633.93	38,633.93	6,302.03	1,927,092	180,782.56	142,148.63	23,187.52	
17		38,633.93	38,633.93	5,626.81	1,945,328	183,704.44	145,070.51	21,128.70	
18		38,633.93	38,633.93	5,023.94	1,972,015	187,461.51	148,827.58	19,353.48	
19		38,633.93	38,633.93	4,485.66	1,999,226	191,932.80	153,298.87	17,799.04	
20		38,633.93	38,633.93	4,005.05	2,026,659	195,434.53	156,800.61	16,255.01	
21		38,633.93	38,633.93	3,575.94	2,045,145	199,357.75	160,723.83	14,876.53	
22		38,633.93	38,633.93	3,192.80	2,080,342	210,161.14	171,527.21	14,175.44	
23		38,633.93	38,633.93	2,850.72	2,098,008	213,544.29	174,910.37	12,906.28	
24		38,633.93	38,633.93	2,545.28	2,121,940	218,247.96	179,614.03	11,833.35	
25		38,633.93	38,633.93	2,272.58	2,129,051	217,738.55	179,104.63	10,535.53	
26		38,633.93	38,633.93	2,029.09	2,144,556	218,018.76	179,384.84	9,421.44	
27		38,633.93	38,633.93	1,811.68	2,159,295	224,571.62	185,937.69	8,719.28	
28		38,633.93	38,633.93	1,617.57	2,181,734	225,094.92	186,460.99	7,806.99	
29		38,633.93	38,633.93	1,444.26	2,189,633	224,718.70	186,084.77	6,956.46	
30		38,633.93	38,633.93	1,289.52	2,203,103	224,338.76	185,704.83	6,198.44	
31		38,633.93	38,633.93	1,151.36	2,219,971	225,611.38	186,977.45	5,572.25	
32		38,633.93	38,633.93	1,028.00	2,239,682	232,158.41	193,524.49	5,149.43	
33		38,633.93	38,633.93	917.86	2,244,261	231,359.43	192,725.50	4,578.72	
34		38,633.93	38,633.93	819.51	2,256,640	231,759.10	193,125.18	4,096.62	
35		38,633.93	38,633.93	731.71	2,267,563	231,400.32	192,766.40	3,650.91	
36		38,633.93	38,633.93	653.31	2,286,829	237,543.01	198,909.08	3,363.61	
37		38,633.93	38,633.93	583.31	2,292,078	236,860.02	198,226.10	2,992.91	
38		38,633.93	38,633.93	520.82	2,305,428	236,998.48	198,364.55	2,674.11	
39		38,633.93	38,633.93	465.01	2,319,020	237,100.48	198,466.55	2,388.83	
40		38,633.93	38,633.93	415.19	2,338,671	242,708.77	204,074.85	2,193.15	
41		38,633.93	38,633.93	370.71	2,342,322	242,282.88	203,648.96	1,954.08	
3,694,043.53							NPV	(2,593,003.18)	

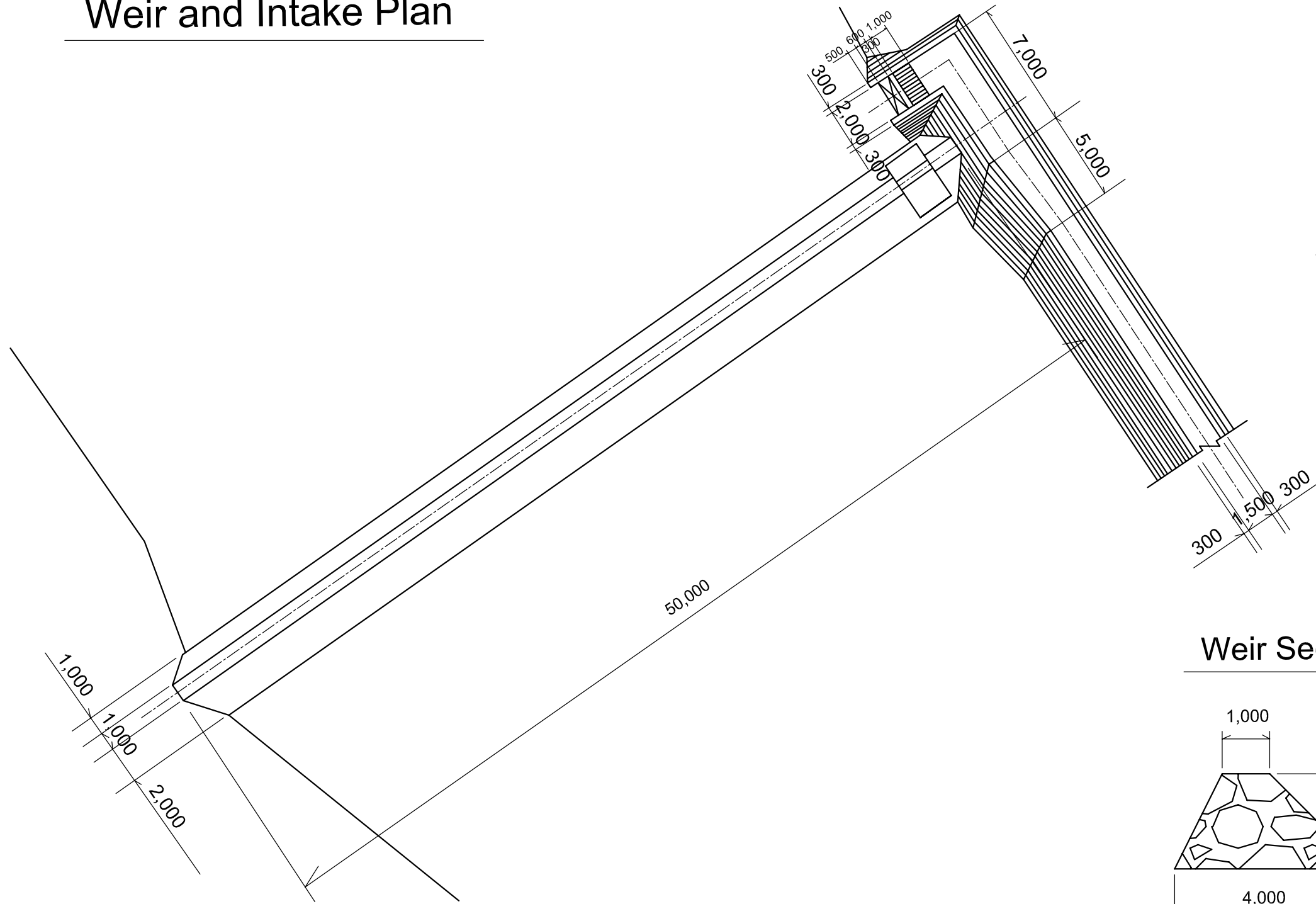
(6) 設計図面

以下に Chilambwe Falls 地点の設計図面を添付する。

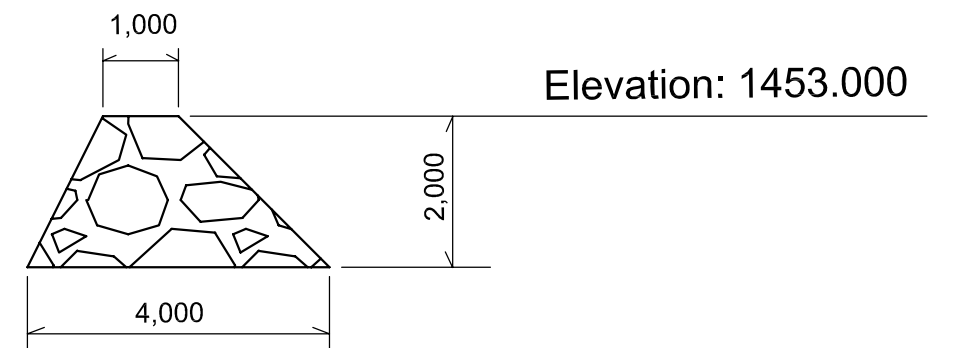


CHILAMBWE FALLS POWER STATION			
Title	PLANT LAYOUT		
Scale	1:1500	DWG No.	CBF-1
TEPCO JICA STUDY TEAM		16-JAN-2008	

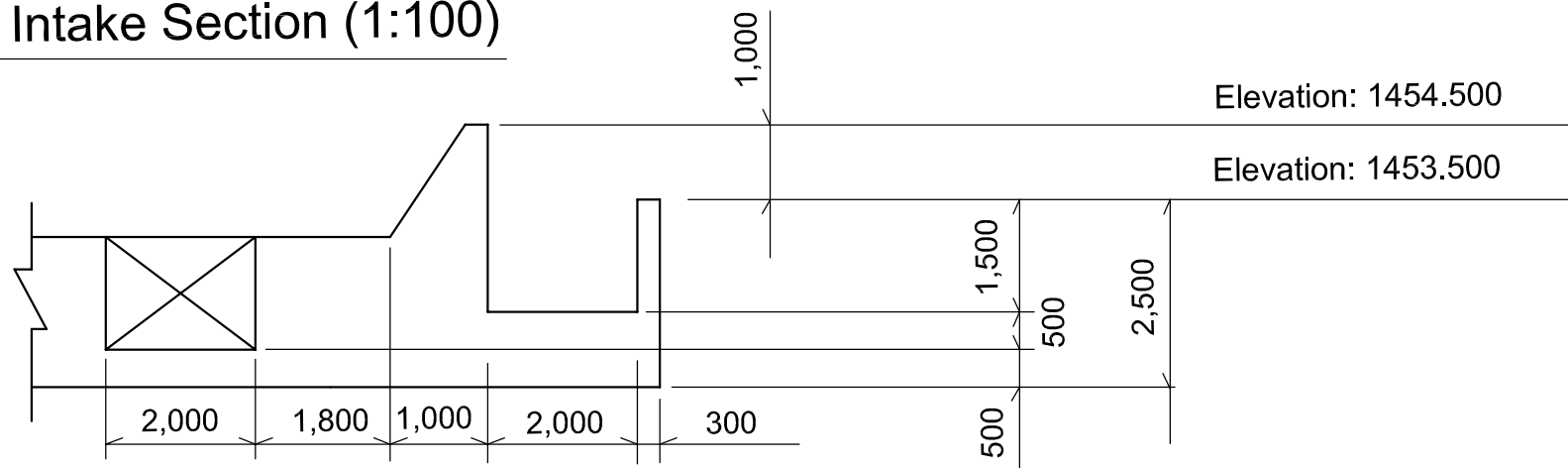
Weir and Intake Plan



Weir Section (1:100)

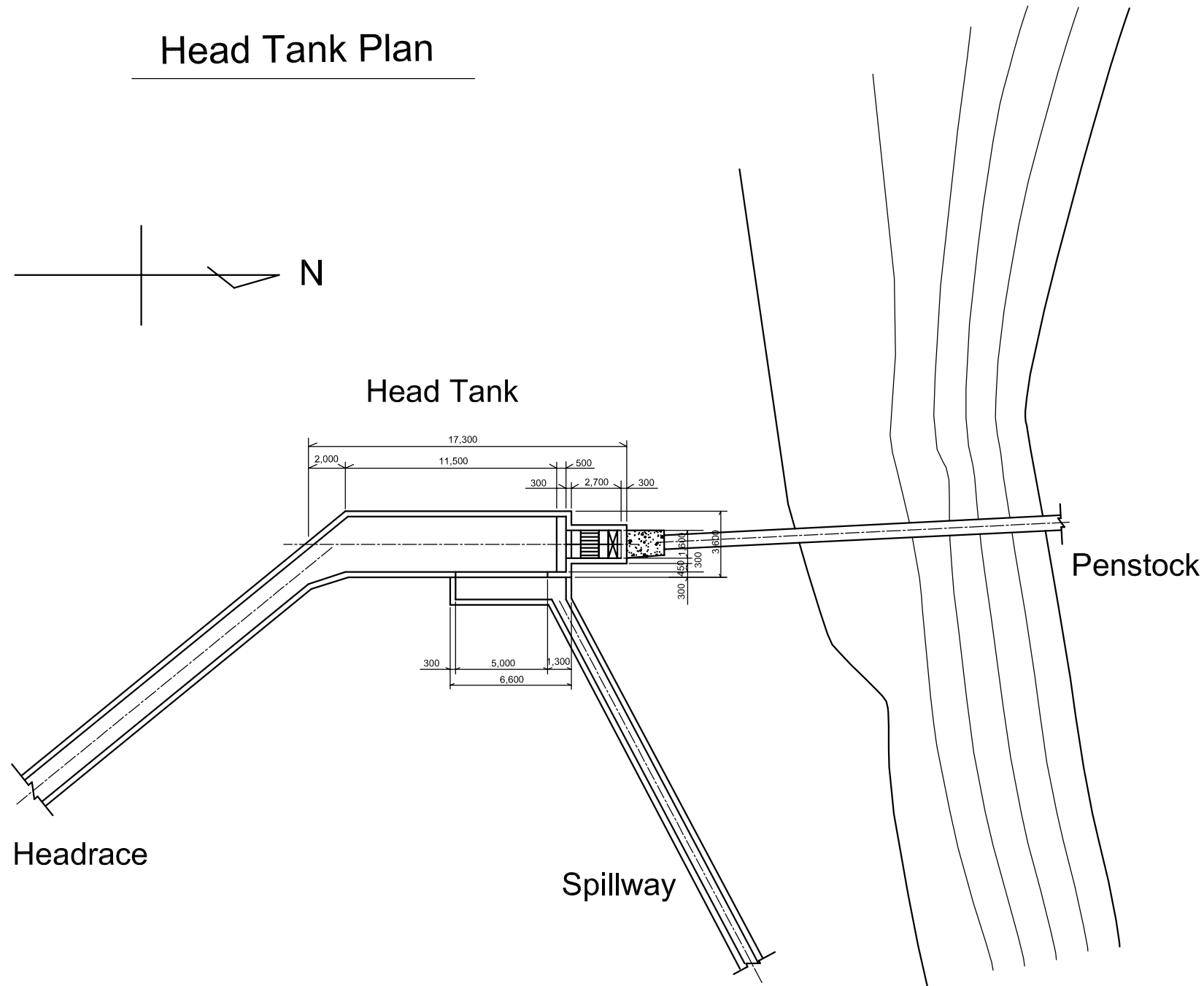


Intake Section (1:100)

