

### 3.2 候補地点の特徴

可能性調査候補地点5地点について、各専門業務従事者の現地踏査だけによる地点評価を、表3.2-1に、またそれぞれの地点の流域面積を、図3.2-1に示す。

各候補地点の特徴について以下に述べる。

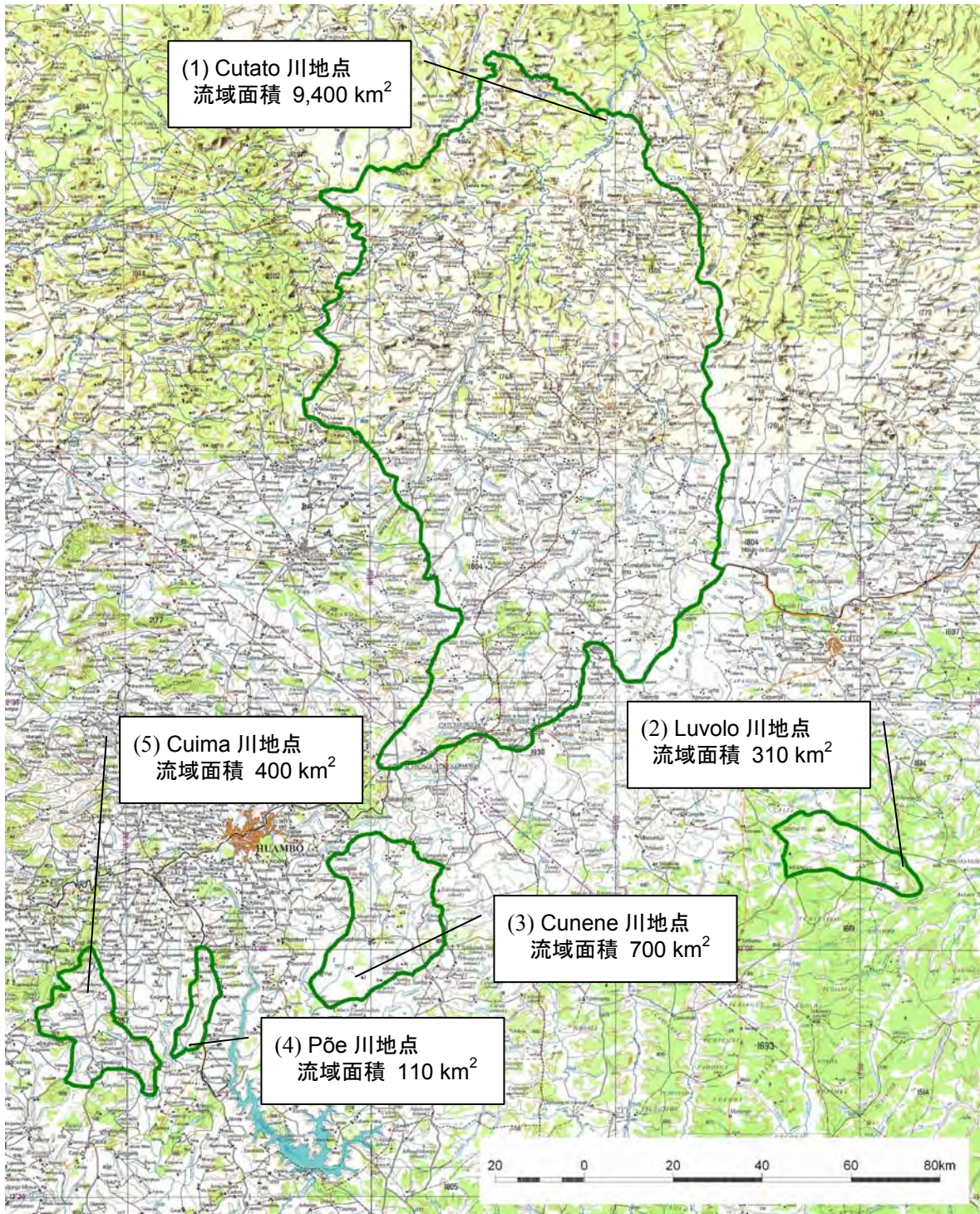


図 3.2-1 可能性調査候補地点 流域概要図

表 3.2-1 「ア」国小水力発電現地踏査地点 総括表 (1/2)

No.	Item	和訳	1	2	3	4	5	備考
Project Features	Site Name	地点名	Cuato River Site	Luvolo River Site	Cunene River Site	Poe River Site	Cuima River Site	
	River Basin	水系	Cuanza	Cuanza	Cunene	Cunene	Cunene	
	Stream Name	河川名	Cuato	Luvolo	Cunene	Poe	Cuima	
	Drainage Area_square kilometers	流域面積	9,400	310	700	110	400	1/50万地形図より概算
	Project Type	発電形式	Run-of-River	Run-of-River	Run-of-River	Run-of-River	Run-of-River	
	Gross Head_meters	総落差	10	25	6	9	10	
	Hydraulic Capacity (m3/s)	発電流量	18	3	3	0.8	3	3年最小流量で計算
	Estimated Average Annual Net Energy Production (MWh)	発電電力量	12,457	5,203	2,050	315	2,050	停止率10%と仮定
	Proposed Capacity (kW)	出力	1,600	660	260	40	260	
	User or Purchaser of Output	電力購入者						
Location	Plant Factor	利用率	100	100	100	100	100	
	Province	州	Bie	Bie	Huambo	Huambo	Huambo	
	Municipal	郡	Andulo	Cuito				
	Commune / Village	集落/村						
	Utility or Cooperative Servicing Project Area	供給配電会社						
	Demand area	需要地	Andulo郡	Cuito郡 Chicala村	Socopomo村	Cuima村	Cuima村	
	Demand Households	需要地戸数	50,000	4,000	500	2,000	2,000	
	Demand area Latitude (degree South)	緯度(度)	11.488	12.803	0	13.244	13.244	
	Dam_Lat_deg	緯度(度)	11	12	12	13	13	
	Dam_Lat_min	緯度(分)	29	48	14	14	14	
Dam_Lat_sec	緯度(秒)	18	9	40	40	40		
Project Study	Demand area Longitude (degree East)	経度(度)	16.695	17.059	0	15.638	15.638	
	Dam_Lon_deg	経度(度)	16	17	15	15	15	
	Dam_Lon_min	経度(分)	41	3	38	38	38	
	Dam_Lon_sec	経度(秒)	42	32	18	18	18	
	Study Date	調査年	2010.9.8	2010.9.9	2010.9.10	2010.9.10	2010.9.10	
	Study Sponsor	調査出資者	JICA Study Team	JICA Study Team	JICA Study Team	JICA Study Team	JICA Study Team	
	Study Author	調査実施者	17億円	8億円	4億円	1億円	4億円	1百万円/kW 2割、4割、6割
	Stated Construction Cost from Study	工事費	17億円	8億円	4億円	1億円	4億円	
	Internal Rate of Return	IRR						
	Permit and Approval Status	許認可状況						
Environment	Water Rights	水利権						
	Environmental Clearance Certificate	環境認可						
	Local Government Approval	地方政府認可						
	Indigenous Peoples Approval	先住民認可						
	Environmental Impact Assessment	環境影響評価	住民移転なし	住民移転なし	住民移転なし	住民移転なし	住民移転なし	
	Dam Type	ダム形式	Concrete Gravity	(Existing)	Concrete Gravity	(Existing)	Concrete Gravity	(Existing)
	Hydraulic Height (m)	ダム高	3m	(3m)	3m	(1m)	(3m)	
	Crest Length (m)	堤頂長	30+10+20=60m	(30m)	60m	(20m)	(20m)	
	Active Reservoir Storage (M.m³)	有効貯水量	0	0	0	0	0	
	Dam	Number	条数					
Length (m)		延長	10 m	5 m	5 m	3 m	5 m	
Type		タイプ						
Material		材料						
Dimension		寸法						
Number		条数						
Length (m)		延長	370 m	10 m	40 m	37 m	75 m	
Type		タイプ						
Material		材料						
Proposed Water Conductors (Headrace, Penstock, Surge Tank, Head tank)		Dimension	寸法					
	Number	条数						
	Length (m)	延長	20 m	85 m	15 m	20 m	20 m	
	Type	タイプ						
	Material	材料						
	Dimension	寸法						
	Number	条数						
	Length (m)	延長	400 m	100 m	60 m	60 m	100 m	
	Type	タイプ						
	Material	材料						

表 3.2-1 「ア」国小水力発電現地踏査地点 総括表 (2/2)

No.	Item	和訳	1	2	3	4	5	備考
Proposed Power Plant	Powerhouse Latitude (degree South)		11,311	12,832	13,094	13,220	13,295	
	緯度(度)		11	12	13	13	13	
	Lat_min		18	49	5	13	17	
	緯度(分)		39	54	39	12	41	
	Lat_sec		16,481	17,061	15,884	15,591	15,554	
Proposed Power Plant	Powerhouse Longitude (degree East)		16	3	15	15	15	
	経度(度)		28	3	53	35	33	
	Lon_min		52	39	4	27	13	
	経度(分)		1	1	1	1	1	
	Lon_sec		1,700	700	280	50	280	
Substation	Number & Rating of Units		1 unit / 1,700 kW	1 unit / 700 kW	1 unit / 280 kW	1 unit / 50 kW	1 unit / 280 kW	
	Turbine Type		S字チューブラ	横軸フランシス	S字チューブラ	クロスフロー	S字チューブラ	
	発電機型式		同期発電機	同期発電機	同期発電機	同期発電機	同期発電機	
	Generator Rating (kVA)		1,800	740	290	290	290	
	発電機定格容量		あり	あり	あり	あり	あり	
	Generator Voltage		3相	3相	3相	3相	3相	
	Governor and Controls		あり	あり	あり	あり	あり	
	Number of Power Transformers		1	1	1	1	1	
	変圧器台数		3相	3相	3相	3相	3相	
	Number of phases		0.4 / 30	0.4 / 15	0.4 / 15	0.4 / 15	0.4 / 15	
	変圧器電圧		2,000	1,000	400	400	400	
	変圧器定格容量		1	1	1	1	1	
	Transformer Rating (kVA)		3相	3相	3相	3相	3相	
	Number of Power SW gear		36	24	24	24	24	
	Number of phases		1	1	1	1	1	
SW gear Rating (kVA)		30 / 0.4	15 / 0.4	15 / 0.4	15 / 0.4	15 / 0.4		
Transmission Line (main)	Number of Power Transformers		2,000	1,000	400	400	400	
	変圧器電圧		46	10	20	20	20	
	変圧器定格容量		Concrete or Iron	Concrete or Iron	Concrete or Iron	Concrete or Iron	Concrete or Iron	
	Total Distance (km)		3相	3相	3相	3相	3相	
	Type of pole		30	15	15	15	15	
	送電距離(概定)		ACSR210mm	ACSR120mm	ACSR120mm	ACSR120mm	ACSR120mm	
	送電相種類		Cuito→Andululo: 120km	Cuito→Chicala: 53km	Huambo→Cunene: 48km	Huambo→Cuima: 75km	Huambo→Cuima: 75km	
	Number of phases (φ)		Andululo→Cutato: 46km	Chicala→Luvolo: 6km	Cunene→Socopomo: 3km	Cuima→P06: 5km+12min歩	Cuima→Cuima: 17km+12min歩(1km)	
	Main Network Voltages (kV)		普通	幹線道路が悪い	普通	普通、途中より徒歩	普通、途中より徒歩	
	Line size (mm <sup>2</sup> )		-	-	-	-	-	
	送電線サイズ		既設アクセス道路 延長	既設道路改良要	既設道路改良のみ、 雨差対応に橋の架け替え必要 か?	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	
	Existing Access Road		既設道路改良要	既設道路改良要	既設道路改良のみ、 雨差対応に橋の架け替え必要 か?	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	
	Distance of Road		既設道路改良要	既設道路改良要	既設道路改良のみ、 雨差対応に橋の架け替え必要 か?	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	
	Situation of Road		既設道路改良要	既設道路改良要	既設道路改良のみ、 雨差対応に橋の架け替え必要 か?	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	
	Distance of Road		既設道路改良要	既設道路改良要	既設道路改良のみ、 雨差対応に橋の架け替え必要 か?	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	既設道路改良のみ 現在1橋架け替え中	
Comments	Special Affairs		Andululoには2台計 600kW/400+200kWのディーゼ ル発電機あり。(S11' 29' 10.5", E16' 42' 23.3")	Chicalalには35kWのディーゼル 発電機あり。 独立間に橋を建設	Cuimalには2台計 220kW(110kW x 2)のディーゼ ル発電機あり。 独立間に橋を建設	Cuimalには2台計 220kW(110kW x 2)のディーゼ ル発電機あり。 独立間に橋を建設	Cuimalには2台計 220kW(110kW x 2)のディーゼ ル発電機あり。 独立間に橋を建設	
	Comments		Andululoには2台計 600kW/400+200kWのディーゼ ル発電機あり。(S11' 29' 10.5", E16' 42' 23.3")	Chicalalには35kWのディーゼル 発電機あり。 独立間に橋を建設	Cuimalには2台計 220kW(110kW x 2)のディーゼ ル発電機あり。 独立間に橋を建設	Cuimalには2台計 220kW(110kW x 2)のディーゼ ル発電機あり。 独立間に橋を建設	Cuimalには2台計 220kW(110kW x 2)のディーゼ ル発電機あり。 独立間に橋を建設	

### 3.2.1 Cutato 川地点

#### (1) 地形・地質

##### 1) 地形的特徴

発電所地点は、標高 1,400 m 程度の緩やかな丘陵地帯に位置する。河川は発電所地点の直上流部で二股に分れ、中高部に中州を形成しながら下流部で再び合流する。計画地点はこのうち、右岸側の河川に相当する。

##### 2) 地質的特性

基礎岩盤は、硬質な先カンブリア紀の粗粒花崗岩であり、サイト周辺の河床部全般に岩盤が露出している。このため、各構造物は露出した岩盤面に直接に敷設することが可能である。但し、花崗岩には割れ目が少ないため、発破が効かない可能性が高い。できる限り現地形を利用した構造物敷設が望ましい。

