

イエメン共和国
計画国際協力省

イエメン共和国
太陽光を活用したクリーンエネルギー
導入計画

準備調査報告書

平成 22 年 8 月
(2010 年)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

株式会社ニュージェック
日本テクノ株式会社

産 業
CR (1)
10-071

序 文

独立行政法人国際協力機構は、イエメン共和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することを決定し、平成21年7月11日から7月23日まで、10月4日から10月22日までの2回に亘り、株式会社ニュージェックの西田雅氏を総括とし、株式会社ニュージェック及び日本テクノ株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、イエメン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4月10日から4月16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8月

独立行政法人 国際協力機構
産業開発部長 米田 一弘

要 約

要 約

① 国の概要

イエメン国は、アラビア半島の南端、北緯 12°から 19°、東経 43°から 54°に位置している。国土面積は 55.5 万平方 km で、森林はその 5.5%、農地は 34%、となっている。アデン市は、アデン湾に面した港湾都市であり、年平均気温は 29°C、年 32mm の降水量は 2 回の雨季（12 月～1 月と 7 月）に見られ、夏には気温が 40 度前後まで上昇する。

中東地域の中でも最も開発の遅れた後発開発途上国に分類される。国民一人当たり総生産（GNP）は約 965 ドル（2007 年、中央統計機構）で、その約 30%は、1980 年代に発見された石油の輸出により構成され、輸出高の約 90%を占めている。2004 年から 2007 年の間に GNP は年率 14.1%の伸びを示したが、これは主に石油価格とそれに伴う一般的な物価の高騰によるものである。石油の埋蔵量には限りがあり、生産量は減少傾向にある。一方、天然ガスを産出し、2009 年には LNG の輸出が開始したほか、ガスタービン発電所での利用もスタートしている。

GNP の内訳としては、農林水産業、製造業がそれぞれ 10%弱、そのほか電力・水道（0.7%）、流通業（16.4%）、運輸・通信（11.7%）、金融・不動産業（10.5%）、残りの約 10%が公共部門となっている。製造業、流通業には伸びがみられるが、農林水産業、鉱業（石油含む）は縮小傾向にある。

国は、経済の開放政策を進めており、湾岸協力機構（Gulf Cooperation Council、GCC）への加入やアラブ諸国との経済的融合を図っている。また、経済のグローバル化に対応するため、対外債務や外貨準備高のマネジメントを強化している。さらに、貿易の自由化、輸出の促進、海外投資の誘導を図ることにより、さらなる経済発展を推し進める計画である。

② プロジェクトの背景、経緯及び概要

「イ」国の電源は、半分以上が重油の燃焼による蒸気タービン、残りがディーゼルエンジンによっており、100%を化石燃料に依存している。石油の埋蔵量にも限りがあるため、天然ガスへの転換を図っているほか、特に地方電化において太陽光発電を始めとしたクリーンエネルギーへの期待が高まっており、政府もクリーンエネルギーの導入に向けた政策転換を行っている。

2008 年 6 月に策定された Renewable Energy Strategy and Action Plan は、電力公社（PEC）の配電網拡張計画においてカバーされない地方部での太陽光および風力／ディーゼル・ハイブリッド式のオフグリッド電力供給を目指すものである。また、2009 年 4 月には、公的電化局の設立に関する共和国令を發布し、新エネルギー・再生可能エネルギーを含む適切かつ低コストな電力供給を計画・検討し、今後の地方部の電力ニーズに見合った最適な方法を選択していくとしている。

このような中、「イ」国はクールアース・パートナーシップ国として日本との協力に参加することを決定し、気候変動への適応策及び緩和策の取り組みにより、温室効果ガスの排出削減と経済成長の両立を目指すことを喫緊の課題として掲げている。同イニシアティブに基づき、「イ」国は2009年6月にわが国に本無償資金協力を要請した。

この要請を受け、JICAは2009年7月11日から同22日にかけて第1次現地調査を実施し、太陽光発電設備の設置先候補地として首都サヌアのサバイーン病院とアデン市のアルワヒダ病院を選定することを「イ」国側と合意した。

③ 調査結果の概要とプロジェクトの内容

上記の第1次現地調査の結果に基づき、日本国政府はアデン市のアルワヒダ病院を候補地に絞り込んだ。この決定を受け、JICAは第2次現地調査を10月4日から同23日まで「イ」国に派遣し、現地調査、関連資料の収集、「イ」国関係者と実施内容の協議等を行った。

帰国後、調査団は現地調査の結果に基づき、プロジェクトの必要性、効果、妥当性について検討し、その結果を協力準備調査概要書に取りまとめた。JICAは2010年4月10日から16日まで概略設計概要説明調査団を「イ」国に派遣し、協力準備調査概要書の説明及び協議を行い、「イ」国政府との間で基本合意を得た。

調査の結果策定した協力対象事業は、300kWの太陽光発電設備を調達してアルワヒダ病院に設置し、同設備の運転・維持管理に必要な技術や太陽光発電計画等の技術に関するトレーニングプログラムを実施するものである。設備の基本計画概要を次表に示す。主管官庁は計画国際協力省、実施機関は保健人口省である。設備の基本計画概要を次表に示す。

計画区分	計画内容
計画対象	アルワヒダ病院 300kW 太陽光発電設備 - 太陽光発電設備は系統連系する - 余剰電力の発生を抑制し、逆潮流は行わない - 系統停電時は、自立運転を行い、病院内の一部に電力供給する
発電設備の調達と据付工事	・300kW 太陽電池モジュールの調達と据付工事 ・発電設備に必要な付帯設備の調達と据付工事 - 接続箱 - パワーコンディショナキュービクル - 太陽光発電用直流分岐装置 - 低圧連系装置 - 環境計測装置 - 電気室低圧分電盤 - 負荷切替盤(自立運転対応用) - 配線および接地材料 - コンテナ式キュービクル設備 - 太陽電池モジュール用架台 - 各種機器設置用基礎 - 太陽電池モジュール周辺のフェンス・ゲートおよび砂利 - コンテナ式キュービクル設備と接続箱/系統連系点/掲示板/既設負荷間等のケーブル敷設
予備品と保守用具類の調達等	・発電設備の維持管理に必要な予備品等(第1回本格点検まで)および工具類 ・運転保守マニュアル(OJT用教材を含む)の調達と運転保守ガイダンスの実施

④ プロジェクトの工期及び概略事業費

本計画をわが国の無償資金協力で実施する場合、概略事業費は約 6.05 億円（我が国負担経費）と見積もられる。また、「イ」国側負担としては、研修等への参加費として約 370 万イエメンリエルが見積もられている。

本計画の工期は、入札手続きに約 5 ヶ月、機材の調達・据付で約 14 ヶ月である。

⑤ プロジェクトの評価

本計画により調達、据付された設備の運転・維持管理は、保健人口省の管理のもと、設備の設置場所であるアルワヒダ病院が実施する。また、交換部品の調達等を含む長期的な維持管理は、電力エネルギー省の技術的支援のもと実施される。

本計画の実施段階では、運転・維持管理技術、太陽光発電の知識と技術に関するトレーニングプログラムを実施し、上記の運転・維持管理体制を有効かつ持続的なものとするとともに、「イ」国における太陽光発電技術の普及の一助となることも期待している。

本計画の一義的な効果は、一次エネルギーを化石燃料に依存する「イ」国において再生可能エネルギーを導入し、化石燃料の消費削減、ひいては地球温暖化の主原因である二酸化炭素の排出削減を図ることである。調査の結果、本計画による二酸化炭素削減効果は、年間 258 t-CO₂ と見積もられている。また、本計画は「イ」国でも初の大型の太陽光発電設備の導入例となるため、人口が分散し地方部の電化率の向上のためには太陽光の利用が必要である「イ」国において、大きな啓発効果をもたらし、民間を中心とした今後の太陽光利用の拡大に資することが期待される。

一方、日本の太陽光発電製品は、効率、寿命、信頼性等の観点から技術的優位性が高く、日本製の機材を調達する本計画では、優れた技術で長期間「イ」国に貢献することになる。

以上のことから、本計画は、わが国の無償資金協力として実施するに極めて有効かつ妥当であると考えられる。

目次

序文
 要約
 目次
 位置図／写真
 図表リスト／略語集

第1章 プロジェクトの背景・経緯	1 - 1
1-1 当該セクターの現状と課題.....	1 - 1
1-1-1 現状と課題.....	1 - 1
1-1-2 開発計画.....	1 - 13
1-1-3 社会経済状況.....	1 - 13
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要.....	1 - 15
1-3 我が国の援助動向.....	1 - 17
1-4 他ドナーの援助動向.....	1 - 18
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2 - 1
2-1 プロジェクトの実施体制.....	2 - 1
2-1-1 組織.....	2 - 1
2-1-2 財政・予算.....	2 - 4
2-1-3 技術水準.....	2 - 5
2-1-4 既存施設・機材.....	2 - 6
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況.....	2 - 8
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2 - 8
2-2-2 自然条件.....	2 - 10
2-2-3 環境社会配慮.....	2 - 11
2-3 その他（グローバルイシュー等）.....	2 - 14
第3章 プロジェクトの内容	3 - 1
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 - 1
3-2-1 設計方針.....	3 - 1
3-2-1-1 設計方針.....	3 - 1
3-2-1-2 物理的（自然）条件への対応方針.....	3 - 2
3-2-1-3 施工に係る地域的条件への対応方針.....	3 - 3
3-2-1-4 現地業者、現地資機材の活用についての方針.....	3 - 4
3-2-1-5 実施機関の維持・管理能力に対する対応方針.....	3 - 4
3-2-1-6 工期・工程計画に関する方針.....	3 - 5
3-2-2 基本計画（施設計画／機材計画）.....	3 - 5
3-2-2-1 設計条件.....	3 - 5

3-2-2-2	施設配置計画.....	3 - 6
3-2-2-3	基本計画の概要.....	3 - 6
3-2-2-4	機材・設備計画の概要.....	3 - 7
3-2-3	概略設計図（図面参照）.....	3 - 26
3-2-4	施工計画／調達計画.....	3 - 27
3-2-4-1	施工方針／調達方針.....	3 - 27
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項.....	3 - 29
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分.....	3 - 29
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画.....	3 - 30
3-2-4-5	品質管理計画.....	3 - 32
3-2-4-6	資機材等調達計画.....	3 - 33
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画.....	3 - 33
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画.....	3 - 35
3-2-4-9	実施工程.....	3 - 43
3-3	相手国側分担事業の概要.....	3 - 44
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画.....	3 - 45
3-4-1	維持管理の基本的考え方.....	3 - 45
3-4-2	定期点検項目.....	3 - 45
3-4-3	長期的な運営と維持管理.....	3 - 48
3-4-4	スペアパーツ購入計画.....	3 - 49
3-5	プロジェクトの概略事業費.....	3 - 50
3-5-1	協力対象事業の概略事業費.....	3 - 50
3-5-2	運営・維持管理費.....	3 - 51
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項.....	3 - 55
第 4 章	プロジェクトの評価.....	4 - 1
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	プロジェクトの全体計画達成のための外部条件.....	4 - 2
4-2	プロジェクトの評価.....	4 - 3
4-2-1	妥当性.....	4 - 3
4-2-2	有効性.....	4 - 5
 [図 面]		
 [資 料]		
1.	調査団員・氏名	
2.	調査行程	
3.	関係者（面会者）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.	参考資料	
7.	その他の資料・情報	



対象地点位置図

施設現況



正面玄関

本事業におけるサイト地であるアルワヒダ病院は緊急外来も備えたアデン州では最大級の総合病院である。



A棟外観

現在、主病棟にあたるA棟は改装中である。改装後は入院病棟などの利用を予定しており、電力需要の大幅な増加が見込まれている。



レントゲン設備

B棟の一般外来ではレントゲン設備が二台配置されており、2009年には新たに日本製のレントゲン設備が増設されている。



口唇裂クリニック

アルワヒダ病院では口唇裂クリニックの他にも、現在建設中の腎臓透析科など、専門の医療を受けられる施設が見られる。

PVモジュール設置箇所近辺と既存電気設備



PVモジュール設置箇所 1



PVモジュール設置箇所 2

本事業ではアルワヒダ病院に 300kW の PV 設備を建設し、発生した電力により当施設の電力需要の一部を賄う。PV モジュールは A 棟の南側に広がる敷地に設置を予定している。



掲示盤設置箇所

本事業で導入する PR 設備の一環として、人通りの多い病院正門の近くに現在の発電量などを示した掲示盤を設置する。



水道管

敷地内には水道管や電線ケーブルなどが配管されているため、PV モジュール設置箇所と基礎深さはこれを十分に配慮する必要がある。



既存電気室

アルワヒダ病院では現在 2 つの電気室が稼働している。高温多湿な気候状況から室内の通気性を良くしているため、埃がたまりやすく整備環境は非常に悪い。



低圧分電盤

電気室の低圧分電盤はロシア製でメンテナンス状況も悪く、老朽化が著しい。また、砂塵が堆積しており、短絡、地絡事故等を誘発しやすい状況にある。



ケーブルピット

室内の各設備にはピットを通してケーブルが接続されている。ケーブルは導体部分が裸の状態です絶縁保護がされてなく、極めて危険な状況にある。



B 棟低圧分電盤

施設への電力供給は電気室から各棟の分電盤を通じて行われる。B 棟分電盤は 2 台の変圧器から 2 回線が接続されているがケーブルと分電盤ブレーカーの容量不足によって供給は制限されている。

アデン港



アデン港内

アデンは古くから貿易の盛んな都市として知られており、大型クレーンも含めた港湾施設を備えている。



アデン

サイトが位置するアデン州はイエメン第二の都市であり、南イエメン時代の首都でもあった。

図表リスト

図 1-1-1-1	日負荷曲線の例（2009年6月15日）	1 - 2
図 1-1-1-2	「イ」国の電力系統図	1 - 8
図 1-1-1-3	主要都市送電系統図	1 - 9
図 2-1-1-1	計画国際協力省の組織図	2 - 1
図 2-1-1-2	イエメン国保健省の組織図	2 - 2
図 2-1-1-3	アルワヒダ病院の組織図	2 - 2
図 2-1-1-4	アルワヒダ病院内施設の見取り図	2 - 3
図 2-1-4-1	病院内の主要施設配置図（既設）	2 - 7
図 2-1-4-2	受電システム概念図	2 - 7
図 2-2-2-1	アデン市内の月別平均水平面日射量	2 - 11
図 3-2-2-1	系統連系の概念図	3 - 8
図 3-2-2-2	太陽光発電出力の実績例	3 - 12
図 3-2-2-3	負荷切替盤の回路構成の考え方(1)	3 - 14
図 3-2-2-4	負荷切替盤の回路構成の考え方(2)	3 - 15
図 3-2-4-1	調達にかかる各機関の役割	3 - 26
図 3-2-4-2	計画実施時の関係図	3 - 31
図 3-2-4-3	ソフトコンポーネントの実施スケジュール	3 - 31
図 3-2-4-4	本事業の実施行程計画	3 - 43
図 3-4-1-1	発電設備の維持管理の基本的な考え方	3 - 44
表 1-1-1-1	「イ」国の電力需給	1 - 1
表 1-1-1-2	発送配電ロス	1 - 3
表 1-1-1-3	「イ」国内の発電設備の出力	1 - 4
表 1-1-1-4	系統に接続した発電設備と出力	1 - 5
表 1-1-1-5	独立型発電所の設備と出力	1 - 6
表 1-1-1-6	民間発電事業者からの電力購入量	1 - 7
表 1-1-1-7	現行の電力料金	1 - 10
表 1-1-1-8	老朽発電所の機能回復計画	1 - 10
表 1-1-1-9	新規発電所建設・増設等計画	1 - 11
表 1-1-3-1	各州の人口と世帯数（2007年）	1 - 14
表 2-1-1-1	アルワヒダ病院の職員数	2 - 3
表 2-1-1-2	アルワヒダ病院における外部職員数	2 - 3
表 2-1-1-3	2007年度にアルワヒダ病院で診療等を受けた患者数	2 - 4
表 2-1-2-1	アルワヒダ病院の収支状況（2006年、調整後）	2 - 5

表 2-1-4-1	変圧器の概略仕様および消費電力	2 - 7
表 2-2-1-1	イエメン国における電力供給状況（2009年6月）	2 - 9
表 2-2-2-1	アデンの気象条件	2 - 10
表 2-2-3-1	環境社会影響項目に関する検討結果	2 - 13
表 3-2-2-1	基本計画の概要	3 - 7
表 3-2-2-2	自立運転給電先として適当な負荷の例	3 - 13
表 3-2-2-3	ビルディング B の負荷一覧表	3 - 16
表 3-2-2-4	A棟各階の用途	3 - 18
表 3-2-2-5	構成機器の一覧（システム制御装置）	3 - 21
表 3-2-2-6	構成機器の一覧（環境計測装置）	3 - 21
表 3-2-2-7	主要機器等の概略仕様（1）	3 - 24
表 3-2-2-8	主要機器等の概略仕様（2）	3 - 25
表 3-2-4-1	両国の主要な分担業務	3 - 29
表 3-2-4-2	発電設備運営組織体制（案）	3 - 33
表 3-2-4-3	プログラム実施項目と参加者	3 - 39
表 3-2-4-4	ソフトコンポーネント 1：竣工前後の活動	3 - 40
表 3-2-4-5	ソフトコンポーネント 2：3ヵ月点検時の活動	3 - 40
表 3-4-2-1	標準的な太陽光発電設備の日常点検項目および点検要領	3 - 45
表 3-4-2-2	標準的な太陽光発電設備の定期点検項目および点検要領	3 - 46
表 3-4-3-1	本格点検を含む長期的な維持管理体制	3 - 47
表 3-4-4-1	太陽光発電設備用予備品及び保守用工具類	3 - 48
表 3-5-1-1	本プロジェクトの概略事業費 日本側負担分	3 - 49
表 3-5-1-2	研修プログラムへの派遣費用 イエメン側負担分	3 - 50
表 3-5-2-1	スペアパーツ等購入費用	3 - 52
表 3-5-2-2	アルワヒダ病院の収支 2006年	3 - 53

略語集

AC	Alternating Current	交流
B/A	Bank Arrangement	銀行取極め
CT	Current Transformer	計器用変流器
DC	Direct Current	直流
DEG	Diesel Engine Generator	ディーゼル発電設備
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EU	European Union	ヨーロッパ連合
E/N	Exchange of Notes	交換公文
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GNI	Gross National Income	国民総所得
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	ドイツ技術開発協力機構
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議規格
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JCS	Japanese Electric Wire & Cable Makers' Association Standard	日本電線工業会規格
JEAC	Japan Electric Association Code	電気技術規程
JEC	Japanese Electrotechnical Committee	日本電気規格調査会標準規格
JEM	Standards of Japan Electrical Manufacturer's Association	日本電機工業会標準規格
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
MCCB	Molded Case Circuit Breaker	配線用遮断器
MEE	Ministry of Electricity and Energy	電力エネルギー省
MPHP	Ministry of Public Health and Population	保健人口省
MPIC	Ministry of Planning and International Cooperation	計画国際協力省
MWE	Ministry of Water and Environment	水環境省
O&M	Operation and Maintenance	運転・保守
OJT	On the Job Training	実習訓練
PEC	Public Electricity Corporation	イエメン電力公社
PCS	Power Conditioners	パワーコンディショナ
PV	Photovoltaic	太陽光発電
PVC	Polyvinyl Chloride	ポリ塩化ビニル
SI	The International System of Units	国際単位系
VT	Voltage Transformer	計器用変圧器
XLPE	Cross-linked Polyethylene	架橋ポリエチレン

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と課題

1-1-1 現状と課題

(1) 電力需給

イエメン国（以下、「イ」国）における電力供給は、1991年に設立されたイエメン電力公社（Public Electricity Corporation、PEC）が行っている。電力系統は、国内の主要都市をカバーするナショナルネットワークと、独立した小規模の地方ネットワークがあり、火力発電所で発電した電力を供給している。2009年には、発電における天然ガスの利用が開始した。近年、電力セクターの強化策として、一般の電気事業者（IPP）の電力市場への参加（Private Sector Participation）も進められている。

1) ピーク電力

「イ」国では、最大電力は6月に発生しており、この需要に十分に対応できる発電設備がないため、輪番停電を実施している。

2008年の供給力は、6月が最大で819MW、485,404 MWhであり、同月の需要（894 MW、497,398 MWh）に対し、それぞれ75 MW、11,994 MWhの不足となっている。

2009年の供給力も、6月が最大で、750 MW、488,783 MWhであり、需要（1,016 MW、573,087 MWh）に対し、それぞれ266 MW、84,304 MWh不足している。

都市レベルでは、首都サヌア、第2の都市アデンでの6月（最大月）の最大電力と発生日は、以下のとおりとなっている。

- ・サヌア：329 MW（2009年6月24日）、296 MW（2008年6月）
- ・アデン：268 MW（2009年6月23日）、217 MW（2008年6月）

2007年以前の需要と供給力は下表のとおりであるが、2004年以降、供給力不足が顕著になっている。

表 1-1-1-1 「イ」国の電力需給

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ピーク電力	526	538	577	642	740	796	875
供給力	498	520	573	598	641	728	832

単位：MW，出典：PEC年報2007

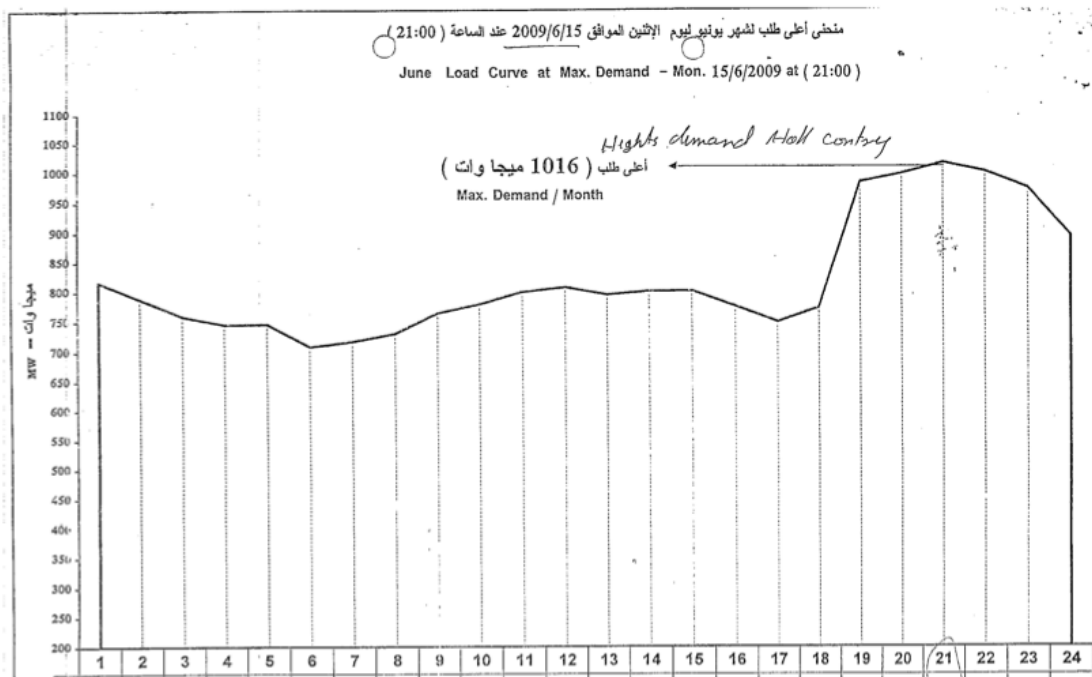
2) 発電電力量

2005 年は合計 : 4,778.3 GWh

- ・ 系統に接続した発電設備の発電電力量は合計 : 4,064 GWh
- ・ 単独で運転している発電設備の発電電力量は合計 : 714.3 GWh
- ・ 系統に接続した発電設備の 2006 年から 2008 年の発電電力量は、
 - ・ 2006 年は、4,918 GWh、(2005 年比 21 % 増)
 - ・ 2007 年は、5,587 GWh、(2005 年比 37.5 % 増)
 - ・ 2008 年は、7,255 GWh、(2005 年比 78.5 % 増)

3) 日負荷曲線

最大電力を記録した日の日負荷曲線を下図に示す。日負荷曲線は日没後に電力需要が最大となる点灯ピーク型であり、午後 9 時前後にピークが発生している。



出典 : PEC 提供資料

図 1-1-1-1 日負荷曲線の例(2009 年 6 月 15 日)

4) 停電の状況

需要に対して供給力が間に合わず、PEC では輪番停電を実施している。電力設備の停電の状況は以下のとおりである。

a) 電力供給の停止回数

発電所の停止回数 : 2009 年 (1 月から 6 月まで)

- ・ 蒸気タービン : 62 回

- ・ディーゼル： 465 回
- ・ボイラー： 31 回
- ・合計： 558 回

なお、2008 年同時期の発電所停止回数は、合計 410 回であった。

b) 送電線、変圧器

送電線、変圧器：2009 年（1 月から 6 月まで）

- ・送電線（132kV）：63 回
- ・変圧器（132kV / 33kV）：8 回
- ・合計：71 回

なお、2008 年同時期の送電線、変圧器の停止回数は、合計 67 回であった。

c) 配電線

- ・配電線（33 / 15 / 11kW）：8 回
- ・配電用遮断器（32kW）：758 台
- ・合計：766 回
- ・2008 年合計：745 回

d) 停止電力量と停電時間

全国：

- ・計画停止： 75,663 MWh、 16,997 時間
- ・過負荷： 2,256 MWh、 393 時間
- ・その他： 2,889 MWh、 507 時間
- ・合計： 80,808 MWh、 17,897 時間
- うちサヌア： 23,205 MWh、 6,120 時間
- うちアデン： 2,614 MWh、 753 時間

以上から、停電の主な原因は計画停止と過負荷によることがわかる。

5) 発送配電ロス

発送配電ロスは、国際的にみると高い水準にある。内訳としては、配電が最も高く（下記）、他は所内ロスが 6%前後、送電ロスが 3%前後となっている。

表 1-1-1-2 発送配電ロス

年	ロス合計	うち配電	うち発電	うち送電
2005	32.9%	24.6%	6.0%	2.3%
2006	35.0%	25.2%	5.9%	3.9%
2007	35.2%	25.8%	6.8%	2.6%