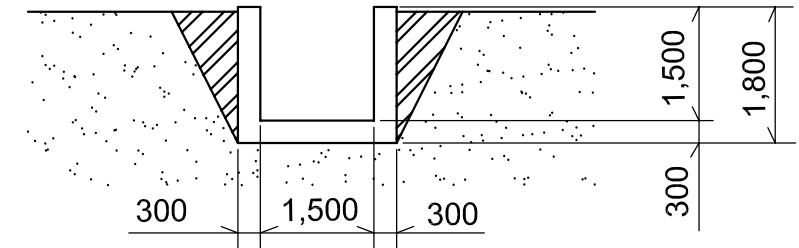


CHILAMBWE FALLS POWER STATION			
Title	WEIR AND INTAKE		
Scale	1:250	DWG No.	CBF-2
TEPCO JICA STUDY TEAM		16-JAN-2008	

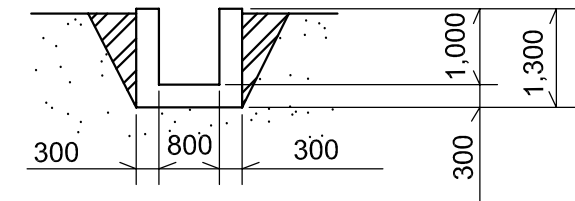
Head Tank Plan



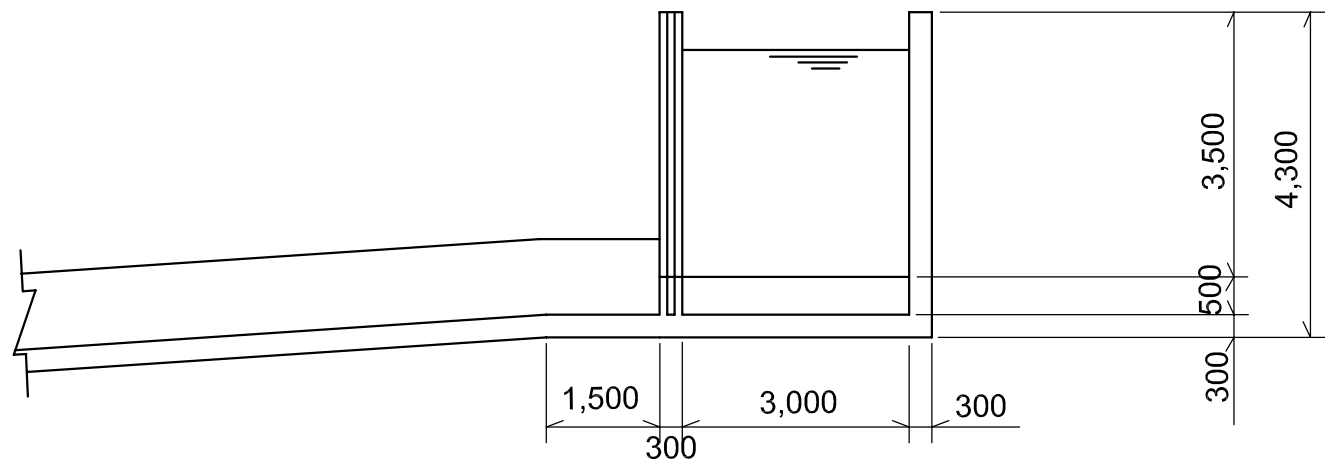
Headrace Section (1:100)



Spillway Section (1:100)



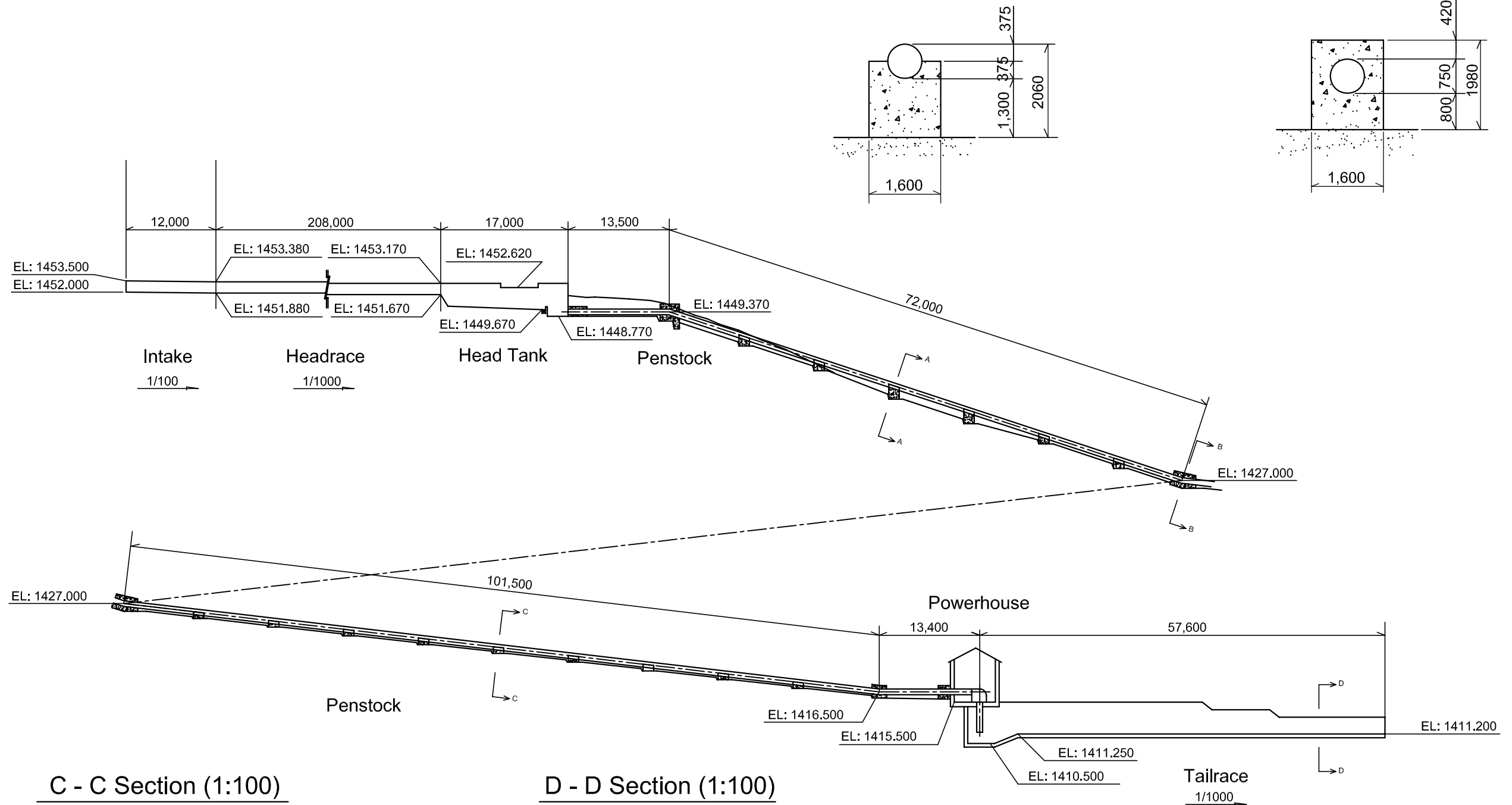
Headrace Section (1:100)



CHILAMBWE FALLS POWER STATION			
Title	HEAD TANK		
Scale	1:300	DWG No.	CBF-3
TEPCO JICA STUDY TEAM		16-JAN-2008	

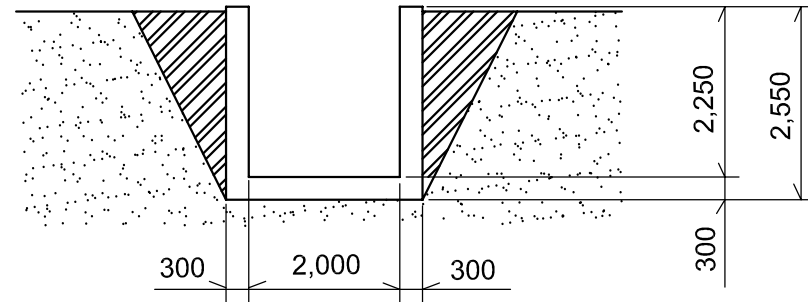
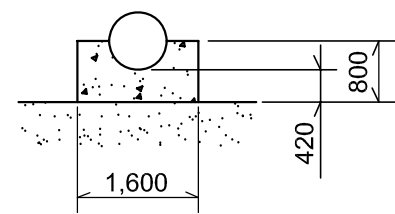
A - A Section (1:100)

B - B Section (1:100)



C - C Section (1:100)

D - D Section (1:100)



CHILAMBWE FALLS POWER STATION			
Title	WATER WAY SECTION		
Scale	1:600	DWG No.	CBF-4
TEPCO JICA STUDY TEAM		16-JAN-2008	

12.2.5. 水力発電所維持運営方法に関する提案

ここでは、小水力発電所を遠隔地に建設した後の発電所運営方式について、調査団より提案する。

最も簡単な発電所運営方式としては、REA が発電所を所有し、運転保守、集金といった管理運営の全てを、ZESCO などの実績ある会社に外注する方法が挙げられる。徴収された電気料金は一旦全て REA に納入され、REA はそこから外注会社への委託金の支払い、将来の取替え部品購入に備えた貯蓄、および地方電化基金の納入を行う。この場合、与えられるだけの電気となってしまう、発電所が地域に密着することによる地域の活性化、発電所への愛着、電気を利用する意識の向上、といった発電所運営がもたらす電化の副次的効果が期待できない。

一方、最も理想的な発電所運営形態としては、運営に係る全ての業務を、地域団体が全て独立して行うことである。この場合、集金業務や平常時の発電所運転については簡単な研修により可能であると考えるが、発電所不具合発生時の対応や資金管理運用などについては、特に電化初期段階において困難であることは容易に想像できる。

そこで、両極に位置する上記 2 案の中間として、表 12-26 に示すような発電所運営形態を提案する。

表 12-26 発電所運営形態案

	No.	Working Form	Status
Manager	1	Day shift	REA
Accountant	1	Day shift	REA
Sub-accountant	2	Day shift	Local
Electrical Engineer	1	Day shift	Outsource
Mechanical Engineer	1	Temporary/Periodical	Outsource
Civil Engineer	1	Temporary/Periodical	Outsource
Operator	4(8)	Shift work	Local

運営責任者（Manager）および経理担当者（Accountant）といった運営の鍵となるスタッフは REA から派遣することとし、さらに運営保守を統括する電気技術者（Electrical Engineer）は REA が外部の経験者を雇用する。機械技術者および土木技術者も常駐職員として雇用できればなお良いが、機械・土木設備トラブルの頻度を考えると、これらは 1 回/3 ヶ月程度の定期巡回と緊急トラブル時の対応を行うための随時契約で十分と考える（電気技術者が基礎的な機械・土木設備の知識を有することが条件となる）。運営責任者、経理担当者および電気技術者の 3 名を経営の軸とし、補助要員として経理補助員 2 名、運転員 4 名を地域住民から選抜し雇用する。経理補助員は、運営責任者および経理担当者の業務を補佐し、具体的には集金業務や資金管理、職員の業務管理、給与支払いなどを行う。運転員 4 名は、3 交代勤務を行い、発電所の運転操作および状態監視を行う。勤務ローテーションは、例えば 8 時～16 時勤務を 2 日、16 時～24 時勤務を 2 日、24 時～8 時勤務を 2 日、休日 1 日とし、発電所には常時 1 名以上が滞在して

