

ベリーズ国  
財務省  
建設省

ベリーズ国  
太陽光を活用したクリーンエネルギー  
導入計画準備調査  
(ベリーズ国、ウルグアイ国、ボリビア国)

協力準備調査報告書

平成 22 年 10 月  
(2010 年)

独立行政法人 国際協力機構  
(JICA)

日本工営株式会社

産業
CR (1)
10 - 113

ベリーズ国  
財務省  
建設省

ベリーズ国

太陽光を活用したクリーンエネルギー

導入計画準備調査

(ベリーズ国、ウルグアイ国、ボリビア国)

## 協力準備調査報告書

平成 22 年 10 月

(2010 年)

独立行政法人 国際協力機構  
(JICA)

日本工営株式会社

## 序 文

独立行政法人国際協力機構は、ベリーズ国の太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画にかかる協力準備調査を実施し、平成21年8月9日から8月25日まで、および平成22年6月14日から7月4日まで調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ベリーズ政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成22年8月28日から9月6日まで実施された概略設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

最後に、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成22年10月

独立行政法人 国際協力機構  
産 業 開 発 部  
部 長 桑 島 京 子

## 要約

## 要 約 (ベリーズ国)

### 1. 国の概要

ベリーズ国は中央アメリカ本土、ユカタン半島の一部をなし、北部をメキシコ国、西部及び南部をグアテマラ国、東部をカリブ海に接している。全国土 2,960 km<sup>2</sup> のうち、95% が本土、5% が 1,060 を越える島々で構成されている。北部の半分以上と南部のほぼ全域 3 分の 1 以上が海岸線沿いの地域が島々であり、平坦な低地となっている。海岸線の多くの範囲は、内陸数 km まで海拔 1m 以下の低地である。この国の西部の北側には海拔約 250m の地域が位置している。中央部にはマヤ山脈/Pine 山脈尾根山塊が横たわっており、最も高い地点は 1,124m である。

総人口は約 31 万人 (2007 年) である。ベリーズは複数の民族によって構成されており、2000 年の国勢調査によるとメスチソ 48.7%、クレオール 24.9%、マヤ族 10.6%、ガリフナ (中央アメリカ固有の混血民族) 6.1%、その他が 9.7% となっている。

ベリーズ経済の規模は大きくなく、特に民間企業においては観光業が最も外貨収入源として大きく、次に水産物、柑橘類、さとうきび、砂糖、バナナ、衣服の輸出がそれに続く。1998 年 9 月に開始された政府の拡張的な金融政策と財政政策の主導によって、1997-2007 年の期間は GDP の平均成長率は約 4% であった。しかしながら世界的な不況や自然災害や石油価格の下落が原因で経済成長は、2008 年は 3%、2009 年は -1.5% と低調となった。一方で、2006 年の油田発見が経済成長を促進した。探査の継続と生産によって 2009 年には石油の生産量は少量増加した。しかし、GDP の約 70% に相当する多額の貿易赤字と持続不可能な対外債務という大きな課題は継続している状況である。

2007 年 2 月、政府は通商債務は利払いの減少を促進し、国の流動的な出資を軽減することで、公共の外部的な通称債務のほとんどの再構築を目指している。短期的な目標を達成する鍵として、国際的なドナーの援助による貧困削減が挙げられている。

### 2. プロジェクトの背景、経緯及び概要

温室効果ガスの排出削減と経済成長を両立させ、気候の安定化に貢献しようとする途上国に対する取り組みとして、「我が国の地球規模の温暖化気候変動対策」を発表し、省エネルギー等の途上国の排出削減への取り組みに積極的に協力するとともに、気候変動により深刻な被害を受ける途上国に対して支援することを決定した。この取り組みの一環として、「環境プログラム無償資金協力事業」が導入された。この取り組みに賛同したベリーズ国に対して、「ベリーズ国太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」のための協力準備調査が実施された。

ベリーズ国の電力供給事業は、配電会社である BEL (Belize Electricity Limited) 社に依存している。この 3 年間、ピーク電力は毎年約 5% の伸びを示している。2008 年のピーク電力は 74.3MW であるが 2009 年には 76.17MW (午後 2 時) を記録している。ベリーズ国の発電事業は 2009 年にいくつかの独立系新規発電設備が系統に接続された事により、総設備容量は 117MW となった。これは、最大需用電力の 76MW を超えており、国内の電力需要をまかなえる状態である。メキシコからの電力は、同国の連邦電力委員会 (CFE: Comisión Federal de Electricidad) から調達している。しかし、2009 年 4 月、主要な発電設備に甚大な事故が発生し、ベリーズ国への供給を一時的に停止した。その後、電力供給を限定的に行われたため同年 10 月には電力購入合意書 (PPA: Power Purchase Agreement) を破棄するに至った。現在、CFE は BEL への電力供給を可能な範囲で継続している。しかし、国内の IPP からの電力購入単価に比べてメキシコからの電力購入単価が経済的であるため、CFE からの輸入が半分近くを占めている。

このような背景のもと、ベリーズ国は輸入電力や化石燃料に依存しない代替エネルギー源として、水力発電、バイオマス発電、太陽光および風力発電などの導入を模索中である。しかし、太陽光発電の導入実績は限られている。ベリーズ国は電化率が 90%程度であるため、地方電化の用途としての太陽光発電の活用も検討されており、小型太陽光発電を含む独立型発電設備の潜在的需要と考えることが出来る。

ベリーズ国からの要請に基づき、財務省(MOF)が責任官庁となり、建設省(MOW)が実施機関となり、ベリーズ大学(UB)敷地内に、発電出力 350kW の系統連系型太陽光発電設備を導入する計画とした。機材は、気候変動の対策として必要性・妥当性・持続性が認められるものを調達する。調達予定の機材および本プロジェクトの協力成果の持続性を確保するためにソフトコンポーネントによる支援を実施する。

### 3. 調査結果の概要とプロジェクトの内容

ベリーズ国からの要請に対して日本国政府は、太陽光発電設備の建設に係る協力準備調査を実施することを決定し、国際協力機構は 2009 年 8 月 9 日から 8 月 25 日まで第 1 次調査団を現地へ派遣した。調査団はベリーズ国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における第 1 次案件形成調査を実施した。帰国後、協力概要資料を提出している。2009 年 11 月 23 日から 12 月 15 日まで、第 2 次現地調査を実施した。帰国後、国内解析を経て概略設計概要書を作成したが、社会保険局横の土地使用が拒否されたため、第 3 次調査にてベリーズ大学構内とすることで合意した。そのため、2010 年 6 月 14 日から 7 月 4 日まで第 4 次現地調査を実施した。帰国後、国内解析を経て概略設計概要書を作成し、平成 22 年 8 月 28 日から 9 月 6 日まで設計概要説明のための調査団を現地へ派遣した。

ベリーズ国政府より要請のあった太陽光発電設備の候補地は、協議の結果、首都ベルモパンのベリーズ大学構内とした。MOF と UB との間で覚書を取り交わし、大学構内の土地を使用する。サイトの選定に当たり、下記に示す方針に従い、実施可能なサイトを選定した。

- 1) ショーケース効果、
- 2) 我が国に優位性のある技術・ノウハウの積極的活用、
- 3) 持続的な維持管理体制の構築等

当該環境プログラム無償資金協力案件のスキームの下、導入される主要な施設・機材は 太陽光モジュールと架台の調達・据付・試験、 パワーコンディショナーの調達・据付・試験、 昇圧用変圧器並びに配電系統連系機器の調達・据付・試験としている。大学構内ではあるが、大学周辺にはフェンスがないため、フェンスを供給範囲とする。また、発電電力や日射量を表示するパネルを講堂の入口脇に設置し、WEB によるデータの情報提供を計画する。

このサイトにおける整備される機材の最大発電容量および設置予定面積は下表のとおりである。

太陽光発電設備の必要土地面積

土地	発電容量：350 kWp
長さ (m)	95
奥行 (m)	87
必要土地面積 (m <sup>2</sup> )	8,265 (2.04 Acer)

出所：JICA 調査団

なお、主要資機材である、太陽光モジュール、パワーコンディショナー、変圧器については、日本国からの調達とする。

また、太陽光発電設備の初期性能を維持するため交換部品の保有が不可欠である。ベリーズ国における予備品の入手は不可能であり、すべて日本からの調達となる。雷害や、故障による運転中止期間をできるだけ少なくするため、太陽光パネルは 3%の枚数を購入する。パワーコンディショナーは本

設備の心臓部であり、単線結線図に記載された単機出力容量と同等な出力を有するパワーコンディショナーを 1 式購入するとともに、アレスター、換気用ファン、フィルターを必要数購入する。高圧機器については、避雷器(3 相)、保護リレー、メーター各 1 種類をそれぞれ 1 式購入する。

#### 4. プロジェクトの工期及び概算事業費

本プロジェクトの実施工程は交換公文(E/N)が 2009 年 12 月 14 日に締結された。コンサルタントの推薦後、約 4 ヶ月で入札が実施され、施工業者が決定する。業者契約後、設計製作図面作成から竣工までの全体工程は、12 ヶ月とした。

概略事業費は、5.09 億円(日本側 5.06 億円、ベリーズ国側 332 万円)である。

#### 5. プロジェクトの評価

本プロジェクト実施の妥当性について、以下の通り考察する。

##### 1) 国家計画との整合性

ベリーズ政府は、エネルギー国家計画の策定を目指しているが、今のところ策定に向けて検討作業を継続している。この中でも、再生可能エネルギーの導入を推奨している。また、PUC は再生可能エネルギーを念頭に置いた IPP による系統連系に関する法整備を進めており、本プロジェクトの実施はベリーズの国家計画と整合性が取れている。

##### 2) ショーケース効果

ベリーズ国立の総合大学であるベリーズ大学は、首都ベルモパン市に位置し、学生数 3,400 人を擁する。ベルモパン市の人口 16,000 人と比較しても、大きな割合を占めている。また、設置予定地は、大学の講堂に隣接しており、催し物が多く行われる講堂への外部からの訪問者も多い事から、ショーケース効果に優れた場所といえる。必要に応じて、大学職員による施設の説明、環境教育を実施することにより、再生可能エネルギー開発への啓発・理解が広く期待される。

##### 3) 我が国に優位性のある技術・ノウハウの積極的活用

ベリーズ国では小規模独立・分散型の PV システムの導入実績はあるが、本件のような電力系統連系型システムの導入実績はない。日本では既に系統連系型システムは実用段階に入っており、その導入実績も多い。したがって、本プロジェクトで系統連系型の PV システムを導入するにあたり、我が国の技術・ノウハウを十分に活用することができる。

##### 4) 持続的な維持管理体制の構築

ベリーズ側のプロジェクト実施体制に問題はないと判断されるが、同国にとって系統連系型の PV システムの導入は初めての経験であり、メーカーの専門員による技術指導やコンサルタントによるソフトコンポーネントにより、技術移転・人材育成を実施し、持続的な運営・維持管理体制を整備することにより、再生可能エネルギーの普及に繋がることが期待される。

## 5) 環境面の影響

大学構内での機器の据付や工事が行われるが、学生や職員、大学構内を利用する近隣住民に対する騒音や安全対策上の配慮が必要となる。明確な作業範囲の区分けと交通安全などの一般的な配慮事項を施工時に遵守すれば、周辺住民ならびに周辺環境に特別な影響を与えることはない。

以上より、本プロジェクトを我が国の無償資金協力で実施することの意義は大きく、その妥当性は高いと判断する。

また、プロジェクトの実施の定量的効果として、系統へ供給する電力量の増加と CO<sub>2</sub> 排出量の削減が考えられる。その指標と目標について次の表に示す。

表 効果指標と目標値

指標名	基準値 (2010 年)	目標値 (2013 年) 【事業完成 3 年後】
送電端電力量 (MWh/年)	0	460 MWh/年
CO <sub>2</sub> 削減量 (t/年)	0	142 ton/年

出所：JICA 調査団

定性的効果としては、再生可能エネルギーの導入促進、デモンストレーション効果、啓発効果などが期待できる。



## 位置図(Belize, Belmopan)



現地状況写真  
(ベリーズ大学、ベリーズ)



財務省付近の官庁建物群の様子(ベルモパン)



ベリーズシティからベルモパンに向かう道路



ベリーズ大学構内のプロジェクトサイト(北側から)



ベリーズ大学構内のプロジェクトサイト全景  
(南側、講堂屋上から)



ベルモパンディーゼル発電所



新規ベルモパン変電所(建設中)

---

ベリーズ国  
太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画準備調査  
(ベリーズ国、ウルグアイ国、ボリビア国)

協力準備調査報告書

序文  
要約  
位置図／写真

目 次

第1章 プロジェクトの背景・経緯	
1-1 当該セクターの現状・経緯	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-10
1-1-3 社会経済状況	1-10
1-2 環境プログラム無償資金協力の背景・経緯および概要	1-11
1-3 我が国の援助動向	1-11
1-4 他国ドナーの援助情報	1-11
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	
2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-2
2-1-3 技術水準	2-3
2-1-4 既存施設・機材	2-3
2-2 プロジェクトサイトおよび周辺の状況	2-4
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-4
2-2-2 自然条件	2-5
2-2-3 環境社会配慮	2-5
第3章 プロジェクトの内容	
3-1 プロジェクトの概要	3-1
3-2 協力対象事業の概略設計	3-3
3-2-1 設計方針	3-3
3-2-2 基本計画(施設計画／機材計画)	3-11
3-2-3 基本設計図	3-23
3-2-4 施工計画／調達計画	3-23
3-2-4-1 施工方針/調達方針	3-23
3-2-4-2 施工上/調達上の留意事項	3-25
3-2-4-3 施工区分/調達・据付区分	3-27

---

3-2-4-4	施工監理計画/調達管理計画.....	3-27
3-2-4-5	品質管理計画.....	3-30
3-2-4-6	資機材等調達計画.....	3-31
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画.....	3-31
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画.....	3-32
3-2-4-9	実施工程.....	3-36
3-3	相手国負担事業の概要.....	3-37
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3-41
3-5	プロジェクトの概略事業費.....	3-43
3-5-1	協力対象事業の概略事業費.....	3-43
3-5-2	運営・維持管理費.....	3-44

## 第4章 プロジェクトの評価

4-1	プロジェクトの前提条件.....	4-1
4-1-1	事業実施のための前提条件.....	4-1
4-1-2	プロジェクト全体計画達成のための外部条件.....	4-1
4-2	プロジェクトの評価.....	4-2
4-2-1	妥当性.....	4-2
4-2-2	有効性.....	4-3

### [資料]

1. 調査団員・氏名
2. 調査行程
3. 関係者(面談者)リスト
4. 討議議事録(M/D)
5. ソフトコンポーネント計画書
6. 概略設計図
7. 参考資料
  - 1) 土地使用許可(ベリーズ大学)レター
  - 2) 初期環境調査の承認レター

---

## 表リスト

表 1-1	電力料金体系表 .....	1 - 8
表 2-1	MOW の 2008 年度 財務状況 .....	2 - 2
表 2-2	プロジェクト担当部門.....	2 - 3
表 2-3	ベリーズ国での温室効果ガスの状況 .....	2 - 7
表 3-2-1	維持管理の役割分担 .....	3 - 5
表 3-2-2	日常点検項目 .....	3 - 6
表 3-2-3	定期点検項 .....	3 - 6
表 3-2-4	運営管理/データ管理 .....	3 - 7
表 3-2-5	啓発活動 .....	3 - 7
表 3-2-6	PV システム設置候補地.....	3 - 12
表 3-2-7	推定発電量 .....	3 - 15
表 3-2-8	太陽光発電設備の必要土地面積 .....	3 - 18
表 3-2-9	ベリーズ大学構内の地耐力 .....	3 - 18
表 3-2-10	主要機材一覧.....	3 - 19
表 3-2-11	基本設計図リスト.....	3 - 24
表 3-2-12	施工区分/据付区分 .....	3 - 28
表 3-2-13	初期指導の指導内容 .....	3 - 32
表 3-2-14	対象と活動概要 .....	3 - 35
表 3-2-15	運営管理 / データ管理.....	3 - 35
表 3-2-16	太陽光発電の基礎.....	3 - 36
表 3-2-17	維持管理 / トラブル・シューティング .....	3 - 36
表 3-2-18	啓発活動 .....	3 - 37
表 3-2-19	業務実施工程表 .....	3 - 38
表 3-3-1	日本国とベリーズ国関係機関との分担事項仕分表.....	3 - 39
表 3-3-2	ベリーズ国側取得予定用地 .....	3 - 42
表 3-4-1	維持管理要員と役割 .....	3 - 43
表 3-5-1	積算条件 .....	3 - 45
表 3-5-2	概略事業総括表 .....	3 - 45
表 3-5-3	ベリーズ国側負担事業経費.....	3 - 46
表 3-5-4	運転保守要員配置計画.....	3 - 47
表 3-5-5	運転維持管理費(年間当り) .....	3 - 48
表 4-1	効果指標と目標値.....	4 - 4

---

## 図リスト

図 1-1	気候変動対策担当組織図.....	1 - 1
図 1-2	ベリーズ国 発電電力量の内訳 .....	1 - 3
図 1-3	ベリーズの電力系統図.....	1 - 5
図 1-4	ベリーズ国、ベルモパン変電所 日負荷曲線.....	1 - 6
図 1-5	ベリーズ国、ベルモパン年負荷曲線 .....	1 - 7
図 1-6	BEL 組織図.....	1 - 9
図 2-1	MOW 組織図 .....	2 - 1
図 2-2	資源・環境省の組織図.....	2 - 6
図 3-2-1	Belmopan Load Center 電力需要状況 (MW) .....	3 - 17
図 3-2-2	環境プログラム無償 実施システム.....	3 - 25



## 略 語

A/A	: Agent Agreement	調達代理契約
AC	: Alternate Current	交流
ACB	: Air Circuit Breaker	空気遮断器
ANSI	: American National Standards Institute	米国規格協会
A/P	: Authorization to Pay	支払い授權書
APEB	: Association of Professional Engineer in Belize	ベリーズ技術士協会
B/A	: Banking Arrangement	銀行取極め
BAS	: Belize Audubon Society	ベリーズオードユボン協会
BEL	: Belize Electricity Limited	ベリーズ配電会社
CCCCC	: Caribbean Community Climate Change Centre	カリブ共同気候変動センター
CDM	: Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CFE	: Comisión Federal de Electricidad	メキシコ連邦電力委員会
COP	: Conference of the Parties	締約国会議
CT	: Current Transformer	変流器
CV	: cross-linked polyethylene vinyl sheathed (cable)	架橋ポリエチレン絶縁ビニールシース(ケーブル)
CVT	: Current Voltage Transformer	計器用変流変圧器
CVV	: Control-use Vinyl insulated Vinyl sheathed (cable)	制御用ビニル絶縁ビニールシース(ケーブル)
CVVS	: Control-use Vinyl insulated Vinyl sheathed annealed copper tape (cable)	制御用ビニル絶縁ビニールシース銅遮へいテープ(ケーブル)
DC	: Direct Current	直流
DER	: Directional Earth-fault Relay	方向地絡継電器
DS	: Disconnecting Switch	断路器
EIA	: Environmental Impact Assessment	環境影響評価
E/N	: Exchange of Notes	交換公文
ES	: Earthing Switch	接地開閉器
FEP	: Perfluoro (ethylene-propylene) plastic pipe for underground cable	波付硬質ポリエチレン管
FIT	: Feed in Tariff	固定価格買取制度
FOB	: Free on Board	本船渡し
F/S	: Feasibility Study	企業化調査
G/A	: Grant Agreement	無償資金贈与契約
GDP	: Gross Domestic Product	国内総生産
GEF	: Global Environmental Facility	地球環境ファシリティ
GNI	: Gross National Income	国民総所得
GVT	: Grounding Voltage Transformer	接地変成器
GWP	: Global Warming Potential	地球温暖化係数
IT	: Information technology	情報技術
IDB	: Inter-American Development Bank	米州開発銀行
IEA	: International Energy Agency	国際エネルギー機関
IEC	: International Electro-technical Commission	国際電気標準会議
IEE	: Initial Environmental Examination	初期環境影響調査
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers	電気電子技術者協会
IMF	: International Monetary Fund	国際通貨基金
IP	: International Protection (standards)	国際保護等級(規格)

---

IPCC	:	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
IPP	:	Independent Power Producer	独立系発電事業者
JCS	:	Japan Cable Standard	日本ケーブル規格
JEC	:	Japanese Electromechanical Committee (standards)	電気学会電気規格調査会標準規格
JEM	:	Japan Electrical Manufacturers' (standards)	日本電機工業会規格
JICA	:	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JIS	:	Japan Industry Standard	日本工業規格
JSC	:	Joint Stock Company	公社
LA	:	Lightning Arrester	避雷器
LED	:	Light Emitting Diode	発光ダイオード
MCCB	:	Molded Case Circuit Breaker	モールドケース遮断器
MD	:	Minutes of Discussions	協議議事録
MDF	:	Main distribution frame	主配線盤
MOF	:	Ministry of Finance	財務省
MOW	:	Ministry of Works	建設省
NASA	:	National Aeronautics and Space Administration	アメリカ航空宇宙局
NEC	:	National Electrical Code	米国電気工事規程
NGO	:	Non Governmental Organization	非政府組織
NMS	:	National Meteorological Service	全国気象業務部
O&M	:	Operation and Maintenance	運営・維持管理
OCR	:	Over Current Relay	過電流継電器
OCGR	:	Over Current Ground-fault Relay	地絡過電流継電器
ODA	:	Official Development Assistance	政府開発援助
OFR	:	Over Frequency Relay	過周波数継電器
OLADE	:	Organization Latin America Energy	ラテンアメリカエネルギー機関
ONAN	:	Oil immersed, natural flow, air cooling system	油入自令式
ONAF	:	Oil immersed, natural flow, forced air cooling system	油入空冷式
OVGR	:	Over Voltage Ground-fault Relay	地絡過電圧継電器
OVR	:	Over Voltage Relay	過電圧継電器
PC	:	Power Conditioner	パワーコンディショナー
PC	:	Personal computer	パソコン
PF	:	Power Factor	力率
PPA	:	Power Purchase Agreement	電力購入合意書
PUC	:	Public Utilities Commission	公共事業規制委員会
PV	:	Photovoltaic	太陽光発電
PWM	:	Pulse Width Modulation	パルス幅変調
SA	:	Surge Arrester	避雷器
SHS	:	Solar Home System	小規模独立系太陽光発電設備
SPC	:	Steel plate cold rolled	冷間圧延鋼板
SPHC	:	Steel plate hot rolled commercial	熱間圧延軟鋼板
SS	:	Steel structure	一般構造用圧延鋼材
T/D	:	Transducer	変換器
TR	:	Transformer	変圧器
UB	:	University of Belize	ベリーズ大学
UFR	:	Under Frequency Relay	不足周波数継電器

---



---

UNDP	:	United Nations Development Program	国連開発計画
UNCED	:	UN Conference on Environment and Development	国連環境開発会議
UNFCCC	:	UN Framework Convention on Climate Change	国連気候変動枠組み条約
UPS	:	Uninterruptible Power Supply	無停電電源装置
USAID	:	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
UVR	:	Under Voltage Relay	不足電圧継電器
VCB	:	Vacuum Circuit Breaker	真空遮断器
WB	:	World Bank	世界銀行
WB PHRD	:	World Bank Policy and Human Resource Development (Fund)	開発政策・人材育成(基金)
WTO	:	World Trade Organization	世界貿易機関
XLPE	:	Cross-linked polyethylene (cable)	架橋ポリエチレン(ケーブル)
ZCT	:	Zero-phase Current Transformer	零相変流器