出典：PEC 提供資料

(2) 発電設備

1) PEC の発電設備

国内の発電設備全体としては、定格出力：1,050.2 MW、実効出力：852.4 MW である。

発電設備は、系統に接続してグリッドを構成しているものと、単独で発電しているものに大別され、その総量は次のとおりである。

系統に接続した発電設備出力合計＝定格：774MW、実効出力：670MW

単独で発電している設備出力合計＝定格：276,2 MW, 実効出力：182.4 MW

燃料種別は重油とディーゼル油の2種類の火力発電である。

表 1-1-1-3 「イ」国内の発電設備の出力

Year	Unified Grid			Independent System	Total
	Steam	Diesel	Total		
2000	435	171	606	208	814
2001	435	201	636	208	844
2002	435	204	639	220	859
2003	435	263	766	221	919
2004	435	331	766	245	1011
2005	435	354	789	222	1011
2006	435	408	843	218	1060
2007	435	438	873	287	1161

出典：Statistical Year Book 2008 等より調査団作成，単位：MW

発電所別の内訳を以下の表 1-1-1-4、表 1-1-1-5 に示す。

表 1-1-1-4 系統に接続した発電設備と出力

Power station	Type of fuel used	No. of units	Derated Capacity per unit (MW)	Installed Capacity per unit (MW)	Total Installed Capacity in 2005 (MW)	Total Derated Capacity in 2005 (MW)	Total Energy Generated in 2005 (GWh)
Ras Katnib	HFO	5	27.2	30.0	150.0	136.0	1014.0
Al-Mokha	HFO	4	39.0	40.0	160.0	144.0	767.0
Al-Hiswa	HFO	5	22.4	25.0	125.0	112.0	719.0
Al-Mansoura	Diesel	8	6.8	8.0	64.0	54.0	277.0
Hizyaz-1	Diesel	6	5.0	5.0	30.0	30.0	690.0
Hizyaz-2	LFO+HFO	7	9.7	9.7	67.9	67.9	
Khormaskar-2	Diesel	5	4.6	5.3	26.5	23.0	142.0
Khormaskar-3 (incl. Al-Tawahi)	Diesel	2	5.0	6.3	12.5	10.0	
Daban-1	Diesel	4	2.5	5.2	20.8	10.0	166.0
Daban-2	Diesel	5	4.6	6.0	30.0	23.0	
Al-Hali-1	Diesel	3	2.7	5.3	15.8	8.0	122.0
Al-Hali-2	Diesel	2	5.0	6.0	12.0	10.0	
Al-Kornish	Diesel	3	2.0	2.5	7.5	6.0	
Taiz-2	Diesel	2	2.0	8.2	16.4	4.0	92.0
Taiz-3 (incl. Osaifarah)	Diesel	2	5.0	5.3	10.6	10.0	
Sana'a-D	Diesel	3	1.7	2.0	6.0	5.0	60.0
Sana'a-D	Diesel	1	3.0	5.0	5.0	3.0	
Sana'a-D	Diesel	1	5.0	5.0	5.0	5.0	
Jaar-1	Diesel	3	1.5	1.5	4.5	4.5	15.0
Jaar-2	Diesel	2	2.3	2.3	4.5	4.5	
Total					774	670	4064.0

出典：世界銀行

表 1-1-1-5 独立型発電所の設備と出力

Power Station	Type of Fuel	Installed Capacity in 2005 (MW)	Derated Capacity in 2005 (MW)	Total Energy Generated in 2005 MWh
Al-Rayan	HFO	47.0	40.0	226,683
Khalf	Diesel	13.0	9.0	23,298
Al-Shehr	Diesel	13.0	5.0	7,196
Al-Munnawarah	Diesel	16.0	7.0	16,637
Al-Raidah & Kusaier	Diesel	5.0	3.0	8,065
Sucatrah	Diesel	1.0	1.0	1,801
Wadi Hadramout	Diesel	47.0	40.0	211,057
Sadah	Diesel	11.2	5.0	24,736
Al-Baidah	Diesel	9.3	4.0	18,481
Al-Faraah	Diesel	2.0	1.9	2,627
Al-Mungade	Diesel	1.0	1.0	2,229
Al-Ghaidah	Diesel	8.2	6.0	12,431
Hof	Diesel	2.0	1.0	1,700
Nashtoon	Diesel	0.3	0.3	2,146
Saihout	Diesel	2.5	2.0	1,725
Ghashan	Diesel	4.0	2.0	2,614
Haradh	Diesel	7.3	3.9	9,863
Abs	Diesel	4.2	2.9	5,751
Maidi	Diesel	2.3	1.5	2,826
Al-Mahabishah	Diesel	1.3	1.3	2,923
Al-Mahweet	Diesel	3.9	2.9	8,558
Al-Tawelah	Diesel	2.0	1.0	2,863
Al-Rugum	Diesel	1.6	0.6	1,865
Al-Khabt	Diesel	1.4	0.6	1,012
Hufash	Diesel	1.3	0.4	780
Manakha	Diesel	4.2	2.0	4,415
Dhibain	Diesel	1.7	0.4	712
Hoot	Diesel	0.8	0.5	1,180
Harib	Diesel	3.7	1.4	2,929
Al-Joopah	Diesel	1.1	0.9	1,573
Damt	Diesel	2.6	2.0	1,875
Juban	Diesel	2.1	1.8	2,287
Al-Jawf	Diesel	3.0	1.3	2,314
Al-Luhaiyah	Diesel	9.8	5.7	1,636
Al-Zuhra	Diesel	2.1	1.7	1,358
Shukrah	Diesel	1.3	0.9	2,229
Laouder	Diesel	18.0	8.8	32,193
Attaqu	Diesel	13.2	6.9	43,655
Baihan	Diesel	2.0	2.0	8,500
Azzan	Diesel	1.0	1.0	6,500
Sana'a	Diesel	1.0	1.0	1,000
Alhada	Diesel	0.8	0.8	100
Total		276.2	182.4	714,323

出典：世界銀行

2) 民間事業者からの電力購入

需要の伸びに対し発電容量の不足が顕在化しており、民間発電事業者からの電力購入量が増加してきている。

表 1-1-1-6 民間発電事業者からの電力購入量

年	設備容量	購入電力量
2006	100MW	336GWh
2007	269MW	1,124GWh

(3) 電力系統及び送配電設備

既存の送電線は、高圧 132kV および中圧 33kV の電圧で構成されており、全国の主要都市及び発電所をつないでいる。また、配電線では 11 kV の電圧を採用しており、日本の 6.6kV 配電よりも高電圧で配電している。配電線低圧側は 400/230V、3 相 4 線式を採用している。

電圧毎の相、短絡容量は以下のとおりである。

- ・ 高圧：132 kV, 3 相, 50 Hz, Breaking capacity: 31.5 kA、亘長 1,160 km
- ・ 中圧：33 kV, 3 相, 50Hz, Breaking capacity: 31.5 kA、9 回線、亘長 430km
- ・ 低圧：11 kV, 3 相 4 線システム, 50 Hz, Breaking capacity: 31.5 kA
89 回線の架空線 (862km) と 34 回線の地中線 (80km)

11 / 0.4 kV 変電所は 6,700 ヲ所あり、合計容量は 1,600 MVA である。

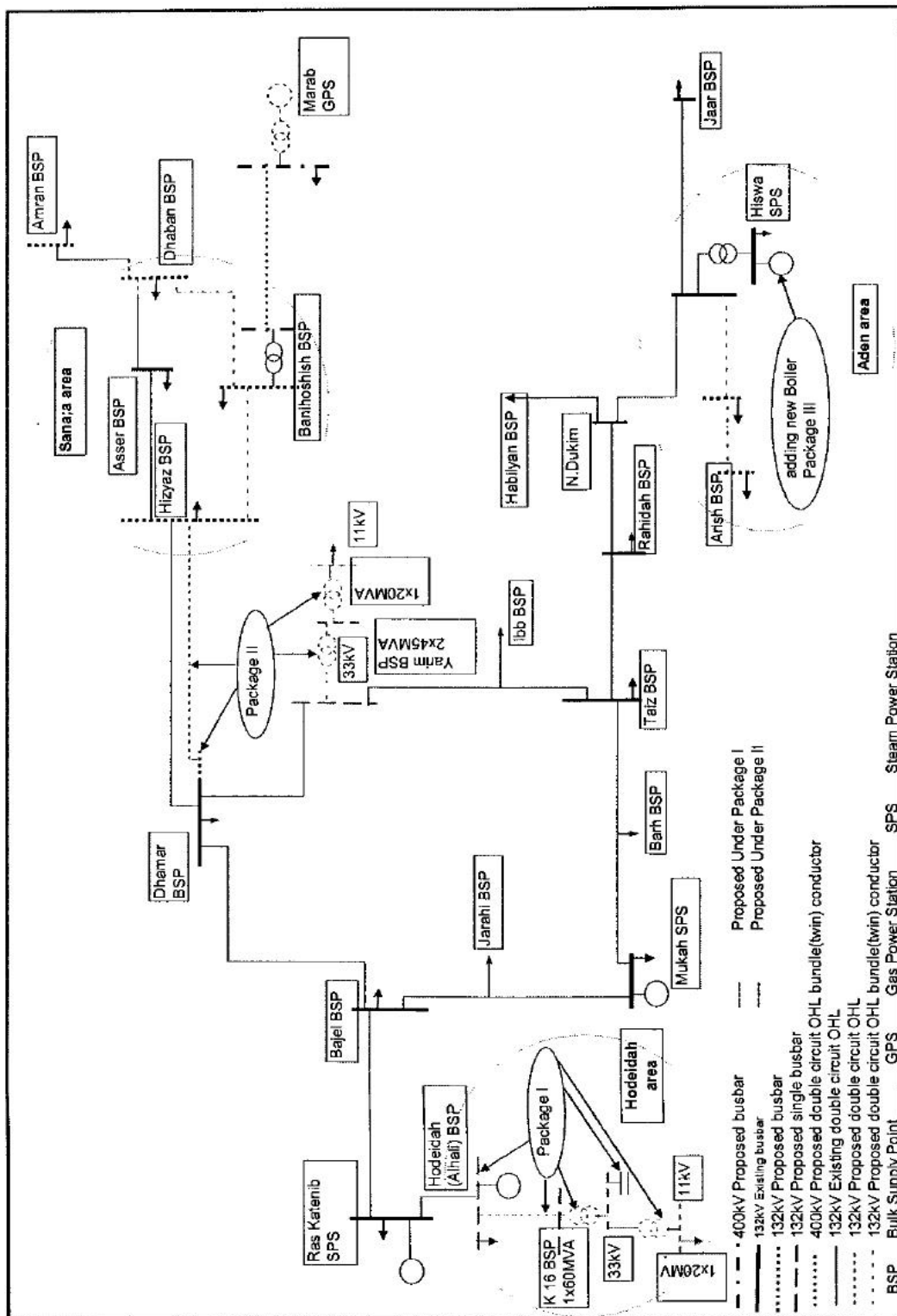
一方、2009 年に竣工したガス火力 Mareb I 発電所 (340 MW) から首都サヌアを含め他の西部の主要都市に送電するため、Mareb からサヌア、Dhamar を結ぶ 400kV の送電線が新たに建設された。

電力系統図を以下に示す。



出典：PEC

図 1-1-1-2 「イ」国の電力系統図



出典：世界銀行

図 1-1-1-3 主要都市送電系統図

(4) 電力料金

下記に電力公社が設定している電力料金表を示す。電力料金は、家庭用で4から17イエメンリエル（日本円で2円～8.5円相当）、政府関係施設が最も高く18リエル（同、9円相当）である。尚、表には示されていないが、2008年11月から政府関係施設への電気料金は18～30イエメンリエルへと値上げされている。

表 1-1-1-7 現行の電力料金

Category		Tariff Riyal / kWh	Service Charge (Riyals)		
			1 Phase	3 Phases	Current transformers
Urban Houses	0 - 200 kwh	4	300	800	3500
	201 - 350 kwh	7	300	800	3500
	351 - 700 kwh	10	300	800	3500
	More than 700 kwh	17	300	800	3500
Rural Houses	0 - 100 kwh	7	300	800	3500
	More than 100 kwh	17	300	800	3500
Commercial		17	400	1500	3500
Artificial + Cement factories		15	400	1500	3500
Water corporation Pumps		15	400	1500	3500
Government		18	400	1500	3500
Urban Mosques	0 - 200 kwh	4	-	-	-
	201 - 350 kwh	7	-	-	-
	351 - 700 kwh	10	-	-	-
	More than 700 kwh	17	-	-	-
Rural Mosques	0 - 100 kwh	7	-	-	-
	More than 100 kwh	17	-	-	-

出典：PEC

(5) 今後の電力システムの開発計画

1) 発電所

将来の電源開発計画としては、老朽発電所の機能回復と新しい発電所の建設があり、

- ・老朽発電所の機能回復を 890.4 MW
- ・新しい発電所の建設を 1471.2 MW

を行う計画がある。その詳細を以下の表に示す。

表 1-1-1-8 老朽発電所の機能回復計画

	Project	Megawatt
1	Rehabilitation of Al-Makha steam station	150
2	Rehabilitation of Ras Katheeb steam station	160
3	Rehabilitation of Al-Heswa thermal station	125
4	Rehabilitation of power generation stations in the Capital (Dhahban 1 & 2)	47
5	Rehabilitation of power generation stations in Aden (Al-Mansoura - Khour Maksar - Al-Tawahi - Jea'ar)	182
6	Rehabilitation project of power generation in Hadhramout Al-Sahil stations	89.2
7	Rehabilitation of power generation stations in Hadhramout Valley	52
8	Rehabilitation of power generation stations in Al-Hali, Usaifera and Al-Korniche	54
9	Rehabilitation of generators of the two Attaq and Lawdar stations	31.2
Total		890.4

出典：General Directorate of Generation – PEC. 3rd Five-year DPPR (2006 – 2010)

表 1-1-1-9 新規発電所建設・増設等計画

	Project	Megawatt
1	Mareb power generation station	340
2	Bolstering generation in Al-Mansoura sub-station	70
3	Bolstering generation in Al-Heswa sub-station	60
4	Bolstering generation in Seiyoun	6.2
5	Mareb power station – phase II	400
6	Tehama-Hajjah station	25
7	Bolstering generation in Sa'ada	10
8	Ma'abar power generation station (megawatt)*	400
9	New power generation station in Hadhramout Valley (Badra)	50
10	Bolstering generation in Al-Rayan station (megawatt)	70
11	New power generation station in Attaq (megawatt)	10
12	New power generation station in Lawdar (megawatt)	10
13	Bolstering generation in Hezyaz	20
	Total	1,471.2

出典：General Directorate of Generation – PEC. 3rd Five-year DPPR (2006 – 2010)

2) 送・配電線建設計画

新設予定の 132kV 送電線は下記の通りである。

- ・ Al-Heswa – Al-Areesh 間、
- ・ Bajil – Dhama 間、

132 / 33kV 変電所の主な増強は下記の通りである。

- ・ Sanaa 変電所—60 MVA 増設
- ・ Al-Areesh 変電所新設
- ・ Ibb と Dhamar 変電所 15MVA 増設
- ・ Yareen 変電所新設 45MVA

33kV 送電線過負荷対策として、電線サイズのサイズアップ（架空線 ACSR 100 sq.と地中線 300sq への張替え）を予定している。また、33kV 送電線 9 回線の増設が計画されている。

配電線ロス軽減を目的として、11kV 配電線を 119 回線新設する。

33kV、11kV 送・配電線の増強と共に、変電所の増強も必要とされている。

(6) 地方電化

「イ」国の人口が地方に分散していることもあり、電化率は 2005 年時点で全国で 40%、地方では 20% 台にとどまっており、中東・北アフリカ地域の諸国と比較して低い水準にある。

第 3 次 5 カ年計画では、160MW のディーゼル発電により、地方の 350 万人（地方人口の

25%) の人々の電力を提供する予定である。これには、地方部の生活基盤整備により生活水準の向上を図るとともに雇用を確保し、地方からの都市に移住やそれによる都市への人口集中を抑制する意図がある。

地方電化は、既存電力ネットワークの延伸・拡張と、独立ネットワークの整備の2つの方法で進められる。地方電化においては、PEC の事業からは切り離し、民間主導による整備を公共地方電化局 (REPA) が進めることとなっている。独立ネットワーク全体の規模は、表 1-1-1-3 に示しているとおり現時点で国全体の電力設備の2割となっているが、人口の分散度合いが高いことから既存ネットワークの延伸は非効率となるため、今後は独立ネットワークの整備と個別家屋・建物での対応が中心になる。そのなかで電源のひとつとして位置づけられているのが、以下の再生可能エネルギーである。

(7) 再生可能エネルギーの取組み

「イ」国における再生可能エネルギー利用の目的としては、気候変動への対応の他、地方電化、地方での発電用ディーゼル油の節約に寄与する事がある。再生可能エネルギーの取組みは、電力省を中心として、特に地方電化の場合には REPA が推進する。

「イ」国の再生可能エネルギー資源としては、特に沿岸地域における風力発電がナショナルグリッドに連系する電源として期待されている。今後数年間に 60MW クラスの風力発電所が投入される計画もあるが、IPP 方式での開発となるため、投資を待っている状況である。

- Dhubab —60MW、2010 年
- Al-Makha —60MW、2011 年
- Dhubab (1) —60MW、2016 年
- Dhubab (2) —未定
- Bab Al-Mandab. —未定

また、電力系統の延伸が難しい遠隔地の村落の電化には、風力、太陽光発電、或いはディーゼル発電機を併用したミニグリッドシステムを民間事業者や地域団体で開発する手法を主とする計画である。一方、公共施設においては、社会インフラの一部と位置づけ、学校、医療施設、モスク等に公的資金でソーラーシステムを整備する。また、より住宅密度の低い地域や収入の低い地域ではソーラーホームシステム (SHS) 或いはソーラーランプによる電化とする手法も含んでいる。経済性を重視し、受益者による費用負担を基本とするが、一定の初期投資が必要な状況も考慮し、ファイナンスのメカニズムも導入される予定である。

1-1-2 開発計画

(1) 上位計画

「イ」国の電源は、半分以上が重油の燃焼による蒸気タービン、残りがディーゼルエンジンによっており、すなわち 100%を化石燃料に依存している。GDP の 1/3 を原油の輸出により得ているが、油田の枯渇が迫っているため、天然ガスへの転換を図っているほか、特に地方電化において太陽光発電を始めとしたクリーンエネルギーへの期待が高まっており、政府もクリーンエネルギーの導入に向けた政策転換を行っている。

「イ」国は、1996年2月、国連気候変動条約（UNFCCC）に批准し、緩和策・適応策を推進するとともにその進捗を条約に対して報告している。京都議定書（COP3）については非附属書I国となっているが、GEF及びオランダからの支援を得て国別報告書（National Communication）を提出している。

2008年6月に策定された Renewable Energy Strategy and Action Plan は、電力公社（PEC）の配電網拡張計画においてカバーされない地方部での太陽光および風力／ディーゼル・ハイブリッド式のオフグリッド電力供給を目指すものである。また、2009年4月には、公的電化局の設立に関する共和国令を發布し、新エネルギー・再生可能エネルギーを含む適切かつ低コストな電力供給を計画・検討し、今後の地方部の電力ニーズに見合った最適な方法を選択していくとしている。

1-1-3 社会経済状況

(1) 国土

「イ」国は、アラビア半島の南端、北緯 12°から 19°、東経 43°から 54°に位置する国である。国土面積は 55.5 万平方 km で、森林はその 5.5%、農地は 34%となっている。アデン市は、アデン湾に面した港湾都市であり、年平均気温は 29°C、降水量（32mm/年）は 2 回の雨季（12月～1月と7月）に集中し、夏には気温が 40 度前後まで上昇する。

(2) 人口動態

「イ」国は約 2,000 万人の人口があり、年率 3%の割合で増加している。各州の都市・農村別人口、世帯数を人口の多い順に並べたものが下表である。「イ」国は、基本的に農村に人口の分散した国であることが分かる。

表 1-1-3-1 各州の人口と世帯数(2007年)

州	人口				世帯数(都市)			
	都市	農村	合計	都市集中度	都市	農村	合計	世帯人数
Sana'a	1,987,707	1,005,968	2,993,675	66.4%	291,006	127,716	418,722	7.1
Taiz	579,949	2,009,820	2,589,769	22.4%	88,354	309,545	397,899	6.5
Al-Hodeidah	836,153	1,534,291	2,370,444	35.3%	123,886	259,890	383,776	6.2
Ibb	406,018	1,900,901	2,306,919	17.6%	56,401	273,915	330,316	7.0
Hajjah	152,718	1,466,140	1,618,858	9.4%	19,517	193,810	213,327	7.6
Dhamar	203,445	1,251,835	1,455,280	14.0%	27,355	178,080	205,435	7.1
Hadramout	521,101	605,254	1,126,355	46.3%	65,472	71,205	136,676	8.2
Amran	159,694	778,097	937,791	17.0%	20,697	93,331	114,028	8.2
Laheg	67,941	716,471	784,412	8.7%	10,109	103,872	113,981	6.9
Sa'adah	118,526	651,249	769,775	15.4%	15,530	79,139	94,669	8.1
Aden	654,099	0	654,099	100.0%	100,616	0	100,616	6.5
Al-Baida	116,741	507,052	623,793	18.7%	14,736	58,270	73,005	8.5
Al-Mahweet	39,276	499,943	539,219	7.3%	5,069	70,286	75,354	7.2
Al-Daleh	68,778	451,167	519,945	13.2%	9,206	56,973	66,179	7.9
Shabwah	80,353	429,395	509,748	15.8%	9,558	47,941	57,499	8.9
Al-Jawf	62,794	417,170	479,964	13.1%	8,674	55,165	63,838	7.5
Abyan	120,414	348,006	468,420	25.7%	17,053	46,473	63,525	7.4
Reymah	4,189	427,259	431,448	1.0%	631	60,973	61,604	7.0
Mareb	34,640	224,716	259,356	13.4%	4,227	26,250	30,476	8.5
Al-Maharah	41,926	57,798	99,724	42.0%	6,538	9,146	15,683	6.4
Total	6,256,462	15,282,533	21,538,995	29.0%	894,634	2,121,976	3,016,611	7.1

出典：Central Statistical Organization 推計値（2004年センサスペース）

人口に占める貧困層の割合は、1998年から2005年の間に減少（41.8%から34.8%）しているが、人口の伸びのため、貧困人口はわずかに増加（690万人から730万人）している。

貧困層に対しては現金支給を実施しているが、その額は1,240億リエル、GDPの4%に上る。

(3) 経済情勢

「イ」国は、中東地域の中でも最も開発の遅れた後発開発途上国に分類される国である。国民一人当たり国民総生産は約965ドル（2007年、中央統計機構）であり、2004年から2007年の間には年率14.1%の伸びを示しているが、これは主に石油価格とそれに伴う一般的な物価の高騰によるものである。GNPの約30%は、1980年代に発見された石油の輸出により構成され、輸出高の約90%を占めているが、その埋蔵量には限りがあり、生産量は減少傾向にある。天然ガスも産出し、2009年にはLNGの輸出が開始したほか、ガスタービン発電所での利用もスタートした。

GDPの内訳としては、農林水産業（9.1%）、鉱業（石油含む、27.8%）、製造業（9.6%）、電力・水道（0.7%）、流通業（16.4%）、運輸・通信（11.7%）、金融・不動産業（10.5%）、残りの約10%が公共部門となっている。製造業、流通業には伸びがみられるが、農林水産業、鉱業（石油含む）は縮小傾向にある。

国は、経済の開放政策を進めており、湾岸協力機構（Gulf Cooperation Council、GCC）への加入やアラブ諸国との経済的融合を図っている。また、経済のグローバル化に対応するため、対外債務や外貨準備高のマネジメントを強化している。さらに、貿易の自由化、輸出の促進、海外投資の誘導を図ることにより、さらなる経済発展を推し進める計画である。これらの努力は、過去数年間、貿易黒字の増加につながっているが、一方、2007年には石油輸出高の減少により赤字に逆転しており、石油輸出に依存する経済の脆弱性が明らかとなっている。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

「イ」国は、発電容量の不足による慢性的な電力難に悩まされている。発電、送電、配電施設は老朽化が進み、設備の更新や容量の増強は需要の伸びに追いついていない。ネットワーク拡充の遅れから、各地には独立型の発電設備が増加し、高価な燃料を低い効率で消費している状況である。

我が国は、2008年1月、ダボス会議において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の1つとして、クールアース・パートナーシップを発表し、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、気候の安定化に貢献しようとする意志は持っているものの、排出削減と経済成長を両立させる実行能力や資金が不足している途上国を支援するために、2008年度に「環境プログラム無償資金協力事業」が導入された。これらの背景から、我が国として極めて優位性の高いクリーンエネルギー技術である太陽光発電技術の国際協力事業における積極的な活用が求められることとなった。外務省は、クールアースパートナー国を対象とした太陽光発電等を活用した環境プログラム無償資金協力事業に関するニーズ調査を実施し、「イ」国からは、候補となる案件が提案された。

2009年6月に提出された本無償資金協力事業の要請の内容は以下のとおりであった。

要請の概要

要請金額：5,000,000 米ドル

要請内容：次の施設への太陽光発電設備の整備

- a) サバイーン病院（Sabaen Hospital）（サヌア市）
場所：サヌア市内中央部、アル・サバイーン広場
- b) アルワヒダ病院（Al Wahda Hospital）（アデン市）
場所：アデン市内アル・シーク・オタム地域
- c) アル・タウラ病院（Al Thawra Hospital）（タイズ市）
場所：タイズ市内アル・タウラ通り

要請機材の内容

- a) 接続箱 (Junction Box)
- b) コンディショナー (Power conditioner)
- c) ブレーカー (Circuit Breaker)
- d) 太陽光モジュール
- e) 接続ケーブル
- f) データ蓄積、表示装置

要請によるソフトコンポーネント

- a) 運転維持管理に関するワークショップ
対象者：電力公社 (PEC) の技術者
期間：2 週間
- b) 運転維持管理の技術研修
対象者：PEC の中堅 (Senior) 技術者
期間：1 ヶ月
- c) 運転維持管理マニュアルの作成
(専門家派遣)

将来的に：

- d) 再生可能エネルギー導入に関する制度の整備 (技術協力)

この要請を受け、2009年7月に実施された本調査の第1次調査において、上記要請サイトを対象に太陽電池モジュールの設置可能性等の技術的な検討を行い、「イ」国との協議を経て、2009年8月14日の「イ」国計画国際協力省他とJICA調査団との間で結ばれたM/Dにおいて、サバイーン病院とアルワヒダ病院の2病院がサイト候補に選定された。その後、日本国内で両候補の規模や効率性などが考慮された結果、アルワヒダ病院が対象サイトに選定された。

