

エルサルバドル国  
エネルギー分野に係る  
情報収集・確認調査

最終報告書

平成 26 年 3 月  
(2014 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
株式会社コーエイ総合研究所

中南
JR
14-007



独立行政法人 国際協力機構

# エルサルバドル国 エネルギー分野に係る 情報収集・確認調査

## 最終報告書

平成 26 年 3 月  
(2014 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
株式会社コーエイ総合研究所

通貨換算率  
1USドル=102.35円  
(2014年2月26日現在)



調査対象位置図（エルサルバドル国全土）

エルサルバドル国  
エネルギー分野に係る  
情報収集・確認調査

最終報告書

調査対象位置図

略語表

目 次

	頁
1. 調査の背景.....	1
2. 調査の目的.....	2
3. 調査全体の流れ.....	2
4 小水力詳細調査.....	3
4.1 詳細調査の目的.....	3
4.2 小水力の現況と課題.....	3
4.2.1 小水力の現況.....	3
4.2.2 小水力開発の問題点.....	5
4.3 小水力に関わる関連法規.....	6
4.4 小水力開発に関連する監督機関および省庁.....	8
4.5 小水力ポテンシャルの確認.....	9
4.5.1 再生可能エネルギーマスタープラン調査で確認された小水力ポ テンシャル.....	9
4.5.2 机上検討による小水力ポテンシャルの確認.....	9
4.6 小水力ポテンシャル地点のスクリーニング.....	11
4.7 3つの小水力ポテンシャル地点の詳細調査.....	15
4.7.1 検討条件.....	15
4.7.2 ロスヘルビデロス I 水力（ロスヘルビデロス川）.....	16
4.7.3 エルマンザノ水力（スチオ川）.....	21
4.7.4 ロスコヨテス水力（ビエホ川）.....	26
4.8 CECSA 所有の小水力候補案件.....	30
4.8.1 サンルイス III 水力.....	31
4.9 ANDA 施設内の小水力.....	34

4.10	小水力詳細調査の結果.....	38
4.11	事業実施の方法.....	39
4.11.1	事業実施の優先順位.....	39
4.11.2	小水力開発の課題.....	41
4.11.3	資金調達.....	44
4.11.4	今後の小水力開発に関わる提言.....	45
<b>5.</b>	<b>公共部門の省エネルギーに係る詳細調査.....</b>	<b>47</b>
5.1	公的施設の詳細省エネルギー診断.....	47
5.1.1	詳細省エネルギー診断.....	47
5.1.2	Antiguo Cuscatlan ポンプ場.....	49
5.1.3	Santiago de Maria 地域病院.....	52
5.1.4	San Bartolo 税関事務所.....	57
5.1.5	Sonsonate MEGATEC 技術学校.....	61
5.2	公共照明.....	64
5.2.1	現状.....	64
5.2.1	省エネルギー効果とその投資額.....	64
5.3	結論.....	65
5.3.1	総括.....	65
5.3.2	事業化提案.....	66
5.3.3	実施スキーム.....	66

## 表目次

	頁
表 4.2.1 エルサルバドル国における既存の小水力発電所 .....	3
表 4.2.2 小水力開発（20 MW 以下）マスタープランの概要 .....	4
表 4.3.1 小水力開発に関わる関連法規 .....	6
表 4.3.2 小水力開発に関わる環境カテゴリーと要求事項 .....	7
表 4.4.1 小水力開発に関連する監督機関および省庁 .....	8
表 4.5.1 机上検討により確認された小水力ポテンシャル地点 .....	10
表 4.6.1 第二次スクリーニングのための評価基準 .....	12
表 4.6.2 ポテンシャル地点の評価結果 .....	13
表 4.6.3 総合評価結果と詳細調査地点選定結果 .....	14
表 4.7.1 ロスヘルビデロス I 水力詳細調査結果概要 .....	19
表 4.7.2 エルマンザノ水力諸元 .....	24
表 4.7.3 ロスコヨテス水力諸元 .....	29
表 4.8.1 サンルイス III 水力諸元 .....	33
表 4.9.1 ANDA 小水力ポテンシャル地点リスト .....	34
表 4.9.2 ANDA 小水力地点概略返済期間検討 .....	35
表 4.9.3 ホンジュラス国テグシガルパ市内給水施設小水力導入計画諸元 .....	37
表 4.10.1 小水力調査結果要約 .....	38
表 5.1.1 Antigua Cuscatlan ポンプ場の施設概要 .....	49
表 5.1.2 省エネルギー検討結果（Antigua Cuscatlan ポンプ場） .....	50
表 5.1.3 ANDA の年間電気使用量と支払額 .....	51
表 5.1.4 ANDA ポンプ場の全国レベルでの省エネルギー可能性量とその投資額 .....	51
表 5.1.5 Santiago de Maria 地域病院の施設概要 .....	52
表 5.1.6 省エネルギー検討結果（1）（Santiago de Maria 地域病院） .....	55
表 5.1.7 省エネルギー検討結果（2）（Santiago de Maria 地域病院） .....	55
表 5.1.8 全国の病院数およびその年間電気使用量 .....	55
表 5.1.9 病院の全国レベルでの省エネルギー可能性量とその投資額 .....	56
表 5.1.10 San Bartolo 税関事務所の施設概要 .....	57
表 5.1.11 省エネルギー検討結果（San Bartolo 税関事務所） .....	59
表 5.1.12 全国の事務所ビル数およびその年間電気使用量 .....	60
表 5.1.13 事務所ビルの全国レベルでの省エネルギー可能性量とその投資額 .....	60
表 5.1.14 Sonsonate MEGATEC 技術学校の施設概要 .....	61
表 5.1.15 省エネルギー検討結果（Sonsonate MEGATEC 技術学校） .....	63
表 5.1.16 全国の学校数およびその年間電気使用量 .....	64
表 5.1.17 学校の全国レベルでの省エネルギー可能性量とその投資額 .....	64
表 5.2.1 省エネルギー効果とその投資額 .....	65
表 5.3.1 公的部門の省エネルギー効果およびその経済性 .....	65

## 目次

	頁
図 1.1.1 電源別設備容量の変化（2010 年） .....	1
図 3.1.1 調査全体の流れ .....	2
図 4.2.1 再生可能エネルギーマスタープランで選定された小水力ポテンシャル地点 .....	4
図 4.5.1 小水力ポテンシャル机上検討箇所位置図 .....	9
図 4.6.1 小水力スクリーニングの手順 .....	11
図 4.6.2 第一次スクリーニングで選定されたポテンシャル地点 .....	12
図 4.6.3 選定された 3 つのポテンシャル地点 .....	14
図 4.7.1 3 つの小水力ポテンシャル地点の詳細調査工程 .....	15
図 4.7.2 水車形式選定図 .....	16
図 4.7.2 ロスヘルビデロス I 全体平面図 .....	17
図 4.7.3 ロスヘルビデロス I 取水堰平面・横断図 .....	17
図 4.7.4 ロスヘルビデロス I 取水堰地点流況曲線 .....	18
図 4.7.5 ロスヘルビデロス I 水力発電所縦断図 .....	18
図 4.7.6 エルマンザノ水力全体平面図 .....	21
図 4.7.7 エルマンザノ水力取水堰平面・縦断図 .....	22
図 4.7.8 エルマンザノ水力取水堰地点流況曲線 .....	22
図 4.7.9 エルマンザノ水力発電所縦断図 .....	23
図 4.7.10 ロスコヨテス水力全体平面図 .....	26
図 4.7.11 取水堰平面および縦断図 .....	27
図 4.7.12 ロスコヨテス水力計画取水堰地点流況曲線 .....	27
図 4.7.13 ロスコヨテスプロジェクト発電所縦断図 .....	28
図 4.8.1 CECSA 計画中の小水力開発地点 .....	30
図 4.8.2 サンルイス III 水力全体平面図 .....	31
図 4.8.3 サンルイス III 水力計画地点流況曲線 .....	32
図 4.8.4 サンルイス III 水力発電所縦断図 .....	32
図 4.8.5 サンルイス III 水力発電所平面図 .....	33
図 4.9.1 水道施設内小水力実績（設計流量と出力の関係） .....	36
図 4.11.1 想定される実施スケジュール .....	40
図 4.11.2 CEL へのローン提供による事業の実施イメージ .....	44
図 4.11.3 CECSA へのローン提供による事業の実施イメージ .....	45
図 4.11.4 資源の効率的な開発と非効率的な開発イメージ .....	46
図 5.1.1 4 カ所の詳細省エネルギー診断実施工程 .....	47
図 5.1.2 月別電気使用量（Antiguo Cuscatlan ポンプ場） .....	49
図 5.1.3 月別電気使用量（Santiago de Maria 地域病院） .....	53
図 5.1.4 電気の消費バランス（Santiago de Maria 地域病院） .....	53
図 5.1.5 月別燃料使用量（Santiago de Maria 地域病院） .....	54
図 5.1.6 月別電気使用量（San Bartolo 税関事務所） .....	58



---

図 5.1.7	電気の消費バランス (San Bartolo 税関事務所) .....	58
図 5.1.8	月別電気使用量 (Sonsonate MEGATEC 技術学校) .....	62
図 5.1.9	電気の消費バランス (Sonsonate MEGATEC 技術学校) .....	62
図 5.3.1	ANDA のポンプ場省エネルギー事業の実施イメージ.....	67
図 5.3.2	公共照明の省エネルギー事業の実施イメージ .....	68
図 5.3.3	公共照明の ESCO 事業方式省エネルギー事業の実施イメージ .....	69

## 略語表

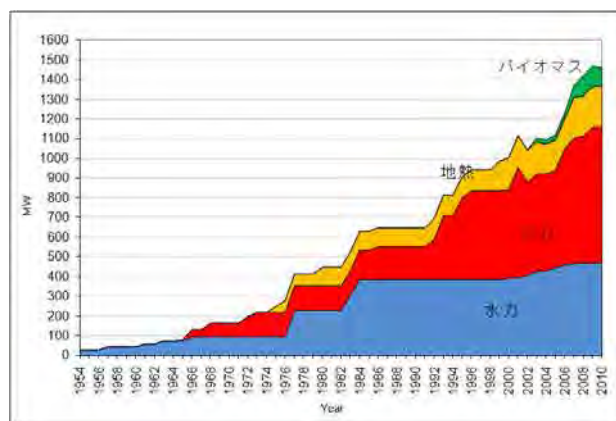
略語	スペイン語表記	英語表記	日本語表記
AES	Corporación AES	AES Corporation	AES 配電会社
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados	National Administration of Aqueducts and Sewers	上下水道公社
B/C	Costo/Beneficio	Benefit/Cost	費用便益比
BANDESAL	Banco de Desarrollo de El Salvador	El Salvador Development Bank	エルサルバドル開発銀行
BTU	Unidad Térmica Británica	British Thermal Unit	英熱量
CECSA	Compañía Eléctrica Cucumacayán S.A. de C.V.	Cucumacayán Electric Company Inc	ククマカヤン電力会社
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa	Hydroelectric Executive Committee of the Lempa River	レンパ川水力発電執行委員会
CNE	Consejo Nacional de Energía	National Energy Council	国家エネルギー審議会
DD, D/D	Diseño Detallado	Detailed Design	詳細設計
DELSUR	Distribuidora de Electricidad del Sur, S.A. de C.V.,	Distributor of Electricity of South Variable Capital Company	南部配電会社
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
ESCO	Empresas de Servicios de Energía	Energy Services Companies	エネルギーサービス会社
FS, F/S	Etdudio de Factibilidad	Feasibility Study	実施可能性調査
GAL	Galón (3.785 litro)	Gallon (3.785 liter)	ガロン (3.785 リットル)
GWh	Gigawatts hora	Gigawatt hour	ギガワット時
HP	Caballos de Fuerza	Horse Power	馬力
IDB (BID)	Banco Interamericano de Desarrollo	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
IRR	Tasa Interna de Retorno	Internal Rate of Return	内部収益率
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
kV	Kilo voltios	Kilo volt	キロボルト (1000 ボルト)
kW	Kilo watt	Kilo watt	キロワット (1,000 ワット)
kWh	Kilowatt hora	Kilowatt hour	キロワット時
LED	Diodo Emisor de Luz	Light Emitting Diode	発光ダイオード
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Ministry of Environment and Natural Resources	環境天然資源省
MCDA	Análisis de Decisión Multicriterio	Multi-Criteria Decision Analysis	多基準意思決定法
MEGATEC	Modelo Educativo Gradual de Aprendizaje Técnico y Tecnológico	Gradual Learning Educational Model Technical and Technological	技能・技術段階教育モデル校
MP, M/P	Plan Maestro	Master Plan	マスタープラン
MW	Megawatts (=1,000 kW)	Megawatt (=1,000 kW)	メガワット (=1,000 kW)
MWh	Megawatts hora	Megawatt hour	メガワット時
NPV	Valor Presente Neto	Net Present Value	正味現在価値

略語	スペイン語表記	英語表記	日本語表記
Pre-F/S	Estudio de prefactibilidad	Pre Feasibility Study	実施可能性予備調査
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones	General Superintendency of Electricity and Telecommunications	電気通信総監督庁
TOR	Términos de Referencia	Terms of Reference	仕様書



## 1. 調査の背景

エルサルバドル国の2010年現在の電力需要量は5,650 GWhであり、エネルギー構成は水力36.8%、火力34.9%、地熱25.1%、バイオマス3.2%となっている。2026年までに電力需要は平均4.7%増加すると予想され、近年は増加する需要に対し民間投資によるディーゼル発電所が増えている。しかしながら、ディーゼル発電は燃料価格高騰の影響を受けやすいので、今後は廉価なエネルギーへの転換と、自国資源である再生可能エネルギー導入の重要性が高まっている。



出典：SIGET 電力統計（2010年6月）

図 1.1.1 電源別設備容量の変化 (2010年)

2010年に策定したエルサルバドル国国家エネルギー政策では、電源構成の多様化、省エネルギーの推進、隣国との広域電力網統合の推進等が重点課題として位置づけられている。本政策の「電源構成の多様化」の方針に沿ってエルサルバドル国政府は小水力をはじめとした再生可能エネルギーの活用促進と液化天然ガスの活用検討を施策としている。このような中、JICAにより「再生可能エネルギー国家マスタープラン策定プロジェクト」(2012年)(以下、「再生可能エネルギーMP」)が実施され、同マスタープランでリストアップされた小水力発電の事業化が望まれている。

一方で、JICAはIDBと、「再生可能エネルギー及び省エネルギーに対する協調融資スキーム」(「COREスキーム」)を締結し、中米・カリブ地域での支援連携を行っている。エルサルバドル国はCOREスキームの対象国の一つとなっている。IDBは電力セクター支援ポリシーの土台となる「セクターノート」をとりまとめる予定であり、COREスキームのパートナーであるJICAと「セクターノート」を共同で作成する事に前向きである。

エルサルバドル国における我が国技術の活用可能性を考慮すると、小水力発電に加えて省エネルギー分野も有望と考えられ、IDBの関心も高い。これらの分野においてこれから開発する優良・優先プロジェクトを検討するために必要な情報を収集する目的で、IDBと連携の上、本調査を実施することとなった。

## 2. 調査の目的

本調査業務の目的は、以下の3点である。

- 1) エルサルバドル国におけるエネルギー分野の現状と課題を整理し、セクターノートとしてまとめる。
- 2) 円借款を念頭に置いた省エネルギー及び再生可能エネルギー(小水力を想定)の事業化を検討するために必要な情報の収集・整理・分析を行う。
- 3) 2014年6月のエルサルバドル国新政権発足を見越し、エネルギーセクターにおける政策対話に資する資料を準備する。

なお、上記1)のエルサルバドル国におけるエネルギー分野の現状と課題を整理した結果は、2014年6月に発足する新政権との対話に今後活用される予定であり、エルサルバドル国政府、および本調査に関係するIDBの都合を考慮し、本報告書には含めない。

## 3. 調査全体の流れ

2013年10月半ばより2014年3月末にかけて調査を実施した。調査開始時の調査全体の流れは以下に示す通りである。調査開始時の調査全体の流れは以下に示す通りである。

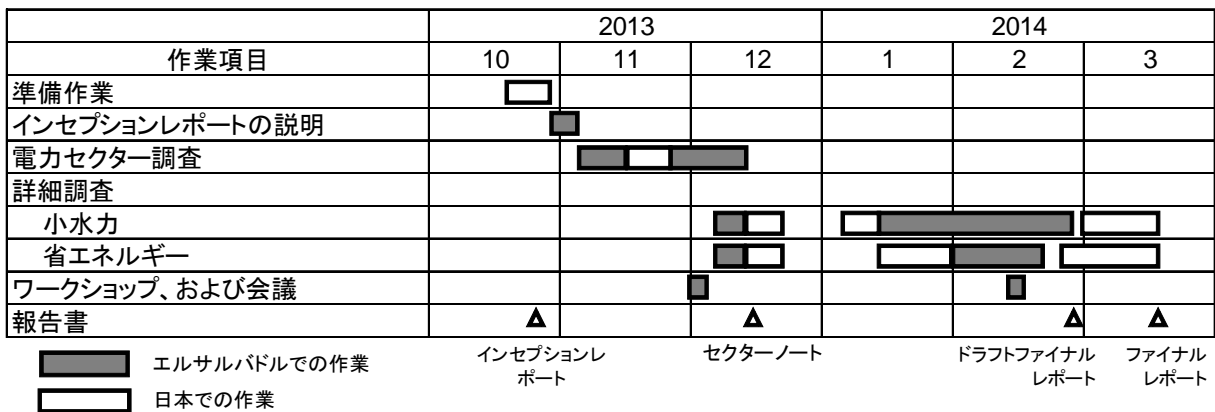


図 3.1.1 調査全体の流れ

## 4 小水力詳細調査

### 4.1 詳細調査の目的

エルサルバドル国における小水力開発は、現在まで民間主導のもと進められてきた。しかし、小水力開発は地域社会の反対などの障害により、ほとんど進んでいない状況にある。国産資源である小水力開発を円滑に進めるためには、公的部門が地域住民の要望を可能な限り汲み上げながら小水力開発のモデル事業を実施する必要がある。そのため、小水力詳細調査は公的部門が行うモデル事業となりうる地点を選定し、選定した地点の事業化について提案することを目的とする。

本調査では、まずエルサルバドル国における小水力開発の現況と課題を述べ、小水力開発に関わる関連法規と監督官庁について確認し、事業化を念頭においたポテンシャル地点の選定および詳細調査の実施、選定されたポテンシャル地点の事業化の実施方法について検討する。

### 4.2 小水力の現況と課題

#### 4.2.1 小水力の現況

##### (1) 既存の小水力発電所

電気通信総監督庁（SIGET）からの情報によれば、2014年1月現在16カ所の小水力発電所が稼働中であり、総出力は以下に示す通り15.4 MWである。

表 4.2.1 エルサルバドル国における既存の小水力発電所

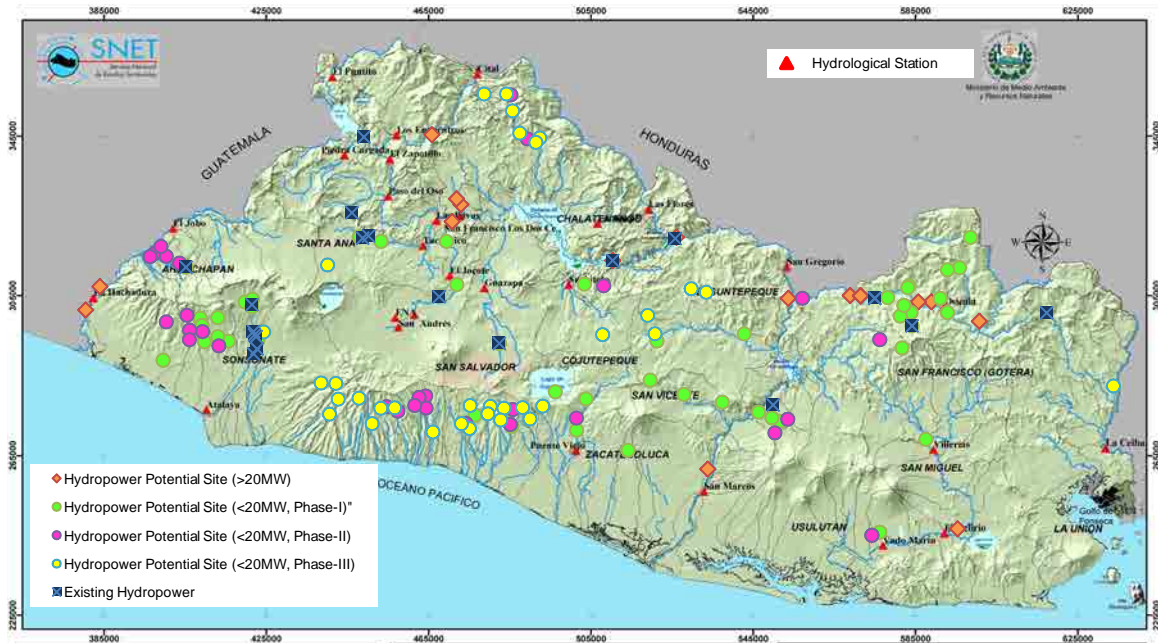
No.	Hydropower Station Central Generadora	Department Location Departamento Localización	Installed Capacity (kW)	Owner
1	Sensunapán Nahizalco	Sonsonate	2,797.50	Private
2	Papaloate	Sonsonate	2,000.00	Private
3	La Calera	Sonsonate	1,448.00	Private
4	Cucumacayán	Sonsonate	2,256.00	CECSA
5	Bululú	Sonsonate	680.00	CECSA
6	Sonsonate	Sonsonate	740.00	CECSA
7	San Luis I	Santa Ana	600.00	CECSA
8	San Luis II	Santa Ana	740.00	CECSA
9	Cutumay Camones	Santa Ana	298.00	CECSA
10	Río Sucio	La Libertad	2,500.00	CECSA
11	Milingo	San Salvador	640.00	CECSA
12	Atehuasías	Ahuachapán	600.00	CECSA
13	La Chacra	San Miguel	25.00	Private
14	Miracapa	San Miguel	34.00	Private
15	Junquillo	Morazán	18.00	Private
16	El Calambre	Morazán	58.00	Private
		Total	15,434.50	

出典：SIGET

##### (2) 小水力ポテンシャル

CNE-JICAにより2012年に策定された再生可能エネルギーマスタープランによれば、開発の可能性のあるサイト（ポテンシャルサイト）として209カ所が特定された。これらの発電容量は180.8 MWで、予想年平均発電量は756 GWhである。ほとんどのポテンシャルサイトは国の西部地域、特にアウアチャパン、ソンソナテ、ラパスの各県に位置している。これら209カ所の中から、123

カ所がマスタープランの候補プロジェクトとして選定され、以下の図と表に示す3つのフェーズに分けて実施されることになっている。



出典：再生可能エネルギーマスタープラン（CNE-JICA、2012年）

図 4.2.1 再生可能エネルギーマスタープランで選定された小水力ポテンシャル地点

表 4.2.2 小水力開発（20 MW 以下）マスタープランの概要

Fase Phase	Condiciones Conditions	Number of Projects	Potencia Potential (MW)	Energía Energy (MWh/Año)	Plant Factor	Inversión Total Investment Cost (x 1,000 US\$)	Costo/kW (US\$)	Base del Inversionista (con préstamo del Banco) Investment Base (with Bank)		
								TIR FIRR (Average) (%)	VAN NPV (Average) (x1,000 US\$)	B/C (Average)
Phase-I (2012-2017)	Under Const.,with B/D, F/S & Pre-F/S	59	103.9	436,100	48%	305,100	2,937	27.7%	4,500	1.58
Phase-II (2017-2022)	B/C >=1, P>=0.25 (MW), 50% of Potential	32	33.5	146,100	50%	92,500	2,761	29.3%	3,500	1.72
Phase-III (2022-2027)	B/C >=1, P>=0.25 (MW), 50% of Potential	32	25.3	89,200	40%	85,800	3,391	17.6%	1,400	1.33
<b>TOTAL</b>		<b>123</b>	<b>162.7</b>	<b>671,400</b>	<b>47%</b>	<b>483,400</b>	<b>2,972</b>	<b>24.7%</b>	<b>3,248</b>	<b>1.52</b>