##### 3) その他特記事項

特になし。

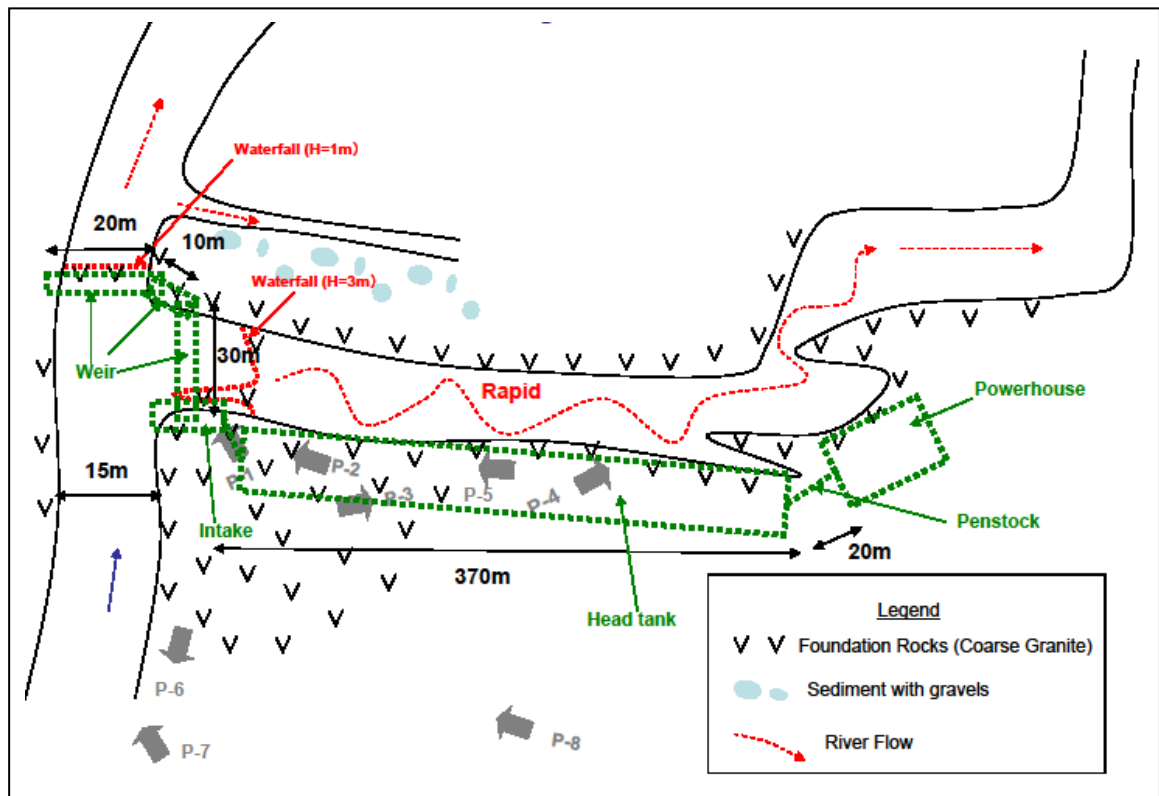


図 3.2-2 Cutato 川地点のイメージ平面図



写真 3.2-1(1) Cutato 川地点の全景写真(乾季:2010年9月8日撮影)

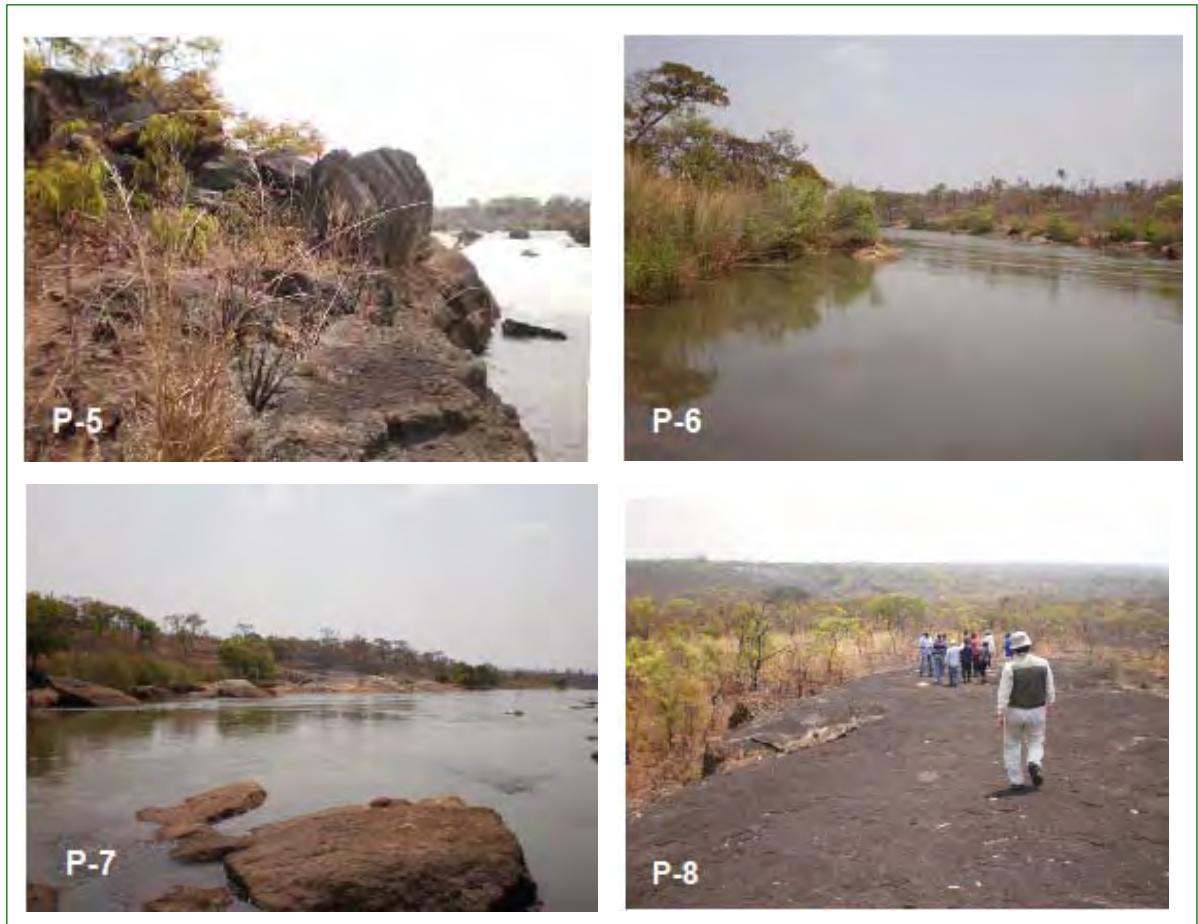


写真 3.2-1(2) Cutato 川地点の全景写真(乾季:2010年9月8日撮影)

## (2) 水文・気象

Cutato 川地点を流下している Cutato 川は、Cuanza 川（流域面積 147,000 km<sup>2</sup>）の支川であり、計画地点での流域面積は 9,400 km<sup>2</sup> である。図 3.2-4、図 3.2-5 に示すように、発電所想定地点の標高が 1,250 ~ 1,500 m である以外は、流域の大部分は標高 1,500 m 以上の高地である。また、年間降水量は、1,250 mm 以上で「ア」国の中では比較的多雨の地域となっている。

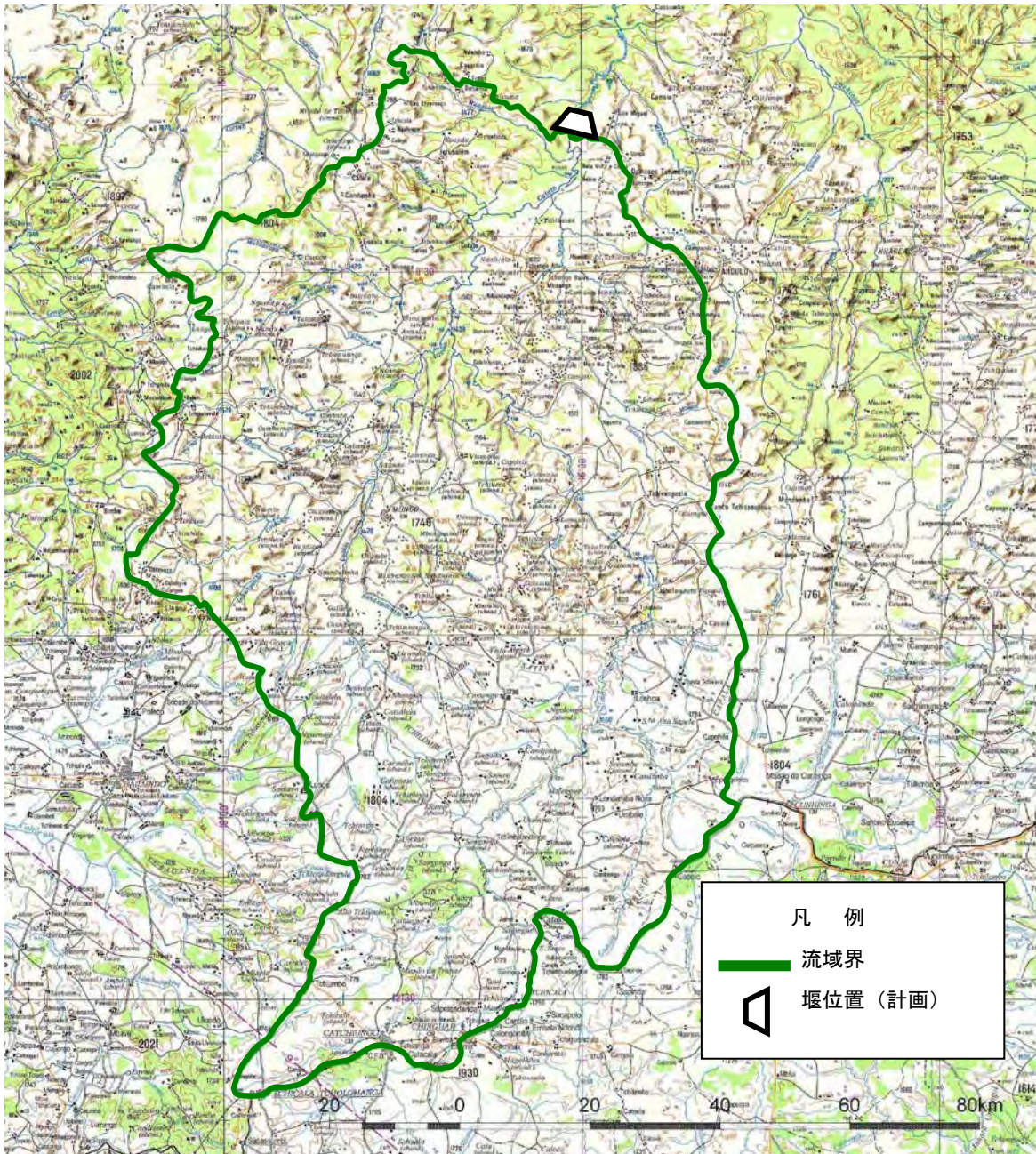


图 3.2-3 C utato 川地点流域图

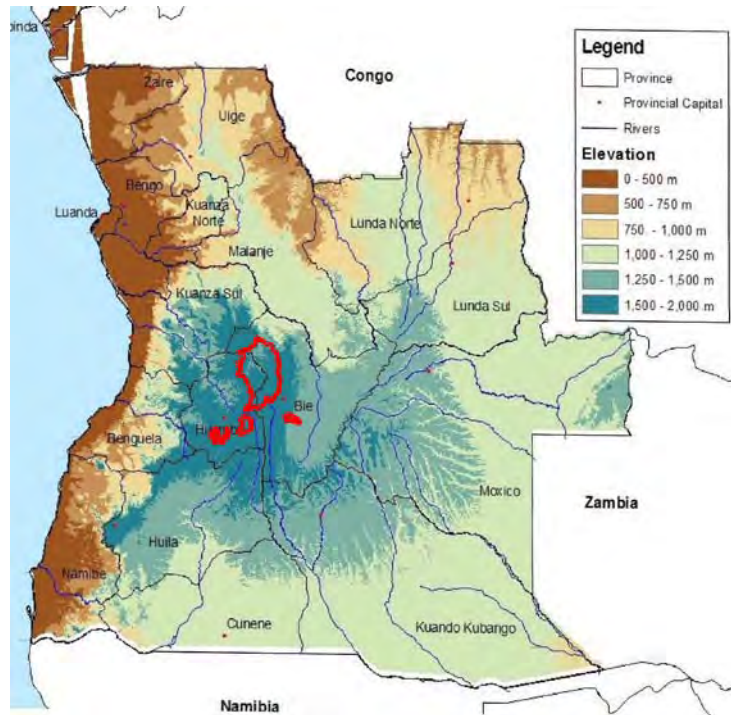


図 3.2-4 地形図と候補地点位置 (赤色囲み: 候補地点)