アルワヒダ病院は、医療教育施設を兼ねた病院であり、アデンとその周辺の州 (Governorate) から患者が集まるリフェラル病院でもある。産婦人科、小児科がサービスの中心であるが、現在は腎臓透析科の建物が新設されている最中である。その財務と経営は、州の支援を受けながら自律的に行われている。

本無償事業では、「イ」国における気候変動対策支援の一環として、太陽光発電設備 (PV設備) を供与し、当該国における系統電力の一部を再生可能エネルギーに代替することにより、同国の化石燃料への依存度と当該公共施設の電力料金負担の軽減を図り、温室効果ガスの削減と経済成長の取り組みの両立を目指す取り組みを支援する。

1-3 我が国の援助動向

(1) 無償資金協力

我が国の「イ」国に対する無償資金援助は、主に教育、医療、食料等の分野で実施されてきている。近年の実施状況は以下のとおりである。

年 度	援助内容
平成 22 年度	地方給水整備計画 ノクム道路建機センター機能強化計画
平成 21 年度	国立サヌア大学中央研究室研究機材整備計画(一般文化無償) 太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画 地方給水整備計画(詳細設計) 貧困農民支援 ノン・プロジェクト無償資金協力
平成 20 年度	ノン・プロジェクト無償資金協力 サヌア小中学校建設計画(第2期)
平成 19 年度	サヌア小中学校建設計画(第1期) イエメン共和国及びその周辺国における砂漠バッタ異常発生対策 に対する緊急支援計画(FAO 経由)
平成 18 年度	貧困農民支援 第二次小中学校建設計画(第1期)
平成 16 年度	食糧増産援助
平成 15 年度	サヌア文化センターに対する文化無償 教科書印刷所機材整備計画 小中学校建設計画(第2期)
平成 14 年度以前	南部イエメン結核対策拡充計画

出典：外務省 HP

電力セクターへの我が国の援助としては以下のものがある。

ヨルダンによるイエメン電力セクター実務者の第三国研修

目 的： 電力セクターで必要とされる技術について、理論的知識の取得と現場における実践力を養うこと

内 容： 以下の4つの分野について、それぞれ講義と実習により構成される

TIG 溶接 (5名)

送電線の保全 (5名)

電力ケーブルの接続 (5名)

ディーゼル発電機の保守管理 (4名)

実施者： ヨルダン電力公社 (NEPCO) 電気トレーニングセンター (ETC)

期 間： 2009年10月～11月の3週間（溶接コースは6週間）
 対象者： イエメン電力公社（PEC）の実務者で、以下の要件を満たすもの
 PECの職員で、PECの推薦するもの
 当該分野について、最低3年間の実務経験があること
 年齢が45歳以下のもの
 研修を完遂するため、心身ともに健康であること
 兵役中でないこと

(2) 有償資金協力

「イ」国に対しては、平成16年度及び20年度に債務救済措置が実施されており、その他の有償資金協力は実施されていない。その詳細は以下のとおりである。

年度	金額 (億円)	概 要
平成20年度	約18.49	今回の債務救済措置（債務免除方式）は、1978年の国連貿易開発会議（UNCTAD）における貿易開発理事会（TDB）決議を受けて、我が国が国際協力銀行（JBIC）の円借款債権を放棄するものである。
平成16年度	約64.17	本件債務救済措置（債務免除方式）は、1978年の国連貿易開発会議（UNCTAD）第9回特別貿易開発理事会第3回会期で採択された決議第165号に基づき、JBICが保有する同決議の対象となる円借款債権を放棄するとの我が国政府の方針に従って行われるものである。

出典：外務省 HP

1-4 他ドナーの援助動向

(1) GTZ

【地方における電力サービス向上プロジェクト】

「イ」国の特に地方部においては、住民は信頼性の高いエネルギーの供給を受けておらず、また「イ」国政府は地方の電化に取り組んでいるが、安価で信頼性のある電力サービスを供給するための資源が不足していることを受け、当該プロジェクトは、分散型の電力サービスを地方部で供給する戦略を立案し、同時に関係アクターに戦略を周知することを目的としている。

主に再生可能エネルギー資源を用い、パイロットプロジェクトを実施して、さらにその経験から得られた社会的受容、経済効率、対象住民のコミットメントをベースに戦略を構築する。また、普及に向けてのファイナンシャルモデルを構築する。

GTZ は技術支援を実施し、世界銀行、イスラム開発銀行、AFD（フランス）等からのローンを活用して、2万世帯にSHSを設置することを目標とする。

実施期間：2005年4月—2008年7月

援助先機関：電力エネルギー省

出典：世界銀行HP

(2) 世界銀行

【電力セクタープロジェクト】

電力需要の伸びに対して老朽化した設備による供給力が追いつかない状況を解消するため、発電容量の拡大と送配電の更新による損失の削減を図るプロジェクトである。以下のコンポーネントにより成り立っている。

発電（18.9百万米ドル）：

アデンのAl-Hiswa発電所にボイラーを追加し、発電量を160GWh増加させる計画

送電（35百万米ドル）：

送電線と変電所の新設、既設変電所の増強を行う計画

配電（23.8百万米ドル）

アルミ・銅の電線、その他各種配電機器の調達を行い配電エリアを拡大する計画

損失削減（2.1百万米ドル）

技術的損失削減のためにメーター、分析器等新規電力機器を調達する計画

プリペイド・メーターのパイロットプロジェクト（0.16百万米ドル）

料金回収の向上と利用者の便を図るためのプリペイド・メーター導入のパイロット

実施期間：2006年7月—2011年12月

援助先機関：PEC

【再生可能エネルギーによる地方電化】

2006年の改定電力セクター開発戦略における地方電化推進方針、2008年に閣議決定された地方電化政策、貧困削減のための社会経済開発計画2005-2010におけるインフラ開発の必要性を受け、国際開発協会（IDA）を中心として地方部におけるソーラーホームシステム（SHS）の普及を図るプロジェクトである。現在の地方部の世帯電化率20%を30%まで上昇させることを目標としている。同時に、可能な地域では送電網の延長による電化と、LPGの普及促進も目指している。

実施期間：2009年8月—2015年6月

援助先機関：地方電化庁（GARE）

(3) 国連開発計画

【CDMのためのキャパシティディベロップメント】

政府・民間セクター双方において持続的なエネルギープロジェクトの推進を図ること、及び CDM プロジェクトに取り組むための制度的フレームワークと手続きの構築を行うため、「イ」国 EPA (Environmental Protection Authority) の制度的能力強化を図ることを目的としたプロジェクトである。

実施期間 : 2006年2月—2007年1月
援助先機関 : EPA (Environmental Protection Authority)
事業費 : US\$ 120,000

【気候変動枠組み条約 Second National Communications 作成のための能力強化】

本プロジェクトでは、温暖化ガス排出インベントリー作成、温暖化ガス排出抑制対策立案、温暖化による影響評価と適応策検討、Second National Communications 作成を通じて、条約への持続的対応能力を強化するとともに、国内の温暖化問題への理解を促進する。

実施期間 : 2007年1月—2008年12月
援助先機関 : EPA (Environmental Protection Authority)
事業費 : US\$ 247,700

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

本計画の実施に当たっては、主管官庁である計画国際協力省が中心となり、実施機関である保健人口省及び、支援機関である電力エネルギー省（以下、「電力省」）及び電力会社との調整を行う。アルワヒダ病院（Al Wahda Hospital）は、事業の実施場所としての位置づけとなる。

(1) 上位官庁

計画国際協力省（以下、「計画省」）の組織は数のおりとなっており、本プロジェクトを統括するのは国際協力部・アジア・オーストラリア局である（図中、破線囲み。以下同様）。

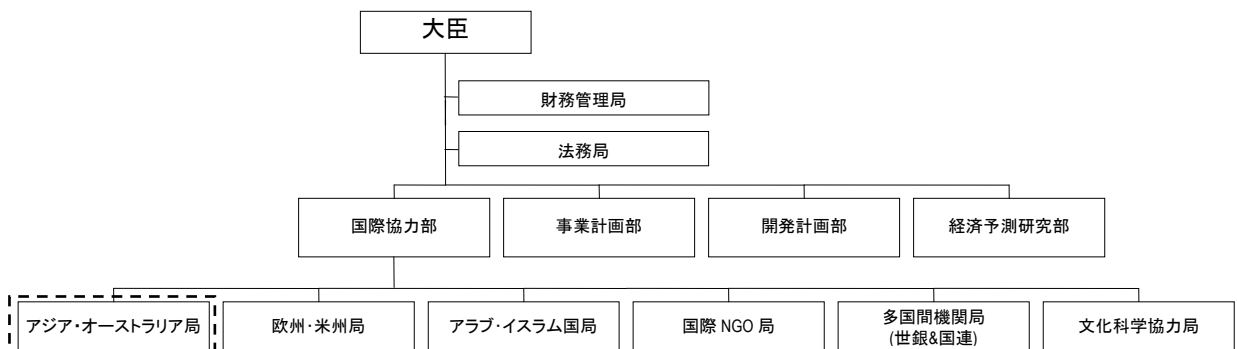


図 2-1-1-1 計画国際協力省の組織図

(2) 事業実施機関(保健人口省)

保健人口省（以下、「保健省」）の組織は下図のとおりである。本プロジェクトの担当は、医療部門である。アルワヒダ病院は、保健省が直接運営を行っているわけではなく、運営は州政府からの補助等を受けながら自律的に行われている。

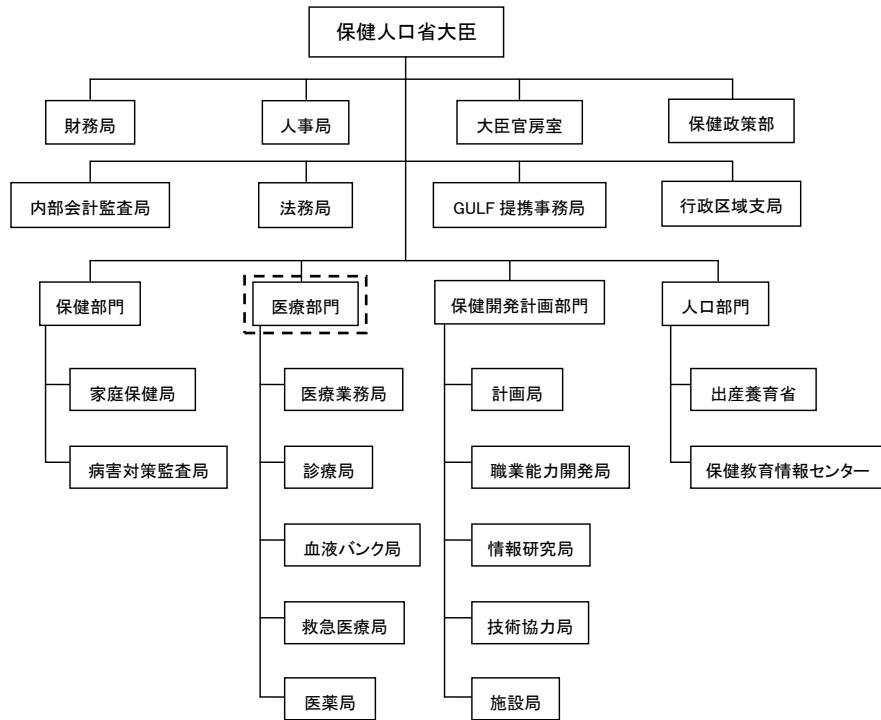


図 2-1-1-2 イエメン国保健人口省の組織図

(3) アルワヒダ病院

組織と職員

アルワヒダ病院 (Al Wahda Hospital) の組織とそれぞれの機能は以下のとおりとなっている。診療科としては、外来 (内科、歯科、皮膚科等含む)、産婦人科、小児科、救急産科があるほか、腎臓科の建物建設がほぼ完了し、2010 年中には開設する予定となっている。

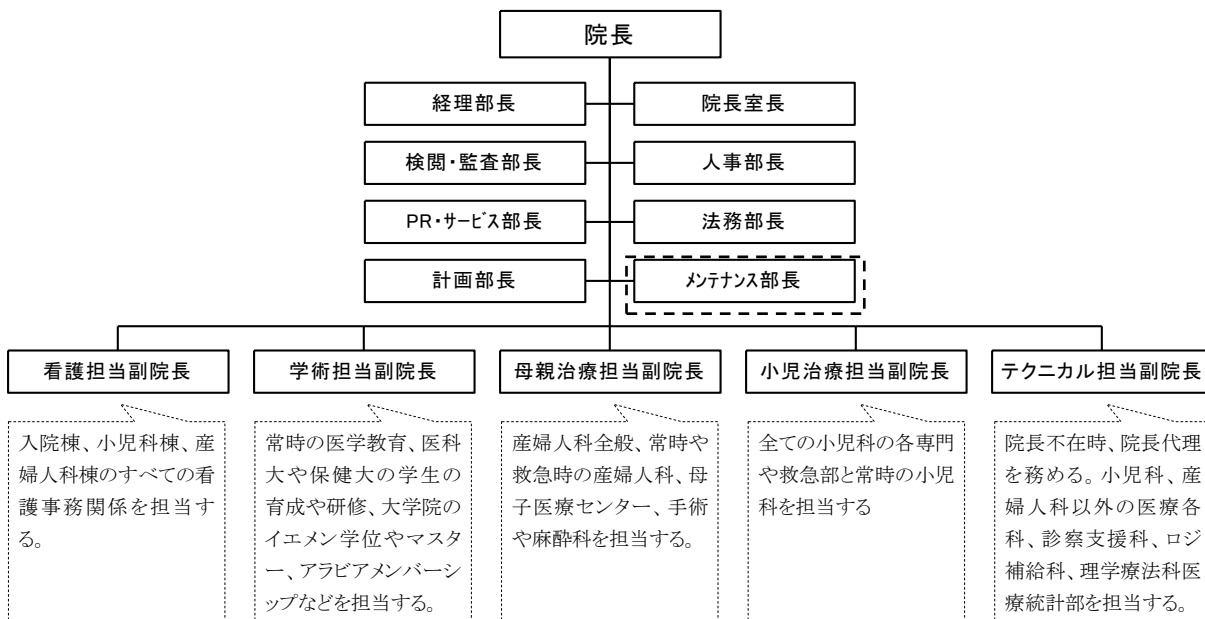


図 2-1-1-3 アルワヒダ病院の組織図

表 2-1-1-1 アルワヒダ病院の職員数

専門	人数	割合
医師	180	21.4%
歯医者	3	0.4%
薬剤師	10	1.2%
看護師	284	33.8%
保健師や助手	97	11.5%
経理と事務	56	6.7%
技術師	211	25.1%
合計	841	100%

また、アルワヒダ病院は、「教育病院」としての役割も担っており、以下のような医科大からのスタッフや学生を受け入れている。

表 2-1-1-2 アルワヒダ病院における外部職員数

所属	人数
医科大教育スタッフ	38
看護ボランティア	6
清掃業者	40
給食担当者	10
警備、捜査及び住民課	35
医科大の学生	194
栄養科大の学生	100
合計	423

病院施設と管理体制

病院内の施設配置は以下のとおりである。



図 2-1-1-4 アルワヒダ病院内施設の見取り図

施設の警備については、常時2名体制で24時間警備を行っている。

サービス

参考まで、病院における患者等の数は、2007年度で以下のとおりとなっている。

表 2-1-1-3 2007年度にアルワヒダ病院で診療等を受けた患者数

	患者数
産婦人科外来	2,522
産婦人科救急	6,844
産婦人科入院	7,453
出産数	5,488
産婦人科大手術数	986
小児科外来	12,809
小児科救急	39,062
小児科入院	2,958

出典：アルワヒダ病院資料

2-1-2 財政・予算

アルワヒダ病院は、2007年より病棟のリノベーションを行っており、各建物の半分を閉鎖した状態で運営を行っているため、ここでは2006年の収支状況を示す。病院の収入は患者からの診察料と国から助成（保健省が予算を確保し、財務省から州政府を經由して支給される）によっている。支出は、サービス提供に直接関連する変動的なものと固定的なものに分けて整理され、前者はサービス料収入、後者は財務省助成とバランスするように整理される。一方、これ以外に、職員給与は労働・サービス省から、電力水道料金は地方政府からの財政的支援があるほか、地方政府が地域の必要性を考慮して病棟を建設する場合などもあるようで、アデン、ラヘジ、アビエンの3州における唯一の小児科を持つリフェラル病院として、地域からの支援も受けている現状である。

表 2-1-2-1 アルワヒダ病院の収支状況(2006年、調整後)

支出		収入	
管理部費用(5%負担)	18,183,230	初期検診費収入	6,469,800
人件費(40%負担)	839,150	専門医検診費収入	849,400
35%負担項目		入院費収入	3,078,400
広告費	158,796	手術費(大)収入	5,329,900
通信費	86,876	手術費(小)収入	3,277,600
薬品、消耗品	251,670	出産費収入	2,461,000
事務用品	646,430	輸血費収入	3,416,750
医療機器維持管理費	336,930	検査費収入	2,168,920
車両維持管理費	417,075	レントゲン費収入	1,033,500
燃料費	28,050	顕微鏡検査費収入	477,900
車両スペアパーツ	285,065	器械使用料収入	2,296,800
20%負担項目		心臓検診費収入	309,500
管理部ボーナス	89,725	脳検診費収入	354,750
その他支出	8,560,485	自然療法収入	452,000
給与・手当等	2,580,610	歯科治療収入	6,500
派遣費	158,600	インターネット使用料収入	6,000
内部派遣費	256,000	団体健診収入	596,800
手数料	134,500	その他	874,010
食事・被服費	169,760		
合計	33,182,952	合計	33,459,530

単位：イエメンリエル

2-1-3 技術水準

本計画の対象となるアルワヒダ病院は、受変電設備・ディーゼル発電設備等の既設電気設備を管理するメンテナンス部に豊富な実務経験を有する技師が常駐している。これらの技師により太陽光発電設備の日常的な運用は可能であるため、新たな要員配置なく体制を整えることができる。

しかし、アルワヒダ病院の技師は、経験的に設備やその管理手法を把握しているものの、例えば図面等を利用して設備を把握したり管理記録を文書で残したりといった管理手法には慣れていない。また、「イ」国の電力供給を担い太陽光発電設備が連系する系統を管理する PEC は、「イ」国で再生可能エネルギー等の系統連系に関する制度が未整備、また、太陽光の系統連系は初の事例でもあり、事故対応を含めた設備運用の経験がない。

本計画では、PEC を含むアルワヒダ病院技師等に対して、日本側技術者からの効果的な技術的支援を行うことにより、プロジェクトの実施に必要な技術力が確保されるものと思われる。

現時点で支援が必要と考えられる主要な事項としては、以下のようなものが考えられる。

- ・太陽光発電設備に対する基礎知識と設備計画の考え方
- ・太陽光発電設備の具体的な運転・維持管理方法
- ・保守用道具の取扱方法
- ・長期的に予想される設備上の課題と対応
- ・発電設備の運転・維持管理作業を着実にを行うためのマネジメント手法
- ・発電設備を維持していくための組織的・財務的なマネジメントの考え方

2-1-4 既存施設・機材

(1) 当該施設の電気設備の現状

アルワヒダ病院には、主に以下の建築物が整備されている。

A：本館	小児科ほか総合病棟、地上7階建
B：管理棟	管理棟、外来、歯科、レントゲン、エコー室等、平屋一部2階建
C：管理棟	ラボラトリー、薬剤、平屋建
D：産婦人科棟	地上4階建
E：腎臓科棟	2010年開業予定、地上3階建
F：メンテナンス棟	平屋建
J：変電器室2（電気室）	平屋建、ディーゼル発電機室を兼ねる
L：変電器室1（電気室）	平屋建

当該施設の既設電気設備は、30年以上前の設備（ロシア製）により基本システムが構成されており、一部の変圧器が2008年に更新（韓国製）されている。既設設備の完成図書は、システム全体の単線結線図等基本的な図面が保管されてなく、また設備の多くの部分で変更・改造がされており、その記録は、サイトエンジニアの記憶に頼っているのが現状である。以下に病院の受電システムの概要を示す。

本対象病院は、施設敷地内の2つの電気室に11kV/400V系の変圧器4台を設置し、系統から電力を受電している。各電気室は2台の変圧器と1台のLow Voltage Panel（LVP）があり、一方の変圧器が故障/停電した場合は、LVP内の開閉装置を操作することでお互いの電力を融通できるシステムである。ただし、この開閉装置は現在、故障している。

各変圧器から主なビル分電盤へは、複数のケーブルで配線されており、設備トラブルおよびメンテナンス等に備えた電源の2重化が行われている。例えば、主病棟（A2）の場合、変圧器2および変圧器3からそれぞれ各1本配線されており、必要に応じビル内分電盤で電源（変圧器）切替可能な設計コンセプトである。ただし、設備の運用実態は、設備の老朽化および遮断器破損・ケーブル容量不足等の各種問題を抱えている。

病院内の主要設備配置図を図2-1-4-1に、受電システムの概念図を図2-1-4-2に、変圧器の概略仕様を表2-1-4-1に示す。

非常用ディーゼル発電機は 1 台（容量 500kW）設置されている。この非常用発電機は、主に A 棟（主病棟）、ビル D（産婦人科）、ビル F（メンテナンス棟）に給電可能である。B 棟（事務棟）へはディーゼル発電機からの給電されていない。

表 2-1-4-1 変圧器の概略仕様および消費電力

	変圧器 1	変圧器 2	変圧器 3	変圧器 4
設置場所	第 2 電気室	第 1 電気室	第 1 電気室	第 2 電気室
容量	1000kVA	1000kVA	630kVA	630kVA
製造年	2008 年	2008 年	1975 年以前	1975 年以前
製造国	韓国	韓国	ロシア	ロシア
備考			近日中に取替え予定	近日中に取替え予定

なお、電力計は、上表の各変圧器に設けられているが、2008 年における使用電力の合計値は 2,063,949kWh となっている。

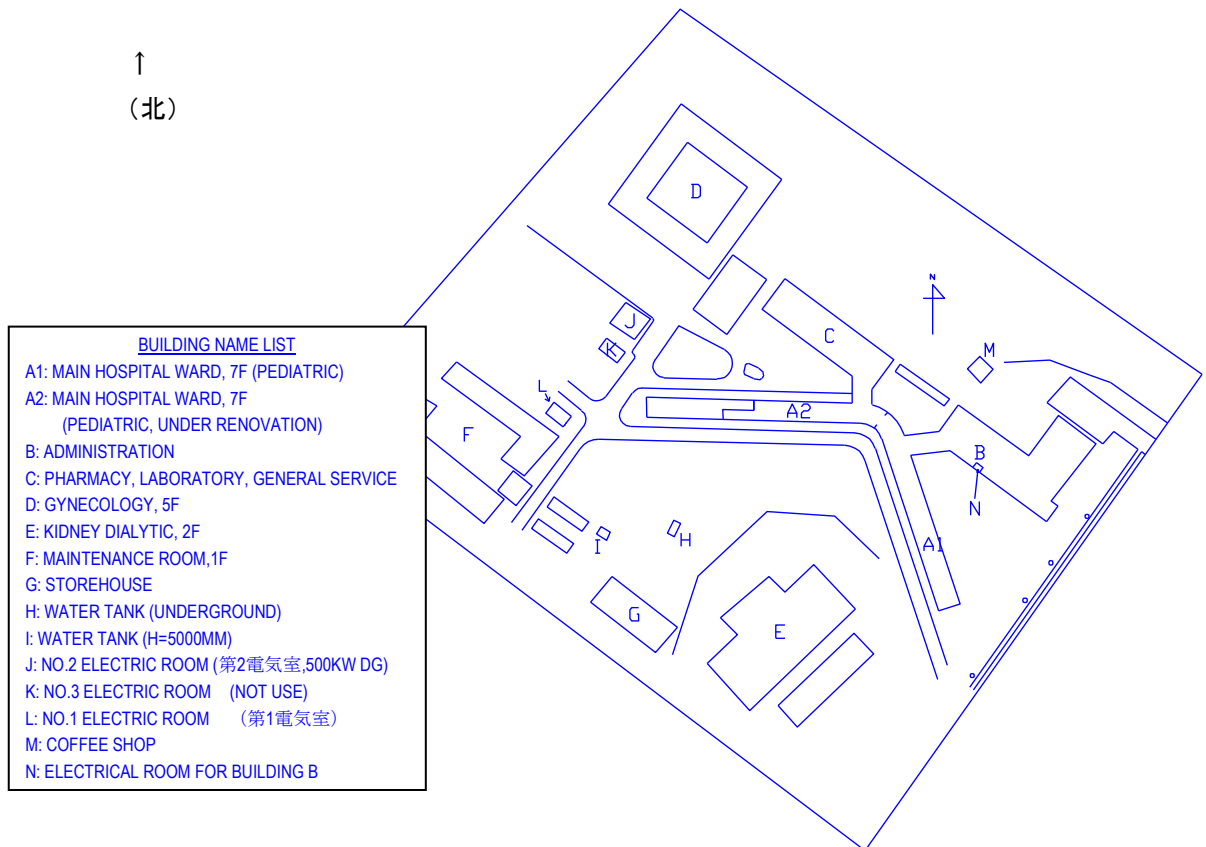


図 2-1-4-1 病院内の主要施設配置図(既設)

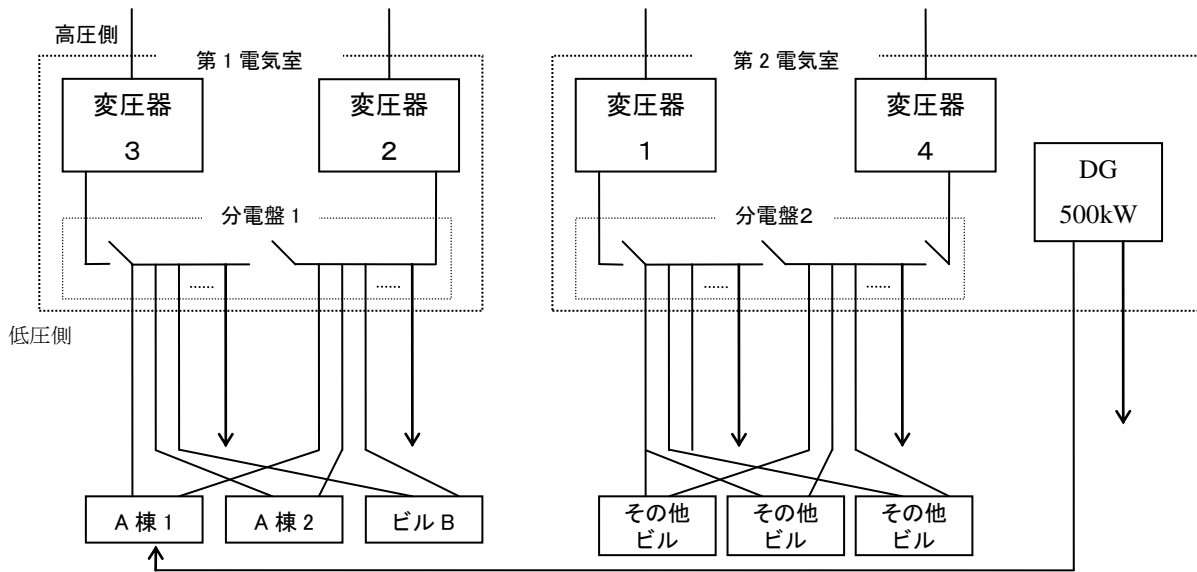


図 2-1-4-2 受電システム概念図

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) 当該地域の電力供給の状況

「イ」国では電力供給力が不足している。また、送電線、遮断機などの電力設備が老朽化しており、これらの理由から、全国的に停電が頻発する状況にある。供給不足となっている電力量は非常に大きく、停電時間も長い。電力供給の状況を以下の表 2-2-1-1 に示すが、不足量は需要の 15%と試算され、日 2 時間程度の停電が発生していることになる。