いることになる。4 名というのは、考えられる最低人数であり、勤務が過酷な場合は、運転員 5 名とし、1 日あたり 3 人勤務・2 名休みとする、または 8 時～16 日勤務の 1 日めも休日とし、この間の運転は電気技術者が代行する（平日のみ）、といった選択肢が考えられる。さらに、運転員を 8 名（2 名×4 班）とし、同様の交代勤務を行うことも、運転員の育成・発電所セキュリティ面の強化・地域活性という面ではプラスの効果があり、考慮に入れるべきである。

この運営形態で最も重要なのは、言うまでもなく地域住民より選抜したスタッフが、軸となる REA スタッフや電気技術者から実務を通して技術・技能を修得することである。彼らの習熟度を REA が判断し、経営責任者・経理担当者・電気技術者の要職を彼らに引き継ぐことで、この運営形態は真の完成となり、地域による持続的発展が期待できる。育成期間としては、少なくとも 3 年は必要であると考えられる。

最後に、全ての要職を地域住民に引き継いだとしても、発電所運営状態の定期的なチェック、特に収支管理面の監査については REA により永続的に実施されること、および発電所の重大不具合発生時の連絡・復旧支援体制を REA 内部に整えること、この 2 点を強く推奨する。

12.2.6. 技術移転

ケーススタディーの目的の一つである小水力発電地点発掘、および開発に係る技術移転を実施するため、今回調査団が実施した 2 回にわたる小水力ポテンシャル地点調査、およびケーススタディーのための詳細調査に、カウンターパートである DoE および REA の職員が同行し、全ての業務を協同で実施した。指導内容は下記の通りであり、カウンターパートには調査団の業務をサポートしてもらうことで、実地研修（OJT）ベースの技術移転を行った。カウンターパートとともに実施した業務を下記に示す。

- ▶ 地形測量
- ▶ 河川流量測定
- ▶ 既存測水所の流量データから、当該地点の流量への換算
- ▶ 調査結果に基づく水力ポテンシャルの算出
- ▶ 小水力発電所構造物レイアウトの検討
- ▶ 需要地点の社会調査

なお、調査に同行した REA 職員は、今回調査団が小水力ポテンシャル地点調査のために調達したローカルコンサルタントと共に、ケーススタディー地点選定に漏れたいくつかの有望地点について、REA 独自に追加調査を行っており、技術移転の成果が現れていると考える。

12.3. 環境社会配慮調査

ケーススタディーにおいて、調査団はカウンターパートチームと共同で、初期的環境社会配慮調査を実施し、環境案件概要（以下 EPB）の作成を行った。本活動は、カウンターパートのキャパシティディベロップメントに主眼が置かれた。

12.3.1. 調査対象

初期的環境影響評価活動における調査対象は、小水力プロジェクト候補 2 地点及び、発電所予定サイトから電力供給先 RGC までの付随する 33kV 配電線通過地域である。この調査対象は、北西部州、ルアプラ州、及び北部州における再生可能エネルギーポテンシャル調査の実施結果に基づいて決定された。選定された小水力プロジェクト候補地は、次の通りである。

(1) Mujila Falls Lower 小水力発電所候補地点

Mujila Lower小水力発電所候補地点は、北西部州Mwinilunga郡Mwinilunga市街地の東約 50km、郡道RD277 号線から 2km程外れたMujila川に位置する。発電所候補地点は堰地点から約 50mの所にある。本プロジェクトには、発電所からKanyama及びKakoma村にある学校群、診療所、及び伝統的行政中心（酋長邸宅）へ電力を供給する 33kV配電線ネットワークも含まれる。図 12-5に Mujila 小水力発電所候補地及び 33kV配電線の位置図を示す。

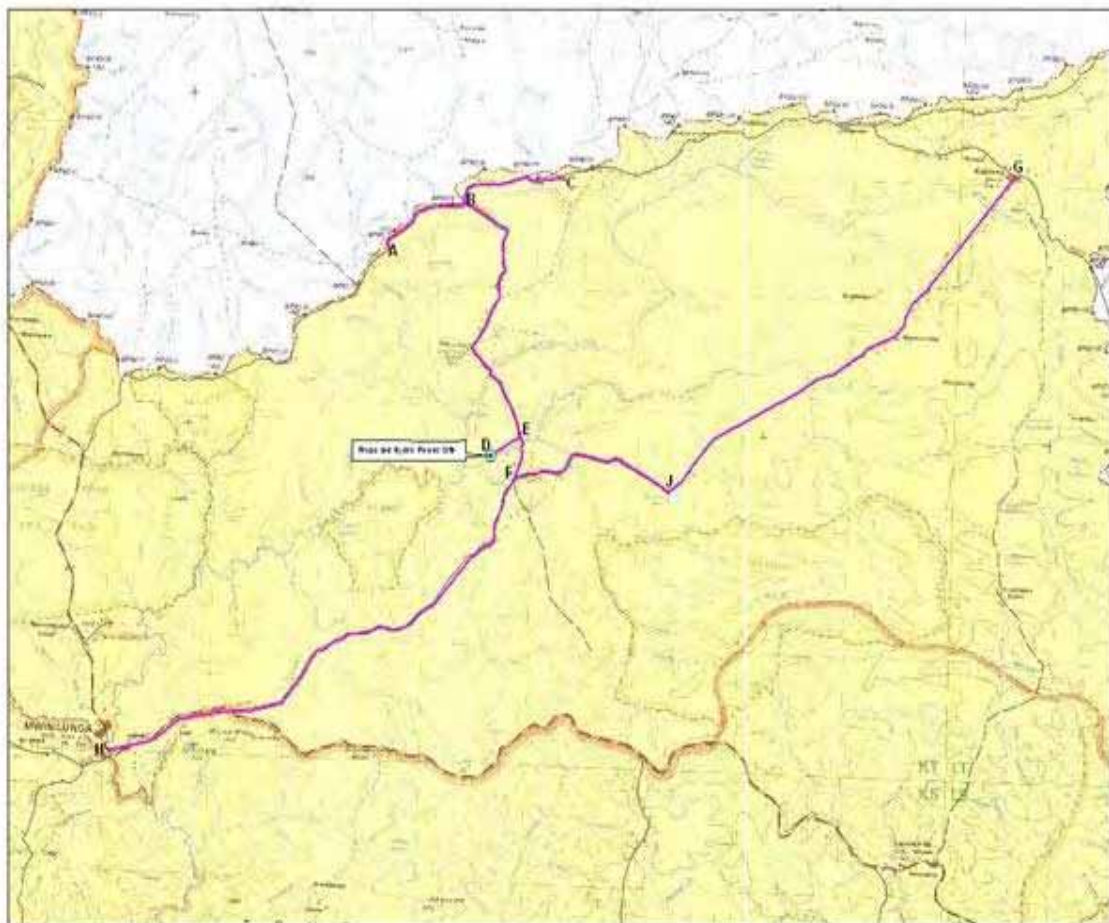


図 12-5 Mujila 小水力発電所及び提案された配電線ルート

(2) Chilambwe Falls 小水力発電所候補地点

Chilambwe Falls小水力発電所候補地点は、北部州Kasamaの北、約 80km、Kasama-Luwingu街道

を 20km、Chilambwe Falls 方向へ D20 Mporokoso 街道を 57km 進み、道を外れた Philipo 村へと入る。村から滝まではおよそ 2km 程度である。図 12-6 に Chilambwe Falls 小水力発電所候補地及び付随する 33kV 配電線の位置図を示す。

**PROPOSED HYDRO- POWER SITE
AT CHILAMBWE FALLS & ASSOCIATED
DISTRIBUTION NETWORK**

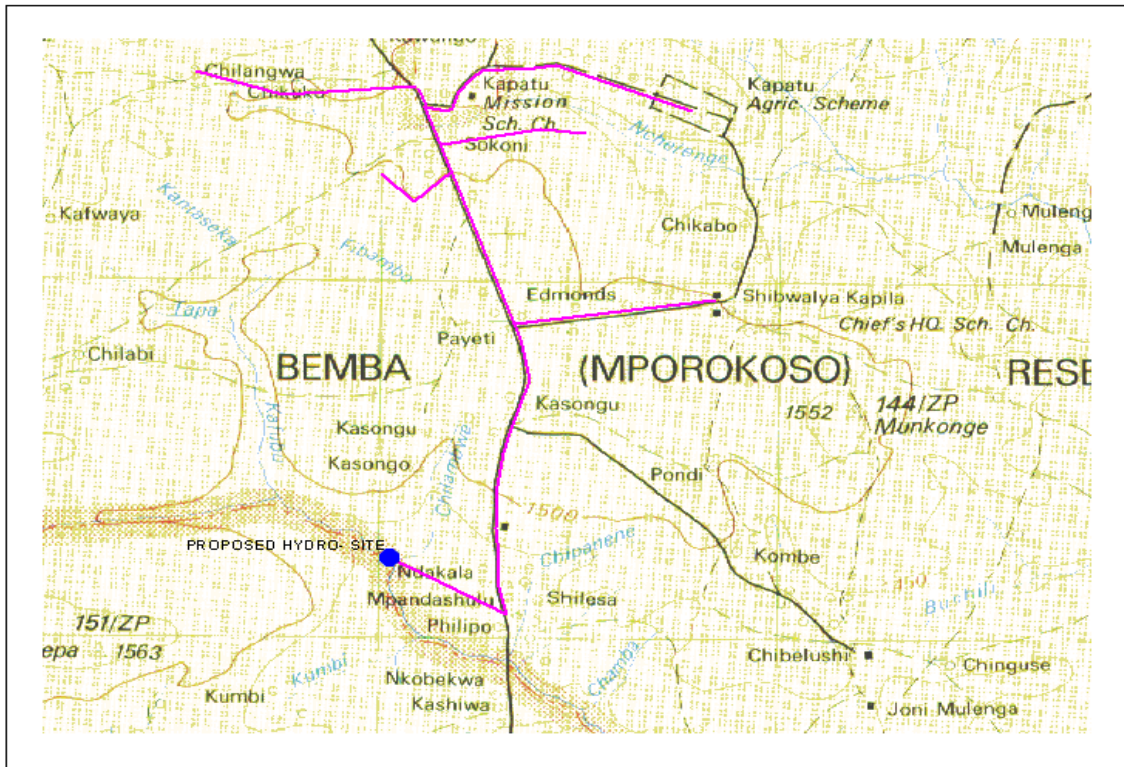


図 12-6 Chilambwe Falls 小水力発電所及び提案された配電線ルート

表 12-27に、Mujila Falls Lower及びChilambwe Fallsの各小水力プロジェクトの概要を示す。

表 12-27 Mujila Falls Lower 及び Chilambwe Falls の各小水力プロジェクトの概要

サイト名	Mujila Falls Lower	Chilambwe Falls
所在州	北西部州	北部州
位置	南緯 11 度 30 分 51.6 秒 東経 24 度 46 分 23.9 秒	南緯 9 度 49 分 58 秒 東経 30 度 43 分 26 秒
キャッチメントエリア面積	1,146km ²	175km ²
80%流況	9.21m ³ /s	0.85m ³ /s
設計流量	10.4 m ³ /s	1.0 m ³ /s
有効落差	17.1m	36.9m
発電容量	1,400kW	300kW
水路長	284m	208m
水圧鉄管長	20m	200m
放水路長	10m	55m
余水路長	36m	45m
堰長	35m	50m
堰高	5m	2m
33kV 配電線亘長	85km	34km

12.3.2. 調査項目

小水力プロジェクト候補地点における自然環境、生物環境、及び社会経済環境及びプロジェクト実施により予想される環境社会影響について調査を行うと共に、予想される各影響の緩和策について検討した。自然環境、生物環境、及び社会経済環境に関して収集した情報は以下の通りである。

(1) 自然環境

プロジェクト位置、気候、地形状況、土壌及び地質、水文学状況、湿地帯、水質、大気環境、ノイズレベル、廃棄物管理、景観

(2) 生物環境

調査対象領域に見られる植物層（木本、低層植物）及び動物層（哺乳類、爬虫類、鳥類、魚類）植生、保護区、社会経済環境

(3) 社会経済環境

人口、集落、農漁業、地方経済、鉱業、エネルギー、水及び衛生、保健、教育、雇用、社会基盤及び社会サービス、考古学的及び文化的遺産、観光

12.3.3. 調査方法

主要な環境上の課題を把握するため、文献調査、スコーピング、データ収集、及びプロジェクト候補地点が属するエリアを統括する地方政府関係者及び酋長、村人といった、適切な利害関係者に対し、聞き取り調査を行った。