---

---

## 單位

距離	mm	:	Millimeters
	cm	:	Centimeters (10.0 mm )
	m	:	Meters (100.0 cm)
	km	:	Kilometers (1,000.0 m)
	feet	:	12 inch = 0.30303 meter
面積	cm <sup>2</sup>	:	Square-centimeters (1.0 cm x 1.0 cm)
	m <sup>2</sup>	:	Square-meters (1.0 m x 1.0 m)
	km <sup>2</sup>	:	Square-kilometers (1.0 km x 1.0 km)
	ha	:	Hectare (10,000 m <sup>2</sup> )
	acre	:	1 acre=4,046.86 Square-meters
體積	cm <sup>3</sup>	:	Cubic-centimeters (1.0 cm x 1.0 cm x 1.0 cm)
	m <sup>3</sup>	:	Cubic-meters (1.0 m x 1.0 m x 1.0 m)
重量	g	:	grams
	kg	:	kilograms (1,000 g)
	ton	:	Metric ton (1,000 kg)
	kN/m <sup>2</sup>	:	kilo Newton per Square meters
	kgf/cm <sup>2</sup>	:	kilo grams foot per Square-centimeters
時間	sec.	:	Seconds
	min.	:	Minutes (60 sec.)
	hr.	:	Hours (60 min.)
通貨	BZ\$	:	Belize Dolares
	US\$	:	United State Dollars
	¥	:	Japanese Yen
電力	V	:	Volts (Joule/coulomb)
	kV	:	Kilo volts (1,000 V)
	A	:	Amperes (Coulomb/second)
	kA	:	Kilo amperes (1,000 A)
	Ω	:	Ohm
	MΩ	:	Mega-ohm
	Hz	:	
	W	:	Watts (active power) (J/s: Joule/second)
	kW	:	Kilo watts (10 <sup>3</sup> W)
	MW	:	Mega watts (10 <sup>6</sup> W)
	Wh	:	Watt-hours (watt x hour)
	kWh	:	Kilo watt-hours (10 <sup>3</sup> Wh)
	MWh	:	Mega watt-hours (10 <sup>6</sup> Wh)
	GWh	:	Giga watt-hours (10 <sup>9</sup> Wh)
	VA	:	Volt-amperes (apparent power)
	kVA	:	Kilo volt-amperes (10 <sup>3</sup> VA)
	MVA	:	Mega volt-amperes (10 <sup>6</sup> Wh)
	var	:	Volt-ampere reactive (reactive power)

---

---

kvar	:	Kilo volt-ampere reactive ( $10^3$ var)
Mvar	:	Mega volt-ampere reactive ( $10^6$ var)
Wp	:	Watt-peak

## 第1章 プロジェクトの背景・経緯

## 第 1 章 プロジェクトの背景・経緯

### 1-1 当該セクターの現状・経緯

#### 1-1-1 現状と課題

##### (1) 気候変動対策の現状

ベリーズ国では、他の中米各国とともに、1992 年にブラジルのリオデジャネイロで開催された地球環境サミットに参加し、国連環境開発会議(UNCED)にて国連気候変動枠組み条約 (UNFCCC) に署名をしている。気候変動における国家行動として、ベリーズ政府は気候変動における技術的助言を与える機関として、資源・環境省 (Ministry of Natural Resources and the Environment) の気象局の下部組織である全国気象業務部 (NMS: National Meteorological Service) を指名した。その後、国家開発過程に気候変動問題を組み込むことが重要となり、国家気象委員会を設立し、関連する政府へ気候変動問題の助言を引き続き行った。2003 年 9 月 26 日に京都議定書に加入しており、クリーン開発機構 (CDM) や京都議定書による新たな気候変動問題に対応する専用組織の設立が必要になってきている。

また、ベリーズ国はラテンアメリカ 18 カ国が形成している OLADE (Organization Latin America Energy) に 2009 年 11 月にメンバーとして加盟した。OLADE は特に再生エネルギーに関するトレーニングやワークショップを開き地球温暖化対策に取り組んでいる。ベリーズがメンバーに加入したことにより今後ベリーズでは太陽光発電を含む再生エネルギーの普及が促進されると期待できる。

##### 1) 気候変動対策組織

ベリーズ国における気候変動対策は、資源・環境省の下部組織である全国気象業務部が中心となって行われている。図 1-1 に組織図を示す。

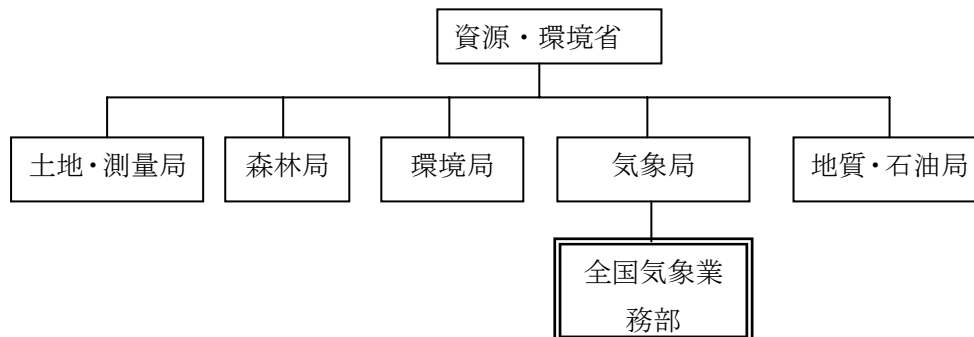


図 1-1 気候変動対策担当組織図

(出所：資源・環境省)

## 2) 再生可能エネルギー

気候変動の緩和策として、温室効果ガスの排出量を削減できる再生可能エネルギーの利用が考えられる。UNDP による支援で PUC(公共事業規制委員会)は国家エネルギー政策提案書を提案しており、エネルギー政策として、エネルギーの多様化により電力供給を安定化および化石燃料への依存を減少させる政策が考えられている。気候変動対策のため、地球温暖化ガス排出量を抑制できる再生可能エネルギーの導入は緩和策の一つに掲げられている。

現在、ベリーズ国に導入されている再生可能エネルギーとして水力発電のバイオマス発電があげられる。バイオマス発電は、バガス（サトウキビの搾りカス）を主要燃料にしている。発電設備としては設備容量が 13.5MW で 2009 年 9 月に完成し現在は試運転の状態である。その他に、風力発電の利用等が考えられるが、現在は小規模なものを除き導入実績はない。Baldy Beacon に候補地があるが、風況精査が必要とされている。

BEL(Belize Electricity Limited)の 2009 年度報告書によると、水力発電部門の年間発電量は、Hydro Maya は 7.8GWh で総発電電力量の 2%、Mollejon and Chalillon( Hydroelectric facilities(BECOL)は 158GWh で 38%を占めている。2006 年から Macal river の Vaca で 18MW が建設中で 2010 年第一 4 半期に完成予定である。この発電電力量は、80GWh と推定されている。そのため、水力発電による発電量は合計で、250GWh となり、総発電電力量の約 60%を占めることが可能になる。乾季には水力による発電量が減少するため、化石燃料又は輸入により補填する必要がある。水力発電は、化石燃料への依存を減らし、地球温暖化ガス排出量を抑制に貢献できる。

ベリーズ国において、再生可能エネルギーの普及が遅れている原因の一つとして、再生可能エネルギーの導入を優遇する国家政策が不在していることがあげられる。

## 3) 太陽光発電

ベリーズ国では、太陽光発電の導入実績は限られている。ベリーズ国において太陽光発電の設備容量が占める割合は PUC によると、総設備容量の 0.003%である。太陽光発電の導入例として、系統電力に連系されていない地区への電力供給プロジェクトが、イタリア政府の援助およびベリーズとキューバ政府の共同実施で行われている。プロジェクト内容は、既存の電力網から離れている未電化地区に出力 100W の太陽光パネルとコントローラー、インバータおよび蓄電池を 85 の世帯および公共施設に設置している。このプロジェクトは NMS によってホームページ上で紹介されており、2004 年に実施されている。

ベリーズ国における太陽光発電の導入実績は限定的であるが、電化率が 90%である

ことから、独立型の小型太陽光発電や風力発電による地方電化の潜在的需要があると考えられる。一方で、系統連系の太陽光発電は初期投資の設備費が高価であり、普及促進の阻害要因になっていると考えられる。

**(2) 電力**

ベリーズ国の電力供給事業は、配電会社である BEL (Belize Electricity Limited) 社に依存している。この 3 年間、ピーク電力は毎年約 5%の伸びを示している。2008 年のピーク電力は 74.3MW であるが 2009 年には 76.17MW (午後 2 時) を記録している。ベリーズ国の発電事業は 2009 年にいくつかの独立系新規発電設備が系統に接続された事により、総設備容量は 117MW となった。これは、最大需用電力の 76MW を超えており、国内の電力需要をまかなえる状態である。メキシコからの電力は、同国の連邦電力委員会(CFE: Comisión Federal de Electricidad)から調達している。しかし、2009 年 4 月、主要な発電設備に甚大な事故が発生し、ベリーズ国への供給を一時的に停止した。その後、電力供給を限定的に行われたため同年 10 月には電力購入合意書(PPA: Power Purchase Agreement)を破棄するに至った。現在、CFE は BEL への電力供給を可能な範囲で継続している。しかし、国内の IPP からの電力購入単価に比べてメキシコからの電力購入単価が経済的であるため、CFE からの輸入が半分近くを占めている。ベリーズ国の発電電力量の内訳を図 1-2 に示す。

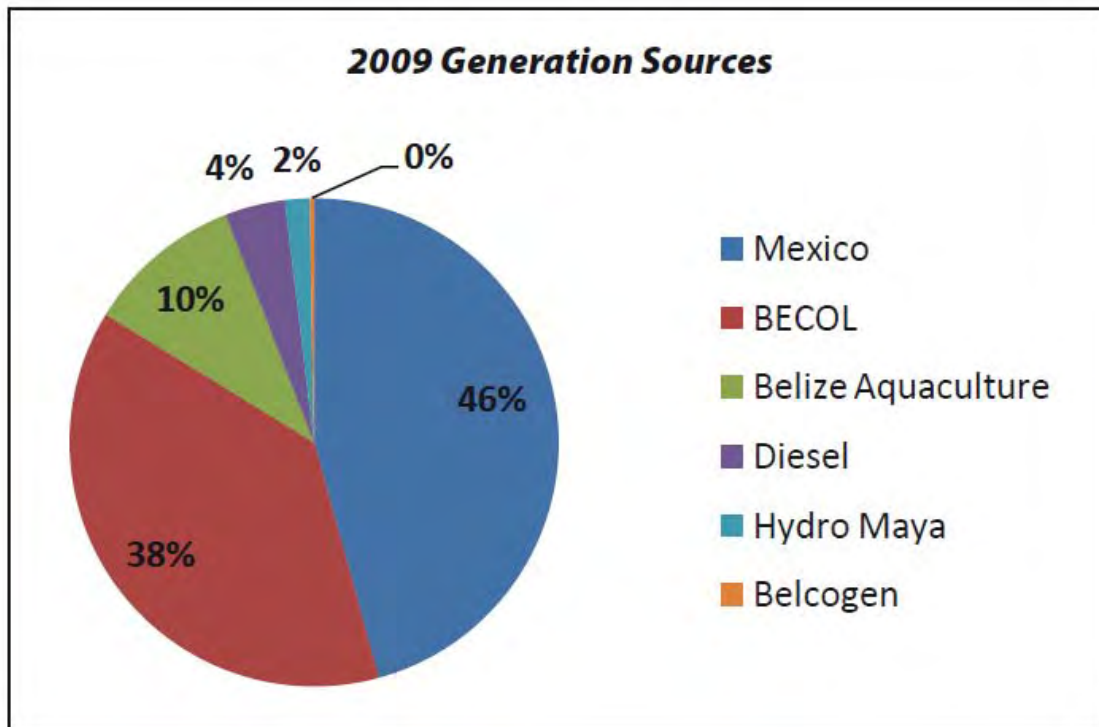


図 1-2 ベリーズ国 発電電力量の内訳 (出所：2009 年 BEL Annual Report)

BELはCFEから54%(2008年)、46%(2009年)、ハイドロマヤ(水力)から3%(2008年)、2%(2009年)、BECOL(水力)から41%(2008年)、38%(2009年)を購入し、BEL自身で残りの2%(2008年)、4%(2009年)をディーゼルで発電しており、年間463GWh(2008年実績)、473GWh(2009年実績)を購入し配電している。

乾季には水力発電量が減少するためメキシコからの輸入超過となり国際的な原油価格変動の影響が大きく電力供給が安定していない。また、半分近くを輸入しているメキシコ系統の事故や停電などによる影響により相当数(年間30回程度)の停電を余儀なくされており、そのたびに非常用ディーゼル発電機にて対処している。

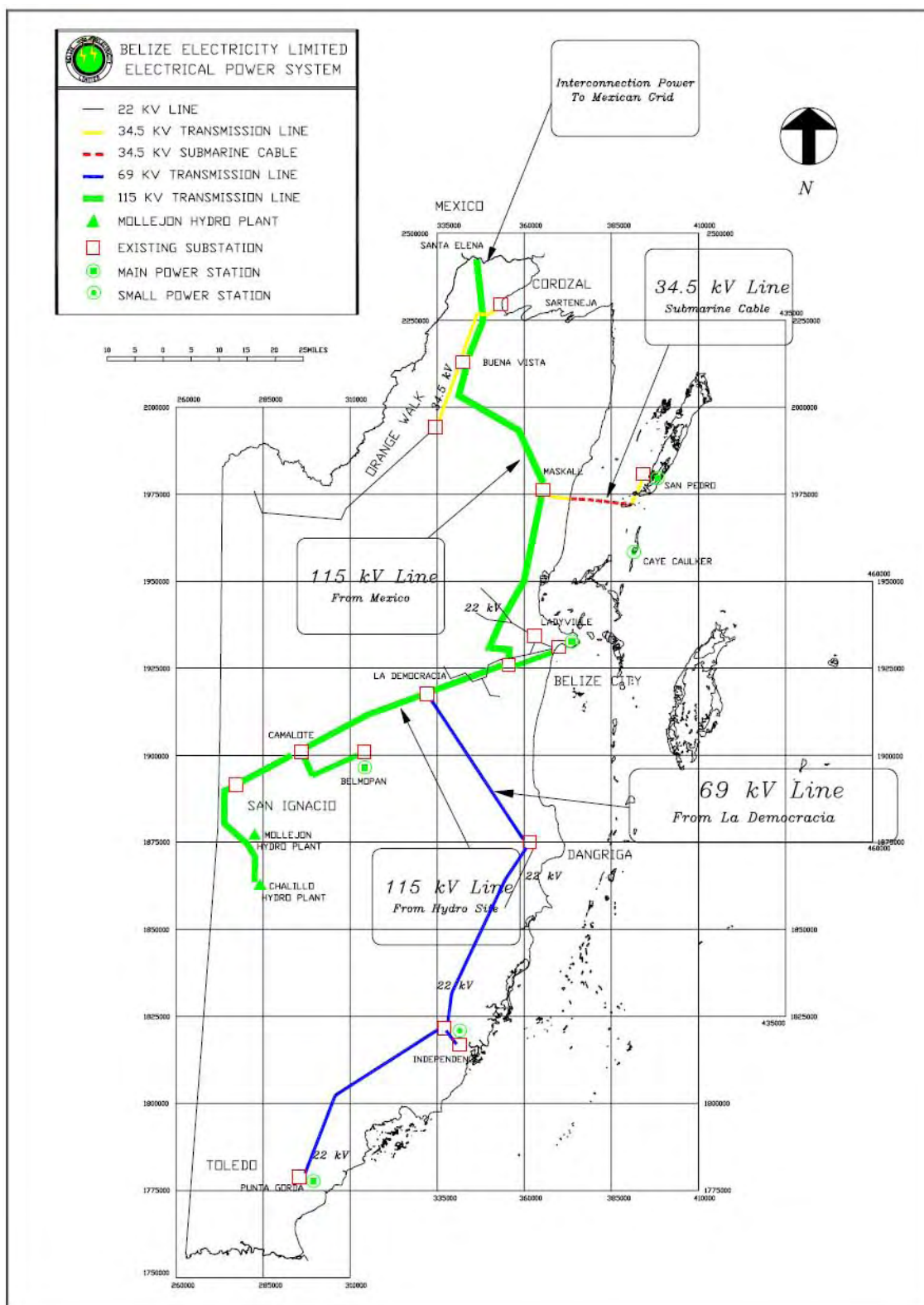
このような背景のもと、ベリーズ国は輸入電力や化石燃料に依存しない代替エネルギー源として、水力発電、バイオマス発電、太陽光および風力発電などの導入を模索中である。

#### 1) ベリーズの電力系統図

ベリーズの電力系統図を図1-3に示す。

メキシコから南北に115kVGridで接続され各地域で、69kV、34.5kV、22kV、11kVへ、降圧して配電している。





(出所：BEL)

図 1-3 ベリーズの電力系統図

## 2) 電力供給

ベリーズ国の電力会社 BEL によるベルモパンの日負荷曲線及び財務省（Ministry of Finance : MOF）の電気料金徴収票からの年負荷曲線を以下に示す。

## (a) 日負荷曲線

図 1-4 は、ベリーズ国、ベルモパン変電所 日負荷曲線を示す。Belmopan Load Profile (Typical) の日負荷曲線（2009 年 4 月 6 日測定データ）は各 Feeder での 3 時間毎の電力を読み取りプロットし下記グラフを作成した。

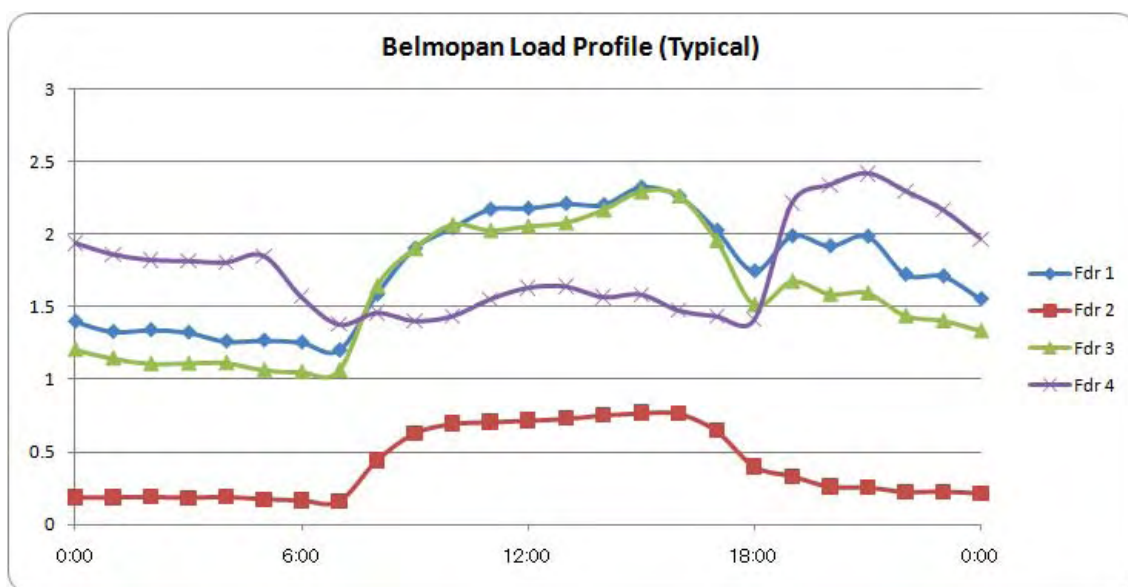


図 1-4 ベリーズ国、ベルモパン変電所 日負荷曲線（出所：BEL）

この日負荷曲線から以下の事項が予想できる。

- (i) ベルモパン変電所の総電力は 9:00～18:00 までよく電力が使用され夜間の 0:00～8:00 間は電力消費が低減している。9:00～18:00 までの電力増大は事務所や商店等でのエアコン、照明等の負荷が電力消費増大と予想される。これはベルモパンが官庁街を中心とする事務所が多く昼間に電力を消費し、夜間は人口が郊外に移動しているためと思われる。
- (ii) 特に昼間 12:00～16:00 の間は Feeder-1 から Feeder-4 の合計が変圧器定格容量（定格 5.6MW、最大 7.0MW）を超えた過負荷状態となっている。

## (b) 年負荷曲線

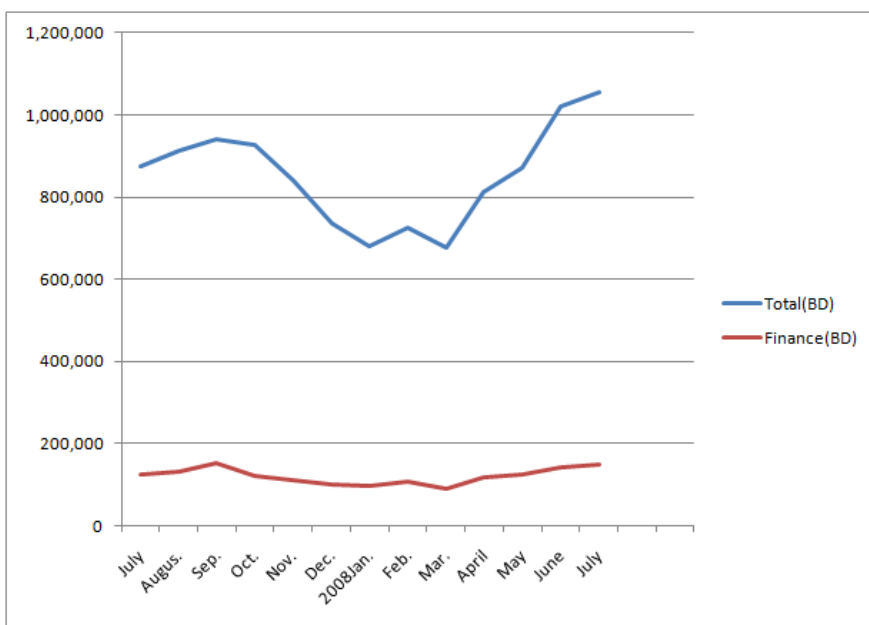
図 1-5 にベリーズ国の官庁関連の電力量年負荷曲線を示す。

MOF の電気料金徴収票からの年負荷曲線（2007 年 6 月～2008 年 7 月）は 1 年

間の電力を電力料金表から読み取りプロットし下記グラフを作成した。なお電力消費は電気料金とほぼ比例すると仮定し電力量は平均  $1\text{kWh}=0.4\text{Bz\$}$  として計算した。（交換レート： $1\text{Bz\$}=46\text{J¥}$ ）

ベリーズ政府全体では、月額電気料金は最高で **52,700** 千円、平均 **42,500** 千円の支払いとなっている。本電力消費はベルモパン変電所から官庁街の負荷供給が主であると予想される。この年負荷曲線から以下の事項が予想できる。

全体の年間の電力使用量は夏季（5月～10月）は使用量が多く、冬季（11月～4月）は少なくなっている。夏季の電力増加原因は事務所等でのエアコンの使用が主な要因と考えられる。冬季はエアコンを使用が減少し主に事務所内での照明、パソコン、冷蔵庫等が一般負荷であり電力消費が低減していると思われる。



(BD: Belize Dollar) 出所：MOF

図 1-5 ベリーズ国、ベルモパン年負荷曲線

### 3) 電気料金

BELによる電力料金体系（Approved Tariff Rates APR. 2007）は、以下の6種類に区分されている。電力使用量が増大すれば電力料金単価が低減している。電力需要種別による電力料金単価を表 1-1 に示す。なお、2009年の実勢平均売電価格は、 $\text{BZ\$ } 0.441/\text{kWh}$ であった。また、単価が最も高い街路灯の電気料金はベリーズ政府が一括して支払っている。