前述のとおり、当該施設では停電時の対策として非常用電源を置いているが、病棟の中でも事務所と外来診察室のある B 棟には接続されていない。その為、診察や病院事務業務に支障をきたしている。

以上の状況を背景として、病院側からは、停電時にも電力供給ができる設備の設置について強い要望が寄せられた。この要望に基づき、本事業で調達する太陽光発電設備には自立運転機能を付加する方針とする。

表 2-2-1-1 イエメン国における電力供給状況(2009年6月)

項目	停電状況	備考
電力需要	573.1 GWh	
供給電力量	488.8 GWh	
不足電力量	84.3 GWh (電力需要の約 15%)	輪番停電、事故などによる不足電力量
需要家口数	1,340,000 口 (人口 2,240 万人)	
需要家一軒あたりの不足電力量	需要家一軒あたりの毎日の平均電力使用量は、14.3kWh となるが、そのうち約 15%にあたる電力(2.1kWh)が不足している。	需要家一軒あたりの毎日の不足電力量、2.1 kWh は、平均需要家の規模を1kW とすると、毎日 2 時間停電していることになる。

出典：PEC 提供データに基づき調査団作成

また、「イ」国においては、電力公社が供給する電力はすべて化石燃料を一次エネルギーとして発電、供給されている。本設備で発電した電力は、逆潮流が許されていないため一部のロスが生じる可能性があるが、所内で消費された電力分はすべて化石燃料の消費削減に貢献する。

(2) 港 湾

アデン市には大型船が接岸できる港がある。港の規模としては、14.8km×5.6km、深度 5m～16m と最大 5 万トンの船を収容できる能力を有する国際港である。最大クレーン荷揚げ能力は 50 トンであり、今回想定される最大コンテナ重量を十分に満足する能力を有する。

「イ」国内で外国からの幹線が就航するのはアルホデイダであり、日本からアデンへの海運は、一旦アルホデイダで内航船に積み替えられ、その後アデンで陸揚げされることとなる。

しかしながら、アデン港は国内で最も貨物船立寄りの多い港であり、ガントリークレーンを持つコンテナターミナルが整備されていて、コンテナ貨物の荷揚げには問題はない。

(3) 道 路

アデン市の主要道路は、アスファルト舗装で 2 車線道路が主である。アデン港から対象施設までの距離は約 10km であり、道路の舗装状態は良好である。病院近くの主要道路は時間帯により大型車の通行が規制されており、施工時は配慮が必要である。

(4) 水 道

アデンにおける上下水道事業は、他の大都市と比較して、水道整備率、人口ひとりあたり水消費量ともに高く、「イ」国内においては恵まれた環境にある。

(5) 通 信

「イ」国では一般的に電話屋での国内・国際電話サービスと携帯電話サービスが普及しており、国内のほぼ全域で利用可能である。携帯電話は複数の電話会社がサービスを提供しており、テレフォンカードで料金をチャージするプリペイド方式と基本料金を払う方式がある。

インターネットは国営の Yemen Net が独占しており、ダイヤルアップ及び 512kb の ADSL が利用可能である。電子メールの送受信は可能であるが、一部のサイトは規制が掛かって閲覧を制限されている場合があり注意が必要である。

2-2-2 自然条件

(1) 計画地の位置、地質・地形等

計画の対象サイトであるアルワヒダ病院は、「イ」国の第二の都市アデン州に位置する。アデン州は紅海につながるアデン湾に面しており、古くから海上交易の要所の港湾都市として栄えてきた。アルワヒダ病院はアデン国際空港から北に約 7km の地点に位置し、約 300m×300m 程度の平坦な土地に建設されている。敷地周辺はコンクリートブロック製の外壁に囲われている。本計画の太陽光発電所は、敷地の南側の空き地に設置を予定しており、敷地地盤は概ね平坦である。

(2) 気象条件

アデン州は年 30mm 程度の少量の降雨量となっている。海岸部からのモンスーンの影響で年間を通じて高温多湿であり、5月から10月にかけては最高気温が 40度前後まで上昇する。

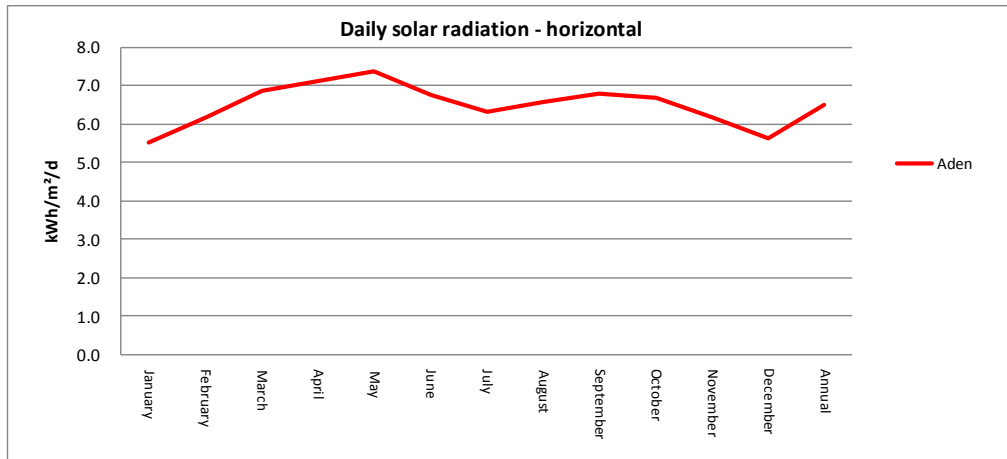
サイトの存在するアデンの自然条件は、以下のとおりである。

表 2-2-2-1 アデンの気象条件

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
気温℃												
最高	29.3	29.8	31.7	33.0	39.6	41.8	39.7	37.8	37.5	35.5	32.0	31.0
最低	22.0	20.0	17.3	21.0	24.0	27.0	26.0	26.0	25.8	23.5	20.0	23.0
平均	25.7	25.9	26.5	28.1	31.4	32.7	32.3	31.7	31.9	29.4	26.8	27.4
湿度%	57	47	58	58	49	53	49	50	50	62	62	62
降雨 mm	3	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	11
風速 m/s	12.4	12.9	10.4	9.7	8.6	6.6	12.1	13.0	9.8	11.1	8.4	10.9
風向	E	E	E	E	SE	SE	SW	SW	SW	E	E	E

日射量については実測データがないが、カナダ環境省の Retscreen ソフトウェアによると5月が 7.36 kWh/m²/day ともっとも高く、1月には 5.51 kWh/m²/day と低くなる。年間の平均は 6.49 kWh/m²/day と、豊富な日射量に恵まれている。…………… 出展：RETScreen

図 2-2-2-1 にアデン市内の月別平均水平面日射量を示す。



出展：RETScreen

図 2-2-2-1 アデン市内の月別平均水平面日射量

(3) 地震

アデンはアフリカプレートの境に位置しており、2007年にアデン湾でマグニチュード6.3の地震が発生している。このため、本計画で調達・据付する構造物の設計には地震対策を配慮する必要がある。

(4) 塩害

アルワヒダ病院は、海岸から約1kmの所に位置しており、塩害対策を考慮する必要がある。

2-2-3 環境社会配慮

本プロジェクトで設置が計画される太陽光発電設備は、その特性として、発電に伴う騒音、振動、排気ガス、廃液、廃棄物などを発生しない点があげられ、代表的なクリーンエネルギーとして位置づけられている。したがって、施設完成後の操業段階に伴い考慮すべき環境社会に及ぼすマイナス面の影響は基本的にはないと考えられる。また、本プロジェクトでは、第3章で詳述するように、系統連係に加え、停電時に施設内の一部負荷に対して電力を供給できる「自立運転」を採用しているが、その場合でも蓄電池は設置しない設計としている。これは、使用後に廃棄される蓄電池に含まれる鉛などの成分が環境におよぼすマイナスの影響を配慮したためである。

一方、施設建設段階については、工事に伴い環境社会へマイナスの影響を与える恐れのあるものがいくつか想定される。工事車両、建設機械の使用に伴う騒音、振動、排気ガスの発生、それら車両・機材の走行や作業に伴う事故のリスクなども工事期間に限定されるが、想定すべきものとされる。また、工事に伴う廃棄物は、量的に限られたものであり、著しく危険なものではないものの、確実に発生すると考えられ、その搬出や処理の方法によっては、環境社会に影響を及ぼすものとなる。

プロジェクトサイトとなるアルワヒダ病院は、アデンの市街地に位置する規模の大きな総合病院であり、周囲を塙で囲まれた独立した敷地に多くの病棟が建てられている。太陽光発電設備の設置される敷地は、病院本館南側の現在空き地になっている部分であるが、いくつかの病棟が隣接しており、それら病棟内の患者や職員に与える上記の如き建設工事期間中に発生が想定されるマイナス面の影響は少なからぬものである。また、当該病院は、入院患者やその家族に加え多くの外来患者も来院するため、病院敷地内への外部からの人の出入りが非常に多く構内工事車両の事故や施工現場などの危険な地域への侵入への配慮も必要である。更に、外部への影響としては、一時的ではあるが、資機材や建設機械の搬入のための運搬車両の建設現場内への出入りが活発となり、周辺の道路交通の妨げとなるようなケースが想定される。

これら、建設工事期間中の影響を最小限に抑えるためには、施工者による適切な緩和策が、施工計画案として整えられ、その後の施工管理において実行されることが求められる。また、病院職員、患者、周辺住民などへ工事計画や日程を周知させ理解を促すこともマイナスの影響を周囲に与えないための重要な対策である。また、具体的な安全対策としては、仮設の防護柵の設置、保安要員の配置などを十分に行うことが施工者に求められている。なお、施設完成後も部外者施設内に立ち入り電気設備に不用意に触れることで感電事故が発生する危険性があるため、発電設備の一部として外部からの侵入を防ぐためのフェンスを設置して安全を確保する計画となっている。

協力準備調査開始に当たりカテゴリCに分類されていた本プロジェクトについて、現地調査では、カテゴリ分類の確認を目的としたスクリーニングを行った。その結果を示すべく本プロジェクトによる環境社会配慮面での影響につき JICA のガイドラインに示される対象範囲に則り以下の通り一覧する。

表 2-2-3-1 環境社会影響項目に関する検討結果

項目	プロジェクトによる影響	対応策
大気汚染	該当無し。	
水質汚濁	該当無し。	
土壌汚染	土工事段階の掘削作業に伴い地中の有害な医療廃棄物が掘り起こされる可能性あり。	医療廃棄物が対象サイトの地中に投棄されていないことを確認する。
廃棄物	工事に伴い若干の建設廃材が発生するが、完工後の廃棄物発生は無い。	
騒音・振動	工事に伴う作業音、工事用車輛の通行に伴う騒音・振動が発生する。	医療活動や入院患者への影響を最小限とすべく適切な施工計画を策定する。
地盤沈下	該当無し。	
悪臭	該当無し。	
地形・地質	該当無し。	
底質	該当無し。	
生物・生態系	該当無し。	
水利用	該当無し。	
事故	工事期間中の車輛の進入による歩行者との交通事故および完成後の感電事故などの危険性。	工事期間中から十分な安全対策を実施して、完成後の感電事故は防護柵の設置で回避する。
地球温暖化	緩和策の一部として貢献。	
非自発的住民移転	該当なし。	
地域経済(雇用・生計手段)	該当なし。	
土地利用・地域資源利用	受益者である病院が所有する土地での実施であり該当無し。	
社会関係資本・地域の意思決定機関等の社会組織	該当無し。	
既存社社会インフラ・社会サービス	該当無し。	
社会的弱者(貧困層・先住民族・少数民族)	該当無し。	
被害と便益の偏在	該当無し。	
地域内の利害対立	該当無し。	
ジェンダー	該当無し。	
子どもの権利	病院内への子どもの立ち入りが多いため、上記「事故」における被害者となる危険性が高い。	十分な安全対策の実施。
文化遺産	該当無し。	
HIV/AIDS等の感染症	該当無し。	

上記の通り本プロジェクトによる環境社会面への影響の多くは、太陽光発電設備の設置工事段階にのみ発生するものであり、事業実施段階に適切な対策を講ずることによって本プロジェクトの実施が重大かつ長期的な影響を与え続けることは避けられると考えられる。そのため、本プロジェクトをカテゴリーCに分類することが現地調査段階でも妥当であると判断された。

「イ」国では、水環境省環境保護庁が各案件の環境影響評価を主管する立場にあり、関連する法規は、「環境保護法（1995年）」に定められている。同法によれば、原則として環境にマイナスの影響を与えることが想定される全ての活動が、環境影響評価の対象となり、公共事業についても例外ではない。本プロジェクトの現地調査においては、第1次、第2次の現地調査に際して環境保護庁との協議の場を持ち、本プロジェクトの事業内容につき調査段階に応じた情報を提供して説明を行った。その結果、本プロジェクトで設置が検討される太陽光発電がクリーンエネルギーである点、事業規模が比較的小さい点、太陽光発電設備の設置場所が受益する施設の敷地内であることなどから環境社会配慮面での影響は限定的との理解を得るにいった。更に JICA としてのカテゴリー分類について上述のスクリーニング結果をもとに説明し、プロジェクト実施に当たり環境影響評価に関わるいかなる手続きも条件としないことが環境保護庁と調査団の間で確認された。

2-3 その他(グローバル 이슈等)

二酸化炭素をはじめとする温暖化効果ガスの排出による地球温暖化は気候変動の主要因として考えられ、全世界的な問題と捉えられている。特に国連の気候変動枠組み条約締約国会議がスタートしてからは、先進国のみならず、発展途上国の協力なしには温暖化に寄与する二酸化炭素の削減はできないという認識で一致している。

太陽光発電は二酸化炭素排出削減の手段としてたいへん有効であり、また、近年その価格が高騰している石油を消費せずに発電できる。したがって、特に発展途上国においては、追加的な電力の確保と二酸化炭素排出の削減を、コストの安定したエネルギー資源で実現できるため、グローバルコミュニティにおける貢献と国内の開発を両立させることが可能となる。

本計画は、「イ」国が日本のクールアース・パートナーシップに賛同してスタートしたものであり、その目的である「イ」国の発展と地球温暖化防止という全地球的な問題解決の双方に寄与することが期待される。

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

本計画は、イエメン国アデン市のアルワヒダ病院に 300kW の太陽光発電設備を建設し、発生した電力により当施設の電力需要の一部を賄うものである。「イ」国における系統電力の一部を再生可能エネルギーに代替することにより、同国の化石燃料への依存度と当該公共施設の電力料金負担の軽減を図り、温室効果ガスの削減と経済成長の取り組みの両立を目指す取り組みを支援する。発電設備は、系統連系の方式で電力供給を行うが、余剰電力を系統に送り出す「逆潮流」は実施しない。また、系統の停電時は系統連系を切り離した上で手動で再起動して施設内の一部負荷に対して電力を供給できる「自立運転」が可能なものとする。

本計画は、環境プログラム無償事業として実施され、機材の調達と現地での据付工事の契約については、日本業者を対象とした入札が行われる。発電設備のうち、太陽電池モジュール、パワーコンディショナは日本製を調達する。基礎等の土木工事、太陽光モジュールの据付、電気工事等は、上記入札を落札した日本企業が自ら管理を行いながら、受け入れ国の民間企業を雇用して実施することを想定する。

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

3-2-1-1 設計方針

本計画は、アデン市のアルワヒダ病院において、系統連系太陽光発電設備（300kW）の調達・据付を行うものである。

アルワヒダ病院は、特定病院（referral hospital）として、規模が大きく周辺の州からも患者が集まる、「イ」国南部の中心的な医療機関のひとつである。特に気温の高いアデン市にあるため、医療施設として不可欠な空調設備による昼間の電力需要が大きく、太陽光発電設備による電力供給に適した施設である。したがって、気候変動の緩和策として再生可能エネルギー設備を設置することは、非常に効果的かつ有意義な事業となる。

本計画で調達する設備の容量については、計画対象病院内の現在の消費電力および改装中の主病棟の消費電力等を考慮する計画とし、設備の配置は、他国や援助機関による援助計画と重複せず、計画対象施設の将来の土地利用計画等を考慮し対象施設の同意を得た、適切な配置とする。

本計画で調達する設備は、「イ」国電力公社 PEC (Public Electricity Corporation) の電力系統への連系を前提とするが、PEC では初めての取り組みであり、かつ、現状では再生可能エネルギー発電設備等の系統連系に関する制度は未整備である。PEC は、本計画の系統連系に関する技術的説明を正しく理解し、連系自体には問題はないが、余剰電力を電力系統に送り返す逆潮流¹ については制度面の不備も含め現時点では対応が難しいとの判断を下した。したがって、太陽光発電設備が発電した電力は対象施設内の負荷で消費し、発電電力と施設内負荷との需給バランスにより余剰電力が発生しそうな場合は、太陽光発電設備の出力を制限し余剰電力が系統に流入しない設計とする。

また、電力系統が停電した時には、太陽光発電設備も一旦停止した後、所定の確認を経て、系統連系を切り離れた状態で太陽光発電設備から当該施設内の一部負荷に給電する設計とする。これは自立運転機能と呼ばれ、停電時用に当該施設に設置されている非常用電源（ディーゼル発電機）が、容量不足等を理由に管理棟に接続されていないため、管理棟への停電時電力供給に対する強い要請があったため採用したものである。

しかし、系統停電時の自立運転での供給先は、気象条件により出力が変動する太陽光発電の特徴（不安定電源）を考慮し、安定電源を必要とする重要負荷、とりわけ人命に関わる重要負荷² には供給せず、エアコン・照明等の一般負荷へ供給することとする。

3-2-1-2 物理的(自然)条件への対応方針

(1) 温度・湿度条件に対して

2-2-2 節で述べた通り、アデン州は年間を通じて高温の地域であり、サイト地のアルワヒダ病院は海岸から約 3km 程度に位置するため、塩害等への対策も必要となる。

本計画で調達される太陽光発電用パワーコンディショナは、空調付きのコンテナ式キュービクル内に据付ける計画であるので、当地の外気温に対して特別な対策を講じる必要はない。

コンテナ式キュービクルの屋内温度の設計に当たっては、太陽光発電用パワーコンディショナ等半導体部品が多用されているため、空調を設置し、設計温度は 27.5°C とする。特に、密閉された盤内の湿度に対しては、気温差による結露を防止するために、スペースヒータの採用を検討する。屋外設備は最高温度 41.8°C とし設備の機能が確保できるように配慮する。また、コンテナ式キュービクルおよび屋外自立盤の保護等級は IP54 相当とする。

さらに、海岸付近に敷地に建設される太陽電池モジュール用架台・接続箱は、塩害の影響を考慮した設計（架台本体は HDZ 55:JIS H 8641 または同等の基準に従うもの、接続箱は

1 発電設備の設置者の構内から電力系統側へ向かう電力潮流のこと。

2 人工呼吸器等の生命維持装置等

ステンレス製) とする。

(2) 落雷に対して

サイト関係者に対するヒアリング結果では、落雷による停電は殆どなくサイト周辺は雷の多発地帯ではないと判断する。

本計画の落雷に対する対策は、太陽電池アレイの高さが2 m 程度以下と周辺建物に比べ低く、設置場所が街の中心地域であることより直撃雷の可能性は低いと考えられるため、誘導雷による対策を行う。具体的な誘導雷対策として、接続箱およびパワーコンディショナに避雷器を設置する。

(3) 降雨・風速について

降雨・風速については特別な対策を講じる必要はない。

(4) 地震について

アデンはアフリカプレートに位置しており、アデン湾でも過去にマグニチュード 6.3 の地震が発生している。本計画では、同地震力を考慮した設備の安全性を確保することとし、設計条件として水平震度 0.25G を採用する。

3-2-1-3 施工に関係する地域的条件への対応方針

「イ」国内において、省庁および公社などが発注する公共工事の調達に関しては、「イ」国内の全ての業者に参入する資格がある。本計画のような大規模な PV 発電設備工事は「イ」国内において過去に例がなく、従って類似工事の実績をもつ事業者は存在しない。工事機械に関しては、工事毎に必要な機械類を施工業者はレンタル業者から調達している。建設機械のレンタル業者はサヌア市内に複数存在し、機械類の整備状態は概ね良好である。PV 設置工事に関しては、数 kW 程度の携帯電話網用アンテナや揚水ポンプ用の設備、あるいは学校・病院施設用の設備工事を請け負った業者が存在し、常勤の技師・技術者を雇用している。これらの業者は、小規模の設備においては土木工事・鉄骨工事・設備工事に実績を持ち、施工能力を有することが認められたが、本案件のように大規模な設備を請け負う能力に関しては未知数である。

また、「イ」国はイスラム国のため、建設工期はイスラム教徒の義務の一つ「断食（サウム）」として日中の飲食を断つラマダンを考慮する必要がある。

本計画実施時には工事管理に重点を置く必要がある。発電所建設の敷地は既設病院内であり不特定多数の住民等が容易に建設現場にアクセス可能である。したがって、施工時の安全対策・施工スケジュールは病院側に対し十分に事前説明する必要がある。

3-2-1-4 現地業者、現地資機材の活用についての方針

(1) 現地業者の活用について

本計画において、施設設置工事は、プライムコントラクターの日本企業の管理の下で「イ」国内の工事業者が実施することを想定する。また発電設備の据付工事においても、建設工事用機材及び労務提供を中心に現地工事業者がこれを実施する。主な工種は土木工事（土工事・コンクリート基礎工事等）、鉄骨工事（架台組立等）、設備工事（太陽電池モジュール据付工事）、電気工事（ケーブル敷設等）である。なお、品質管理、工程管理、安全管理、組立／据付指導、試験調整などのためには、「イ」国内の工事業者に経験が不足していると考えられるため、日本または海外から技術者を派遣する必要がある。

現地では大型クレーンの調達が可能であることから、日本から輸送予定の電気室の据付に活用する。また、40 フィートコンテナ等の貨物は現地輸送業者の車両で内陸輸送は可能である。

(2) 現地資機材の活用について

現地では、骨材、セメント、鉄筋などの資機材の基礎工事用材料の調達は可能であるが、太陽電池モジュール、太陽光発電用パワーコンディショナ等の電気設備、ケーブル等の機械・電気工事資機材の調達は難しいと思われる。

3-2-1-5 実施機関の維持・管理能力に対する対応方針

当該発電設備の供用開始後の日常的な維持管理は、施設内の既設電気設備と同様に「イ」国保健省の管理のもと当該施設（アルワヒダ病院）が実施する。当該施設は、受電設備および電気設備を維持管理しており、現在まで長期間に亘り稼動していることから、最低限の維持管理の能力は有していると思われる。しかし、既設設備の管理状況からは、日常点検等を含めた予防保全のあり方に関する知識が不足しているとみられるので、本計画の工事期間中および運転開始後一定期間が経過した後に、日本側技術者より、日常点検、定期点検等の重要性を含めたトレーニングを実施し、必要な予備品、保守用工具および運転・維持管理マニュアルを供与する。更に供用開始後の運転・維持管理体制について提案し、建設された設備のより効果的・効率的な運転が行えるように配慮する。

長期的には、設備の一部部品の交換等が必要となり、費用負担が生じる。そのための費用は、当該施設の単年度予算のなかで確保することが困難な水準となる可能性もある。保健省と当該施設の間で適切な予算確保を行うことが必要であるが、当該発電設備の設置による電力料金の削減効果は上記費用負担を上回ることが期待されるため、当該施設の電力料金を負担している機関においてコスト削減額の一部を積み立てるなどの方法が有効と考えられる。

3-2-1-6 工期・工程計画に関する方針

本計画は、日本の環境プログラム無償スキームに基づき実施されるので、年度の制約は無いものの、極力効率的な運用が求められるものである。また、所定の工期内で完工させ、期待される効果を発現させるためには、日本側工事と受入国側負担工事工程の協調が取れ、かつ輸送ルート・輸送方法、期間、諸手続き等に配慮した工程計画を策定する必要がある。

3-2-2 基本計画(施設計画／機材計画)

3-2-2-1 設計条件

本計画の規模、仕様の策定に当たり、前述の諸条件を検討した結果、下記設計条件を設定する。

(1) 気象およびサイト条件

① 外気温度	41.8°C (最高)
② 電気室内温度	27.5°C
③ 設計相対湿度	最大 95%
④ 設計風速	40.0m/s
⑤ 降雨量	年間平均 50mm
⑥ 地震力	考慮する (水平方向 0.25G)
⑦ サイト条件	
標高	約 2m
地耐力 ³	150 kN/m ²
⑧ その他	
塩 害	考慮する

(2) 適用規格及び使用単位

① 日本工業規格 (JIS)	: 工業製品全般に適用する。
② 電気学会電気規格調査会標準規格 (JEC)	: 電気製品全般に適用する。
③ 日本電機工業会標準規格 (JEM)	: 同上
④ 日本電線工業会規格 (JCS)	: ケーブル類に適用する。
⑤ 国際電気標準会諸規格 (IEC)	: 電気製品全般に適用する。
⑥ 国際標準化機構(ISO)	: 電気製品全般に適用する。
⑦ 電気設備の技術基準	: 電気製品全般に適用する。

3 当該施設で工事実績を持つ現地工事業者からの聞き取り情報であるため、あくまでも参考値とする。

(3) 使用単位

原則として、国際単位系（SI ユニット）を使用する。

(4) 電気方式

① 公称電圧（低圧）	380V：負荷時
② 配線方式	3相4線式（既設設備との接続箇所に限る）
③ 周波数	50Hz
④ 接地方式	直接接地

3-2-2-2 施設配置計画

本計画で整備される太陽光発電設備は、既設アルワヒダ病院敷地内に建設されるので、当該発電設備の運転・維持管理の容易さのみでなく、以下の条件を考慮した配置計画を行う。