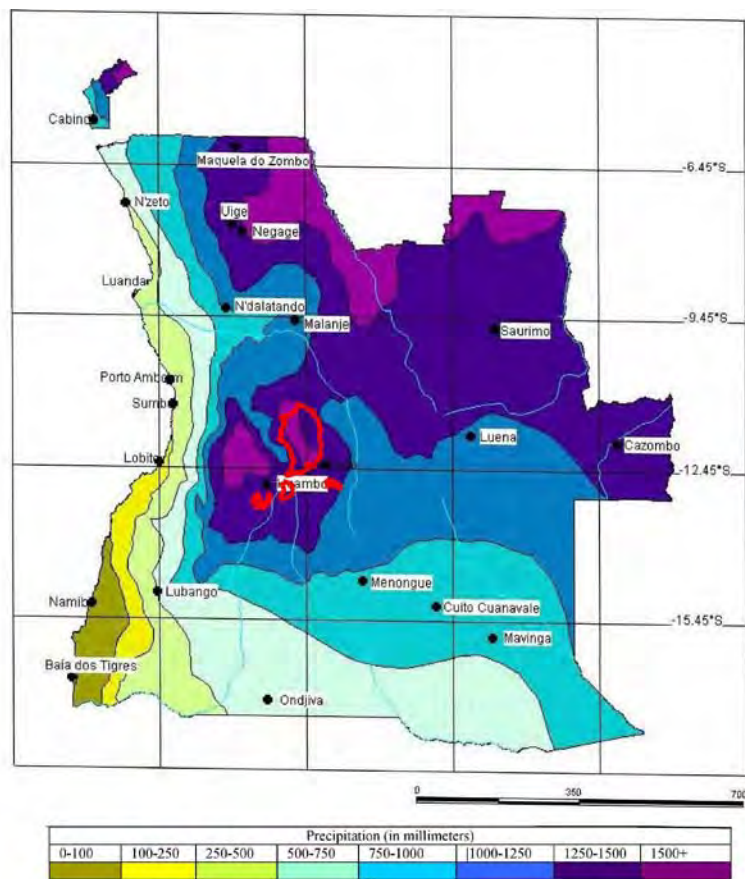


図 3.2-5 等雨量線図と候補地点位置 (赤色囲み: 候補地点)



### (3) 水力土木

この発電計画サイトの特筆すべき特徴は大流量、低落差計画という点である。流域面積を1:500,000縮尺の地形図から算出すると9,400 km<sup>2</sup>あり、日本の川では5番目に相当する大きさである。ここで年最小流量(18 m<sup>3</sup>/s)を最大使用水量にするよう計画すると、落差が数メートル(堰高を入れて約10 m)しかないことから、小水力発電計画(出力は約1.6 MW)しか成り立たないのが現状である。

しかしながら、このCutato川地点は大河川の中にありながら中洲がある地形であるため、工事用仮締切り工事の容易さなど、水力発電所建設に大変適した地点である。

堰による水位上昇が上流地域に悪影響を及ぼさないよう、ならびに安価な仮締切り工事で施工できるように、堰高は5 m以下の設計とする(堰の延長は数十 mに及ぶ)。

取水口は右岸側に最大使用水量を側方取水できるよう配置し、長さ約400 mの沈砂池、導水路、水槽、水圧管路を経て発電所に導水し、発電した後、放水口からもとの河川に放水する流れ込み式発電所計画である(発生電力量は約12.5 GWh)。

したがって減水区間は最大でも400 mであり、河川への環境影響はかなり小さな計画である。ただし上流部は河川勾配が緩やかな場合、洪水時に上流数 kmに及ぶ堰上げ背水現象が起こる可能性もある。

アクセスは、首都ルアンダからBie州Cuito市まで約720 km、Cuito市からAndulo郡まで約120 km、ここからCutato川地点まで約46 kmあり、道路状況はそれほど悪くないが、数 kmの新設道路が必要となる。

### (4) 水力発電

Cutato川地点の総落差; 10 mと河川流量; 18 m<sup>3</sup>/sの条件で概略設計を行うと、水車型式としては、図3.2-6のようにS形チューブラ水車が最適との結果となった。

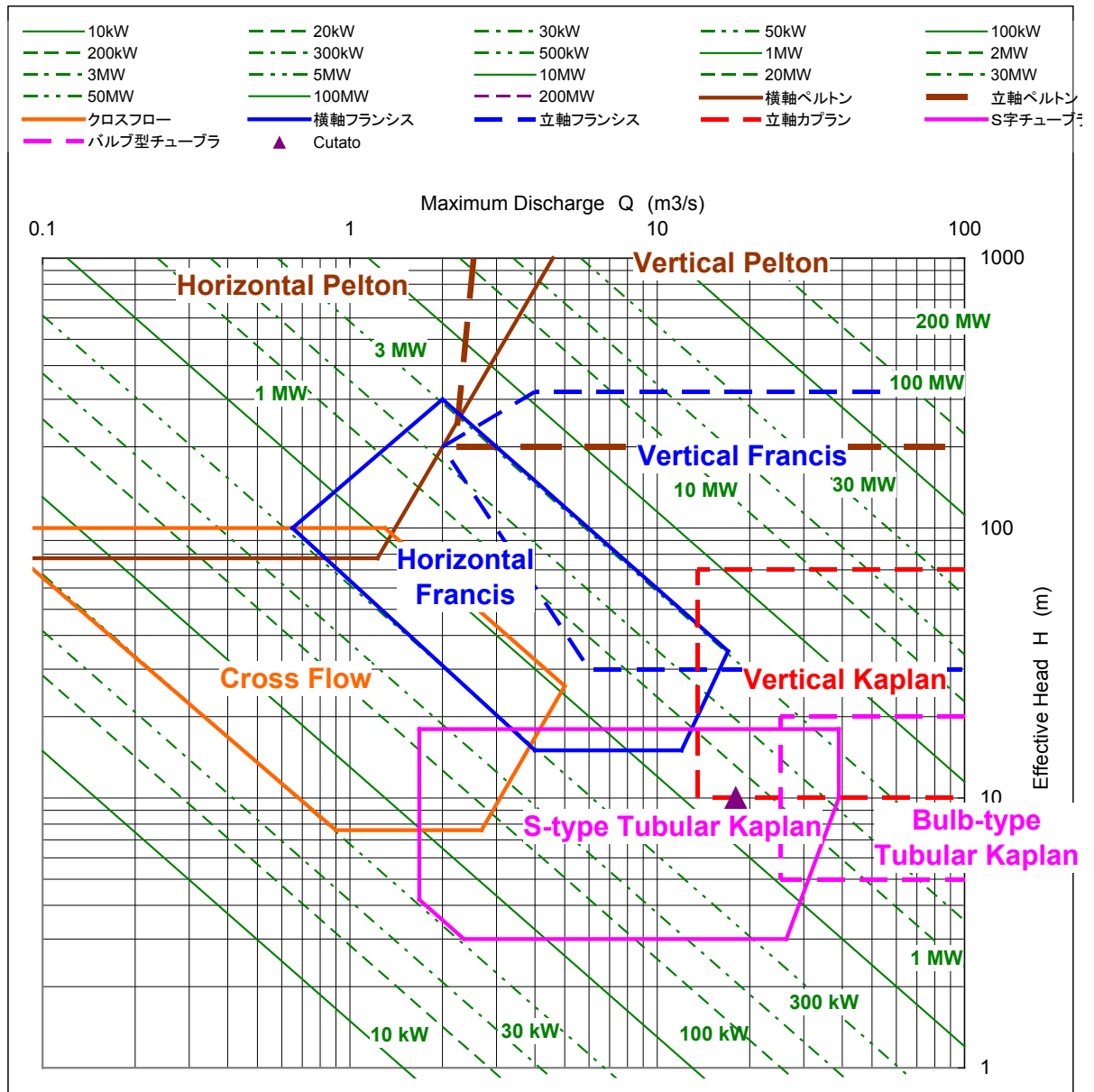


図 3.2-6 Cu tato 川地点の水車型式選定

(5) 送配電計画

Cutato 川地点からの需要地の Andulo 郡までの送電は既設の道路沿いに計画検討すると、図 3.2-7 中の赤のラインとなり、その距離は 46 km である。

現在、その間に送・配電線は共に存在していない。また Andulo 郡内の配電計画は今回検討の対象外とする。

Cutato 川地点での発電所出力は 1,600 kW である事から、発電所より、電圧 30 kV、3 相 3 線式の高圧配電線による送電が望ましいと考える。そして、Andulo 郡に降圧変圧器を設置し、電圧 400/230 V、3 相 4 線式の低圧配電線により配電することが望ましいと考える。

また電柱はルアンダ市内の配電線用と同等の電柱を使用し、途中の村である Muenga 村や、現在復興中である教会と学校、病院もある Chicumbi 村にも電力供給すべく、電柱に柱上変圧器を設置する。

さらに標高が 1,380 m (Cutato 川地点) ~1,635 m (Andulo 郡) と高地で気圧が低いので、絶縁強化等の機器の特殊仕様についての配慮が必要である。

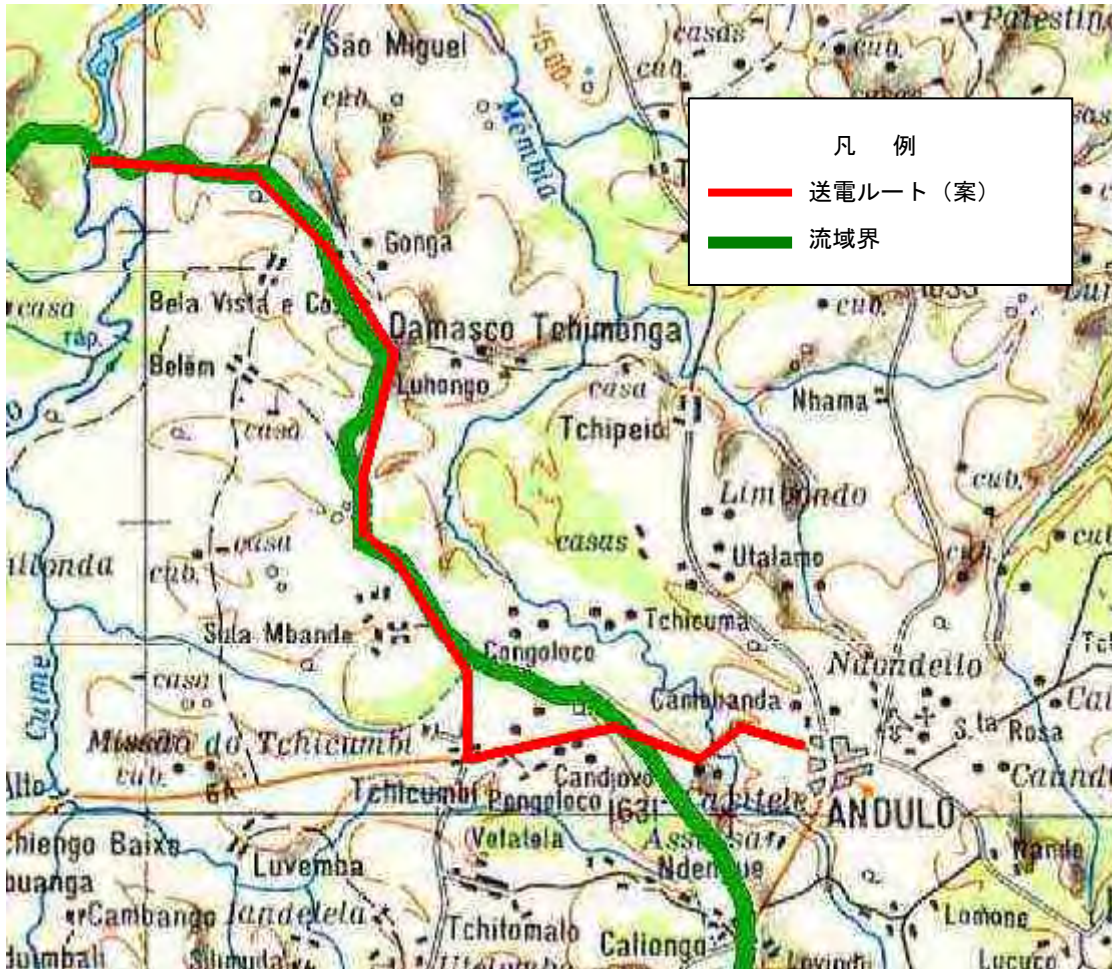


図 3.2-7 Cu tato 川地点からの送電ルート(案)

#### (6) 社会環境・自然環境

予備環境調査で実施した各項目—(a) プロジェクト概要の把握、(b) プロジェクト実施区域の社会・環境の状況、(c) 想定される環境影響—の調査結果を以下に記す。

## Cutato 水力

No.	項目	予備調査結果
(a)	プロジェクトの概要	Cutato 川を利用した流れ込み式の小水力発電施設であり、その規模は 1,600 kW 程度である。今回の対象地点の中で最も開発規模が大きく、FS に向けて有望な地点である。建設が必要な構造物としては、取水堰、取水口、水路、発電設備、配電線、アクセス道路がある。
(b)	プロジェクト実施区域の社会・環境の状況	<p>Bie 州東北部 Andulo 郡の森林地帯に位置する。プロジェクトサイト周辺には Muenga 集落を始めとして村が点在する。サイトの 3 km 東に 60 世帯、360 人程度で形成される Muenga 集落がある。その集落には、「ア」国の多数派民族 Ombundo 族が住み、その民族の言語しか話さない。そのような規模の集落が 10 集落程度集まっている。</p> <p>彼らは自給自足に近い生活をしており、畑で大豆やじゃがいも、キャベツ、バナナ、MANIOC を栽培している。それらを Andulo 郡の市場で売買し、石油や塩、衣類、その他の生活用品を得ている。一世帯当たりの収入は平均 4,000 Kz (約 45US\$) である。集落には 5 kW の発電機を何台か備えている。</p> <p>郡内においてコーヒー豆の脱皮工場を建設中であり、これをきっかけに Andulo 郡に工場地帯を作る計画がある。また、郡内において、2012 年までに 5,000 世帯の住宅建設を計画している<sup>1</sup>。</p> <p>また、サイトから 23km 南南東に Chicumbi 村や 27km 南東に Andulo 郡などがある。Kuito 郡から Chicumbi 村まで道路は 2 車線でアスファルト舗装整備されているが、その後サイトまで 20km 程度は無舗装となる。</p> <p>Chicumbi 村には約 150 世帯が居住しており、教会や病院、学校がある。Andulo 郡の人口は約 31 万人であり、その中の Calsunga 村には 79,000 人が居住している。郡の市街地にはディーゼル発電で街灯や官庁、家庭に送電している。今回のプロジェクトによる住民移転は発生しない。また、プロジェクト実施区域に含まれる環境保護地域はない。</p>
(c)	想定される環境影響	今回提案された小水カプロジェクトで留意すべき環境影響としては、下流の水利用への影響（灌漑、生活用水等）、水生生物への影響、掘削土の発生が挙げられる。