表 1-1 電力料金体系表

電力需要種別	電力料金単価 (Bz \$ /kWh)
1)Social Rate Customers(社会福祉関係)	
Minimum Monthly Charge <sup>3</sup>	\$4.00
0 – 50kWh	\$0.26
2)Residential Customers (住宅関係)	
Minimum Monthly Charge <sup>3</sup>	\$5.00
Monthly Service Charge	\$0.00
0 – 50 kWh	\$0.35
51 – 200 kWh	\$0.44
Above 200 kWh	\$0.47
3)Commercial Customers (商業関係)	
Monthly Service Charge	\$100.00
0 – 10,000 kWh	\$0.45
10,000 – 20,000 kWh	\$0.44
Above 20,000 kWh	\$0.43
4)Industrial 1 Customers (工業関係 – 1)	
Monthly Service Charge	\$100.00
Monthly Demand Charge per kVa	\$35.00
Off Peak Energy rate per Kwh	\$0.33
Peak Energy Rate per kWh	\$0.33
5)Industrial 2 Customers 工業関係 – 2)	
Monthly Service Charge	\$100.00
Monthly Demand Charge per kVa	\$21.00
Off Peak Energy Rate per kWh	\$0.28
Peak Energy Rate per kWh	\$0.28
6)Street Lights (街路灯)	
Energy Rate per kWh	\$0.55

出所：BEL

## 4) 電力事業組織

図 1-6 に BEL の組織図を示す。

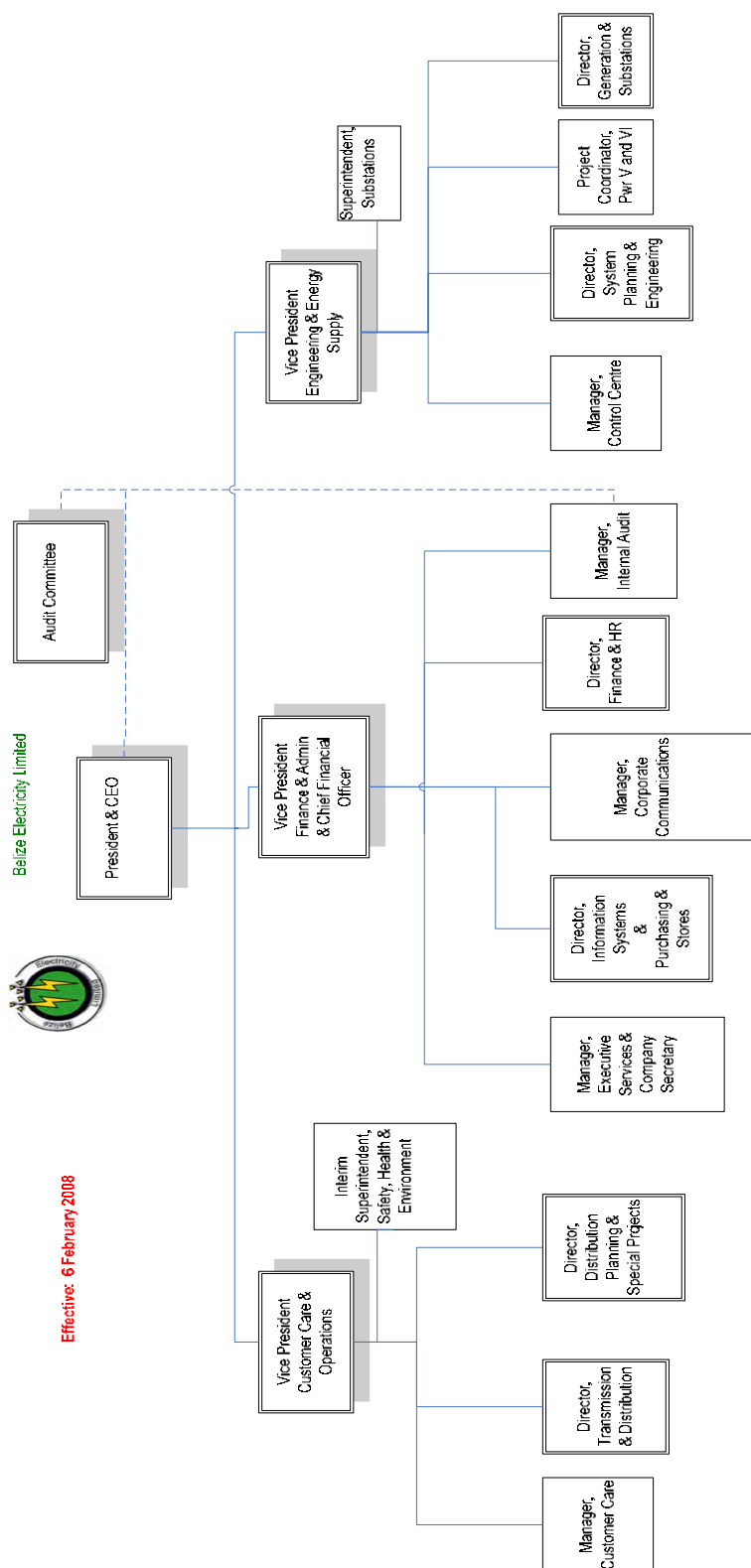


図 1-6 BEL 組織図(出所 : BEL)

## 1-1-2 開発計画

### (1) エネルギー政策

ベリーズ国は再生可能エネルギーに関するエネルギー政策は定めていない。しかし、再生可能エネルギーの取組は 1991 年から水力発電、バイオマス発電等の開発が行われてきた。エネルギー政策提案書(Energy Policy Recommendations Report)には以下の政策があげられている。

- 複数のステークホルダーを巻き込んだ包括的な国家エネルギー政策の策定。
- 国家エネルギー政策と計画の実施責任部門として、エネルギー室を首相室内に設置する。
- エネルギーセクターのデータ分析と集積を行う。
- 中米地域のエネルギーネットワークを構築する。

### 1-1-3 社会経済状況

ベリーズ国は中央アメリカ本土、ユカタン半島の一部をなし、北緯 15°45'～18°30'、西経 87°30'～ 89°15' に位置している。北部をメキシコ国、西部及び南部をグアテマラ国、東部をカリブ海に接している。全国土 2,960 km<sup>2</sup>のうち、95% が本土、5% が 1,060 を越える島々で構成されている。全領域（領海含む）は 46,620 km<sup>2</sup>である。この国の北部の半分以上と南部のほぼ全域 3 分の 1 以上が海岸線沿いの地域か島々であり、平坦な低地となっている。海岸線の多くの範囲は、内陸数 km まで海拔 1m 以下の低地である。この国の西部の北側には海拔約 250m の地域が位置している。中央部にはマヤ山脈/Pine 山脈尾根山塊が横たわっており、最も高い地点は 1,124m である。

ベリーズは複数の民族によって構成されており、2000 年の国勢調査によるとメスチソ 48.7%、クレオール 24.9%、マヤ族 10.6%、ガリフナ（中央アメリカ固有の混血民族）6.1%、その他が 9.7%となっている。しかしながら多くのベリーズ国民は自分を一つのみの民族に属しているとは考えておらず、二つまたはそれ以上の民族に属し、共にベリーズ国社会を構成していると考えている。過去 100 年で出生と移民によりベリーズの人口は速い速度で増加した。ベリーズは高い出生率と低い死亡率により、若年人口が増加しており、15 歳以下の人口が全体の 42%を占めている。健康状態の改善により人々の平均寿命は延び、65 歳またはそれ以上の人口も増加傾向にある。

ベリーズ経済の規模は大きくなく、特に民間企業においては観光業が最も外貨収入源として大きく、次に水産物、柑橘類、さとうきび、砂糖、バナナ、衣服の輸出がそれに続く。1998 年 9 月に開始された政府の拡張的な金融政策と財政政策の主導によって、1997－2007 年の期間は GDP の平均成長率は約 4%であった。しかしながら世界

的な不況や自然災害や石油価格の下落が原因で経済成長は、2008年は3%、2009年は-1.5%と低調となった。一方で、2006年の油田発見が経済成長を促進した。探査の継続と生産によって2009年には石油の生産量は少量増加した。しかし、GDPの約70%に相当する多額の貿易赤字と持続不可能な対外債務という大きな課題は継続している状況である。2007年の2月、政府は、通商債務は利払いの減少を促進し、国の流動的な出資を軽減することで、公共の外部的な通称債務のほとんどの再構築を目指している。短期的な目標を達成する鍵として、国際的なドナーの援助による貧困削減が挙げられている。

### 1-2 環境プログラム無償資金協力の背景・経緯及び概要

我が国は2008年1月に、温室効果ガスの排出削減と経済成長を両立させ、気候の安定化に貢献しようとする途上国に対する取り組みとして、「我が国の気候変動対策に賛同する国への支援」を発表し、省エネルギー等の途上国の排出削減への取り組みに積極的に協力するとともに、気候変動により深刻な被害を受ける途上国に対して支援することを決定した。この取り組みの一環として、「環境プログラム無償資金協力事業」が導入された。この取り組みに賛同したベリーズ国に対して、「ベリーズ国太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」のための協力準備調査が実施された。本計画は、ベルモパン市のUB（ベリーズ大学）敷地内に、設備容量350kWの環境負荷の小さい太陽光発電設備を導入し、系統連系により電力供給を行うものであり、地球温暖化ガス排出削減を主目的としている。また、将来的に利用者の経済的負担となる蓄電池の利用を避け、系統連系による太陽光発電システムを対象としている。本計画はベリーズ国で最初に導入される系統連系型太陽光発電設備となる。よって、運転、維持管理のための要員の教育訓練を、ソフトコンポーネントで支援する。

### 1-3 我が国の援助動向

我が国による当該セクターに関連する援助は実施されていない。

### 1-4 他国ドナーの援助情報

ベリーズでは、バイオマス発電および太陽熱利用等のプロジェクトは実施されているものの、太陽光発電に関するプロジェクトの実施例は少ない。

イタリア国の援助により、ベリーズ政府とキューバ政府合同で、未電化地域へのSolar Home System(SHS)が2004年に導入されている。援助金額は不明。

ベリーズには他ドナー国・国際機関による援助実績(気候変動対策・太陽光発電関連分野)はない。

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況



## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

### 2-1 プロジェクトの実施体制

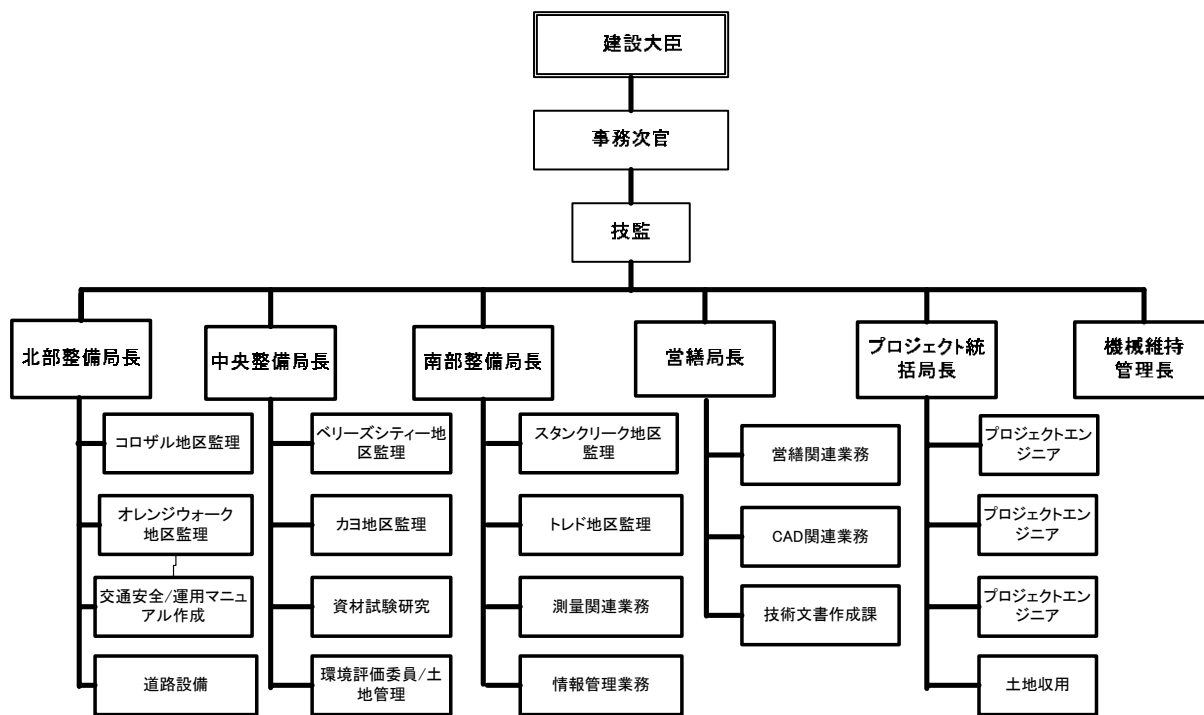
#### 2-1-1 組織・人員

##### (1) 実施体制

本件実施に当たっては、主管官庁である財務省(MOF)が中心となり実施機関である建設省(MOW)との調整を行なう。

##### (2) 事業実施機関

実施機関である MOW の組織図を図 2-1 に示す。



施行日2009年4月1日

図 2-1 MOW 組織図 (出所：MOW)

MOW における窓口は、事務次官であり、その下に技監、各地域のエンジニアが配置されている。プロジェクトエンジニアが各案件を担当する。維持管理体制では、このプロジェクトエンジニアと、機会維持管理部門が太陽光発電の運営、データ管理を行う。

## 2-1-2 財政・予算

表 2-1 に実施機関である MOW の財務状況を示す

表 2-1 MOW の 2008 年度 財務状況

(単位：Belize Dollar、2008 年 4 月から 2009 年 3 月まで)

<b>310 歳入</b>		
11302	罰金/駐車違反	184,570
11702	設備使用料	48
11710	重量税	196,708
<b>歳入合計</b>		<b><u>381,326</u></b>
<b>29 歳出</b>		
29017	中央行政部門	1,900,270
29028	ベルモパン行政部門	346,592
29032	コロザル地域	734,434
29043	オレンジウォーク地域	732,679
29051	ベリーズ地域	919,448
29064	カヨ地域	1,060,393
29075	スタンクリーク地域	852,185
29086	トレド地域	1,008,405
29108	エンジニアリング部門	357,401
29118	倉庫保管部門	6,507
29148	機械部門	317,263
29168	地質、測量部門	235,777
29178	管理、情報システム	85,045
	地方銀行ローン	18,068,569
	海外経済協力基金ローン	15,606,716
<b>歳出合計</b>		<b><u>42,231,684</u></b>

出所：MOW

(注) 収支の差額は財務省が補填している

### 2-1-3 技術水準

本プロジェクトの関係機関として、MOF、MOW、UB および BEL がある。各機関の担当部署の技術的背景および現在の主な業務内容を下表に示す。各機関とも、各々の担当業務に関して豊富な経験と実績を有しており、技術水準は高いと考える。

表 2-2 プロジェクト担当部門

関連機関	技術	現在の主な業務
MOF	(契約、調整、合意形成)	免税措置、土地利用覚書、電力売買契約、維持管理費の管理、その他財務一般
MOE	土木	土木、構造物の建設、管理、補修
BEL	電気技術者	送・配電網および関連施設の維持管理
UB	情報通信技術者、職員	情報通信技術の指導教育、大学職員

出所：JICA 調査団

(プロジェクト実施支援の有無)

MOF は本プロジェクトの責任機関として、MOW は実施機関として本プロジェクトを支援する。BEL は電力会社であり、太陽光発電設備の据付地域にも配電しており、定期点検や修理の維持管理を担当する。UB は、発電設備の据付場所を提供しており、太陽光発電設備据付後に日常点検や見学者の案内を担当する。

### 2-1-4 既存施設・機材

プロジェクトサイトにおける既存施設・機材の現状及び過去に無償資金協力での設備状況について以下に述べる。

#### (1) 既存施設・機材の現状

BEL のベルモパン変電所(115kV/11kV)は、太陽光発電システムの設置場所から約 3.7km の位置にあり、周辺の施設に電力を供給している。

太陽光発電システムの設置場所には系統連係用の 11kV/400V の絶縁変圧器を設け 2 次側 (400V) の配電盤に太陽光発電電力を低圧(400V)で接続し、11kV 配電系統の電力と連系する。この系統連系により、BEL の系統に太陽光発電システムから電力を逆潮流により供給することになる。よって、UB 構内に設置されている既存の 11kV 配電線への接続では、配電線を延長して接続する必要がある。

#### (2) 過去の無償資金協力

ベリーズ国において無償資金協力による、ドナー国・国際機関による援助実績（気候変動対策・太陽光発電関連分野）は少ない。イタリア国による援助で、SHS を導入している。

## 2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況

#### (1) 運輸・交通

ベリーズ国内には、2,565kmの道路が整備されており、その内の487kmが舗装道路である。幹線道路は、各都市をつないでおり、メキシコとグアテマラに接続している。ほとんどの幹線道路や市街地の道路は舗装されており、特に、南部の道路は大変よく整備されている。案内標識に関しても整備されており、周辺のメキシコや中米諸国よりもよい状況である。しかし、一部の道路は脆弱で雨季に閉鎖される箇所もある。1980年代にベリーズ国の道路網は改善されたが、旅行、観光や製造業の急成長にとっては十分ではなかった。14.7百万US\$で南部高速道路の改修工事が1998年から開始され、8.5百万US\$が北部のバイパス道路と2つの橋の建設工事に使われた。USAID(United States Agency for International Development)が資金を提供し、地方のアクセス道路の改修が行われた。また、定期バスのサービスが主要都市を結んでいる。

ベリーズ国には、10の港があり、最大はベリーズシティー港である。フィリップゴードン国際空港はベリーズシティー中心部から約15kmの位置にあり、国際航空運輸の中心である。

#### (2) 通信

ベリーズ国の電話通信網は広範囲である。ベリーズ電話公社は、1988年から1992年にかけて民営化され、全国的に最新のサービス網を提供している。加入電話台数は、1995年に3,300台が、1999年には、30,000台を超えている。携帯電話とインターネットサービスも増加傾向である。ベルモパンでも携帯電話は利用可能である。

新聞は、週刊で2紙が発行されている。ラジオ放送やテレビ放送、さらにはケーブルテレビが普及している。

#### (3) 水道

都市部における上水道への接続数は、1990年には89%であったが、2008年には99%に向上した。大学構内にも水道は敷設されている。

#### (4) 電気

11kV配電線が、大学構内に敷設されている。工事用電源を引き込む場合は、電力会社であるBELと契約する必要がある。また、配電線の延長や、変圧器の設置は需要側の負担となる。

## 2-2-2 自然条件

ベルモパンはベリーズの首都であり、1970年に設立された政府機関のある田園都市である。同市は1961年にハリケーン Hattie によって以前の首都であるベリーズシティが大きな被害を受けたことで建設された。ベルモパンは地理的には国の中心に位置しており、ベリーズシティから南西役 80km にある。また国民のためのハリケーンからの避難場所としても整備されており、国で最も多くのハリケーンシェルターを持っている。現在の人口はほぼ 16,000 人であり、首都に移転してくる人々は増加している。しかしベリーズシティはまだ商業活動の中心としての機能とベリーズ最大の人口 58,000 人が生活する都市機能の中心としての活動を維持している。

ベリーズの気候は明確な雨季と乾季に特徴付けられる。雨季は 5 月中旬に南部で始まり、6 月中旬には北部でも始まる。これは 11 月まで続く。この期間には、主として熱帯性のサイクロンを含む季節的な降雨によって、年間降雨量の 60% が得られる。11 月から 2 月の間は、平均気温が低くなる。

平均最高気温は約 30℃ である。内陸部の温度差は海風によって緩和される海岸沿いの地域と比較して大きい。例えば、内陸部の最低気温は沿岸地域よりも低い。湿度は、乾季に小さくなる傾向があるが、年間通して 80% くらいで安定している。現在、大学構内のプロジェクトエリアは空地であり、雑草が茂っている。



## 2-2-3 環境社会配慮

### (1) 環境影響評価

#### 1) 資源・環境省の組織

ベリーズにおける環境問題及び環境影響評価の責任機関は資源・環境省である。同省の組織図を図 2-1 に示す。EIA の責任部署は環境局である。資源・環境省は環境に関する問題について指導・監理を行う部門である。同省は下記に示す重要な機能を含む 27 の特徴的な範囲に対して責任がある。

- ・ 天然資源と汚染に対しての持続的かつ長期間の評価に関する責任
- ・ 許可申請, 調査の指導、廃棄物記録の管理、流入及び排出, 調査の受託とそれらの活動が完全に行われたかの点検, 公式な配慮運動の受託, 環境の健全性のモニタリング、政府に対する良い環境管理に関連する政策形成

へのアドバイス、保全に関する様々な面からのアドバイスと社会経済的な環境の開発行為に関するアドバイスなどの行政指導

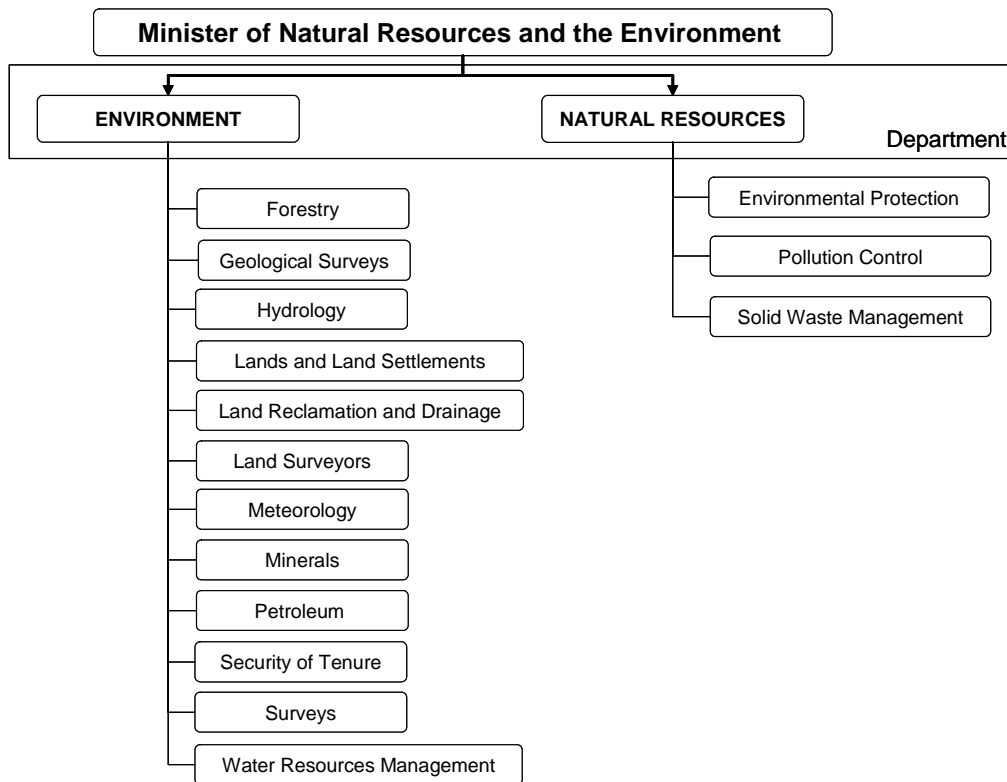


図 2-2 資源・環境省の組織図（出所：資源・環境省）

2) EIA に関する規定

ベリーズ国における EIA のシステムは 1995 年に作られている。基本的な原理については環境基本法、環境影響評価法（改正）、2007 年の法令 No.24 に示されている。環境についての責任機関によって強力に推し進められて制定されたこの法律では、21 の部門と 44 の環境保護区が設定された。(2000 年次には 328 の法律が改正された),これらはベリーズの環境法令の中でも最も重要なものであり、環境保護条例は環境の維持、保護、改良及び持続可能な自然資源の利用及び汚染規制について扱っている。

3) EIA の対象事業(種類, 規模, 水利用等.)