- ・ 限られた敷地内で可能な限り太陽光エネルギーを最大限活用できる配置
- ・ 施工の経済性・容易性
- ・ 敷地内の将来の施設新設計画に配慮

以上を満たす箇所について当該施設と協議を行い、最も面積を必要とする太陽光モジュールの設置は、後述する主病棟（A棟）の南側の空き地が適切であるとの結論に至った。当該地への配置を検討した結果、設置できる設備は最大300kW程度であることが判明した。

3-2-2-3 基本計画の概要

前述の基本設計方針及び設計基準、施設配置計画を踏まえた本計画の基本計画の概要は、表3-2-2-1に示すとおりである。

表 3-2-2-1 基本計画の概要

計画区分	計画内容
計画対象	アルワヒダ病院 300kW 太陽光発電所 <ul style="list-style-type: none"> - 太陽光発電設備は系統連系する - 余剰電力の発生を抑制し、逆潮流は行わない - 系統停電時は、自立運転を行い、病院内の一部に電力供給する
発電設備の調達と据付工事	<ul style="list-style-type: none"> ・300kW 太陽電池モジュールの調達と据付工事 ・発電設備に必要な付帯設備の調達と据付工事 <ul style="list-style-type: none"> - 接続箱 - パワーコンディショナキュービクル - 環境計測装置 - 電気室低圧分電盤 - 負荷切替盤(自立運転対応用) - 配線および接地材料 - コンテナ式キュービクル設備 - 太陽電池モジュール用架台基礎およびコンテナ式キュービクル設備用基礎 - 太陽電池モジュール周辺のフェンス・ゲートおよび砂利 - コンテナ式キュービクル設備と接続箱／系統連系点／表示装置／既設負荷間等のケーブル敷設
予備品と保守用工具類の調達等	<ul style="list-style-type: none"> ・発電設備の維持管理に必要な予備品等(第1回本格点検まで)および道工具 ・運転保守マニュアル(OJT用教材を含む)の調達と運転保守ガイダンスの実施

3-2-2-4 機材・設備計画の概要

本計画でアルワヒダ病院敷地内に建設される太陽光発電設備の内容は以下のとおりである。なお、各設備・機器の概略仕様は、表 3-2-2-7、表 3-2-2-8 に示すとおりである。

(1) 基本事項

1) システムの種類

太陽光発電設備は、系統連系形太陽光発電設備・蓄電池なしとする。蓄電池は、先方機関の後年度負担および蓄電池の設備更新時の環境への負荷軽減を考慮し用いない。

2) 系統連系に関する検討

当該国には太陽光発電に関する系統連系基準はないので、本計画では、連系する系統を管理・運用する相手国電力会社と協議する形で検討した。

以下に基本的な考え方を示す。

a) 系統連系の区分・電気方式

本プロジェクトで設置される太陽光発電設備は、低圧需要家の敷地内に設置される。また、敷地内に太陽光発電設備が連系可能な電力会社所有の既設変圧器がある。

地元電力会社等との協議の結果、この既設変圧器の2次側に太陽光発電設備を連系する（低圧連系）事となった。これにより、①高圧連系に比べ、新設変圧器等の高圧電気設備費の抑制②新設変圧器等の高電圧設備設置用スペース・収納建屋が不要③高電圧電気回路改造（工事含）による工期遅延のリスク回避等のメリットがある。

また、電気設備の管理責任境界をまたいでの設備の運用は事故や障害の恐れがあり、日本の電力会社ではしない。図 3-2-2-1 に系統連系の概念図を示す。

太陽光発電設備と既設設備との接続箇所における電気方式は、連系する系統の電気方式と同一とする。よって、3相4線式である。

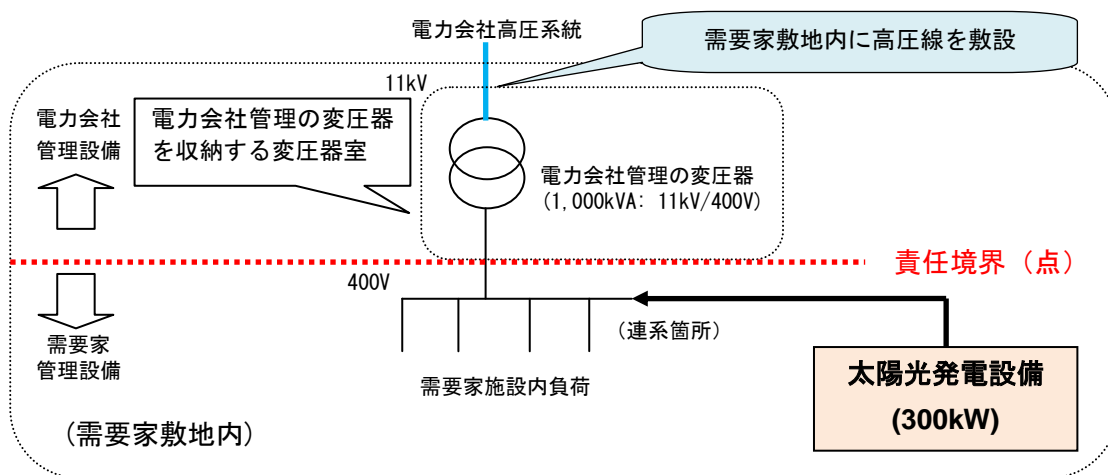


図 3-2-2-1 系統連系の概念図

b) 力 率

太陽光発電設備が系統に連系した場合の力率は、受電点における力率を 85%以上とし、かつ系統側からみて進み力率とならないこととする。また、受電点における力率とは、太陽光発電設備の定常的な運転状態、負荷状態において系統側からみた力率をいう。

c) 高調波

パワーコンディショナからの高調波流出電流を総合電流歪率 5%、各次電流歪率 3%以下とする。

d) 電圧変動

本計画は、太陽光発電設備を系統に連系するため、連系時の太陽光発電設備の出力電圧は、系統電圧に依存する。したがい、系統の常時変動電圧幅が日本に比べ大きい対象国は、可能な限り、系統電圧異常で停止することなく継続運転するため、パワーコンディショナ出力を基準電圧の±10%の幅で連続運転できる仕様とする。

また、太陽光発電設備の解列時の電圧降下は、上位系統の電圧に対し太陽光発電設備の容量が小さいく、連系点も変圧器 2 次側と配電線の距離が殆どないため、許容できる範囲と考える。

e) 保護協調

太陽光発電設備の故障又は連系する系統事故時に、事故の除去、事故範囲の局限化などを行うために適切な系統連系用保護装置を設置する。

系統連系保護は、下記継電器を設置することで電力会社に説明し、了解を得た。

- ・ 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)
- ・ 単独運転防止装置 (受動および能動を各 1 方式以上)。

また、単独運転防止装置の方式および整定値は、日本国内で実績のあるものを用いる。

f) 連絡体制

一般的に、低圧の場合には電力会社の営業所などと発電設備設置者間に保安通信設備を設ける事は困難であり、また、電力会社発電設備設置者間の個別連絡は困難である。したがって、再閉路、逆充電等に対する安全確保は技術面に対応することとする。

g) 計量方式

逆潮流がないことにより電力量取引に使用する電力量計は既設設備を活用する。

3) 系統停電時の運用

太陽光発電設備が連系する系統が停電した場合は、連系は切断され、太陽光発電設備も一旦停止する。その後、所定の条件が整えば、手動/自動操作により、対象施設内の一部負荷に給電することも可能なシステムとする（自立運転）。

自立運転の起動・停止条件は、下記である。

起動時の条件

◆必要条件：下記全ての条件が揃った場合に自立運転が起動する

- 1・ 系統の無電圧状態が一定時間継続している
- 2・ 太陽電池モジュールの直流電圧が設定値以上である
- 3・ システム設定上自立運転が許されている
- 4・ 自立運転開始ボタンが操作された、または自動起動が選択されている
- 5・ その他パワーコンディショナーメーカーの仕様上要求される条件

◆制約条件：以下の条件がある場合は自立運転はできない

- 1・ 自立運転先の負荷(kVA)が、発電量 (kVA) 以上である
- 2・ その他パワーコンディショナーメーカーの仕様上要求される条件

停止時の条件

◆必要条件：下記項目のうち1つ以上が該当する場合は自立運転が停止する

- 1・システムに正常な電圧が復電し、一定時間継続している
- 2・太陽電池モジュールの直流電圧が設定値以下である
- 3・設定された運転終了時刻（夕方）を跨いだ
- 4・自立運転停止ボタン等の手動操作
- 5・その他システムが要求する制約条件（非常停止ボタン操作等）

自立運転の起動・停止は、手動と自動の両方で操作が可能である。発電設備運開時は、運転員への自立運転の理解を促進する趣旨で手動を推奨する。しかし、当該地における系統停電の発生は頻度が高く予想できないため、手動操作による起動・停止は極めて煩雑となり、施設の電力利用に不備をきたすことにもなりかねないため、自立運転に対する運転員および施設職員等の一定の理解が在ることを条件に自動起動・停止を選択することも可能とする。

手動・自動の操作方法は、太陽光発電設備の故障や寿命に大きな影響を与えない。自立運転で供給される電力の品質が設定された運転範囲を逸脱した場合は、保護リレー等が動作し、発電設備は安全に停止する。したがって、当該施設の自立運転時の供給先負荷に大きな損傷等を与える可能性は低い。

なお、対象施設内にある既設ディーゼル発電機（設備容量 500kW、電圧 400V）との連系運転はできない。

本計画において自立運転機能を導入するにあたり下記の重要事項があるが、現地調査時に重ねて説明を実施し、相手国の責任機関および実施機関に十分な理解を得た。

a) 太陽光発電は不安定電源

太陽光発電設備の自立運転は不安定であるという性質を理解したうえで、機能を利用する必要がある。

具体的には、日照変動に注意する必要がある。夜間は使用できず、雨天・曇天時には出力が快晴時に比べ低下する。さらに、天気が良くても太陽光モジュールに雲の影がかかれば太陽光発電設備の発電出力は瞬時に低下する。これらの理由により発電出力が電力消費を下回れば、太陽光発電設備は安全に停止する。

発電出力が電力消費を下回った場合の太陽光発電設備の停止の具体的な動作は、メーカーの設計にもよるが、以下のようなものとなる。

自立運転時のインバータは、基本的に定電圧制御で運転される。太陽光発電設備の自立運転においては、モジュールが発生する最大電力（日射量に依存）を負荷が上回った場合、インバータは電力供給を試みるものの直流側の電圧が（電力供給できないので）低下するため、定電圧制御の範囲を逸脱してシステムが停止する。その後、遮断器等が自動で開放され、発電設備は解列する。

b) 重要負荷には接続不可

系統停電時に自立運転で給電する先には、直接生命維持に掛かる装置（人口呼吸器等）あるいは人・企業の資産等に直接関わる設備（銀行のコンピュータ等）等を接続しない。

太陽光発電に限らず、比較的電力事情（品質）の優れている先進国においても、重要負荷に一般電源（系統やディーゼル発電機（DG））のみで給電することは殆どない。重要負荷に対しては、別途、無停電電源装置（Uninterruptible Power Supply）等の対策が必要である。

c) 接続する電気機器の消費電力

自立運転の容量には限度がある（PV 設備容量の2～3割程度が上限）。したがって、自立運転で給電する先では、接続する電気機器の消費電力を確かめ、この上限を超えないようにしておく必要がある。

（参 考）

自立運転の容量の参考資料として、300kW 系統連系発電所の運転実績の一例を下記に示す。図は縦軸が太陽光発電設備出力、横軸に時間を示している。太陽光発電の出力は正弦波に類似され、ひと山が一日である。

下図から推測されるように、自立運転時には、唯一の電源である太陽光発電設備が日照変動に依存するため、その容量は不安定である。そのため、負荷容量をより低く設定することがより安定した電力利用につながる。

上記より自立運転の制限条件として、必要に応じて自立運転接続先の負荷をあらかじめ手動で調整しておく必要がある。

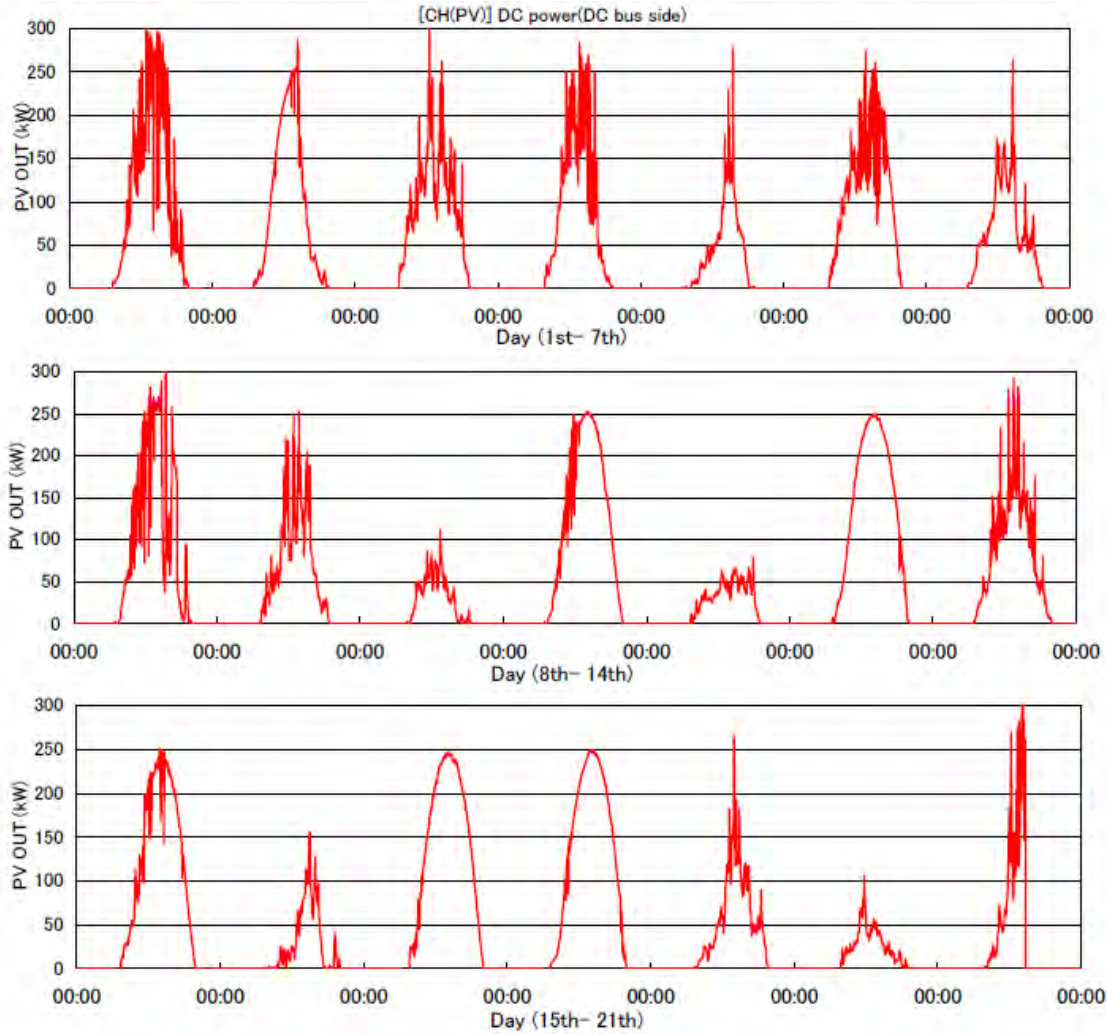


図 3-2-2-2 太陽光発電出力の実績例

d) 自立運転の電力供給先切替機能

自立運転で給電する先では、本計画で整備する負荷切替盤を用い、停電時の電源として「従来電源 (DG 等)」或いは「自立運転 PV 電源」のいずれかを選択することができる。

この機能により、今後施設内の負荷のタイプや配置に大幅な変更があった場合には、上の条件を満たすような給電先の調整を行う。また、回路を現状と同等の状態に回復する（自立運転を使用しない状態にする）ことも可能である。負荷切替盤の回路構成を図 3-2-2-3～図 3-2-2-4 に模式的に示す。

負荷切替盤の運用は、手動で盤内部のインターロック付遮断器を操作する。また、既設ディーゼル発電機の運転・停止動作は手動である。

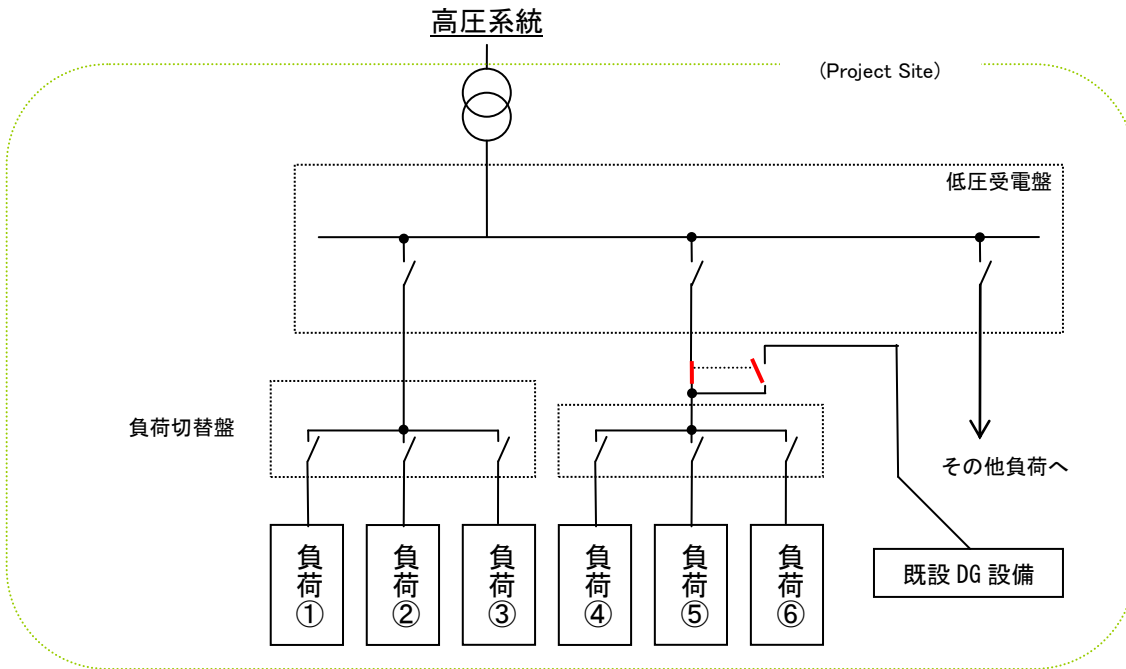
既設設備の運用形態は、既存の EDD 電気室から 3 回線は全て常時入りとして運用している。

自立運転時の供給先負荷として適当な電気機器を表 3-2-2-2 に例示する。

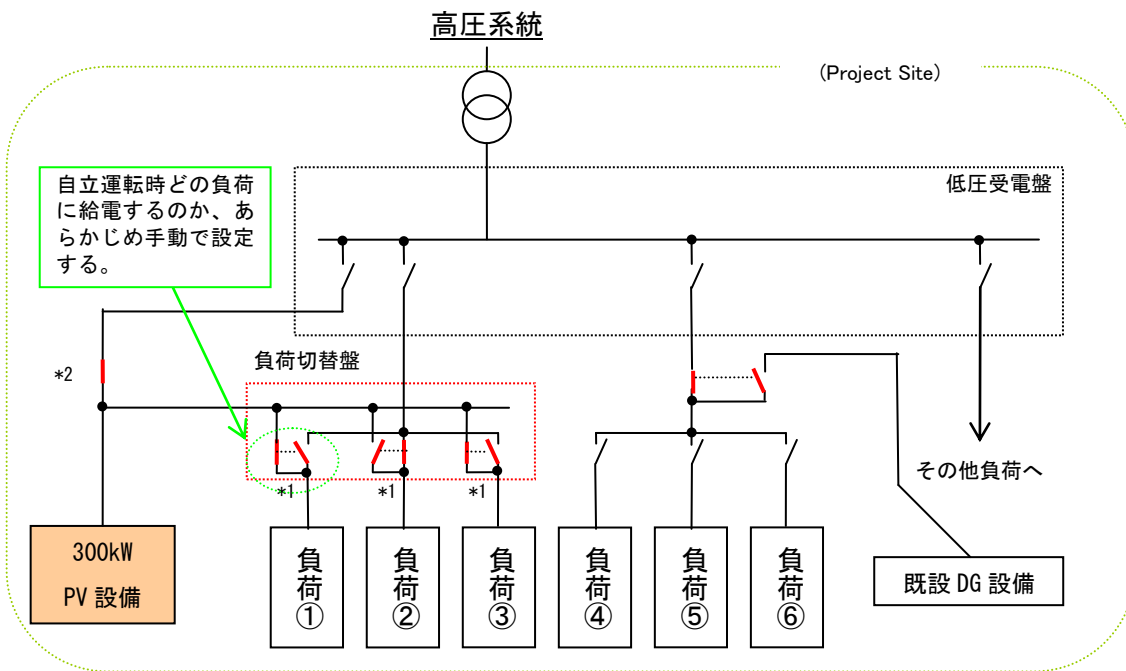
表 3-2-2-2 自立運転給電先として適当な負荷の例

No.	負荷種類	備考
1	照明	
2	エアコン	Central Control タイプを除く
3	テレビ、ラジカセ	
4	冷蔵庫	
5	電気ポット、電気ナベ	
6	携帯電話(充電)	
7	ノートパソコン	バッテリー付
8	一般的な換気扇	
9	生活用ポンプ	容量 5kW 以下を奨励

現状



太陽光発電設備導入後



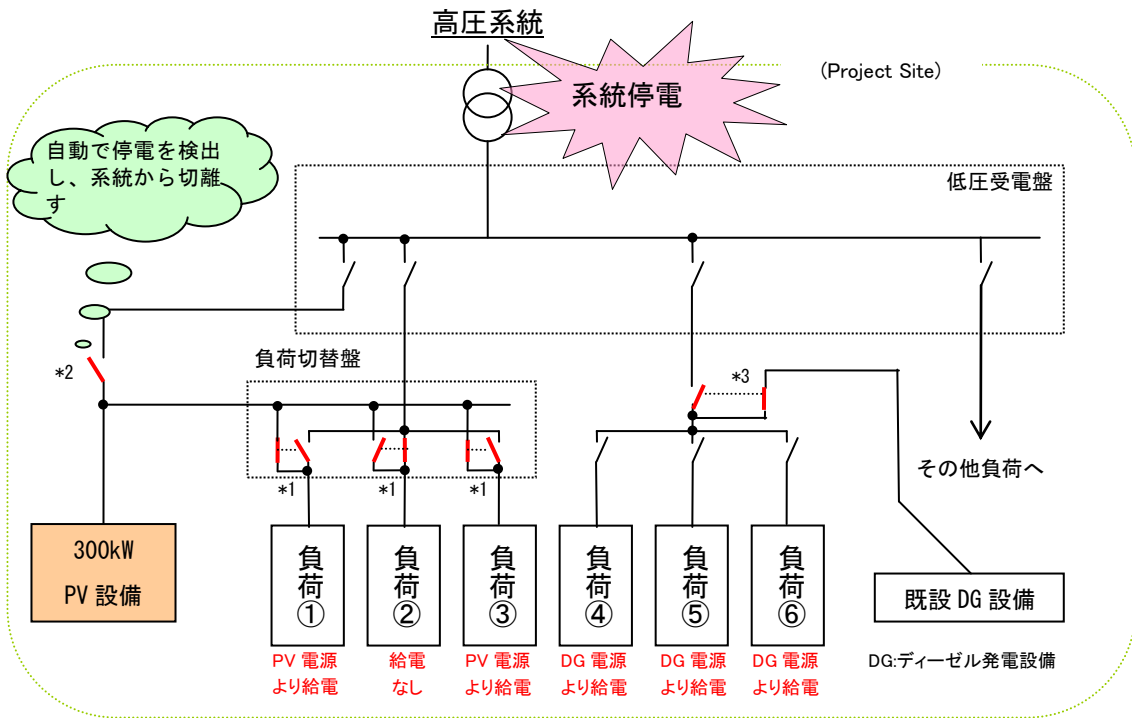
*1: メカニカルインターロック

*2: マグネットコンダクター (自動制御)

* : 負荷①～③がB棟を指す。

図 3-2-2-3 負荷切替盤の回路構成の考え方(1)

自立運転（系統停電）時（負荷① ③を PV、負荷⑤～⑥を DG からの回路構成とした場合）



*1：メカニカルインターロック、*2：マグネットコンダクター（自動制御）、*3：インターロック
*：負荷①～③がB棟を指す。

負荷切替盤によるメリット

- 1 系統停電時の太陽光発電（自立運転）からの給電先の負荷を選択でき、かつ、運用開始後も負荷の変化（接続する電気機器のタイプや消費電力の変化）に応じた変更が可能
- 2 給電先で太陽光発電（自立運転）から受電する負荷をさらに絞り込み、日射量の変動等があってもより継続的な運転が期待されるような調整が可能（出力の不安定に対応）
- 3 長期間の運用において、自立運転の運用に問題が生じれば（負荷変更等）、容易に太陽光発電導入前と同等の状態に復帰可能

図 3-2-2-4 負荷切替盤の回路構成の考え方(2)

(2) 計画内容

1) 太陽光発電システム容量の検証

本計画で調達・据付を行う系統連系太陽光発電設備の系統連系点は、既設変圧器4台の中から下記考え方に基づき選定する。

- ・老朽化に伴う設備更新を考慮し製造年の新しい変圧器
- ・太陽光発電設備からの送電ロスを考慮し、距離的に有利（近い）な変圧器
- ・逆潮流不可を考慮し、太陽光発電設備のピーク出力程度の消費電力が期待できる変圧器

上記考え方により変圧器2を選定する。

次に、太陽光発電システムの容量について整理する。変圧器2から給電されている主な負荷は下記である。

- ・ A 棟（7階建の主病棟）
- ・ B 棟（2階建の事務所・一般外来・X線装置）
- ・ F 棟（平屋建てのメンテナンス棟）
- ・ 電気室内部の所内負荷

また、変圧器の消費電力量を計器も用いて実測した結果は最大で222kW程度であった。しかし、下記要因により負荷の増加が想定される。

◆ A 棟の改装完了に伴う負荷増

現在 A 棟の西側半分が改装中である。本改装は 2011 年頃完了予定で改装後は床面積約 4,000 m²（13.6m×61m×5floor）に対応する負荷量増加が見込まれる。負荷の種類は、照明に加え、エアコン等電力消費量が多い負荷が多数設置されると想定される。各部屋にエアコン 1 台設置した場合の負荷は 25 部屋/階×1.5 kW/各部屋×5 階＝約 180kW の増加となる。また、調査後の 2009 年暮れに新たに X 線設備（X 線によるコンピュータ断層撮影、日本製）が導入されており、その消費電力 100kVA も考慮する必要がある。