## 3.2.2 Luvolo 川地点

## (1) 地形・地質

## 1) 地形的特徴

発電所地点は、標高 1,350 m 程度の緩やかな丘陵地帯に位置する。

## 2) 地質的特性

基礎岩盤は、硬質な先カンブリア紀の片麻状細粒花崗岩であり、サイト周辺の河床部全般に岩盤が露出している。このため、各構造物は露出した岩盤面に直接に敷設する

<sup>1</sup> Andula 郡庁舎での郡長の談話、平成 22 年 9 月 8 日（水）PM

ことが可能である。発電所箇所の一部に岩礫を含む流出土砂(堆積物)が分布するが、深さ2~3m程度の掘削で着岩が可能である。

3) その他特記事項

高さ3m程度の既設堰堤がある。既設堰堤は遊離石灰を付着する微小な亀裂は認められるものの、モルタル等による簡易な補修により使用可能である。

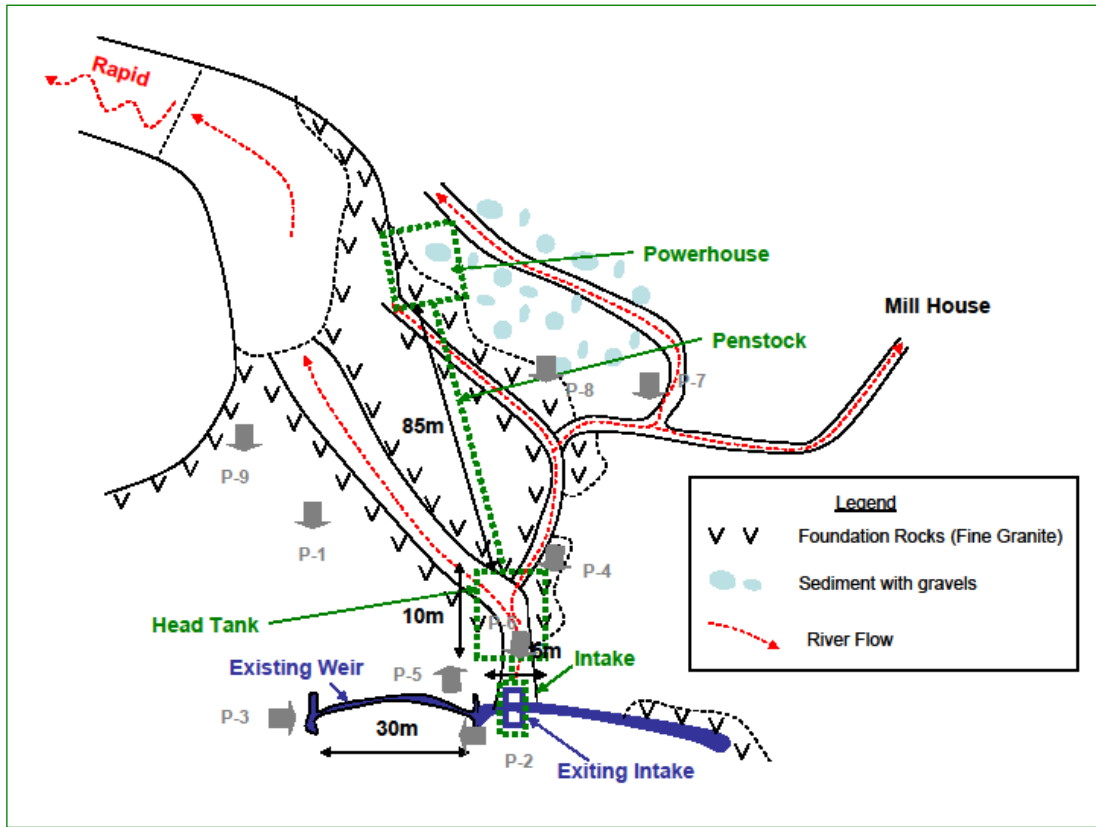


図 3.2-8 Luvolo 川地点のイメージ平面図



写真 3.2-2 Luvolo 川地点の全景写真(乾季:2010年9月9日撮影)

## (2) 水文・気象

Luvolo 川地点を計画している Luvolo 川は、Cuanza 川（流域面積 147,000 km<sup>2</sup>）の支川の一つであり、計画地点での流域面積は 310 km<sup>2</sup> である。前述の 3.2.1 節の図 3.2-4、図 3.2-5 に示すように、流域の大半は、標高 1,250 m 以上の高地で年間降水量は 1,250 mm 以上となっている。

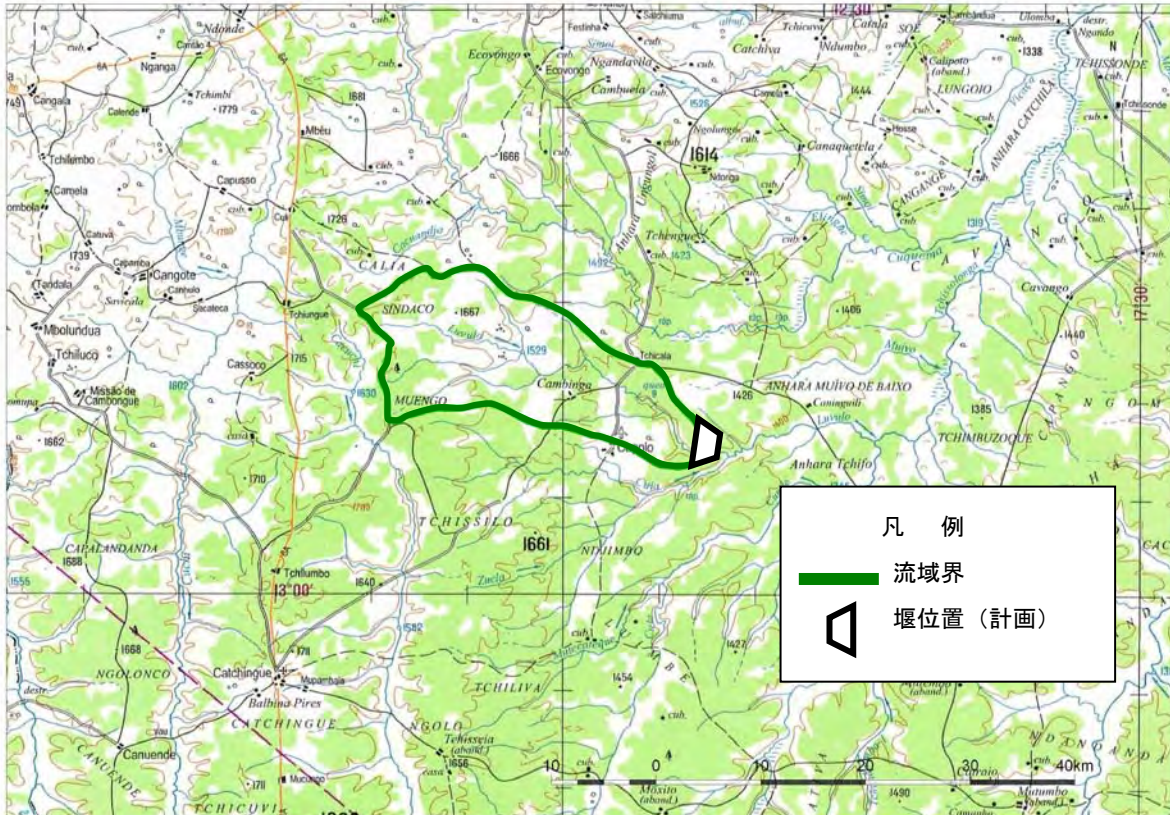


図 3.2-9 Luvolo 川地点 流域図

## (3) 水土木

この発電計画サイトの特徴は内戦前にポルトガル人の手によって既に堰と取水口が作られている点である。現在でもこの堰と取水口を利用して、灌漑や水力の農業用動力への利用が行なわれている。

またこの地点は今回現地踏査を行った地点の中で最大の落差約 25 m を利用できるが、年最小流量は 3 m<sup>3</sup>/s（灌漑用、動力用水量を除く。流域面積 310 km<sup>2</sup>）程度しかなく、ミニ水力発電計画（出力は約 0.7 MW）の地点である。

発電用取水口は、右岸側に既設取水口を利用して作り、最大使用水量を長さ約 100 m の水槽、水圧管路を経て発電所に導水し、発電したあと放水口からもとの河川に放水する流れ込み式発電所計画である（発生電力量は約 5.2 GWh）。

減水区間は 100 m しかない上に、既に灌漑、動力用に水を利用しているため、河川への環境影響は極めて小さい計画である。

アクセスは、首都ルアンダから Bie 州 Cuito 市まで約 720 km、Cuito 市から Chicala 村まで約 53km、ここから Luvolo 川地点まで約 6km である。道路状況は Chicala 村から Luvolo 川地点まではそれほど悪くない（あるいは一部新設道路を作る）が、Cuito 市から Chicala 村までの幹線道路の状態がひどく、乾季でも 4 輪駆動車で現場まで行くのが大変で、建設工事に取り組んだ場合、主要機器の搬入や資機材運搬に苦勞しそうな地点である。

(4) 水力発電

Luvolo 川地点の総落差 ; 25 m と河川流量 ; 3 m<sup>3</sup>/s の条件で概略設計を行うと、水車型式としては、図 3.2-10 のように横軸フランシス水車が最適との結果となった。

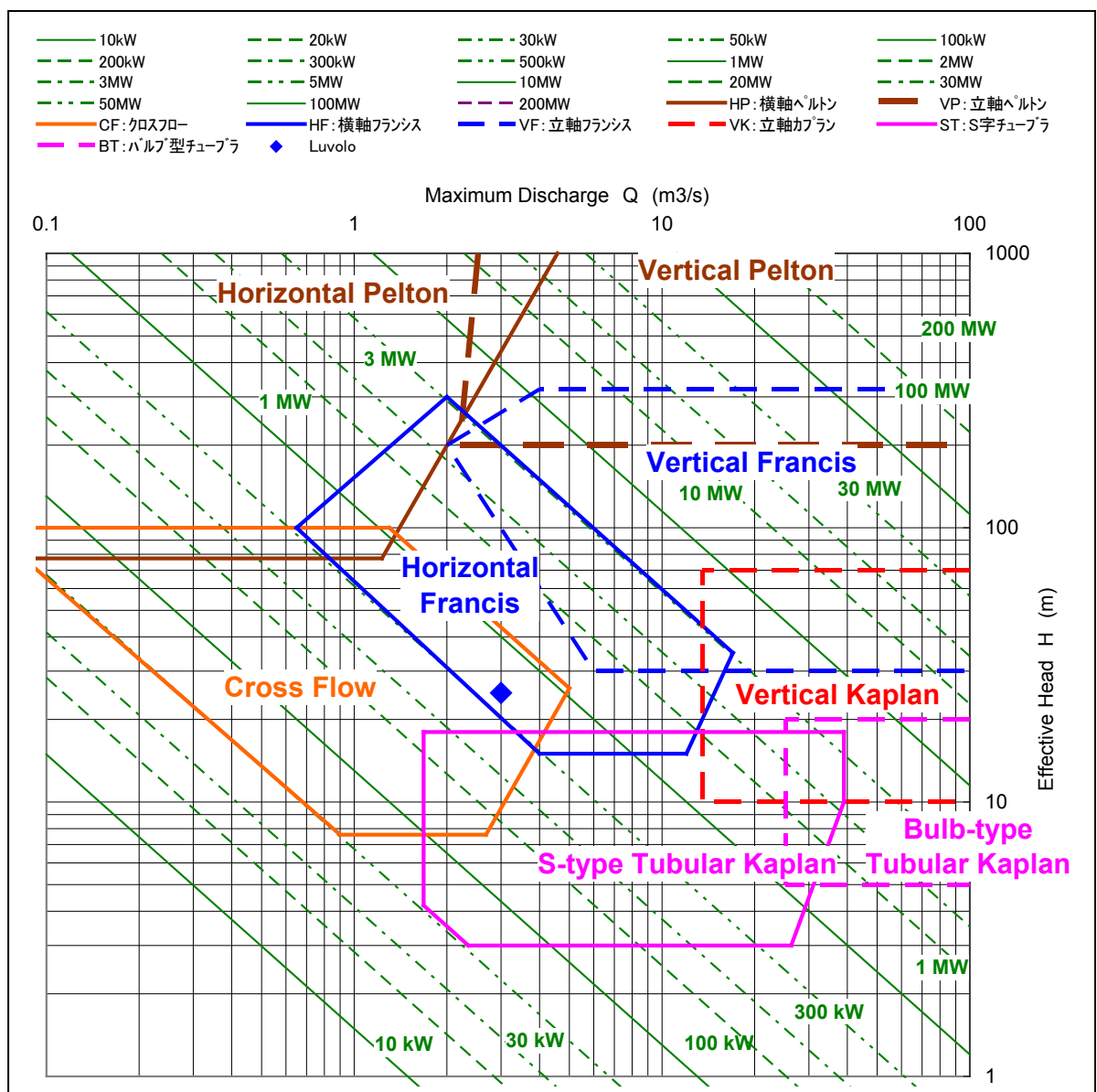


図 3.2-10 Luvolo 川地点水車型式選定



## (5) 送配電計画

Luvolo 川地点から需要地の Chicala 村までの送電は距離が近いので直線的に電柱を建設する計画を検討すると、図 3.2-11 中の赤のラインとなり、その距離は 6 km である。

現在、その間に送・配電線は共に存在していない。また Chicala 村内の配電計画は今回検討の対象外とする。

Luvolo 川地点での発電所出力は 660 kW であることから、発電所より、電圧 15 kV の 3 相 3 線式中の圧配電線による送電が望ましいと考える。そして、Chicala 村に降圧変圧器を設置し、電圧 400/230 V、3 相 4 線式の低圧配電線により配電することが望ましいと考える。また、電柱はルアンダ市内の配電線用と同等の電柱を使用する。

さらに、標高が 1,355 m (Luvolo 川地点) ~1,630 m (Chicala 村) と高地で気圧が低いので、絶縁強化等の機器の特殊仕様についての配慮が必要である。