出典：再生可能エネルギーマスタープラン（CNE-JICA、2012年）

小水力（20 MW 以下）、太陽光、太陽熱、風力、バイオマス、バイオガスなどの再生可能エネルギー源の中で、現在利用可能な技術をベースに投資コストを算定すると、マスタープランで提示されているように小水力が投資対象の第一のオプションとなる。マスタープランでは、小水力の発電コストをキロワット時あたり 10~14US セントと仮定し、小水力開発により現在の火力による発電コストをキロワット時あたり 2~8US セント下げることが期待されている。



#### 4.2.2 小水力開発の問題点

1996年に始まった電力市場の導入により、民間会社が発電事業に参入できるようになった。このため、小水力を含む発電事業が民間会社によって積極的に進められると期待された。

しかしながら、実際は初期投資コストが低く、資金回収が比較的容易と思われるディーゼルエンジン発電が大量に導入されたものの、小水力開発は期待されたほど進んでいない。

小水力開発が進んでいない理由について、既存資料のレビュー、関連機関からの聞き取りなどにより調査した結果、以下のような点が明らかとなった。

- 1) 小水力の調査に要する時間や、政府からの開発許可取得に要する時間が火力やバイオマスなどの電源に比べて長い。
- 2) 流量観測データが十分に揃っていないため、小水力の正確な発電量の把握が難しく、開発の可否を判断しにくい。
- 3) 民間会社による小水力開発の場合、地域住民との対話の機会が少なく、民間会社は地域住民が開発に期待する事項やニーズを十分に把握せず、地域住民は開発に関する情報を十分に得られない。このため、開発に対する地域住民の理解や協力を得にくい。
- 4) 開発に関する情報が漏洩し、開発に必要な土地の買い占めが行われ、用地取得が困難となる場合がある。

火力やバイオマスなどの電源の場合、発電事業者が一定区画の土地を占有し、その土地の中で発電事業を実施する。これに対して、小水力開発の場合、土地や河川水など、地域住民が既に利用している自然資源の一部を利用して発電事業を行うことが多いことから、自ずと地域住民の協力が必要となってくる。しかしながら、民間会社による開発の場合、企業としての利益を優先するあまり、地域住民との対話や地域住民のニーズの把握と開発への反映が十分に行われず、開発が円滑に進んでいないように見受けられる。

一方で、エルサルバドル国の代表的な小水力開発の民間会社である **CECSA** 社などは、地域住民との対話を適切に行い、開発を円滑に進めている。**CECSA** 社は地域住民の要望を聞き入れ、小水力開発の工事に地域住民を雇用したり、地域住民のために簡易な道路や橋などの建設を行ったりと、地域のニーズを可能な範囲で開発に反映させる良い事例を有している。(詳細は 4.11 節で述べる。)

上記のような問題点を解決し、小水力開発を円滑に進めるためには、政府をはじめとする公的セクターが積極的に小水力開発に関与し、地域住民のニーズなどを汲み上げながら開発を円滑に進めていくようなモデル事業を実施し、その事業から得られる教訓を今後の小水力開発に活かして行くことが望まれる。その際に上述の **CECSA** 社のような、あるいは他国での良い事例を参照しつつ、進めていくことが重要と思われる。

### 4.3 小水力に関わる関連法規

#### (1) 小水力開発に関わる関連法規のリスト

小水力など再生可能エネルギーに関連する法規は憲法、環境、コンセッションなど多岐に渡る。小水力開発に関わる関連法規は表 4.3.1 の通りとなる。

表 4.3.1 小水力開発に関わる関連法規

Legislation	Function
<b>&lt;Environment Issues&gt;</b>	
Constitution of the Republic of El Salvador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prescribe environmental and social issues in a general manner (Articles 36, 60, 65, 69, 101, 102, 113 and 117).</li> <li>- Article 105 states the maximum ownership area size of 245 Hectareas. This is not applicable to cooperative associations nor country community association.</li> </ul>
Environmental Law	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Articles. 16-27 and 29 refer to everything related to environmental impact assessment (EIA); Articles 62-65 are about the use of natural resources; and Article 86 contemplates all those actions considered as environmental infringements, etc.</li> </ul>
General Regulations of the Environmental Law	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prescribe that MARN is responsible for preparing the terms of reference (TOR); according to the magnitude of the activities, works or projects, the head officer must prepare the environmental impact evaluation, EIA, or not. Articles 12, 20 and 32 are on public consultation; Article 22 is on environmental classification; Article 19 is on the environmental evaluation process; Article 21 is on environmental form; Articles 23-28 are on contents of EIA and its components; and Articles 34-39 on environmental permits, finances and audit.</li> </ul>
Project Categorization According to the Environmental Law	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Present criteria to environmentally categorize projects under Articles 21, 22, etc.</li> </ul>
Irrigation and Drainage Law	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prescribe the use of water, soil, flora and fauna, mineral and energy resources, environmental sanitation and natural resources.</li> </ul>
Municipal Ordinances and Code	<ul style="list-style-type: none"> <li>- All ordinances issued by the municipality: environmental management ordinances, ordinances about specific taxes for the activity to be carried out, etc.</li> <li>- Prescribes the territorial planning of the municipality, covering forests, water, soil, flora and fauna, mineral and energy resources and environmental sanitation.</li> </ul>
Penal Code	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establish the corresponding penalties for infringements to environmental legislation</li> </ul>
<b>&lt;Power and Electricity&gt;</b>	
General Law of Electricity, SIGET	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prescribes the fundamental issues related to electricity. This law prescribes the activities on generation, transmission, distribution and commercialization of electrical energy.</li> <li>- Article 13 states that an EIA is required to obtain concession previously approved by competent authorities on this matter. Article 106.</li> </ul>
Law of the Creation of the National Energy Council, CNE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposes, requests, and contributes with corresponding organizations for the approval of energy strategies that contribute to the country's socioeconomic development in harmony with the environment. (Legislative Decree No. 404, of November 2007)</li> <li>- According the Article 5, the joint directorate is conducted by Ministry of Economy, Ministry of Housing, Ministry of Environment, Ministry of Public Works and Technical Secretary of the President.</li> </ul>
Decree 460 – Regulating Law for Awarding Concessions of Small Scale Power Generation Projects.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determines procedure for obtaining a concession in projects of capacity lower than 5MW. A natural or legal person may be awarded with more than one concessions if total power capacity is lower than 5MW.</li> </ul>
SIGET Agreement 30-E-2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technical normative for electrical interconnection and access to the transmission grid for End Users.</li> </ul>
Decree No. 462 - 2007.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tax Incentives Act to Promote Renewable Electricity Generation</li> </ul>

出典：JICA 調査団

## (2) 小水力に関わる環境カテゴリーと要求事項

小水力の開発に必要な環境面の要求事項は小水力の開発規模によって異なる。環境天然資源省によれば、開発規模による環境配慮事項は以下のように規定されている。

表 4.3.2 小水力開発に関わる環境カテゴリーと要求事項

Group	Category and Requirement
Group A	<i>Low environmental impact, which means that the holder of the project need not submit environmental documentation</i>
Group B	<i>Category 1: low potential environmental impact, which does not require the submittal of an EIA, but simple environmental study is required.</i>
	<i>Category 2: moderate or high potential environmental impact, requiring the submittal of EIA</i>

出典：JICA 調査団

小水力開発の場合、100 kW 未満の開発は Group A となり、100 kW 以上 1 MW 未満の開発は Group B の Category 1、1 MW 以上の開発は Group B の Category 2 となる。表に示す通り、Group B の Category 1 の場合、環境影響評価書を提出する必要は無く、簡易な環境影響評価書を提出すればよい。水力発電事業者への聞き取り調査によれば、Category 1 の環境評価承認の手続きには通常 2 か月から 6 か月、Group B の Category 2 は 8 か月から 10 か月必要とのことであった。

## (3) コンセッション付与の手続き

小水力開発の場合、事業者は民間・公的部門に関わらずコンセッションを取得する必要がある。コンセッションの取得手続きは以下の通りである。

- (手順 1) SIGET へ調査許可の取得申請
- (手順 2) 環境許可手続き
- (手順 3) 調査終了後、SIGET へコンセッション取得申請
- (手順 4) SIGET により申請書類のチェック後、議会へ承認依頼
- (手順 5) 議会承認後にコンセッションを付与

現在の法律では、コンセッション申請からコンセッション付与までの審査期間の期限は設けられておらず、議会の承認手続きが長くかかり、数年に亘るケースも見られる。

#### 4.4 小水力開発に関連する監督機関および省庁

小水力開発に関わる監督機関および省庁は表 4.4.1 の通りである。中でも電気通信総監督庁 (SIGET) と環境天然資源省の2つが小水力開発に深く関与している。

表 4.4.1 小水力開発に関連する監督機関および省庁

Entity	Responsibilities
Department of Public Assets Control in the Republic's Attorney General Office	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participate in the approval process of notarization.</li> <li>- Inscription of real estate acquired in the respective Real Estate Property Registry.</li> </ul>
Civil Unit of the Attorney General Office	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participation in titling procedures for real estate that have no duly registered property titles.</li> <li>- Participation in expropriation trials if necessary.</li> </ul>
Courts with Territorial Jurisdiction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participation to solve cases of dispute or conflict, when owners do not reach an agreement on the terms of indemnification of the real estate to be occupied.</li> <li>- Participation in the processes of solving legal problems on real estate</li> </ul>
National Registry Center	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The institution responsible for cadaster registry provides documentation regarding updated status of real estate, approval of plans of simple segregation, registration and disencumberment, and transference of real estate.</li> </ul>
Department of Housing and Urban Development	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction permits and work acceptance.</li> </ul>
National Energy Council (CNE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The institution responsible for establishing and promoting the energy policy and strategy on promoting renewable energy development.</li> </ul>
General Superintendence of Electricity and Telecommunications (SIGET)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The institution responsible in applying the regulations on electricity and telecommunications.</li> <li>- Implementation of the actions, contracts and operations that are necessary to comply with the objectives established by laws, regulations and other provisions that rule the sectors of electricity and telecommunications.</li> <li>- Coordinate Concessions Award</li> </ul>
Municipal Governments	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulations and development of plans and programs destined to the preservation, restoration, rational use and improvement of natural resources, according to the law.</li> <li>- Issuance of local ordinances and regulations.</li> <li>- Prepare tax rates and reforms, and propose them as laws to the Legislative Assembly.</li> <li>- Construction permits.</li> </ul>
Ministry of Environment and Natural Resources (MARN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Article 22 of the Environmental Law establishes that MARN will classify the activity, work or project, according to its magnitude and to the nature of the potential impact. With that, the type of environmental documentation that the holder must submit, technically and legally, could be determined. Thus this facilitates the EIA, understood as the process or collection of procedures that allows the state, based on such EIA, to evaluate the environmental impacts that the execution of a specific work, activity or project can cause to the environment</li> </ul>
Congress	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Legal Award of Concessions</li> </ul>
Municipalities	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Authorize permit of construction in the municipality. Determine taxes based on assets and construction budget.</li> </ul>
Communities	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participate in Public Consultation</li> </ul>

出典：JICA 調査団

## 4.5 小水力ポテンシャルの確認

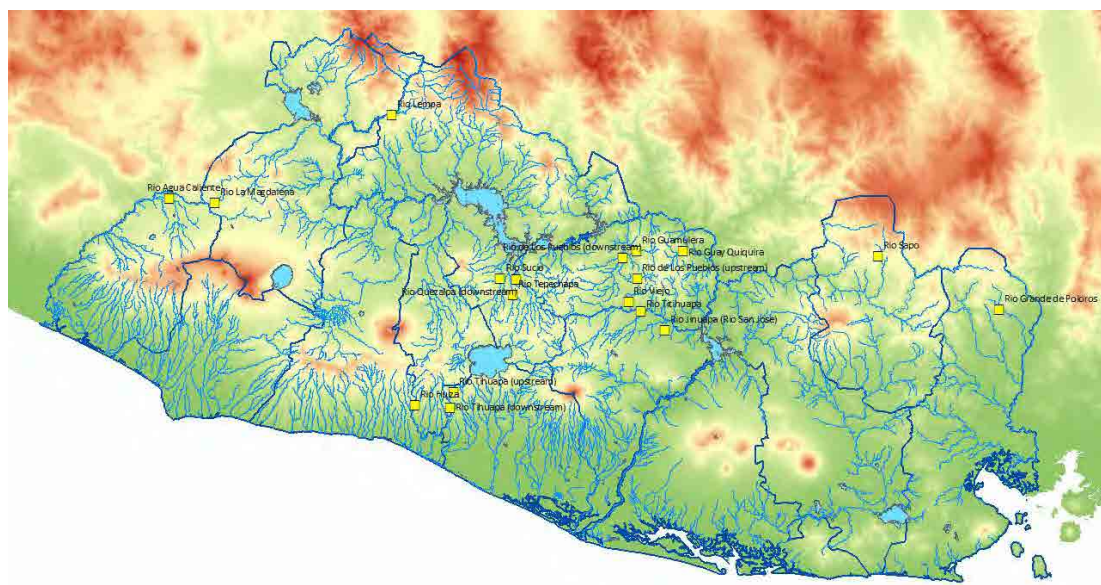
### 4.5.1 再生可能エネルギーマスタープラン調査で確認された小水力ポテンシャル

4.2.1 節で述べた通り、再生可能エネルギーマスタープラン調査では、209カ所のポテンシャル地点が確認され、そのポテンシャル開発量は180.8MWであり、ポテンシャル地点の総電力量は756GWhと推定された。これら209カ所の中から、123カ所がマスタープランの候補プロジェクトとして選定された。

### 4.5.2 机上検討による小水力ポテンシャルの確認

再生可能エネルギーマスタープランで提案されたものの中には民間の開発会社が担当している案件が多く、流域面積、流量、落差などの諸元が明確でないものが多々ある。これらの案件の諸元を明確にし、また、エルサルバドル全土の有望な小水力候補地点を流域面積、落差の観点から再度レビューする目的で、机上検討を実施した。検討はエルサルバドル全土をカバーする1/50,000縮尺の地形図を用いて行った。検討に際しては、100kW以上の出力を目安として、最低でも流域面積が40km<sup>2</sup>程度であること、開発に適切な落差として、地形図上で40m程度の落差が確保できる地点であること、の2点に留意しながら作業を実施した。

机上検討の結果、図4.5.1に示す18地点を有望開発地点として特定した。



出典：JICA 調査団

図 4.5.1 小水力ポテンシャル机上検討箇所位置図

机上検討により確認された小水力のポテンシャルは表 4.5.1 の通りである。

表 4.5.1 机上検討により確認された小水力ポテンシャル地点

No.	Project Name	Department	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Gross Head (m)	Potential (MW)	Energy (MWh/Year)	Plant Factor
1	Rio La Magdalena	Santa Ana	41	1.5	20	0.267	698	30%
2	Rio Agua Caliente	Ahuachapan	176	2.5	20	0.428	2,349	63%
3	Rio Sucio	Cuscatlan	72	2.2	50	0.965	4,419	52%
4	Rio Lempa	Chalatenango	1,105	12.3	40	4.264	24,376	65%
5	Rio de Los Pueblos (upstream)	Cabañas	40	1	40	0.365	1,501	47%
6	Rio de Los Pueblos (downstream)	Cabañas	112	3.4	10	0.291	1,333	52%
7	Rio Titihuapa	Cabañas	297	5.5	30	1.41	9,013	73%
8	Rio Jinuapa (Rio San Jose)	San Vicente	49	0.8	60	0.444	2,127	55%
9	Rio Viejo	Cabañas	25	0.5	100	0.472	2,745	66%
10	Rio Tepechapa	Cuscatlan	38	1.3	30	0.348	1,428	47%
11	Rio Quezalpa (downstream)	Cuscatlan	200	5.6	20	0.974	4,763	56%
12	Rio Sapo	Morazan	46	3	120	3.174	9,968	36%
13	Rio Grande de Poloros	La Union	45	3	110	2.898	6,408	25%
14	Rio Tihuapa (upstream)	La Paz	18	1.3	110	1.215	2,891	27%
15	Rio Tihuapa (downstream)	La Paz	35	1.7	50	0.756	2,262	34%
16	Rio Huiza	La Libertad	35	1.7	110	1.667	4,987	34%
17	Rio Guamulera	Cabañas	40	1.2	40	0.427	1,954	52%
18	Rio Guay Quiquirá	Cabañas	45.7	1.3	40	0.447	2,185	56%

出典：JICA 調査団

#### 4.6 小水力ポテンシャル地点のスクリーニング

前述の再生可能エネルギーマスタープランで提案された小水力ポテンシャル地点と、今回調査の机上検討により確認された小水力ポテンシャル地点のリストを用い、将来の円借款を見据えた候補案件を抽出した。抽出のためのスクリーニング手順は以下のとおりである。

##### (1) スクリーニング手順

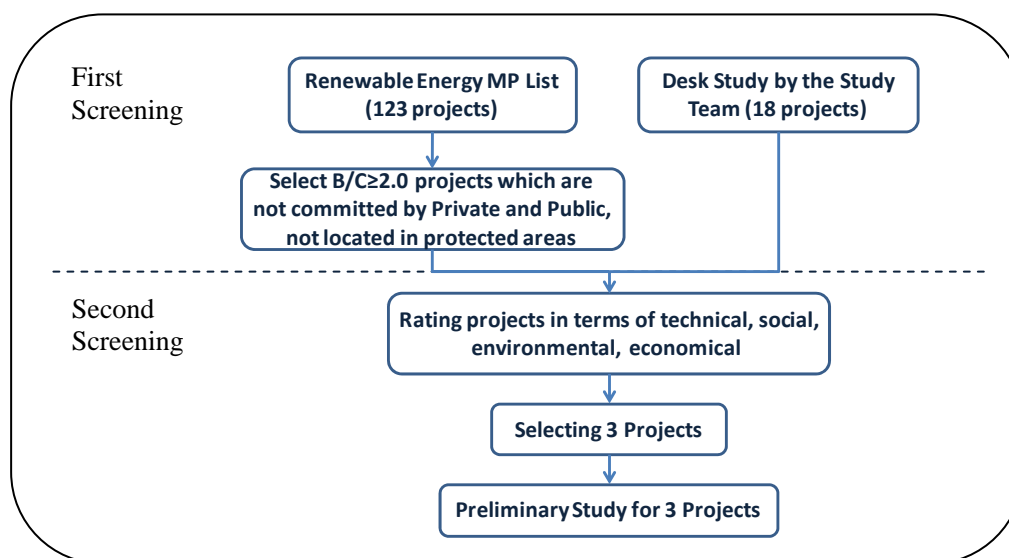
###### 第一次スクリーニング

第一次スクリーニングとしてマスタープランで提案された 123 の小水力ポテンシャル地点から、環境保護区にかかる地点、および公社や民間の開発業者が既に進めている案件を除き、B/C の大きい順に、B/C がおよそ 2.0 以上の地点を目安として、計 21 カ所を選定した。

###### 第二次スクリーニング

第二次スクリーニングでは、第一次スクリーニングで選定した 21 カ所のポテンシャル地点に、机上検討により確認された 18 カ所のポテンシャル地点を加え、合計 39 カ所を選定の対象とした。第二次スクリーニングでは、技術面、環境面、経済性により評価し、詳細調査の候補となる 3 カ所を選定した。

上述の検討の流れを図 4.6.1 に示す。

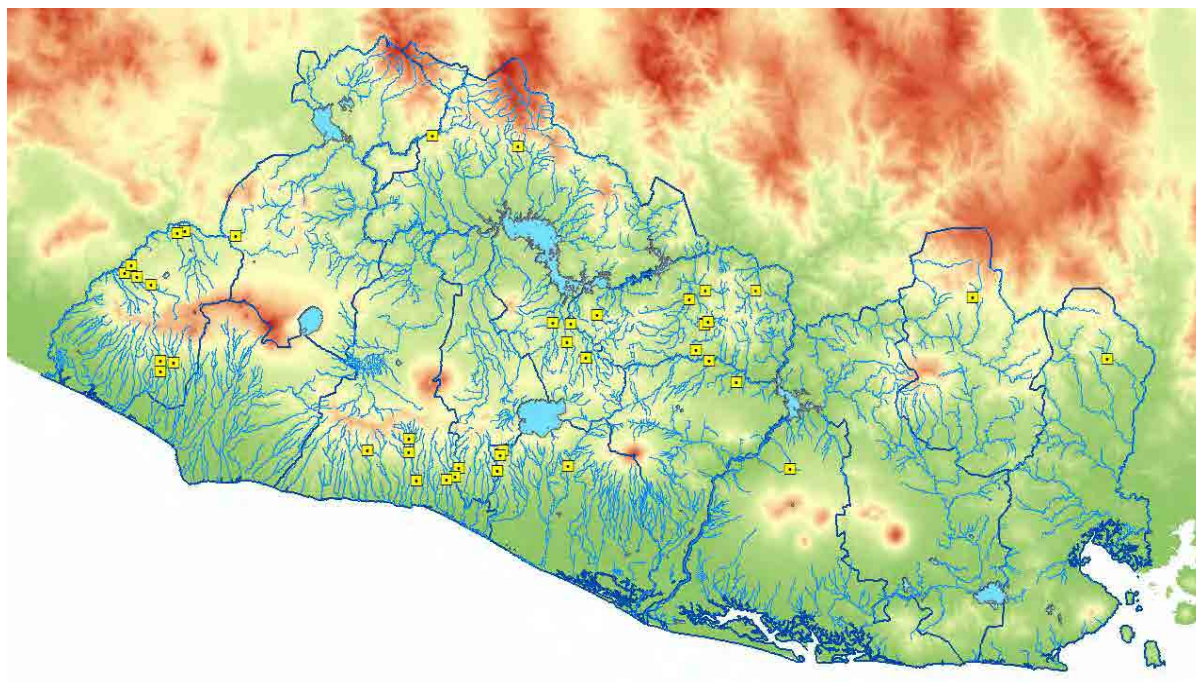


出典：JICA 調査団

図 4.6.1 小水力スクリーニングの手順

(2) 第一次スクリーニング

第一次スクリーニングで選定された39カ所の小水力ポテンシャル地点を図4.6.2に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.6.2 第一次スクリーニングで選定されたポテンシャル地点

(3) 第二次スクリーニング

第一次スクリーニングで選定された39のポテンシャル地点を、技術面、社会環境面、自然環境面、経済性の4つの基準により評価した。評価に際しては、複数の基準による評価に適した手法である多基準意思決定法（MCDA）を用いた。MCDAでは上述の4つの評価基準の下に細分化した基準を設け評価し、点数付けを行った。

各基準の下に設けられる基準としては、例えば技術面では「水文リスク」、「地質リスク」、「アクセスの困難性」などの基準を採用した。第二次スクリーニングに適用した評価基準を表4.6.1に示す。

表 4.6.1 第二次スクリーニングのための評価基準

Criteria	Technical	Full Score	Social Environment	Full Score	Natural Environment	Full Score	Economic	Full Score
1	Hydrological Risk	8.3	No. of houses affected	12.5	Length of A/R of intake	12.5	Benefit – Cost Ratio	12.5
2	Geological Risk	8.3	Water use near project	12.5	Length of A/R of Powerhouse	12.5	Project Scale	12.5
3	Access Difficulty	8.3						
Total Score	25		25		25		25	