12.3.4. 環境の状況

(1)Mujila Falls Lower 小水力候補地点及び付随する 33kV 配電線ルート周辺

自然環境

気候

Mwinilunga はザンビア国の土壤環境領域の第 3 番目に属する。このゾーンでは、年間降水量が 1,000mm を超える。とりわけ Mwinilunga エリアは、年間平均降水量が 1,402mm で、一年の内、実に約 142 日は雨が降ることになる。雨期は主に 9 月に始まり、5 月に終わる。この地域の気温は適度であり、年間の最低気温 6.5°C は 7 月、最高気温 31.0°C は 10 月に記録される。

地形

調査対象エリアは一般的に丘陵性で、緩やかに起伏しており、所々低地がある。発電所は Mujila Lower Falls の溪谷より下流、堰は上流に位置することになる。一般的な地形は海拔 1,350m の低地から 1,450m の丘陵地までの幅がある。中程度で起伏している地域は海拔 1,400m 程度である。Mujila Lower Falls を形成する溪谷内では、急峻な斜面が丘陵の特徴となっている。一般的なパターンは、川谷の広めの部分が草原状の湿地帯になっている。これらの領域は河川流量がピーク洪水流量の時期には冠水状態となる。

土壌及び地質

調査対象領域の土壌のタイプは高地から低地にかけて差がある。低地（溪谷の底）では、土は水はけが悪いものから非常に水はけが悪いものまであり、非常に濃い灰色がかかった茶色～灰色、やや締まったもの、ローム質～腐食質の表土に覆われた粘土状の土になっている。高地では、やや過剰に水はけのよい、非常に濃い、蒼みがかかった茶色の土～黄茶色で、粘着性のない脆い Kanyama Series という土質が大部分を占める。調査対象領域の土は、主に鉄や銅といった様々な鉱物を豊富に含有する酸性岩から得られるものである。

水文学的状況

調査対象領域は、Mujila 川、Kapundu 川、Mundwiji 川などの支流を有する West Lunga 川のような汚染されていない水域に恵まれている。流れの大部分は年間を通じて見られるが、Dambo として知られる涵養ゾーンが源流や流れの横に広範に広がっている。この Dambo の存在によって、この領域の河川は高い基底流量を維持しており、降水量が平年を下回る干ばつの年であっても、年間を通じて河川の流れが枯れることはない。Dambo はまた、このエリアで見られる大部分の魚類の繁殖地を供給する重要な特徴である。Side stream dambo は降水量の多いこの地域における河川の洪水をコントロールするために必要となる重要な特徴である。ピーク洪水水量の際、河川は堤防から溢れ、side stream dambo が氾濫する。その結果、河川が運ぶ水量が減少することになる。その後、水は水位が下がった時にゆっくりと川に戻っていく。

湿地帯

調査対象領域においては、Dambo が湿地の主な形態を形成する。Dambo には head water dambo 及び side stream dambo の 2 種類がある。Head water dambo は主に河川の源流や様々な支流で見られるが、side stream dambo は河川の低地帯で見られる。Head water dambo はピーク流量において流出した水の一時的な貯水池として働くと共に、年間を通じて流れをゆっくりと涵養する。Side stream dambo エリアは、ピーク洪水流量時の一時的な貯水池として洪水のコントロールに役立っている。Chibeshya 湖は、源流湿地帯の一つで、Mujila Falls Lower プロジェクトサイトの上流に位置し、良好な観光地になっている。

水質

調査対象領域における家庭用及び農業用水源は、主に表層水及び地下水（井戸及びボアホール）である。調査対象領域における水質、特に表層水のそれは良質であると言える。家畜及び人の飲料水は小川及び dambo から確保している。水質基本データは、対象地域での水質が家庭用及びその他の利用に適していることを示していた。

大気環境

対象地域の大気環境は、ガスを放出する産業や建設作業が行われていないため概して良好である。本小水力発電所候補地点は、主立った集落から離れて孤立した場所に位置する。サイトは溪谷にあり、大気環境は良好で原始の植生となっている。堰上流の予想される浸水域は、建設時に影響を受けやすいが、埃の放出源はすぐに水で抑制されると考えられる。

騒音レベル

提案されたプロジェクトサイトは、溪谷内に位置しており、主な騒音源は Mujila Lower Falls の滝である。本エリアにおける自然の騒音レベルは概して低い。しかし、建設時には、建設機械による騒音の発生が予想される。

保護区（国立公園及び森林保護区）

提案されたプロジェクトサイトは溪谷内に位置しており、同エリアは伝統的な土地所有システム下にある。最近接保護エリアである Kalenga PFA No.95 は、提案された小水力プロジェクトサイト及び付随する配電線ネットワークから西に数 km の所に位置する。

廃棄物

調査対象地域における廃棄物管理状況は場所によって様々である。確立した神学トレーニングセンター、診療所及び学校は適切なゴミ捨て用穴及び焼却設備を利用している。しかしながら、村落では昔ながらのゴミの投棄や焼却が一般的である。水準や品質は場所によって異なるが、調査対象地域においては掘込み式便所の利用が一般的である。

景観

Mujila サイトは溪谷内に位置し、Discipleship Centre へのアクセス道からはほとんど視認されることはない。堰サイトもまた、Mujila Lower Falls の溪谷上流にある。

生物環境

植物相

Mwinilungaにおける植生は、同じ州内の他地域と比較した場合、損なわれていない状態を保っている。これは同エリア内の豊富な降水量と肥沃な土壌が高い植物再生率に寄与しているためである。森林が手つかずとなっているもう一つの理由は、人々がエネルギーのニーズとして木炭ではなく乾燥した dead wood に依存している為である。また、本エリアにおける製材業は比較的新しく、森林は未だ乱伐の影響を受けていない。Mwinilunga Bomaとプロジェクトエリアの間の植生は、繁茂した *Parinari* 又は *Marquesia* 或いはその両方から成る常緑林冠を有するうっそうと茂った 3 層の森林を形成している。幾つかのオープンエリアの大部分は *Jubernardia*、*Isoberslinia*、*Brachystegia* 種で構成される miombo である。Mujila の高地周辺の幾つかのセクションは、2、3 の miombo 種の完全な *Uaapaca* の森林である。地元コミュニティによって収穫される一般的な堅木種には、*Pterocarpus angolensis*、*Guibourtia coleosperma*、*Faurea intermedia*、*F. saligna*、*Azelia quanzensis* (Pod

Mahogany)、*Swartzia madagascariensis*、*Burkea africana*、*Pericopsis angolensis*等がある。木炭の生産はこのエリアでは一般的ではない。家庭用の樹木伐採は、主にれんが窯、住居建築、カヌー、家具、鋏及び斧の柄やその他の道具の為に行われる。Mujila川は、速い流れと豊かな川辺の森林が特徴である。川の周辺に成長する植物で一般的なものは、*Phoenix reclinata*及び*Raphia farinifera*のようなヤシ科の植物、ぜんまい (*Osmunda regalis*) のようなシダ類、湿地性鱗状lady fern (*Thelypteris confluence*) 及び種種雑多な草である。プロジェクトエリア内の川辺の目立った樹木には、*Syzygium cordatum*、*Syzygium guineense ssp afromontanum*、*S. owariense*、*Gardenia imperialis*、*Rothmmania whitfieldii*、及び*Swatzria madagascariensis*がある。Mujila川は、その曲がりくねった特徴から、多くの小島を形成している。これらの島のほとんどは砂地で柔らかな草で覆われている。これらの島に一般的な樹種は成長の止まったように見える*Gardenia imperialis*である。これらの島ではまた、地元ではintunguluとして知られている赤い実を付けるスゲ状の植物がよく見られる。プロジェクトエリア内で見受けられた典型的なmiombo森林地帯を図 12-7に、河道に沿った深い水辺の森林を図 12-8に示す。



図 12-7 調査対象領域内の典型的な miombo 森林地帯



図 12-8 Mujila 川沿いの河道に沿った深い水辺の森林

動物相

太古の昔から、北西部州の人々は野生動物の狩猟者であった。しかし、ザンビア独立後の政府によって野生動物政策と厳格な狩猟規則の整備がなされるに従って、国内の多くの地域における野生動物の狩猟は、現在はコントロールされている。国立公園や野生動物保護区に比べてより効率的な半自治組織であるザンビア野生動物当局（Zambia Wildlife Authority、ZAWA）は、ザンビアの多くの地域における野生動物の保護に貢献してきた。

プロジェクトエリアは長年に亘って影響を受けない状態を保ってきたが、ゾウのような大型の狩猟動物は、もはや同地域には生息しない。調査対象地域内でよく見受けられる哺乳類は、ウォーターバック、ダイカーのような羚羊、ヒヒ、サル、カバ及びアフリカタケネズミのような様々な齧歯類である。

プロジェクトエリア内に生息する爬虫類は、ワニ、ウォーターモニター、毒吐きコブラ、パフ・アダー、ブラック・マンバ、ニシキヘビ、及びグリーン・ツリー・スネイクのようなヘビなどである。その他、トカゲ、カメレオン、アオクビトカゲ等が生息する。

プロジェクトエリアは、鳥類の良好な生息地である。この地域でよく見受けられる鳥には、フィッシュイーグル、タイヨウチョウ、カッコウ、カワセミ、フクロウ等がある。

なお、本プロジェクトサイトには国立公園は存在しない。

社会経済環境

人口

中央統計局（CSO）のMwinilunga郡事務所によれば、同地域の人口は 124,485 人と推定される。人口構成は男性が 59,753 人（48%）、女性が 64,732 人（52%）である。同エリアの人

口密度は 6 人/km²である。調査エリアはMwinilungaの主要市街地から約 40kmの所を起点とし、Kanyama診療所及び区議員からの情報によれば、人口 7,920 人と推定される。

集落

Mwinilunga 市街地は住宅用及び商業/事務所に計画・ゾーニングされており、郡地方部の集落は村の形態で組織されている。村は首長のリーダーシップの下で地理的に定義されたエリアに居住する多くの世帯で構成されている。定義された地理的エリアにおける村のグループが、族長により統率された族長の地位を形成する。プロジェクトエリアには 48 の集落があり、全て族長 Kanyama の村内にある。プロジェクトエリアは Mwinilunga 郡のルンダ語を話す人々及び族長 Kanyama が所有する土地に位置する。しかし、配電線ネットワークは地方の負荷の集中する族長 Kanyama のエリアまで延伸されることが予想される。

農漁業

農業は、調査対象地域内において、最も広く普及する重要な経済活動であるが、生計維持水準に止まっている。大部分の人々は自身の生計と、販売の為に作物を栽培している。商業目的で栽培される作物は、メイズ、キャッサバ、マメ及びパイナップルである。農業のチテメネ (Chitemene) システム (図 12-9) が実践されているが、最小限である。チテメネシステムは、多くはビールの醸造に利用されるシコクビエを栽培するために導入されている。また、米とサツマイモが小規模ながら栽培されている。更に、マンゴー、アボカド、グアバ、レモン、オレンジ、バナナのような果樹が小規模ながら栽培されている。郡内の生産高は低いが、農業生産量を増加するポテンシャルはある。豊富な水、dabmo、及び湿地は大規模灌漑農業に役立つと考えられる。



図 12-9 Typical Chitemene system of agriculture

プロジェクトエリア内には、振興の営利農場があり、そこでは大部分の農家が良好なメイズ

収穫高を実現している。農業活動は地元の族長が陣頭指揮を執ることとなっている。人々の中には、作物栽培と、牛、羊、豚、山羊、鶏、ホロホロ鳥のような家畜飼育を複合的に行っている者もいる。

Mujila 川及びその他の小川には、様々な種類の魚種が生息しているため、プロジェクトエリア内における漁業活動も盛んである。調査地域に沿った河道には、異なる魚種が生息している。主要な魚種はまた商業的価値も高いものであり、スネークバーベル (*Clarias theodora*)、シルバーバーベル (*Shilbe mystus*)、ブラントトゥーストバーベル (*Clarias mellandi*)、レッドブレストブリーム (*Tilapia rendalli*)、*Oreochromis niloticus*、鮭 (*Anguilla nebullosa labiata*)、スリースポティッドブリーム (*Oechromis anersonnii*)、ムンプ (*Labeo ativelis*)、カワカマス (*Hepsetus odoe*)、ブダイ (*Gnathonemus macroleptus*)、バンディドブリーム (*Tilapia sparmannii*)、ドウワーフブリーム (*Haplochronis philander*)、キノポリウオ (*Ctenopoma multispine*)、イングリッシュユール (*Mastasembals mellanchi*)、グリーンヘッディドブリーム (*Oreochromis machrochir*)、及び *Marcusenius macrolepidotus* である。