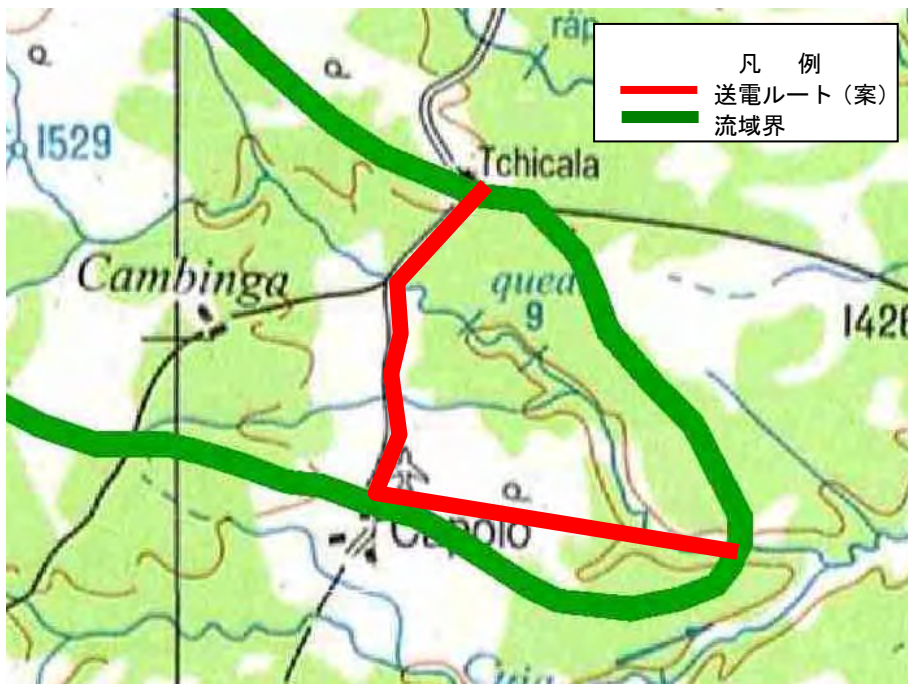


図 3.2-11 Luvolo 川地点からの送電ルート(案)

## (6) 社会環境・自然環境

予備環境調査で実施した各項目－(a) プロジェクト概要の把握、(b) プロジェクト実施区域の社会・環境の状況、(c) 想定される環境影響－の調査結果を以下に記す。

## Luvolo 水力

No.	項目	予備調査結果
(a)	プロジェクトの概要	Luvolo 川を利用した流れ込み式の小水力発電施設であり、その規模は 700 kW 程度である。建設が必要な構造物としては、取水口、水路、発電設備、配電線、アクセス道路がある。
(b)	プロジェクト実施区域の社会・環境の状況	Bie 州 Kuito 郡、南南東 50 km の森林地帯に位置する。Kuito 郡から Chicala 村までは、無舗装の 2 車線幅を持つ道路が続く。プロジェクトサイト近傍には Chicala 村および Capolo 集落が存在する。サイト北北西 5 km に病院や学校がある Chicala 村（人口 22,000 人）、南西 6 km に刑務所を有する Capolo 集落（受刑者込みで 160 人）がある。Chicala 村はディーゼル発電（40 kVA）で街灯や官舎、病院などに送電している。 ただし、今回のプロジェクトによる住民移転は発生しない。また、プロジェクト実施区域に含まれる環境保護地域はない。
(c)	想定される環境影響	今回提案された小水カプロジェクトで留意すべき環境影響としては、下流の水利用への影響（灌漑、生活用水等）、水生生物への影響、掘削土の発生が挙げられる。

## 3.2.3 Cunene 川地点

## (1) 地形・地質

## 1) 地形的特徴

発電所地点は、標高 1,600 m 程度の緩やかな丘陵地帯に位置する。

## 2) 地質的特性

基礎岩盤は、硬質な安山岩の岩脈である。岩脈の分布域が限定されているため、各構造物は岩盤露出部を念頭においたレイアウトが望ましい。

## 3) その他特記事項

既設の橋梁は半壊状態であり、修復が必要である。

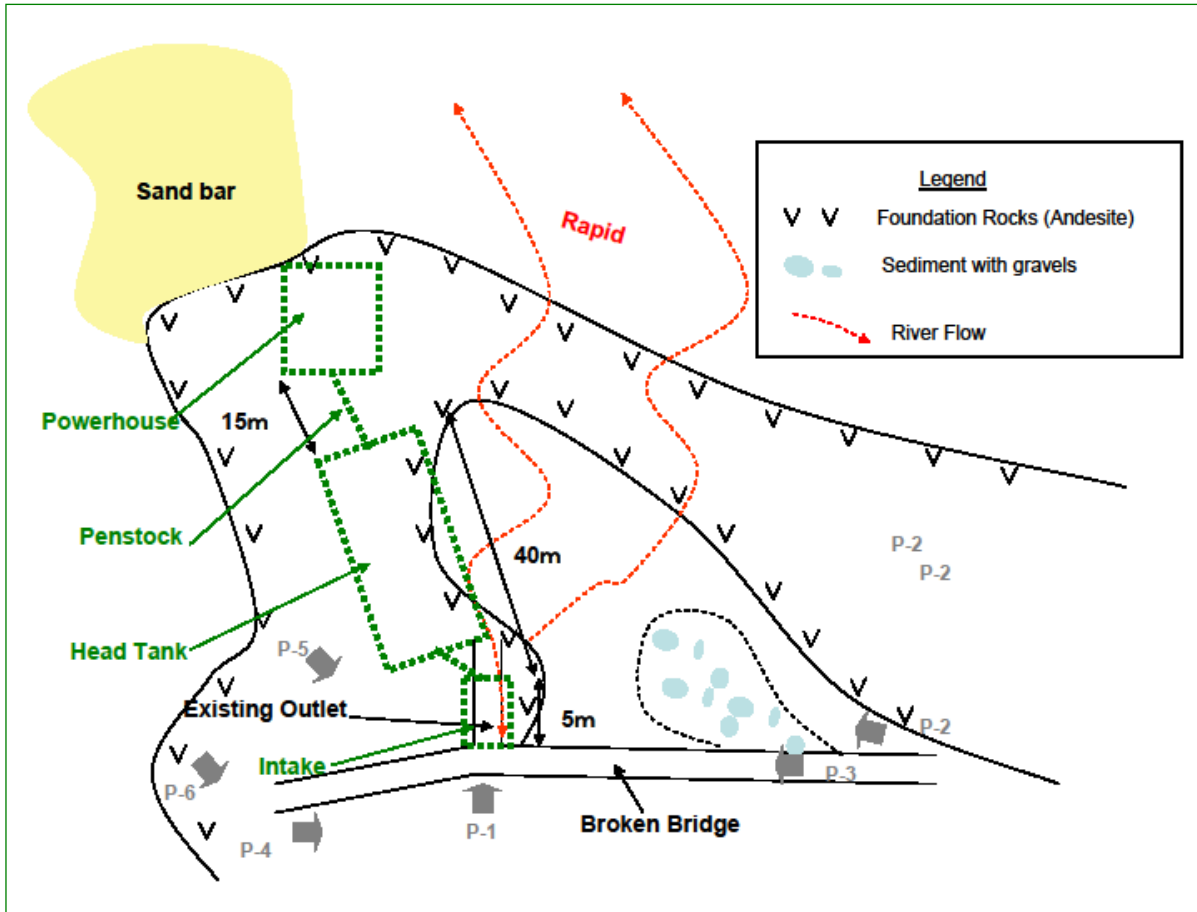


図 3.2-12 Cunene 川地点のイメージ平面図

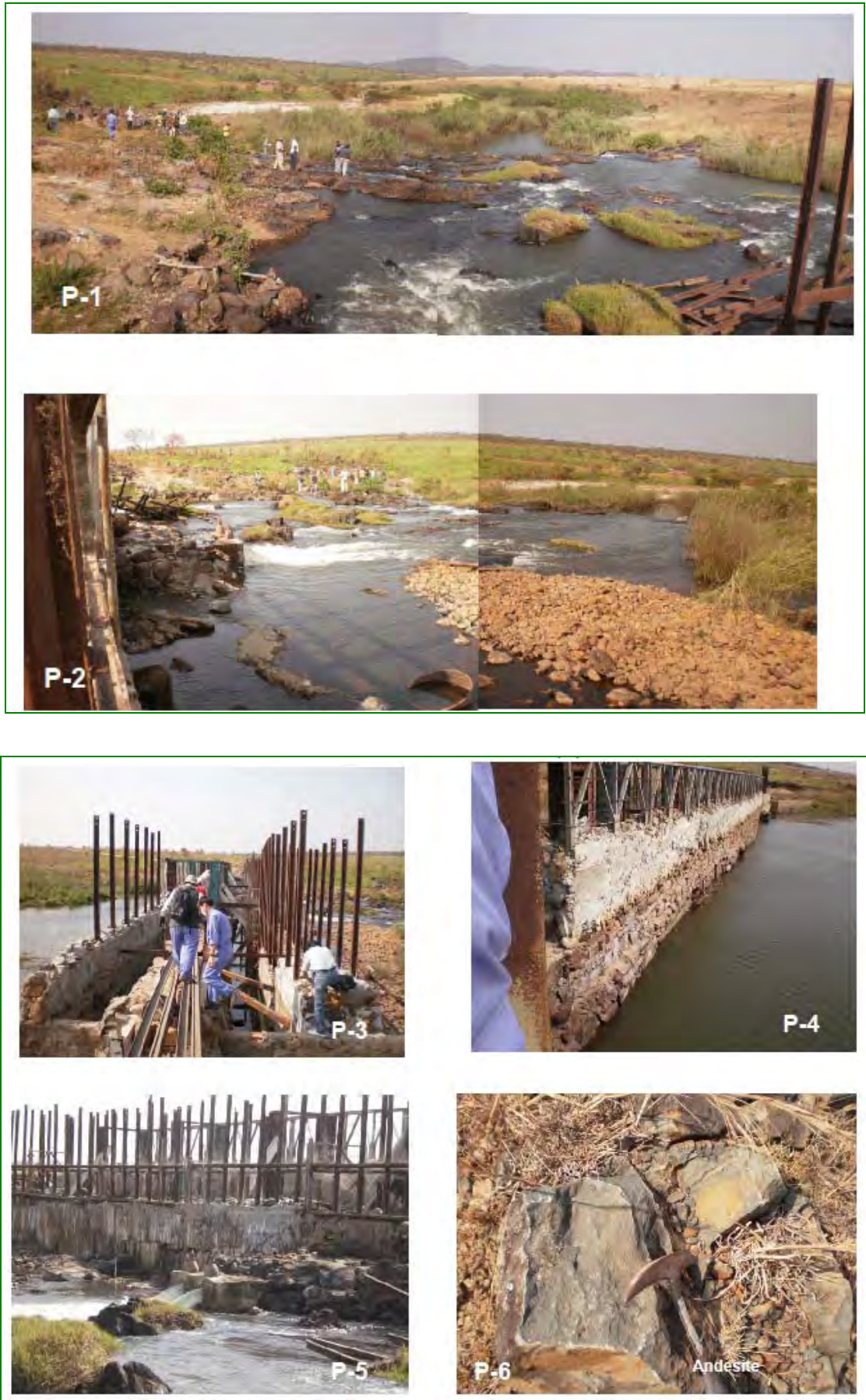


写真 3.2-3 Cunene 川地点の全景写真(乾季:2010年9月10日撮影)

(2) 水文・気象

Cunene 川地点を計画している Cunene 川は、ナミビア国との国境沿いから大西洋へ注ぐ Cunene 川 (流域面積 106,500 km<sup>2</sup>) の支川の一つであり、計画地点での流域面積は 700 km<sup>2</sup> である。前述の 3.2.1 節の図 3.2-4、図 3.2-5 に示すように、流域の大半は、標高 1,500m 以上の高地で年間降水量は 1,250 mm 以上となっている。



図 3.2-13 Cu nene 川地点 流域図

### (3) 水力土木

この発電計画サイトの特徴は Luvolo 川地点同様、内戦前にポルトガル人の手によって堰の一部が作られている点である。

この地点は、落差約 6 m、年最小流量は  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  (流域面積  $700 \text{ km}^2$ ) 程度しかないミニ水力発電計画 (出力は約 0.3MW) の地点である。

取水口は、左岸側に既設の堰の一部を利用して作り、最大使用水量を長さ約 60 m の沈砂池、水槽、水圧管路を経て発電所に導水し、発電したあと放水口からもとの河川に放水する流れ込み式発電所計画である (発生電力量は約 2.0 GWh)。

減水区間は 60 m しかないので河川への環境影響は極めて小さい計画である。

アクセスは、首都ルアンダから Huambo 州 Huambo 市まで約 600 km、Huambo 市から Cunene 川地点まで約 46 km、ここから需要地である Sacapomo 村まで約 11 km である。道路状況は Huambo 市から Cunene 川地点まではそれほど悪くない (あるいは一部新設道路を作る) が、Cunene 川地点から Sacapomo 村までの道路は遠回りしているようで確認できなかった。

### (4) 水力発電

Cunene 川地点の総落差 ; 6 m と河川流量 ;  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  の条件で概略設計を行うと、水車型式としては、図 3.2-14 のように S 形チューブラ水車が最適との結果となった。