A/R: Access Road

出典：JICA 調査団



## (4) スクリーニング結果

第一次および第二次スクリーニング結果を表 4.6.2 に示す。

表 4.6.2 ポテンシャル地点の評価結果

Technical Weighted		Social Weighted		Natural Weighted		Economic Weighted		Overall Ranking		
Ranking	Project Location	Ranking	Project Location	Ranking	Project Location	Ranking	Project Location	Score	Ranking	Project Location
1	Rio Sucio	1	Los Hervideros I	1	Rio Agua Caliente	1	Los Hervideros I	69.2	1	Los Hervideros I
2	Rio Agua Caliente	2	Rio Viejo	2	Rio de Los Pueblos (downstream)	1	Malancola	68.3	2	Rio Agua Caliente
3	Río Frío / Agua Caliente	3	Loma de San Juan	3	Rio Viejo	3	Rio Lempa	67.5	3	Copinula III
4	Los Hervideros I	4	Rio Quezalpa (downstream)	3	Copinula III	4	Rio Sapo	67.5	3	Rio Sucio
4	Copinula III	5	Rio Agua Caliente	5	Rio Sucio	5	Rio Viejo	67.5	3	Rio Viejo
6	Rio de Los Pueblos (downstream)	6	Rio Huiza	6	Rio Guay Quiquirá	5	Rio Sucio	66.7	6	Malancola
7	Malancola	6	Rio Guamulera	7	Los Hervideros I	5	Loma de San Juan	65.0	7	Loma de San Juan
8	Rio Tepechapa	8	Copinula III	7	San Juan Buenavista	5	Copinula III	64.2	8	Rio Sapo
8	Rio Quezalpa (downstream)	8	Rio Sucio	9	Rio Tepechapa	9	Rio Grande de Poloros	64.2	8	Rio de Los Pueblos (downstream)
10	San Juan Buenavista	8	Chilama III	10	Malancola	10	Rio Agua Caliente	64.2	8	Rio Quezalpa (downstream)

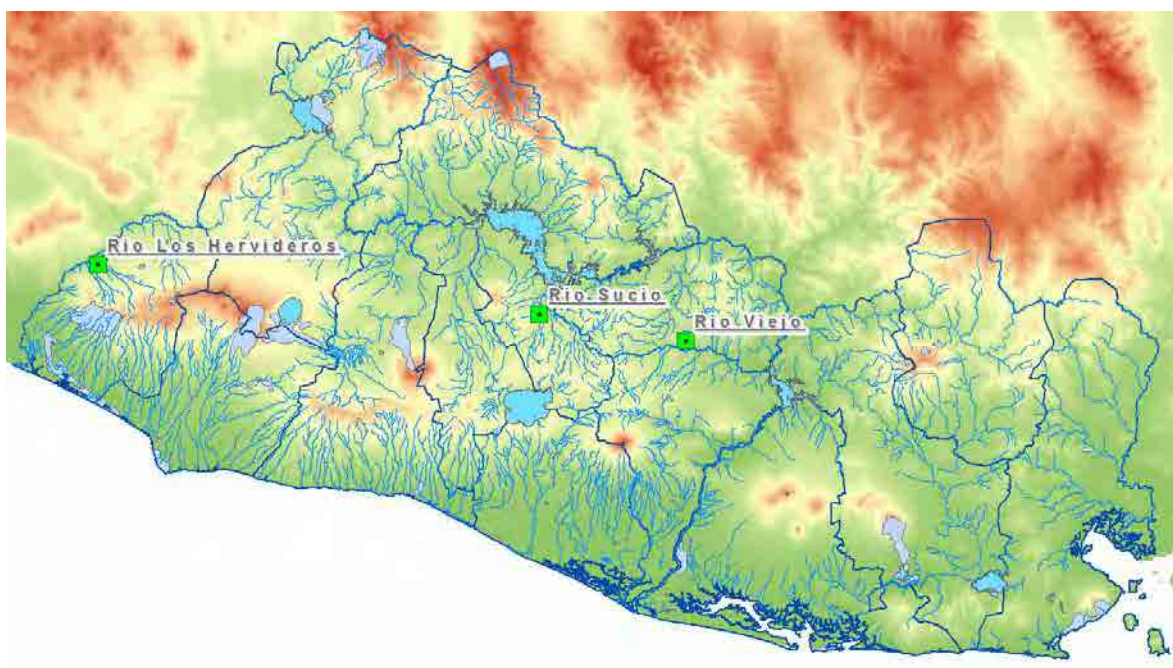
出典：JICA 調査団

表 4.6.2 の右欄の総合評価（Overall Ranking）を表 4.6.3 に抽出する。表に示す通り上位 3 つのポテンシャル地点はアウアチャパン県に集中している。これは、アウアチャパン県は雨量の豊富な山地部に位置し、地下水の流出によって河川の流況が安定しているため有望な小水力ポテンシャル地点が多く存在するためと考えられる。しかし、将来の円借款を見据えた候補案件の選定においては、候補案件は各地域の小水力開発のパイロットプロジェクトとして位置づけられることから、選定される案件は一つの地域に偏らず、地域的に分散するように配慮した。したがい、アウアチャパン県からはロスヘルビデロス（Los Hervideros I）1 件のみを選定し、残りは総合評価が 3 位で同位のスチオ川（Rio Sucio：クスカトラン県）とビエホ川（Rio Viejo：カバニャス県）のポテンシャル地点を選定した。選定された 3 つのポテンシャル地点を図 4.6.3 に示す。

表 4.6.3 総合評価結果と詳細調査地点選定結果

Overall Ranking		Department	Selected
Ranking	Project Location		
1	Los Hervideros I	Ahuachapan	✓
2	Rio Agua Caliente	Ahuachapan	
3	Copinula III	Ahuachapan	
3	Rio Sucio	Cuscatlan	✓
3	Rio Viejo	Cabañas	✓
6	Malancola	San Salvador/La Paz	
7	Loma de San Juan	San Salvador/La Paz	
8	Rio Sapo	Morazan	
8	Rio de Los Pueblos (downstream)	Cabañas	
8	Rio Quezalpa (downstream)	Cabañas/Cuscatlan	

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4.6.3 選定された3つのポテンシャル地点

#### 4.7 3つの小水力ポテンシャル地点の詳細調査

選定された3つのポテンシャル地点について、現地状況の確認と概略設計を行う詳細調査を実施した。詳細調査は現地再委託業務としてローカルコンサルタントに委託し、調査団監督のもと実施した。詳細調査の工程を図4.7.1に示す。

Work item	1st Week	2nd Week	3rd Week	4th Week
0 Collection of Data	■			
1 Field Survey (Leveling Survey, Discharge Measurement)	■	■		
2 Selection of method of hydropower generation		■		
3 Preliminary Design		■	■	
4 Cost Estimate			■	
5 Economic analysis				■
6 Preparation of Report				■

出典：JICA 調査団

図 4.7.1 3つの小水力ポテンシャル地点の詳細調査工程

4.7.1節で検討条件について述べ、4.7.2節以降で各ポテンシャル地点の詳細調査の結果を記述する。

##### 4.7.1 検討条件

詳細調査の概略設計で用いた仮定および検討条件を以下に示す。

###### (1) 取水堰

取水堰は固定堰とし、堰下流側は地質の状況に応じて副ダム式減勢工もしくはスキージャンプ式減勢工とする。

###### (2) 水車の最大使用水量

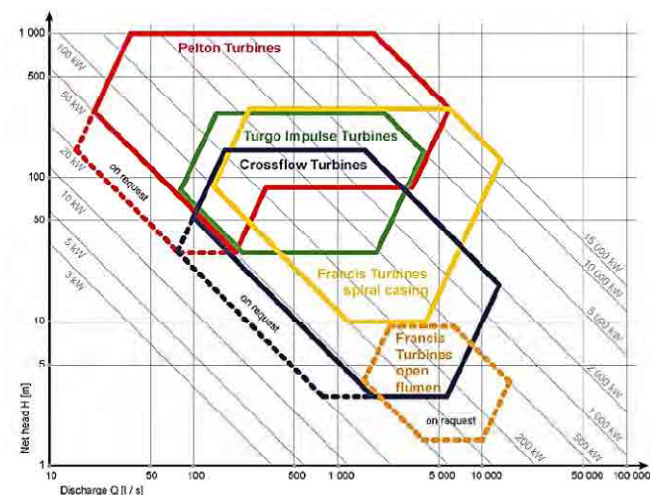
エルサルバドル国では、最大使用水量が概ね流況曲線の20%から30%の間で取られていることから、流況曲線の25%流量を最大使用水量として設定する。

###### (3) 落差

落差はヘッドタンク水位と水車中心までの差を取る。取水地点と発電所位置の標高は、水準測量で確認した。損失水頭は水路の摩擦ロスと、スクリーン通過時のロスを算定する。

###### (4) 水車形式

水車形式の選定では、以下の水車形式選定図を用い、落差と最大使用水量から水車形式を決定する。



出典：Ingendehsa S.A. de C.V.

図 4.7.2 水車形式選定図

(5) 工事費

工事費は、堰、水路、ヘッドタンクなど中南米での経験値から得られるサイズと費用の関係を基に算出する。配電線の費用は 20,000 US\$/km とする。

(6) 財務的経済評価

プロジェクトの財務評価では、プロジェクトの評価期間を 50 年とし、融資条件は、金利 8%、返済猶予期間 2 年、猶予期間後の返済期間 10 年、とした。売電価格は、2008 年から 2013 年における配電会社 (CLESA) の売電価格平均値 (0.167 US\$/kWh) から、配電会社のマージンを差し引いた値として 0.15 US\$/kWh を用い、年率 3% の増加を見込んだ。維持運転費は、0.35 US\$/MWh を見込み、年率 2% の増加を見込んだ。所得税は 11 年目から 30% の税率で発生する。B/C の算定では、10% の割引率を見込んだ。

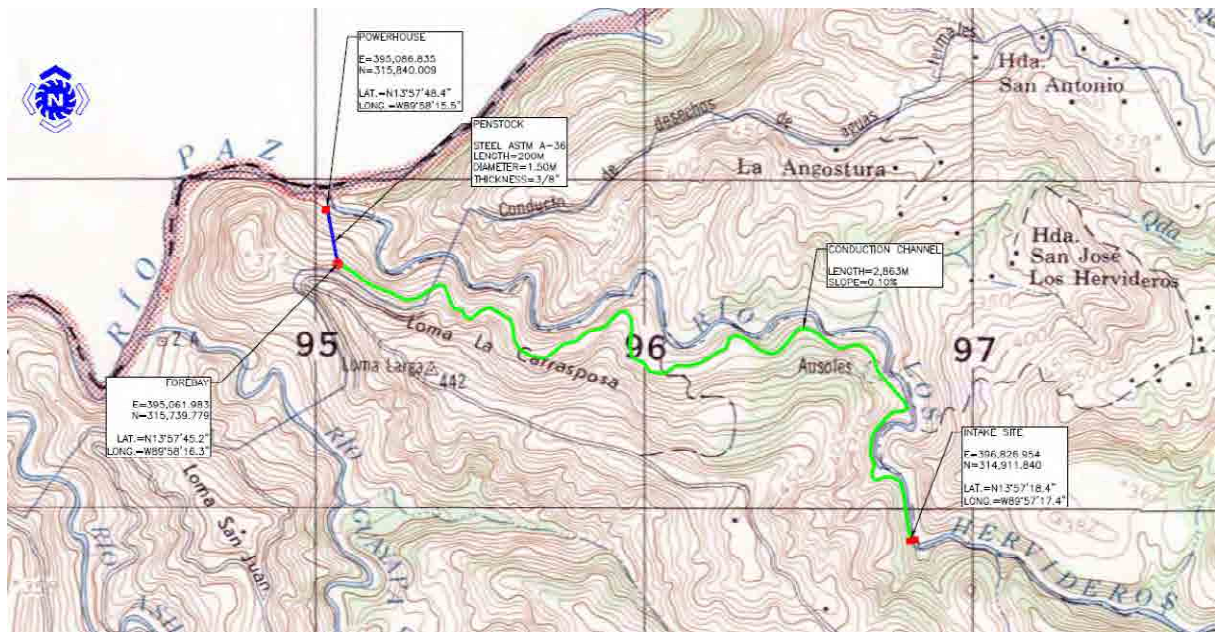
4.7.2 ロスヘルビデロス I 水力 (ロスヘルビデロス川)

(1) 位置

ロスヘルビデロス I 水力は、アウアチャパン県のアウアチャパン市とタクバ市の境界を流れるロスヘルビデロス川に位置し、発電所の位置はロスヘルビデロス川とグアテマラとの国境のラパス川との合流点より上流 100m に位置する。

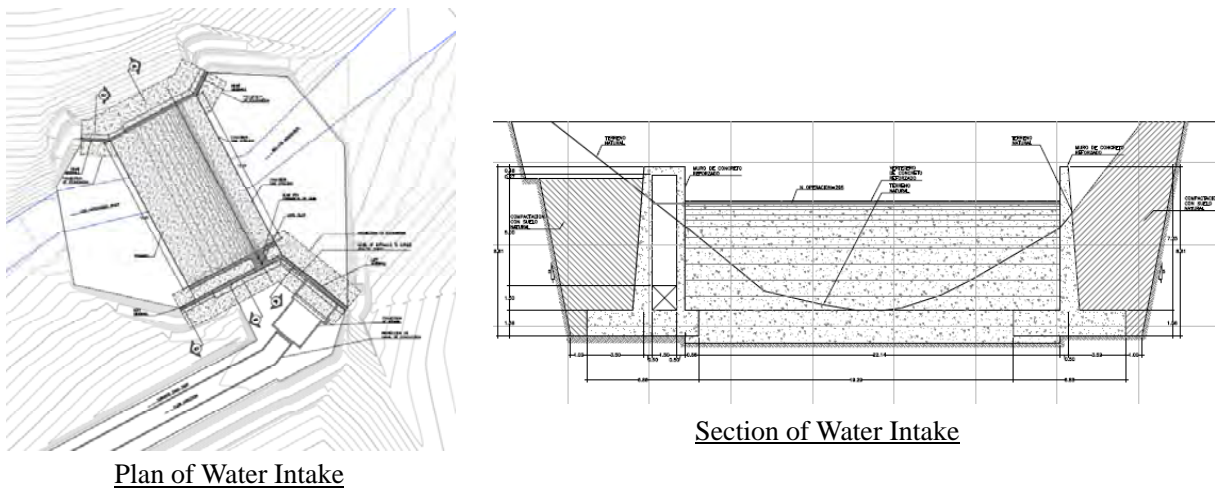
(2) プロジェクトのレイアウト

ロスヘルビデロス I 水力は流込み式の水力発電であり、幅 9m、高さ 5m の取水堰からロスヘルビデロス川の水を 2,863m の導水路でヘッドタンクまで導水する。ヘッドタンクからは直径 1.5m、長さ 200m の鉄管により発電所まで導水し、フランシス水車を用いて発電した後、10m 長さの放水路からロスヘルビデロス川へ放水する。全体平面図を図 4.7.2 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.7.2 ロスヘルビデロス I 全体平面図



出典：JICA 調査団

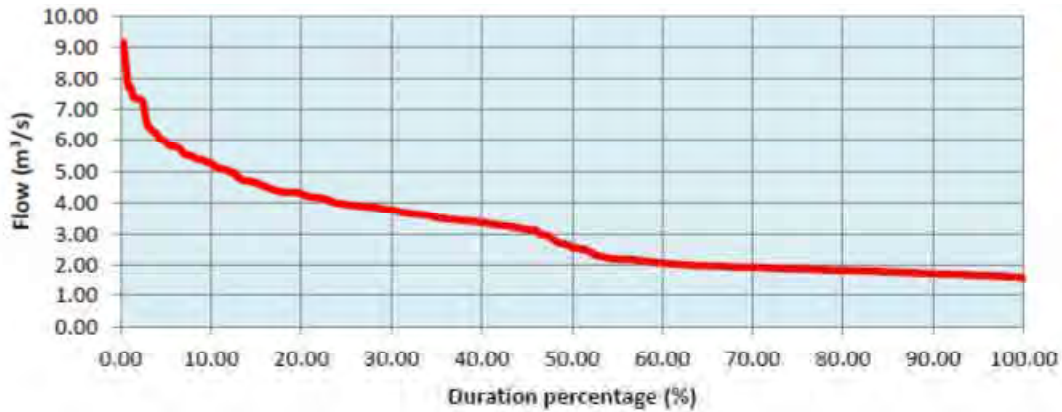
図 4.7.3 ロスヘルビデロス I 取水堰平面・横断面図

(3) 地質状況

取水堰地点の地質は風化した火成岩で、上流では現在不活発な断層の痕跡が見られた。発電所位置の地形は急峻な谷を形成しているが、地滑りは見られず、洪水に起因する河岸浸食等は見られなかった。

(4) 水文状況

ロスヘルビデロス川には流量観測所が無いいため、近傍のリオグランデセンスナパン川パパロアテ水力発電所の水文調査で推定された 1965 年から 2004 年の日流量を用いた。ロスヘルビデロス計画取水堰地点（流域面積 95.94 km<sup>2</sup>）とパパロアテ水力取水堰（流域面積 24.04 km<sup>2</sup>）の流域面積比（3.99 = 95.94 km<sup>2</sup> / 24.04 km<sup>2</sup>）を用いて流量を換算し、流況曲線を作成した。ロスヘルビデロス川の流況曲線を以下に示す。



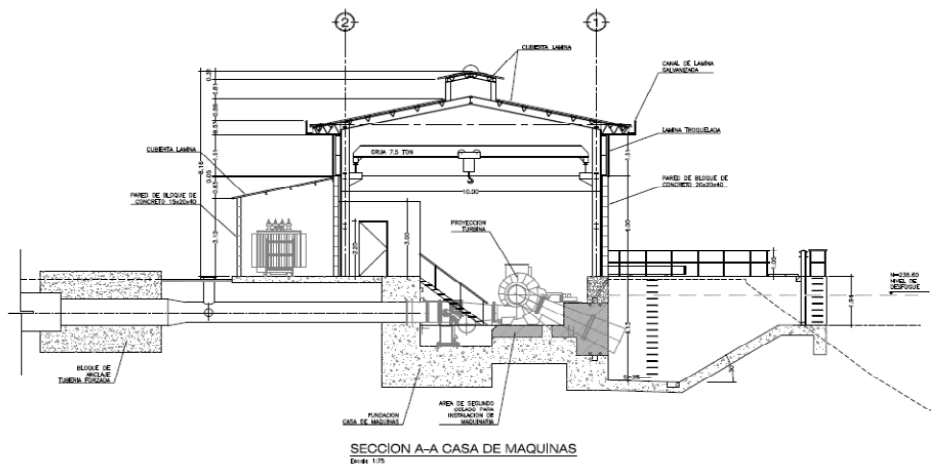
出典：JICA 調査団

図 4.7.4 ロスヘルビデロス I 取水堰地点流況曲線

JICA 調査団は乾季の 2014 年 2 月 4 日に流量観測を実施し、その結果流量は  $2.38 \text{ m}^3/\text{s}$  であった。流況曲線から得られる 90% の濁水流量 ( $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ) より多い結果となった。従い、実際の流量は推定した流況曲線の流量より多い可能性がある。

(5) 設備容量

ロスヘルビデロス I 水力の設備容量は概略設計の結果、設計流量  $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$  と有効落差  $54.59 \text{ m}$  および水車効率から  $1,870 \text{ kW}$  となっている。水車は横軸フランシス水車で 2 台を想定している。年間発生電力量は  $9,177,706 \text{ kWh}$  と推定され、設備利用率は 56% となる。



Profile of Powerhouse

出典：JICA 調査団

図 4.7.5 ロスヘルビデロス I 水力発電所縦断面図

## (6) 財務評価

ロスヘルビデロス I 水力の設備容量 1,870 kW と、年間発生電力量 9,177,706 kWh、設備利用率 56% より、ロスヘルビデロス I 水力の財務指標は以下の通り推定される。

- o 建設費 US\$ 7,900,000
- o プロジェクト IRR 24.81%
- o B/C 2.85
- o kW 当たり建設単価 US\$ 4,225

## (7) まとめ

予備調査により得られたプロジェクト諸元は表 4.7.1 の通りとなる。

## (8) 実施にあたっての留意点

ロスヘルビデロス I 水力実施にあたっての留意点を以下に挙げる。

## 1) 配電線建設のための用地取得

ロスヘルビデロス I 水力で発生した電力は 13.2 kV の高圧配電線に接続する必要があるが、ロスヘルビデロス I 水力付近には 13.2 kV の配電線が敷設されていない。よって、本予備調査では、近傍のタクバ市(Tacuba)の市街地まで配電線を建設し、配電用変電所に接続する事を仮定した。その場合、配電線の建設に要する用地取得の延長は 11km に及び、その用地取得が必要となる。

表 4.7.1 ロスヘルビデロス I 水力詳細調査結果概要

Item	Unit	Value/Name
Project Name		Los Hervideros I
River Name		Rio Los Hervideros
Catchment Area	sq.km	95.94
Average Discharge	cms	3.10
Dam height	m	5.00
Waterway length	m	2,900
Turbine Type		Francis with horizontal axis
Capacity of Turbine	kW	935
Nos. of unit	unit	2.00
Total Capacity	kW	1870
Annual Energy	kWh	9,177,706
Design Discharge per unit	cms	2.00
Effective Head	m	55
Transmission Line	m	11.00
Generator Type		Synchronous, Triphasic
Project Cost	US\$	7,900,000
Project IRR	%	24.8
Repayment Year	year	5.7

出典：JICA 調査団

## 2) 地域住民の水利用

ロスヘルビデロス川は地域住民による水汲み、水浴び、洗濯などに利用されており、事業実施の際には、地域住民の水利用の場を提供するような配慮が推奨される。

(9) 現地写真

ロスヘルビデロス I の取水堰計画地点と発電所計画地点の現地写真を以下に示す。



出典：JICA 調査団



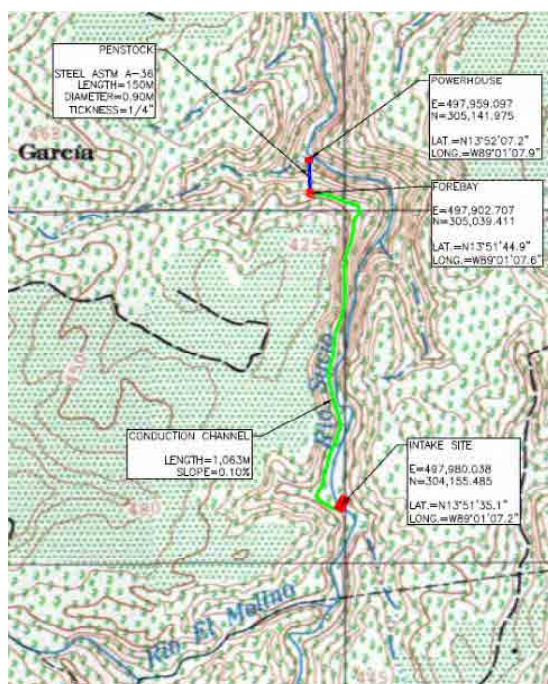
### 4.7.3 エルマンザノ水力（スチオ川）

#### (1) 位置

エルマンザノ水力はクスカトラン県のスチトト市の南へ約 8 km に位置し、セロン・グランデ貯水池へ流入するスチオ川の流入点より 11 km 上流の地点にある。

#### (2) プロジェクトのレイアウト

エルマンザノ水力は流込み式の水力発電であり、幅 10m、高さ 2.5m の堰によりスチオ川の水を、長さ 1,063m の導水路でヘッドタンクまで導水する。ヘッドタンクからは直径 0.90m、長さ 150m の鉄管で発電所まで導水し、クロスフロー水車を用いて発電した後、長さ 10m の放水路からスチオ川へ放水する。全体平面図を図 4.7.6 に示す。