環境法では EIA が要求される事業を Schedule I 及び Schedule II の 2 つに区分している。Schedule I に区分される事業は 12 種類であり、ここに区分された事業はプログラム、着手、実施において完全な EIA を実施することが求められる。Schedule II にカテゴリーされる 19 種類及びその他の事業については、そのプロジェクトの場所や規模において限定的な EIA を要求される。

## 4) 本プロジェクトにおける EIA

本プロジェクトは「発電及び配電設備事業」に分類される。しかし本プロジェクトは EIA の実施条件として規定されている発電容量 15MW を下回っているため、EIA 手続きを実施する必要はない。

前述のとおり本事業は規模が大きくなり、予定地も空き地であることから、周辺環境に対して深刻な影響を与えるとは想定されない。しかしながら予定地は大学構内にあるため配置等については配慮する必要がある。

## (2) ベリーズにおける温室効果ガス削減の取り組み

## 1) 国家レベルでの公共政策と気候変動適応策

ベリーズは国際気候変動枠組み条約（UNFCCC）に 1992 年にサインし、1994 年に批准した。条約下において開発されたメカニズムによって現状の可能性を検討した結果、ベリーズは法令による資源許可と開発を並行して行っていくことを試みるものとした。ベリーズは IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のワーキンググループのメンバーであり、IPCC での会議に代表者が定期的に参加している。国家気象局は気候変動に関連するすべての事象を扱う中心的な存在である。

2) 国家全体における CO<sub>2</sub> 換算値

総 GHG 排出量は、大気中の異なる種類の温室効果ガスについて、それぞれの影響を相対的には反映しない。地球温暖化係数(GWP : Global Warming Potential)は、個々の温室効果ガスの地球温暖化に対する効果を、その持続時間も加味した上で、CO<sub>2</sub> の効果に対して相対的に表す指標である。100 年間の GWP で比較して、同一重量でメタン(CH<sub>4</sub>)は CO<sub>2</sub> の 24.5 倍、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)は 320 倍になる。そのため、適正な GWP 値を用いてそれぞれのガスを CO<sub>2</sub> 値に換算することで、これらの影響を正しく把握する必要がある。下表に地球温暖化係数と CO<sub>2</sub> 換算値を示す。

表 2-3 ベリーズ国での温室効果ガスの状況

GHG	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	NOX	NMHC (非メタン系炭化水素)	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>
地球温暖化係数	1	24.5	N/A	N/A	N/A	320	N/A
CO <sub>2</sub> 換算値	2589.668	6652.044	N/A	N/A	N/A	190.72	N/A

資料：国連気候変動枠組み条約への第2次国家通達要約版(2002年7月)

### 3) CDM プロジェクトへの取り組み

ベリーズには CDM 国家承認まで行った CDM プロジェクトは存在しない。ベリーズ国環境省森林管理部門森林チーフオフィサー（同国 CDM プロジェクト担当部局）であるワイルダー・サビド氏によると、現在ベリーズでは CDM プロジェクトは実施されていないとのことであった。また BELCOGEN でのバイオマスプロジェクトがベリーズにおいて唯一 CDM プロジェクトとして認められる可能性があるとのことであった。まだ構想段階のものとしては Mile22 廃棄物処理場における埋め立て計画等のその他のプロジェクトがある。風力発電に対する可能性調査は Cayo 州の Pine 山脈において検討中、Cellusite では現在実施中である。

### (3) 環境教育

#### 1) 環境教育に関する国家方針

ワイルバー・サビド氏によると、ベリーズでは環境教育に対する国家方針は現状では存在しない。それぞれの省が環境教育を普及させるための独自の方針を組み立てているとのことである。

#### 2) カリブ共同気候変動センター（CCCCC）

CCCCC の Deputy Director であるカルロス・フリー氏によると、CCCCC は世界気候変動に関する環境教育プログラムを有しているとのことである。彼らはベルモパンの小学生から高校生を対象としてそのプログラムを実施している。また、同組織がカリブ海周辺諸国 15 カ国によって組織されていることから、それらの国々からの政府関係者が同組織にたびたび来訪することである。CCCCC は本プロジェクトに対して関心を示しており、PV システムに関する新しい環境教育プログラムの作成とその実施について協力したいとの申し出があった。

#### 2)ベリーズの NGO

環境教育及び保護区の管理と設立と海域の保護の両方の分野の多くにおいて、ベリーズオーデュボン協会 (BAS) などの NGO が重要な役割を占めている。

ベリーズオーデュボン協会は環境教育プログラムの実施のために国際的な NGO や海外の政府からの資金を求めている。それにより彼らが管理する防護地域の博物館、訪問者センター、キャビン、トイレ、および他の施設を建設することを計画している。BAS は全





部で6つの保護区を管理しており、同様にそれ自然の美しさや多様性及び自然との対話の必要性に焦点をあてた小学生を対象とした環境教育を実施している。

#### (4) 建設廃棄物

本プロジェクトの施行時においては、可能な限り廃棄物を減量化するために効果的なリサイクルと利用を目指す。

廃棄物処理については地方政府が管理しており、同様に収集及び最終処分場までの移動も地方自治体によって実施されている。本事業計画地が位置するベルモパン市は最終処分場を有しており、本事業の建設事業者はリサイクルにむける以外の廃棄物については、ベルモパン市の許可を得て適切に処分するものとする。

なお現在、IDB（米州開発銀行）により西部コリドー廃棄物管理計画という名のプロジェクトが進められている。

## 第 3 章 プロジェクトの内容

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### (1) 上位計画とプロジェクト目標

##### 1) 上位計画

ベリーズ国では、現在のところエネルギーセクター政策・戦略に係る方針は公式に策定されていない。これまで 2003 年に UNDP とベリーズ国の PUC（Public Utilities Commission：公共事業規制委員会）でベリーズ国の国家エネルギー計画策定を支援するためにエネルギー政策提案書を作成しており、エネルギー基本方針の策定に向けた検討作業を現在も継続して行っている。

環境負荷削減の観点から、技術的、経済的にも実現性が高くなった太陽光を含めた再生可能エネルギーの導入を奨励しており、現在策定中のエネルギー政策提案書でも導入を推奨している。PUC では、再生可能エネルギー発電による系統連系を念頭に置いた、IPP による系統連系に関する法整備も検討しており 2011 年 7 月に法制度化する計画である。

##### 2) プロジェクトの目標

本事業により、太陽光発電による電力を系統に供給することで、ベルモパン行政地域へ過負荷な状態で供給している昼間の電力ピークを抑え、化石燃料（ディーゼル発電）による電力発電量および温室効果ガスの排出量を削減させることができる。このように本事業は「我が国の気象変動対策に賛同する国」であるベリーズ国の気候温暖化対策にも寄与することができる。

以上のことから、ベリーズ国政府は長期的な目標として再生可能エネルギーの導入を推進する必要がある。本プロジェクトでは、同国で最初に実施される系統連系の太陽光発電によるプロジェクトとして、350 kWp の設備を導入し、UB（ベリーズ大学：University of Belize）とその周辺住宅地域の需要家への電力供給に寄与することに加え、ソフトコンポーネントとして技術者の育成および環境に関する啓発活動に貢献することも目標とする。

##### 3) 本無償資金協力による計画

ベリーズ国からの要請に基づいて、系統連系の太陽光発電システムについて必要な機材の導入を計画する。機材は、気候変動の対策として必要性・妥当性・持続性が認められるものを調達する。調達予定の機材およびソフトコンポーネント候補を以下に示す。

機材：系統連系型太陽光発電システム

（用途）：太陽光発電を既存の配電網に連系し、発電された電力を電力系統に供給する。

（必要性）：ベリーズ国政府によるエネルギー政策のもと、気候変動対策として再生可能なエネルギーである太陽光発電を利用することにより化石燃料の消費量および温室効果ガスの排出量が削減される。

ソフトコンポーネント：太陽光発電に関する技術

（内容）：

- ・太陽光発電に関する基礎知識
- ・太陽光発電施設の運営に関する知識
- ・太陽光発電の系統連系に係る技術
- ・維持管理および保守点検方法

（必要性）：

- ・太陽光発電の技術者が少ない
- ・最初の系統連系型太陽光発電施設

## 3-2 協力対象事業の概略設計

### 3-2-1 設計方針

#### (1) 基本方針

本プロジェクトは、気候変動対策として環境負荷が小さく再生可能なエネルギー源である太陽光発電を導入するものである。ベリーズ国では、系統連系の太陽光発電設備の導入は、初めてのケースである。そのため、システム基本設計の策定に当たっては、プロジェクトの短期的及び長期的効果が最大になるように留意する。一般的に普及している太陽光モジュールの種類として、シリコン結晶系とアモルファス系があげられる。本プロジェクトの設計においては、太陽光発電設備の設置予定地で最大の裨益効果が発現できるような以下の条件を考慮し、適切なモジュールおよびシステムを選定する。本事業では、太陽光発電による発電量だけでなく温室効果ガスの削減量も重要な成果となる。UB キャンパスの講堂（ジャガービル）の入口に設置する表示パネルで太陽光発電量や二酸化炭素削減量を表示することで、学生や大学職員、外部からの訪問者に対する啓発効果を期待できる。さらに、プロジェクトの持続性を考慮すると、維持管理に関する人材育成や環境面での啓発活動も重要なコンポーネントとなる。

#### (2) 自然環境条件に対する方針

太陽光発電設備の設置地点である首都ベルモパンは、海岸から内陸に 80km 離れており標高は約 80m と低い。夏期の平均気温は約 26 度であり冬期には約 24 度である。年間降雨量は少なく 2500mm である。相対湿度は年間を通じて平均約 85% と高く、湿潤な気候といえる。内陸に位置するが、6 月から 11 月にかけてハリケーンの襲来がありその時は極めて強い風（1955 年と 2007 年に Category 5、最大 73.7m/s）に襲われている。建設予定地のベルモパンの風速はハリケーンの到来を予測して設計風速 60 m/s（Category 3 配電線と同等）とした。この風速に対応した方策を検討することが必要である。

本計画の施設設計の気象条件としては下記を考慮する。

##### 1) 外気温

最高周囲温度： 40℃

最低周囲温度： 5℃

年間平均温度： 26.5℃（ベルモパン：2006年 - 2008年）

##### 2) 緯度経度（ベルモパン）

緯度： 北緯 17°1'

経度： 西経 88°5'

##### 3) 標高

標高： 海拔 80m（ベルモパン）

##### 4) 相対湿度

- 相対湿度： 75 to 92 %（ベルモパン：2006年 - 2008年）
- 5) 降雨量  
年間降雨量： 2,500 mm（ベルモパン：2006年）
- 6) 風速  
最大設計風速： 60 m/s
- 7) 日射量  
平均水平面日射量： 4.5 kWh/m<sup>2</sup>/day  
（フィリップゴードン空港：2006年 - 2008年）
- 8) 地震係数  
平均地震係数： 0.1
- 9) 塩害の有無：「なし」

### (3) 環境影響評価に対する方針

ベリーズ国政府の環境影響評価を担当する部署は、自然資源環境省の環境局である。環境局によると、本プロジェクトは発電送電案件に分類されるため、設備容量が 15MW 以下となる発電案件について環境影響評価（EIA）を実施する必要はないが、初期環境影響調査（IEE）は必要である。建設省は 2010 年 9 月 3 日付で、環境局に初期環境影響調査の正式依頼文書を発行し、9 月中旬に承認された。環境配慮事項として、樹木の伐採（3 本）と太陽光パネルによるグレアがある。

### (4) 社会経済状況に対する方針

ベリーズ国は中央アメリカのユカタン半島に位置している。北はメキシコ、西と南はグアテマラに接している。東はカリブ海に面しており沿岸部は多くの島が点在している。陸地は全体に低い平地であるが、中央部は標高 1,000m を越えるマヤ山脈がそびえている。

ベリーズ国の経済規模は小さく民間事業による経済活動が中心となっている。国内産業の中では、観光業の外貨獲得高が最も大きく、以下、海産物、農産物の輸出の順となる。1999 年から 2007 年までの GDP 成長率は年平均 4% を維持していたが、2008 年は 3%、2009 年には -1.5% とマイナス成長を記録している。

ベリーズ国は、メキシコからの輸入電力量が 54% (2008 年)、46% (2009 年) と減少しているが、全電力消費量の半分近くを占める。よって、太陽光発電により発電される電力を有効利用する設計方針とする。

### (5) ベリーズ国の建設事情に対する方針

ベリーズ国では、電力系統に連系した太陽光発電の導入は初めての経験である。本プロジェクトにおいて想定される 350kWp を超えるような太陽光発電の据付工事を実施した経験はない。国内の電気工事会社の多くは配電関係の工事を取り扱っている。そのため、太陽光発電の据付工事で、ベリーズ国側が担当できるのは、補助的な役割が中心となる。現地で、作業員を調達する事に支障はないと考える。しかし、人口が 1 万 6 千人と小さいベルモパ

ン市内での工事となるため、作業員の人員の確保に懸念がある。作業員は最大の人口を抱えるベリーズシティから調達することが考えられる。ベリーズ国では、日本人を含めた本工事に関係する技術者は APEB(Association of Professional Engineer in Belize)に登録した上、PUCに登録する必要がある。電工はPUCに登録する必要がある。一方工事材料に関しては、鉄筋、セメント等は現地の市場で調達できる。

以上の事情を踏まえ、本計画の据付工事は日本業者のスコープに含まれることとし、据付指導員を派遣し現地作業員を雇用する方針とする。

## (6) 実施機関の能力に対する方針

実施機関は建設省（MOW）であるが、当該機関が擁する技術者は、ほとんどが土木技師である。電気担当はおらず、機械担当が全国の信号の保守を主要業務としている。また 11 kV 配電系統は民間企業の BEL (Belize Electricity Limited) が維持管理しているため、建設省以外の省にも高圧機器の保守について経験者は限られている。

太陽光発電設備の維持管理について、関係機関の役割分担を下表に示す。責任機関である財務省（MOF）は維持管理費の費用管理を行う。実施機関である MOW は、太陽光発電設備のマニュアルの保管、点検報告書の保管等の運営管理並びに発電設備でモニタリングされる発電量や CO<sub>2</sub>削減量等のデータ管理を行う方針とする。BEL は定期点検を担当することで合意しており、UB または MOW の作業員は太陽光発電設備の日常点検を担当する。UB は、見学者に対し施設案内やパンフレットの配布等を行う方針とする。維持管理の役割分担を以下の表に示す。

表 3-2-1 維持管理の役割分担

プロジェクト関係機関	役割分担
MOF	維持管理費の費用管理
MOW	運営管理（マニュアル、点検報告書の保管）、データ管理
UB または MOW	日常点検、施設案内、啓発活動
BEL	PV システムの定期点検、修理

出所：JICA 調査団

日常点検の主要項目を下表に示す。本プロジェクトでは、UB または MOW の維持管理要員が担当する。太陽光発電は、自動運転を行う為、基本的に煩雑な日常点検は必要ではない。しかし、太陽光発電システムの異常を早期に発見し、出力を維持するためには日常的な点検が必要となる。また、点検の頻度が高いほど、盗難や故意による破損等の損害を未然に防ぐことが出来る。UB の維持管理要員は、定期的に大学構内の設備について維持管理業務を行っている。太陽光発電設備の点検も、新たな業務の一環として行えるように技術移転する方針とする。

表 3-2-2 日常点検項目

点検対象	目視点検項目
太陽電池アレイ	表面の汚れ、破損
	架台の腐食、さび
	外部配線の損傷
接続箱	外部の腐食、さび
	外部配線の損傷
パワーコンディショナー 系統連系機器	外部の腐食、さび
	外部配線の損傷
	動作時の異音、異臭
	換気口フィルタの目詰まり
	設置環境（湿度、温度等）
接地	配線の損傷
発電状況	発電状況を、指示計器および表示により確認
周辺環境	フェンスの破損、草木、鳥の巣の影響など

出所：JICA 調査団

主要な定期点検項目を下表に示す。定期点検は、約 2 カ月毎に実施する。定期点検の詳細な項目や期間などは、導入された機器メーカーの意見を参考にする。BEL の維持管理要員が定期点検を担当できるように技術移転を行う方針とする。

表 3-2-3 定期点検項目

点検対象	目視点検項目	測定試験項目
太陽電池アレイ	表面の汚れ、破損	絶縁抵抗 ( ) MΩ
	架台の腐食、さび	
	外部配線の損傷	開放電圧 ( ) MΩ
	接地線の損傷、接地端子の緩み	
接続箱	外部の腐食、さび	絶縁抵抗 ( ) MΩ
	外部配線の損傷	
	接地線の損傷、接地端子の緩み	
パワーコンディ ショナ 系統連系機器	外部の腐食、さび	表示部の動作確認
	外部配線の損傷	
	接地線の損傷、接地端子の緩み	絶縁抵抗 ( ) MΩ
	動作時の異音、異臭	
	換気口フィルタの目詰まり	
	設置環境（湿度、温度等）	
接地	配線の損傷	接地抵抗 ( ) MΩ

出所：JICA 調査団

太陽光発電所の運営で得られた記録は、内容を確認し保管する必要がある。故障等、現地  
で解決することが困難な場合は、MOW がメーカーに連絡を行い対処する等の支援を行う。  
このような管理業務の他に、太陽光発電システムによる発電状況のモニタリングおよび CO<sub>2</sub>  
削減量等のデータを集計することが出来るように技術移転を行う方針である。下表に、主



要な運営管理業務を示す。

表 3-2-4 運営管理/データ管理

支援対象	支援項目
運営管理	運転状況の確認
	維持管理技術者の育成体制
	故障時の対応をメーカーと調整する
データ管理	発電状況のモニタリング
	CO <sub>2</sub> 削減量の統計

出所：JICA 調査団

本施設は、学生数が約 3,400 人となる大学構内に建設される。この他に、大学への訪問者および職員等の施設見学者が想定される。そのため、現地で太陽光発電施設について説明できる人材が必要である。このことは、ショーケース効果を高めることにもつながる。UB の職員が施設案内を出来るようにする方針である。

表 3-2-5 啓発活動

支援対象	支援項目
啓発活動	太陽光発電所の施設案内
	エネルギーと環境の理解
	パンフレットの作成

出所：JICA 調査団作成

#### (7) 調達方法、工期に係る方針

主要機材である太陽光モジュール、パワーコンディショナー、変圧器は日本国調達とする。機材調達並びに施設建設期間は、業者契約後 12 ヶ月と計画する。土木資材のほとんどはベリーズシティにて入手可能である。よって、資機材がベルモパンに到着する前には、太陽光モジュール設置工事を即座に開始できるように基礎工事を完了させる必要がある。調達された資機材は、ベリーズシティ港にて荷揚げ後に税関手続きを経て、ベルモパンまで陸送する。ベリーズ国のベリーズシティ港からベルモパン市までは約 80km である。陸上輸送の行程ではトレーラーの通行に関して橋梁の重量制限等の問題はない。

#### (8) 系統連系計画に係る方針

ベリーズ国には太陽光発電に関する系統連系基準がないため日本国の「系統連系規程」を参照する。本規程の適用範囲は、ディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービンなどの交流発電設備や、太陽光発電、燃料電池などの直流発電設備などにあつて逆変換装置を用いた発電設備を系統に連携する場合に適用する。

##### (a) 高圧配電系統への連系計画

本プロジェクトで設置される太陽光発電は規模としては大容量であり発電した電力の大部分を逆潮流により電力会社の配電線に流出させる「逆潮流あり要件」である。発生した余

剰電力は UB 構内から 11kV 配電系統へ流出し、夜間などの太陽光発電電力が期待できない場合は、所内電源として電力会社より電力を購入することになる。

連系区分としては、高圧連系のほうが低圧連系より太陽光発電システムが簡素化され、発電設備より分散負荷までの配電損失による電力損失が低下するため高圧連系を採用する。なお、「系統連系規程」では、太陽光発電設備（逆変換装置使用）で、50kW を超える発電設備は、高圧又は特別高圧への連系と区分している。また、高圧連系の保護は系統及構内側保護として、地絡過電圧継電器(OVGR)、地絡過電流継電器(OCGR)及び過電流継電器(OCR)を設置する。

#### (b) 系統連系のための要件

太陽光発電に関する系統連系基準は以下の要件で系統連系する方針とする。

- (i) 電気方式: 系統連系配電線は 3 相 3 線式であるため、連系するインバータ設備も同様に 3 相 3 線式とする。
- (ii) 力率: 受電点に於ける力率は 85%以上(逆潮流あり)とし系統から見て進み力率としない。
- (iii) 高調波: インバータの高調波流出電流を総合電流歪率 5%、各次電流歪率を 3%以下とする。
- (iv) 保護協調: パワーコンディショナー(PCS)の保護継電器として、過電圧継電器(OVR)、不足電圧継電器(UVR)、周波数上昇継電器(OFR)、周波数低下継電器(UFR)、単独運転防止機能リレー、「高圧連系設備」の保護継電器は BEL との受電設備に関する打合確認で過電流継電器(OCR)、地絡過電流継電器(OCGR)、地絡過電圧継電器(OVGR)を設置する。

なお、この他に電気品質の維持と感電事故防止対策として、以下の対策を講じることとする。

- (v) 系統に直流が流出するのを防止するため各インバータに絶縁変圧器を設ける。
- (vi) 遮断装置は系統が停止中は投入出来ないようにする。また系統での停電復帰後は一定時間遮断器投入が出来ないようにする。
- (vii) ベルモパン変電所には今回連系する 11kV 配電線に自動再閉路装置が実装されている。「系統連系規程」では変電所の引出口に線路無電圧確認装置が必要となるが、これを省略するため発電側に「二方式以上の単独運転検出機能を設置し、かつそれぞれが別の遮断器により連系を遮断できる」方式を以下の理由で採用する。
  - a) 変電所に自動再閉路装置の設置及び長距離通信線の新設が省略でき経費節減となる。
  - b) 発電側で二方式以上の単独運転検出機能を設置する事により容易にシステム構築ができ経済的となる。

なお解列用遮断器が二系列必要な場合にはインバータのゲートブロック機能を代用し以下の要領で解列遮断する。

- a) Power Conditioner (PC) のゲートブロック機能により Low Voltage Distribution Board の PC 遮断器を解列する。
  - b) 制御電源は MCCB を介して分配する。
  - c) 制御電源喪失の場合はフェールセーフにより Low Voltage Distribution Board の PC 遮断器を解列する。
- (c) 系統に与える影響

系統連系に与える影響は主として電圧変動、周波数変動、波形歪の電力品質に関する事項がある。

(i) 電圧変動

BEL によると通常時の電圧変動率は、 $11\text{kV}\pm 5\%$ である。

高圧配電線の連携での電圧変動には 常時電圧変動と 瞬時電圧変動がある。

常時電圧変動では太陽光発電設備の解列及び逆潮流による低圧側 200V 級の適正値を維持する必要がある。太陽光発電設備の解列及び逆潮流による電圧変動の概略の試算を以下の条件で行った。

- a) 太陽光発電設備出力最大 350kW、力率 1.0
- b) 負荷は軽負荷 1,000kW、重負荷 2,400 kW、遅れ力率 0.9 (BEL 日負荷曲線による)
- c) 変電所と発電設備間の 11kV 配電線の距離は亘長約 3.7km、ACSR 62 sq.mm

上記の太陽光発電設備の解列及び逆潮流計算結果は、11 k V での電圧変動が最大約 3%、低圧側 200V 級では 3~8V 程度で低圧需要家の電圧適正値( $202\pm 20\text{V}$ )以内に維持する事が可能であると推察できる。

また 瞬時電圧変動は太陽光発電設備には自励式の逆変換装置を用いている。よって発電設備の並解列時の瞬時電圧低下(2 秒以内)は常時電圧の 10%以内に対応可能である。

(ii) 周波数変動

「系統連系規程」での適正周波数範囲は規定されていない。但し日本国内の電力会社での周波数変動は  $50\text{Hz}\pm 0.2\sim 0.3\text{Hz}$  または  $60\text{Hz}\pm 0.2\text{Hz}$  である。

BEL によると周波数変動は  $60\text{Hz}\pm 0.2\text{Hz}$  であるとの回答を得た。周波数変動は系統の発電容量に対して増設する発電容量が大きい場合に増設発電機側の出力変化で影響を与える。