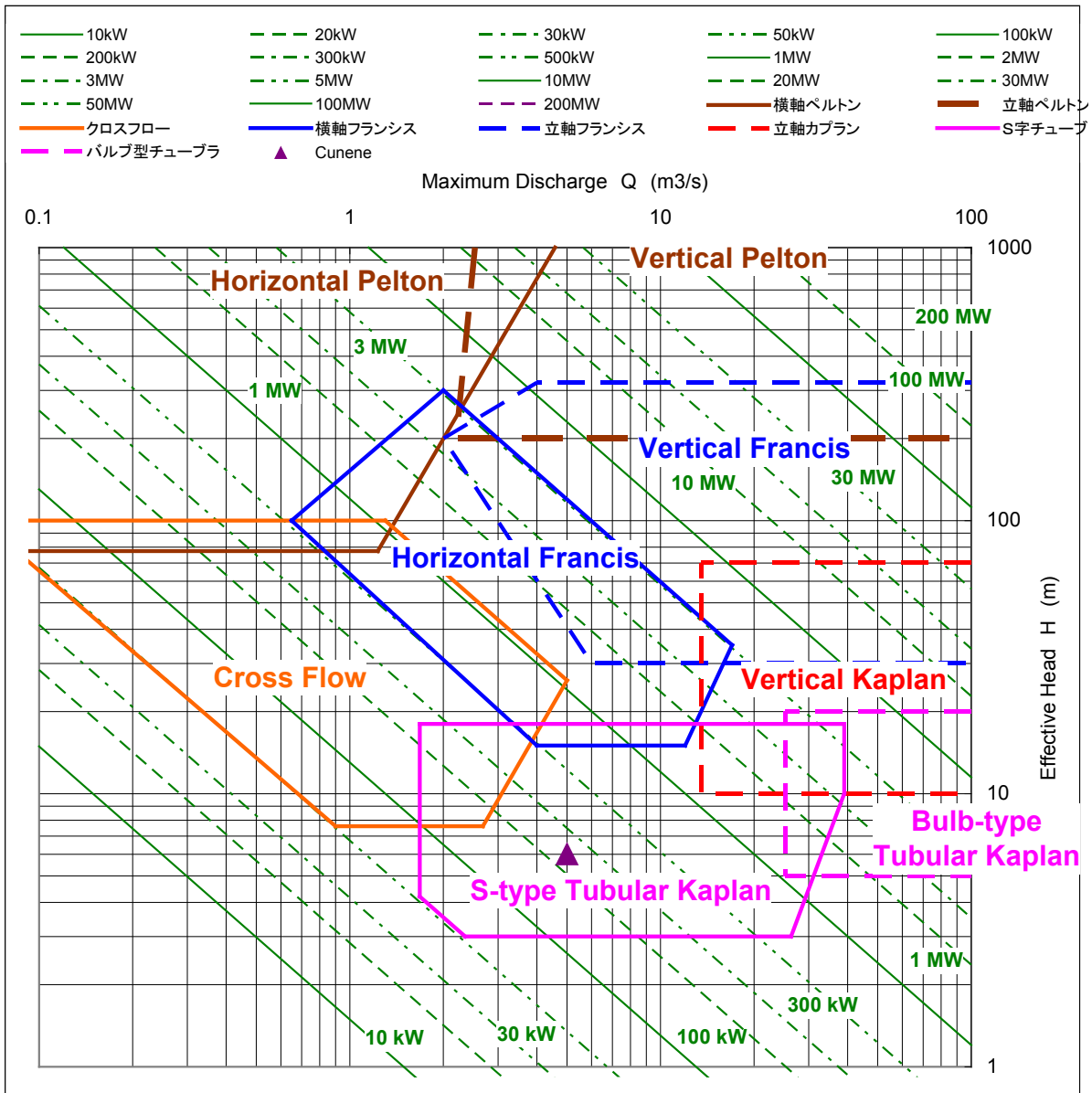


図 3.2-14 Cunene 川地点水車型式選定

(5) 送配電計画

Cunene 川地点からの需要地の Sacapomo 村までの送電は既設の道路沿いにルートを計画検討すると、図 3.2-15 中の赤のラインとなり、その距離は 3 km である。

現在その間に送・配電線は共に存在していない。また Sacapomo 村内の配電計画は今回検討の対象外とする。

Cunene 川地点での発電所出力は 260 kW であることから、発電所より、電圧 15 kV の 3 相 3 線式中の中圧配電線による送電が望ましいと考える。そして、Sacapomo 村に降圧変圧器を設置し、電圧 400/230V、3 相 4 線式の低圧配電線により配電することが望ましいと考える。

また、電柱はルアンダ市内の配電線用と同等の電柱を使用する。

さらに、標高が 1,580 m (Cunene 川地点) ～1,700 m (Sacapomo 村) の高地であり、気圧が低いので、絶縁強化等の機器の特殊仕様についての配慮が必要である。

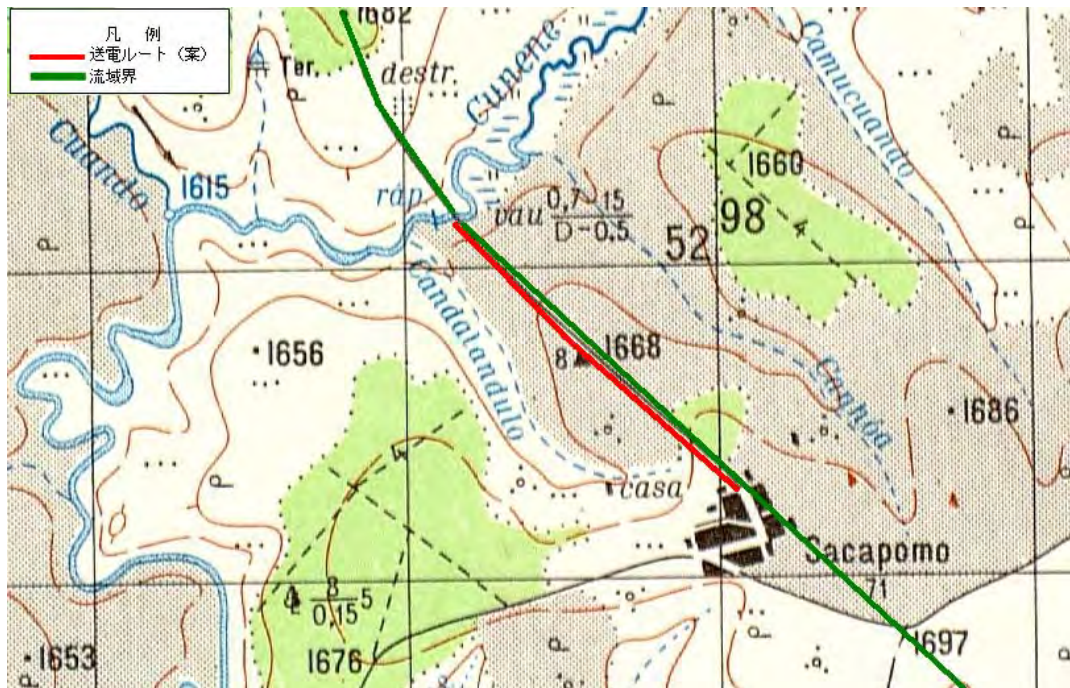


図 3.2-15 Cu nene 川地点からの送電ルート(案)

#### (6) 社会環境・自然環境

予備環境調査で実施した各項目－(a) プロジェクト概要の把握、(b) プロジェクト実施区域の社会・環境の状況、(c) 想定される環境影響－の調査結果を以下に記す。

#### Cunene 水力

No.	項目	予備調査結果
(a)	プロジェクトの概要	Cunene 川を利用した流れ込み式の小水力発電施設であり、その規模は 300 kW 程度である。建設が必要な構造物としては、取水堰、取水口、水路、発電設備、配電線、アクセス道路がある。
(b)	プロジェクト実施区域の社会・環境の状況	Huambo 州 Huambo 郡の南南東約 40km のサバンナ地帯に位置する。Huambo 郡からサイト近くまで無舗装の 2 車線幅の道路が続く。 プロジェクトサイト周辺には 1 地点 1,000 人規模の 3 集落が点在する。最もサイトに近い集落は Sacapomo 集落であり、サイトの南東 2.5km にある。サイトから 5km 北北東には Poli 集落、6km 北西には Tchiculo 集落がある。 ただし、今回のプロジェクトによる住民移転は発生しない。また、プロジェクト実施区域に含まれる環境保護地域はない。
(c)	想定される環境影響	今回提案された小水力プロジェクトで留意すべき環境影響としては、下流の水利用への影響（灌漑、生活用水等）、水生生物への影響、掘削土の発生が挙げられる。



### 3.2.4 Põe 川地点

#### (1) 地形・地質

##### 1) 地形的特徴

発電所地点は、標高 1,600 m 程度の緩やかな丘陵地帯に位置する。

##### 2) 地質的特性

基礎岩盤は、先カンブリア紀の硬質な粗粒花崗岩であり、サイト周辺の河床部全般に岩盤が露出している。このため、各構造物は露出した岩盤面に直接に敷設することが可能である。但し、花崗岩には割れ目が少ないため、発破が効かない可能性が高い。できる限り現地形を利用した構造物敷設が望ましい。

##### 3) その他特記事項

高さ 1 m 程度の既設堰堤がある。既設堰堤は石材をモルタルで付着させて作った石積のようなものであるが、健全であり十分に使用可能である。

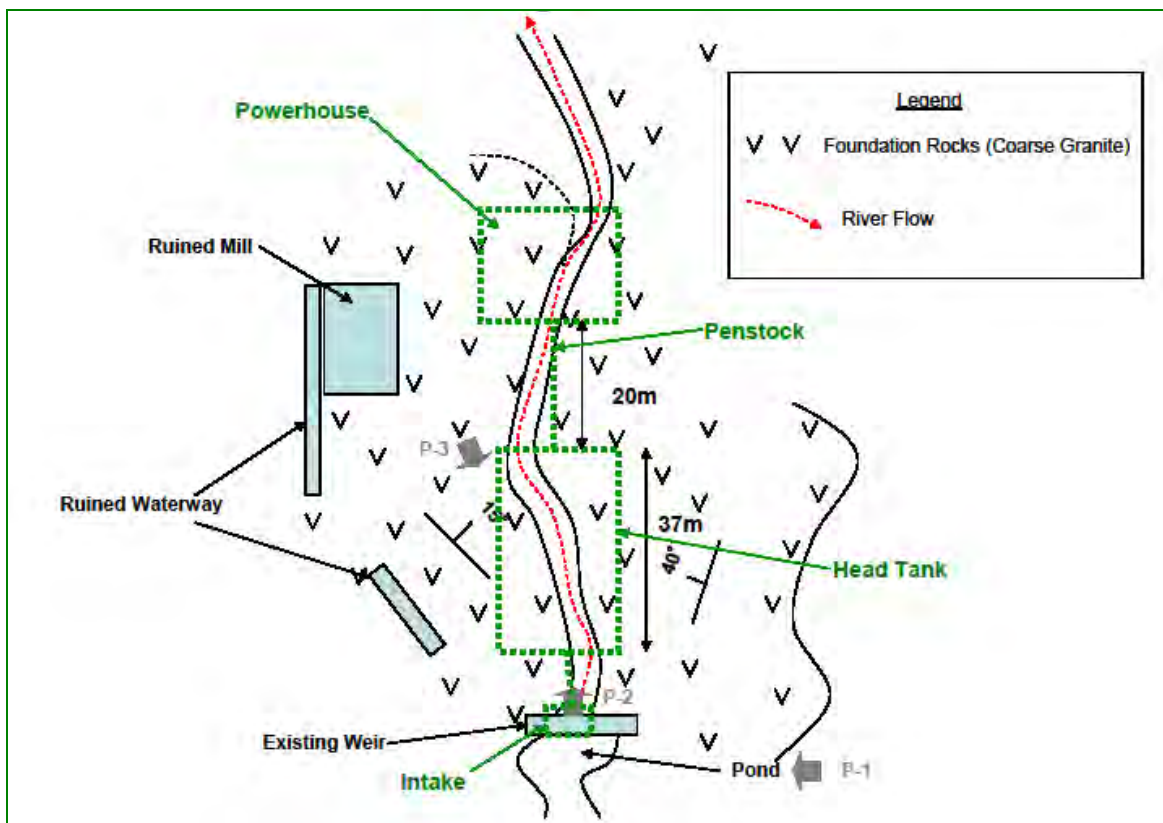


図 3.2-16 Põe 川地点のイメージ平面図



写真 3.2-4 Põe 川地点の全景写真(乾季:2010年9月10日撮影)

## (2) 水文・気象

Põe 川地点を計画している Põe 川は、ナミビア国との国境沿いから大西洋へ注ぐ Cunene 川（流域面積 106,500 km<sup>2</sup>）の支川の一つであり、計画地点での流域面積は 110 km<sup>2</sup> である。前述の 3.2.1 節の図 3.2-4、図 3.2-5 に示すように、流域の大半は、標高 1,500 m 以上の高地で年間降水量は 1,250 mm 以上となっている。

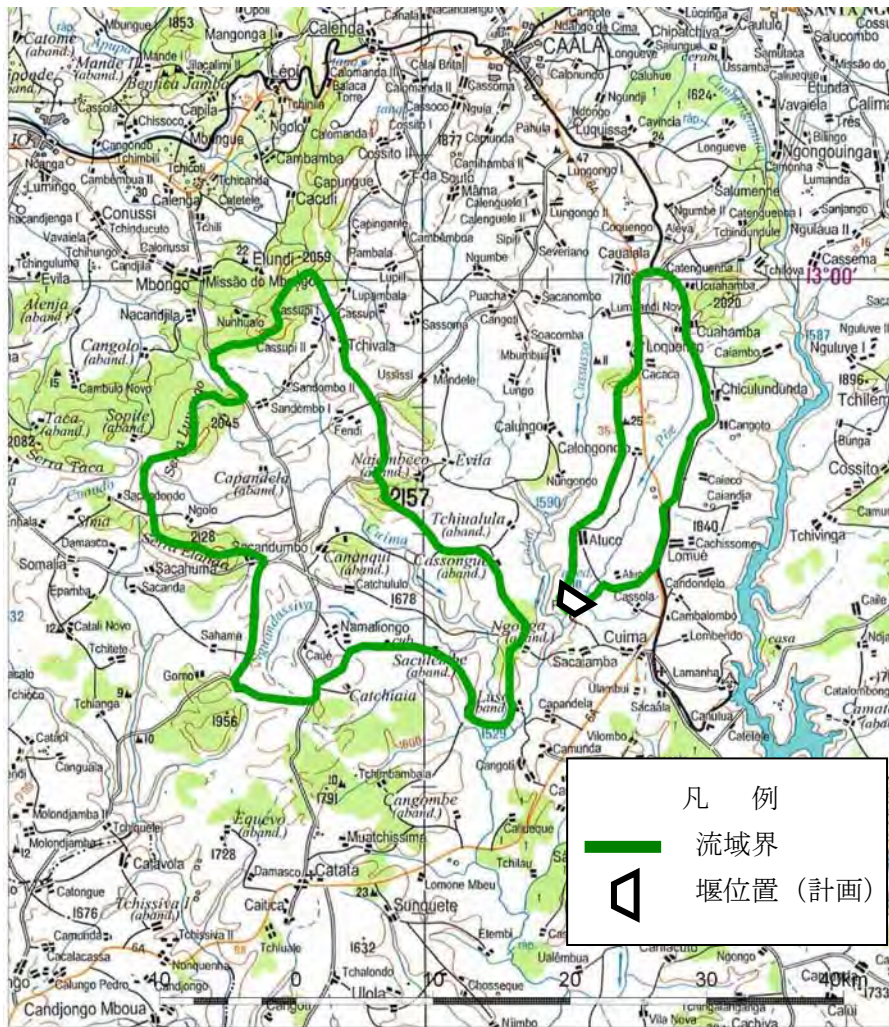


図 3.2-17 Põe 川地点 流域図(右流域)