地方経済

プロジェクトエリアにおける経済は、メイズ、キャッサバ、マメ、キビの生産をする農家と、農業、保健、教育省の公務員に大きく依存している。収入を生む、或いは地方経済に貢献するその他の活動には、蜂蜜生産、工芸品、材木、れんが積み、及び漁業がある。本プロジェクトはさほど大きくないが、ある程度の収入レベルの改善、ひいては生活水準の向上が期待出来る。同エリアにおいては、鉱業、漁業、大工仕事、溶接、観光及びその他多くのセクターにおいて大きなポテンシャルを有している。

鉱業

本エリアには豊富な鉱物資源があるが、十分に活用されていない。採掘される鉱物には、銅、鉄、及び紫水晶がある。

エネルギー

Kanyama 村の住人達は、調理や暖房のためのエネルギー用として、薪や木炭に依存している。地方診療所、Kanyama 診療所、及びベーシックスクールの幾つかはソーラーパネルを利用しているが、これらの大部分は故意に破壊されるか（構成部品の一部が盗難に遭っている）、バッテリーが放電しきってしまったことにより、使用に耐えない状態になっている。統一メソジストムジラ農業センターのような孤立した場所は、特に水の汲み上げの為にソーラー及びディーゼル発電機を利用している。

水及び衛生

Mwinilunga はコンゴの熱帯雨林の延長である赤道地域にあるため、豊富な水に恵まれている。多くの村は小川の近くに位置しており、水へのアクセスが容易である。村はエリア内の小川や河川の水への依存度が高い。水は飲用及び調理、洗濯、入浴、川岸の庭の水やりと言った、その他の家庭用水として使用されている。豊富な水にも関わらず安全な水へのアクセスは今なお課題である。多くの家で、地元の材料で造った藁葺き屋根の掘込式便所と入浴用シェルターがあるが、掘込式便所の無い村では、野外を利用するのが一般的である。

保健

Kanyama 村には主要診療所として、Kanyama 診療所がある。これは Mwinilunga にある郡病院本院に次ぎ、2 番目の規模である。Kanyama 診療所では医務官が 1 名、看護師 1 名、及びそれ以外の日常の仕事を行う数名の使用人が働いている。診療所はかつてソーラーパネルに依存していたが、バッテリーはもはや機能していない。また、同所は道具を滅菌するための加熱に薪を、照明にはろうそくを使用している。Kapundu 及び Muuwa エリアには、数多くの地方診療所があり、これらは保健省から分配されたソーラーパネルに依存している。エリア内には、更に Nyangala、Nyaminkanda、Chanuvu にヘルスポストがある。プロジェクトエリアにおいてよく見られる疾病には、マラリア、上気道病原体感染症、肺炎、栄養失調、及び特に若者の間で性病（STI）がある。村にはスクリーニング施設がないため、HIV/AIDS の症例はこれまで報告されていない。従ってこの問題の重大さに関する明確な情報は無い。同エリアでは、Kanyama 内の診療所からの依頼があった場合は、移動診療所による志願制のカウンセリングとテスト（VCT）を受けることが出来る。

診療所はまた、妊婦の出産を助ける伝統的助産婦（TBA）を提供してきた。診療所には、助産師、看護師が不足しており、分娩室がない。ベッドスペースも限定的で、25 床の内状態の良いものは 10 床に過ぎない。このエリアにおける乳児死亡率は極めて低く、2004 年以来、診療所を通じた死亡の報告はなされていない。

需要を満足する既存の保健施設の収容可能数は非常に低い。診療所には、電氣的な或いは適切な医療機器はない。保健省による供給が予定通りになされないため、薬品やその他の必要品の供給量も少ない。クリニック及び診療所には救急車も遺体安置所もない。Mwinilunga 病院に応援を無線で要求しなければならないことから、クリニックでの業務は困難を伴う。

教育

エリア内には、プライマリースクール、初等学校、中等学校といった数多くの学校がある。エリア内にある唯一の中等学校は Kanyama 中等学校で、グレード 1～グレード 12 のクラスがあり、全児童数は 703 名である。児童の進学は、両性で一般的に非常に低いが、より高学年の女子児童の中退は、男子児童よりも多い。女子の進学レベルの低さの原因としては、早期の結婚と実績によって他人の手本となる人物の不足が挙げられる。当該中等学校はエリア内の全ての児童の為のものであるが、児童の中には 12km もの距離を通学しなければならない者もいる。中等学校には 17 名の教師が在籍しているが、本来であれば更に多くの教師が在籍するべき所である。しかし、電気が利用できないことを理由に赴任を拒む教師が多い。教育省は Munwa、Nsweta、Kapundu、Kamaneng'u、Kanyama 初等学校を運営している。一方、地域開発社会福祉省は、Mujila、Kansang'a、Lokokwa、Changuvu の各コミュニティースクールを運営している。コミュニティースクールは、エリア内の公立学校数が不十分であること、及び長距離通学児童の存在を主な理由として設立されている。児童の合格最低点は平均程度であり、その原因としては、勉強のための電気の欠如が挙げられる。

雇用

正式な雇用を伴う村内の主要な活動は教師、ヘルスワーカー、農業拡張官及び行政官といった公務員である。プロジェクトエリア内では、自給自足農業が最も一般的な職業である。10 月～2 月の農繁期には、耕作に従事し、4 月からは農産物の販売、10 月には蜂蜜の販売に従事している。

社会基盤及び社会福祉

エリア内における診療所、政府が運営する学校、及び協会といった基本インフラは、粗末なものである。また、レクリエーションセンターは存在しないが、国営ラジオのカバレッジエリアになっている。村にむかう道路は、砂利敷きもしくはタールを塗られたものではないため、状況は良くない。主要道路から村までの距離は 30km、Muinilunga の市街地からはおよそ 60km である。

考古学及び文化的状況

調査領域には知られている考古学的な遺跡は存在しないが、Kanyama 村には「Chidika cha Mvula」と呼ばれる雨祝祭が行われる文化的な場所がある。しかしながら、雨祝祭は伝統的な種類の崇拜から、様々な牧師や僧侶の注目を集める現代のキリスト教的祝祭に進化してきている。

観光

調査領域においては、Chibeshya 湖周辺を自然保護エリアとする計画が進行中であるが、組織的な観光活動は行われていない。国家遺産保護委員会 (NHCC) は地元コミュニティと連携して同プロジェクトを指導している。

発電所建設候補地には、観光地や施設は存在しない。宿泊施設、レストラン、及び同エリアの観光の普及を促進する施設は存在しないが、観光のポテンシャルはある。プロジェクトエリア内には Chibeshya 湖及び 2 つの滝、Mujila Lower、Mujila Upper Falls がある。

(2)Chilambwe Falls 小水力候補地点及び付随する 33kV 配電線ルート周辺

自然環境

気候

プロジェクトエリアには、主要 4 種類の既設が存在する：冷たい乾期（6～8 月）、暑い乾期（9～10 月）、暑い雨期（11～2 月）そして冷たい雨期（3～5 月）である。年間降水量は 1,100mm～1,240mm である。年平均気温は 18℃程度である。プロジェクトエリアは降水量の多い生態ゾーンの第 3 番目 (Ecological Zone III) に属する。

地形

調査対象領域は高原であり、概して平坦で、緩やかに起伏しており、所々低地がある。取水路と堰は Chilambwe Falls の上流に位置し、発電所候補地は滝の 30m 下方に位置する。概略地形は海拔 1,450m の低地から 1,600m の丘陵地までの幅がある。中程度で起伏している地域は海拔 1,400m 程度である。

土壌及び地質

プロジェクトエリアの地質は、先カンブリア期から古生代初期のザンビアの造岩の一つを示している。プロジェクトエリアのある北部州の岩盤として、基盤岩帯、Muva Super Group、Katanga Super Group が存在する。州の中央部には、花崗岩状片麻岩が大きく広がっている。珪岩、Muva Super Group の頁岩は、花崗岩ゾーンの北西部及び南西部に分布している。頁岩、Kundelungu group の砂岩は Bangweulu 湖の東方に分布している。Upper Karoo Super group は Luangwa 溪谷に沿って分布している。プロジェクトエリアは、透水性の酸性砂壤土を有する。

水文学的状況

調査対象領域は、Chambeshi 川集水域内に位置する。Chambeshi 集水域及びプロジェクトエリアは、産業や営利農業活動が存在しないことから、汚染されていない多くの枯れることのない小川や河川に恵まれている。小川は涵養ゾーンの役割を果たす dambo に囲まれている。プロジェクトエリアにおいては、主要な排水システムは Chambeshi 川である。その他の河川や小川には、Mabale 川、Katutwa 川、Mwitakubili 川、Mukolwe 川及び Kashida 川がある。

発電所候補地は、Kafubu 川流域に位置する。Kafubu 川に流れ込むその他の小川には、発電所候補地から 10km 上流にある Tapa 川、及び滝下流の Nkwale 川及び Kasawa 川がある。Kafubu 川は、Nsumbu 国立公園にある Tanganyika 湖に流れ込んでいる。

湿地帯

プロジェクトサイトにおける湿地帯の大部分は Dambo により形成されている。湿地帯は、滝までの源流に位置している。支流もまた、同様の湿地帯が Dambo の形で形成されている。

水質

プロジェクトエリアにおける水質は、産業及び営利農業活動或いはその他の汚染の原因となる活動が行われていないため、良好である。水質基本データは、対象地域での水質が家庭用、農業及び水力発電を含むその他の利用に適していることを示していた。

大気環境

対象地域の大気環境は、産業、営利農業活動及び建設作業が行われていないため概して良好である。小水力発電所候補地点は、ほとんど集落のない辺鄙な地域である。Chitemene による大気汚染（特に燃焼）は局所的であり、ある程度時間に間隔がある。

騒音レベル

提案されたプロジェクトサイトは、開けており、低人口地域である。主な騒音は滝を含む自然からのものであり、概して低いレベルである。

廃棄物

プロジェクトエリア内の村で発生する廃棄物は非常に少量である。その少量の廃棄物としては、生ごみからなる家庭ごみである。それらはごみ捨て用の穴に捨てられる。し尿の処理には、掘込式便所が利用されている。

生物環境

植物相

木本

Mporokoso は、主に、開けた及び 15~20m の高さの半常緑林冠の 2 層の Miombo 森林地帯に覆われた降雨量の多いエリア内にある。主木は、Brachystegia、Julbernardia、及び Isoberlinia 種であり、Brachystegia stipulata、B. allenii、B. Manga、B. boehmii、B. bussei、B. floribunda、B. longifolia、B. microphylla、B. spiciformis、B. taxifolia、B. utilis、Isoberlinia angolensis、Julberlinia globiflora 及び J. paniculata を含む。

プロジェクトサイトには、滝の周囲及び滝のすぐ下流に mushitu forest がある。Mushitu forest は、基本的に、広範囲の樹種を持つ河岸河川雑木林である。よく目にする樹種には、Combretum zehyeri、Cassipourea mollis、Croton、Macrostachys、Ficalhoa laurifolia、Olea capensis、Podocarpus latifolius、及び Polyscias fulva がある。図 12-10 に、Chilambwe Falls 周辺の河岸河川森林の様子を示す。

しかし、プロジェクトエリアの河岸河川森林は、人の活動により脅威にさらされている。プ

プロジェクトエリア内の人々は、Kafubu 川及びその支流に沿って、野菜栽培のための畑やサトウキビ栽培のため、森林を伐採している。この行為は影響を受ける河川や小川の存続に深刻な驚異をもたらし、発電用水にも関わってくることから、候補プロジェクトにも影響を与える可能性がある。

農業における Chitemene システムは、プロジェクトエリア内で広く実践されているもので、森林の枯渇に大きな影響を与えている。樹木は切り倒され、焼く前に枝はまとめて積み上げられる。雨期が来ると、焼かれたエリアにはシコクビエやその他の作物が作付けされる。翌年には、別のエリアが伐採される。



図 12-10 Chilambwe Falls 周辺の河岸河川森林の様子

低層植物

比較的一貫性のない低層植物として、次の種が占めている。*Anisophyllea boehmi*、*Baphia bequaertii*、*B. massaiensis*、*Monotes glaber*、*M. africanus*、*M. katagensis*、*Hymenocardia acida*、*Combretum psidioides*、*C. celastroides*、*C. collinum*、*C. fragrans*、*C. imberbe*、*C. molle*、*C. zeyheri*、*Terminalia mollis*、*T. stenostachya*、*Diplorrhynchus condylocarpon*、*Uapaca kirkiana*。

プロジェクトエリア内でよく目にする灌木には、次のものがある。*Ximenia Americana*、*Oldfielda dactylophylla*、*Diplorrhynchus mossambicensis*、*D. condylocarpon*。その他のよく目にする灌木は、次の属である：Lansea 及び Ziziphus。