太陽光発電設備が解列した場合の周波数変動の概略試算を以下の条件で計算する。

- a) 電力会社 BEL の系統に接続される総発電量は約 34MW (MOLLEJON, CHILLO 水力、火力発電)
- b) 太陽光発電設備の最大発電容量 0.35MW
- c) BEL の周波数特性を 3%/Hz, 負荷周波数特性を 3%/Hz と仮定する。BEL の総発電量と太陽光発電の比率は 0.94 (0.32/34x100%) であり、周波数変動  $\Delta f$  は、 $\Delta f = -0.94/8 = -0.12\text{Hz}$  となる。従って太陽光発電増設による周波数変動は 0.2 Hz 以内であり特に影響は与えないと推察できる。

(iii) 波形歪

「系統連系規程」での適正電圧範囲は高調波波形基準では、総合電流歪率 5%、各次電流歪率を 3% 以下としている。

電力会社との打合わせでは高調波規定は IEEE519 Guideline に準拠しているとの説明であった。IEEE519 Guideline では総合電流歪率 5%、各次電流歪率は測定地点の短絡電流/最大需要負荷の比により電流波形歪率が定められていてほぼ各次 3% 程度である。太陽光発電設備での高調波は系統連系規定に基づいた機器を選定するため構外への高調波に対する影響は与えないと考える。

(9) 法規制との関係及び適用基準に係る方針

(a) 法規制

ベリーズ国では新電力法の施行が 2011 年 7 月に予定されている。太陽光発電を系統連系する場合に、制定予定の法律に抵触することはないとの返答を PUC から得ている。なお、設備容量が 75kW 以上の発電設備については、入札公告前に PUC の許認可が完了する必要がある。申請内容には、使用目的（売電又は自己消費）、配電経路と土地使用許可書、環境局への申請承認、発電設備の寸法と型式、配電方式、基本構成、運転方式、発電出力・電圧、図面等の技術仕様書、予想発電量並びに事業費、施工業者、維持管理者、試験項目を記載の上申請する。申請後 14 日以内にライセンスが発行される。

また、適用する電力法には電気方式、電圧変動、力率、不要解列防止等の規定があるが、系統連系に対する規制は整備されておらず、「系統連系規程」を参照する。

(b) 適用基準

日本からの調達資機材についての設計、製造、検査、試験に関しては、以下の基準を採用する。

(i) 電気機器、材料

主要機材は、日本からの調達を予定しているため主要機材の規格は日本規格 JIS、JEM、JEC、JCS 等を準用する。その他の機材については、IEC、ANSI、IEEE または日本規格 JIS、JEM、JEC、JCS 等を準用する。

(ii) 高圧・特別高圧配電系統の機材

高圧配電連系する機器はメンテナンスや予備品の調達の利便性等から相手国の規格や電力会社基準を尊重することが望ましい。高圧・特別高圧配電系統の機材は IEC、ANSI、IEEE、電力会社基準、及び JIS、JEM、JEC とする。

(iii) 電気関係の施工規則

太陽光発電機材の据付、配線、現地試験等は工法をプレハブ化して容易に施工するため、原則として日本国内の電気事業法、内線規程、技術基準を適用する。しかし、IEC、NEC（米国電気工事規程）等の工事基準も適用する。

### 3-2-2 基本計画（施設計画 / 機材計画）

#### 3-2-2-1 施設計画

##### (1) 設置場所選定

PV 設置候補サイトとしてベリーズ国側から 3 地点が提示された。提示された 3 地点について、詳細を下記表 3-2-6 に示す。

表 3-2-6 PV システム設置候補地

優先順位	候補場所 (敷地面積) (土地所有者)	サイトの現状	周辺環境
1	社会保険局(Social Security)横 (4 万 m <sup>2</sup> ) (Social Security)	・樹木は無いため伐採の必要はなし。	・ベルモパン市の Ring Road 沿いにあり、かつ道路を挟んだ対面にはカリコムの気候変動を統括するセンターが有り、ショーケース効果が非常に高い。
2	官庁ビル裏手 (5 万 m <sup>2</sup> ) (ベルモパン市)	・樹木が植えられており、PV システム設置に当たっては樹木を回避し設置しても多少の伐採は必要となる。 ・当該候補地は人の集いの場になっている。	・付近にリング道路が走っており、また官庁ビル裏手であることから、ショーケース効果は比較的高い。
3	ベリーズ大学構内 (8,265m <sup>2</sup> ) (ベリーズ大学)	・設置候補地はほぼ平坦で 3 本の樹木の伐採、アクセス道路の整備が必要である。	・大学構内であるため、一般住民に対するショーケース効果は低い。学生や職員、訪問者に対するショーケース効果はある。

出所：JICA 調査団

最終的に、太陽光発電施設の設置場所は、第 3 優先順位のベリーズ大学構内に決定された。選定までのプロセスを以下に示す。

- i) 第 1 次現地調査の結果、3 候補地点についてベリーズ国側と合意し、2009 年 8 月 14 日付ミニッツで署名・確認している。その後、第 1 優先順位の「社会保険局横」を調査対象とすることで合意し、実施機関の MOW に土地確保にかかる手続きを依頼した。
- ii) 第 2 次現地調査では、調査団がテクニカル・ノートを作成し、先方と 2009 年 12 月 10 日付で締結・署名している。テクニカル・ノートでは、対象地点を「社会保険局横」の土地とすることを再度明記・確認し、その上で、右地点を対象に設計のための調査を行った。MOW は、用地確保にかかる手続きを進めるべく、対象地点の所有者である社会保険局に対して土地使用申請（2009 年 11 月 25 日）を行っている。
- iii) 2010 年 2 月中旬頃、社会保険局から土地利用が拒否された旨の報告が届く。
- iv) 第 3 次現地調査で、社会保険局横の土地利用が困難であることを確認した。そのため、2009 年 8 月 14 日付のミニッツで合意された他 2 地点の候補地点から、候補地点を選定する方針とする。再選定にあたっては、土地面積、土地確保の確実さ、ショーケース効果、系統連系地点等を考慮して検討を行った。第 2 候補地は樹木の伐採が多いため、第 3 候補地であるベリーズ大学構内とすることで合意を得る。
- v) 第 4 次現地調査において、ベリーズ大学から政府へ土地利用許可のレターが提出された。

案件形成の方針として、下記の点に留意して現地調査を実施した。

### 1) ショーケース効果

プロジェクト対象地域の首都ベルモパン市は、ベリーズ国土のほぼ中央に位置しており、政府機関の中心街として発展しつつある。ベルモパン市の人口は、約 1.6 万人である。関係機関をはじめ、太陽光発電設置への関心は高く、ベリーズ大学の構内に設置することから、学生や訪問者等ショーケース効果も高いと考えられる。

### 2) 我が国に優位性のある技術・ノウハウの積極的活用

ベリーズ国では、小規模の SHS(Solar House System)の導入実績があるが、本件と同様の系統連系型の太陽光発電に関する導入実績はない。一方で、系統連系の太陽光発電システムは、我が国で実績も多く普及している技術である。本件では、太陽光発電設備をはじめ系統連系技術など我が国の技術を十分に活用することが出来る。

### 3) 持続的な維持管理体制の構築等

ベリーズ国では、系統連系型の太陽光発電設備に関する実績がないため、ソフトコンポーネントを活用して維持管理を行う人材を育成する方針である。カウンターパート機関は MOW であり人材育成を行うことを検討している。

## (2) 発電設備容量の計画

予定地において、以下の条件及び想定により計算した結果、設備容量は最大 350kWp が妥当である。

PV モジュールの出力および外形寸法は、メーカーにより異なる。また、一般的に集中型太陽光発電設備で活用されているシリコン結晶系モジュールの単位出力は 180Wp～210Wp で変換効率は約 14%～19%程度である。同様にアモルファス系モジュールでは、単位出力は 80Wp～130Wp で変換効率は 6～9%程度である。このようにアモルファス系は単位面積あたりの変換効率が悪いいため、結晶系と同等の出力を確保するためにはモジュール面積を約 1.6 倍と大きくする必要がある。アモルファス系モジュールを地上設置する場合、面積に比例して架台の数量は増加するが、モジュールの機材費は安くなる。しかし、工事期間も増加すると考えられるため、全体としてアモルファスによる事業費はシリコン結晶系によるものより約 20%高くなる傾向がある。対象地の設置可能面積は 8,265 m<sup>2</sup>と限定されるため、アモルファス系の設置は不可能である。そのため、モジュールの種類は発電効率の高いシリコン結晶系とする。設計においては、モジュール出力を各メーカーに対応しやすい 180Wp を想定し簡易計算を行う。モジュールの外形寸法は、1m×1.5m、最適動作電圧は 30V と仮定する。

## (3) 発電と系統連系計画

### (a) 対象地域の電力系統

太陽光発電設備の設置予定地であるベリーズ大学付近への配電線は、ベルモパン市の西側に位置する BEL の 115 kV/11 kV のベルモパン変電所より供給される。BEL の変電所は、太陽光発電システムの設置場所から約 3.7 km の位置にある。BEL は、樹状の配電方式で周辺の施設に電力を供給している。ベルモパン変電所の変圧器容量は 115 kV/11kV, 5,600 kVA (送油空冷式 Max.7,000 kVA)である。2010 年 9 月末完工予定で、変圧器容量 10/16 MVA(ONAN/ONAF II)を増設する。

太陽光発電側の電圧変動は配電側の変圧器、線路、コンデンサー等のインピーダンスや負荷電流（需要電力）によって変化する。太陽光発電の逆潮流による電力供給は系統全体の 5.3%と小さい。太陽光発電系統は BEL の Feeder-3 に接続され家電負荷が大部分である。夜間は軽負荷で約 1,000kW、昼間は重負荷で最大 2,400kW ある。BEL 変電所から末端の太陽光発電システムの設置場所での常時電圧変動率を試算すると軽負荷で 1.4%－重負荷で 3.0%(at 11kV)であり電圧変動±10%以内で一般需電圧変動を許容する。

### (b) 系統連系と逆潮流

太陽光発電システムには系統連系用に 11 kV/400-230 V の変圧器を設ける。これを、配電盤の 2 次側（400 V）に太陽光発電からの発電電力を低圧(400 V)で接続し、変圧器で 11 kV に昇圧して電力配電線と連系する。

この系統連系により、BEL 系統は太陽光発電から逆潮流により電力供給されることになる。

現在、ベリーズ国では太陽光発電システムの系統連系は行われていない。太陽光発電の電力は 11kV 系統へ逆潮流を行い、所内電力に関しては夜間は低圧で既存系統から受電するものとする。この低圧負荷は、所内電源であり、コントロールハウス内で使用される記録計、照明および空調設備等である。

BEL との協議に基づき、取引用計量装置は高圧連携閉鎖盤内に計器用変成器(VCT)を 1 台設け、高圧連系閉鎖盤内に設置する。また、受需量計測用電力量計は電力会社 BEL から支給され設置する。このため、受需量計測用電力量計のスペースを高圧連系閉鎖盤内に設けておく必要がある。

### (c) 推定発電量

プロジェクト対象地域の位置（緯度：北緯 17.1、経度：西経-88.5）から、維持管理の容易さと推定される年間発電量から傾斜角度を検討した結果、適正角度として 20 度を選定した。北半球に位置するため、方位は南である。推定年間発電量の計算結果を表 3-2-7 に示す。日射量のデータは、ベルモパン市での NASA のデータを使用している。

表 3-2-7 推定発電量

Month	days	Irradiation angl 20 (kWh/m <sup>2</sup> - day)	Ambient Temp (°C)	350 kWp	
				Power Output (kWh/day)	Monthly Output (kWh/Mo)
Jan	31	4.51	23.3	1,147	35,551
Feb	28	5.17	24.1	1,309	36,665
Mar	31	5.60	25.3	1,410	43,697
Apr	30	5.75	26.1	1,441	43,222
May	31	5.53	26.5	1,382	42,854
Jun	30	5.20	26.6	1,301	39,035
Jul	31	5.11	26.2	1,280	39,674
Aug	31	4.85	26.3	1,214	37,628
Sep	30	4.86	26.3	1,216	36,482
Oct	31	4.76	25.7	1,195	37,043
Nov	30	4.58	24.7	1,155	34,645
Dec	31	4.27	23.7	1,084	33,609
Average		5.01	25.4	1,260	38,342

Annual (350 kWp): 460,106 (kWh/year)

出所：JICA 調査団

### (d) 推定 CO<sub>2</sub> 削減量

太陽光発電は、化石燃料を用いている発電設備に代替することで CO<sub>2</sub> の削減効果がある。

推定発電量を基に CO<sub>2</sub> の削減量を算出した。現在ベリーズ国には承認された CDM 案件はなく、CO<sub>2</sub> 削減原単位も設定されていない。よってベリーズ国の電力供給の内訳（メキシコからの購入（53.4%）、水力発電（ハイδροマヤ及び BECOL（44.4%）、ディー



ゼル発電（2.3%）を比率として、それぞれ IEA（International Energy Agency : URL:<http://unfccc.int/2860.php>）によって公開されている「CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion – Highlights」で設定されている 2007 年の削減原単位（メキシコからの購入 0.547(kg-CO<sub>2</sub>/kWh) : メキシコの 2007 年の削減原単位、水力発電（既に CO<sub>2</sub> を発生しない発電源であるため、削減原単位はない）、ディーゼル発電 0.762(kg-CO<sub>2</sub>/kWh) : 中南米地域における石油を利用した発電の 2007 年の削減原単位）を換算値として適用した。一般的に適用されている CO<sub>2</sub> 削減原単位による計算の結果、本プロジェクト太陽光発電 350 kWp による CO<sub>2</sub> 削減量は、年間約 142 トンとなる。

$$\begin{aligned}
 \text{年間 CO}_2 \text{削減量} &= \text{CO}_2 \text{削減原単位} \times \text{年間発電量} \\
 &= \text{ベリーズ国の電力供給源比率} \times \text{年間発電量} \times \text{各 CO}_2 \text{削減原単位の合計} \\
 &= \text{メキシコからの購入 } 0.547 \text{ (kg-CO}_2\text{/kWh)} \times 245,697 \text{ (kWh/year)} \\
 &\quad + \text{ディーゼル発電 } 0.762 \text{ (kg-CO}_2\text{/kWh)} \times 10,582 \text{ (kWh/year)} \\
 &= 134,396 \text{ (kg-CO}_2\text{/year)} + 8,063 \text{ (kg-CO}_2\text{/year)} \\
 &= 142,459 \text{ (kg-CO}_2\text{/year)} = 142 \text{ (ton/year)} \\
 &\quad (\text{CO}_2 \text{削減原単位} = 0.547, 0.726 \text{ kgCO}_2\text{/kWh})
 \end{aligned}$$

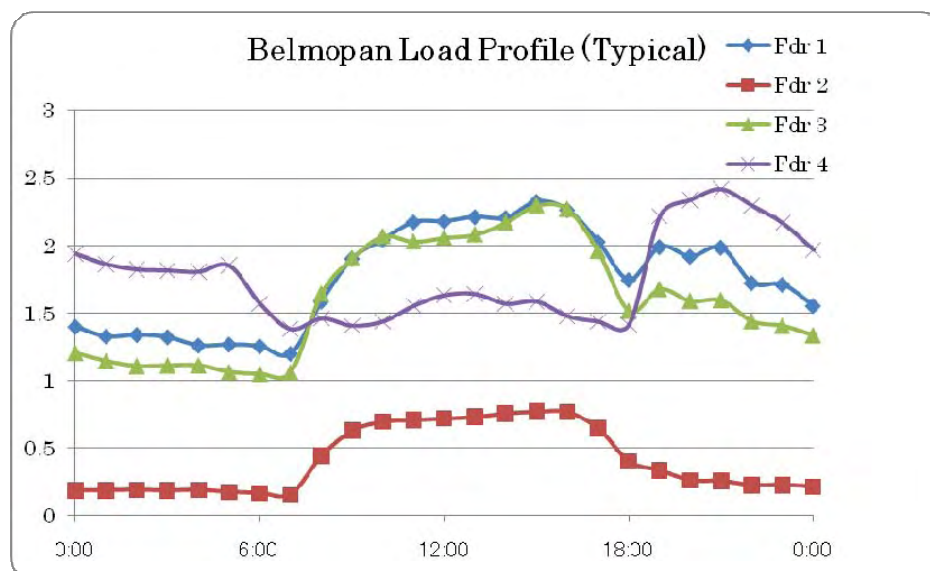
(e) 対象設備の電力需要

2009 年 4 月の Belmopan Load Center 電力需要状況を図 3-2-1 に示す。2009 年 4 月での電力会社 BEL での Belmopan Load Center での日負荷曲線データより以下の事が推測される。

- (i) ベルモパン変電所の日負荷曲線から、消費電力は正午より午後 3 時までの時間帯では変圧器定格容量(5,600kVA)を超え約 6,600kW となっている。超過電力はディーゼル発電機を稼働して電力不足分を解消している。
- (ii) 新たに 350kWp の太陽光発電システムを設置すれば、この昼間のピーク電力を補い、年間発電量約 460MWh/year の発電電力量を賄うことになる。
- (iii) 設備容量 350kWp の太陽光発電システムを導入することで二酸化炭素の排出量を年間約 142トンまたは石油消費量約 104,420リッター削減することが出来るので地球環境の改善に役立つ。(IEA 資料より二酸化炭素削減単位は 0.547、0.726 kg-C/kWh、NEDO 資料より発電燃料節約単位は 0.227 little/kWh とした)
- (iv) Feeder 2 は官公庁街の配電系統であり、18:00 以降に電力消費が低下していることがわかる。要因は 18:00 以降、官庁街の勤務時間が終了しているため照明やエアコン等の電力消費が減少するためと考えられる。一方で、Feeder 4 は郊外の需要家系統で 18:00 以降に電力消費が増加していることがわかる。UB は Feeder 3 に接続されており、昼間に電力消費のピークがあることが分かる。

## (f) 電力料金

BEL の 2009 年の発電単価は、US\$0.156/kWh で、実勢平均電力料金は、US\$0.22/kWh である。ベリーズ政府は、道路照明の電気料金として、US\$0.275/kWh を支払っている。



出所：BEL の Belmopan Load Center

図 3-2-1 Belmopan Load Center 電力需要状況 (MW)

## (g) 機器配置・配列の検討

## (i) 太陽電池モジュール

PV モジュールの出力および外形寸法は、メーカーにより異なる為、モジュール出力を各メーカー仕様に合わせ易い 180Wp とし簡易計算を行う。なお、モジュールの外形寸法は、1m×1.5m、最適動作電圧は 30V とする。

## (ii) 太陽電池アレイ配列

太陽光発電設備の必要面積について、1アレイを 50kWp とし配置面積の計算を行う。アレイは、モジュール 4 枚を縦配列とし横配列を 75 枚とする。アレイ配列は候補地の形状から、1 列 7 行と仮定した。設置方位は南方向とし、年間日射量が大きく、維持管理の容易さを考慮して傾斜角を 20 度とした。このような条件で、必要面積の算出を行った。ベルモパン市の緯度経度および、算出した冬至（12 月 22 日）の午前 9 時および午後 3 時における太陽高度から、影の倍率は約 1.2 倍となることが算出された。

そのため、太陽電池アレイの陰の長さを考慮して各アレイ南面に 4m のスペースを設けた。また、太陽電池アレイ設置の縦方向の北側に敷地境界まで 5m の保守スペースを設ける。横方向は、片側が 5m、もう一方に 10m（パワーコンディショナーなどの機器収容のハウス用のスペースとして）のスペースを設けて、必要面積の計算を行った。表 3-2-8 に必要土地面積を示す。

表 3-2-8 太陽光発電設備の必要土地面積

土地	350 kWp
長さ (m)	95
奥行 (m)	87
必要土地面積 (m <sup>2</sup> )	8,265 (2.04 acre)

出所：JICA 調査団

## (h) 据付予定地の地質状況

ベリーズ大学構内の地耐力を下表に示す。地質データから、地耐力は大きな値であり太陽光発電設備の建設に問題ないと考えられる。また、BELによると、UB内の大地土壌抵抗値は、76.5Ω・mである。

表 3-2-9 ベリーズ大学構内の地耐力

深度 (feet)	非排水せん断強度 (kN/m <sup>2</sup> )	換算 N 値	推定地耐力 (kN/m <sup>2</sup> or kgf/cm <sup>2</sup> x 100) for foundation in width
			1 m
3'0"	150 - 350	28	400 - 800
6'0"	350 - 600	44	800
9'0"	600	>50	800

出所：MOW

## 3-2-2-2 機材計画

## (1) 設計基準

ベリーズ国では電気設備には原則として国際規格の IEC を適用している。但し、先進国からの援助の場合、国際的に通用する規格は一般的にそのまま受け入れている。

日本の無償援助の下、日本から機器を納入する場合、日本工業規格(JIS)、電気学会電気規格調査会標準規格(JEC)、日本電機工業会(JEM)、日本ケーブル規格(JCS)等の日本の規格を適用する事は問題ない。

しかし電力会社 BEL と高圧系統連系する 11 kV ケーブル(22kV 仕様)、11 kV 高圧盤、11 kV/400 V/230V 変圧器は以降のメンテナンスを考慮して原則として BEL の Standard (IEC) を適用することになる。BELによると、接地抵抗地は、4 オームである。