### (3) 水力土木

この地点は、落差約 10 m、年最小流量は  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  (流域面積  $110 \text{ km}^2$ ) 程度しかないマイクロ水力発電計画 (出力は約 0.04 MW) の地点である。

取水口は、左岸側に作り、最大使用水量を長さ約 60 m の沈砂池、導水路、水槽、水圧管路を経て発電所に導水し、発電したあと放水口からもとの河川に放水する流れ込み式発電所計画である (発生電力量は約 0.3 GWh)。

減水区間は 60 m しかないので河川への環境影響は極めて小さい計画である。

アクセスは、首都ルアンダから Huambo 州 Huambo 市まで約 600 km、Huambo 市から Cuima 村まで約 75 km、ここから Põe 川地点まで約 6 km (橋梁工事中で内 1 km 徒歩) である。道路状況は Huambo 市から Põe 川地点までそれほど悪くない (あるいは一部新設道路を作る)。

(4) 水力発電

Põe 川地点の総落差 ; 9 m と河川流量 ; 0.8 m<sup>3</sup>/s の条件で概略設計を行うと、水車型式としては、図 3.2-18 のようにクロスフロー水車が最適との結果となった。

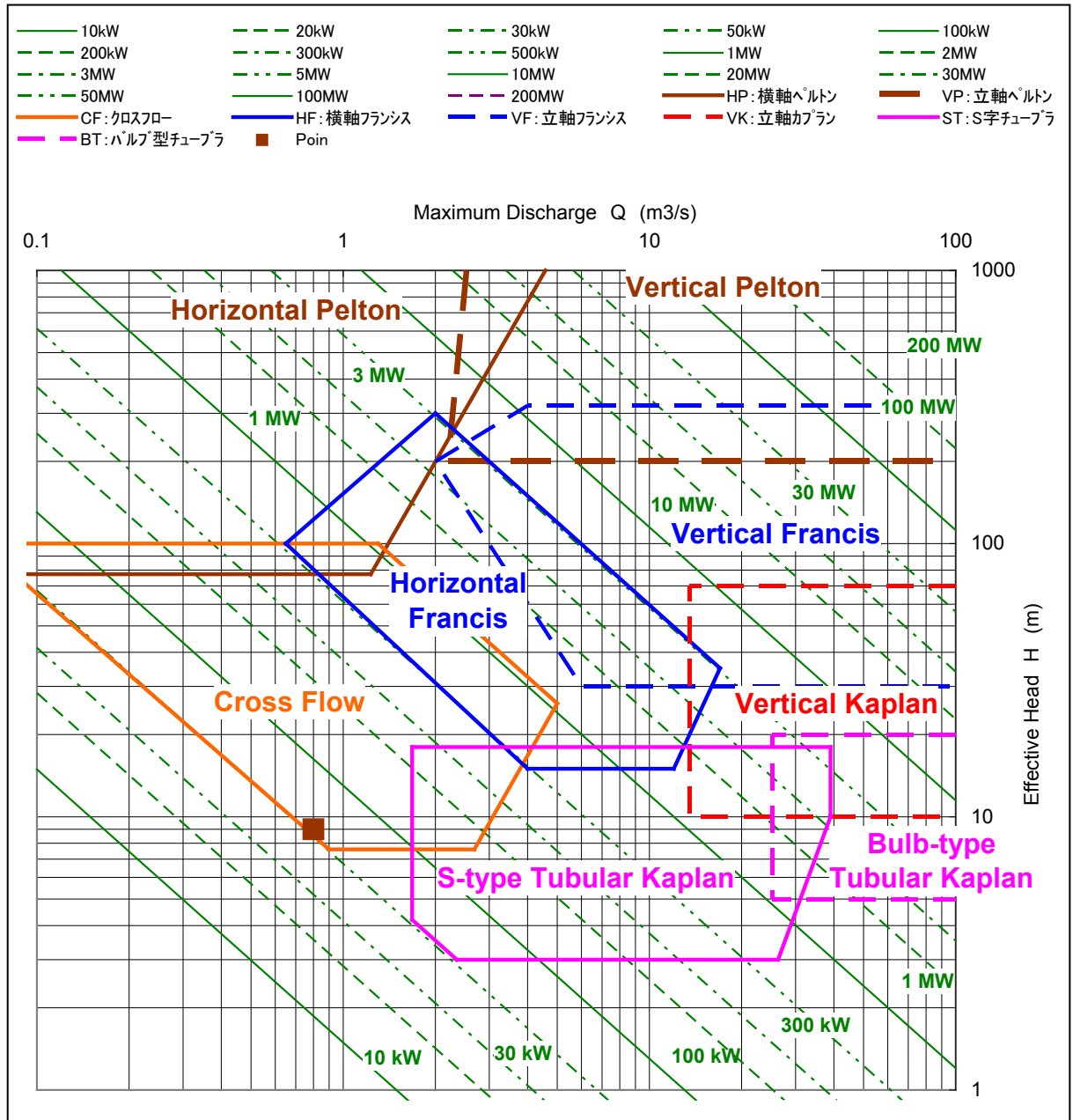


図 3.2-18 Põe 川地点水車型式選定

## (5) 送配電計画

Põe 川地点からの需要地の Cuima 村までの送電は既設の道路沿いにて計画検討すると、図 3.2-19 中の赤のラインとなり、その距離は 6 km である。現在その間に送・配電線は共に存在していない。また Cuima 村内の配電計画は今回検討の対象外とする。

Põe 川地点での発電容量は 40kW であることから、発電所より、電圧 15 kV の 3 相 3 線式の中圧配電線による送電が望ましいと考える。そして、Cuima 村に降圧変圧器を設置し、電圧 400/230 V、3 相 4 線式の低圧配電線により配電することが望ましいと考える。また、電柱はルアンダ市内の配電線用と同等の電柱を使用する。

さらに、標高が 1,595 m (Põe 川地点) ~1,660 m (Cuima 村) と高地で気圧が低いので、絶縁強化等の機器の特殊仕様についての配慮が必要である。



図 3.2-19 Põe 川地点からの送電ルート (案)

## (6) 社会環境・自然環境

予備環境調査で実施した各項目—(a) プロジェクト概要の把握、(b) プロジェクト実施区域の社会・環境の状況、(c) 想定される環境影響—の調査結果を以下に記す。

## Põe 水力

No.	項目	予備調査結果
(a)	プロジェクトの概要	Põe 川を利用した流れ込み式の小水力発電施設であり、その規模は 40 kW 程度である。建設が必要な構造物としては、取水堰、取水口、水路、発電設備、配電線、アクセス道路がある。
(b)	プロジェクト実施区域の社会・環境の状況	Huambo 州 Huambo 郡南南西約 60 km のサバンナ地帯に位置する。サイト近傍の村は 5 km 東南東の Cuima 村であり、最も近い集落は 1 km 北東の Põe (Põe) 集落である。Caala 郡から Cuima 村まで無舗装の 2 車線幅の道路が整備されている。Cuima 村から Põe 集落までの道路は無舗装である。 Cuima 村には、ディーゼル発電機 (3 台@100 kVA) および太陽光発電機 (4 kW 程度) が設置されている。太陽光発電は電話など通信設備用に使われている。ただし、太陽光パネルは 1/4 ほど欠落していた。 ただし、今回のプロジェクトによる住民移転は発生しない。また、プロジェクト実施区域に含まれる環境保護地域はない。
(c)	想定される環境影響	今回提案された小水力プロジェクトで留意すべき環境影響としては、下流の水利用への影響 (灌漑、生活用水等)、水生生物への影響、掘削土の発生が挙げられる。

## 3.2.5 Cuima 川地点

## (1) 地形・地質

## 1) 地形的特徴

発電所地点は、標高 1,550 m 程度の緩やかな丘陵地帯に位置する。サイトの下流で Cuima 川が Calai 川に合流する。

## 2) 地質的特性

基礎岩盤は、先カンブリア紀の硬質な粗粒花崗岩であり、サイト周辺の一部に岩盤が露出しているが、河川の流出土砂が基盤岩を被覆している箇所も認められる。施設設計を行うためには、詳細な露頭調査が必要である。

## 3) その他特記事項

高さ 3 m 程度の既設堰堤がある。既設堰堤は、石材をモルタルで付着させて作った石積のようなものであるが、劣化して水漏れを生じている。修復が必要である。

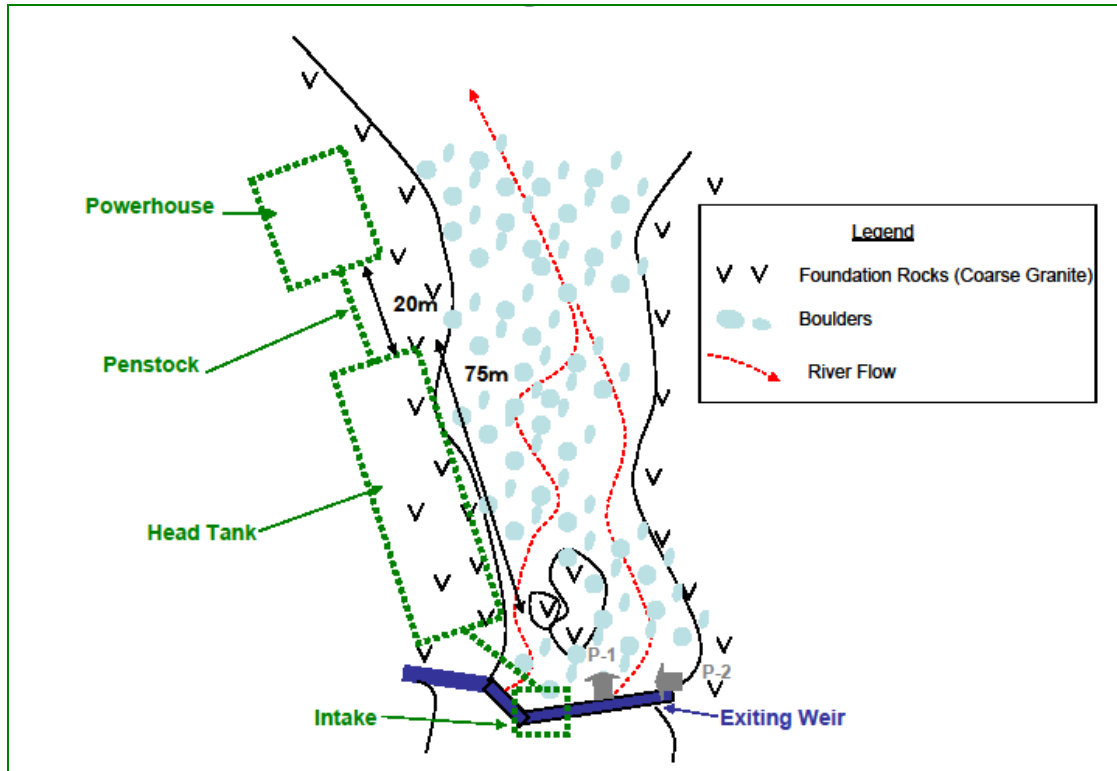


図 3.2-20 Cuima 川地点のイメージ平面図



写真 3.2-5 Cuima 川地点の全景写真(乾季:2010年9月10日撮影)

## (2) 水文・気象

Cuima 地点を計画している Cuima 川は、ナミビア国との国境沿いから大西洋へ注ぐ Cunene 川（流域面積 106,500 km<sup>2</sup>）の支川の一つであり、計画地点での流域面積は 400 km<sup>2</sup> である。前述の 3.2.1 節の図 3.2-4、図 3.2-5 に示すように、流域の大半は、標高 1,500 m 以上の高地で年間降水量は 1,250 mm 以上となっている。



図 3.2-21 Cu ima 川地点 流域図(左流域)

## (3) 水力土木

この地点は、落差約 10 m、年最小流量は 3 m<sup>3</sup>/s（流域面積 400 km<sup>2</sup>）程度しかないミニ水力発電計画（出力は約 0.3 MW）の地点である。

取水口は、左岸側に作り、最大使用水量を長さ約 100 m の沈砂池、導水路、水槽、水圧管路を経て発電所に導水し、発電したあと放水口からもとの河川に放水する流れ込み式発電所計画である（発生電力量は約 2.1 GWh）。



減水区間は 100m しかないので河川への環境影響は極めて小さい計画である。

アクセスは、首都ルアンダから Huambo 州 Huambo 市まで約 600 km、Huambo 市から Cuima 村まで約 75 km、ここから Cuima 川地点まで約 16 km (内 1km は道路がなく徒歩) である。道路状況は Huambo 市から Cuima 川地点までそれほど悪くない (一部新設道路を作る)。

(4) 水力発電

Cuima 川地点の総落差 ; 10 m と河川流量 ;  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  の条件で概略設計を行うと、水車型式としては、図 3.2-22 のように S 形チューブラ水車が最適との結果となった。