◆ B 棟への配線および分電盤更新に伴う負荷増

現在の B 棟への配線は、変圧器 2 および変圧器 3 から各 1 回線である。消費電力は共に 100kW 程度である。これらの消費電力量は、変圧器から B 棟へのケーブル容量不足および B 棟内分電盤ブレーカーの容量不足等に伴う制限された負荷である。例えば、B 棟内に 2 台設置している X 線設備（消費電力 65kW 程度）は、上記制限により 2 台同時運転が困難な状態である。

従い、後述する系統停電時の一部負荷給電に伴う設備更新により、B 棟の電力消費量は増加すると想定される。

表 3-2-2-3 に B 棟の負荷一覧を示す。B 棟の設備容量は、約 370kW である。病院側の説明では、設備更新により 100kW 程度の消費電力増加が見込まれる。

表 3-2-2-3 ビルディング B の負荷一覧表

Name	Light	Air conditioner	X-ray1	X-ray2	Fans	Refrigerator	Others	Computer	Device of dental clinic
Capacity	80W	10A	100A, 3ph	60A, 3ph	100W	1.5A	6A	?	?
Number of load(s)	200	57	1	1	70	14	4	10	2
Operating day/hours	8:00-13:00	8:00-13:00	24 hour stand-by	24 hour stand-by	8:00-13:00	24 hour	8:00-13:00	8:00-13:00	8:00-13:00

出典：アルワヒダ病院提供資料

上記より、変圧器2の消費電力は

現在の消費電力	222kW
A棟改修後の増加分	約280kW
B棟の設備更新等に伴う増加分	約100kW

を考慮し、最大600kW程度まで増加すると想定する。

よって、本計画で調達する設備の容量は、太陽光モジュール設置位置の面積上の制約、逆潮流を行わないことにより余剰電力を多く発生させないという条件、一方施設で必要とする電力をできるだけ太陽光でまかなうという点を総合的に判断し、300kWが妥当であるとの結論に至った。

当該地における日射量の実測データが不足しているため、カナダ国環境省が公開しているソフトウェア RETScreen を用いて発電量を推計したところ、300kWの容量の太陽光発電設備で、年間約500MWhの発電量が期待されるとの結果が得られた。すなわち、アルワヒダ病院の電力消費量(2,064MWh、2008年)の1/4程度が期待できることになる。ただし、実際上は、病院内の需要が発電量を下回る場合には余剰電力が出ないよう発電量が抑制されること、系統が停電した際は自立運転による限定的な電力供給となること、等の理由から、実際に供給される電力量はこの値を下回ることになる。年間約500MWhの発電量は、最大値ということができる。

設備容量は、案件形成時に目安とされた想定予算規模および選定した太陽電池モジュールの設置場所の有効面積・形状を踏まえ、最終的に決定した。

2) 太陽電池モジュール種類の設定

太陽電池は、使われる半導体によっていろいろ種類がある。大きくはシリコン系と化合物系他がある。現在の主流はシリコン系で、さらに、シリコン系の半導体には、結晶系と薄膜系がある。結晶系はシリコンを溶かして固めた後、スライスした基板を用いて製作するが、薄膜系はガラスなどの上にプラズマなどを利用して非常に薄いシリコンの膜を成膜して製作する。薄膜系は大きな面積のものを大量に作るができるが、結晶系シリコンと比較して性能面に課題がある⁴。

ただし近年の技術資料では、「イ」国等高温地域は、太陽電池の効率が温度に反比例する技術的特長により同じ容量の太陽電池を据え付けると、年間の発電量(kWh)が数%伸びるとのデータもある。しかし、太陽電池に必要な面積は、薄膜系は結晶系に比べ、必要な面積が一般的に1.4倍程度大きくなる。

本計画では当該施設との協議の結果、太陽光モジュールはA棟の南側の空き地への設置を想定している。パワーコンディショナキュービクル設置場所や既設の施設を考慮すると、太陽光モジュール設置に利用できる面積は約3,800m²なるが、水道等の既存設備を避けてサブアレイを配置するため、実質的な面積はさらに小さくなる。一方、300kWの設備容量の薄膜系モジュール設置はメンテナンス等を考慮して約4,200m²の面積が必要である。また、サブアレイの配置には既存設備の配置を十分に考慮する必要がある。

4 NEDO 技術開発機構 ホームページより

以上より、本計画では結晶系シリコンの太陽電池モジュールを用いる。

3) 自立運転時の負荷供給先

系統停電時は、太陽光発電設備も一旦停止した後、所定の確認を経て、系統から切り離された状態で太陽光発電設備から対象施設内の一部負荷に給電する設計である。

また、留意点として、自立運転での供給先負荷は、気象条件により出力が変動する太陽光発電の特徴（不安定電源）を考慮し、安定電源を必要とする重要負荷、取分け人命に関わる重要負荷⁵には供給せず、エアコン・照明等の一般負荷へ供給する。

系統停電時に給電する設備として、変圧器2に接続されている

A 棟（7階建の主病棟）の西側（改装中）

B 棟（2階建の事務所・一般外来・X線装置）

が候補として考えられる。

（A棟の西側）

A 棟は、7階建てで西側が改装中であるため、東側の主な用途は下記である。

表 3-2-2-4 A棟各階の用途

階数	主な用途	備考
地階	緊急外来	
1階	血液関係の病室	輸血装置等
2階	一般患者用病室	
3階	隔離病室（赤痢等）	
4階	がん等の入院患者の病室等	
5階	がん等の入院患者の病室等	
6階	手術室、歯医者	手術設備

（B棟）

B 棟の用途は、主に事務部門、図書館、講義室、一般外来がある。主な負荷は、エアコン・照明に加え、X線装置（2台）、歯の治療用の機械等である。

上記より A 棟への給電は、重要負荷に該当すると判断し太陽光発電設備からのバックアップは困難と判断する。また、A 棟は現在、病院内の非常用ディーゼル発電設備により一部負荷のバックアップ給電が可能なシステムであり、太陽光発電設備を接続した場合は、条件により電力供給の信頼性が低下する可能性もある。

一方、B 棟は人命に直接関わる生命維持装置等の負荷は無く、また、現在非常用ディーゼル発電設備で給電していないため、太陽光発電設備を接続した場合は、B 棟一部負荷に対する停電時の電力供給が実現する。

⁵ 人工呼吸器等の生命維持装置

上記より、B棟を自立運転時の負荷給電先として選定する。

自立運転時は、B棟消費電力 200kW（100kW [現在の消費電力] + 100kW [将来増加分]）に対し、太陽光発電設備から最大 90kW（最大 100kW [インバータの単機容量] - 10kW 程度 [太陽光発電設備のエアコンを含めた所内負荷]）供給されることが期待できる。

ただし、発電量は日射量等に依存することに留意する必要がある。

4) 電気設備

a) 太陽電池モジュール

太陽電池モジュールの種類は結晶系とする。太陽電池モジュールは 10kW 単位（10kW 相当）を目安としたサブアレイを設け、合計 300kW 以上の出力とする。太陽電池モジュールから接続箱までは専用ケーブルで接続すること。

太陽電池モジュールの予備品（スペアパーツ）は、納入枚数の 3%（小数点以下切捨）を収める。

太陽電池モジュールの仕様、サブアレイの単位・数は、下記基準を満足していることを条件する。

- 概略設計図のフェンスレイアウトに大幅変更が無く、設置可能であること。
- 太陽光発電用パワーコンディショナ盤の入力電圧との整合していること。
- サブアレイの形状は、長方形としモジュールの歯抜け等が発生する場合は、ダミーモジュールを配置等し、美観を保つこと。
- 太陽電池モジュール出力端から太陽光発電用パワーコンディショナ盤へ接続は、許容電圧降下 2%となるケーブルサイズとすること。

概略設計図 No.03 に設備配置、フェンス・ゲートのレイアウト図を示す。

b) 接続箱

太陽電池モジュールの 1 直列接続毎に、太陽光接続箱に + 極と - 極を接続する。

1 接続箱当たりの集電量は、モジュールの公称出力で 10kW 程度とする。尚、接続箱には断路端子や逆流防止用ダイオード、アレスタなどを入力毎に設置する。

c) パワーコンディショナキュービクル

概 要

太陽光発電用パワーコンディショナは、下記 4 グループから構成され、必要に応じて複数の盤に分割する。

- 太陽光発電用パワーコンディショナ装置
- 低圧連系装置
- 太陽光発電用直流分岐装置
- システム制御装置

また、全ての盤内にスペースヒータを設置する

<太陽光発電用パワーコンディショナ装置>

本装置は、太陽電池モジュールより集電された直流回路をインバータ装置により交流回路に変換し、電力系統と連系、又は負荷への交流電力を供給するための装置である。

太陽光モジュール側から直流分岐盤経由で入力される直流回路は、最大 DC500V 以上の入力電圧において運用が可能な構成とする。

また、交流出力側は、通常時は系統連系により太陽光モジュールより発生する電力を最大電力追従制御にて電力系統に供給する。

系統停電時は、太陽光モジュールが発生する電力および各種制約の範囲内で特定の負荷に電力を供給する自立運転機能を持つ。

また、故障時の対応としてパワーコンディショナ複数台設置とし、予備品として調達される1単位分のスタンバイ機を含め複数台設置する。スタンバイ機の設置場所は、コンテナ式キュービクル設備内とする。長期間の運転において設備の一部が故障した場合は、残りのパワーコンディショナが最低1台であってもパワーコンディショナの容量範囲内で運転可能な構成とする。これにより、太陽光発電所としての延命化を図る。

<低圧連系装置>

本装置は、太陽電池パワーコンディショナの交流出力に対して、移相用変圧器を介して系統連系を行うための低圧連系装置である。また、一部構内負荷への分電機能を有し、負荷用の遮断器を個別に設けて、個別に入り切りができるようにする。

自立運転への移行を自動化するために、連系点と一般負荷用に個別に電磁開閉器を設け、系統停電時には、手動操作および自動操作で、自立運転に移行することができる構成として設計する。

尚、連系点には三相交流用避雷器を設けることとする。

本装置には、上記の他に所内負荷用の変電及び分電設備を有することとする。

また、外部からドライ接点にて供給される遮断器切信号によって、連系遮断器のトリップができることとする。

<太陽光発電用直流分岐装置>

本装置は、太陽電池モジュールの集電用の装置である。接続箱により太陽電池サブアレイを構成し、接続箱出力を本装置に集約する。

接続箱1台につき1個の遮断機能を有する配線用遮断器を分岐盤内に設置する。

接続箱からの入力回路には、1入力につき1台の避雷器を設ける。直流主回路は、全て最大印加電圧 DC500V 以上として設計する。

<システム制御装置>

本装置はシステムを安全に運用するために必要な各種シーケンスやインターロックを具備したものである。装置の主な機能は下記の通りである

- ◆ 装置の起動／停止
- ◆ インターロック
- ◆ 保護
- ◆ 逆潮流の防止制御
- ◆ 監視機能
- ◆ 表示機能（敷地周辺に太陽光出力などの表示装置を設置）
- ◆ 記録機能

ここで、表示機能とは、ディスプレイを設置して施設利用者や外来者に太陽光発電設備の機能と効果を紹介するものである。当該施設の場合、最も人目に付く場所として、正門脇にディスプレイを設置することがまず考えられる。さらに、太陽光モジュールの設置位置は主病棟により正門と隔てられているため、太陽光モジュールの設置位置にも2つ目のディスプレイを設置し、モジュールを見学できる位置で、その働きも同時に確認できるよう配慮する。これらの位置は、概略設計図 No.03 に示す。

本装置の構成機器を下表に示す。

表 3-2-2-5 構成機器の一覧(システム制御装置)

No.	品名	仕様	数量
1	システム制御装置(屋内)		1式
2	表示装置(屋外設置)	太陽光出力(現在、累積)とCO ₂ 削減量等の表示	2セット

d) 環境計測装置

太陽光発電所の設置箇所における、日射量や気温の測定を行うための装置を設置する。

構成機器

本装置の構成機器を表 3-2-2-6 に示す。

表 3-2-2-6 構成機器の一覧(環境計測装置)

No.	品名	仕様	数量
1	日射計(屋外設置)		1個
2	気温計(屋外設置)		1個
3	変換器(屋外収納箱入り)	日射・気温用各1台	1式

e) 電気室低圧分電盤（第1電気室内設置用）

本計画では、老朽化や腐食によって機能が劣化・不能になっており、太陽光発電設備

の安全な接続が困難となっているため、電気室低圧分電盤を更新する。本装置は、電力会社から変圧器を介して受電した電力を、太陽光発電設備を含めた各負荷（各棟）で分電する機能を有する。

概略設計図 No.02 に電気室低圧受電盤の単線結線図を示す。

電気室低圧分電盤内に系点潮流測定用センサー（VCT）を設置する。

装置の概要

連系点における逆潮流を防止する目的で、連系点に VCT を設置し連系点における潮流の監視を行う。装置は、VCT 及び変換器より構成され、変換器により計算された有効電力をシステム制御装置に送信する。

f) 負荷切替盤（自立運転対応用）

本装置は、対象施設内各負荷の分電機能および、変圧器または太陽光発電設備からの系統切替機能である。

ビル内各負荷は、メカニカルインターロックを用いた配線用遮断器 2 個による変圧器および太陽光発電設備からの電源切り替え機能を設けることとする。

概略設計図 No.04 に負荷切替盤の単線結線図を示す。

g) コンテナ式キュービクル設備

コンテナ式キュービクル設備は、下記設備を収納する。

また、コンテナ設備に設備の冷却を目的としたエアコンを設置する。

- ・太陽光発電用パワーコンディショナ装置
- ・低圧連系装置
- ・太陽光発電用直流分岐装置
- ・システム制御装置

h) 架 台

太陽電池モジュールを直列や並列に組み合わせて、必要な発電電力を得るように大型パネル化し、サブアレイを形成する。また、架台には環境計測装置（日射計・気温計・変換器）、接続箱を取り付ける金具等を付属させる。架台は、溶融亜鉛メッキ仕上げとする。また、架台のボルト等は盗難防止対策を実施する。

設置タイプ	: 地上設置タイプ
架台の方位角および傾斜角	: 真南 傾斜角 12 度
材質・塗装	: スチール製、溶融亜鉛メッキ耐塩仕様

i) 配線および接地材料

◆配 線

本計画で敷設する屋外ケーブルは、直接埋設方式とし外装付ケーブルとする。ケーブルの仕様は、許容電流が大きく施工性の良い銅導体とし、絶縁材は、汎用の架橋ポリエチレンとする。

屋外配線ルートを選定は、対象施設からヒアリングした既設配線等の情報を検討し、対象施設メンテナンス責任者等と実際にルートを踏査し、ルート上の障害物・将来の拡張計画との重複しないこと等を確認し、ルートを決定した。概略設計図 No.05 に配線ルート図を示す。

◆接 地

本計画では以下の接地設備を設置する。

- ・金属体、電気機器からの感電防止を目的とする接地設備
- ・フェンスの接地
- ・(必要に応じて) 制御装置・計測機器の独立接地

接地抵抗値は、10 オーム以下 (C 種接地工事) とする。

j) フェンス・ゲートおよび砂利設備

フェンス・ゲート

アルワヒダ病院は、敷地周辺を壁で囲われており、また院内には警備員が常駐している。したがって、太陽光設備の盗難等のリスクは低いものと考えられる。しかしながら、病院内には患者や子供を含む外来者が散策している光景も多く見られるため、太陽光発電設備をこれらの人々から安全に隔離する必要がある。したがって、安全のための感電防止機能も備えたフェンスを日本側の工事で設置することとする。

フェンスは、人の乗り越えの可能性も考慮し 2m の高さとする。ただし、病院内の景観にも配慮して、有刺鉄線等は使用しない。フェンスの配置は、PV モジュールへの日陰や維持管理作業スペース、外部からのいたずら等を考慮して適切な隔離をとり、かつ当該施設の用地を占有することに配慮して無駄な面積を使用しないように配置する。

ゲートは、日常的な運転員の通行用と維持管理作業で車両が通行できるものの2つを取り付け、施錠される運用を想定する。

概略設計図 No.03 にフェンス・ゲートのレイアウト図を示す。

れき石敷設

PV モジュール設置エリアは、地表の安定化、雑草等の抑制、維持管理の便を図るため、れき石を敷設することとする。なお、れき石敷設に先立ち、地表を 10cm 程度剥ぎ取り、これをれき石で置き換える形とする。また、当該エリアの周囲はふち石状のコンクリートブロック等で囲みを行い、れき石の散逸を防止する。れき石は、おおむね 20~40mm のサイズで、長年の使用に耐える強度を持つものを使用する。

k) 太陽電池モジュール用架台基礎および電気室コンテナ用等基礎

太陽電池モジュール用架台、電気室コンテナ、フェンス、ゲート等の基礎を建設する。

基礎建設のための掘削

PV 設置エリアには、地下に水道施設が埋設されており、その正確な位置を示す資料は存在しない。また、この施設は現在も使用されているため、保全することが必

要である。したがって、掘削作業に当たっては、手掘りを併用して慎重な作業を行うことが必要である。

基礎の形状

前述のとおり、PV 設置エリアには、保全すべき水道施設が地下に埋設されているため、深い掘削を行うことができない。したがって、PV モジュールの架台基礎は、コの字型の基礎とすることを想定する。

(3) 主要設備の概略仕様

表 3-2-2-7 主要機器等の概略仕様 (1)

名称	概略仕様	数量
太陽電池モジュール	設備容量:最大出力 300kW 以上 タイプ:地上設置の結晶シリコン太陽電池 (PV)モジュール(公共・産業用を想定) モジュール効率:14%程度 モジュール容量:210W 程度を想定	1 式
接続箱	断路端子、逆流防止用ダイオード、アレスタなどを入力毎に設置	1 式
太陽光発電用パワーコンディショナ装置	交流側定格電圧: 三相三線式 400V 系(線間) または 200V 系 ±10% ただし、自立運転時の電圧は 380 Vrms(線間)(負荷時) 交流側定格周波数 50Hz ±3% 交流側定格出力 300kW 以上 直流側電圧範囲 DC0V~500V 以上 直流側制御電圧範囲 DC320V 以下~400V 以上 変換効率 93%以上(定格運転時) 高調波電流 歪率総合 5%以下 各次 3%以下(定格運転時) 外部通信機能 有 運用方式: 1. 通常運用モード(系統連系による最大出力追従制御) 2. 停電モード(自立運転による交流側定電圧制御)	1 式
太陽光発電用直流分岐装置	接続箱 1 台につき1個の遮断機能を有する配線用遮断器 接続箱からの入力回路には、1 入力につき1台の避雷器 直流主回路の最大印加電圧:DC500V 以上	1 式
低圧連系装置	配線用遮断器(連系点用、負荷用、PCS 用、システム内負荷用)、電磁開閉器(連系点用) その他:無停電電源装置1式 系統連系保護リレー 過電流リレー(OC) 過電圧リレー(OV) 電圧低下リレー(UV) 周波数上昇リレー(OF) 周波数低下リレー(UF) 単独運転検出機能 受動、能動検出方式 移相変圧器(三相 3 線→三相 4 線)	1 式

表 3-2-2-8 主要機器等の概略仕様 (2)

名称	概略仕様	数量
システム制御装置	装置の主な機能は下記の通り 1. 装置の起動／停止 2. インターロック 3. 保護 4. 逆潮流の防止制御 5. 監視機能 6. 表示機能 7. 記録機能	1 式
環境計測装置	日射計(屋外設置)、1 個 気温計(屋外設置)、1 個 変換器(屋外収納箱入り)、日射・気温用各1台	1 式
電気室低圧分電盤	配線用遮断器 電力量計：2 個 (受電用) ・種類：普通電力量計(検定不要) ・回路方式：三相4線 ・逆回転防止機能無	1 式
負荷切替盤 (自立運転対応用)	配線用遮断器 その他：メカニカルインターロック、1 式	1 式
コンテナ式 キュービクル設備	エアコン付(自立運転時も含め低圧連系装置より電力を供給) 保護等級：IP54 相当	1 式
架台	溶融亜鉛メッキ耐塩仕上げ、環境計測装置取付金具付、接続箱取付金具付	1 式
配線および 接地材料	配線 形式：低圧2～4心銅導体ケーブル、XLPE 絶縁、PVC シース 適用基準：IEC 付属品：端末処理材等	1 式
フェンス・ゲート および砂利設備	(フェンス) フェンス高さ：2 m (ゲート) ゲート高さ：2 m (砂利) 砂利種類：サイズは2～3 cm 程度 砂利厚み：10 cm 以上	1 式

XLPE：架橋ポリエチレン、PVC：ポリ塩化ビニール

3-2-3 概略設計図(図面参照)

本計画の概略設計図を次表の通り巻末に添付する。

Number	Title
NO. 01	SINGLE LINE DIAGRAM
NO. 02	SINGLE LINE DIAGRAM (PV SYSTEM)
NO. 03	GENERAL LAYOUT PLAN
NO. 04	BRANCH SWITCHERS FOR LOAD
NO. 05	CABLE LAYOUT PLAN
NO. 06	EQUIPMENT LAYOUT (NO. 1 ELECTRIC ROOM)
NO. 07	EQUIPMENT LAYOUT (BUILDING B ELECTRIC ROOM)

3-2-4 施工計画／調達計画

3-2-4-1 施工方針／調達方針

(1) 調達方針

本計画は、我が国の調達代理方式を採用した環境プログラム無償事業として実施される。本環境プログラム無償資金協力に係る交換公文（E/N）締結後、「イ」国政府は、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。またコンサルタント及び契約業者は、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ことになる。

以上の方針は、次図に概略的に示される。

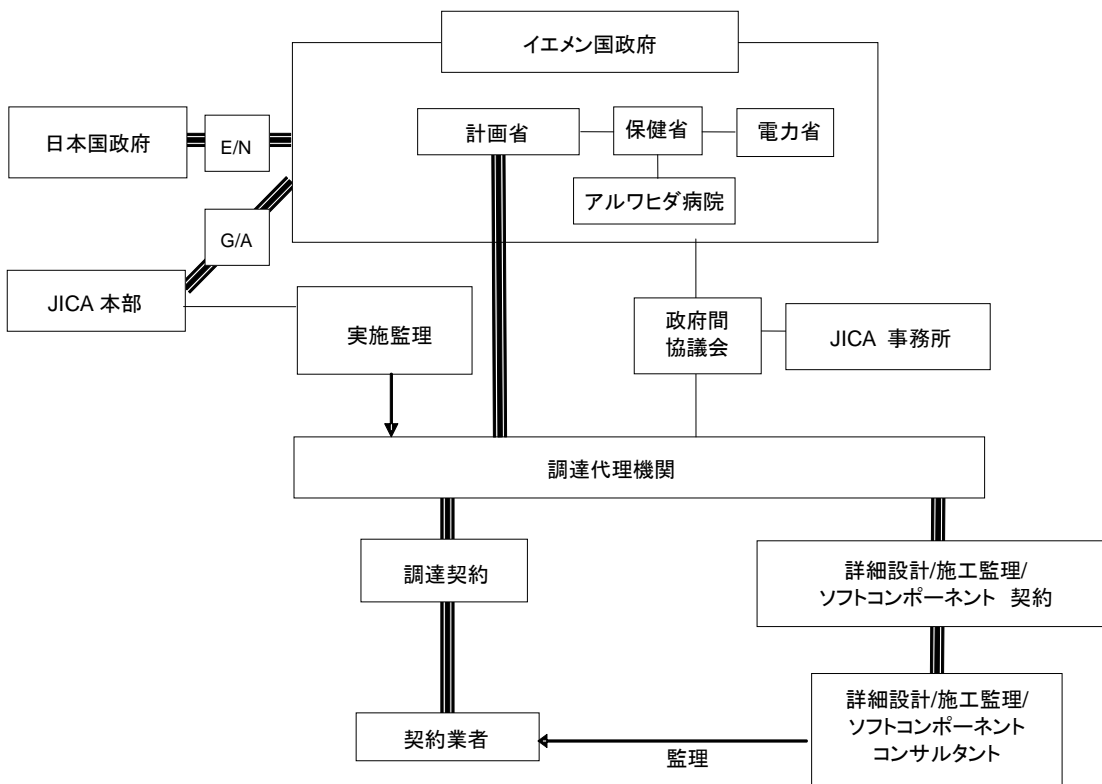


図 3-2-4-1 調達にかかる各機関の役割

1) 責任機関及び実施機関

受入国側の体制は、責任機関を計画国際協力省、実施機関を保健省とし、アルワヒダ病院が事業実施場所に位置づけられる。また、電力エネルギー省は、技術的アドバイザーの立場を取る。

2) 調達代理機関

調達代理機関は受入国政府と代理機関契約を結び、調達先の契約業者選定のための入札、契約、契約の実施管理等を行う。更に、同機関は「イ」国政府に代わってコンサルタントや契約業者への支払いなどの資金管理も行う。

3) コンサルタント

コンサルタントは、入札資格審査、入札実施業務など調達代理機関が行う入札を支援し、契約業者の調達と据付工事等の監理を行う。本計画で整備される設備が持続的に活用されるよう、受入国側関係者に対してトレーニング等を提供する（ソフトコンポーネント）。さらに設備の調達・据付完了後の設備引渡しにかかる証明書やその1年後に予定される瑕疵検査の証明書発行等を行う。

4) 契約業者

我が国の無償資金協力の枠組みに従い、入札で調達代理機関によって選定された契約業者によって、設備の設計製作と現地までの輸送、その据付、設備の運転維持管理にかかるガイダンスを行う。本計画では品質確保、施工計画の合理性の観点から、契約業者は設備機材の調達と据付工事を一貫して実施するものとする。

(2) 施工方針

施設建設については、日本の施工業者による監督のもと現地企業を起用して行うことを想定する。施工内容は、①土工事、②PV モジュール架台基礎、フェンス基礎などのコンクリート工事、③PV モジュール、フェンス据付工事、④配線工事である。

「イ」国では本計画と類似した太陽光発電施設の建設工事についてはほとんど実績がないため、本計画の施設建設の規模と水準の設定にあたっては、基本的に日本の建設基準を適用する。ただし、現地建設工事の事業規模や技術レベルを十分に把握し、適正技術の導入に努める。