## (2) 太陽光発電設備の機材

太陽光発電に必要な機材の機材名、仕様、数量等について以下の表 3-2-10 主要機材一覧に示す。

表 3-2-10 主要機材一覧

機材	項目	仕様	数量	単位
太陽光発電機材	1) 太陽光発電モジュール	(a) 種類：結晶系シリコン (b) モジュール容量：180Wp 以上 (c) 最大出力電力：*180W (d) 最大出力動作電圧：*23.7V (e) 最大出力動作電流：*7.6A (f) 開放電圧：*30V (g) 短絡電流：*8.4A (h) アレイ総出力容量：350 kWp 以上	1	式
	2) モジュール設置用架台	(a) 種類：太陽電池取付架台及び鉄鋼架台 (b) 材質：SS400 溶融亜鉛メッキ仕上 (c) 構成：ベースチャンネル、トラスト構造	1	式
	3) 接続箱	(a) 構造：屋外壁掛け型 (b) 材質：SPC鋼板 (c) 太陽電池入力電圧：*DC800V (d) 太陽電池入力電流：*12A/回路 (e) 入力回路数：*最大4回路 (f) 出力回路数：1回路 (g) 収納機器：配線用遮断器、入力回路断路、誘導雷保護器	1	式
	4) パワコンデンショナー	(a) 構造：屋内自立型 (b) 主回路方式：自励式電圧型 (c) スイッチング方式：高周波 PWM (d) 絶縁方式：絶縁トランス方式 (e) 冷却方式：強制空冷 (f) 定格出力：120 kWx3 Nos=360 kW 以上 (g) 定格入力電圧：*DC600V (h) 最大許容入力電圧：*DC900V (i) 入力運転電圧範囲：*DC420V~850V (j) 最大出力追従制御範囲： *DC500V~700V (k) 出力電気方式：*3相3線又は3相4線 (l) 定格出力電圧：*AC400V 又は 230V (m) 交流出力電流歪率：総合電流 5%以下、各次調波 3%以下 (n) 電力制御方式：最大出力追従制御 (o) 効率：*90%以上 (p) 機能：自動電圧調整、入出力電流制限、出力制御、ソフトスタート (q) 系統連系保護機能：UVR, OVR, UFR, OFR、単独運転保護機能(受動、能動検出) 復電後の投入防止 (r) 外部通信：状態・故障・計測情報信号 (RS485)	*1	式
その他の機材	5) 屋外変圧器	(a) 定格出力：500 kVA 以上 (b) 一次電圧/二次電圧：11 kV/400/230V、3相4線式、60Hz (c) 特記仕様 屋外、油入自冷式、結線：Δ-Y、中性点接地、全負荷容量 タップ±2.5%、±5%	1	式
	6) 系統連系高圧機器	(a) 構造：屋外自立金属閉鎖形スイッチギア (b) 遮断器定格：11 kV, 400A, 12.5kA (c) 規格：JIS, IEC (d) 収納機器 a) 計器用変成器 (VCT) b) 断路器 (DS) c) 避雷器 (LA) d) 計器用変圧器 (VT, CVT) e) 零相変流記 (ZCT) f) 遮断器 (VCB) g) 変流器 (CT)	1	式

		h) 保護リレー：OCGR,OVGR,OCR i) 計器類：V,A,W,PF、WH		
	7) 負荷用分電盤	(a) 構造：屋内壁掛又は自立型 (b) 材質：SPHC鋼板 (c) 入出力回路数：入力1回路、出力：*10回路 (d) 収納機器：配線用遮断器、誘導雷保護装置	1	面
	8) 表示装置	(a) 構造：屋外壁掛け型または自立型、LED表示方式 (b) 材質：SPHC鋼板 (c) 表示点数：発電量/日 (kWh/day)、瞬時発電電力 (kW) 瞬時日射値 (kW/m <sup>2</sup> )、外気温度 (°C)、CO <sub>2</sub> 削減量 (kg-C) (d) 表示寸法：*W800xL600xH60	1	面
	9) データ管理・監視システム	(a) 日射計：IS09060、Second Class 6~8mV/(kW・m <sup>2</sup> ) (b) 気温計：測温抵抗体 Pt100Ω、4線式、-50°C~+100°C (c) 気象変換箱 a) 構造：屋外掛型 b) 材質：SPHC鋼板 c) 入力信号：日射量(0~10mV)、気温計 (Pt100Ω) d) 出力信号：4~20mA e) 電源：AC230V, Battery & Charger (DC48V) f) 収納機器：日射計変換器(T/D)、気温計 T/D、電力 T/D、電力量 T/D (売電、買電) (d) 計測監視装置 (屋内) a) データ計測方式 測定周期：6秒、収集データ：日射強度、気温、発電量 b) 仕様機器：パソコン、信号変換器、UPS c) ソフト仕様：瞬時値表示、グラフ、帳票、PCの運転状態、故障表示、他	1	式
	10) コントロールハウス	(a) *サイズ：W2,400xL7,200xH2,460 (b) 装備品：扉、照明、空調設備、ダイヤル温度計 (接点付) (c) 収納機器：パワーコンディショナ、負荷用分電盤、モニターa盤	1	棟
工 事 材	1) ケーブル配線材 2) 接地材、雑材	(a) ケーブル： 22 kV CV-60 sqmm-3c, 600V CV250, 5.5, 2sqmm 600V CVVS-2.0sqmm (b) 接地極、FEP配管材、スチールコンジットパイプ	1	式

\*印は参考値でありメーカーの標準とする。

出所：JICA 調査団

### (3) 太陽光発電設備機材の基本設計

太陽光発電設備機材の基本計画は以下のように行った。

#### (a) 太陽光発電アレイ

太陽電池アレイは、複数の太陽電池モジュールを直並列に接続して構成する。太陽電池の合計設備容量は 350kW<sub>p</sub> を超えるように構成する。

太陽電池モジュールは「JISC8918 結晶系太陽電池モジュール」又は同等の性能を有するモジュールとする。

#### (b) 太陽電池架台・接続箱

①太陽電池架台および接続箱は太陽光発電機材費用の約 20%を占め建設工事の据付、配線作業は工期、建設費の大きな要素となる。

②太陽電池架台は「JISC8955 太陽電池アレイ用支持物設計標準」の要件を満たす。また、最大風速 60 m/sec に耐えられる対策を施したものとする。風速 60 m/sec の場合、設置角度が 20 度では、裏風による揚力を削減するような、遮蔽板などの設置が必要になる。

太陽光発電の据付予定場所は、保安のため周囲の道路から 10m 以上を離す必要がある。

冬至の陰を基準に、設置予定場所の範囲内でアレイ間の配列および架台の地上高さを決定する。設置方位は、南方向とし年間日射量が大きく粉塵などが蓄積されにくくように傾斜角を 20 度とする。

③架台基礎にかかる荷重は、モジュールの大きさと組み合わせにより異なる。縦配列 4 枚、横配列 2 枚のモジュールを支持する場合、180Wp のモジュールを用いると合計 8 枚で約 160kg の垂直荷重がかかる。そのため、支持材をコンクリート基礎で受ける必要がある。

④接続箱は、複数の太陽電池モジュールの接続を行い、故障・点検等の際に回路の分離を行うものである。接続箱は、配線用遮断器、入力回路開閉器、出力回路開閉器、逆流防止ダイオード、誘導雷保護器(Class 2)等で構成される。直流回路毎に、逆流防止ダイオード誘導雷保護器を設けてある。

(c) パワーコンディショナー（系統連系保護装置内蔵）

①パワ-コンディショナーは太陽電池で発電した直流電力を交流電力に変換し負荷に給電する装置であり、インバータ及び系統連系装置等で構成されている。

②パワ-コンディショナーは「JISC8980 小出力太陽光発電用パワ-コンディショナー」及び「系統連系規程」に準じるものとする。

③パワ-コンディショナーの機能として電力変換機能、太陽電池の制御・保護機能、系統連系機能がある。なお、太陽光発電との系統連系は逆潮流ありで単独運転はないものとする。

- |      |                  |                               |
|------|------------------|-------------------------------|
| i)   | 出力電圧精度           | : AC 400 V or 230 V $\pm$ 10% |
| ii)  | 出力周波数精度          | : $\pm$ 0.2Hz                 |
|      | 出力周波数精度（系統連系運転時） | : $\pm$ 1Hz (設定可能範囲)          |
| iii) | 交流出力電圧歪率         | : 総合 5%以下(線形定格負荷接続時)          |
|      | 交流出力電流歪率         | : 総合電流 5%以下(定格出力時)            |
|      |                  | : 各次調波 3%以下(定格出力時)            |
| iv)  | 出力力率（系統連系運転時）    | : 0.90 以上（電圧上昇防止等で止を得ない場合を除く） |

v)	総合効率	: 90%以上
vi)	出力電圧不平衡比	: 10%以下
vii)	系統連系保護機能 :	電圧・周波数監視機能 最大出力追従制御機能 単独運転防止機能 自動電圧調整機能 直流分流出保護機能（絶縁変圧器） 直流地絡検出機能 UVR、OVR、UFR、OFR、単独運転保護機能(受動、能動検出) 復電後の投入防止

(d) 屋外変圧器及び高圧連系設備

屋外変圧器はパワ-コンデンショナーの交流出力電圧を系統連系する高圧側に交流電圧変換し負荷に電力を給電する装置である。屋外変圧器は「IEC 60076 Standard」及び「BEL Standard」に準じるものとする。主な仕様は下記とする。

変圧器

形式 :	屋外油入変圧器 (ONAN)
定格出力 :	500 kVA 以上
一次電圧/二次電圧 :	11 kV/400-230V、3 相 4 線式、60Hz
耐電圧 :	インパルス電圧 : 1.2 x 50 micro-second, 95 kV、
商用耐圧電圧 :	38kV、1 分
特記仕様 :	結線 : Δ-Y、中性点接地、全負荷容量 タップ±2.5%、±5%

高圧連系設備(屋外型高圧キュービクル盤)

避雷器 : 12 kV, (10.2 MCOV, IEEE)

遮断機 : 11 kV, 12.5 kA

断路器 : 11 kV, 1250 A

保護リレー : OCR, OCGR, OVGR

計測器 : VCT (class 0.3), CT, ZCT,

電力量計

BEL が設置予定している仕様を以下に示す。これが設置できる空間を配電盤内に設け

ておく、負担電力は、3 W 以下。

Elster Alpha+meter, Form 5S(35S), CL-20, 120-480V, 3 wire, 60 Hz

Type-A1RLQ+(Store load profile reading and can be down loaded to Lap Top computer) or ,

Type-A1D(Energy and demand readings only no storage of energy class 0.3 or better)

(e) 負荷用分電盤

負荷分電盤は太陽光発電所内の電力として発電中はパワーコンディショナーから、また夜間は変圧器を経由して電力会社から給電を受ける。使用負荷は制御室のエアコン、照明、データロガーおよびモニターの電源等で設備容量は約 5~10kW 程度である。負荷分電盤は鋼板製とし筐体表面には電源表示灯及び各負荷には遮断器 (MCCB) を設置するものとする。

(f) 表示装置

表示装置は Jaguar Building（講堂含む）の入口に向かって左側外壁に設置する。太陽光発電の表示装置は太陽光発電のショーケース効果を高めるために用いられる。表示装置の表示項目は以下によるほか、製造者の標準とする。

発電量/日 (kWh/day)

瞬時発電電力 (kW)

瞬時日射値 (kW/m<sup>2</sup>)

外気温度 ( )

二酸化炭素削減量(kg-C)

(g) データ管理・監視システム

太陽光発電装置のパフォーマンスを評価するためリアルタイムに発電データ等を収集するデータ管理・監視システムをコントロール室に設ける。

① 日射量および外気温の測定仕様

－日射量計：ISO9060/2nd Class 相当、入力信号：日射量(0~10mV)

－気温計：Pt100Ω JISA 相当品、

② 計測表示項目

計測表示項目は以下によるほか、メーカーの標準とする。

－太陽電池出力電圧 (V)

－太陽電池出力電流 (A)

－インバータ出力電圧 (V)

－インバータ出力電流 (A)

－インバータ出力電力 (kW)



－インバータ出力電力量（kWh）

－インバータ運転状態

－系統連系正常

③ 故障表示項目

－系統連系異常（系統連系保護装置動作）

－インバータ故障

－インバータ内保護装置動作

－負荷分電盤配線用遮断器トリップ（全数）

④ データ記録装置

太陽電池発電量、買電電力量、CO<sub>2</sub>削減量を計測・演算し電子データとして記録（時間、日、月、年）を行う。

(h) コントロールハウス

コンテナ内部に、パワーコンディショナー、負荷用分電盤、データ管理・監視システムを収納する。また、ドア、空調設備、ダイヤル温度計(接点付)、照明設備を備え、予備品であるパワーコンディショナーを設置する。

### 3-2-3 基本設計図

本計画の基本設計図は以下に示す通りである。

表 3-2-11 基本設計図リスト

No	図面番号	図面名称
1	BZ-E-101	SINGLE LINE DIAGRAM
2	BZ-E-102	PV SYSTEM ARRANGEMENT (350 kW)
3	BZ-E-103	CIVIL WORKS & PV SYSTEM FOUNDATION
4	BZ-E-104	LAYOUT DRAWING OF PV SYSTEM (350 kW)

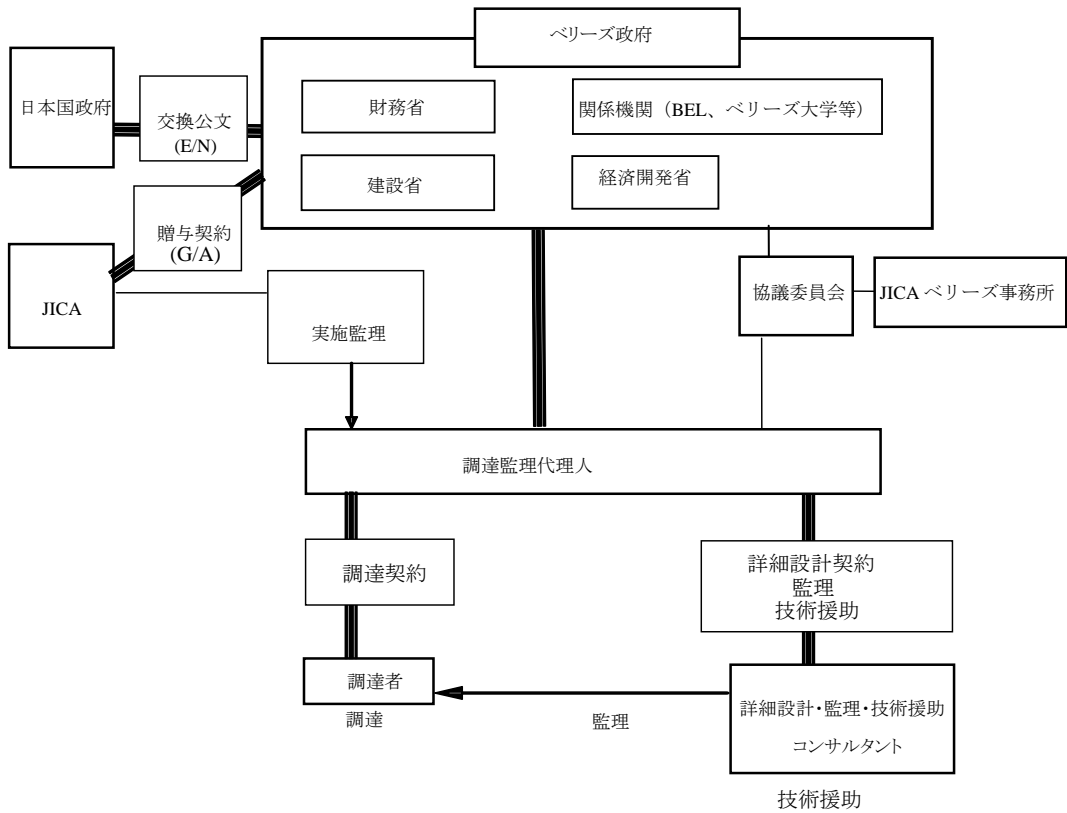
出所：JICA 調査団

### 3-2-4 施工計画／調達計画

#### 3-2-4-1 施工方針／調達方針

本プロジェクトは我が国の環境プログラム無償資金協力制度の枠組みに基づいて実施される。本環境プログラム無償資金協力にかかわる交換公文（E/N）は2009年12月14日に締結された。ベリーズ政府は、施工監理コンサルタント及び施工業者の調達を調達代理機関に委託する。また、施工監理コンサルタント及び施工業者は、調達代理機関と契約を締結し、それぞれの業務を実施する。次に示す図3-2-2 実施システムは、環境プログラム無償の調達に関する関係者の関係と役割を示す。

実施システム



(出所：JICA 環境プログラム無償 MD)

図 3-2-2 環境プログラム無償 実施システム

以下に本計画を実施するにあたり、基本事項および特に配慮を要する点を示す。なお、本計画の施工範囲は次の通りである。

- a) 敷地内の整地・盛土、アクセス道路、フェンス、基礎等の土木工事
- b) 太陽光発電設備の調達・輸送・据付・試験・引渡し
- c) 11 kV 系統連系高圧設備の調達・輸送・据付・試験・引渡し

上記の各作業は相互間でよく協調を取って実施する必要がある。

事業を実施する場合の基本事項および特に留意する点は以下の通りである。

(1) ベリーズ国側実施機関

本プロジェクトにおける、ベリーズ国側の責任機関と実施機関を以下に示す。

- ・責任機関：財務省 (MOF)

・実施機関：建設省 (MOW)

ベリーズ国側の本プロジェクトの責任機関はMOFであり、MOWが実施に当たる。MOFは、設置用地の確保、輸入に係る手続き、免税措置を実施する。また、安全確保のための費用や、セキュリティー費用、その他相手国側負担にかかる費用を負担する。維持管理体制の構築に当り、MOFがベリーズ政府を代表して契約主体となり、各組織との合意形成を担う。MOWは、設置用地内の樹木の撤去、整地、アクセス道路の整備、保管場所の確保などの役割を担う。

(a) ベリーズ国側分担作業の実施に必要な予算および要員の確保

本計画実施に係わる一部の作業はベリーズ国側が分担する。これらの分担作業は、関連工事工程と調整を図って、適時に実施されなければならない、分担作業実施のための予算及び要員の確保が必要である。

(b) 技術移転

本計画では、ベリーズ国側の運転・保守要員を太陽光発電設備の試験、試運転期間に参加させ、その一連の作業の中で、太陽光発電設備に関する基本事項及び系統連系設備の保守技術をベリーズ国側に習得させる。試験・試運転期間への参加は、単なる負担事項の一つというだけでなく、今後の保守作業を自ら実施できるようになることを目的としていることに、ベリーズ国側の十分な理解が必要である。

## (2) 請負業者

我が国の無償資金協力の枠組みに従い、入札によって選定された日本国法人の請負業者により、本計画の資機材調達および据付工事が実施される。本計画では、土木工事、太陽光発電設備の据付、系統連系等の工事が建設敷地内で輻輳して行われる。また各工事は作業上及び工程上、密接に関連している。従って、すべての工事は品質の確保、性能保証、瑕疵責任および工期の管理の観点から日本の請負業者が一貫して実施するものとする。

請負業者は、コンサルタント作成の仕様書に従って、土木、資機材の設計、製作、工場試験、輸出梱包、現地までの輸送、工事を行い、現場試験により各施設・設備の据付状況および据付後の性能を検証した上で引渡しを行う。また、一連の据付および現場試験の期間中にベリーズ国側への技術移転を行う。

### 3-2-4-2 施工上／調達上の留意事項

#### (1) 施工上の留意事項

本工事は太陽光モジュールの据付作業、コントロールハウス、高圧接近工事など多種多様な工事が敷地内で輻輳して行われる。また現場は首都ベルモパン市内のベリーズ大学構内であり、その安全確保に十分注意を払う必要がある。

作業前には作業グループ間及び MOW・UB 関係者との間で綿密な打ち合わせを行って作業

計画を作成し、電力、ガス管、水道管などの埋設物がないことを確認する。また、既設配電線に接近して作業する場合、充電範囲を確認の上、危険標識あるいは安全柵を設置し、安全かつ効率的な作業環境を作る必要がある。

なお、パワーコンディショナーが 3 台となる場合は、単独運転検出装置が相互干渉する恐れがあり、機器の設置後は相互干渉がないことを試験実施の上確認する必要がある。

工事実施に当たり、日本又は海外からの技術者並びに現地雇用の技術者は、APEB に登録したうえ、PUC に登録する必要がある、ライセンスが PUC に登録された電工を雇用する必要がある。

太陽光発電装置設置敷地内では、土木、鉄骨組み立て工事、太陽光モジュールからの電気設備工事、制御室の設置工事、高圧電気工事、11kV 配電線への接続工事など業種の異なる工事をよく協調をとりながら実施する必要がある。土木基礎工事、鉄骨組み立て工事は太陽光モジュールの据付工事前に完成させる必要がある。

太陽光モジュールの設置場所がベリーズ大学構内であり、プロジェクト全体を遅滞なく完成させるためには、種々の作業を並行して実施しなければならない。各設置場所での作業内容と工期は密接に関連しているので、効率良い作業計画の立案と作業員の配置が必要である。

このため、コンサルタントと実施業者は設置現場の要員配置、作業効率の検討を明確にし、作業員および設備の安全、品質管理を図る必要がある。実施計画は計画全体の各作業現場、作業相互間の協調を基にして現場作業の効率的、且つ円滑に実施できるように作成されなければならない。

## (2) 調達上の留意事項

主要資機材は、日本国製と想定されている。その他の機材も仕様書上にて制限されている国から調達されているかどうかを確認する。

現場据付工程に従って円滑に実施されるためには、資機材を計画に合わせて発送することが不可欠である。本プロジェクトの請負業者は、調達、製造、輸送、搬入納期が適時に行われるよう一貫した調達管理が必要である。

設置予定地にはハリケーンが襲来する可能性があるため、最大設計風速を 60 m/sec とする。モジュールの設置角度 20 度では、北風により裏側からの風圧が想定される。そのため、風の遮蔽板を北側に設置する等の対策が必要になる。

配電会社である BEL は、ベルモパンの配電電圧を 11kV から 22kV に昇圧する計画を持っている。しかし、具体的な地域や方法はまだ決定されていないため、BEL との合意に基づき引き込み高圧ケーブルの仕様を 22kV に対応したものとする。

### 3-2-4-3 施工区分／調達・据付区分

#### (1) 施工区分

本計画においての日本国側とベリーズ国側の施工区分を表 3-2-12 に示す。対象施設・設備の工事は日本側が一貫して施工する。

表 3-2-12 施工区分／据付区分

No.	項目	日本国側	ベリーズ国側
1)	工事作業に必要な用地確保、安全の確保		○
2)	工事に必要な用地の無償提供および整地・障害物の除去、アクセス道路の設置、予備品用倉庫の確保		○
3)	フェンス、敷き砂利	○	
4)	太陽光モジュールの基礎、架台据付	○	
5)	太陽光モジュール、コントロールハウスの据付	○	
6)	太陽光発電システムの据付、試験、引渡し	○	
7)	高圧受電設備(変圧器、高圧受電盤、引き込み用ケーブル) 据付、試験、引渡し	○	
8)	11kV 配電線延長、区分開閉器の据付、仮設電源引込		○
9)	計量装置の取付		○
10)	引き込みケーブルの接続	○	

出所：JICA 調査団

### 3-2-4-4 施工監理計画／調達管理計画

本案件は、環境プログラム無償資金協力として日本政府による事業実施の承認がなされ、両国政府間で交換公文(E/N)の締結（2009年12月14日）がされた。JICAは調達代理機関をベリーズ国政府に推薦し、本案件の業務を管理する。調達代理機関は施工監理コンサルタント及び施工業者と契約を締結し、それぞれの業務を実施する。施工監理計画／調達管理計画を遂行するに当たっては、特に下記事項に留意して体制を確立する。

- (a) 業務計画の実施に至る背景を理解する。
- (b) 協力準備調査報告の内容を把握する。
- (c) 環境プログラム無償資金協力の仕組みを理解する。
- (d) 二国間で締結された交換公文の内容を把握する。
- (e) 現地の施工条件を十分考慮する。
- (f) 将来も含めた本プロジェクトに関係するステークホルダーを把握する。
- (g) ソフトコンポーネントを実施する意義を十分に理解し、実施する。

上記項目を踏まえ施工監理の基本方針、業務の内容、担当、計画についての体制を以下に示す。

#### (1) 施工監理の基本方針

コンサルタントは本計画が、所定の工事期間に確実に安全に実施されるよう工事全般に亘り工事請負業者に対して管理・指導を行うものとし、次の3項目を基本方針とする。

**(a) 工程管理**

- (i) 工事請負業者の作業開始前にベリーズ国側の分担作業の進捗状況を確認し、資機材の製作、輸送、工事の進捗状況を確認する。
- (ii) 請負業者による工事とベリーズ国側の協力体制を確認し、双方の調整を図る。
- (iii) 工程調整会議を適宜開催し、計画全体の工程管理および工程調整を行う。工程調整会議は、現場工事期間中は毎週、また、現場試験中は毎日開催するものとする。

**(b) 安全管理**

- (i) MOW 並びに UB の関係者に毎日作業の実施内容と安全対策を説明する。
- (ii) 作業前の安全確認を励行する。
- (iii) 同じ場所で複数の作業が実施される場合は、お互いの作業内容および工程を認識させ、災害防止を図る。
- (iv) 資機材の搬入・搬出作業には隣接する主要道路を使うのでその実施には安全担当者の監視下で行う。
- (v) ベリーズ国側および MOW にて資材置き場に関して説明と確認を行う。
- (vi) 高圧配電線および充電部付近の作業は安全担当者の監視下で行う。
- (vii) 開口部や充電部の周りは、ロープで区画し、危険防止を図る。

**(c) 品質管理**

- (i) 請負業者に資機材に関する承認用図面及び仕様書の提出を義務付け、仕様及び品質が契約仕様書と合致していることを確認する。
- (ii) 主要資機材の工場試験に立合い、それらが承認図および仕様書通りに製作されていることを確認する。
- (iii) 工事の成果は、現場試験により確認する。

**(2) 調達管理計画**

- (a) ベリーズシティ港にて輸入される際、ベリーズ国側にて免税処置が十分且つスムーズに実施されるか管理する。
- (b) 現地調達資材に関し免税処置がスムーズに実施されるか管理する。