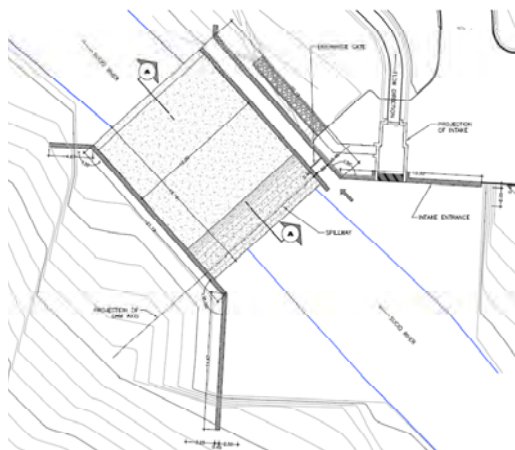


出典：JICA 調査団

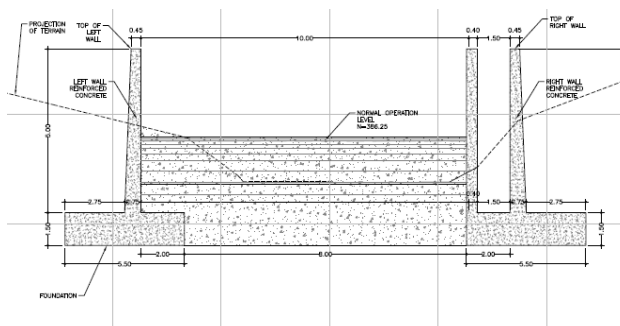
図 4.7.6 エルマンザノ水力全体平面図

#### (3) 地質状況

取水堰計画地点の地質は安山岩質の花崗岩で、石英を含みところどころ変色している。地点の地質は安定しており、一部で凝灰岩が見られる。発電所計画地点の地形は、テラス台地で、急峻な谷を形成しており、地質は凝灰岩である。周辺の谷では小規模の地滑りも見られたが、構造物のレイアウトには特に影響は無いと思われる。



Plan of Water Intake



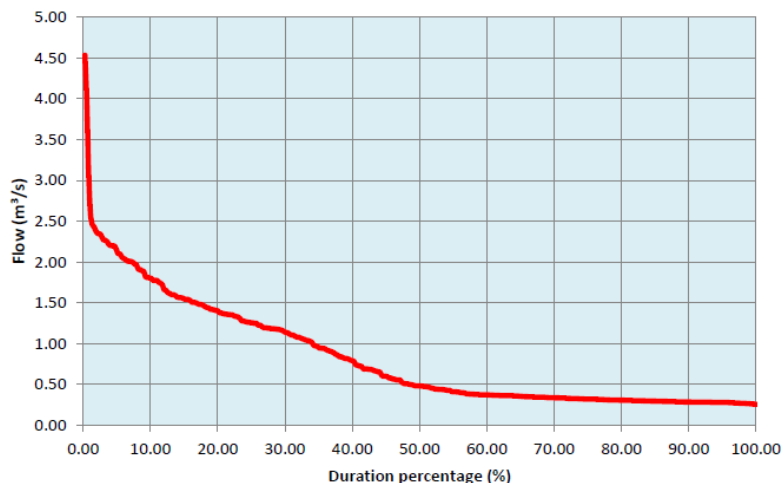
Section of Water Intake

出典：JICA 調査団

図 4.7.7 エルマンザノ水力取水堰平面・縦断図

(4) 水文状況

エルマンザノ水力の流量の推定のため、エルマンザノ水力から 8km 下流に位置するケザラパ川のスチトト観測所の 12 年間（1972 年から 1981 年、ならびに 1993 年から 1994 年）の日流量データを用いた。エルマンザノ水力取水堰計画地点の流量は、取水堰計画地点（流域面積 73.68 km<sup>2</sup>）とスチトト観測所（流域面積 407 km<sup>2</sup>）との流域面積比（0.18 = 73.68 km<sup>2</sup> / 407 km<sup>2</sup>）を用いて、スチトトの観測所の流量を換算して求めた。エルマンザノ水力の流況曲線を図 4.7.8 に示す。



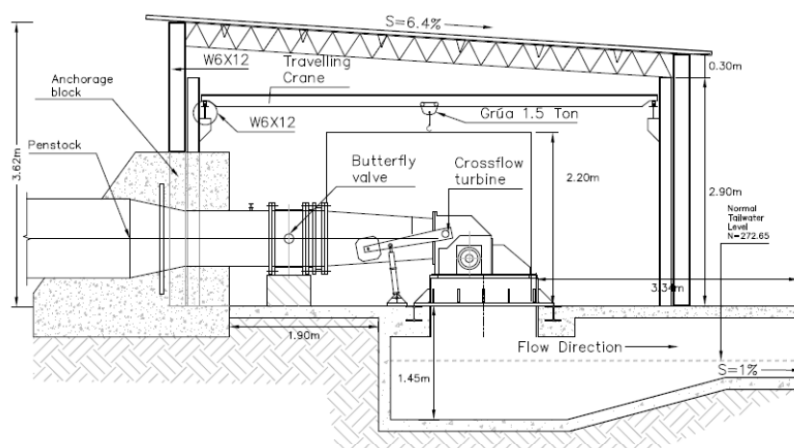
出典：JICA 調査団

図 4.7.8 エルマンザノ水力取水堰地点流況曲線

JICA 調査団は乾季の 2014 年 2 月 10 日に流量観測を実施し、その結果観測流量は 0.3 m<sup>3</sup>/s であった。流況曲線から得られる 90%の渇水流量（0.28 m<sup>3</sup>/s）とほぼ同様の値となった。従い、本詳細調査で推定された流況曲線は妥当なものと考えられる。

## (5) 設備容量

エルマンザノプロジェクトの設備容量は設計流量  $1.25\text{m}^3/\text{s}$  と有効落差  $66.07\text{m}$  および水車効率から  $664\text{ kW}$  と設定した。水車はクロスフロー水車で1台を想定している。年間発生電力量は  $2,223,247\text{ kWh}$  と推定され、設備利用率は  $38\%$  となる。



Profile of Powerhouse

出典：JICA 調査団

図 4.7.9 エルマンザノ水力発電所縦断面図

## (6) 財務評価

エルマンザノ水力の設備容量  $664\text{ kW}$  と、年間発生電力量  $2,223,247\text{ kWh}$ 、設備利用率  $38\%$  より、エルマンザノプロジェクトの財務指標は以下の通り推定される。

- 建設費 US\$ 2,400,000
- プロジェクト IRR 10.01%
- B/C 1.00
- kW 当たり建設単価 US\$ 3,614

## (7) まとめ

予備調査により得られたプロジェクト諸元は表 4.7.2 の通りとなる。

## (8) 実施にあたっての留意点

エルマンザノ水力実施にあたっての留意点を以下に挙げる。

## 1) 取水堰の基礎地盤

エルマンザノ水力の取水堰計画地点には河床砂礫の堆積が見られ、事業の実施に際しては堆積厚をボーリング調査などで確認し、基礎として適切な地質であるか評価を行い、設計に反映するよう配慮が必要である。

表 4.7.2 エルマンザノ水力諸元

Item	Unit	Value/Name
Project Name		El Manzano
River Name		Rio Sucio
Catchment Area	sq.km	73.68
Average Discharge	cms	0.83
Dam height	m	2.50
Waterway length	m	1,100
Turbine Type		Crossflow
Capacity of Turbine	kW	664
Nos. of unit	unit	1.00
Total Capacity	kW	1870
Annual Energy	kWh	2,223,247
Design Discharge per unit	cms	1.25
Effective Head	M	67.00
Transmission Line	M	4.00
Generator Type		Synchronous, Triphasic
Project Cost	US\$	2,400,000
Project IRR	%	10.0
Repayment Year	year	7.2

出典：JICA 調査団

## 2) 発電所へのアクセス

発電所計画地点は急峻な谷底にあるため、工事用道路は急傾斜地に設ける必要がある。本予備調査では、工事用道路の検討は行っていないため、事業実施の際には当該地区の地質を考慮した適切な設計上の配慮が必要である。

## 3) 計画取水堰および発電所付近の土地利用

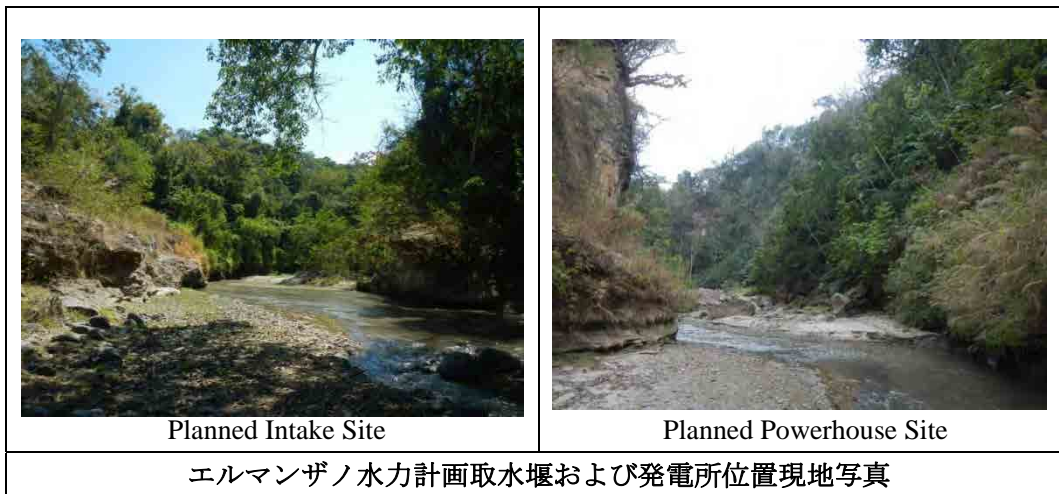
取水堰計画地点近傍には畑地が確認されたため、その畑地の用地取得が必要になる。また、計画発電所への工事用道路建設時に、周辺の畑地に道路がかかるため、用地取得が必要となる。

## 4) 財務的実現可能性

エルマンザノ水力の IRR は、ほぼ 10% で財務的にみてプロジェクトの実現可能性は高いとは言えない。実施時には、流量観測を実施し流量を確定の上、経済・財務計算を行い、実現可能性を確認する必要がある。

(9) 現地写真

エルマンザノプロジェクトの取水堰計画地点と、発電所計画位置の現地写真を以下に示す。



出典：JICA 調査団

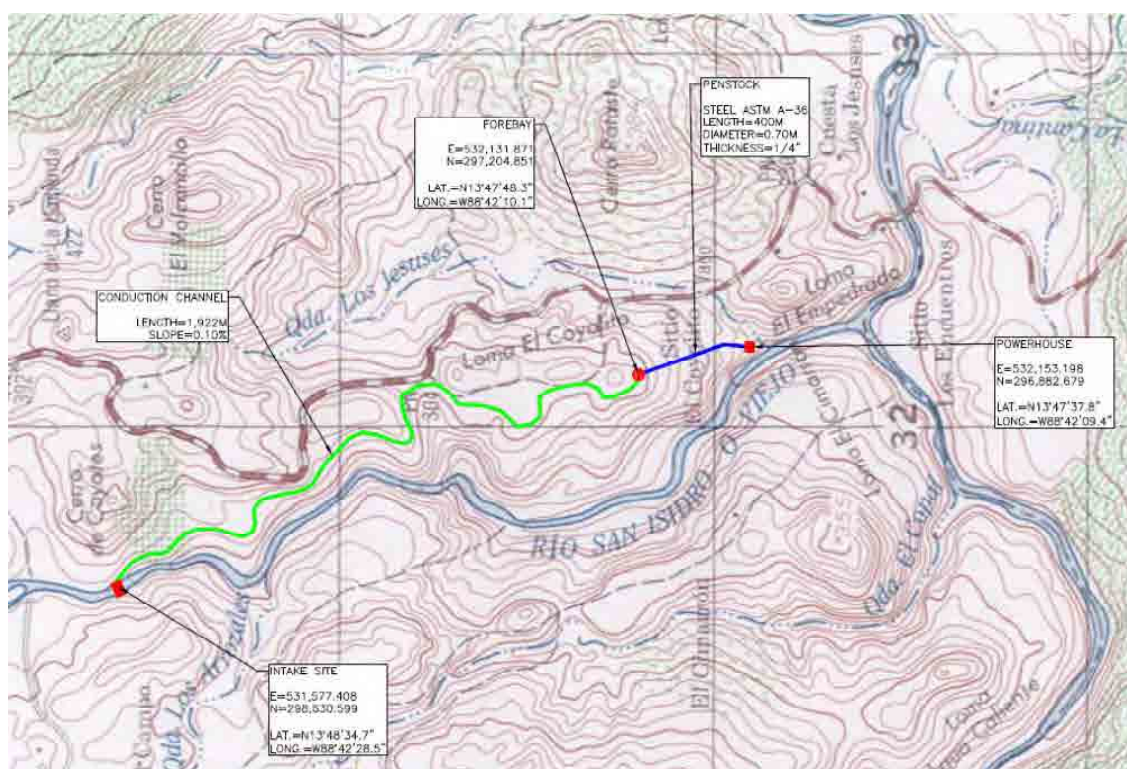
#### 4.7.4 ロスコヨテス水力（ビエホ川）

##### (1) 位置

ロスコヨテス水力はティティファパ川とその支川ビエホ川との合流点から約 3km 上流の地点にあり、カバニャス県のサンイシドロ市の市街地から南へ約 3km の位置にある。

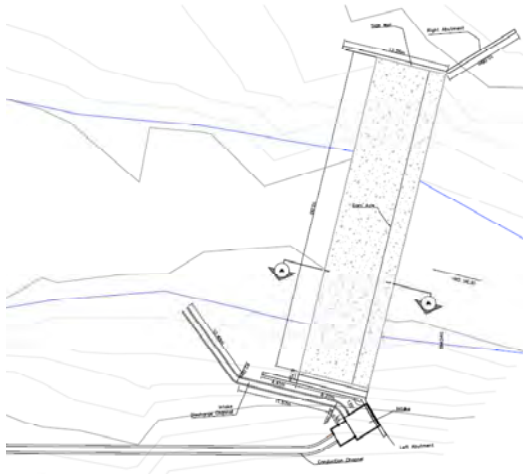
##### (2) プロジェクトのレイアウト

ロスコヨテス水力は流込み式の水力発電であり、幅 10m、高さ 2.5m の取水堰からロスコヨテス川の水を長さ 1,922m の導水路でヘッドタンクまで導水する。ヘッドタンクからは直径 0.7m、長さ 400m の鉄管により発電所まで導水し、ペルトン水車を用いて発電した後、10m 長さの放水路からビエホ川へ放水する。全体平面図を図 4.7.10 に示す。

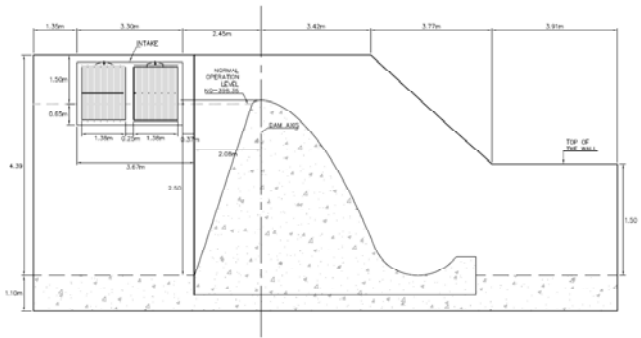


出典：JICA 調査団

図 4.7.10 ロスコヨテス水力全体平面図



Plan of Water Intake



Profile of Water Intake

出典：JICA 調査団

図 4.7.11 取水堰平面および縦断図

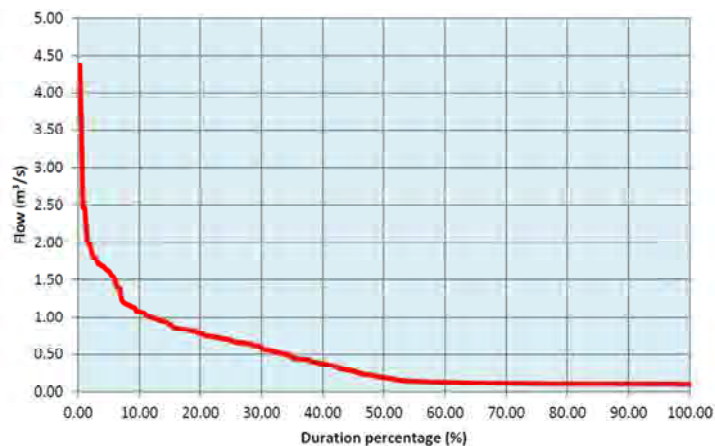
### (3) 地質状況

取水堰計画地点は、安山岩で亀裂の間には石英が詰まっている。岩盤の表面は川の水による長年の浸食作用と風化により穴が多くあいているが、岩盤は安定しており小水力用取水堰の基礎に適している。取水堰計画地点では、地滑り等は見られなかった。

発電所計画地点では、地滑りは確認されず、斜面は安定している。洪水による浸食等の影響は見られず、発電所計画地点上流 100m の地点では斜面からの落石が見られたが、発電所計画地点に影響は無いと考えられる。

### (4) 水文状況

ロスコヨテス水力の流量の推定のため、取水堰計画位置から 3km 下流に位置するティティフアパ川のバドガルシア観測所の 1971 年から 1979 年の 9 年間の日流量を用いた。ロスコヨテス取水堰地点の流量は、バドガルシア観測所（流域面積 559 km<sup>2</sup>）と取水堰計画地点（流域面積 28.79 km<sup>2</sup>）との流域面積比（ $0.052 = 28.79 / 559$ ）から換算して求めた。



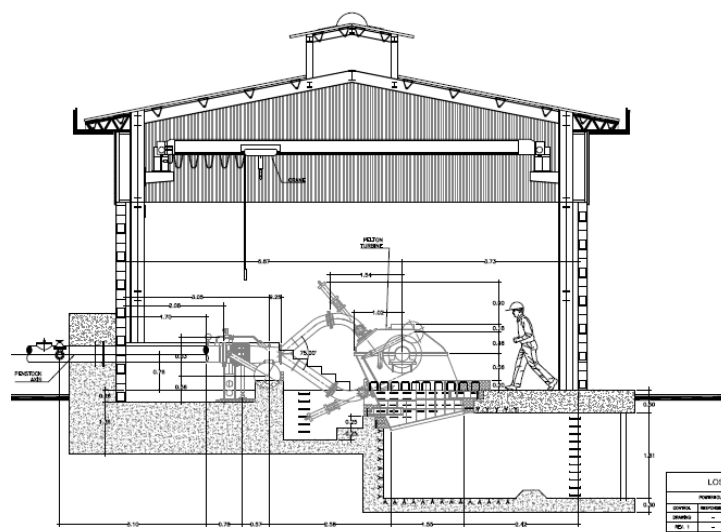
出典：JICA 調査団

図 4.7.12 ロスコヨテス水力計画取水堰地点流況曲線

なお、JICA 調査団は乾季の 2014 年 2 月 10 日に流量観測を実施し、その結果流量は  $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$  であった。流況曲線から得られる 90%の湧水流量 ( $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) に比べると 30%程しかなく、実際の流量はかなり少ないことが判明した。

#### (5) 設備容量

ロスコヨテス水力の設備容量は設計流量  $0.70 \text{ m}^3/\text{s}$  と有効落差 122.10m および水車効率から 687 kW と設定した。水車はペルトン水車で 1 台を想定している。年間発生電力量は 1,771,104 kWh と推定され、設備利用率は 29%となる。



Profile of Powerhouse

出典：JICA 調査団

図 4.7.13 ロスコヨテスプロジェクト発電所縦断図

#### (6) 財務評価

ロスコヨテス水力の設備容量 687 kW と、年間発生電力量 1,771,104 kWh、設備利用率 29%より、ロスコヨテス水力の財務指標は以下の通り推定される。

- 建設費 US\$ 2,700,000
- プロジェクト IRR 1.2%
- B/C 0.33
- kW 当たり建設単価 US\$ 3,943

#### (7) まとめ

予備調査により得られたプロジェクト諸元は表 4.7.3 の通りとなる。

#### (8) 実施にあたっての留意点

ロスコヨテス水力実施にあたっての留意点を以下に挙げる。

##### 1) 乾季流量の極端な低下

現地調査ではロスコヨテス水力の乾季流量は、机上検討で想定された流量よりかなり少ないことが確認された（想定： $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ 、実際の流量： $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ ）。ロスコヨテス水力上流域には幹線道路



が横断しており、道路沿いに民家が密集しているため、表流水が道路により遮断され、一部は生活用水もしくは灌漑用水として利用されている可能性がある。乾季流量が極端に少ないことから、実際には年間発生電力量は今回推定値よりさらに低くなり、IRR も本調査で推定される 1.2%よりさらに低下すると考えられる。そのため、経済性の面で実現可能とは言えず、本案件を実施することは困難と考えられる。

表 4.7.3 ロスコヨテス水力諸元

Item	Unit	Value/Name
Project Name		Los Coyotes
River Name		Rio Viejo
Catchment Area	sq.km	28.79
Average Discharge	cms	0.46
Dam height	m	2.50
Waterway length	m	1,900
Turbine Type		Pelton
Capacity of Turbine	kW	687
Nos. of unit	unit	1.00
Total Capacity	kW	687
Annual Energy	kWh	1,771,104
Design Discharge per unit	cms	0.70
Effective Head	m	123.00
Transmission Line	m	6.00
Generator Type		Synchronous, Triphasic
Project Cost	US\$	2,700,000
Project IRR	%	1.2
Repayment Year	year	10.1

出典: JICA調査団

## (9) 現地写真

ロスコヨテス水力の取水堰計画地点と、発電所計画位置の現地写真を以下に示す。



出典: JICA 調査団

#### 4.8 CECSA 所有の小水力候補案件

エルサルバドル国側が実施した既存調査情報をもとに小水力開発の候補案件を検討するため、JICA 調査団は CECSA から計画中の4つの小水力開発案件の F/S 調査報告書を受領した。CECSA から提供された4つの調査報告書のプロジェクト位置を図 4.8.1 に示す。



29

出典：CECSA

図 4.8.1 CECSA 計画中の小水力開発地点

入手した4つの F/S 報告書をレビューした結果、サブヨ水力とアカフアパ水力の2つのプロジェクトは、代替案が比較検討されているが、最終的に採用された案が提示されておらず、F/S 調査として未完であることが判明した。また、エルチョレロン水力は、プロジェクトの諸元は示されているが、プロジェクトの平面図や縦断図など基本的なレイアウトも不明瞭であり調査内容が不十分であることが判明した。このため、当該3案件は詳細調査として取り上げない事とした。

サンルイス III 水力は F/S 調査として、地質評価が行われていないなどの多少の不備があるものの、最終案の諸元や基本的なレイアウトが明確に示されており、短期的な F/S の見直しを行えば有望な案件となることが考えられるため、事業化候補案件として取り上げる事とした。

ただし、CECSA の情報提供は現地調査終了直前であり、本来であれば、JICA 調査団が現地踏査を実施し既存の調査内容の妥当性を確認する必要があった。しかし、時間的な制約から現地調査を実施していないため、今後事業化を検討する際にはコンサルタントにより現地踏査を実施し、調査報告書の内容の妥当性を検証する必要がある。