工法については、「イ」国での一般性を優先して行う。係わる役務の調達は、主契約者となる日本企業の監理の下で、下請けとして現地企業を積極的に起用する方針とする。今日無償資金協力事業で求められる施工品質とその前提となる施工管理体制を維持するためには、邦人技術者の極端な削減は容易でないが、派遣期間や人数を縮小し、現地技術者の管理能力に委ねられる施工内容とすべく、「イ」国基準を優先して適用する。従い、フェンス等の設計や工法について先進諸国で標準とされるものや、先端技術を用いることに

拘泥せず、基本的な機能を維持でき、かつ本事業に求められる持続性や啓発効果を含めた効果が期待できる範囲であれば現地建設関連法規・基準を満たすことを基本とし、現地での一般性を尊重する方針とする。

3-2-4-2 施工上／調達上の留意事項

(1) 「イ」国の建設事情

「イ」国には本計画のようなPV発電設備工事の専門企業は存在しないが、ドバイの業者などで類似電気工事を経験している業者がアデンに支店を構えている。これらの業者は過去に大規模な土木工事・鉄骨工事・設備工事の実績を持ち、施工能力を有することが認められている。建設機械のレンタルに関しても、アデン市内に複数存在し、クレーン・発電機など本案件に必要な建設機械等のレンタルは現地で可能である。

(2) 施工上の留意事項

サイトの気候および施設内容から、次のような施工上の配慮が求められる。

- サイトは一年を通じて高温・乾燥した気候にあるが、特に5月～7月期は最高気温が40度以上になることもあり、施工計画、特にコンクリートの打設、養生については、この季節を避ける等の配慮が必要である。
- サイトには、地下に水道関係の構造物が埋設されている。これらの地下構造物の図面は存在しないため、詳細な位置や深さは不明である。基礎工事は浅い基礎を持って行い、特に掘削の際は地下構造物を破壊しないように注意する必要がある。
- サイトは病院施設であるため、電気室・分電盤の工事等において施設内を停電する必要がある際には、詳細な計画を立てたうえで先方施設と十分に協議をすることが必要である。計画においては、停電をできるだけ短時間とすること、その時間帯に配慮すること、さらに外部からの給電が不可能となる時間が長時間継続する場合には、ディーゼル発電機等の使用によりその時間を短縮すること等が必要と考えられる。

3-2-4-3 施工区分／調達・据付区分

本計画の範囲とそれに対応するイエメン側と日本側の分担内容は以下の通りである。

表 3-2-4-1 両国の主要な分担業務

No.	項目	無償事業で実施	受入国側で実施
1	用地の確保		●
2	必要に応じた用地のクリアリング、レベリング、埋め立て		●
3	サイト内外の門とフェンスの設置		●
4	必要に応じ、駐車場の設置		●
5	道路の建設		
	1) サイト内	●	
	2) サイト外とアクセス道路		●
6	施設の建設と設備の据付	●	
7	電力、水道、排水、その他の仮設設備等で必要な設備の提供		
	1) 電力		
	a. サイトへの配電		●
	b. サイトへの電力線の引き込みと内線	●	
	c. サイト用の遮断器と変圧器の設置	●	
	2) 水道		
	a. 水道管の引き込み		●
	b. サイト内の供給システム(受水槽、高架槽等)	●	
	3) 排水		
	a. 都市下水サービスの配管(サイトからの雨水、廃水の排水用)		●
	b. サイト内の排水設備(下水、一般廃水、雨水等)	●	
	4) ガス		
	a. サイトへの都市ガスの配管		●
	b. サイト内の配管	●	
	5) 電話線		
	a. 幹線から建物内配線盤(MDF)までの配線		●
	b. MDFと以下の内線等の配線	●	
	6) 家具、機器類		
	a. 一般家具類		●
	b. プロジェクト用の特定機器類	●	
8	銀行取極(B/A)にかかる日本側銀行のサービスに対する対価の負担		
	1) A/Pにかかる相談費用		●
	2) 支払い手数料		●
9	受入国側搬入点における迅速な荷卸と通関		
	1) 日本または第3国から受入国への製品の海上或いは航空輸送	●	
	2) 陸揚げ港における製品への税の免除或いは引受けと通関		●
	3) 陸揚げ港からサイトへの内陸輸送	●	
10	プロジェクトの実施に関係してサービスを提供する日本人または第3国の人に対し、それを目的とした受入国への入国と滞在に関し必要となる便宜を供与すること		●
11	機材の購入やエージェントの雇用に関し受入国内で発生する関税、内国税その他の財政的徴収について受入国政府が免除すること		●
12	無償資金によって建設された施設や調達された機材について適切かつ効果的に維持し使用すること		●
13	機材の調達と代理機関の雇用に関係し無償資金およびその利息により負担される支出以外のすべての支出を負担すること		●
14	無償プログラムにおける環境社会配慮を遵守すること		●

3-2-4-4 施工監理計画／調達監理計画

本計画は我が国の無償資金協力制度に基づき、基本設計の趣旨を十分に踏まえた計画を策定し、日本政府によって計画の妥当性を確認された後、両国間で E/N の取り交わしが行われプロジェクトが開始される。

コンサルタントは工事施工期間中、土木工事、機材据付工事等の工事進捗に併せて現地に専門技術者を派遣し最低限一人の技術者を常駐させ、工程管理、品質管理、安全管理を実施し工事の監理を行う。更に、必要に応じて、国内で製作される資機材の工場立会検査及び出荷前検査に専門技術者が参画し、資機材の現地搬入後のトラブル発生を未然に防ぐように監理を行う。

(1) 施工監理の基本方針

コンサルタントは、本工事が所定の工期内に完成するよう工事の進捗を監理し、契約書に示された品質を確保すると共に工事が安全に実施されるように、契約業者を監理・指導することを基本方針とする。このため、工事の進捗状況に合わせ、施工監理者1（電気・設備担当）と施工監理者2（土木担当）を適宜派遣する。

以下に主要な施工監理上の留意点を示す。

1) 工程管理

契約業者が契約時に計画した工程と、その進捗状況との比較を以下の項目毎に月及び週毎に行い、遅れが出ると判断される場合は、契約業者に警告を出すと共に、その対策案の提出を求め、工期内に工事が完成するように指導する。

- ① 工事出来高確認
- ② 資機材搬入実績確認
- ③ 技術者、技能工、労務者等の歩掛りと実数の確認

2) 品質管理

契約図書（技術仕様書、実施設計図等）に示された機材の品質が、契約業者によって確保されているかどうかを、下記の項目に基づき監理を実施する。品質の確保が危ぶまれるときは、契約業者に訂正、変更、修正を求める。

- ① 資機材の製作図及び仕様書の照査
- ② 資機材の工場検査結果の照査または検査への立会い
- ③ 資機材の据付要領書、現場試運転・調整・検査要領書及び施工図の照査
- ④ 資機材の現場据付工事の監理と試運転・調整・検査の立会い
- ⑤ 施設施工図の照査
- ⑥ 施設施工図と現場出来型の照合

3) 安全管理

契約業者の責任者と協議・協力し、建設期間中の現場での労働災害、事故を未然に防止するための監理を行う。太陽電池は日射を受けている限り発電しているため、施工に当たっては特に感電事故防止の安全対策が重要となる。

現場での安全管理に関する留意点は以下のとおりである。

- ① 安全管理規定の制定と管理者の選任
- ② 建設機械類の定期点検の実施による災害の防止
- ③ 工事用車輛、建設機械等の運行ルート、資機材搬入ルート策定と徐行運転の徹底
- ④ 労務者に対する福利厚生対策と休日取得の励行
- ⑤ 感電防止策

(2) 計画実施に関する全体的な関係

施工監理時を含め、本計画の実施担当者の相互の関係は、下図に示すとおりである。

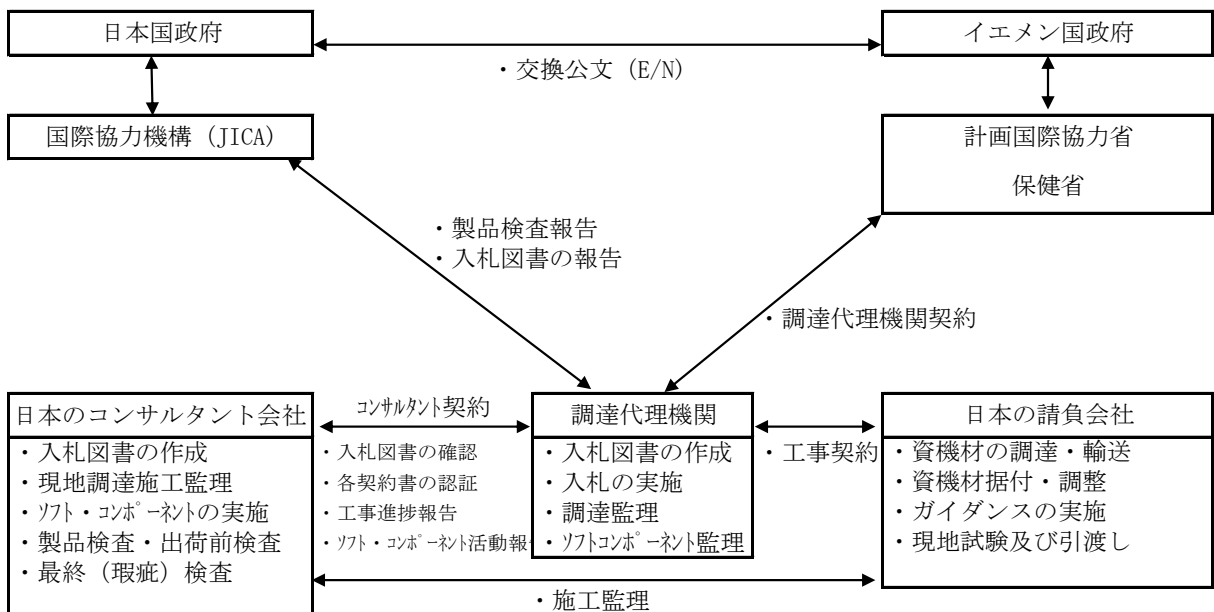


図 3-2-4-2 計画実施時の関係図

3-2-4-5 品質管理計画

コンサルタントの施工監理要員は、契約図書（技術仕様書、実施設計図等）に示された施設・資機材の品質が、契約業者によって確保されているかどうかを、下記の項目に基づき監理を実施する。品質の確保が危ぶまれる時は、契約業者に訂正、変更、修正を求める。

- ・ 資機材の製作図および仕様書の照査
- ・ 資機材の工場立会い検査又は工場検査結果報告書の照査
- ・ 梱包・輸送及び現地仮置き方法の照査
- ・ 資機材の施工図及び据付要領書の照査
- ・ 資機材に係る工場及び現場における試運転・調整・検査要領書の照査
- ・ 資機材の現地据付工事の監理と試運転・調整・検査の立会い
- ・ 施設施工図と現場出来型の照査
- ・ 竣工図の照査

3-2-4-6 資機材等調達計画

(1) 本邦からの調達

発電設備のうち、太陽電池モジュール、パワーコンディショナは日本製を調達する。

(2) 輸送計画

本邦からの太陽光発電関連資機材は、イエメン最大の港であるアデン港で荷揚げされることになる。アデン港は規模 14.8km×5.6km、深度 5m～16m と最大 5 万トンの船を収容できる能力を有する国際港である。最大クレーン荷揚げ能力は 50 トンであり、今回想定される最大コンテナ重量 20 トンを十分に満足する能力を有する。計画サイトのアルワヒダ病院は、アデン港から 10km 以内と比較的近い距離に位置している。アデンには経験のあるコンテナ輸送会社が数多くあり、また病院までのアクセス道路も良好であるため現地輸送に関しての懸念材料は特にない。

3-2-4-7 初期操作指導・運用指導等計画

(1) 目的

受入国において初の事例となる大型の太陽光発電設備が、事故対応も含め適切に運用・維持管理されるため、実際に運用・維持管理を行うことになる技術者や技師等に操作・運用指導等の支援を行う。

なお、「イ」国においては太陽光発電システムのような再生可能エネルギー源の系統連系に関する実績・ノウハウがない上に、連系する系統に関する技術データ（電力品質等）が極端に乏しく、連系する系統に合わせて太陽光発電設備のセッティングを最終化させるには、その適合具合を一定期間モニターしたうえで再度調整する必要がある。さらには、対象施設の既設電気設備は管理されているとは言い難く、高温という地域性、埃が多いというサイト固有の状況でインバータ等半導体を多用する設備を運用するにあたりメンテナンスの不備が設備寿命に対し非常に大きな影響を与えるリスクがある、などの問題が指摘される。これらの状況を踏まえ、設備運用開始の3ヵ月後に、契約業者に設備の点検を求めることを提案する。

(2) 発電設備運転・運用技術指導計画

本計画で整備される太陽光発電設備の仕様・グレードは、既設発電設備の運転・維持管理に携わっている「イ」国の既存技術レベルを考慮して選定するが、ディーゼル発電設備等の既設発電設備と本計画で整備される太陽光発電設備とは、その運転特性等に違いを有している。また、本格的な系統連系太陽光発電設備は「イ」国初の設備であるため、「イ」国側は本設備に関する運転・維持管理技術を保有していない。従い、据付工事期間中および運転開始後一定期間経過した時期に実施する設備点検時に、契約業者から「イ」国側技

術者に対して運転・維持管理技術の指導を行うことを本件事業契約において規定する。

1) 据付期間中の運転・運用技術指導計画

計画内容を下記に示す。

a) 技術指導実施期間⁶と実施場所

講義及び実習 : 約1週間（現場）

b) インストラクター等

我が国の契約業者が納入する太陽光発電設備の製造会社（インバータ等の電気設備）から派遣される機材据付・試運転・調整技術者をインストラクターとして想定する。

c) 研修員

技術指導を受講する「イ」国側研修生は、当該発電設備運転開始後に、直接運転・維持管理業務に携わる下記運転員及び保守要員を中心とする。

従って、本計画の「イ」国側実施機関は、発電設備の据付工事が開始されるまでに、具体的に研修員を任命するものとする。

表 3-2-4-2 発電設備運営組織体制（案）

担当		人数	主な役割
総括技術者		1名	責任者・主要な方針決定
運転要員	電気技術者	1名	電気設備・基本的な太陽光発電のバックグラウンドに基づいた、設備運用方針（詳細）等の検討
	電気技能者	2名程度	日常運転の実施
保守要員	電気技術者	1名	電気設備・基本的な太陽光発電のバックグラウンドに基づいた、イベント発生時の方針（詳細）検討
	電気技能者	2名程度	日常点検の実施
	清掃要員等	数名程度	太陽電池モジュール等の清掃

d) 研修内容

① 座学

運転保守マニュアルを使用して、当該発電設備を中心とした下記基礎教育を行う。

- ・ 運転保守マニュアル全体の解説
- ・ 運転・保守管理の基礎（運転スケジュール・コントロール、予防保全の基礎的考え方、設備機能、事故・故障対策の基礎、予備品及び工具の管理、図面、書類の管理）

⁶ 実施期間は、日本から派遣されるインストラクターの移動期間（日本⇄現地）も含む。

② 現場研修

機材の据付、試運転期間中に下記項目・内容の研修を現場にて行う。

- ・ システムの起動及び停止方法（操作方法説明）
- ・ 実機での盤メータ・部品等説明
- ・ 故障時の緊急停止方法
- ・ 監視、目視点検方法
- ・ ケーブル等の清掃方法
- ・ 電気設備の保守方法（太陽電池モジュールの清掃含）

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を計画する背景

「イ」国においては、オフグリッドの太陽光施設の実績はあるものの、系統連系型太陽光発電設備の設置及び運用は初の事業となる。したがって、第一に当該施設において設備の運転・維持管理を担当する人材に運転・維持管理の方法を習得させるトレーニングプログラムを提供する必要がある。さらに本件に関連する電力公社やそれを管轄する電力省の設備・技術担当部署の職員等が、太陽光発電設備と系統連系に係る技術的特性や制度的課題を理解し、今後の「イ」国における再生可能エネルギー案件取組みやそのための民間発電事業者との協働の基礎となるような、基本的な部分にも重点を置きプログラムを計画実施する。

契約業者が実施する初期操作指導・運用指導は、運転、維持管理の現場における実践的な技術の取得を目的としているが、それらの実践技術の背景にある基礎知識を伝達することにより、運転、維持管理のさまざまな局面におけるより確かな判断力、応用力の基礎づくりを行い、さらには今後の類似事業への適用という発展性も視野に入れて実施するものである。

特に本計画では、系統電力の停電時にPVシステム単独で施設の一部に電力供給を行う「自立運転機能」を備える設備を導入するため、その利用にあたっての制約や課題を理解し、適切な運用を行えるように配慮する必要がある。

「イ」国には、再生可能エネルギー発電の系統連系の実績の無いことや系統の電力品質に関する技術的情報が少ないという問題があり、運用開始3ヵ月後に契約業者に設備の点検を行わせることとしているが、技術力の育成も同様のタイミングで実施し、習熟教育を充実させて、安全性の高い運転・維持管理技術の定着とその持続性を確実なものにする。

(2) ソフトコンポーネントの目標

上記の目的を達成するため、以下のような目標を設定する。

[現場の運転・維持管理人材について]

- ・ 操作員の通常時、緊急時の運転維持管理について、現場での操作方法だけでなく、太陽光発電設備の機能面、及び施設内の既設電力設備との関係において理解すること
- ・ 操作員が、日常及び長期的な維持管理と点検の内容及び重要性を理解し、それらを着実に実施するとともに、必要なスペアパーツや消耗品の調達や交換等をできること
- ・ 以上について、自ら日常的な作業ルーチンを検討し、運転維持管理計画を作成できること
- ・ 自立運転の電力供給先において、適切な負荷の選択や配置の検討ができること
- ・ 当該施設内外の新たな運転・維持管理人材の育成や指導を行うための基礎知識を得ること
- ・ 広報用リーフレットを活用し、外来者、見学者等にシステムの説明が行えること

[電力公社、電力省職員等の人材について]

- ・ 太陽光利用の理論・技術的特性や制度づくりにおける課題を理解すること
- ・ 発電事業者と電力公社との協定等に必要な技術的事項を理解すること
- ・ 新たな運転・維持管理人材の育成や指導、新たな事業を計画し実施するための基礎知識を得ること
- ・ 広報用リーフレットが活用され、太陽光利用を促進する活動が行われること

(3) ソフトコンポーネントの成果

- ・ 運転維持管理計画書が作成され、設置した太陽光発電設備が、計画通り運転され、自主的、持続的に維持管理されている
- ・ 自立運転の供給先で適切な負荷の配置がなされ、安全な運転が行われている。
- ・ 再生可能エネルギー発電設備の計画論と、その系統連系に係る制度設計に関連する基礎的な技術的知識が、電力省と電力公社の担当者に備わっている。
- ・ 広報用リーフレット等を活用した啓発活動が持続的におこなわれている

(4) 成果達成度の確認方法

目に見える成果としては、運転維持管理計画書がある。後述するとおり、本ソフトコンポーネントのプログラムは、竣工前後と運開3ヵ月後の2回に分けて実施する。運転維持管理計画書は、まず竣工前後の活動で演習として作成し、さらに運開3ヵ月後の演習では3ヵ月間の実績を踏まえた修正や改善がなされる。同様に、トラブルシューティングマニュアルは、日常的な障害への対応方法について、運転・操作担当者らが自ら答えを探して取りまとめるという過程で作成するものである。広報用リーフレットは、当該国の再生可能エネルギー利用の事情を踏まえて作成され、当該設備の紹介や再生可能エネルギー利用の

啓発等の目的で配布・使用される。

その他の竣工前後プログラムの実施成果の評価は運開 3 ヶ月後プログラムの着手時に以下のような方法で評価を行う。また、運開 3 ヶ月後プログラムを含めた全体プログラムの評価は、最終段階でのワークショップ向けに作成される資料で評価されるほか、アンケート等を実施して補助的な評価を行う。

- ・ 運開後 3 ヶ月間の運転記録、日常点検ログの確認・評価
- ・ 運開後 3 ヶ月間の事故・障害時対応ログの確認・評価
- ・ 運開 3 ヶ月後に実施するトラブルシューティングにおける Q&A 内容の評価
- ・ 演習、そのアウトプットとしてのワークショップ資料等で、設備全体のマネジメントにかかる知識取得状況の評価
- ・ 運開 3 ヶ月後プログラムの終了時に実施するアンケート

(5) ソフトコンポーネントの活動(投入計画)

1) 実施内容

ソフトコンポーネントは、上記の目標を達成するために一連の講義、演習、OJT 等を本邦コンサルタントが実施する。実施内容としては、太陽光発電設備の竣工前後の期間と運開 3 ヶ月後の期間を利用して、以下のような事項とする。

なお、前節で述べたとおり、調達・工事契約のなかには初期操作・運用指導が含まれているため、本件のソフトコンポーネントは、契約業者により実施される操作・運用指導とタイミングを合わせ、必要な技術と知識が研修対象者に効率的に伝わるよう計画する。下記の実施項目のうち（◆）印をつけた項目については、契約業者の実施する運転・維持管理指導に対し、ソフトコンポーネントでフォローアップを行う部分を示している。同項目については、契約業者の指導内容を受け、受講者にとって単なる「操作方法の暗記」にならないよう、システム全体の機能の中で操作の意味を理解できるような指導をソフトコンポーネントのなかで行う。

竣工前(約 4 週間前から)

基礎技術講義として、

- 太陽光発電の理論的基礎
- 太陽光発電の利用方法
- 系統連系の仕組みと計画
- 余剰の発生と逆潮流の理解
- 施設への系統からの電力供給
- 施設内電力需要、負荷の理解 (演習含む)
- 配電線停電時の太陽光設備の対応
- 自立運転の必要性和保護原理
- 自立運転給電先の負荷マネジメント太陽光発電設備の計画 (演習含む)

太陽光発電設備の計画（演習含む）
発電設備設置者の電力会社との間の取り決め

工事（接続）計画演習として

太陽光発電設備の据付
施設内の配電（演習含む）
施設内の電力設備と太陽光設備の接続（演習含む）
工事工程の計画（演習）
施工管理と検査・引渡し

OJT として

接続工事立ち会い
竣工検査立ち会い、等

竣工後

契約業者の運転指導に対するフォロー

起動、停止、再起動（演習含む）◆
日常管理の実施指導（演習）◆
定期点検について（演習含む）◆
機器構成と消耗品、軽微な交換作業（演習含む）◆
事故障害の発生と対応（演習含む）◆
自立運転時の操作方法（演習含む）◆

運転・維持管理活動の計画

日常管理のチェックシート作成（演習含む）
事故・障害の記録
設備が良好に維持される電気設備の管理方法（清掃等含む）
自立運転時のトラブル対応（演習含む）
以上の成果を、運転維持管理計画書として取りまとめ（演習含む）

再生可能エネルギー利用促進の啓発活動として

広報用リーフレット作成
（発電設備見学者他への配布を目的とした広報用リーフレットを PDF で作成）

一方、竣工・運転開始後の初期設定不具合や運転操作の習熟度の浅さから設備にトラブルや不十分な稼働が発生することがしばしばあり、これらの事象は日本でも海外でも同様である。そのため、設備運開後にしかるべき期間を置いて、再度の習熟教育プログラムを実施することが必須である。ここでは、およそ3ヵ月後に再度教育プログラムを実施する計画とし、実際に設備を運転した経験を踏まえ、設置した設備や設置先施設に固有の運用上の問題や事故障害解決上の問題点を抽出して、運転維持管理計画書等への反映を行い、より現実に即した確実な運用方法を確立すると共に、以降に発生することが予想される事故障害への迅速な対応を図る。また、発電量や逆潮流防止の出力抑制等の運用実績に対し分析を加え、季節変動への対応を含むより高度な運転計画や簡易な財

務分析を演習として実施し、発電設備の計画からマネジメントに係る技術の育成を行う。さらに、3ヵ月点検時の模様をビデオ等を活用し記録メディアに保存し、保守点検技術の継承・水平展開に活用することで、完了時点で発現した協力対象事業の成果が、より長い期間発現し、その結果全体プロジェクトの目標が達成することを目指す。

実施内容としては、以下のような事項となる。

運開3ヵ月経過時

定着度確認

運転操作指導を中心とした基本操作の定着度確認

日常的な運転・維持活動に関する定着度確認

運転実績に基づいた運転・維持管理活動の見直し

日常管理、事故時等の記録の検証による3ヵ月間の運転・維持管理実績の評価（プログラムのインプットとして）

トラブルシューティング（アンケート、質疑等により、現実の課題を抽出し解決策を探る）

自立運転操作記録の確認・評価と対応の見直し（演習含む）

日常管理チェックシート見直し（演習含む）

長期継続運転を目指した発電設備の維持管理技術の向上

季節の変化等を考慮した運転計画見直し

（日射量および負荷の季節変化に対応した運転時刻の設定、余剰発生を検討、等）

3ヵ月点検立ち会い

（3ヵ月点検はフューズ等の消耗品の一部をメーカー検査員が交換することを含）

定期点検の映像による記録

（上記3ヵ月点検等をビデオ撮影しDVD等の記録メディアに保存する）

運転実績に基づいたトラブルシューティングマニュアルの作成

一定の運転期間中にサイト運転員が記録した運転記録・トラブル記録（運営組織のトラブル含）について、日本側と対応案を議論する。またこれらの事例と対策を取りまとめて、トラブルシューティングマニュアルを作成。

適正な太陽光発電設備運営・管理体制の強化に対する支援

発電設備の簡易財務分析

（発電実績に基づいた想定収入とメンテコスト実績から収支を想定）

発電設備運用のためのマネジメント手法の確立

（より持続的な体制のあり方についての議論）

電力需要の増加への対応、有効利用に向けた計画策定

（電力利用実態を分析し、需要マネジメント（DSM）の可能性等を検討する）

総合演習

運転維持管理計画書のアップデート（演習含む）

理解度確認アンケート

ワークショップ

運転維持管理計画書・トラブルシューティングマニュアルの発表と、財務分析を含む運用状況の報告

2) 実施対象者

対象者は、以下のとおりとする。

施設管理担当者： 実際に太陽光発電設備を管理する当該施設の技術担当。

電力公社担当： 電力公社の職員で、配電、売電、発電管理等の部署の責任者／担当者レベルが想定される。技術系の素養を持ち、大学で電気工学を履修した者であることが望ましい。

保健省・電力省担当： 省の職員で、電力関係の制度設計、施設計画等の部署の責任者／担当者レベルが想定される。技術系の素養を持つこと（工学系の大学卒業者）が望ましい。