プロジェクトエリア内に存在する草種は *Brachystegia-Julbernardia-Isobertia* 森林帯と関連がある。よく目にする種には次のようなものがある。*Eragrostis brizoide*、*Alloteropsis semialata*、*Anthepera acuminata*、*Aristida adscensionosis*、*Monocymbium sp*、*Bewsia biflora*、*Heteropholis sukata*、*Sporobolus rhodesiensis*、*Thysia huillensis*、*Sporobolus pyramidalis*、*Chloris gayana*、*Digitaria scalarum*、*Tristachya hubbardiana*、*Brachiaria brizantha*、*Homozeugos cylesi*、*Piptostachya inamoena*、*Pennisetum purpureum*、*Erythrophloeum africanum*、*Trichopteryx lanata*、

Andropogon sp、*Diheteropogon amplexans*、*Sporobolus pyramidalis* および *Hyparrhenia cymbaria*、*H. filipendula*、*H. nyassae*、*H. cymbaria*、*H. rufa*、*H. bracteata*。

保護区（国立公園及び森林保護区）

プロジェクトエリア内には、保護区は存在しない。

社会経済環境

人口

中央統計局（CSO）による 2000 年の国勢調査サマリーレポートによると、Mporokoso 郡の人口は 73,929 人である。人口構成は男性が 36,975 人（50.2%）、女性が 36,954 人（49.8%）である。また、人口年増加率は 3.0%である。調査対象地域は Mporokoso の主要市街地から約 80km の所を起点とし、Kapatu 及び Shibwalya Kapila 地方診療所（RHC）で入手した キャッチメント人口から、人口は 6,800 人と推定される。

集落

Mwinilunga 市街地は住宅用及び商業/事務所に計画・ゾーニングされており、郡地方部の集落は村の形態で組織されている。村は首長のリーダーシップの下で地理的に定義されたエリアに居住する多くの世帯で構成されている。定義された地理的エリアにおける村のグループが、族長により統率された族長の地位を形成する。プロジェクトエリアの人々は Bemba 族で、族長 Shibwalya Kapila の下、52 の集落がある。しかしながら、配電線ネットワークは RGC の一つであり、RHC、初等学校、教区及びファーミングブロックのある Kapatu まで延伸される。Kapatu も族長 Shibwalya Kapila の行政下にある。

プロジェクトエリア内におけるほとんどの家屋は、泥或いは焼成レンガ製で、草葺き屋根造りである。同エリア内には、鉄やアスベスト屋根を持つ良質な家屋も見受けられ、それらのほとんどは様々な政府の部局に所属するものである。

農漁業

農業は、調査対象地域において、最も広く普及する重要な経済活動であるが、生計維持水準に止まっている。プロジェクトエリア内の大部分の人々は、作物栽培と、豚、山羊、鶏、ホロホロ鳥といった家畜飼育を複合的に行っている。これらは家内消費と販売の両方の目的で行われている。栽培される主な作物は、メイズ、キャッサバ、マメ、落花生、キビである。同地域では、農業のチテメネ（Chitemene）システムが広く実践されている。チテメネシステムは、多くはビールの醸造に利用されるシコクビエを栽培するために導入されている。また、米とサツマイモが小規模ながら栽培されている。

プロジェクトエリア内には、Kapatu Farming Block と呼ばれる農業ブロックがある。このファーミングブロック内の農家は主にメイズ、ひまわり、落花生、大豆、キャッサバ、及び異なる種類の野菜を栽培している。農家の人々はまた、小規模ながら養豚、魚の養殖も行っている。人々の中には作物栽培と、羊、豚、山羊、鶏、ほろほろ鳥などの家畜飼育を複合的に行っている者もいるが、牛の飼育は一般的ではない。

プロジェクトエリア内では、マンゴー、アボカド、グアバ、レモン、オレンジ、バナナといった果樹が栽培されている。郡内の生産高は低いが、農業生産量を増加するポテンシャルはある。豊富な水、dabmo、及び湿地は大規模灌漑農業に役立つと考えられる。

プロジェクトエリア内では、Kafubu 川及び Lukupa 川のようなその他の小川に多くの魚種が生息しているため、自給自足の漁業活動も盛んである。調査地域に沿った河道には、異なる魚種が生息している。主要な魚種はまた商業的価値も高いものであり、次の通りである。イエローベリーブリーム (*Serranochromis robustus*)、ボトルノーズ (*Mormyrus lacerda*)、レッドブレストブリーム (*Tilapia rendalli*)、ストライプタイルドシサリニド (*Alestes lateralis*)、スネークバーベル (*Clarias theodora*)、シルバーバーベル (*Shilbe mystus*)、スムーズパインドバーブ (*Barbus poechii*)、ブラントトウーストバーベル (*Clarias mellandi*)、スリースポティッドブリーム (*Oechromis anersonnii*)、ムプンブ (*Labeo ativelis*)、ブダイ (*Gnathonemus macroleptus*)、バンディドブリーム (*Tilapia sparmannii*)、ドゥワーフブリーム (*Haplochronis philander*)、グリーンヘッディドブリーム (*Oreochromis machrochir*)。

地方経済

プロジェクトエリアにおける経済は、メイズ、キャッサバ、マメ、キビの生産をする農業に大きく依存している。収入を生む、或いは地方経済に貢献するその他の活動には、養豚、工芸品、材木、れんが積み、及び漁業がある。本プロジェクトはさほど大きくないが、ある程度の収入レベルの改善、ひいては生活水準の向上が期待出来る。同エリアにおいては、漁業、大工仕事、観光及びその他多くのセクターにおいて大きなポテンシャルを有している。

鉱業

プロジェクトエリアにおいては、鉱業活動は行われてない。しかし、同エリア内では、小規模な砂の採掘が行われている。本エリアには銅、鉄、及び準宝石用原石等の鉱物が存在すると言われている。

エネルギー

Chipundu 村の住人達は、調理や暖房のためのエネルギー用として、薪や木炭に依存している。Shibwalya Kapila 及び Kapatu の地方診療所、Kafubu ベーシックスクールのような初等学校の幾つかはソーラーパネルを利用している。Kapatu 農業センターのような孤立した場所は、特に水の汲み上げの為にソーラー及びディーゼル発電機の複合的に利用している。

水及び衛生

Mporokoso 郡は、豊富な水に恵まれている。多くの村は小川の近くに位置しており、水へのアクセスが容易である。村はエリア内の小川や河川の水への依存度が高い。また、それらの小川や河川からやや離れた場所にある村では、井戸を掘っている。水は飲用及び調理、洗濯、入浴、川岸の庭の水やり等の、その他の家庭用水として使用される。豊富な水にも関わらず安全な水へのアクセスは今なお課題である。多くの家屋には、地元の材料で造った藁葺き屋根の掘込式便所と入浴用シェルターがある。

保健

プロジェクトエリアには、Kapatu 及び Shibwalya Kapila の両地方診療所がある。Kapatu RHC には、1 名の有資格看護師、看護師を支援する 2 名の日常職員 (CDE)、及び 1 名の警備員が在籍する。同診療所は保健省から提供されたソーラーパネルに依存しているが、薬品の保存用としてパラフィン冷蔵庫を使用している。医療器具を滅菌するための加熱には、薪を使用している。

同診療所のキャッチメントエリアは Kapatu から約 18km の Tapa、22km の Luangwa、

22km の Sambala、16km の Chipulya、23km の Miyamba、9km の Chilangwa、そして 10km の Shimwalota に及ぶ。診療所のサービス提供範囲内にあるその他近隣の村には、Sokoni、Chisembe、Andrew Chisha、Ndaito、Kaungo、Chikuku がある。診療所は 9,422 名の人々に対し、サービスを提供している。

Shibwalya Kapila RHC もまた、職員数や実験室、入院病棟といった施設が不足している。薬品の保存用としては、Kapatu RHC 同様、パラフィン冷蔵庫を使用している。医療器具を滅菌するための加熱には、薪を使用している。

プロジェクトエリアにおいてよく見られる疾病には、マラリア、下痢、上気道病原体感染症、疥癬、結膜炎、及び特に若者の間で性病（STI）がある。村にはスクリーニング施設がないため、HIV/AIDS の症例はこれまで報告されていない。従ってこの問題の重大さに関する明確な情報は無い。しかし、同診療所では、Kasama からの 2 件の紹介ケースがある。患者はまた結核の治療を受けていた。診療所は、移動診療所による HIV/AIDS 及びマラリアについての周知プログラムを展開している。また、移動診療所は村内の 5 つの診療所と共同で蚊帳の支給も行っている。同エリアでは、Kanyama 内の診療所からの依頼があった場合は、移動診療所による志願制のカウンセリングとテスト（VCT）を受けることが出来る。

診療所はまた、妊婦の出産を助ける伝統的助産婦（TBA）を提供してきた。診療所には、助産師、看護師が不足しており、分娩室がない。診療所には、電氣的な或いは適切な医療機器はない。保健省による供給が予定通りになされないため、薬品やその他の必要品の供給量も少ない。前述の 2 つの RHC には救急車も遺体安置所もない。重篤なケースでは、Mporokoso 郡病院又は Kasama 総合病院への紹介が必要になるため、診療所での業務は困難を伴う。

教育

郡内には、教育省により運営されている多くの学校が存在する。初等学校は 20 校、ミドルベーシックスクールは 37 校、高等学校は 1 校である。プロジェクトエリア内の初等学校としては、Kafubu、Kapatu、Mporokoso、Mukupu Kaoma、Chandamali、Shibwalya Kapila、及び Chitoshi がある。郡内には、ただ一つの中等学校（Mporokoso Secondary School）があり、クラスはグレード 10～グレード 12 までである。初等学校はグレード 1～グレード 9 までの教育を提供し、グレード 9 の試験に合格した生徒は Mporokoso 高等学校や、州内のその他の高等学校に入学することが出来る。

プロジェクトエリアに最も近い学校は、Kafubu、Shibwalya Kapila、及び Kapatu ミッションベーシックスクールである。プロジェクト候補地点に最も近い Kafubu ベーシックスクールには、693 人の児童（男子児童 340 人、女子児童 353 人）が在籍している。学校のキャッチメントエリアは、距離が 8km の Kasongo、17km の Chilongoshi に亘る。同校には 9 名の教師（男性 3 人、女性 6 人）が在籍している。しかし、より高学年の女子児童の中退は、男子児童よりも多い。女子の進学レベルの低さの原因としては、早期の結婚と実績によって他人の手本となる人物の不足が挙げられる。児童の合格最低点は平均程度であり、その原因としては、夕方の勉強に使用する電気の不足が挙げられる。

郡内唯一の中等学校は、エリア内の全ての児童を考慮に入れているが、児童の中には 12km もの長距離を通学しなければならない者もいる。現在、教育省の財政的支援により、エリア内で Kapatu 高等学校の建設が既に始まっている。

学校における電力の不足の為、教育省及びドナーはコンピュータ等の教育用ツールや装置を提

供することが出来ない状態であり、それが新しい技術から立ち後れている教師や児童の聖蹟にも影響を与えている。

雇用

エリア内における正式な雇用は非常に少なく、雇用機会は無い。正式に雇用されているわずかな人々としては、主に教師、ヘルスワーカー、農業拡張官といった公務員である。プロジェクトエリア内では、自給自足農業が最も一般的な職業である。10月～3月の農繁期には、耕作に従事し、4月からは農産物の収穫及び販売に従事している。

社会基盤及び社会福祉

エリア内における基本インフラは、概して粗末なものである。主要道路（Kasama-Mporokoso 道路）は砂利敷で、メンテナンス不足の為に劣悪なコンディションとなっている。Chilambwe Falls までのわずか 2.8km の道ですら、ブッシュを掻き分けて入り込んだ悪路であり、小さな川の横断箇所であっても、排水溝が無いため、雨期には車両は通行不能になると考えられる。

プロジェクトエリアには、電話サービスもなく、テレビもカバレッジエリアになっていない。ラジオの受信状態も芳しくない。銀行サービスは Kasama でのみ利用可能である。限られた範囲の生活必需品であれば、プロジェクトエリア内の小規模店舗で賄うことが出来るが、人々（特に政府職員）のほとんどは、日用品の購入の為には Mporokoso 或いは Kasama まで赴く。地元の学校にあるサッカー場を除くと、レクリエーション施設は極めて限られている。

考古学及び文化的状況

調査領域には知られている考古学的な遺跡は存在しない。プロジェクトエリアの人々は、Chilambwe Falls における先祖代々の霊崇拝の長い歴史を持つ。毎年作物の収穫後の定められた時に、人々は様々な食料や地元で醸造されたビールを持ち寄り Chilambwe Falls に集い、良い収穫に対して先祖の霊に感謝すると共に神の恵みを求める。その際、牛、羊、或いは山羊が Chilambwe Fall に宿る先祖の霊に対して生け贄として捧げられる。