以下に、CECSA から入手した情報のうち、最も有望と考えられるサンルイス III 水力について概要を述べる。

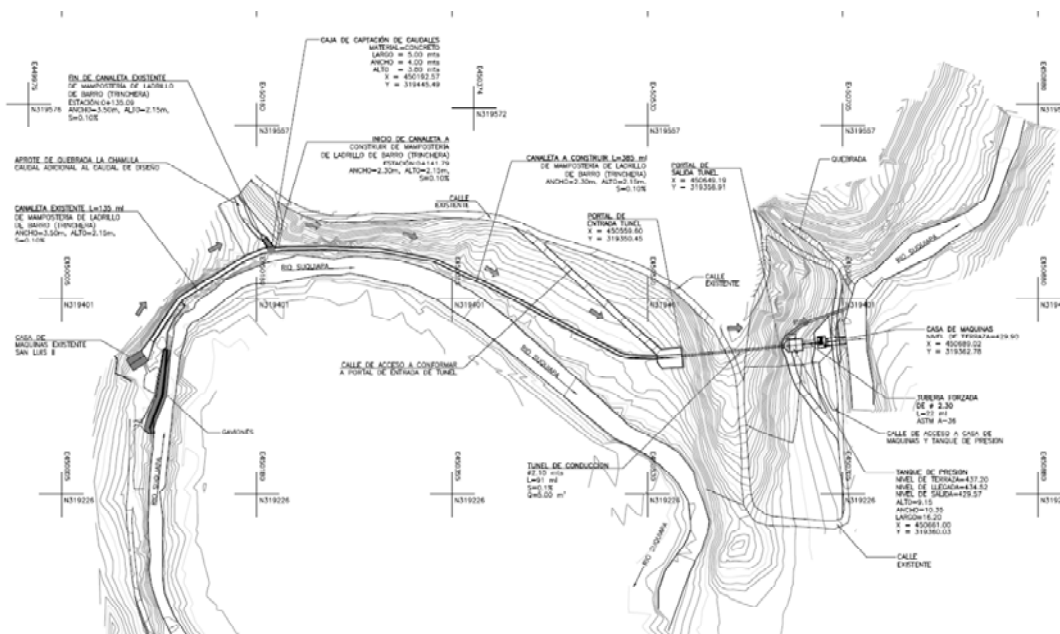
#### 4.8.1 サンルイス III 水力

##### (1) プロジェクト位置

サンルイス III 水力は、スキアパ川にある既設のサンルイス II 水力発電所の直下流に位置する流れ込み式の水力発電計画である。発電所はサンタアナ県のナンシンテペケ郡に計画されている。

##### (2) プロジェクトレイアウト

サンルイス III 水力は、既設のサンルイス II 水力で発電に使用された水量を取水し、385m の開水路と 91m のトンネル水路によりヘッドタンクまで導水する。上流発電所で使用された水量を再び利用するため、取水堰は不要となっている。ヘッドタンクからは直径 2.30m、長さ 22m の鉄管で発電所まで導水し、クロスフロー水車を用いて発電した後、長さ 16m の放水路でスキアパ川に放水する。



出典：CECSA

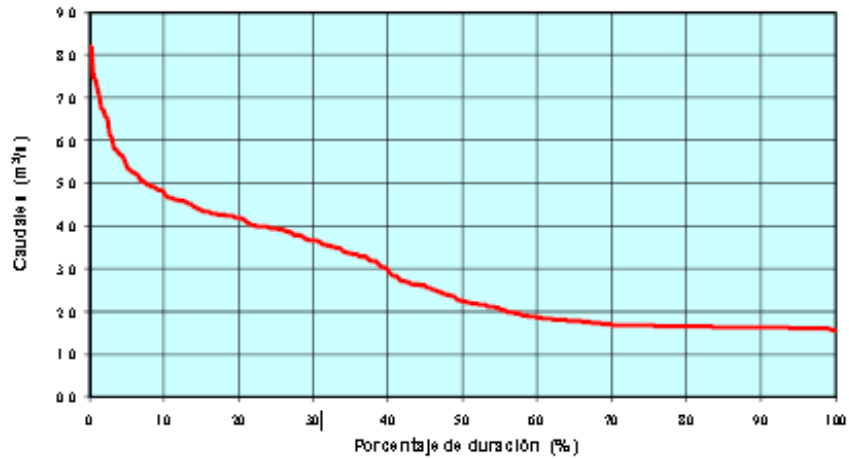
図 4.8.2 サンルイス III 水力全体平面図

##### (3) 地質状況

F/S 報告書には地質状況について記載がない。導水路の開水路とトンネル水路区間地質が不明であり、地質が不明な中トンネルを計画するのはリスクが高い。次ステージの調査では、地質調査を、導水路区間、発電所位置について実施する必要がある。

##### (4) 水文状況

流域面積は165.47km<sup>2</sup>で、流域平均雨量は1,646mmとされている。水文解析によりスキアパ川のタカチコ水位観測所（流域面積308 km<sup>2</sup>）の1967年から1986年と2001年から2007年までの合計25年間の実測流量資料から、流域面積比を用いてサンルイスIII水力計画取水堰地点の流量を算出している。河川の平均流量は2.86m<sup>3</sup>/sである。既存調査で推定された流況曲線を以下に示す。



出典：CECSA

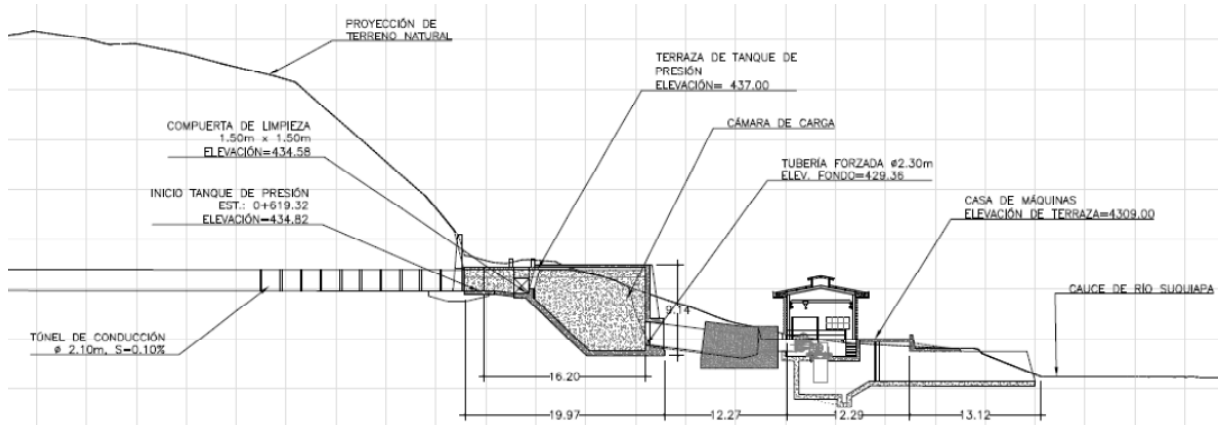
図 4.8.3 サンルイス III 水力計画地点流況曲線

(5) 設備容量

サンルイス III 水力の設備容量は、設計流量 5.0m<sup>3</sup>/s、総落差 9.63m と水車効率より 405 kW としている。水車の形式はクロスフロー水車で台数は 1 台である。発電所縦断面図および平面図を図 4.8.4 および図 4.8.5 に示す。

(6) 財務評価

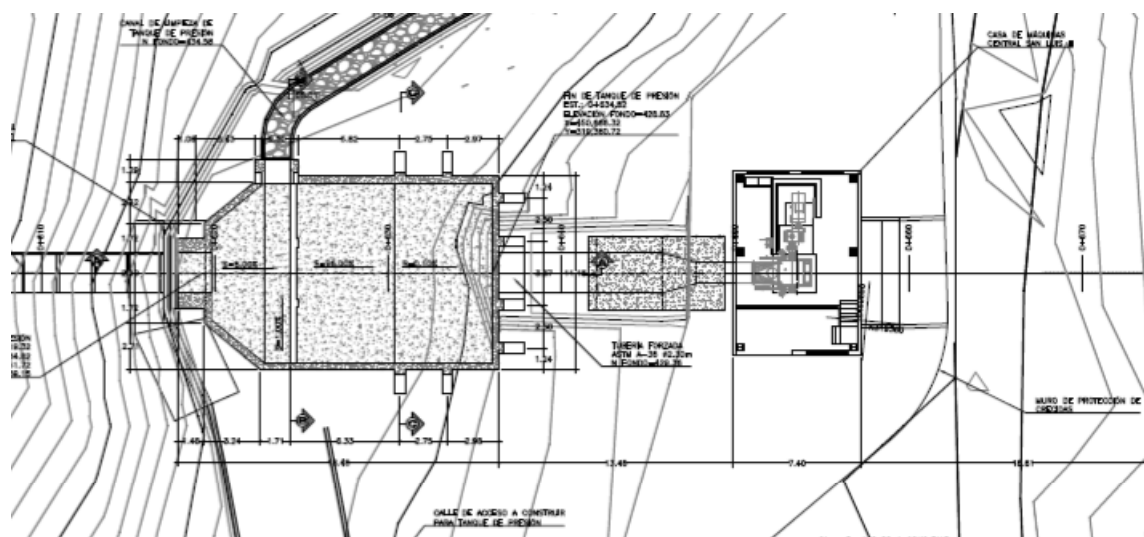
サンルイス III の建設費は 1,400,000US\$ で、kW 当たりの建設単価は 3,457 US\$/kW、IRR は 19.99% となる。



Profile of Powerhouse

出典：CECSA

図 4.8.4 サンルイス III 水力発電所縦断面図



Plan of Powerhouse

出典：CECSA

図 4.8.5 サンルイス III 水力発電所平面図

(7) まとめ

サンルイス III 水力の諸元を以下の通りである。

表 4.8.1 サンルイス III 水力諸元

Project Name	Unit	Value/Name
Project Name		San Luis III
River Name		Suquiapa
Catchment Area	sq.km	165.47
Average Discharge	cms	5.0
Dam height	m	-
Waterway length	m	626
Turbine Type		Crossflow
Capacity of Turbine	kW	405
Nos. of unit	unit	2
Annual Energy	kWh	1,804,626
Design Discharge	cms	5
Effective Head	m	9.63
Transmission Line	m	1
Generator Type		Synchronous, 3phase
Project Cost	US\$	1,400,000
Project IRR	%	19.9
Repayment Year	Year	5.2

出典：CECSA

(8) 実施にあたっての留意点

サンルイス III 水力実施にあたっての留意点を述べる。

## 1) 地質調査の実施

F/S 報告書には、地質調査結果がまとめられていない。計画地点の地質状況は F/S 段階では必ず確認されるべきであり、今後事業が実施される場合には、先ず地質現地踏査を実施し、現在の発電所などの計画位置が適切かどうか判断する必要がある。

## 2) 導水路形状の再検討

サンルイス III 水力は、トンネル導水路が計画されているが、トンネル導水路区間（約 90m）はやせ尾根であり、坑口の設計・施工の難易が高いことが想定される。従い、トンネル区間を迂回し開水路とした方が現実的である。事業実施の際には、地質調査を実施し、導水路の線形を見直す必要がある。

## 4.9 ANDA 施設内の小水力

## (1) ANDA の小水力ポテンシャル

ANDA は、水道取水施設および配水施設の落差を用いた小水力の計画を有しており、JICA 調査団は ANDA が計画中の小水力のリストを入手した。ANDA が計画中の小水力ポテンシャルのリストを表 4.9.1 に示す。

表 4.9.1 ANDA 小水力ポテンシャル地点リスト

Item	Place	Diameter (inch)	Design Discharge (L/S)	Gross Head (m)	Plant Capacity (kW)
1	T-10 (Santa Tecla A)	36	590	30	157
2	Buenos Aires	30	350	60	185
3	T11 (Santa Tecla B)	24	80	65	45
4	Tanque Corinto	10	55	56	27
5	Planta Chilama	10	80	35	25
6	Río Yamabal		800	20	140
7	Río Apuniam		1000	30	475
8	Río Suquiapa (El Jardín)		3000	9	250
9	Río Amulunca		1000	30	400
10	Río El Rosario		1000	150	1000
11	Río Atehuasias		1500	70	825
2	Las Pavas (río Lempa)		11000	10	1000

出典：ANDA

上表の内、1 番から 5 番は水道配水施設内に計画されたもので、6 番から 12 番は水道用の取水設備に付随して計画された小水力である。水道施設に小水力を設ける利点は、1)既設の構造物に設置するため、社会・自然環境への影響が小さいこと、2) 取水後の水を利用するため、コンセッションを取得する必要がないこと、である。

ANDA は上表に示す小水力ポテンシャル地点の実施のため国際援助機関からの融資を探しているが、まだ構想の段階にあり、事業化のためには更に詳細なプレ FS および FS 調査を実施し、事業規模を確定の上、優先順位の高いものからの実施していくことが要である。

## (2) ANDA の小水力ポテンシャルの財務性

表 4.9.1 に示した ANDA 小水力ポテンシャル地点に対し、日本の出力当たりの建設単価（10,000 US\$/kW）を適用した場合の返済期間を試算した。一般に水道施設の小水力は、水道施設の機能を損なわないような設計・施工上の配慮が必要になるため、一般の小水力より割高になる。

試算では、3つの稼働率（80%、70%、60%）を想定し、売電単価を0.15 US\$/kWhとし、金利は考慮しなかった。試算結果を表4.9.2に示す。

表 4.9.2 ANDA 小水力地点概略返済期間検討

No	Site	Installed Capacity (kW)	Investment Cost (1000 US\$)	Repayment Year (i=0%)		
				P.F. = 80%	P.F. = 70%	P.F. = 60%
1	T-10 (Santa Tecla A)	157	1,840	11.1	12.7	14.9
2	Buenos Aires	185	2,160	11.1	12.7	14.8
3	T11 (Santa Tecla B)	45	550	11.6	13.3	15.5
4	Tanque Corinto	27	340	12.0	13.7	16.0
5	Planta Chilama	25	320	12.2	13.9	16.2
6	Río Yamabal	140	1,640	11.1	12.7	14.9
7	Río Apuniam	475	5,490	11.0	12.6	14.7
8	Río Suquiapa (El Jardín)	250	2,900	11.0	12.6	14.7
9	Río Amulunca	400	4,630	11.0	12.6	14.7
10	Río El Rosario	1000	11,530	11.0	12.5	14.6
11	Río Atehuasias	825	9,520	11.0	12.5	14.6
12	Las Pavas (río Lempa)	1000	5,770	5.5	6.3	7.3

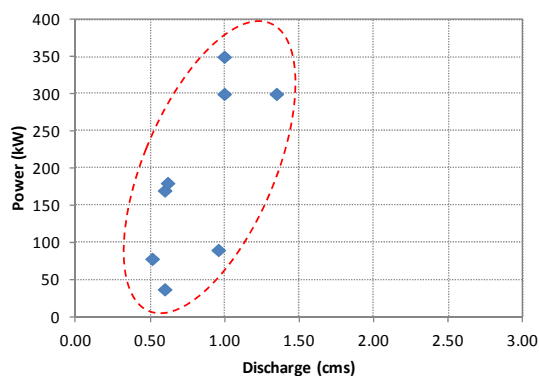
P.F. = Plant Factor,  
出典：JICA調査団

上表に示す通り、買電単価0.15 US\$/kWhでは返済期間が10年を超える。現状では、ANDAは電力会社から0.15 US\$/kWh～0.16 US\$/kWhで電力を調達しており、買電単価が0.20 US\$/kWhにならないと10年未満とならない。小水力のプレF/S調査では、この財務的実現可能性について確認が必要となる。

(3) 水道施設の小水力開発例

① 日本における事例

日本における水道施設の小水力は、図 4.9.1 に示す通り、数十 kW から数百 kW の範囲で実績がある。日本の場合一般的に出力当たりの建設費は 10,000US\$/kW となる。例として、富山市と京都市の水処理施設に設置された小水力の事例を示す。



出典：東京発電株式会社ウェブサイト掲載の情報を基にJICA調査団作成  
**図 4.9.1 水道施設内小水力実績（設計流量と出力の関係）**

<p>富山市水道施設に設置された小水力設備                      落差：2.51 m                      流量：1.157 m<sup>3</sup>/s                      出力：20 kW</p>	<p>京都市水処理施設に設置された小水力設備                      落差：11.76 m                      流量：0.9 m<sup>3</sup>/s                      出力：75 kW</p>

出典：http://www.jetro.go.jp/mexico/topics/20100708514-topics/09\_Toshiba.pdf



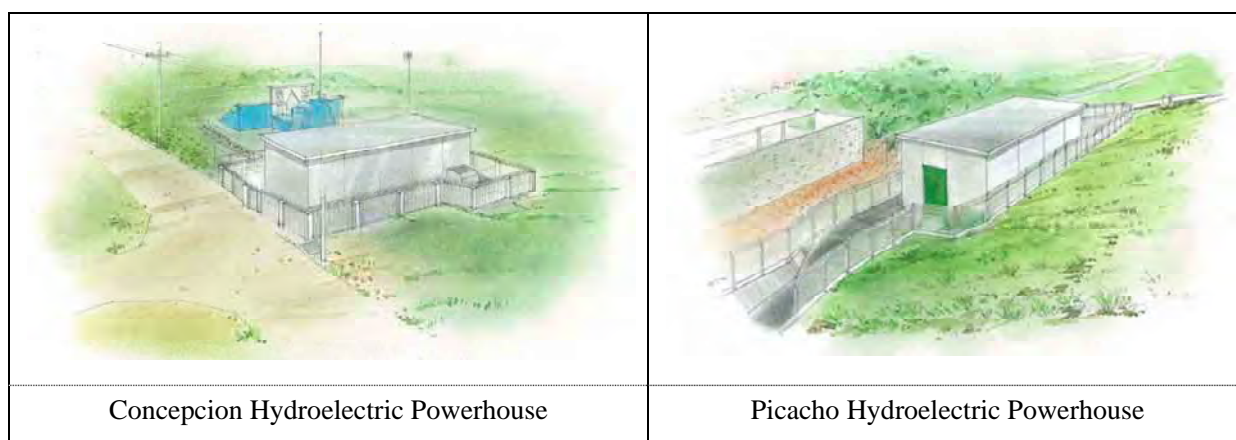
## ② ホンジュラスにおける事例

エルサルバドル国の隣国ホンジュラス国では、既存の浄水設備 2 ヶ所に水車・発電機を設置して、設備内の未利用落差を利用した小水力事業が JICA の無償資金協力（「ホンジュラス国テグシガルパ市内給水施設小水力導入計画」）で 2013 年から進められている。予定されている 2 ヶ所の小水力の諸元を表 4.9.3 に示す。なお、事業費は公開されていない。

表 4.9.3 ホンジュラス国テグシガルパ市内給水施設小水力導入計画諸元

Power Plant Name		Unit	Concepcion Hydroelectric	Picacho Hydroelectric Power
Maximum power discharge		m <sup>3</sup> /s	1.5	0.3
Maximum gross head		m	42.06	91.44
Effective head for rated power		m	27.46	86.16
Installed capacity		kW	250	180
Estimated annual generated energy		MWh	1,650	520
Headrace	Type	-	Buried pipe	-
	Material	-	Ductile cast-iron	-
	Diameter	-	700 mm	-
	Length	m	2,973	-
Powerhouse	Type	-	Open type	Open type
	Structure	-	Single-story reinforced concrete structure	Single-story reinforced concrete structure
	Height	m	7.00	7.00
	Area	m <sup>2</sup>	174 m <sup>2</sup> (8.50 x 20.50 m)	174 m <sup>2</sup> (8.50 x 20.50 m)

出典：「ホンジュラス共和国テグシガルパ給水施設小水力発電導入計画、準備調査報告書」2013年3月、JICA 同準備報告書に掲載されている発電所イメージ図を以下に示す。



出典：「ホンジュラス共和国テグシガルパ給水施設小水力発電導入計画、準備調査報告書」2013年3月、JICA

## 4.10 小水力詳細調査の結果

JICA 調査団によって実施された 3 つの詳細調査の結果と CECSA から入手した F/S 調査内容の要約を表 4.10.1 に示す。

表 4.10.1 小水力調査結果要約

Item	Unit	Project Name			
		Los Hervideros I	El Manzano	Los Coyotes	San Luis III
River Name		Rio Los Hervideros	Rio Sucio	Rio Viejo	Rio Suquiapa
Catchment Area	sq.km	95.94	73.68	28.79	165.47
Average Discharge	cms	3.10	0.83	0.46	5.0
Dam height	m	5.00	2.50	2.50	-
Waterway length	m	2,900	1,100	1,900	626
Turbine Type		Francis	Crossflow	Pelton	Crossflow
Capacity of Turbine	kW	935	664	687	405
Nos. of unit	unit	2.00	1.00	1.00	2.0
Total Capacity	kW	1870	1870	687	810
Annual Energy	kWh	9,177,706	2,223,247	1,771,104	1,804,626
Design Discharge per unit	cms	2.00	1.25	0.70	5
Effective Head	m	55	67.00	123.00	9.63
Transmission Line	km	11.00	4.00	6.00	1
Generator Type		Synchronous, 3phase	Synchronous, 3phase	Synchronous, 3phase	Synchronous, 3phase
Project Cost	US\$	7,900,000	2,400,000	2,700,000	1,400,000
Project IRR	%	24.8	10.0	1.2	19.9
Repayment Year	year	5.7	7.2	10.1	5.2

\*Assuming selling electricity at 0.15US\$/kWh, zero interest rate.