**(3) コンサルタント業務**

- (a) 実施設計および入札図書のレビュー

協力準備調査の結果をふまえ、現地調査及びベリーズ国側との協議を通して計画の為の詳細設計の実施、工事費の積算、施工計画等の実施設計をレビューする。また、レビュー作業に基

づき、入札図書をレビューし、入札図書の調達代理機関担当部分を併せて入札図書を完成させる。

(b) 施工監理

(i) 入札業務

入札公告、質問・回答、入札の立ち会い、入札結果の評価、契約交渉の補助及び業者契約の立ち会いが含まれる。

(ii) 監督業務

着手前関係者協議、設計図の承認業務、出荷前製品検査、現地据付工事監理、工事期間中の業務報告書の作成、中間出来高証明書の発行、竣工検査と手続きを行う。

(iii) 据付工事完了後業務

竣工証明書の発行、竣工引渡手続業務、最終業務報告書作成および1年後に実施される瑕疵検査業務が含まれる。

(4) コンサルタント業務担当者

上述 (3) の業務内容を円滑に進捗させるために類似業務の経験が豊富であり、本プロジェクトの内容を十分に理解している者をプロジェクトの総括業務の長にして、入札業務、承認図審査及び製品検査、工事監理業務を担当する各スタッフによる実施体制を整える必要がある。

(a) 業務主任担当者

本計画の背景・目的を十分理解して業務全般の管理業務を行ない、特に全体的な工程管理と業務期間中の進捗状況を把握し、必要に応じて適切なアドバイスを各担当に行なう。

(b) 実施設計担当者

策定された基本計画に基づき、計画遂行に必要な機器や資材の仕様、機器配置、計画の為の詳細設計、施工計画、工事費の積算を見直す。

(c) 入札業務担当者

計画の為の入札書類を取りまとめ、入札公告、入札立ち会い、入札書類評価業務、契約交渉及び契約立ち会い業務を行なう。

(d) 承認図審査及び製品検査担当者

本社で契約者が提出する承認用図面、据付、説明書等を審査し、承認又は再提出を提示するとともに、機材の出荷前に製品検査も遂行する。

(e) 工事監理担当者

常駐監理者が、工事着工より竣工までの現場における業務を管理するものとする。また、電気設備の専門技術者が必要時期に現地に滞在し、監理業務を行う。

### 3-2-4-5 品質管理計画

#### (1) 納入資機材の品質管理

本計画で調達される設備、機器の品質は下記の段階で管理される。

(a) 設計図面・仕様書の審査と承認

コンサルタントが業者契約後実施業者から提出される承認用の図面、仕様書、計算書等を適用規格、契約仕様書等の要求事項を満足しているかどうかを審査して、問題無ければ承認し、必要に応じてコメントする。この作業は日本国内で行なう。機器は設計承認後に製作される。

(b) 工場検査

機器製作後、現地への出荷前に工場検査を行なう。この検査の目的は機器が適用規格と契約仕様書に従って作成されているかどうかの検査で、一般的に目視検査と性能検査を行なう。主要機器についてはコンサルタントの技術者が試験に立ち会う。

(c) 現地工事管理と完成試験

コンサルタントはベリーズ国側の協力を得て据付工事が契約仕様書に従って行われるよう、工事期間中工事管理を行なう。そして、工事完成の引き渡し前に完成試験を行なって、仕様書要求通りの性能を発揮するかどうかを検査する。

#### (2) 土木工事の品質管理

(a) 施工図面審査と承認

構造物の基本設計はコンサルタントが行なうが、基本設計に基づき、業者が構造物等の施工図面を作成する。施工図面は承認用に提出させ、それをコンサルタントが審査し、問題が無ければ承認する。この図面審査は日本及び現地で行なう。

(b) 使用材料検査

工事に使用する材料は使用前に全てコンサルタントが検査する。この検査は必要に応じて、供給元又は現地で行なう。

(c) 現地工事管理

コンサルタントはベリーズ国側の協力を得て盛り土、コンクリート(コンクリート品質と鉄筋配筋)、基礎工事等については作業立ち会い検査を含む現場管理を行なう。



### 3-2-4-6 資機材等調達計画

#### (1) 資機材の調達先

主要資機材である太陽光モジュール、パワーコンディショナー、変圧器については日本国製を調達する。

#### (2) 交換部品の範囲

太陽光発電設備の初期性能を維持するため交換部品の保有が不可欠である。ベリーズ国における予備品の入手は不可能であり、主要資機材の予備品は、日本国からの調達となる。また、雷害や、故障による運転中止期間をできるだけ少なくするため、太陽光パネルは3%の枚数を購入する。パワーコンディショナーは本設備の心臓部であり、単線結線図に記載された単機出力容量と同等な出力を有するパワーコンディショナーを1式購入するとともに、アレスター、換気用ファン、フィルターを必要数購入する。高圧機器については、避雷器(3相)、保護リレー、メーター各1種類をそれぞれ1式購入する。

#### (3) 瑕疵補償の考え方

本計画で建設した設備はすべて引き渡し後の瑕疵補償を要求するものとする。本計画対象以外の部分であっても、本計画の建設工事が原因で、瑕疵を生じた部分は、瑕疵補償の範囲に含めるものとする。なお、瑕疵保証の期間は1年間とする。

### 3-2-4-7 初期指導・運用管理

初期指導・運用管理は主に導入される機器類の取り扱いについてメーカーからの説明を受ける。一方、ソフトコンポーネントでは、太陽光発電に関する基礎知識や実際の運営に適した記録のつけ方および取得されるデータの分析方法等のソフト面について技術移転を行う。日常点検や定期点検等に関しては、メーカーによる指導内容を基に、現地の技術レベルに適したマニュアル類を作成して実施する。表 3-2-13 に初期指導の指導内容とソフトコンポーネントによる指導内容を記載する。

表 3-2-13 初期指導の指導内容

	初期指導・運用管理の指導内容	ソフトコンポーネントの指導内容
MOW	1.発電設備の取り扱い 2.維持管理 3.データ記録機器の取り扱い	1.太陽光発電の基礎知識 2.運営管理 3.取得データの分析 4.マニュアル類の整備
UB	1.発電設備の取り扱い 2.維持管理 3.データ取得機器の取り扱い	1.太陽光発電の基礎知識 2.日常点検 3.取得データの分析
民間企業 (BEL)	1.運転方法 2.維持管理 3.データ取得機器の取り扱い	1.太陽光発電の基礎知識 2.高圧機器の維持管理 3.定期点検

出所：JICA 調査団

### 3-2-4-8 ソフトコンポーネント計画

#### (1) ソフトコンポーネントの必要性

「ベリーズ国太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」は、ベルモパン市の UB（ベリーズ大学）構内に、設備容量 350kW の太陽光発電設備を導入し、系統連系により電力供給を行うものである。本計画は、ベリーズ国で最初に導入される系統連系型太陽光発電設備となることから、従事する人材の能力向上、基礎的技術訓練を図るソフト部分の支援が必要である。

ベリーズ国では、系統連系の太陽光発電設備が導入されるのは最初のケースである。そのため、導入された太陽光発電施設が円滑に活用されるために下記の技術、資料および人材等が不足している状況にある。

- ① 維持管理および故障対応に係る技術者が不足している。
- ② 維持管理技術者の育成に必要なマニュアルが不足している。
- ③ 導入される太陽光発電施設の導入効果および施設案内を行える人材が不足している。

そのため、①プロジェクトが円滑に立ち上がり、および②日本の協力成果が最低限持続するために、ソフトコンポーネントとして、人材育成、技術訓練を図る以下の活動を実施することが必要である。

- ① 維持管理技術者を育成する。
- ② 維持管理に必要なマニュアルの作成および整理を行う。
- ③ 施設訪問者に対し施設の導入効果および施設案内を行える人材を育成する。

これら実施すべき各々の活動項目の具体的な必要性は以下のとおり。

#### A. 運営管理 / データ管理

協力効果の持続性を確保するためには、太陽光発電設備の運営を管理する適正な体制が必要である。そのためには、建設省（MOW）および UB において維持管理を担当する BEL（ベリーズ電力会社）および UB から提出される維持管理報告書を確認する必要がある。さらに、発電量や CO<sub>2</sub> 削減量等のデータを正確に集計し分析する必要がある。

#### B. 基礎技術 / 維持管理 / トラブル・シューティング

太陽光発電設備の故障および部品交換等に関して、出来る限り現地で対応出来ることが望ましい。そのためには、維持管理に加えてトラブル・シューティングの技術の習得とトラブル・シューティング対応表の整備が必要とされる。また、現地で技術者を育成できるように、維持管理およびトラブル・シューティングに関するマニュアル類を整備する必要がある。

#### C. 教育 / 啓発活動

太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画では、導入する太陽光発電のショーケース

効果が期待されている。ショーケース効果を高めるために、現地で太陽光発電施設の導入効果の説明および施設案内を行える人材を育成する必要がある。施設案内に活用されるパンフレット等の整備も重要である。

## (2) ソフトコンポーネントの目標

太陽光発電設備の据付完了前後の 2 カ月間に、以下の課題を達成すべき目標として設定する。

- MOWおよびUBにより、運営管理およびデータ管理が可能となる。
- BELの維持管理スタッフにより、定期点検が実施されるようになる。
- BELの維持管理スタッフが、故障個所の修理と部品交換が行えるようになる。
- UB職員またはMOW職員により日常点検が実施されるようになる。
- UB職員により、太陽光発電施設の案内を行えるようになる。

## (3) ソフトコンポーネントの成果

### A. 運営管理 / データ管理

太陽光発電設備の運営管理およびデータ管理は、MOW および UB が担当する。発電設備で記録される発電量、日射量および CO<sub>2</sub> 削減量などのデータを確認出来るようにする。また、維持管理員から受ける点検報告書を確認し、必要に応じた対応を出来るようにする。

- － 太陽光発電、パワーコンディショナー、系統連系技術の理解
- － 点検報告書の理解と故障時対応の理解
- － 取得データ（発電量、日射量、CO<sub>2</sub>削減量等）の分析手法の理解
- － 維持管理技術者の育成体制の整備

### B. 基礎 / 維持管理 / トラブル・シューティング

UB および BEL の技術スタッフが太陽光発電技術の基礎知識を把握し、適正な維持管理が行えるようにする。作成したマニュアルを活用し、BEL が定期的な点検を行えるようにする。据付工事および維持管理指導についてビデオ撮影を行い、移転した技術を普及・継承させるための資料とする。さらにトラブル・シューティング表を作成して、異常個所の発見と適正な対応が出来るようにする。これらの成果を具体的に示すと以下のとおりである。

- － 太陽光発電、パワーコンディショナー、系統連系技術の理解
- － 日常点検の理解、発電状況の確認方法の習得
- － 操作盤、表示盤、保護装置等の保守点検要領及び各設備、機器の詳細取扱い方法の習得
- － 保守用測定装置、機器調整装置、特種工具、機器校正、調整等の取扱い方法の習得
- － 運転記録、事故および修理、点検等の報告書作成方法の習得
- － 補給部品管理および工具管理の習得
- － 故障個所・部品交換/交換部位の対応の方法を習得
- － 部品交換時期の予測、故障原因の特定および対策方法の習得

### C. 教育 / 啓発活動

UB が導入された太陽光発電設備を活用して、訪問者および関係者に対して発電施設の導入効果および施設案内が行えるようになる。啓発活動の資料として当該施設および導入効果を紹介するパンフレットが整備される。さらに担当者が、パンフレットを活用した模擬セミナーを開催する。これらの成果を具体的に示すと以下のとおりである。

- － 本事業で導入される施設案内を行える人材の育成
- － 本事業の効果を説明できる人材の育成
- － 上記活動に活用されるパンフレットの整備

#### (4) ソフトコンポーネントの内容と活動

ソフトコンポーネントの対象、活動概要および実施場所を下表に示す。維持管理を実施するのは UB および BEL であり、現場における実技を中心に技術移転を行う。なお、ベリーズ政府内には電気技術者がいないため、送配電事業を担う BEL は公共性も高くベリーズ唯一の配電会社であることからソフトコンポーネント対象とする。また、実施機関(MOW)の担当者も設備を運営するにあたり維持管理についての知識が必要とされる。作成された技術移転マニュアルおよびトラブル・シューティング表を用いて技術移転を行う。

表 3-2-14 対象と活動概要

移転項目		参加人数	対象機関（人数）
A	運営/データ管理	4	MOW (2), UB (2)
B	太陽光発電の基礎/維持管理/ トラブルシューティング	4	BEL (2), UB (2)
C	教育/啓発活動	2	UB (2)

出所：JICA 調査団

以下、技術移転項目の詳細を示す。

#### A. 運営管理 / データ分析

運営管理およびデータ管理について技術移転を行う。集計される発電設備の維持管理報告書および発電量等のデータ内容を確認出来るようになる。教育項目と内容を下表に示す。

表-3-2-15 運営管理 / データ管理

	教育項目	教育内容と活動
1.	太陽光発電の基礎知識	太陽光発電に関する基礎知識
2.	維持管理項目	日常点検および定期点検の結果、維持管理報告書で報告される内容と必要な対策の理解
3.	データ分析 / 管理	発電設備で取得されるデータ整理および分析方法の把握

出所：JICA 調査団

B. 太陽光発電の基礎 / 維持管理 / トラブル・シューティング

太陽光発電の基礎教育を行う。最初に発電設備の基本事項に関して確認試験を行ない、受講者の知識の程度を把握する。教育項目と内容を下表に示す。

表 3-2-16 太陽光発電の基礎

	教育項目	教育内容と活動
1.	教育基本の確認試験	受講者の技術的基礎学力の確認
2.	太陽光発電の基礎	利用の実際、国際動向
3.	太陽光発電、パワーコンディショナー	太陽光発電、パワーコンディショナーの仕様と解釈
4.	系統連系	系統連系の原理、仕様と解釈

出所：JICA 調査団

維持管理では、発電システムの完成試運転前後に運転・保守・修理技術の向上を目的とした、教育を重点に行う。また、技術移転の重要項目についてはビデオ撮影を行い資料とする。トラブル・シューティングについて、発電システムの完成試運転前後に故障診断および対策について作業能力の向上を目的とした教育を行う。教育項目と内容を下表に示す。

表 3-2-17 維持管理 / トラブル・シューティング

	教育項目	教育内容と活動
1.	日常点検	発電設備、周囲および発電状況の確認
2.	定期点検・整備	定期点検・整備等の整備要領
3.	測定機器及び特種工具の取扱い	電気、機器調整等の測定工具使用要領
4.	各報告書作成要領	維持管理報告等の報告書作成要領
5.	受渡し試験の立会い	受渡し試験要領に沿った立会い 試験及び安全保護試験・確認
6.	トラブル・シューティング	予想される故障原因の確認
7.	修理および故障の対応	修理故障の対応表を作成
8.	マニュアル・ビデオ資料の作成	据付および技術移転のビデオ撮影を行い、維持管理の資料とする。
9.	維持・管理技術の確認	ソフトコンポーネントの成果確認

出所：JICA 調査団

C. 教育 / 啓発活動

啓発活動資料として当該施設及び導入効果を紹介するパンフレット等を作成し、各担当者が導入効果の説明および施設案内を行えるようにする。教育項目と内容を下表に示す。

表 3-2-18 啓発活動

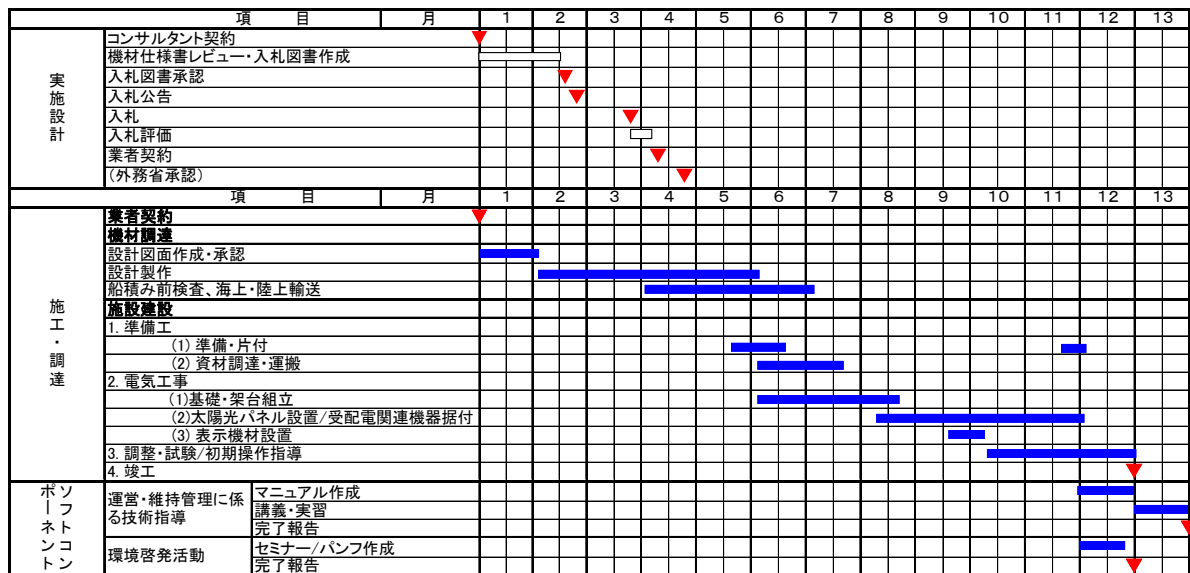
	教育項目	教育内容と活動
1.	確認試験	受講者の基礎知識の確認
2.	啓発活動パンフレットの作成	見学者用の本事業紹介及び太陽光発電についてのパンフレットを作成する。
3.	模擬セミナー開催	パンフレットを用いて UB、MOW 職員を対象とした模擬セミナーを行う。

出所：JICA 調査団

3-2-4-9 業務実施工程表

本計画の業務実施工程表を表 3-2-19 に示す。

表 3-2-19 業務実施工程表



出所：JICA 調査団

設計製作図面作成から竣工までの全体工程は、12 ヶ月とした。ハリケーンシーズンは、6 月から 11 月であり施工期間が重なるため、飛散防止対策はもちろんのこと、施工開始前には詳細な計画・対策を検討した施工計画の策定が必要になる。

### 3-3 ベリーズ国側分担事業の概要

環境プログラム無償資金協力が実施された場合のベリーズ国側負担事項は以下の通りである。

- (a) 銀行取極め手続き（B/A）
- (b) 支払い授権発給（A/P）
- (c) ベリーズ国への輸入許可取得およびそのための費用負担
- (d) 工事に従事する日本人のサービスおよび携帯工具等に対する免税
- (e) 計画地区への立ち入り権の確保
- (f) 建設に必要な関連部局の許可の取得
- (g) 太陽光発電設備の建設用地の取得、保管倉庫の確保、安全の確保（警備、夜間照明）
- (h) 整地、大学構内のアクセス道路整備、配電線路の延長、区分開閉器の設置
- (i) 運営・維持管理体制の構築
- (j) 地区住民とのトラブルの解決
- (k) その他環境プログラム無償資金協力で供与できない項目

表 3-3-1 に関係機関の分担表を示す。

表 3-3-1 日本国とベリーズ国関係機関との分担事項仕分表

No.	Items	To be Covered by Japanese Grant	To be covered by MOF	To be covered by MOW	To be covered by UB	To be covered by BEL
1	To secure land		●	●		
2	To clear, level and reclaim the site			●		
3	To construct gates and fences in and around the site			●		
4	To construct a parking lot if necessary			●		
5	To construct roads					
	1) Within the site	●				
	2) Outside the site and Access road			●		
6	To construct the facility and install the equipment	●				
7	To provide facilities for the distribution of electricity, water supply, drainage and other incidental facilities if necessary:					
	1) Electricity					
	a. The power distribution line to the site		●	●		●
	b. The drop wiring and internal wiring within the site	●				
	c. The main circuit breaker and transformer for the site	●				
	2) Water Supply					
	a. The city water distribution main to the site			●		
	b. The supply system within the site	●				

No.	Items	To be Covered by Japanese Grant	To be covered by MOF	To be covered by MOW	To be covered by UB	To be covered by BEL
	(receiving and elevated tanks)					
	3) Drainage					
	a. The city drainage main (for conveying storm water, sewage, etc. from the site)			●		
	b. The drainage system within the site (for sewage, ordinary waste, storm water, etc.)	●				
	4) Gas Supply					
	a. The city gas main to the site	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	b. The gas supply system within the site	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	5) Telephone System					
	a. The telephone trunk line to the main distribution frame/panel (MDF) of the building			●		
	b. The MDF and the extension after the frame/panel	●				
	6) Furniture and Equipment					
	a. General furniture			●		
	b. Project equipment	●				
8	To bear the following commissions applied by the bank in Japan for banking services based upon the Bank Arrangement (B/A):					
	1) Payment of bank commission		●			
9	To ensure all the expense and prompt execution of unloading and customs clearance at the port of disembarkation in the recipient country					
	1) Marine or air transportation of the products from Japan or third countries to the recipient	●				
	2) To ensure all the expense and prompt execution of unloading, tax exemption and customs clearance of the products at the port of disembarkation		●	●		
	3) Internal transportation from the port of disembarkation to the project site	●				
10	To accord Japanese nationals and / or nationals of third countries, including persons employed by the agent whose services may be required in connection with the Components such facilities as may be necessary for their entry into recipient country and stay therein for the performance of their work.		●	●		
11	To ensure that customs duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in the recipient country with respect to the purchase of the Components and to the employment of the Agent will be exempted by the Government of Belize		●	●		



No.	Items	To be Covered by Japanese Grant	To be covered by MOF	To be covered by MOW	To be covered by UB	To be covered by BEL
12	To maintain and use properly and effectively the facilities that are constructed and the equipment that is provided under the Grant					
	1) O&M cost management		●			
	2) Management of operation			●		
	3) Daily inspection of O&M			●	●	
	4) Periodic inspection and repair					●
13	To bear all the expenses, other than those covered by the Grant and its accrued interest, necessary for the purchase of the Components as well as for the agent's fees.		●			
14	To ensure environmental and social consideration for the Programme.		●	●		
15	To ensure to get permission from PUC for installation of PV system			●		
16	To ensure Electricity Tariff Agreement		●			●
17	Land agreement for Plant installation		●	●	●	
18	Land arrangement for temporary equipment stockyard			●		
19	Land leveling if required			●		
20	Security gates and fence around the site			●		
21	Construction of road					
	1) Outside the site and access road			●		
22	Terminal point of grid interconnection					
	1) Extension of 11kV distribution line (28m)		●	●		●
	2) Installation of Load Break Switch		●	●		●
	3) Connection of Power Cable to 11kV distribution line	●				
23	Responsibility of coordination during design stage					
	1) Electrical works		●	●		
	2) Civil and building works, if any		●	●		

出所：JICA 調査団

さらに、本計画の円滑な実施に不可欠な事項について以下に述べる。

### (1) 太陽光発電設備用地の取得

太陽光発電設備用地として、ベリーズ国側がベリーズ大学の所有する予定地に以下に記載の広さの敷地を取得するものとする。ベリーズ大学構内に計 350 kWp の規模の太陽光発電を設置する。

表 3-3-2 ベリーズ国側取得予定用地

サイト	用地(m <sup>2</sup> )	想定規模(kWp)
ベリーズ大学構内	8,265	350

出所：JICA 調査団

**(2) 太陽光発電設備の据付工事への参画**

長期に亘る保守・維持管理を可能にするため、太陽光発電所の運用・維持管理の担当予定者の全員を、試験・試運転に参画させる。これらの保守担当者の参画は、日本人技術者との共同作業を通じて、太陽光発電機の運転、保守、点検の技術を習得するものとする。