観光

Chilambwe Falls は、地元及び外部からの旅行者の注目を集める観光地としてのポテンシャルを有すると考えられる。しかし、滝はプロジェクトエリア外の一般公衆からはあまり知られていない。滝へ通じる道でさえ、美しい滝があることを示す標識は設置されていない。従って、この滝を訪れる旅行者はほとんどいない。滝の近隣に住む Mr. Chipundu から得た情報によれば、滝を訪れる旅行者は、1ヶ月に平均 1人程度とのことである。宿泊施設、レストラン、及び同エリアの観光の普及を促進する施設は存在しない。

12.3.5. 環境への影響及び影響緩和策

Mujila Falls Lower 及び Chilambwe Falls の各小水力サイト及び付随する 33kV 配電線ルート周辺の自然環境及び社会環境に対して想定される影響及び対応する影響緩和策の一覧を、表 12-28 及び表 12-29 に示す。

表 12-28 Mujila Falls Lower 小水力候補地点及び付随する 33kV 配電線ルート周辺において
想定される環境影響及び緩和策

項目	影響の種類	影響緩和策
自然環境		
位置	<ul style="list-style-type: none"> 建設工事に伴う新しい設備、人、サービスの地域への導入（正の影響） 	<ul style="list-style-type: none"> 発電所建設区域の早期確定 配電線敷設の道路用地内への制限 工事区域保全のためのキャッチメントエリアの保護
気候	一部エリアの浸水と小島の冠水による局所的気候の変化	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池面積を出来るだけ小さく抑え、渓谷と浸水域内に制限するような堰の設計
地形	<ul style="list-style-type: none"> 小水力発電所及び付帯設備建設工事（トンネル・爆破・切土・埋戻し等）による勾配等の地形改変及び変化 	<ul style="list-style-type: none"> 建設作業範囲を、全面的な地形への影響を回避するため、指定されたアクセスエリアに制限する。 再緑化による、斜面浸食の保護
土壌及び地質	<ul style="list-style-type: none"> 掘削、トンネル工事、爆破、切土・埋戻し、水圧鉄管（40m）設置に伴う土壌及び全体的な地質安定性への影響 発電所放水路（50m）から放出される水による下流河岸の浸食 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削土の埋め戻し 造園、植樹、緑化による建設サイトの回復 トンネル掘削岩の堰その他のインフラ工事への再利用
水文学的状況	<ul style="list-style-type: none"> 堰設置に伴う自然の河川の流れの変化。しかしながら、堰高が低い（5m）ため、堰を越流する水により影響は最小限にとどまると考えられる。 堰上流 1km 以内については、ムジラ川兩岸の河道及びその氾濫原に沿って恒久的に浸水する。 放水路の放水地点における河道の改変に伴う河岸の浸食が考えられるが、本渓谷は非常に安定した地形であるため、必然的に、河道は渓谷内に抑制されることが考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 生態系復元のための最低必要流量を考慮した運用 河岸浸食を回避するため、電柱建柱位置を河岸から十分に離す。
湿地帯	<ul style="list-style-type: none"> 堰建設による浸水エリアの拡大及びそれに伴う局所的湿地帯の拡大。堰予定地点の上流には自然の氾濫原が存在するが、それが 1km に亘って恒久的に浸水することが考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 発電所運用者による貯水池へのアクセス及び発電所周辺における活動（漁業、レクリエーション等）の管理 配電線ルートの湿地内通過回避
水質	<ul style="list-style-type: none"> 堰建設に伴う貯水による容存酸素量変化等の水質変化。しかし、貯水エリアが堰上流直近の自然の氾濫原以内に抑えられるため、影響は小さいと考えられる。 表層水及び地下水の汚染 	<ul style="list-style-type: none"> 堆積負荷及び汚染物質流入抑制の為の集水地域保護

大気環境	<ul style="list-style-type: none"> 建設工事中の掘削、爆破（該当する場合）、建設機械使用による大気汚染 	<ul style="list-style-type: none"> 仮設路及び工事一時使用地への散水による土埃舞上がり防止
騒音	<ul style="list-style-type: none"> 建設作業中の重機使用等による騒音 	<ul style="list-style-type: none"> 建設工期の短期化及び作業時間の限定
保護区	<ul style="list-style-type: none"> 提案されるプロジェクト地点は、国立公園や森林保護区といった保護区に該当しない。しかし、設備安全及び貯水池の保護を目的とした保護区に指定される可能性がある。 発電所周辺キャッチメントエリア内の新規保護区指定による農業活動の制限 	<ul style="list-style-type: none"> 水力発電所用地及び集水域の保護区への指定
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> 建設廃棄物、液状廃棄物、一般廃棄物等による汚染 	<ul style="list-style-type: none"> 建設廃材の再利用及び指定されたエリアでの処分 適切な貯蔵及び許可された方法による処分 適切なトイレの設置 廃水の放出は河川及び家庭揚水取水地から離れた場所で行う。
景観	<ul style="list-style-type: none"> 提案される水力発電所及び堰地点は溪谷内にあるため、現在のアクセス路からは視認されない。しかし、浸水域は場所によっては現在のアクセス路から視認出来る可能性がある。 配電線建設による景観の阻害 	<ul style="list-style-type: none"> 保安伐採が定期的に行われる道路用地脇への配電柱設置 貯水池の浸水域内への限定 発電所及び関連設備の環境調和塗色
生物環境		
動物相	<ul style="list-style-type: none"> 堰の上流の浸水域の氾濫によって、ある種の動物は移動してしまうかも知れない一方、ウォータバック、ダイカー、ヒヒ、サル、カバのような動物や、様々なアフリカダケネズミのような齧歯類にとっては好生息地になる可能性がある。また、ミサゴやカワセミといった水鳥にとっても好生息地となりうる。 	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池周囲及び発電所区域全体の保護 密猟の監視及び保護方法に対する意識付け 地元コミュニティーによる持続的な漁法及び保護方法への意識付け

<p>植物相</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・浸水域は、堰上流 1km に及ぶことが予想され、Phoenix reclinata、Raphia farinifera のようなヤシ類、セイヨウゼンマイ、Bog scaly lady fern のようなシダ類、及び様々な種類の草が影響を受ける可能性がある。河道樹木の Syzygium cordatum , Syzygium guineense ssp afromontanum, S. owariense , Gardenia imperialis , Rothmmania whitfieldii , Swatrzia madagascariensis も影響を受ける可能性がある。また、小島上の植物である soft broomy grass, Gardenia imperialis, 及びスゲのような、赤い実を付ける、itungulu と現地で呼ばれている植物も影響を受ける可能性がある。 ・堰建設に伴う浸水域の拡大による特定の植物への影響 ・配電線用地確保の為に森林伐採による植物生育への影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・浸食防止の為に貯水池周囲への植生確立 ・造園、植樹、草の植付及び使わなくなった材料の除去による建設サイトの復旧 ・配電柱の道路用地脇への建設 ・配電線両側の伐採範囲の制限（標準の 22m）
<p>社会経済環境</p>		
<p>人口</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・エリア外からの作業員等流入に伴う建設工事期間中の一時的な人口増加 	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所区域から遠隔地への建設作業員用キャンプ設置 ・地元民の作業員としての採用 ・地元以外からの作業員の厳密なスクリーニング
<p>集落</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクト地点は、居住区域から離れたエリアに位置するため、非自発的住民移転は発生しない。 	<p>—</p>
<p>農漁業</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・農地の侵害 ・小水力発電所建設に伴う農業予定地の収用 ・乱獲による特定魚類の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水池への進入及び水資源利用の監視 ・貯水池付近における全ての伝統的農業活動の禁止 ・漁業活動許容期間の設定
<p>地方経済</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・雇用機会創出による収入の増加とそれに伴う生活水準の向上（正の影響） 	<ul style="list-style-type: none"> ・経済成長を促進する為の成長性が見込めるロードセンターへの電力供給
<p>鉱業</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・鉱業活動の活性化（正の影響） 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉱業セクターの発展を促進するための電力供給
<p>エネルギー</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・住民の生活水準向上 ・社会福祉施設の為に安定したエネルギー供給（正の影響） 	<p>—</p>

水・衛生	<ul style="list-style-type: none"> ・建設工事期間中の人口流入に伴う既設の水及び衛生施設への影響 ・建設、液状、一般廃棄物、尿尿の不適切な処理による飲料水への影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な衛生施設の建設及び家庭用水供給サービスの整備
保健	<ul style="list-style-type: none"> ・外部からの流入作業員による伝染病のまん延 ・建設工事中の作業員の怪我 ・人口増加による医薬品の不足 ・貯水エリアにおける蚊の繁殖地増加によるマラリア患者の増加及び堰き止められた水に生息するカタツムリからの住血吸虫の寄生 	<ul style="list-style-type: none"> ・建設期間中に亘る建設作業員及び地元コミュニティに対する伝染病の危険と予防に関する保健教育の実施 ・緊急時に備えた応急処置用品の確保
教育	<ul style="list-style-type: none"> ・学校及び教員用住居の電化による学習環境の改善（正の影響） 	<ul style="list-style-type: none"> ・学校への電力供給
雇用	<ul style="list-style-type: none"> ・建設作業員としての地元住民に対する雇用機会の創出（正の影響） 	<ul style="list-style-type: none"> ・地元民の建設作業員としての優先的雇用 ・運転開始後の定期的保守作業員としての Kanyama 村民の採用 ・地元民がプロジェクトから利益を得る為の地元における技術力の開発に対する配慮
社会基盤・社会福祉サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・社会福祉施設等への電力供給によるサービス品質の向上（正の影響） ・建設車両の頻繁な通行に伴う道路状態の悪化 	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋や建物に対する配電線の影響が避けられない際の、財産所有者に対する適切な補償の実施
考古学的・文化的遺産	<ul style="list-style-type: none"> ・調査エリア内においては、既知の考古学的及び文化的遺産に指定された箇所は存在しないが、Kanyama 村には「Chidika cha Mvula」と呼ばれる雨祝祭が行われる文化的な場所がある。 ・考古学的な遺跡及び文化遺産への影響（出土した場合） 	<ul style="list-style-type: none"> ・住民との協議による文化的重要箇所の把握 ・掘削時に何らかの加工品を発見した場合は、作業を一時中断し、地元コミュニティ及び国家遺産保護委員会(NHCC)へ確認、或いは当該加工品を修復する。
観光	<ul style="list-style-type: none"> ・観光地開発の促進 	—
土地保有・利用	<ul style="list-style-type: none"> ・建設工事期間中又は発電所運転開始後の土地保有及び利用の制限 	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水池及び配電線線下用地の利用制限
安全	<ul style="list-style-type: none"> ・建設作業中の怪我及び野生動物、へビによる攻撃 	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な医薬品の確保

表 12-29 Chilambwe Falls 小水力候補地点及び付随する 33kV 配電線ルート周辺において想定される環境影響及び影響緩和策

項目	影響の種類	影響緩和策
自然環境		
位置	<ul style="list-style-type: none"> 提案されるプロジェクト地点は、住民居住地から離れており、自然環境を顕著に破壊することもないと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 発電所建設区域の早期確定 配電線敷設の道路用地内への制限 工事区域保全のためのキャッチメントエリアの保護
気候	<ul style="list-style-type: none"> 堰高が 2m と低いため、建設中及び水力発電所運転中の局所的気候には顕著な影響はないと考えられる。 	—
地形	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトエリアには、建設断面及び運転断面共に地形に対する顕著な悪影響はないと考えられるが、水圧鉄管設置工事による滝頂部から底部までの斜面の地形への影響があるかも知れない。 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削、爆破範囲、植生除去の最小化 再緑化による斜面の保護
土壌及び地質	<ul style="list-style-type: none"> 植生の除去による土壌浸食及び土壌不安定化、地滑り 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削土、爆破した岩の埋戻し及び石積み用としての再利用 地質保持のための蛇籠の使用 周囲と同じ植物を利用した造園及び植樹による建設区域の復旧
水文学的状況	<ul style="list-style-type: none"> 流れの迂回により、取水口から放水路間において、カブ川の流れの様式が改変される。 河岸に近接した配電柱設置による浸食及び沈泥 	<ul style="list-style-type: none"> 堰及び取水路設計における堰-放水路間の生態系及び生態系復元の為の最少必要水量の考慮 配電柱設置位置の川岸からの必要距離確保 河川横断及び河岸近接を極力回避した配電線ルート選定
湿地帯	<ul style="list-style-type: none"> 河川流域の変更及び水力発電所建設に伴う湿地の水放流及び供給回数の変化が考えられる。しかし、放流と涵養の大部分が降雨パターンに大きく影響を受ける既存の自然サイクルに従っているため、影響はそれほど顕著ではないと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 貯水タンク表面積は、50m×50m の領域以内とする。 貯水タンクは涵養域から離して建設し、斜面の滑りを防止する観点から、最低 10m 程度は斜面端から離すことが望ましい。 湿地帯の通過を極力回避した配電線ルート選定
水質	<ul style="list-style-type: none"> 流動様式の変化による水質の変化 建設工事中の掘削作業による一時的な水質の悪化 	<ul style="list-style-type: none"> 河川及び貯水池における水質のモニタリング 家庭用水としての供給時における煮沸等の処置 貯水池周囲における建設活動及び人的活動の極力回避