出典：JICA 調査団、CECSA

上表の内、ロスヘルビデロス I 水力とサンルイス III 水力が以下の理由により有望案件として推奨される。

- 1) ロスヘルビデロス I は乾季においても流量が豊富であり、経済性も良好である。設備容量が 1 MW を超えるため、EIA が必要となる。プロジェクトが位置するタクバ市はエルサルバドル国の中でも特に電化率が低く市全体の電化率は 49% と推定されている。また、タクバ市はエルサルバドル国で貧困層が特に多いとされる 100 の市に含まれる。もし、この事業が進められれば、電化率の向上、供給電力品質の向上という 2 次的な効果が期待され、かつ本事業により地域開発が実現されれば、小水力開発のモデル事業としてよい成功例になり得る。
- 2) サンルイス III は既設の発電所の直下に位置し、既設発電所が発電で使用した水を利用して発電を行うため取水堰が不要となる。取水堰が不要となるため、建設費が安くなり経済性の高い事業となっている。CECSA は既に事業のために土地を取得しており、用地取得で問題になることはない。事業が位置するコアテペケ市はエルサルバドル国で貧困層の多い 100 の市に含まれ、電化率も 65% とエルサルバドル国平均の 93% に比べてかなり低い数値となっている。本事業が実施されれば、ロスヘルビデロス I と同じく電化率の向上、供給電力品質の向上と言った 2 次的効果が期待される。また、地域開発がうまく行けば、小水力開発のモデル事業として良い成功例になり得る。

表 4.10.1 に示した案件のうち、エルマンザノ水力は堆砂と基礎地盤の地質リスクが予見され、かつ経済性も良くないため、上述の 2 つの事業に比べ慎重に検討する必要がある。ロスコヨテス水力は、乾季の水量が著しく減少するため経済性が低くなり、実施は困難と考える。

## 4.11 事業実施の方法

### 4.11.1 事業実施の優先順位

4.7 節から 4.9 節にかけて記述した小水力詳細調査の検討結果から、以下の優先順位で事業を実施することを提案する。

#### 優先順位 1: ロスヘルビデロス I 水力

ロスヘルビデロス I 水力は経済性が高く、また地域開発および地方電化への貢献も期待できる。

#### 優先順位 2: サンルイス III

サンルイス III の経済性は高いが、実施にあたっては地質の確認および現状の導水路の線形を見直す必要がある。

#### 優先順位 3: エルマンザノ水力

エルマンザノ水力は地質リスクが予見されるため、地質調査によって地質リスクの度合いを確認し、事業実施可能性を判断することを提案する。ただし、プロジェクトの経済性も良くないため、地域への貢献など 2 次的な効果を確認し、実施については慎重に判断する必要がある。



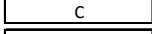



#### 優先順位 4: ANDA 小水力および CECSA 小水力計画の F/S の実施

ANDA から入手した 12 ヶ所のポテンシャル地点は、ANDA 敷地内での実施案件のためコンセッションの問題や用地取得の問題がない。、まずプレ F/S を実施しスクリーニングの上、有望案件を抽出し F/S 調査を実施することを提案する。また、CECSA の F/S 調査地点も用地取得の問題がないことから、F/S の内容をレビューの上、必要な追加調査を実施し、経済性が確認された案件について詳細設計へと進めることを推奨する。

現時点で想定される各案件の実施スケジュールを図 4.11.1 に示す。

Priority	Name of Project	Identified by	Year													
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024			
Priority 1	Los Hervideros I	JICA Study Team		F/S	D/D	C	P									
Priority 2	San Luis III	CECSA			Review F/S	D/D	C	P								
Priority 3	El Manzano	JICA Study Team				F/S	D/D	C	P							
Priority 4	El Chorreron	CECSA					F/S	D/D	C	P						
	Zapuyo	CECSA					F/S	D/D	C	P						
	Acahuapa	CECSA					F/S	D/D	C	P						
	ANDA Small Hydropower	ANDA					Pre F/S	F/S	D/D	P						

Note:

	F/S or Pre F/S or Review F/S
	D/D
	Concession Application
	Procurement for Construction
	Construction
	Land Acquisition

出典：JICA 調査団

図 4.11.1 想定される実施スケジュール

上図の実施スケジュールでは、2015年に次段階の調査を開始し、F/S および D/D をそれぞれ1年かかると仮定した。サンルイス III 水力は、既存の F/S 調査を完成させるため半年間の F/S レビューとし、地質調査など追加調査を行うことを想定した。用地取得は詳細設計後のコンセッション取得手続きと施工業者調達期間に平行して行うとした。本調査で有望と考えられるロスヘルビデロス I 水力は調達や用地取得等に支障が無ければ2020年の運転開始、用地取得の必要のないサンルイス III は2019年末の運転開始と想定された。ANDAの小水力については、ポテンシャル地点のプレ F/S を実施し、有望案件について F/S および D/D を実施するものと想定した。

#### 4.11.2 小水力開発の課題

エルサルバドル国での小水力開発は再生可能エネルギーマスタープランが策定されたものの、主に“地域社会の問題”と“コンセッションの問題”が障害となり、期待されたほど進んでいない。コンセッションの問題は法律の改正を待たざるを得ないが、地域社会の問題については、他の水力案件の成功例を参考に以下の通り対応が可能であると考ええる。

##### (1) 地域社会の問題

小水力開発に対する地域社会の理解を得るためには、以下の点を考慮し、地域社会との対話を通じた問題点の抽出と解決を図る必要がある。

- ✓ 地域社会との対話による相互理解をはかる。
- ✓ 第三者（例えばコンサルタント）を仲介役として採用する。
- ✓ 持続的な開発のため、便益を地域社会と事業者が共有し、両者が便益を享受できるような仕組みを構築する。

上記を鑑み、プロジェクト実施の際には以下のような対応を行うことが望まれる。

##### a. 対話モデルの構築

地域社会を含めたステークホルダー間の対話モデルを構築する。対話モデルは継続的で建設期間中のみならず、事業運営期間中も継続するようなモデルとする。

##### b. 地域開発手法の提案

事業者と地域社会との対話を通じ、地域社会の抱える問題、水力発電所の建設・運用による地域社会への影響、事業による地域社会への貢献の手法について確認を行う。その上でプロジェクトによる地域開発の手段を利害関係者間で合意する。

##### c. 地域開発への適切な予算の配置

プロジェクトの実施の際には地域開発のための適切な予算を計上する必要がある。暫定的に建設費の1-3%を地域開発費、また年間売電収入の3%を継続的な地域開発への予算として確保する。この比率はパイロットプロジェクトなど複数のプロジェクトを経験した後見直し、地域開発に必要な適切な予算範囲を確定する事とする。

##### (2) 地域社会への配慮事例





以下に小水力開発において実際に取られた地域社会への貢献について事例を示す。

###### ① インドネシアの水力事例（設備容量：82MW）

インドネシアの水力開発82MWの例では、主取水堰のほかに11カ所の溪流取水施設があり、それぞれの取水施設の下流には地元の農民が簡易な灌漑施設を構築し、灌漑用水として水を利用していた。発電のために溪流取水するため、下流域の地元農民と灌漑に利用する水量を調整する必要があった。

灌漑施設を利用している地元農民と事業主である電力会社は、解決策を探るために協議を重ね、電力会社は施工監理を担当していたコンサルタントに依頼し、解決策を探るため調査を

実施した。コンサルタントは既存灌漑施設を改修することにより水利用の効率を上げる提案を行い、さらに灌漑取水堰、灌漑水路の改修計画を策定した。電力会社の予算により当事者である地元農民を積極的に雇用し、工事を実施した。この結果、一定の発電量の確保と、地元農民の水利用という双方が Win-Win となる問題の解決が実現した。





	
<p style="text-align: center;"><b>Water Intake</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Irrigation Weir</b></p>
<p>The river water is diverted to another basin, therefore, the discharge of downstream river decreased.</p>	<p>The irrigation weir is improved or newly constructed for downstream irrigators.</p>
	
<p style="text-align: center;"><b>Dialogue with Irrigation Union</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Improving Water Channel</b></p>
<p>The mitigation measures are discussed among the stakeholders.</p>	<p>A lady washing the dishes in the channel constructed for the local community.</p>

出典：JICA（“Ex-Post Evaluation of ODA Loan Project “Renun Hydroelectric Power and Associated Transmission Line Project”, 2009）, Nippon Koei Co.,Ltd.

② ケニアの水力事例（設備容量：60MW）

ケニアの水力開発 60MW の例では、事業主である発電会社が住民の意見や要望などを汲み上げて、専門家が対策の検討を行う技術委員会を設置した。技術委員会の下部組織としてに安全・衛生、雇用、土地問題、環境などの各小委員会を設置し、それぞれのテーマに関する問題点の洗い出しや解決へ向けての協議がなされた。各小委員会の検討結果は全体会議で定期的に報告され、事業主が必要な対策を講じることができるような仕組みとなっている。また、地域住民の生の声を聞くとともに、事業主側からの情報提供を行う目的で定期的にステークホルダー会議を開催した。

地域住民の要望を実現した例として、発電所の放水路沿いに簡易な水汲み場を設置し、近隣の住民が利用できるようにしたことなどがあげられる。

	
<p>Hydropower Intake</p>	<p>Waterway for Hydropower</p>
<p>A middle scale hydropower with capacity of 60 MW.</p>	<p>Water is conveyed to Hydropower Plants through Open Channel</p>
	
<p>Stakeholders Meeting</p>	<p>Irrigation Weir</p>
<p>The opinion of the community is collected in the stakeholders meeting.</p>	<p>The water supply well is constructed for local community. This system reduces works of carrying water by women.</p>

出典：日本工営

③ CECSA の事例

CECSA が実施したサンルイス II 小水力の建設工事では、地域住民の反対が強いエルサルバドル国で、地域住民への貢献が成功した貴重なプロジェクトである。小水力の建設に関わり、CECSA は地域住民のために橋を建設し、工事には地域住民を積極的に雇い、雇用を創出した。これらの活動により地域住民はプロジェクトに対して肯定的な姿勢になった。

	
New Bridge for Community	Construction of Road by the Local People
A bridge was constructed for the community	Local people were employed for the construction works.

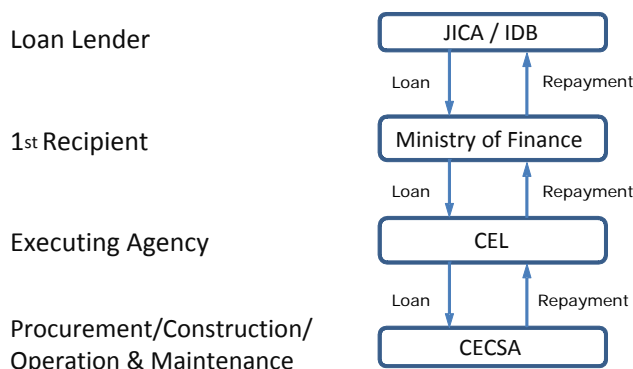
出典：CECSA

4.11.3 資金調達

今回挙げられた小水力はパイロット事業として円借款などローンによる融資で実施されることが想定され、その場合の融資手段を示す。ただし、以下に示す事業スキームは、現状知り得た情報により想定したアイデアベースのものであり、その有効性については詳細に検討する必要がある。

(1) CEL に対するローンの提供

先ず考えられる小水力開発への融資は JICA-IDB のローンを CEL に提供することである。CEL はローンを受け、小水力を担う CECSA が CEL から資金の提供を受けプロジェクトを実施し、計画・建設・運用を行う。ローンの返済は CECSA の売電収入を原資に CEL が行う。以下に CEL がローンの借り手となった場合の事業実施のイメージを示す。



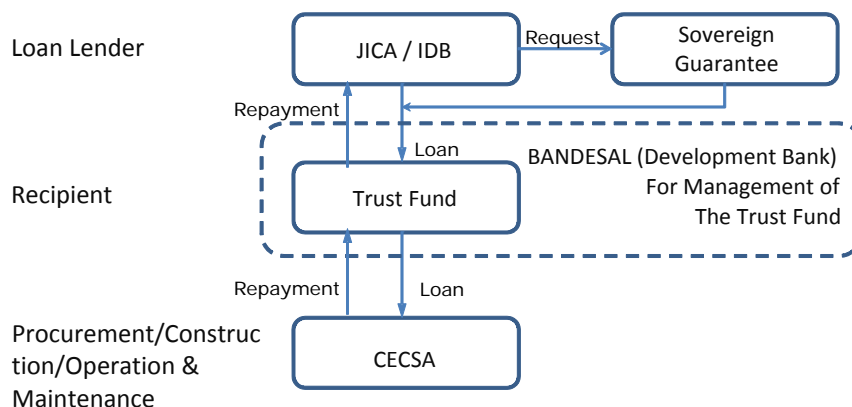
出典：JICA 調査団

図 4.11.2 CEL へのローン提供による事業の実施イメージ



## (2) CECSA に対するローンの提供

CEL が政策等の都合によりローンの受け手になれない場合、第二のオプションは CECSA に対するローンの提供である。ただし、CECSA は組織の形態上民間会社であり、政府保証付きのローンは民間会社に直接提供できない。公的な開発銀行である BANDESAL が信託基金を設立し、信託基金経由で融資することは可能である。この場合、BANDESAL は信託基金を管理し、信託基金に JICA-IDB からローンを提供し、信託基金から CECSA に資金が融資される。信託基金に対しては、議会承認のもと政府保証の付与を行う。CECSA は売電収入を原資に返済を行う。以下に信託基金を経由した CECSA へのローン提供による事業実施のイメージを示す。



出典：JICA 調査団

図 4.11.3 CECSA へのローン提供による事業の実施イメージ

### 4.11.4 今後の小水力開発に関わる提言

本調査において小水力開発の現状について調査を行った結果、地域住民の反対やコンセッション取得期間が長いなどの問題により開発が進んでいないことが判明した。地域住民の反対は本調査で提言したように地域振興を含めた持続的な小水力開発の実施により解消されることが期待され、コンセッション取得の問題は法律の改正で解消されることが期待される。

一方で、エルサルバドル国では小水力開発が民間に任されているため、小水力の貴重な資源が無秩序に開発される懸念があり、資源の有効活用の面から考えると、好ましい状態ではないことが判明した。

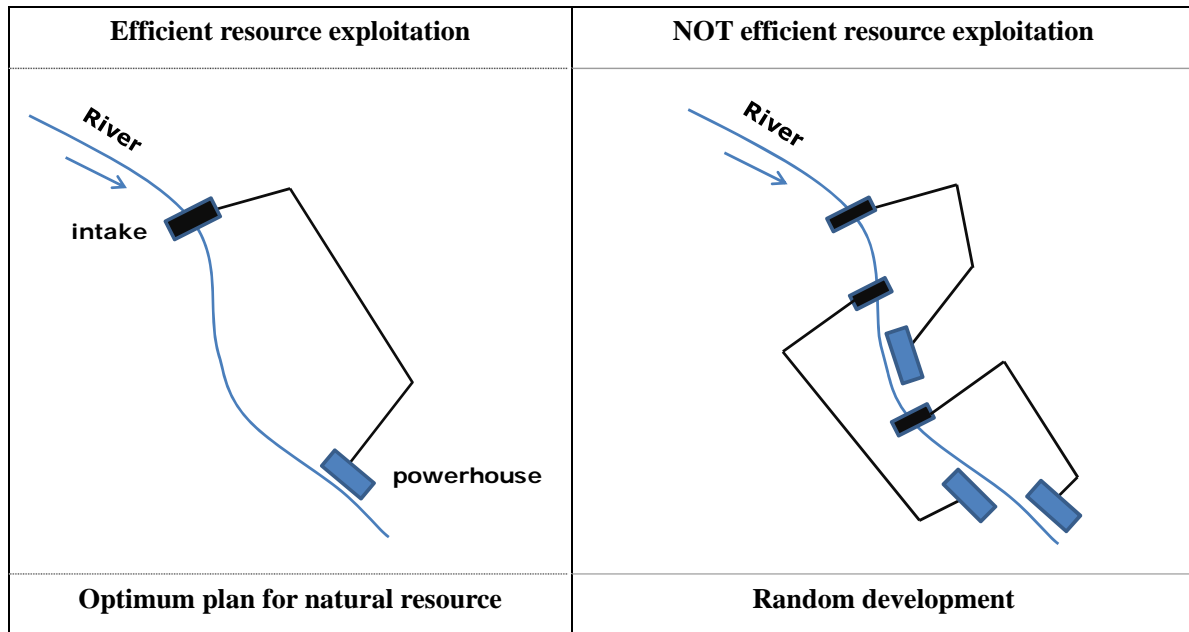
例えば、CECSA が計画したある小水力開発計画では、ある民間会社が CECSA の計画地点の直上流で取水するような開発計画の許可を取ったため、CECSA の事業が成り立たなくなり、計画の中断が余儀なくされた事例があった。

本来であれば、河川における最適な発電計画は一つに決まるが、民間により無秩序に開発されれば、上述のように貴重な資源が非効率に開発される可能性が多いにある。

このような事態を防ぐためには、エルサルバドル国の主要河川に対し公的部門の主導により小水力ポテンシャル調査を実施し、河川の小水力ポテンシャルに合った最適開発計画を立案し、民間業者や公的部門の小水力開発は抽出されたポテンシャル地点のみコンセッションを付与するような仕組みが提案される。具体的には、再生可能エネルギーマスタープランで策定された小水力ポテンシャル地点のリストを基に、マスタープランでは情報が十分に得られなかったプロジェクト

諸元のアップデートを行い、小水力ポテンシャルを有する主要な河川を抽出の上、河川毎の最適開発計画を策定することが有効であると考えます。

日本においては、水力ポテンシャルは包蔵水力調査で抽出され、情報は公開されている。エルサルバドル国においても、包蔵水力調査が実施され、結果が公開されることにより、資源の効率的な開発が可能になることが望まれる。



出典：JICA 調査団

図 4.11.4 資源の効率的な開発と非効率的な開発イメージ

## 5. 公共部門の省エネルギーに係る詳細調査

### 5.1 公的施設の詳細省エネルギー診断

2013年11月1日に IDB ワシントン本部、IDB エルサルバドル事務所、JICA エルサルバドル事務所、JICA 調査団を交えた協議の結果、公的施設における 20 ヶ所の簡易エネルギー診断および 4 ヶ所の詳細省エネルギー診断を実施することが決定された。

JICA 調査団は当該調査を実施可能な現地コンサルタント（Sustainability & Research 社、以降 S&R 社）と、2013年11月11日に契約を交わし、2013年11月18日から11月29日にかけて公的施設における 20 ヶ所の簡易省エネルギー診断を実施した。

20 ヶ所の簡易省エネルギー診断の内訳は、学校 5 ヶ所、診療所 6 ヶ所、病院 2 ヶ所、政府事務所 4 ヶ所、ANDA のポンプ場 3 ヶ所である。

20 施設の簡易省エネルギー診断の結果をもとに、詳細省エネルギー診断を実施する 4 ヶ所の候補施設として、ANDA のポンプ場、病院（医療施設を含む）、学校、事務所ビルからそれぞれ 1 ヶ所を選定した。

詳細省エネルギー診断は、簡易省エネルギー診断の結果をもとに、現地において電力量などを実測し、省エネルギー手法に対する具体的な省エネルギー量およびその投資費用を算定するために行った。

詳細診断の結果から、ANDA のポンプ場、病院、学校、事務所ビルの全国レベルでの省エネルギー可能性量、投資費用を算定した。

4 ヶ所の詳細省エネルギー診断の実施工程は、以下に示す通りである。

	2013年12月				2014年1月				2014年2月			
	1W	2W	3W	4W	1W	2W	3W	4W	1W	2W	3W	4W
ANDAポンプ場			■									
病院							■					
事務所ビル							■					
学校							■					
報告書作成									■			

出典：JICA 調査団

図 5.1.1 4 ヶ所の詳細省エネルギー診断実施工程

#### 5.1.1 詳細省エネルギー診断

##### (1) 施設の選定

簡易省エネルギー診断の結果から、省エネルギー可能性量、施設の規模、詳細データの入手し易さなどを考慮し、CNE および ANDA と協議のうえ、以下の 4 施設を選定した。

##### 1) Antiguo Cuscatlan ポンプ場

簡易省エネルギー診断を実施した 3 ヶ所のポンプ場の中で、省エネルギー可能性量が大きく、流量計、水圧計が設置されていることから詳細な分析に必要となるデータが入手できることからこのポンプ場を選定した。

## 2) Santiago de Maria 地域病院

この病院のスタッフは、エネルギーの効率的な利用、省エネルギーに対する意識が高く、省エネルギー診断に対して関心を持っている。また、サンサルバドル郊外の地域病院は、似たような規模の病院が多くあることから、この病院を選定した。

## 3) San Bartolo 税関事務所

簡易省エネルギー診断を実施した4カ所の事務所ビルの中でも、省エネルギー可能量が大きく、このビルには、事務スペース、倉庫、公共広場などがあり、エルサルバドルにこのようなビルが多く存在することから、選定した。

## 4) Sonsonate MEGATEC 技術学校

簡易省エネルギー診断を実施した5カ所の学校の中でも、省エネルギー可能量が大きく、詳細なエネルギーデータを収集するための計測器が設置されていることから、この学校を選定した。

### (2) データ収集とエネルギー分析

簡易省エネルギー診断では、その施設に適した省エネルギー手法を検討するためにエネルギー使用量を調査した。詳細省エネルギー診断では、エネルギーの使用状況を詳細に分析するために必要な計測機器を設置した。計測は3～5日間連続して行い、以下のデータを収集した。

- 電圧
- 電流
- 有効、無効電力、皮相電力
- 力率
- 周波数
- 波形

また、月ごとのエネルギー使用量およびその支払額の年間データも収集し、その施設のエネルギーベースラインを設定した。各省エネルギー手法によるエネルギー削減量は、そのベースラインを基準として算出している。

### (3) 省エネルギー手法の検討

ANDA のポンプ場については、ポンプおよびその駆動モータ、および屋外照明に対する省エネルギー手法を検討し、病院、学校、事務所ビルについては、主に室内、屋外照明および空調設備に対する10～15の省エネルギー手法を検討した。検討結果をもとに、削減量大きい手法および5年未満で投資回収が可能となる手法を推奨省エネルギー手法として、その削減量および投資額を算定し、その施設に対する省エネルギー効果を算出した。次節に施設ごとの検討結果を記述する。

## 5.1.2 Antiguo Cuscatlan ポンプ場

### (1) 施設概要

Antiguo Cuscatlan ポンプ場の施設概要は下表の通り。

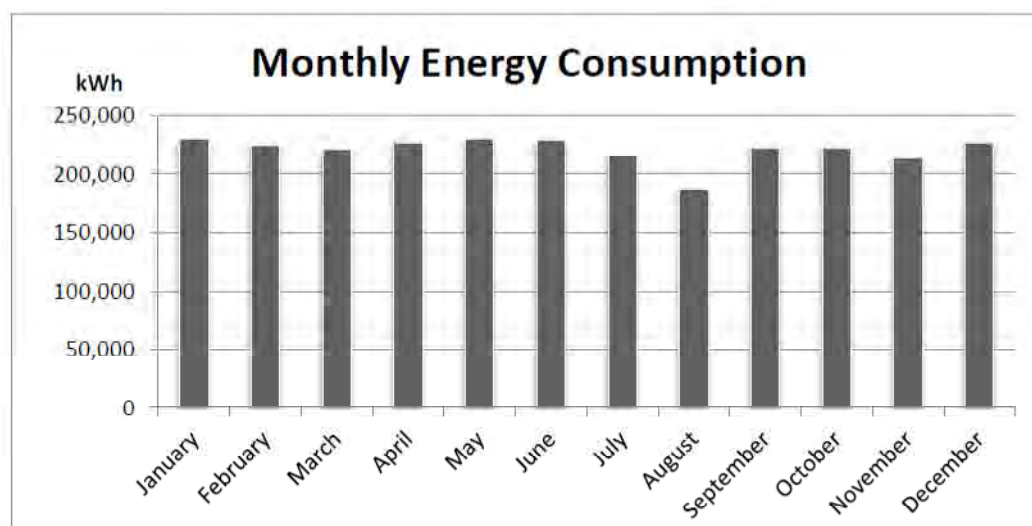
表 5.1.1 Antiguo Cuscatlan ポンプ場の施設概要

施設名称	Antiguo Cuscatlán	
住所	Calle Mediterráneo, Avenida Antiguo Cuscatlán, Antiguo Cuscatlán, La Libertad	
稼働時間	22	hours/day
	8,030	hours/year
電気使用量	2,650,752	kWh/year
ポンプ場の容量 (能力)	392.50 / 8,635.00	m <sup>3</sup> /h, m <sup>3</sup> /day
主要機器	水中ポンプ (モータ) 100HP	1
	水中ポンプ (モータ) 200HP	2
	水銀灯 175W (屋外)	4
	蛍光灯型電球 20W (室内)	1

出典：JICA 調査団

### (2) 現在の電気使用量

2012年9月から2013年8月までの一年間の月別電気使用量を下図に示す。



出典：収集データからJICA調査団作成

図 5.1.2 月別電気使用量 (Antiguo Cuscatlan ポンプ場)

月平均の電気使用量は 220,896 kWh、年間電気使用量は 2,650,752 kWh、年間の電気料金支払額は 583,938 ドル、表 5.1.1 に示した 3 台のポンプで電気のほとんどを使用している。

## (3) 提案省エネルギー手法

## 1) 手法1：既設モータの更新

既設のモータは長期間使用しており、効率も低下し、最新モデルに比べて劣る。既設モータの効率（出力電力 kW/入力電力 kW）は、定格効率および計測結果から 0.930 程度と推定される。同タイプの最新モデルの効率は 0.960 であることから、既設モータを高効率モータへ更新することにより、省エネルギー効果が期待できる。

## 2) 手法2：既設ポンプの更新

既設のモータ同様に、ポンプも長期間使用しており、効率も低下している。既設ポンプの効率は、計測結果および当該ポンプの効率曲線から 0.620～0.780 と推定される。同タイプの最新モデルの効率は 0.830 程度であることから、既設ポンプを最新の高効率型に更新することにより、省エネルギー効果が期待できる。

## 3) 手法3：インバータによる変流量制御

このポンプ場は、時間帯による水需要の変化が大きい。水需要が低い時にモータの回転数を制御するためのインバータ装置を導入する。

## 4) 手法4：既設屋外灯の LED 照明への交換

既設屋外灯は 175W の水銀灯が使用されている。これを 60W の LED 照明へ交換する。

## (4) 省エネルギー効果およびその投資額

上述した 4 つの省エネルギー手法を適用した場合の省エネルギー効果とその投資額を下表に示す。

表 5.1.2 省エネルギー検討結果 (Antiguo Cuscatlan ポンプ場)