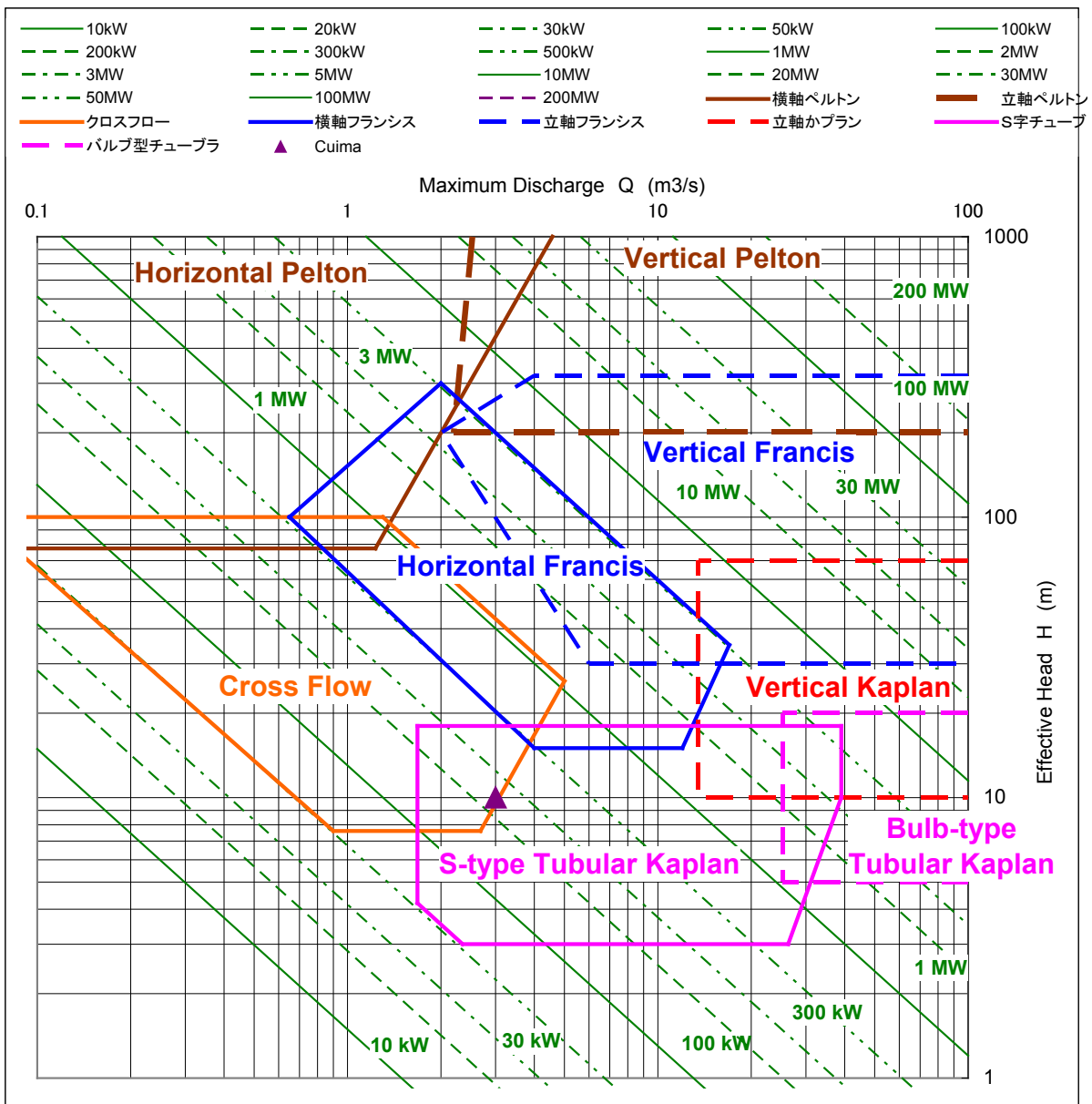


図 3.2-22 Cuima 川地点水車型式選定

## (5) 送配電計画

Cuima 川地点からの需要地の Cuima 村までの送電は既設の道路沿いにて計画検討すると、図 3.2-23 中の赤のラインとなり、その距離は 18 km である。

現在、その間に送・配電線は共に存在していない。また Cuima 村内の配電計画は今回検討の対象外とする。

Cuima 川地点での発電所出力は 260 kW であることから、発電所より、電圧 15 kV の 3 相 3 線式中圧配電線による送電が望ましい。そして、Cuima 村に降圧変圧器を設置し、電圧 400/230 V、3 相 4 線式の低圧配電線により配電することが望ましいと考える。また、電柱はルアンダ市内の配電線用と同等の電柱を使用する。

さらに、標高が 1,535 m (Cuima 川地点) ~1,660 m (Cuima 村) と高地で気圧が低いので、絶縁強化等の機器の特殊仕様についての配慮が必要である。



図 3.2-23 Cu ima 川地点からの送電ルート(案)

## (6) 社会環境・自然環境

予備環境調査で実施した各項目－(a) プロジェクト概要の把握、(b) プロジェクト実施区域の社会・環境の状況、(c) 想定される環境影響－の調査結果を以下に記す。

## Cuima 水力

No.	項目	予備調査結果
(a)	プロジェクトの概要	Cuima 川を利用した流れ込み式の小水力発電施設であり、その規模は 200kW 程度である。建設が必要な構造物としては、取水堰、取水口、水路、発電設備、配電線、アクセス道路がある。
(b)	プロジェクト実施区域の社会・環境の状況	Huambo 州 Huambo 市南南西約 65 km の森林地帯に位置する。プロジェクトサイト近傍には Cuima 村および集落が点在する。サイト近傍の村は 10 km 東北東の Cuima 村であり、最も近い集落は 1 km 東の Luso 集落である。Caala 郡から Cuima 村まで無舗装の 2 車線幅の道路が整備されている。Cuima 村から Sacaiamba 集落を経由し、サイトまで連絡する道は、1 車線幅で無舗装である。 ただし、今回のプロジェクトによる住民移転は発生しない。また、プロジェクト実施区域に含まれる環境保護地域はない。
(c)	想定される環境影響	今回提案された小水力プロジェクトで留意すべき環境影響としては、下流の水利用への影響（灌漑、生活用水等）、水生生物への影響、掘削土の発生が挙げられる。

### 3.3 可能性調査地点の選定

本業務の実施方針の中で可能性調査地点を選定するための一次スクリーニング項目は以下のとおりである。

1. 地方電化が地域格差の是正に貢献する
2. 工事入札中や工事中ではない
3. 出力規模が 500 kW 以上である
4. 地雷の危険性がない（あるいは少ない）
5. 国立公園や保護区に位置しない

可能性調査候補地点 5 地点の中で、この一次スクリーニングの第 3 項をクリアする地点は Cutato 川地点（第 1 地点、約 1.6 MW）と Luvolo 川地点（第 2 地点、約 0.7 MW）の 2 地点である。

また 5 地点すべての地点が、他の 4 項目に関しては同等の評価となる。すなわち全ての地点において、地方（村落）電化は必要であり、工事入札中や工事中ではないし、地雷の危険性はなく（ただし地雷については地方政府のコメントではあるが聞き取り調査結果からだけの判断である）、国立公園や保護区に位置しない。

実施方針の中の二次スクリーニングでは、一次スクリーニングを経た案件を対象として、自然社会環境と水文データの有無、建設費用、水利権、裨益効果などから採否を判断した。

一次スクリーニング通過地点の Luvolo 川地点は、アクセスのための道路が悪く（特に幹線道路が悪い）、建設（資材運搬、水車・発電機運搬）のために道路舗装をすると膨大な工事費を必要とするし、この準備調査の中でも雨季に実施予定の第二次現地調査での交通安全確保も危惧される地点である。また水を灌漑や農作物の粉引きにも利用しているため、将来の水利用の調整も重要となる地点である。このような道路の建設費用や安全対策の問題ならびに自然社会環境で将来問題が発生することが予想されるため、Luvolo 川地点は二次スクリーニングで落とすことにした。

これに比べ Cutato 川地点は、サイトの地形・地質が良く、アクセスも優れている。出力は候補地点中最大の約 1.6 MW もあり、需要地も候補地点中最大の人口 30 万人の Andulo 郡全体を対象としているため、ほとんどのエネルギーが無駄にならずに完全に消費されるものと推察される。すなわち Cutato 川地点は候補地点中最大のエネルギーを発生し、そのエネルギーを完全に消費するだけの裨益需要を持った優れた候補地点であることから、二次スクリーニングを通過させることにした。

なお 5 地点の環境影響評価比較を表 3.3-1 に示す。環境影響では共通部分の評価結果に比べると、個別地点の差異は小さいと考えられる。Cutato 地点は設計時に環境影響緩和対策を実施することによって、他地点レベルの環境影響とすることが可能と考えられる。

以上の理由から、2010年9月20日付でエネルギー・水資源省 地方電化局 (DNEL: National Direction of Electrification in Ministry of Energy and Water) と JICA 調査団が交わした Minutes of Meeting “FINAL DISCUSSION BETWEEN NATIONAL DIRECTION OF ELECTRIFICATION” で、Cutato 川地点 1 地点が最も卓越した地点と位置付けたのに続き、その後 10 月の JICA での打合せのスクリーニング結果でも問題のない Cutato 川地点 1 地点を可能性調査地点として選定した。

表 3.3-1 5 地点の環境影響評価比較

共 通	
項 目	評 価
全 体	いずれも数 m の堰を利用する流れ込み式であるので、ダム式に比べて、河川に対する環境影響やその範囲が小さい。 配電線工事を伴うが、電柱を道路沿線に立てることを計画しているので、自然・社会環境影響は小さい。
自然環境	
保 護 区	事業対象地及びその周辺に、国立公園や保護区等は存在しない。
水生生物 (生態系)	工事中： 本事業は小水力発電所新設であり、工事範囲は狭い（河川敷で延長数百 m）ため、一般的には生態系に与える影響は小さい。 供用時： 工事前後で河川流量の変化は極めて小さいので、生態系への影響も小さい。 しかし、事業対象地における希少動植物の存在を確認し、生態系への影響を評価するべきである。
水 象	工事中： 河川等の水流を切り替える。また、小規模な河床掘削工事も想定される。 供用時： 発電所完成後は、完成前に比べて、乾季には、河川流量に変化が生じる（発電用に優先使用する）が、雨季は完成前後でほぼ変化がない。堰により、貯水池ができるため、貯水池上流域では長期的には河床高が上昇する。
地形・地質 (掘削の影響)	本事業は、大規模な切土や盛土は計画されていないことから、地形・地質への影響はほとんどないと考えられる。
社会環境	
住民移転	貯水池や取り付け道路のための用地取得は発生する。それに伴う住民移転が発生する可能性は極めて低い。
水 利 用	工事中： 事業対象地周辺の河川等で水利用があるため、工事中の濁水による影響が考えられる。 供用時： 発電用に取水するが、直下流で放水するため、河川総流量が減ることはない。
土地利用	本事業は、地方電化開発であり、灌漑用の動力を供給することによって、耕作地が広がる（正の影響が見込まれる）。一方、貯水池によって既設の耕作地の水没や利用制限を受ける可能性がある。
総合	プレスコーピングにおいて、各評価項目における各サイトの本質的な違いは認められない。ただし、発電規模の違い及び既設構造物の存在により、各サイトで環境影響が異なる。
個別地点	
個別地点名	評 価
Cutato	新設工事となる。他地点のプロジェクトに比べて発電規模が若干大きいため、堰による上流へ影響が及ぶことが懸念されるが、堰高を押さえ、排砂対策をすることで影響を軽減できる。さらに、河川敷の土地利用はほとんどなされていないので、社会環境影響は小さい。
Luvolo	既設の堰はあるが、堰の改修工事および発電設備の関連工事が必要となる。サイトでは住民が生活用水を利用しており、工事中および供用時の補償が必要となる。
Cunene	既設の堰はあるが、堰の改修工事および発電設備の関連工事が必要となる。サイトでは住民が生活用水を利用しており、工事中および供用時の補償が必要となる。
Põe	新設工事となる。極めて小規模であり、環境影響は小さい。
Cuima	既設の堰はあるが、堰の改修工事および発電設備の関連工事が必要となる。サイトでは住民が生活用水を利用しており、工事中および供用時の補償が必要となる。
総合評価	環境影響では共通部分の評価結果に比べると、個別地点の差異は小さいと考えられる。Cutato 地点は設計時点で環境影響緩和対策を実施することによって、他地点レベルの環境影響とすることが可能と考えられる。

なお、上記の地点選定評価表を以下の表 3.3-2 に示す。

表 3.3-2 地点選定評価表

地点名		1	2	3	4	5	備考
項目		Cutato	Luvolo	Cunene	Pöe	Cuima	
一次スクリーニング	1.1 地方電化の需要	○	○	○	○	○	○：地方電化がその地域において重要 ×：重要性が低い
	1.2 当該地点の工事状況	○	○	○	○	○	○：工事入札中あるいは工事中ではない ×：工事入札中あるいは工事中
	1.3 プロジェクト規模	○	○	×	×	×	○：500kW 以上 ×：500kW 未満
	1.4 安全性	○	○	○	○	○	○：地雷の危険性無しもしくは少ない ×：地雷の危険性あり
	1.5 環境影響	○	○	×	×	×	○：国立公園や保護区に位置しない ×：国立公園や保護区に属する
	一次スクリーニング結果	○	○	×	×	×	
二次スクリーニング	2.1 アクセス	○	×	—	—	—	○：アクセス良 ×：アクセス悪
	2.2 自然社会環境への影響	△	△	—	—	—	○：影響なし、△：影響小 ×：影響大 (Luvolo 地点は水利用の調整要)
	2.3 自然社会環境データの存在状況	△	△	—	—	—	○：対象地点直近に水文データあり △：同一水系に水文データあり ×：データなし
	二次スクリーニング結果	○	△	—	—	—	
<b>総合評価</b>		○	△	×	×	×	