### 3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

将来に亘り運営および維持管理を問題無く実施するには、以下のような対策が必要である。

#### (1) 維持管理体制の構築

太陽光発電設備の運営・維持管理を問題無く継続的に行なうためには、本プロジェクトで設置される太陽光発電設備の所有者であるベリーズ政府（財務省）は適切な運転・保守体制を構築する必要がある。能力のある要員を集めるだけでなく、運転マニュアルや運転、保守、事故に対する報告等も組織的に行なうよう様式類を完備する必要がある。現在、UB 構内には警備員が配置されており、据付完了後の機材の盗難防止対策として、土地使用に関する合意書にはセキュリティー対策として警備員の配置についても記載される。

#### (2) 高校卒業並の学力のある人員の配置

納入される太陽光発電設備の運用には技術的知識が必要である。経験者、新人を含めて工業高校卒業並の学力のある人員を運転・保守チームの中心要員にする目的で配置する必要がある。運営・維持管理を実施する対象組織は、MOW、BEL、UB の維持管理部門とする。以下の表に各組織の利用できる人材とその役割を記載する。

表 3-4-1 維持管理要員と役割

維持管理実施対象組織	人材	役割
MOW (道路維持管理部門)	土木技術者、機械担当職員	運用・管理 (マニュアルの維持、点検報告書の管理、予備品の購入、組織間の調整)、データ管理
BEL (変電部門)	電気技術者	定期点検、修理、点検報告書の作成
UB (維持管理部門・学務課) 又は MOW (維持管理部門)	設備維持管理担当職員  学務課職員	日常点検 (目視点検、モジュールの清掃、敷地内の除草清掃、異常発見時の報告)  施設案内、パンフレット作成

出所：JICA 調査団

#### (3) 工事期間中のトレーニング

本計画で建設される太陽光発電設備はベリーズ国では最初であり、運転員にとって未経験な分野である。建設工事の際にメーカー指導員、コンサルタントの指導を受けて現物に親しむようにするのは効果的である。運転・保守に携わる全員を据付工事および運転試験に参画させるものとする。

**(4) BEL による支援**

太陽光発電所が完成して運転開始する際には、PV システム並びに高圧側の定期点検、修理を含む維持管理を行える技術者が必要となる。BEL の変電部門は、定期点検などの技術的な維持管理に対して、維持管理契約をベリーズ政府と締結の上、業務を請負う事を表明している。

いずれにしても本プロジェクトの機器のほとんどの運転・保守要員は、あまり経験の無いグループによる運転・保守チームの形成という事になる。コンサルタントによるソフトウェア支援を含めて、上記の組み合わせを再検討して計画を立てる必要がある。

### 3-5 プロジェクトの概算事業費

#### 3-5-1 協力対象事業の概算事業費

本計画を日本の環境プログラム無償資金協力により実施する場合、必要となる概略事業費総額は約 5.09 億円となる。第 3-3 節で述べた日本とベリーズ国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記に示す積算条件によれば次の通りと見積もられる。ただし、この概略事業費が交換公文上の供与限度額を示すものではない。

表 3-5-1 積算条件

積算時点	平成 22 年 7 月
為替変換レート	1US\$ = 92.35 円
施工期間	表 3-2-19 「事業実施工程計画表」に示したとおりである。
その他	本計画は、日本国政府の環境プログラム無償資金協力制度に従い実施されるものとする。

出所：JICA 調査団

#### (1) 日本国側負担経費

無償資金協力が実施された場合、日本国側の負担経費は表 3-5-2 の通りとなる。

表 3-5-2 概略事業総括表

項 目 ・ 費 目			総 額 ③+④
<b>総 事 業 費 ( I + II + III )</b>			<b>506, 426</b>
<b>I</b>	<b>機材調達費</b>	<b>( 1 + 2 )</b>	<b>446, 787</b>
	<b>1 調達原価</b>	<b>( 1 ) to ( 4 )</b>	<b>433, 774</b>
	(1) 機材費		302, 623
	(2) 輸送梱包費		18, 805
	(3) 据付工事費等 (機材据付費)		96, 389 (52, 283)
	(土木建築費)		(44, 106)
	(4) 調達管理費		15, 957
	<b>2 一般管理費等</b>		<b>13, 013</b>
<b>II</b>	<b>調達代理機関費</b>		<b>19, 554</b>
	(1) 入札業務管理費		12, 953
	(2) 工事管理費		6, 601
<b>III</b>	<b>機材設計監理費</b>	<b>( 1 + 2 )</b>	<b>40, 085</b>
	<b>1 (1) 入札業務費</b>		<b>6, 073</b>
	(2) 調達監理費		25, 508
	<b>2 ソフトコンポーネント費</b>		<b>8, 504</b>

出所：JICA 調査団

**(2) ベリーズ国側負担事業経費**

無償資金協力が実施された場合、ベリーズ国の負担事業経費は表 3-5-3 に示す。

表 3-5-3 ベリーズ国側負担事業経費

1US\$=92.35 円

工種	施工範囲	負担金額
整地・樹木伐採	整地（必要に応じて）、樹木伐採（3本）	US\$ 1,000 (0.09 百万円)
アクセス道路建設費用	排水用カルバート(5m) 敷き砂利、厚さ約 15cm (約 500m)	US\$ 8,000 (0.74 百万円)
11kV 配電線延長	11kV 引止柱、装柱材料、約 28m 配電線延長、区分開閉器の設置	US\$ 9,000 (0.83 百万円)
保安用照明	4 箇所、3.5m 高さ照明ポール、150W 水銀灯（安定器付）、基礎、ケーブル	US\$ 6,500 (0.60 百万円)
仮設電源引込	11kV（2 スパン）、25kVA 柱上変圧器	US\$ 7,500 (0.69 百万円)
保安用アラーム付センサー	入口 2 箇所に振動センサー設置、大学入口警備室に警報	US\$ 4,000 (0.37 百万円)
計		US\$ 36,000 (3.32 百万円)

出所: JICA 調査団

上記費用の他に、銀行取極め（B/A）手続き費用、支払い授權書（A/P）発給費用、ベリーズ国への輸入許可取得及びそのための費用の負担がある。計画の円滑な実施の為、ベリーズ国側財務省並びに建設省は事前にこれらの予算を確保しておく必要がある。

**3-5-2 運営・維持管理費****(1) 運営・維持管理業務の具体的な内容**

運営・維持管理業務の内容は、以下の 3 種類に区別できる。

## 1) 日常点検(1日1回程度)

- ・ 目視による、運転状態、警報、さびや汚れの確認(太陽光パネル、パワーコンディショナー、接続箱、11kV 高圧設備、変圧器等)
- ・ 太陽光パネルの清掃、敷地内の除草等

## 2) 定期点検（2ヶ月毎）

## 3) 修理及び部品交換（必要に応じて）

**(2) 運転保守要員配置計画**

太陽光発電設備の運転・保守要員の配置状況、配置計画を表 3-5-4 に示す。

表 3-5-4 運転保守要員配置計画

配置	人数	実施組織
運営・管理要員 土木技術者または機械担当職員	2	MOW
定期点検要員 BEL	2	BEL (外部委託)
日常点検要員 一般設備維持管理職員	2	UB または MOW
合計	6	

出所：JICA 調査団

## 1) 日常点検要員の配置計画

日常点検である目視による運転状況の確認、警報の確認並びに太陽光パネルや敷地内の清掃作業の実施には、特別な技術は必要としないため、一般作業員を2名配置する。日常点検要員がなんらかの異常を発見した場合、運用管理要員並びに定期点検要員に報告する。

## 2) 定期点検要員の配置計画

定期点検要員は、PV アレーや接続箱、パワーコンディショナー、11kV 高圧連系機器、変圧器や電力ケーブルに対して定期的に点検を行うことにより、運転状態や故障箇所を確認する。定期点検要員は、電気技術者が必要条件であるので、MOW は BEL または民間企業と維持管理契約を施工が完成する前までに締結する必要がある。また、定期点検後には、報告書を提出する。故障を発見した場合は、マニュアルやトラブルシューティング表にしたがって、修理するが、必要に応じて、MOW のスタッフを通して、日本国製造メーカーに連絡を取り、対応策を検討する。

## 3) 定期点検要員の外部委託

ベリーズ政府内には電気技術者はいないため、定期点検要員を確保するためには BEL に委託する必要がある。現在、政府関係の建物の維持管理は定期的に外部の民間企業や施工業者に発注されており、これと同じ手法にて、外部への委託を検討する。

## 4) 運営・管理要員

運営・管理要員は、運用・維持管理マニュアルや維持管理記録を保存し、各維持管理部門との調整を行う。MOW の土木技術者並びに維持管理職員2名を運営・管理要員とする。

**(3) 運営・維持管理要員の確保**

維持管理体制の構築に当たり、人的資源を以下の通りに確保する計画とする。

- 1) 日常点検要員は、UB または MOW の一般の維持管理作業員を確保する。
- 2) 定期点検・修理要員は、BEL への委託にて電気技術者を確保する。
- 3) 運営・管理要員は、MOW の土木技術者並びに機械担当職員を確保する。

**(4) 運転維持管理費**機器維持費

太陽光発電は基本的にはメンテナンスフリーであり保守部品は部品、測定器、工事材が主となる。太陽光発電の保守部品購入費実績が少ないので、設備費の約 0.1%を仮定して機器維持費として計上する。

借地費

太陽光発電設備は、ベリーズ大学構内に設置される。そのため、設備所有者である責任機関の MOF はベリーズ大学に借地費用を支払う。

人件費

実施機関である MOW には電気技術者がいない。よって、MOW の実施可能な維持管理業務は、運営・管理業務に限定される。土木技術者と機械担当職員がこの業務を担当するため、人件費は発生しない。定期点検要員の確保には、BEL へ委託する必要があるため、外注費が発生する。日常点検要員は、UB または MOW の一般作業員（維持管理担当）が担当する。MOW の場合は人件費は不要であるが、UB の場合は、土地利用の合意書の条件によるが、この人件費を借地費に上乗せする可能性がある。

管理費・その他の費用

一般的に太陽光発電の管理費およびその他の費用は、それぞれ発電電力量の 1%を占めると予想される。新発電所の管理費・その他費用は同じ比率を持って計上する。年間発電量に実勢平均電気料金単価(BZ\$ 0.44/kWh)を乗じた値の 1%として算出すると、約 BZ\$ 2,000 となる。

上記より、本太陽光発電設備の年間の運転維持管理費は表 3-5-5 の通りになる。

表 3-5-5 運転維持管理費（年間当り）

	US\$	ベリーズドル (BZ\$)
借地費	2,500	5,000
機器維持費	5,000	10,000
人件費	6,500	13,000
管理費・その他	1,000	2,000
合計	15,000	30,000

換算率 1US\$=2.0BZ\$

出所：JICA 調査団

ベリーズ政府は、維持管理費を除く電力売電による電力料金は積み立て、将来寿命による備品交換に備えるとともに、偶発的な事故や故障への緊急時に活用する。



## 第4章 プロジェクトの評価

## 第4章 プロジェクトの評価

### 4-1 プロジェクトの前提条件

#### 4-1-1 事業実施のための前提条件

MOF は以下の事項を事業実施前に行わなければならない。

- 1) 入札公告前までに据付予定地の土地使用にかかわる諸手続き（セキュリティーガードを含む UB との覚書の締結）
- 2) BEL との電力売電契約(PPA: Power Purchase Agreement)
- 3) MOW、UB 並びに BEL との維持管理体制の確立

MOW は以下の事項を事業実施前に行わなければならない。

- 1) 入札公告前までに発電出力 75kW 以上の発電設備の設置に対する PUC の許認可の取得
- 2) 据付予定地の樹木の伐採、整地、アクセス道路の建設
- 3) 予備品倉庫の建設
- 4) 盗難防止対策の実施（アラーム付き振動センサーや夜間照明設備の設置）

#### 4-1-2 プロジェクト全体計画達成のための外部条件

本プロジェクトの効果を最大限に発現させ、維持し、設備の今後の長期連続運転を実現するためには、本プロジェクト実施後、以下にあげる項目がベリーズ側により実施されることが必要不可欠である。

- ① ベリーズには PV システムを含む再生可能エネルギーによる独立系発電設備を系統連系するための法制度は 2011 年 7 月に整備される予定であるが、売電価格の決定方法などが整備されていない。また、欧州諸国や日本でも採用されている固定価格買取制度（Feed-in Tariff (FIT) 制度）など、再生可能エネルギー発電設備の普及促進にインセンティブを持たせるような国家施策を実施すべきである。
- ② PV システムの運営・維持管理は MOW を中心に、UB と BEL が実施することになるが、本プロジェクトで調達した設備の発電所としての機能を維持するため、システム全体の運営・維持管理に対する予算を確保する必要がある。BEL への電力売電による収益をベリーズ政府を代表して MOF が専用口座に積み立てることで、スペアパーツの購入などの運営・維持管理費用に当てることを推奨する。
- ③ MOW を中心に UB と BEL は PV システムの性能維持、設備障害の早期発見、事故の未然防止を目的として、保守点検を計画的に実行する必要がある。そのためには PV システム

や系統連系に関する技術者・運転員を育成し、運営・維持管理の標準マニュアルを整備する必要がある。

さらに、その保守点検記録や事故・故障の記録をデータベース化し、将来の運営・維持管理計画の策定や予算の確保のために有効に活用する必要がある。

さらに、JICA は近年、技術協力（地域別研修）として各地域や各国の研修生を本邦に招待し、CDM に関する研修を実施している。中南米地域でも同様の研修を実施するとともに、例えば「PV システム全般」、「再生可能エネルギー発電の系統連系技術」などの研修コースを開催することにより、本プロジェクト実施による裨益効果が一層高まることが期待される。

また、本プロジェクトに直接関係する他ドナーの計画はないが、ベリーズ国では水力発電やバイオマス発電などの再生可能エネルギーの利用が行われており、この支援を通じて、ベリーズ国民による再生可能エネルギーへの関心・意識が高まることにより、再生可能エネルギーの導入が促進されると考える。

## 4-2 プロジェクトの評価

### 4-2-1 妥当性

本プロジェクト実施の妥当性について、以下の通り考察する。

#### 1) 国家計画との整合性

ベリーズ政府は、エネルギー国家計画の策定を目指しているが、今のところ策定に向けて検討作業を継続している。この中でも、再生可能エネルギーの導入を推奨している。また、PUC は再生可能エネルギーを念頭に置いた IPP による系統連系に関する法整備を進めており、本プロジェクトの実施はベリーズの国家計画と整合性が取れている。

#### 2) ショーケース効果

ベリーズ国立の総合大学であるベリーズ大学は、首都ベルモパン市に位置し、学生数 3,400 人を擁する。ベルモパン市の人口 16,000 人と比較しても、大きな割合を占めている。また、設置予定地は、大学の講堂に隣接しており、催し物が多く行われる講堂への外部からの訪問者も多い事から、ショーケース効果に優れた場所といえる。必要に応じて、大学職員による施設の説明、環境教育を実施することにより、再生可能エネルギー開発への啓発・理解が広く期待される。

#### 3) 我が国に優位性のある技術・ノウハウの積極的活用

ベリーズ国では小規模独立・分散型の PV システムの導入実績はあるが、本件のような電力系統連系型システムの導入実績はない。日本では既に系統連系型システムは実用段階に入っており、その導入実績も多い。したがって、本プロジェクトで系統連系型の PV システムを導入するにあたり、我が国の技術・ノウハウを十分に活用することができる。

#### 4) 持続的な維持管理体制の構築

ベリーズ側のプロジェクト実施体制に問題はないと判断されるが、同国にとって系統連系の PV システムの導入は初めての経験であり、メーカーの専門員による技術指導やコンサルタントによるソフトコンポーネントにより、技術移転・人材育成を実施し、持続的な運営・維持管理体制を整備することにより、再生可能エネルギーの普及に繋がることが期待される。

#### 5) 環境面の影響

大学構内での機器の据付や工事が行われるが、学生や職員、大学構内を利用する近隣住民に対する騒音や安全対策上の配慮が必要となる。明確な作業範囲の区分けと交通安全などの一般的な配慮事項を施工時に遵守すれば、周辺住民ならびに周辺環境に特別な影響を与えることはない。

以上より、本プロジェクトを我が国の無償資金協力で実施することの意義は大きく、その妥当性は高いと判断する。

### 4-2-2 有効性

#### (1) 定量的効果

プロジェクトの実施の定量的効果として、系統へ供給する電力量の増加と CO<sub>2</sub> 排出量の削減が考えられる。その指標と目標について表 4-1 に示す。

表 4-1 効果指標と目標値

指標名	基準値 (2010 年)	目標値 (2013 年) 【事業完成 3 年後】
送電端電力量 (MWh/年)	0	460 MWh/年
CO <sub>2</sub> 削減量 (t/年)	0	142 ton/年

出所：JICA 調査団

#### (2) 定性的効果

##### 1) 再生可能エネルギーの導入促進

系統連系による大規模な太陽光発電の導入はベリーズ国で初のケースとなり、今後の再生可能エネルギー利用発電設備の導入や、その売電の普及促進に繋がる。

また、本プロジェクトにて実施するソフトコンポーネントにより、系統連系された PV システムに関わる運営・維持管理、トラブルシューティングの技術移転を行うことにより、PV 技術者のみならず、系統電力側の技術者の育成にも貢献する。

##### 2) デモンストレーション効果

ベリーズ大学は総合大学であり、この中でも情報通信学部は、本案件に大変興味を示している。発電電力や日射量を表示するパネルを講堂の入口に設置する計画であるが、WEB 上での情報提供やビデオ画像による監視も計画している。これらの計画により、大学関係

者や近隣住民はもとより、カリブ海を中心とする中米各国に対して、本プロジェクトの実施による効果をアピールできる。

3) 啓発効果

本プロジェクトにて実施する PV システムの啓発活動のソフトコンポーネントにより、政府・大学関係者のみならず一般市民に対して太陽光発電の効果・役割、地球温暖化対策への理解を深め、エネルギーの効率的な利用や環境問題に対する意識の向上が期待される。

以上の内容により本案件の妥当性は高く、また有効性が見込まれると判断される。

# 付属資料

- 資料-1 調査団員・氏名
- 資料-2 調査行程
- 資料-3 関係者(面会者)リスト
- 資料-4 討議議事録(M/D)
- 資料-5 ソフトコンポーネント計画書
- 資料-6 概略設計図
- 資料-7 参考資料

資料-1

調査団員・氏名

調査団員名簿(第1次現地調査)

Member of the Study Team (First Survey)

太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画準備調査(ペリース国)

The preparatory Survey on The Project for Introduction of  
Clean Energy by Solar Electricity Generation System

1. 上垣 素行 (Mr. Motoyuki UEGAKI)  
総括 (Leader)  
独立行政法人国際協力機構 資金協力支援部 計画課 課長  
(Director, Planning Division, Financing Facilitation and Procurement Supervision Department, JICA)
2. 今井 健 (Mr. Ken IMAI)  
独立行政法人国際協力機構 資金協力支援部 実施監理第一課 調査役  
(Assistant Director, Project Management Division I, Financing Facilitation Procurement Supervision Department, JICA)
3. 長谷川 庄司 (Mr. Shoji HASEGAWA)  
財団法人日本国際協力システム 業務第一部 次長  
(Deputy Director General, First Management Department, JICS)
4. 小林 要昭 (Mr. Toshiaki KOBAYASHI)  
業務主任/系統連系太陽光発電システム  
(Team Leader / Grid-connected PV System)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
5. 藤田 和夫 (Mr. Kazuo FUJITA)  
機材・設備計画  
(Equipment and Facility Planner)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
6. 江川 等 (Mr. Hitoshi EGAWA)  
副業務主任/調達計画/積算 1  
(Deputy Team Leader/Procurement Planner/Cost Estimator1)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
7. 熊須 宗距 (Mr. Munenori KUMASU)  
制度・基準/系統運用  
(Institution & Standards/ Grid Operation)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)



調査団員名簿(第2次現地調査)

Member of the Study Team (Second Survey)

太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画準備調査(ボリビア国、ウルグアイ国、ペリズ国)

The preparatory Survey on The Project for Introduction of  
Clean Energy by Solar Electricity Generation System

1. 小林 要昭(Mr. Toshiaki KOBAYASHI)  
業務主任/系統連系太陽光発電システム  
(Team Leader / Grid-connected PV System)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
2. 出井 努(Mr. Tsutomu DEI)  
太陽光発電システム全般  
(Total PV System)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
3. 藤田 和夫(Mr. Kazuo FUJITA)  
機材・設備計画  
(Equipment and Facility Planner)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
4. 江川 等(Mr. Hitoshi EGAWA)  
副業務主任/調達計画/積算 1  
(Deputy Team Leader/Procurement Planner/Cost Estimator1)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
5. 熊須 宗距 (Mr. Munenori KUMASU)  
制度・基準/系統運用  
(Institution & Standards/ Grid Operation)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
6. 榎木 淳子 (Ms. Junko MASAKI)  
環境社会配慮/温室効果ガス削減効果評価  
(Environmental& Social Specialist/CO2 Emission Evaluator)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)

調査団員名簿(第3次現地調査)

Member of the Study Team (Third Survey)

太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画準備調査(ベリーズ国)

The preparatory Survey on The Project for Introduction of  
Clean Energy by Solar Electricity Generation System

1. 滝下 良信 (Mr. Yoshinobu TAKISHITA)  
団長 (Leader)  
独立行政法人国際協力機構 ベリーズ支所 所長
2. 戸村 浩之 (Mr. Hiroyuki TOMURA)  
計画管理(Planning Management)  
独立行政法人国際協力機構 産業開発部 資源・エネルギーグループ 資源・エネルギー課 副調査役  
(Deputy Assistant Director, Natural Resources and Energy Conservation Division, Natural Resources and Energy Group, Industrial Development Department, JICA)
3. 小林 要昭(Mr. Toshiaki KOBAYASHI)  
業務主任/系統連系太陽光発電システム  
(Team Leader / Grid-connected PV System)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
4. 出井 努(Mr. Tsutomu DEI)  
太陽光発電システム全般  
(Total PV System)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
5. 江川 等(Mr. Hitoshi EGAWA)  
副業務主任/調達計画/積算 1  
(Deputy Team Leader/Procurement Planner/Cost Estimator1)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)

調査団員名簿(第4次現地調査)

Member of the Study Team (Forth Survey)

太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画準備調査(ボリビア国、ウルグアイ国、ペリリーズ国)

The preparatory Survey on The Project for Introduction of  
Clean Energy by Solar Electricity Generation System

1. 小林 要昭(Mr. Toshiaki KOBAYASHI)  
業務主任/系統連系太陽光発電システム  
(Team Leader / Grid-connected PV System)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
2. 出井 努(Mr. Tsutomu DEI)  
太陽光発電システム全般  
(Total PV System)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
3. 江川 等(Mr. Hitoshi EGAWA)  
副業務主任/調達計画/積算 1  
(Deputy Team Leader/Procurement Planner/Cost Estimator1)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
4. 矢澤 和正 (Mr. Kazumasa YAZAWA)  
調達計画/積算2  
(Procurement Planner/ Cost Estimator 2)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)

調査団員名簿(第5次現地調査)

Member of the Study Team (Fifth Survey)

太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画準備調査(ボリビア国、ウルグアイ国、ペリズ国)

The preparatory Survey on The Project for Introduction of  
Clean Energy by Solar Electricity Generation System

1. 小川 忠之(Mr. Tadayuki OGAWA)  
団長  
国際協力人材部 国際協力専門員  
(Senior Advisor (Energy and Power Sector))  
JICA
2. 滝本 哲也(Mr. Tetsuya Takimoto)  
計画管理  
産業開発部 エネルギー・資源課 主任調査役  
(Deputy Director Electric Power Division, Natural Resources and Energy Group, Industrial  
Development Department)  
JICA
3. 小林 要昭(Mr. Toshiaki KOBAYASHI)  
業務主任/系統連系太陽光発電システム  
(Team Leader / Grid-connected PV System)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)
4. 江川 等(Mr. Hitoshi EGAWA)  
副業務主任/調達計画/積算 1  
(Deputy Team Leader/Procurement Planner/Cost Estimator1)  
日本工営株式会社  
(NIPPON KOEI Co., Ltd.)