	年間削減量/額		投資額 US\$	IRR %	NPV US\$	B/C	投資回収年 年
	kWh	US\$					
1 既設モータの高効率電気モータへの更新	39,001	7,021	45,892	8.6	-2,501	1.53	6.54
2 既設ポンプの高効率ポンプへの更新	268,786	48,390	245,073	14.8	47,511	1.97	5.06
3 インバータによる変流量制御	133,535	24,041	59,897	38.6	79,840	4.01	2.49
4 既設屋外灯のLED照明への交換	2,015	363	2,112	11.3	108	1.72	5.82
合計	443,337	79,815	352,974	18.5	124,959	2.26	4.42

現在の年間電気使用量 2,650,752 kWh/年

省エネルギー率 16.7%

プロジェクト期間 10 年  
金利(割引率) 10%

出典：JICA 調査団

## (5) 全国レベルの省エネルギーの可能性検討

## 1) 現状の電気使用量

ANDA の 2008 年から 2012 年の年間電気使用量とその支払額は下表に示すとおりである。

表 5.1.3 ANDA の年間電気使用量と支払額

年	ポンプ場		処理場		管理ビル		その他		合計	
	使用量 (MWh)	支払額 (US\$)	(MWh)	(US\$)	(MWh)	(US\$)	(MWh)	(US\$)	使用量 (MWh)	支払額 (US\$)
2008	508,228.78	40,677,151	2.27	276,300	5.79	475,752	2.49	303,436	508,239.33	41,732,640
2009	512,476.52	51,637,090	2.19	376,083	5.84	604,550	2.41	413,020	512,486.96	53,030,744
2010	505,560.08	52,160,114	2.23	390,202	5.76	610,923	2.45	428,526	505,570.52	53,589,765
2011	508,366.29	60,039,266	2.23	456,530	5.80	703,386	2.45	501,368	508,376.77	61,700,550
2012	509,055.44	78,388,375	2.27	409,980	5.80	913,852	2.49	450,246	509,066.00	80,162,454
平均	508,737.42	56,580,399								

出典：ANDA 提供データから JICA 調査団作成

ANDA のポンプ場での年間の電気使用量は 5 年間平均すると 508,737 MWh で、ANDA の電気のはほとんどはポンプ場で使用されていることが判る。

## 2) 省エネルギー可能性量とその投資額の算定

詳細省エネルギー診断の結果から、ポンプ場は 15%程度の省エネルギーの可能性があり、その投資回収年は 5 年程度であると推計できる。

ANDA のポンプ場の年間電気使用量が 508,737 MWh であると仮定すると、全国レベルでの年間の電気削減量は 76,310 MWh、その投資額は 38.2 百万ドルと算定される。

表 5.1.4 ANDA ポンプ場の全国レベルでの省エネルギー可能性量とその投資額

電気使用量	MWh/年	508,737
支払額	US\$/年	56,580,399
省エネルギー率		15.0%
削減量	MWh/年	76,310
省エネルギーによる削減額	US\$/年	8,487,060
投資回収年	年	4.5
投資コスト	US\$	38,191,769

出典：JICA 調査団

## 5.1.3 Santiago de Maria 地域病院

## (1) 施設概要

Santiago de Maria 地域病院の施設概要は下表の通り。

表 5.1.5 Santiago de Maria 地域病院の施設概要

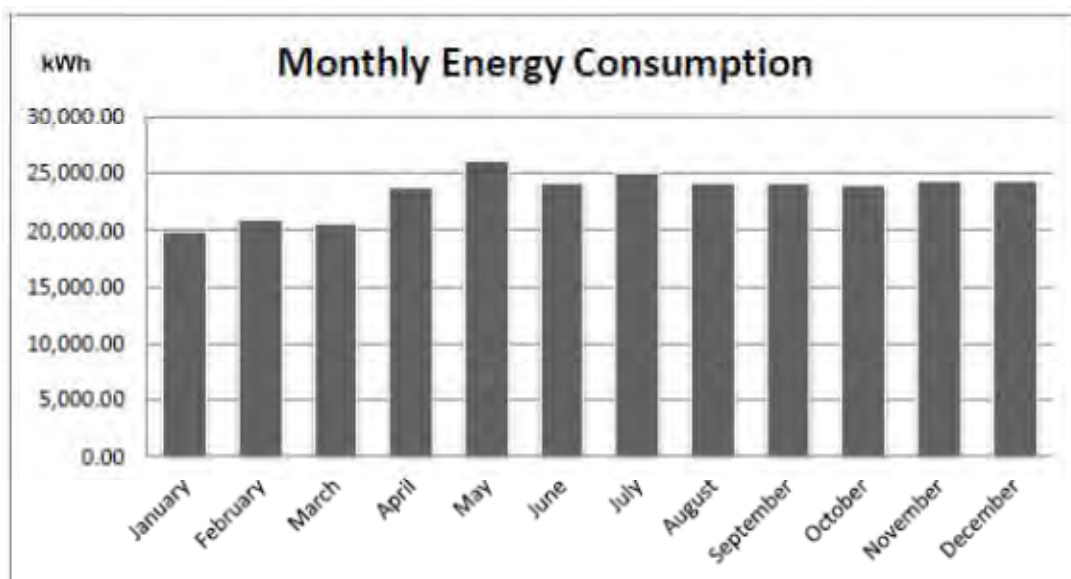
施設名称	National Hospital “Dr. Jorge Arturo Mena”	
住所	3ª. Calle poniente No. 15, Barrio Concepción, Santiago de María, Usulután	
施設用途	病院	
施設の運用時間	24	hours/day
	8,760	hours/year
電気使用量	85,403	kWh/year
延床面積	4,237.12	m <sup>2</sup>
ベット数	75/100	現在/ 将来
患者数	350/55	外来/入院
職員数	205	
主要機器	蛍光灯 FLR40Wx2 (室内照明)	210
	白熱電球 (室内照明)	14
	蛍光灯型電球 20W (室内照明)	3
	蛍光灯型電球 75W (室内照明)	1
	蛍光灯 FLR40Wx4 (室内照明)	12
	175W 水銀灯 (屋外照明)	10
	分散型空調機 24,000 BTU/h	1
	窓設置型空調機 12,000 BTU/h	5
	窓設置型空調機 24,000 BTU/h	6
	窓設置型空調機 36,000 BTU/h	6
	ビルマルチ型空調機 24,000 BTU/h	1
	ビルマルチ型空調機 48,000 BTU/h	3
	ビルマルチ型空調機 60,000 BTU/h	3
	ポンプ 10HP	2

出典：JICA 調査団

## (2) 現在の電気使用量

2012年12月から2013年11月までの一年間の月別電気使用量を下図に示す。



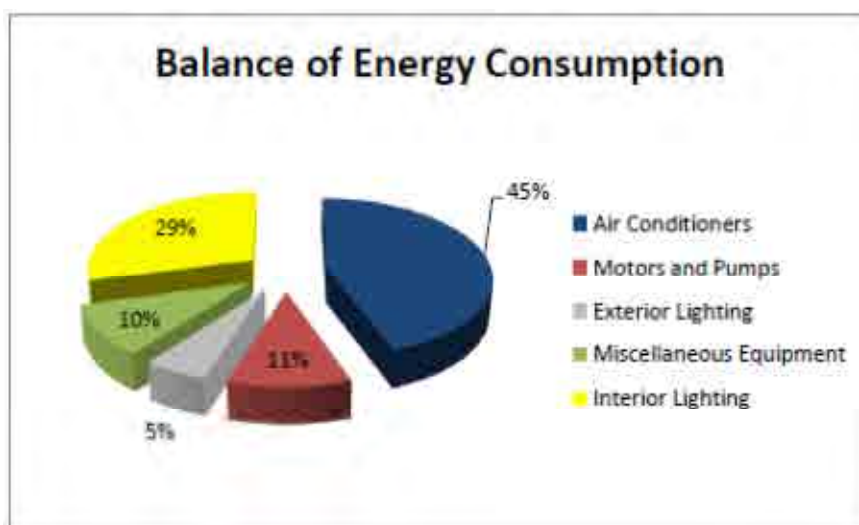


出典：JICA 調査団

図 5.1.3 月別電気使用量 (Santiago de Maria 地域病院)

月平均の電気使用量は 23,480 kWh、年間電気使用量は 281,762 kWh、年間の電気料金支払額は 52,225 ドルである。

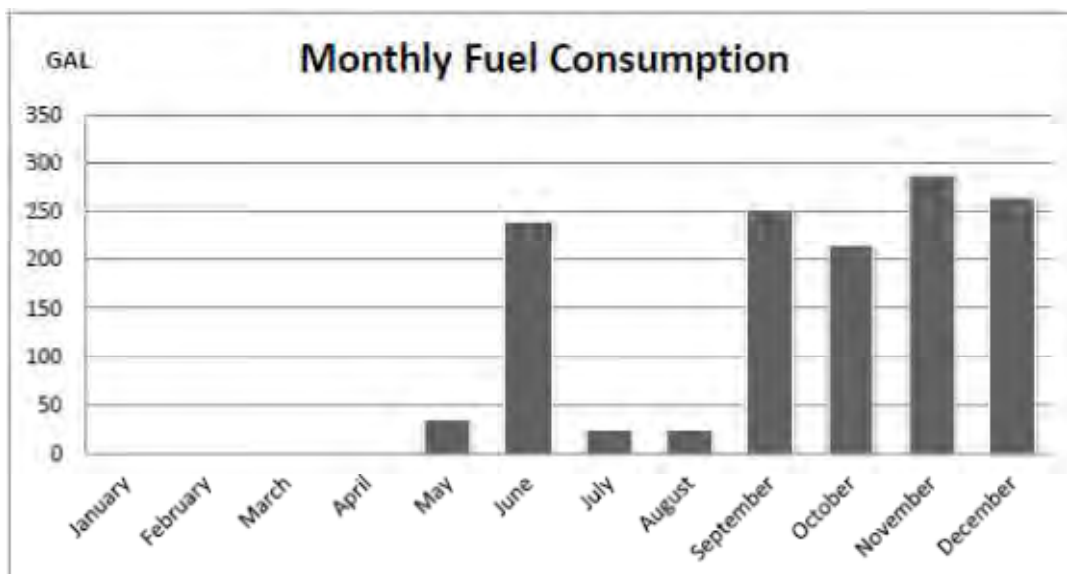
電気の消費バランスは下図に示す通り、空調による使用が最も多く全体の45%を占めている。



出典：JICA 調査団

図 5.1.4 電気の消費バランス (Santiago de Maria 地域病院)

この病院では、電気以外に蒸気を使用するためにディーゼル油を消費している。その月別年間使用量を下図に示す。



出典：JICA 調査団

### 図 5.1.5 月別燃料使用量 (Santiago de Maria 地域病院)

1月から4月に燃料の使用がないのは、燃料を購入するための予算が無かったためである。また、5月、7月、8月は蒸気システムのメンテナンスのためだけに使用している。当該年の年間燃料使用量は、3,072 ガロンである。

#### (3) 提案省エネルギー手法

##### 1) 手法 1：既設照明設備の LED 照明への更新

室内照明の 40W 蛍光灯設備、60W 白熱電球、および屋外照明の 175W 水銀灯をそれぞれ 18W、6W、60W の LED 照明に交換する。

##### 2) 手法 2：人感センサーの設置

人感センサーを設置し、使用しないエリアの照明を自動で消灯する。事務スペース、会議室、浴室およびキッチンを対象とする。

##### 3) 手法 3：既設空調設備の更新

既設空調設備は古く、その効率も低下している。既設空調設備のエネルギー効率（冷房能力 BTU/消費電力 W）は 7.0 から 8.5 と推定され、最新の高効率空調機のエネルギー効率は、13.0～14.0 であることから、長時間使用する既設空調設備を高効率空調設備へ更新することで省エネルギー効果が期待できる。

##### 4) 手法 4：蒸気システムの熱ロスの低減

長年の使用により蒸気配管の断熱が破損し、熱ロスが発生している。蒸気配管、バルブおよび復水管を断熱し、熱ロスを抑えることで、燃料消費量の削減となる。

#### (4) 省エネルギー効果およびその投資額

上述した(3) 1)、2)および3)の電気使用量に対する省エネルギー手法を適用した場合の省エネルギー効果とその投資額を下表に示す。

表 5.1.6 省エネルギー検討結果（１）（Santiago de Maria 地域病院）

	年間削減量/額		投資額 US\$	IRR %	NPV US\$	B/C	投資回収年 年
	kWh	US\$					
現在の年間電気使用量	281,762 kWh/year						
1 既設照明設備のLED照明への更新	41,670	10,406	34,867	27.1	26,430	2.98	3.35
2 人感センサーの設置	1,490	368	1,296	25.5	877	2.84	3.52
3 既設空調設備の高効率空調設備への更新	48,630	13,563	59,170	18.8	21,972	2.29	4.36
合計	91,790	24,337	95,333	22.1	49,279	2.55	3.92

省エネルギー率 32.6%

プロジェクト期間 10 years  
金利(割引率) 10%

出典：JICA 調査団

燃料消費量に対する省エネルギー手法を適用した場合の省エネルギー効果とその投資額を下表に示す。

表 5.1.7 省エネルギー検討結果（２）（Santiago de Maria 地域病院）

	年間削減量/額		投資額 US\$	IRR %	NPV US\$	B/C	投資回収年 年
	GAL	US\$					
現在の年間燃料使用量	3,072 GAL						
4 蒸気システムの熱ロスの低減	345	1,413	2,079	67.6	6,003	6.80	1.47

省エネルギー率 11.2%

プロジェクト期間 10 年  
金利(割引率) 10%

出典：JICA 調査団

## (5) 全国レベルの省エネルギーの可能性検討

## 1) 現状の電気使用量

全国の病院数および全病院での 2012 年 11 月から 2013 年 10 月までの一年間の電気使用量を下表に示す。全病院の合計の年間電気使用量は 8.75 GWh と算出される。この数値は、配電会社である AES および DELSUR から提供されたデータをもとに算出した。

表 5.1.8 全国の病院数およびその年間電気使用量

	AES	DELSUR	合計
数（配電サービス数）	29	145	174
電気使用量 (MWh/年)	1,026	7,720	8,746
電気支払額 (USドル/年)	249,263	1,825,805	2,075,068

出典：AES および DELSUR のデータをもとに JICA 調査団作成

AES は全国の 74%、DELSUR は 26% が配電サービスエリアであり、この 2 社でほぼ 100% のエリアをカバーしていることから、上述している数値を全国レベルの数値として参照した。

## 2) 省エネルギー可能性量とその投資額の算定

詳細省エネルギー診断の結果から、病院は 30% 程度の省エネルギーの可能性があり、その投資回収年は 4 年程度であると推計できる。

全病院の年間電気使用量が 8,746 MWh であると仮定すると、全国レベルでの年間の電気削減量は 2,624 MWh、その投資額は 2.5 百万ドルと算定される。

**表 5.1.9 病院の全国レベルでの省エネルギー可能性量とその投資額**

数 (契約数)		174
電気使用量	MWh/年	8,746
支払額	US\$/年	2,075,068
省エネルギー率		30.0%
削減量	MWh/年	2,624
省エネルギーによる削減額	US\$/年	622,520
投資回収年	年	4.0
投資コスト	US\$	2,490,082

出典：JICA 調査団

## 5.1.4 San Bartolo 税関事務所

## (1) 施設概要

San Bartolo 税関事務所の施設概要は下表の通り。

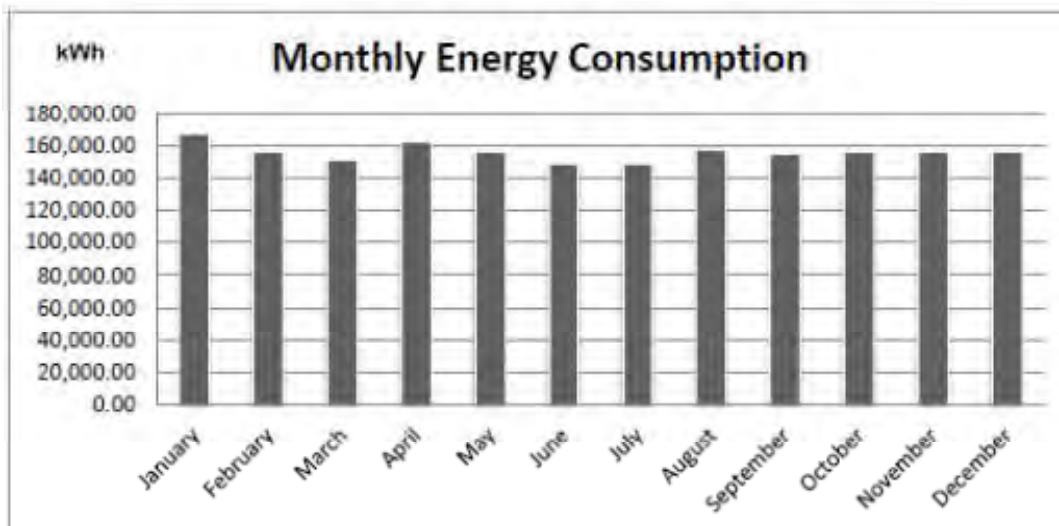
表 5.1.10 San Bartolo 税関事務所の施設概要

施設名称	General Direction of Customs San Bartolo	
住所	Panamerican Highway Km 17 1/2, San Bartolo, Ilopango, San Salvador	
施設用途	事務所ビル	
施設の運用時間	8	hours/day
	2,112	hours/year
電気使用量	1,866,690	kWh/year
延床面積	36,980	m <sup>2</sup>
建物階数	3	
利用者数	300	
主要機器	蛍光灯FLR75Wx4 (室内照明)	432
	蛍光灯FLR40Wx4 (室内照明)	66
	蛍光灯 FLR20Wx4 (室内照明)	586
	蛍光灯 FLR75Wx2 (室内照明)	37
	蛍光灯 FLR40Wx2 (室内照明) カバー無	93
	蛍光灯 FLR40Wx2 (室内照明)	192
	蛍光灯 FLR40Wx1 (室内照明) カバー無	31
	蛍光灯 Hf32Wx1 (室内照明) カバー無	4
	蛍光灯 Hf32Wx4 (室内照明)	1
	175W 水銀灯 (屋外照明)	96
	パソコン	264
	ウォーターサーバー	34
	コーヒーマーカー	24
	分散型空調機24,000 BTU/h	29
	分散型空調機60,000 BTU/h	41
	窓設置型空調機 12,000 BTU/h	12
	セントラル方式空調機90,000 BTU/h	1
	ポンプ (1.5 HP)	8
ポンプ(1.5 HP)	2	

出典：JICA 調査団

## (2) 現在の電気使用量

2013年1月から2013年12月までの一年間の月別電気使用量を下図に示す。

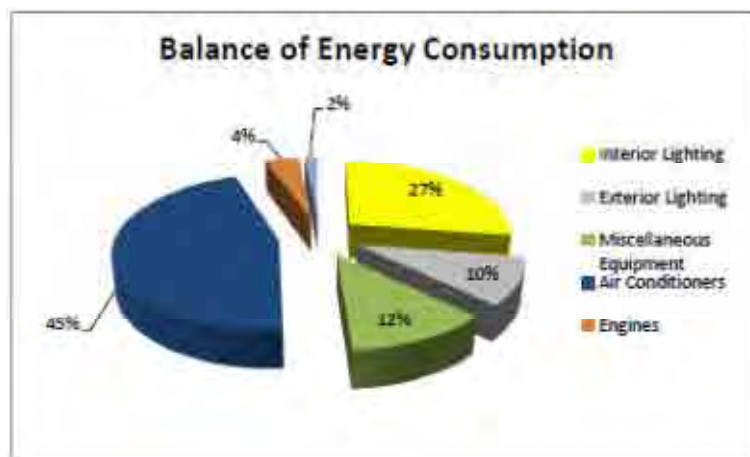


出典：JICA 調査団

図 5.1.6 月別電気使用量 (San Bartolo 税関事務所)

月平均の電気使用量は 155,558 kWh、年間電気使用量は 1,866,690 kWh、年間の電気料金支払額は 383,911 ドルである。

電気の消費バランスは下図に示す通り、空調による使用が最も多く全体の45%を占めている。



出典：JICA 調査団

図 5.1.7 電気の消費バランス (San Bartolo 税関事務所)

(3) 提案省エネルギー手法

1) 手法 1：既設照明設備の LED 照明への更新

室内照明の 20W、40W の蛍光灯設備、および屋外照明の 175W 水銀灯をそれぞれ 9W、18W、60W の LED 照明に交換する。

2) 手法 2：人感センサーの設置

人感センサーを設置し、使用しないエリアの照明を自動で消灯する。2 棟の行政事務所ビルの事務スペースを対象とする。

## 3) 手法3：既設空調設備の更新

既設空調設備は古く、その効率も低下している。既設空調設備のエネルギー効率は7.0から8.5と推定され、最新の高効率空調機のエネルギー効率は、13.0～14.0であることから、長時間使用する既設空調設備を高効率空調設備へ更新することで省エネルギー効果が期待できる。

## 4) 手法4：天井の断熱強化

2棟の行政事務所ビルの空調はほぼ一日中稼働しており、天井の断熱を強化することで省エネルギー効果が期待できる。

## (4) 省エネルギー効果およびその投資額

上述した4つの省エネルギー手法を適用した場合の省エネルギー効果とその投資額を下表に示す。

表 5.1.11 省エネルギー検討結果 (San Bartolo 税関事務所)

	現在の年間電気使用量		1,866,690 kWh/年				
	年間削減量/額		投資額	IRR	NPV	B/C	投資回収年
	kWh	US\$	US\$	%	US\$		年
1 既設照明設備のLED照明への更新	303,000	63,488	228,752	24.7	146,686	2.78	3.60
2 人感センサーの設置	19,200	4,292	15,211	25.3	10,147	2.82	3.54
3 既設空調設備の高効率空調設備への更新	228,700	55,518	241,779	18.9	90,323	2.30	4.35
4 天井の断熱強化	45,744	10,101	22,905	42.9	35,601	4.41	2.27
合計	596,644	133,399	508,647	22.9	282,756	2.62	3.81
省エネルギー率	32.0%						
プロジェクト期間	10年						
金利(割引率)	10%						

出典：JICA 調査団

## (5) 全国レベルの省エネルギーの可能性検討

## 1) 現状の電気使用量

全国の事務所ビル数およびその全事務所ビルでの2012年11月から2013年10月までの一年間の電気使用量を下表に示す。全事務所ビルの合計の年間電気使用量は95.1 GWhと算出される。この数値は、配電会社であるAESおよびDELSURから提供されたデータをもとに算出した。

表 5.1.12 全国の事務所ビル数およびその年間電気使用量

	AES	DELSUR	合計
数（配電サービス数）	9,658	1,419	11,077
電気使用量 (MWh/年)	45,027	52,040	95,067
電気支払額 (USドル/年)	8,233,574	12,816,650	21,050,224

出典：AES および DELSUR のデータをもとに JICA 調査団作成

## 2) 省エネルギー可能性量とその投資額の算定

詳細省エネルギー診断の結果から、事務所ビルは30%程度の省エネルギーの可能性があり、その投資回収年は4年程度であると推計できる。

全事務所ビルの年間電気使用量が95,067 MWhであると仮定すると、全国レベルでの年間の電気削減量は28,520 MWh、その投資額は25.3百万ドルと算定される。

表 5.1.13 事務所ビルの全国レベルでの省エネルギー可能性量とその投資額

数（契約数）		11,077
電気使用量	MWh/年	95,067
支払額	US\$/年	21,050,224
省エネルギー率		30.0%
削減量	MWh/年	28,520
省エネルギーによる削減額	US\$/年	6,315,067
投資回収年	年	4.0
投資コスト	US\$	25,260,269