大気環境	掘削、爆破、重機使用等の建設活動に伴う大気環境の悪化	<ul style="list-style-type: none"> 仮設路及び工事一時使用地への散水による土埃舞上がり防止 建設工期の短縮
騒音	建設工事中の工事用車両の通行、重機使用、爆破、掘削作業に伴う騒音の発生	<ul style="list-style-type: none"> 重機使用時間の制限 夜間の爆破作業の禁止及び爆破作業時間の事前周知
景観	水力発電所設備及び配電設備設置による景観への影響が考えられるが、集落からは、プロジェクト地点を視認できないため、影響は小さいと考えられる。	<ul style="list-style-type: none"> 植生除去範囲の最小化 自生の樹木や草による再緑化 水圧鉄管その他の周囲から視認できる設備の環境調和塗色
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> 建設廃棄物、液状廃棄物、一般廃棄物の発生 作業員用キャンプから発生する生ゴミ及び尿尿 掘削及び爆破に伴う残土、粗石等 	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物の分別 廃棄物再利用及び指定された場所での処分 適切な貯蔵方法及び許可された処分方法の適用 適切な衛生施設の建設
生物環境		
動物相	<ul style="list-style-type: none"> 建設作業員による密猟 植生除去、爆破、掘削作業による野生動物生息地の破壊及び移動 建設工事による水質悪化に伴う魚類への影響 配電線両側の樹木伐採による森林火災拡大の阻止（正の影響） 	<ul style="list-style-type: none"> 密猟防止のための作業員教育実施 川の水流付近での重機による作業の極力回避
植物相	<ul style="list-style-type: none"> 木本植物、低層植物共に、建設に伴う伐採の影響を受けることが予想される。 	<ul style="list-style-type: none"> 必要以上の植生伐採の回避
社会経済環境		
人口	<ul style="list-style-type: none"> 建設工事期間中の一時的な人口増加による犯罪発生の増加 	<ul style="list-style-type: none"> 発電所区域から遠隔地への建設作業員用キャンプ設置 地元民の作業員としての採用 地元以外からの作業員の厳密なスクリーニング
集落	<ul style="list-style-type: none"> 本プロジェクト地点は、居住区域から離れたエリアに位置するため、非自発的住民移転は発生しない。 	—
農漁業	<ul style="list-style-type: none"> 小水力発電所建設に伴う農業予定地の収用が予想されるが、プロジェクト地点付近は広大な土地が広がっているため、耕作用の代替土地が不足するといった問題は発生しないと考えられる。 乱獲による特定魚類の減少 	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池への進入及び水資源利用の監視 漁業活動許容期間の設定

地方経済	<ul style="list-style-type: none"> ・雇用機会創出による収入の増加とそれに伴う生活水準の向上 (正の影響) 	<ul style="list-style-type: none"> ・経済成長を促進する為の成長性が見込めるロードセンターへの電力供給
エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ・住民の生活水準向上 ・社会福祉施設の為の安定したエネルギー供給 (正の影響) 	—
水・衛生	<ul style="list-style-type: none"> ・建設工事期間中の人口流入に伴う既設の水及び衛生施設への影響 ・建設、液状、一般廃棄物、尿尿の不適切な処理による飲料水への影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な衛生施設の建設及び家庭用水供給サービスの整備
保健	<ul style="list-style-type: none"> ・外部からの流入作業員による伝染病（赤痢、HIV/AIDS 等）のまん延 ・建設工事中の作業員の怪我 ・人口増加による医薬品の不足 ・貯水エリアにおける蚊の繁殖地増加によるマラリア患者の増加及び堰き止められた水に生息するカタツムリからの住血吸虫の寄生 	<ul style="list-style-type: none"> ・建設期間中に亘る建設作業員及び地元コミュニティに対する伝染病の危険と予防に関する保健教育の実施 ・緊急時に備えた応急処置用品の確保
教育	<ul style="list-style-type: none"> ・学校及び教員用住居の電化による学習環境の改善 (正の影響) 	—
雇用	<ul style="list-style-type: none"> ・建設作業員としての地元住民に対する雇用機会の創出 (正の影響) 	<ul style="list-style-type: none"> ・地元民の建設作業員としての優先的雇用 ・運転開始後の定期的保守作業員としての地元民の採用 ・地元民がプロジェクトから利益を得る為の地元における技術力の開発に対する配慮
社会基盤・社会福祉サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・社会福祉施設等への電力供給によるサービス品質の向上 (正の影響) ・建設車両の頻繁な通行に伴う道路状態の悪化 	<ul style="list-style-type: none"> ・家屋や建物に対する配電線の影響が避けられない際の、財産所有者に対する適切な補償の実施
考古学的・文化的遺産	<ul style="list-style-type: none"> ・周辺住民による収穫祭開催場所への影響 ・考古学的な遺跡及び文化遺産への影響 (出土した場合) 	<ul style="list-style-type: none"> ・住民協議による文化的重要場所の把握 ・掘削時に何らかの加工品を発見した場合は、作業を一時中断し、地元コミュニティ及び国家遺産保護委員会(NHCC)へ確認、或いは当該加工品を修復する。
観光	<ul style="list-style-type: none"> ・観光地開発の促進 	<ul style="list-style-type: none"> ・滝への道路案内地区の掲示
土地保有・利用	<ul style="list-style-type: none"> ・建設工事期間中又は発電所運転開始後の土地保有及び利用の制限 	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水池及び配電線線下用地の利用制限
安全	<ul style="list-style-type: none"> ・建設作業中の怪我及び野生動物、ヘビによる攻撃 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全装備品の着用 ・交通事故防止の為の道路標識及び制限速度標識の設置

12.3.6. 想定される代替案

ケーススタディ対象として選定した 2 つの小水力発電プロジェクト候補地点について、小水力発電以外の電力供給方法として考えられる代替案の比較を行った。表 12-30に各方式についての比較結果を示す。

表 12-30 想定される代替案

	Mujila Falls Lower	Chilambwe Falls
1. ディーゼル発電所	<ul style="list-style-type: none"> • RGC へのディーゼル発電所の導入は、高額なディーゼル燃料費に起因する高額なランニングコストの為に非常に費用がかかる。 • 機器の設計変更及びメーカーによる旧式発電機用スペアパーツの生産中止により、スペアパーツ入手が極めて困難。 • 発電容量上の制約により、鉱業、製造業等の活動の為に遠方のエリアへのローカルグリッド延伸が困難。 • 発電機の運転により、SO₂及びその他汚染物質を放出し、大気汚染の原因となる。 • Mwinilunga 中心部にあるディーゼル発電機の発電容量の制約から、Kanyama エリアへの既設 11kV 配電線の延伸は実現不可能である。 	第 5 項目を除き、同左
2. 既設配電グリッドの延伸	<ul style="list-style-type: none"> • Kanyama 及び Kakoma の現在の電力需要は約 600kW であり、同地域及びその周辺エリア向け送電線の建設は非常にコストが高い。 • Mwinilunga 中心から Chief Kanyama までの約 54km の既設配電線延伸は、Mwinilunga ディーゼル発電所の発電容量の制約から不可能。また、負荷の増加により燃料費と大気中への汚染物質の放出量も増加すると考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> • 66kV 送電線が Kasama から Luwingu 及び Kawambwa を通過して Mporokoso へ電力を供給、その他の郡は未電化。 • 上記グリッドから Kapatu、Shibwalya Kapila、及びその周辺エリアへの電力供給は、グリッドからの距離が離れているため非常にコストが高い。
3. 小水力発電所	<ul style="list-style-type: none"> • プロジェクトエリアは一年中豊富な降水量、安定した河川流量に恵まれており、小水力発電所開発は実行可能な選択肢と考えられる。 • ディーゼル発電所や長距離のグリッド延伸に比べ、環境への負の影響が小さく、安価であると考えられる。 	同左

	Mujila Falls Lower	Chilambwe Falls
4. バイオマス発電	<ul style="list-style-type: none"> 適切に管理されたバイオマス資源は、燃料ガス生産のためにガス化することができ、発電用のガスエンジンに供給できる。 Mujila 付近の RGC における電力需要はおよそ 1.0MW であり、この需要を満足するだけのバイオマスガス化には、木本植生を栽培し、供給する為の数ヘクタールの土地が必要と考えられ、食品生産、養蜂、住居用の土地との競合を引き起こす可能性がある。 	同左
5. 風力発電	<ul style="list-style-type: none"> 様々な調査結果によれば、ザンビアは、風を増速するような顕著な地形条件にないこと、及び内陸国であることから、風力エネルギー資源は限定的であると言える。ザンビア大学によれば、このような低風速のため、風力エネルギー利用は、発電用としては不十分であり、水の汲み上げに供する程度にとどまるとしている。 	同左
6. 太陽光発電	<ul style="list-style-type: none"> 鉱業、観光及び農業の全ての開発への適用には、発電容量的に制限がある。 (主に外部の人間による) 故意の破壊行為及びメンテナンスの技術的ノウハウの不足により、持続的運用が困難。 	同左
7. ゼロ・オプション	<ul style="list-style-type: none"> 対象エリアは、国家の経済成長への貢献ポテンシャルを有しているため、プロジェクトを実施しないというオプションは考えられない。同エリアでは、農業、製造業、鉱業、観光セクターでポテンシャルを有している。 電力は経済成長と共に貧困改善の鍵であり、“何もしない”ことは、農村開発についての国家政策に逆行するものである。 	<ul style="list-style-type: none"> 提案されたプロジェクトが実施されない場合、電化対象エリアは未電化のままであり、営利農業、鉱業、製造業のポテンシャルを持つ同エリアにおける経済的・社会的発展は期待できない。 質の高い医療サービス、教育、社会福祉は、未電化のままでは実現が困難のままであると共に、同エリアの国家経済への貢献度は低いままである。

12.3.7. 環境マネジメントプランの枠組み

環境マネジメントプラン (EMP) は、本来プロジェクトの詳細が決定した段階の入札書類の一部として作成されるものである。従って、ここでは EMP の主な構成について述べることにする。

EMP の主要構成には、以下のものが含まれる。

(1) 啓蒙とトレーニング

一般的行動規範（請負人、被雇用者、その他）、雇用手続き、文化遺産、考古学的遺産の保護と管理、社会基盤と財産の保護（共同及び個人）、密猟対策（動物相の保護）、保健、安全、補償手続き、労働時間

(2) 廃棄物管理

再利用及び廃棄物管理、水質汚染管理、衛生、廃油、固形廃棄物、貯蔵、腐食物の放出

(3) プロジェクト実施上の一般的ガイドライン（以下のものを含む）

キャンプサイト選定、仮設工事、道路標識、プラント及び設備供給エリア、火薬及びその他の建設資材の貯蔵、燃料貯蔵及び作業場、土取場及び採石場、作業用道路及び道路輸送、送水

(4) 環境マネジメント

斜面保護、浸食保護、騒音公害制御、大気汚染制御、水質汚染制御、植生管理（伐採、植物種保護、伐木管理）、造園及び建設現場の復旧、モニタリング及び監査プログラム

(5) 作業計画及び環境マネジメントプラン実施活動のフェージング及び責任者

プロジェクト提案者は、フルタイムの環境コーディネーターをプロジェクトスタッフから選任することにより、EMP を通じた影響緩和策の実施を促進する。

12.3.8. 結論・提言

本ケース・スタディにおいては、2 箇所の小水力候補地点についての環境社会影響調査を実施した。現時点においては、両サイト共に、環境への顕著な負の影響は最小限であり、プロジェクト実施による電化率の向上、その結果としての住民の生活水準の向上と経済の活性化という効果の方が大きいと考えられる。しかしながら、F/S 実施断面においては、現地状況の変化に応じて、本調査で検討された評価項目を適切に見直すと共に、以下の点についても更なる調査を実施すべきと考えられる。

- **Mujila Falls Lower** 小水力候補地点及び付随する 33kV 配電線ルート周辺における、伝統的な土地所有システムの具体的内容の確認
- ザンビア国の土地収用制度の下での、本事業を実施する上での土地収用に伴う影響を明らかにする
- **Kanyama** 村及び **Ndakala** 村において、対象事業を実施する場合、宗教的行事が行われている文化的に重要な場所の確認及びステークホルダー協議を含む必要な対応の確認

- 過去に事業実施が決定となった同種のプロジェクトにおいて、事業実施主体により作成される環境マネジメントプランの詳細確認