出典：JICA 調査団



## 5.1.5 Sonsonate MEGATEC 技術学校

## (1) 施設概要

Sonsonate MEGATEC 技術学校の施設概要は表の通り。

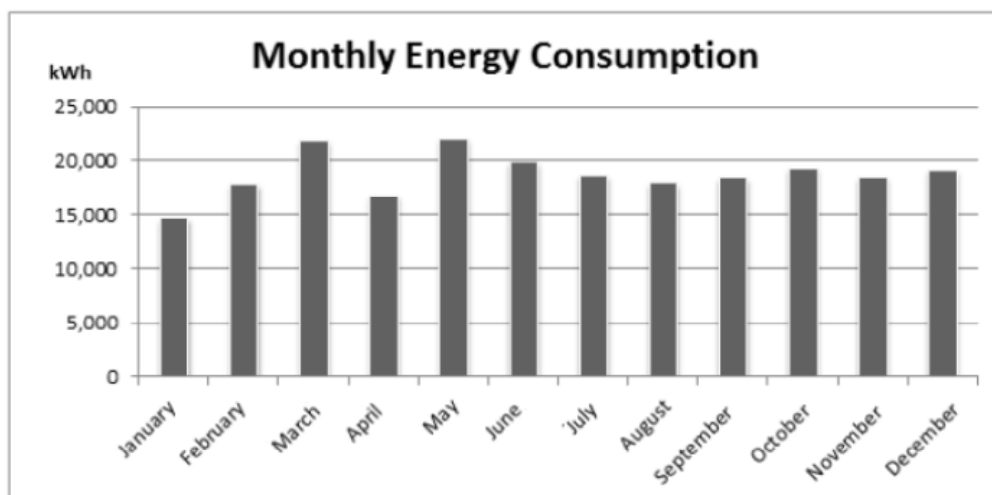
表 5.1.14 Sonsonate MEGATEC 技術学校の施設概要

施設名称	Technical School Megatec	
住所	Km 63 Highway San Salvador to Sonsonate	
施設用途	教育施設	
施設の運用時間	13.25	hours/day
電気使用量	224,874	kWh/year
延床面積	568.64	m <sup>2</sup>
教室数	16	教室
生徒数	700 / 200 / 125	一般 / 語学/パソコン
職員数	70	
主要機器	蛍光灯 Hf32Wx2 (室内照明)	30
	蛍光灯 Hf32Wx3 (室内照明)	91
	蛍光灯 Hf32Wx4 (室内照明)	4
	蛍光灯型電球 15W	62
	蛍光灯 FLR40Wx2 (室内照明)	20
	175W 水銀灯 (屋外照明)	14
	400W メタルハライド灯 (屋外照明)	20
	パソコン	75
	分散型空調機 60,000 -90,000 BTU/h	27
	窓設置型空調機 36,000 BTU/h	1

出典：JICA 調査団

## (2) 現在の電気使用量

2012年12月から2013年11月までの一年間の月別電気使用量を下図に示す。

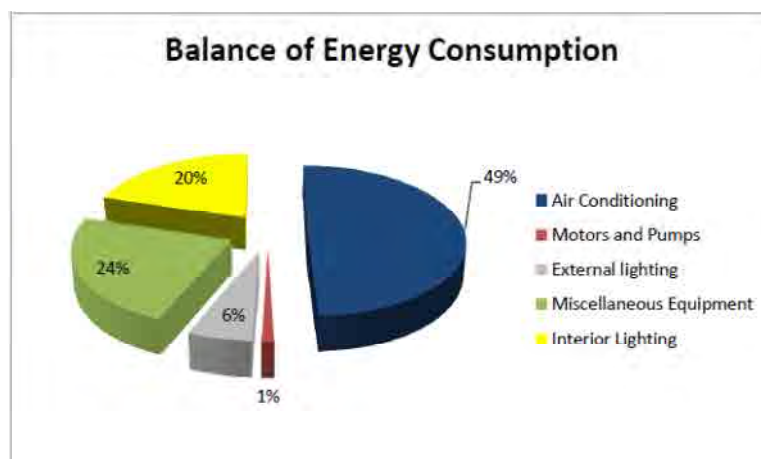


出典：JICA 調査団

図 5.1.8 月別電気使用量 (Sonsonate MEGATEC 技術学校)

月平均の電気使用量は 18,740 kWh、年間電気使用量は 224,874 kWh、年間の電気料金支払額は 39,978 ドルである。1 月と 4 月が他の月と比べ使用量が少ないのは、長期休みの影響である。

電気の消費バランスは下図に示す通り、空調による使用が最も多く全体の 49% を占めている。



出典：JICA 調査団

図 5.1.9 電気の消費バランス (Sonsonate MEGATEC 技術学校)

(3) 提案省エネルギー手法

1) 手法 1：既設照明設備の LED 照明への更新

室内照明の 32W、40W の蛍光灯設備、および屋外照明の 175W 水銀灯、400W メタルハライド灯をそれぞれ 18W、18W、60W、120W の LED 照明に交換する。

2) 手法 2:人感センサーの設置

人感センサーを設置し、使用しないエリアの照明を自動で消灯する。事務スペース、教室、パソコンルーム、および会議室を対象とする。

## 3) 手法3：既設空調設備の更新

既設空調設備は古く、その効率も低下している。既設空調設備のエネルギー効率は7.0から8.5と推定され、最新の高効率空調機のエネルギー効率は、13.0～14.0であることから、長時間使用する事務スペースおよびパソコンルームの既設空調設備を高効率空調設備へ更新することで省エネルギー効果が期待できる。

## 4) 手法4：天井の断熱強化

事務スペースおよびパソコンルームの空調はほぼ一日中稼働しており、天井の断熱を強化することで省エネルギー効果が期待できる。

## (4) 省エネルギー効果およびその投資額

上述した4つの省エネルギー手法を適用した場合の省エネルギー効果とその投資額を下表に示す。

表 5.1.15 省エネルギー検討結果 (Sonsonate MEGATEC 技術学校)

	現在の年間電気使用量		年間削減量/額	投資額	IRR	NPV	B/C	投資回収年
	kWh	US\$						
1 既設照明設備のLED照明への更新	35,360	7,431	30,010	21.1	14,228	2.48	4.04	
2 人感センサーの設置	2,290	509	1,879	23.9	1,135	2.71	3.69	
3 既設空調設備の高効率空調設備への更新	25,320	5,984	65,807	-1.7	-26,398	0.91	11.00	
4 天井の断熱強化	10,037	2,330	7,946	26.5	6,368	2.93	3.41	
合計-1	73,007	16,254	105,642	8.7	-5,244	1.54	6.5	
合計-2 手法No.3を除く	47,687	10,270	39,835	22.4	21,254	2.58	3.88	

省エネルギー率 32.5% (合計-1)  
21.2% (合計-2 手法No.3を除く)

プロジェクト期間 10 years  
金利(割引率) 10%

出典：JICA 調査団

手法3の既設空調設備の更新は削減量は期待できるが投資回収年が11年と長いことから、この手法を除く3つの手法を適用することを推奨する。

## (5) 全国レベルの省エネルギーの可能性検討

## 1) 現状の電気使用量

全国の学校数およびその全学校での2012年11月から2013年10月までの一年間の電気使用量を下表に示す。全学校の合計の年間電気使用量は9.7 GWhと算出される。この数値は、配電会社であるAESおよびDELSURから提供されたデータをもとに算出した。

表 5.1.16 全国の学校数およびその年間電気使用量

	AES	DELSUR	合計
数 (配電サービス数)	3,614	991	4,605
電気使用量 (MWh/年)	2,516	7,200	9,716
電気支払額 (USドル/年)	742,221	2,013,509	2,755,730

出典：AES および DELSUR のデータをもとに JICA 調査団作成

## 2) 省エネルギー可能性量とその投資額の算定

詳細省エネルギー診断の結果から、学校は 20% 程度の省エネルギーの可能性があり、その投資回収年は 4 年程度であると推計できる。

全学校の年間電気使用量が 9,716 MWh であると仮定すると、全国レベルでの年間の電気削減量は 1,943 MWh、その投資額は 2.2 百万ドルと算定される。

表 5.1.17 学校の全国レベルでの省エネルギー可能性量とその投資額

数 (契約数)		4,605
電気使用量	MWh/年	9,716
支払額	US\$/年	2,755,730
省エネルギー率		20.0%
削減量	MWh/年	1,943
省エネルギーによる削減額	US\$/年	551,146
投資回収年	年	4.0
投資コスト	US\$	2,204,584

出典：JICA 調査団

## 5.2 公共照明

### 5.2.1 現状

2012 年の調査によると、全国 262 自治体で 187,000 灯の公共照明があり、その 80% が 175W 水銀灯で、その数はおおよそ 150,000 灯である。

エルサルバドルの公共照明設備はほとんど 175W 水銀灯が使用されており、LED 照明などの高効率な照明設備に交換することにより、大きな省エネルギー効果が期待できる。

#### 5.2.1 省エネルギー効果とその投資額

既存照明設備の 175W 水銀灯を 60WLED 照明に交換した場合の省エネルギー効果とその投資額は下表の通り。

表 5.2.1 省エネルギー効果とその投資額

ランプタイプ		水銀灯	交換ランプタイプ LED
定格消費電力	W	175	60
交換対象数		149,578	
月間電気使用量	kWh	9,423,414	3,230,885
月間削減量	kWh		6,192,529
	%		65.71%
	US\$		1,238,506
年間削減量	kWh		74,310,350
	US\$		14,862,070
ランプ交換費	US\$		500
総投資額	US\$		74,789,000
ランプ寿命	時間		50,000
投資回収年	年		5.0

出典：JICA 調査団

既存照明設備の 175W 水銀灯を 60WLED 照明に交換した場合、年間 74.3 GWh の削減となり、その投資額は 75 百万ドルとなる。

### 5.3 結論

#### 5.3.1 総括

詳細省エネルギー診断および公共照明設備の省エネルギー検討の結果から、全国レベルで実施した場合のセクターごと省エネルギー効果および経済性を下表に示す。

表 5.3.1 公的部門の省エネルギー効果およびその経済性

	対象数	現在電気使用量 MWh/年	削減量			投資額 Mill US\$	投資回収年 年	IRR	NPV Mill US\$
			率	MWh/年	削減額 (Mill\$)				
ポンプ場 (ANDA)	450	508,734	15%	76,310	8.487	38.2	4.5	17.96%	12.68
病院	174	8,746	30%	2,624	0.623	2.5	4.0	21.31%	1.21
事務所ビル	11,077	95,067	30%	28,520	6.315	25.3	4.0	21.36%	12.28
学校	4,605	9,716	20%	1,943	0.551	2.2	4.0	21.46%	1.08
公共照明	150,000	113,076	65%	73,499	14.862	74.5	5.0	15.03%	15.29
合計		735,339	25%	182,897	30.838	142.7	4.6	17.19%	42.53

プロジェクト期間 10 years  
金利 (割引率) 10%

出典：JICA 調査団

5つのセクターで省エネルギーを実施した場合の電気使用量の削減量は合計で 180 GWh に達する。180 GWh はエルサルバドル全体の電気使用量の 3% に相当する。

### 5.3.2 事業化提案

調査結果から以下の優先順位で実施することを提案する。

#### 優先順位 1: ANDA のポンプ場および公共照明

この2つのセクターは電気使用量が非常に多く、省エネルギー事業を実施することにより多くの削減が期待できる。この2つのセクターによる削減量は150 GWhで、これはエルサルバドル全体の電気使用量の2.5%に相当する。

#### 優先順位 2 事務所ビルおよび学校

この2つセクターの省エネルギーは20-30%期待でき、この2つのセクターに対する省エネルギー事業の実施は、デモンストレーション効果もあり、国の省エネルギーの推進に繋がる。特に学校への実施は、省エネルギー教育にも繋がるものである。

病院については、高い省エネルギー効果が期待できるが、利用者に対する施設環境が優先されることから、省エネルギー事業の実施については、慎重に検討する必要がある。

上述した検討結果および省エネルギー事業の優先順位については、2014年2月18日に実施した第2回ワークショップにおいて、エルサルバドル関係者に説明し、JICA調査団の提案に対して賛同を得ることができた。

### 5.3.3 実施スキーム

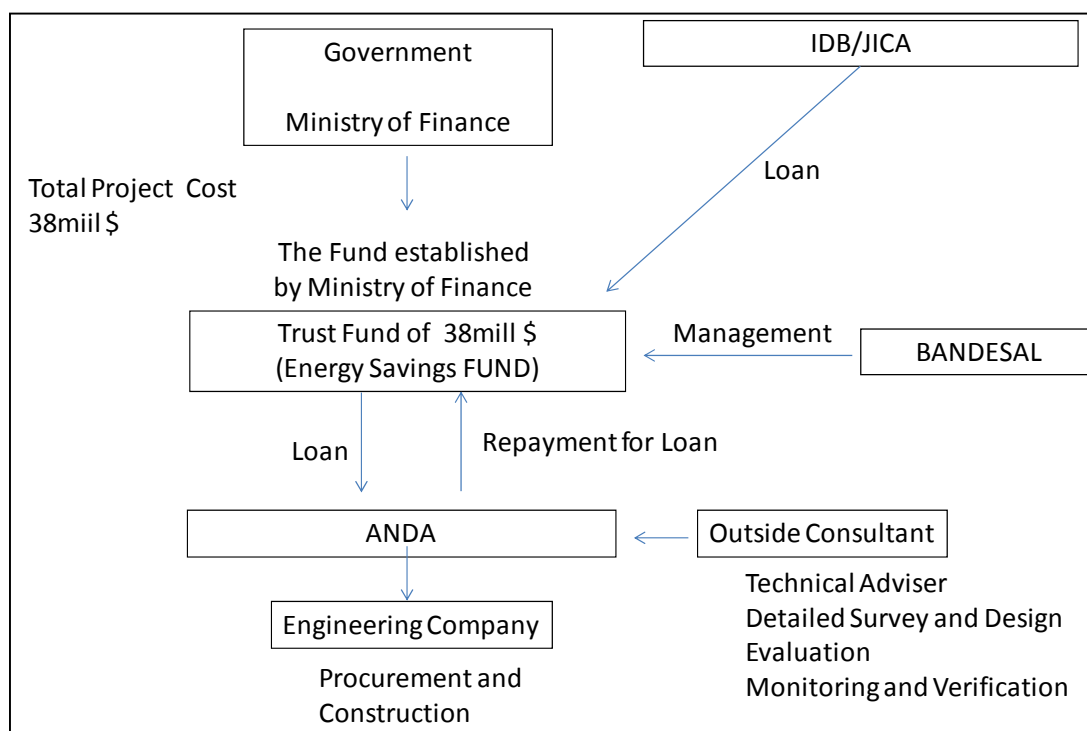
優先順位1にANDAのポンプ場および公共照明の省エネルギー事業に関して、IDB/JICAのCOREスキームを想定した事業スキームを検討した。下図に示す事業スキームは、現状知り得た情報により想定したアイデアベースのものであり、その有効性については詳細に検討する必要がある。

#### (1) ANDA のポンプ場の省エネルギー事業

総事業費は38.2百万ドル、ANDAにとっては大きな額のローンとなる。ANDAによる事業管理では限界があることから、事業実施においては資金管理および技術支援が必要となる。

下図にANDAのポンプ場省エネルギー事業の実施イメージを示す。

- 1) 財務省が本事業のための信託基金を設立する。
- 2) IDBとJICAがCOREスキームにより信託基金に38百万ドルを融資する。
- 3) BANDESALが信託基金を運用管理する。
- 4) 信託基金がANDAにプロジェクト資金を融資する。
- 5) ANDAは外部コンサルタントに技術的支援を委託する。
- 6) ANDAは信託基金にローンを返済する。



出典：JICA 調査団

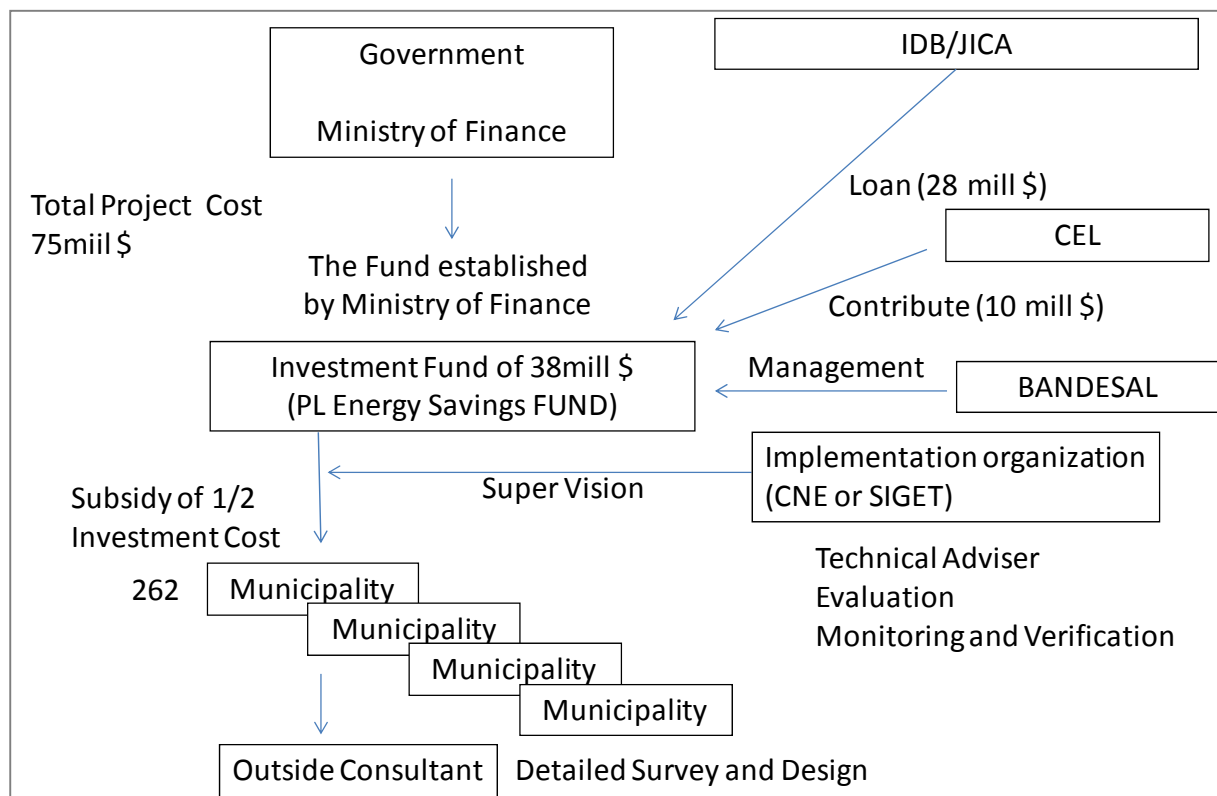
図 5.3.1 ANDA のポンプ場省エネルギー事業の実施イメージ

## (2) 公共照明（補助金活用スキーム）

公共照明の省エネルギーを推進するためには支援制度による実施が有効である。地方自治体が実施する省エネルギー事業に対して国による補助金制度を提案する。

下図に想定した事業スキームを示す。

- 1) 財務省が公共照明の省エネルギー事業のための投資基金を設立する。
- 2) 投資基金の規模は、総事業費の 1/2 に相当する 37.5 百万ドルとする。
- 3) IDB と JICA が CORE スキームにより投資基金に 28 百万ドルを融資する。
- 4) CEL が受け取っている補助金の中から 10 百万ドルを投資基金へ拠出する。
- 5) BANDESAL が投資基金を運用管理する。
- 6) 投資基金は地方自治体に対して事業費の 1/2 を補助する。
- 7) CNE または SIGET が事業管理を技術的に支援する。
- 8) 地方自治体は事業実施のための詳細調査を外部のコンサルタントに委託する。
- 9) 地方自治体は照明の更新を 1/2 の事業費で実施でき、公共照明に掛かる電気代が約半分に削減される。



出典：JICA 調査団

図 5.3.2 公共照明の省エネルギー事業の実施イメージ

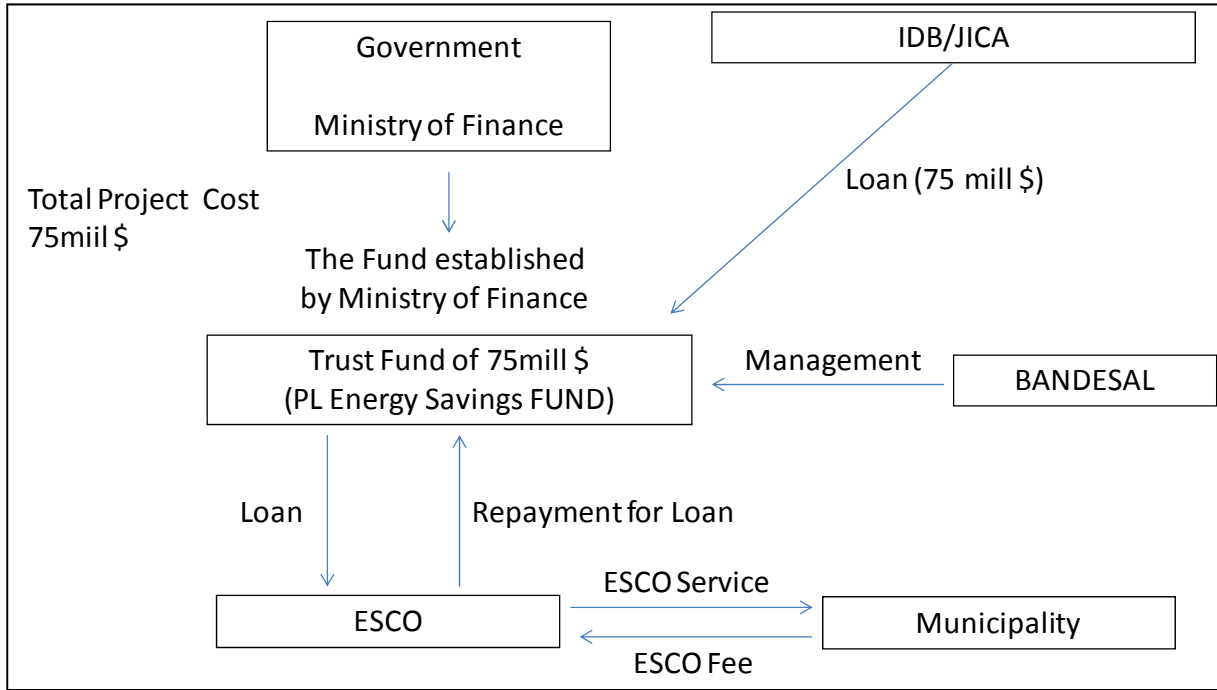
### (3) 公共照明（ESCO 事業方式）

ESCO 事業は省エネルギーを推進する上で、有効なツールのひとつである。特に、ESCO 事業向けの低金利融資が実現できれば、ESCO 事業スキームでの実施は十分可能である。但し、エルサルバドルにおいて、ESCO 事業の実績は確認できていないため、ESCO 事業スキームの実現には、ESCO 事業者の育成などの事業環境を整備する必要がある。

下図に想定した事業スキームを示す。

- 1) 財務省が公共照明の省エネルギー事業のための信託基金を設立する。
- 2) 信託基金の規模は、総事業費のに相当する 75 百万ドルとする。
- 3) IDB と JICA が CORE スキームにより信託基金に 75 百万ドルを融資する。
- 4) BANDESAL が信託基金を運用管理する。
- 5) 信託基金は ESCO 事業に対して事業資金を融資する。
- 6) 地方自治体は削減された電気代から ESCO 事業者に対して ESCO 費用を支払う。





出典：JICA 調査団

図 5.3.3 公共照明の ESCO 事業方式省エネルギー事業の実施イメージ