その他： 仮に、他の省等からの希望がある場合は、公共施設の計画、維持管理担当者の参加が考えられる。

上記対象者とその参加プログラムは、以下のとおりとなる。

表 3-2-4-3 プログラム実施項目と参加者

実施項目	施設管理担当 (3-4名程度)	電力公社担当 (2-3名程度)	保健・電力省担当 (2-3名程度)	その他 (3名程度)
竣工前				
基礎技術講義	○	○	○	○
工事計画演習	○	○	○	
OJT(検査等立ち会い)	○	○	○	
竣工後				
運転操作指導のフォロー	○	○		
運転・維持管理活動の計画	○			
啓発活動(広報リーフレット)	○	○	○	
運開3ヵ月後				
定着度確認	○	○		
実績に基づいた活動の見直し	○			
発電設備維持管理技術向上	○			
トラブルシューティングマニュアルの作成	○	○		
発電設備運営・管理体制の強化	○		○	
総合演習	○	○	○	○
ワークショップ	○	○	○	○

3) 実施工程

以上の活動について、そのスケジュールを以下に挙げる。

表 3-2-4-4 ソフトコンポーネント 1:竣工前後の活動

活 動		-4 週	-3 週	-2 週	-1 週	-0 週	1 週	2 週	3 週
活動内容	準備作業	■							
	基礎技術講義		■						
	工事計画演習			■					
	OJT (検査等立ち会い)				■				
	操作・運用指導					■	■		
	管理計画書演習							■	■
	啓発 (広報リーフレット)						■		
受講者	施設管理担当者		■	■	■	■	■	■	■
	電力公社		■	■	■	■	■		
	電力・保健省担当		■	■	■				
指導者	ソフコン管理者	■	■	■	■				
	ソフコン管理補助員					■	■	■	■
	通訳	■	■	■	■	■	■	■	■

表 3-2-4-5 ソフトコンポーネント 2:3ヵ月点検時の活動

活動(担当指導者)		1 週	2 週	3 週	4 週
活動内容	定着度確認(保守)	■			
	実績に基づいた運転・維持管理活動の見直し(組織)		■		
	発電設備維持管理技術向上(保守)			■	
	トラブルシューティングマニュアルの作成(保守)		■		
	太陽光発電所運営・管理体制の強化(組織)			■	
	総合演習(保守および組織)				■
	ワークショップ(保守および組織)				▼
受講者	施設管理担当者	■	■	■	■
	電力公社		■		■
	電力・保健省担当			■	■
指導者	ソフコン管理者(保守技術担当)	■	■	■	■
	ソフコン管理補助員(組織運営担当)		■	■	■
	通訳	■	■	■	■

(6) ソフトコンポーネントの実施リソースの調達方法

前述のとおり、系統連系型太陽光設備については「イ」国内に実績がないため、ソフトコンポーネントの実施は、本邦コンサルタントが実施することになる。コンサルタントは、系統連系型の太陽光設備の計画、実施について実績を持つものが望ましい。

指導に当たる本邦コンサルタントについては、竣工前後の実施時は、責任者と補助者の2名体制、運開3ヵ月後の実施時も、同様の体制とする。ただし、運開3ヵ月後の実施時は責任者が保守技術を担当し、補助者が組織運営を担当することで効率的に活動を進めていく。ローカルリソースについては、「イ」国で経験のないシステムの導入であるため、特に雇用は予定しない。

当該国の公用語はアラビア語であり、想定される参加者の中でも特に施設の設備管理技師等は、英語でのコミュニケーションはまったく不可能な場合がある。また、現地で調達可能な英アラビア語通訳にはどうしても専門用語の面で問題があるため、本邦コンサルタントが英語で講義を行い、それをさらにアラビア語に翻訳することは極めて不正確でわかりにくい講義となる危険性がある。したがって、通訳は日アラビア語とし、基本的に日本から委託・派遣をすることが望ましい。さらに、本計画の主要な機材であるパワーコンディショナ等は日本製であり、各種参考資料は日本語で書かれている可能性が高い。日アラビア語通訳を雇用すれば、ソフトコンポーネントの活動実施中も、必要に応じて追加的な翻訳（日本語からアラビア語）を行うことが可能となるなど、ソフトコンポーネントの内容に柔軟さを確保する効果も期待される。

(7) ソフトコンポーネントの実施工程

2010年12月に、調達代理機関と契約業者の間の契約が調印されると想定し、以降のスケジュールにおいて次のようなソフトコンポーネント実施を計画する。

作業項目	月	2010年度			2011年度								2012年度												
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
施工	機材製作																								
	納入期間(輸送・通関)																								
	現地工事																								
ソフトコンポーネント	実施																								
	報告																								

図 3-2-4-3 ソフトコンポーネントの実施スケジュール

(8) ソフトコンポーネントの成果品

成果としては、以下のものが挙げられる。

- ・本邦コンサルタントが作成したプログラム用テキスト
- ・実習で作成した施設内の結線図等
- ・広報用リーフレット

- ・実施状況報告書
- ・定期点検の映像による記録・
- ・運転維持管理計画書及びその修正版
- ・トラブルシューティングマニュアル
- ・ワークショップ発表資料
- ・アンケート結果（及びその評価）
- ・完了報告書（ログの評価やトラブルシューティングの内容記録含む）

(9) 相手国実施機関の責務

サイトはアデン市市街地にあるため、アデン市からの参加者にとっては特に大きな旅費等は発生しない。一方、仮に首都サヌアや他の都市からの参加がある場合には、旅費、宿泊費、手当等が必要となるが、これは相手国側の負担（参加者の所属先）となる。

一方、参加にあたっては、数週間の期間にわたり職場から離れる必要があるが、実施の効果を担保するためには、スケジュールに従って継続的に参加することが求められる。したがって、職場での理解と上長からの指示が明確に行われることが必要となる。

さらに、特に行政サイドからの参加者の選定にあたっては、今後、「イ」国の太陽光や再生可能エネルギーの実務を担当するものを参加させることが重要である。

3-2-4-9 実施工程

工期設定においては無償資金協力事業の制度上、定められた日程の範囲内で事業が完了しうる内容とする。

無償資金協力事業としての本事業の実施手順は以下のような流れになる。

- ① 政府間交換公文（E/N）
- ② コンサルタント契約
- ③ 現地詳細設計調査
- ④ 入札図書作成
- ⑤ 入札、業者契約
- ⑥ 資機材製造・調達
- ⑦ 現地基礎工事・据付・調整
- ⑧ ソフト・コンポーネント・プログラム実施
- ⑨ 完成引き渡し

本計画は E/N 締結後、約 30 ヶ月の工程で実施される（設備据付工事の竣工までは 26 ヶ月）。施設建設工期設定の条件として「イ」国の基準労働時間は 1 日 8 時間、休日は毎週金曜日、政府の祝祭日は年間 15 日である。また、ラマダン時期の現地施工能力の低下などを考慮し、適切な施工監理が可能となるよう工程を計画する。本計画の全体工期は主に

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

3-4-1 維持管理の基本的考え方

本計画で調達される発電設備は、日常的なレベルでは設置先のアルワヒダ病院が運営・維持管理を行うことができるよう計画されている。また、長期的には、事業の実施機関である保健人口省や技術的なアドバイザーの位置づけにある電力省の協力が必要になる。

当該発電設備が持つ性能及び機能を維持し、継続した電力供給を行うため、発電設備の信頼性、安全性及び効率性の向上を柱とした適切な予防保全と維持管理の実施が望まれる。以下の図に、維持管理の基本的な考え方を示す。

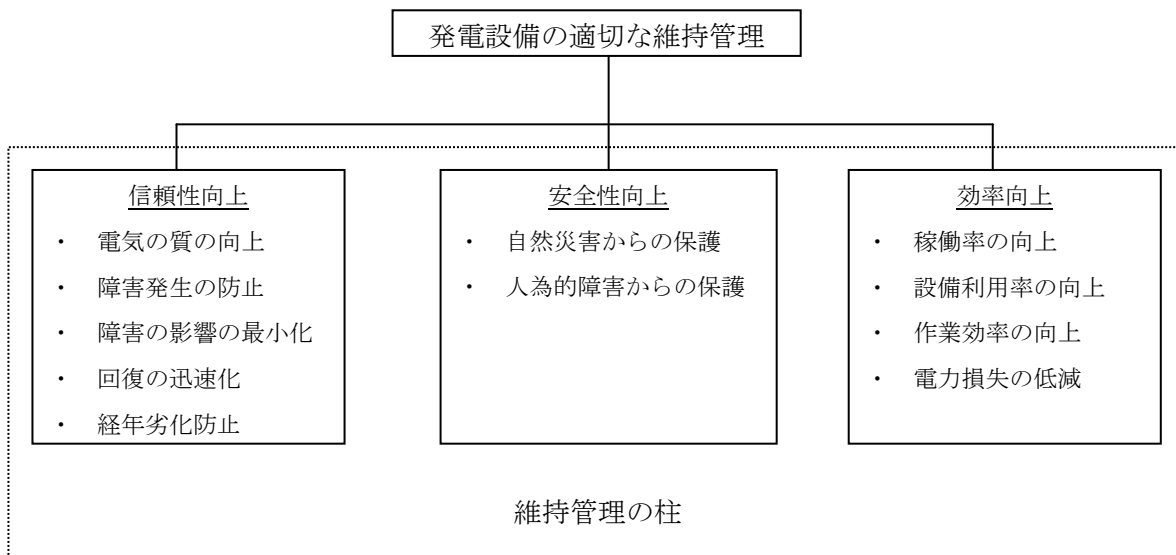


図 3-4-1-1 発電設備の維持管理の基本的な考え方

本計画においては、「イ」国は上記基本事項を念頭におき、契約期間中日本の契約業者が派遣する専門技術者による OJT とコンサルタントが提供するトレーニングプログラムを通じて移転される O&M 技術と、運転・保守マニュアルにしたがって事業完了後の運転・保守を実施する必要がある。

3-4-2 定期点検項目

「イ」国関係者は、以下に挙げる表に示される当該設備の標準的な日常点検及び定期点検項目および発電設備等製造会社が提出する運転・保守マニュアルに基づいて、本発電設備の運転・維持管理計画を策定し、電力需要に見合った経済的な運用計画を立案する必要がある。

(1) 日常点検

日常点検は、主として目視点検により日1回程度実施する。推奨される点検項目を下表に示す。異常が認められれば、管理責任者に相談する。

表 3-4-2-1 標準的な太陽光発電設備の日常点検項目および点検要領

区分	点検項目		点検要領
太陽電池アレイ	目視確認	a) ガラスなど表面の汚れおよび破損	著しい汚れ及び破損がないこと
		b) 架台の腐食及びさび	腐食及びさびがないこと
		c) 外部配線(接続ケーブル)の損傷	接続ケーブルに損傷がないこと
接続箱	目視確認	a) 外箱の腐食及び破損	腐食および破損のないこと
		b) 外部配線(接続ケーブル)の損傷	接続ケーブルに損傷がないこと
パワーコンディショナ	目視確認	a) 外箱の腐食及び破損	外箱の腐食・さびがなく・充電部が露出していないこと
		b) 外部配線(接続ケーブル)の損傷	パワーコンディショナへ接続される配線に損傷がないこと
		c) 通気確認(通気孔、換気フィルタなど)	通気孔をふさいでいないこと 換気フィルタ(ある場合)が目詰まりしていないこと
		d) 異音、異臭、発煙及び異常過熱	運転時の異常音、異常な振動、異臭及び異常な過熱がないこと
		e) 表示部の異常表示	表示部に異常コード、異常を示すランプの点灯、点滅などがないこと
		f) 発電状況	表示部の発電状況に異常がないこと

(2) 定期点検

定期点検は、隔月1回の実施が望ましい。奨励する点検項目を以下の表に示す。

表 3-4-2-2 標準的な太陽光発電設備の定期点検項目および点検要領

区分	点検項目		点検要領
太陽電池アレイ ⁷	目視、指触 など	接地線の接続及び接地端子の緩み	接地線に確実に接続されていること ねじに緩みがないこと
接続箱	目視、指触 など	a) 外箱の腐食及び破損	腐食および破損のないこと
		b) 外部配線の損傷および接続端子の緩み	配線に異常がないこと ねじに緩みがないこと
		c) 接地線の損傷および接続端子の緩み	接地線に異常がないこと ねじに緩みがないこと
	測定及び 試験	a) 絶縁抵抗	<太陽電池—接地線> 0.2MΩ 以上 ⁸ 測定電圧 DC500V (各回路ごとにすべて測定) <出力端子—接地間> 1MΩ 以上 測定電圧 DC500V
b) 開放電圧		規定の電圧であること 極性が正しいこと (各回路ごとにすべて測定)	
パワーコンディ ションナ	目視、指触 など	a) 外箱の腐食及び破損	腐食および破損のないこと
		b) 外部配線の損傷及び接続端子の緩み	配線に異常がないこと ねじに緩みがないこと
		c) 接地線の損傷及び接続端子の緩み	接地線に異常がないこと ねじに緩みがないこと
		d) 通気確認(通気孔、換気フィルタなど)	通気孔をふさいでいないこと。換気フィルタ (ある場合)が目詰まりしていないこと
		e) 運転時の異常音、振動および異臭の有無	運転時の異常音、異常振動及び異臭のない こと
		f) 表示部の異常表示	表示部に異常コード、異常を示すランプの点 灯、点滅などがないこと
	測定及び 試験	a) 絶縁抵抗(パワーコンディショナ入出 力端子—接地間)	1MΩ 以上 測定電圧 DC500V
		b) 表示部の動作確認(表示部表示、発 電電力など)	表示状況及び発電状況に異常がないこと
		c) 投入阻止時限タイマー動作試験	パワーコンディショナが停止し、所定時間後 自動始動すること
その他 太陽光発電用開 閉器	目視、指触 など	a) 太陽光発電用開閉器の接続端子の 緩み	ねじに緩みがないこと
	測定	a) 絶縁抵抗	1MΩ 以上 測定電圧 DC500V

7 太陽電池アレイについては、次の点につき点検しておくことが望ましい。

- － 太陽電池モジュールの表面の汚れ、ガラス表面の汚れ、ガラスの割れなどの損傷・変色がないか
- － 架台の変形、さび及び損傷並びにモジュール取付分の緩みがないか

8 絶縁抵抗の許容値

300V を超える絶縁抵抗の許容値は、0.4MΩ 以上となる。

3-4-3 長期的な運営と維持管理

太陽光発電設備の主要なコンポーネントである太陽電池モジュールやパワーコンディショナの期待寿命は、メーカーにより考え方が異なるが、適切な維持管理が行われその他の条件が整った場合で太陽電池モジュール⁹は20年、パワーコンディショナ¹⁰は15年程度である。しかし、実際の機器の寿命は、3-4-1節で述べた定期点検の実施状況や対応、日常的な管理状態により大きく変化する。また、機器としての寿命を迎える以前に、機器内部の部品が耐用年数を迎え交換が必要になる。

このような、耐用年数を迎えた主要な部品の交換を含む発電設備の長期的な維持管理作業は、本格点検、細密点検、オーバーホールなどと呼ばれるが、ここでは本格点検と呼称することとする。本格点検の実施頻度は、5～7年に1度である。

本格点検は、交換用の部品の調達や必要に応じメーカー技術者の招請が必要になるなど、設備の維持管理の中では最も費用を要する作業となる可能性がある。このため、通常の維持管理や定期点検とは異なる対応が必要となる。具体的には、通常の維持管理や定期点検は太陽光発電設備施設先施設（アルワヒダ病院）の設備管理担当人員で各年度予算内で対応されることが想定されるが、本格点検は施設だけでなくプロジェクトの実施機関である施設の管轄省庁（保健省）が財務的な支援を行うことが必要になると考えられる。また、系統連系を行っているため、電力会社の関与も必要となる。

表 3-4-3-1 本格点検を含む長期的な維持管理体制

	実施主体	日常・定期点検における役割	本格点検における役割
サイト	アルワヒダ病院	機器の運転 日常点検の計画・実施 定期点検の計画・実施	本格点検の計画・実施
実施機関	保健省	設備の使用状況、効果のモニタリング	本格点検の財務的支援
電力公社	PEC	系統連系（および逆潮流）に関する状況のモニタリング	本格点検の技術的支援

本計画においては、本格点検が着実に実施され、整備された設備が持続的に利用されるために、特に本格点検に対して適切な支援策を講じておくことが望ましい。以下の方法を支援策として計画する。

- ① 第一回の本格点検までに必要なスペアパーツをプロジェクトで調達（次節参照）
- ② 運転維持管理マニュアルにおいて、スペアパーツの使用方法を説明

なお、スペアパーツや点検の詳細はメーカーにより異なるため、具体的内容は応札業者に提案させ、最終的には契約業者が決定した際に確定することとなる。

9 太陽光発電システムの設計と施工 改定3版 太陽光発電協会（編）
10 メーカーへのヒアリング結果

3-4-4 スペアパーツ購入計画

太陽光発電設備用のスペアパーツは、運転時間に応じて交換する標準付属品と故障・事故等の緊急時に必要となる交換部品とに分類される。従って「イ」国側は、定期点検サイクルに見合う様に、これ等の部品を購入する必要がある。

本計画では、第一回の本格点検までに必要なスペアパーツを調達する計画であり、その主要品目は定期点検項目から表 3-4-4-1 のとおりである。従って「イ」国側は、これ以降のスペアパーツを、また必要な緊急交換用部品の購入費用を準備する必要がある。

表 3-4-4-1 太陽光発電設備用予備品及び保守用工具類

No.	項目	数量
太陽光発電設備用予備品		
(1)	消耗予備品	
	1) 低圧回路用ヒューズ(各種)	200%
	2) ランプ(各種)	200%
	3) 表示用ランプ	200%
	4) 盤用蛍光灯、グローランプ(各種)	200%
	5) 避雷器(各種)	200%
(2)	緊急予備品	
	1) 各種 MCCB	各種 1 セット
	2) 補助リレー	各種 1 セット
	3) コンデンサー	200%
	4) ファン	200%
	5) 太陽電池モジュール	納入枚数の 3%
6) 太陽光発電用パワーコンディショナ(スタンバイ機)	1 セット	
太陽光発電設備用工具		
(1)	試験用器具	
	(1) AC クランプメーター	1 台
	(2) 絶縁抵抗計(メガ)500V	1 台
	(3) 簡易型設置抵抗計	1 台
	(4) 検相計	1 台
	(5) 低圧用電圧検電器	1 台
(6) デジタル式マルチメータ	1 台	
(2)	工具	
	(1) ドライバー(マイナス)	2 個
	(2) ドライバー(プラス)	2 個
	(3) ニツパ	2 個
	(4) ペンチ	2 個
	(5) 端子圧着ペンチ	2 個
	(6) カードテスタ	1 個
	(7) ワイヤーストリッパー	2 個
	(8) ケーブルカッター	2 個
(9) トルクレンチ(トルク管理機能付)	1 個	

3-5 プロジェクトの概略事業費

3-5-1 協力対象事業の概略事業費

本協力対象事業を実施する場合に必要な事業費総額は、6.05億円となり、先に述べた日本とイエメン国との負担区分に基づく双方の経費内訳は、下記(3)に示す積算条件によれば、次のとおりと見積られる。ただし、この額は交換公文上の供与限度額を示すものではない。

(1) 日本側負担経費

本計画の概略事業費の積算結果は以下のとおりである。

表 3-5-1-1 本プロジェクトの概略事業費 日本側負担分

項 目	概略事業費(百万円)
機材費	535
調達代理機関・設計監理費	70
事業費合計	605

(2) イエメン国負担経費

本計画の実施における「イ」国サイドの責任については3-3節で述べたとおりであるが、うち、事業実施時に費用が発生するものとしては、以下の事項がある。

- ・用地のクリアリングと整地
- ・研修プログラムに対する省庁や電力公社等からの研修員の派遣

用地のクリアリングと整地については、現状、用地は空き地になっており、特にクリアリングや整地を必要とする状況にない。また、第2次調査において、当該用地に今後ものを設置したりせず、空地として維持するよう、調査団から確認を行っている。したがって、据付工事等に先立ち特定の費用が発生するとは考えがたい。

一方、研修プログラムへの参加については、サイトがアデン市にあるため、首都サヌアや他の都市から研修員が派遣される場合には、旅費宿泊費や手当等等の支出が発生すると考えられる。

2-4-8節のソフトコンポーネント計画における想定参加者をベースに、研修生派遣の費用を概算したものが以下の表である。

表 3-5-1-2 研修プログラムへの派遣費用 イエメン側負担分

参加者	拠点	参加人数	移動費 (サヌアーアデン飛行機代)		日当・宿泊			
			単価	計	単価	日数	計	
(竣工前後の活動)								
設備管理担当者	アデン	6				49	0	
電力公社担当者	サヌア	0	158	0	100	0	0	
	アデン	3			0	35	0	
保健省担当	サヌア	2	158	316	100	21	4,200	
	アデン	0			0	0	0	
電力省担当他	サヌア	2	158	316	100	21	4,200	
	アデン	0			0	0	0	
小計		13		632			8,400	
(3ヵ月点検時の活動)								
設備管理担当者	アデン	6			0	28	0	
電力公社担当者	サヌア	0	158	0	100	0	0	
	アデン	3			0	14	0	
保健省担当	サヌア	2	158	632	100	14	2,800	
	アデン	0			0	0	0	
電力省担当他	サヌア	2	158	316	100	14	2,800	
	アデン	0			0	0	0	
小計		13		948			5,600	
(終了時 WS 開催の場合)								
会議費(25人規模、資料・飲み物・軽食込)								2,500
合 計								18,080

単位：米ドル

$$\$18,080 \times 96.53 \text{ [円/ドル]} \div 0.471 \text{ [円/リエル]} = 3,705,000 \text{ リエル}$$

(3) 積算条件

1. 積算時点 : 平成21年10月
2. 為替交換レート : 1 US\$ = 96.53 円
1 YR (イエメンリエル) = 0.471 円
3. 施工・調達期間 : 詳細設計、工事(または機材調達)の期間は、施工工程に示したとおり。
4. その他 : 積算は、日本国政府の無償資金協力の制度を踏まえて行うこととする。

3-5-2 運営・維持管理費

(1) 運営・維持管理費の概算

運営・維持管理費の試算にあたり、まずは以下の費用項目が考えられる。

1. 日常操業にかかる費用
2. 運営・維持管理にかかる人件費
3. 修繕に必要なスペアパーツ費用
4. 機材にかかる更新費用

なお、ここでは、発生の可能性が予測できない機械等の故障とその修繕にかかる費用は考慮しない。同様に、いたずらや破壊行為による設備の故障や破損に対処する費用も考慮しない。また、特に瑕疵担保保障期間以降の機器の修繕或いは不具合への対応等で日本からの技術者の派遣が必要になる可能性もゼロではないが、これも同様に発生の可能性が予測できないため、その費用を考慮しない。

1) 日常操作にかかる費用

太陽光発電施設は燃料等を使用しないため、この項目に該当する費用はほとんどない。わずかではあるが、モジュールの清掃に要する水道代や発電時間帯外のシステム電源や空調に要する電気代等があるが、小額であるため無視する。

2) 運営・維持管理にかかる人件費

当該施設においては、電気機器等を含む設備を管理する常駐職員がおり、これら職員によって太陽光発電設備の運営管理は可能である。したがって、本プロジェクトが追加的に要求する人員はない。

一方、運営管理のために要する時間から、人件費相当額を試算すると、以下のとおりとなる。(積算資料より、「軽作業員」の日給\$22.86を使用)

- ・設備の日常点検（モジュールおよびキュービクル内の目視点検） 0.5 時間／日
 $0.5 \text{ 時間} \div \text{日労働時間} (8 \text{ 時間}) = 0.06$ 、 $0.06 \times \$22.86 = \$1.37 / \text{日}$
- ・モジュールの清掃（10kW あたり 1 時間／月） 30 時間／月
 $30 \text{ 時間} \div 30 \text{ 日} \div \text{日労働時間} (8 \text{ 時間}) = 0.13$ 、 $0.13 \times \$22.86 = \$2.97 / \text{日}$

以上より、\$4.34／日が得られる。これに 365 日を乗じ、イエメンリエルに換算する。

$$\$4.34 \times 365 = \$1,584.1$$

$$\$1,584.1 \times 96.53[\text{円} / \text{ドル}] \div 0.471[\text{円} / \text{リエル}] = 324,000 \text{ リエル} / \text{年}$$

3) 修繕に必要なスペアパーツ費用

本プロジェクトで調達される太陽光発電設備は、一般的に日本国内においては 10 数年から 20 年近い期待寿命があるとされる。なかでも PV モジュールについては、そもそも可動部品がないため故障は少なく、また維持のための費用もほとんどかからない。また本プロジェクトで調達する日本製の PV モジュールは特に、外国製品と比較し長期間の使用による劣化（出力低下）が小さいとされている。さらには、設備上必要とされるモジュール枚数の 3% に相当するモジュールを予備として納入する。したがって、實際上、PV モジュールに関して購入するパーツ等はないと考えてかまわない。必要なスペアパーツ等として対象となるのは、主にパワーコンディショナ関連のものになる。

3-4-3 節で述べたとおり、本計画では、設備の調達の際に、運用開始後第 1 回目の本格点検までに必要となる部品等をスペアパーツとして納入することとしている。したがって、基本的に第 1 回目の本格点検までに必要となるパワーコンディショナ関連のスペア

パーツ等の費用はない。この第1回目の本格点検は、厳密には機材を納入するメーカーによって異なるが、おおむね運用開始後約7年後に行うべきものである。

一方、パワーコンディショナの周辺機器で消耗による部品交換等が必要になるものとして、エアコンディショナが挙げられる。これは、契約業者が納入するスペアパーツに含まれていない。

したがって、第1回目の本格点検実施以前は、エアコンを含むその他周辺機器の費用、以降は、これにパワーコンディショナ機材を維持していくにあたって必要なスペアパーツ等を合わせて購入していく必要がある。その費用は概略的、かつ平均的には以下のとおりと推計される。

表 3-5-2-1 スペアパーツ等購入費用

	次回本格点検まで	年平均
パワーコンディショナ関係 (第1回本格点検までは不要)	約 315 万円	約 45 万円
エアコンを含むその他周辺機器	約 105 万円	約 15 万円
合計(第1回本格点検以降)	約 420 万円	約 60 万円

単位：日本円

注：前述のとおり、上記費用は部品代のみで、メーカーからの技術者派遣に伴う人件費・旅費等は含まれていない。また、設備の使用環境により大きく異なる可能性がある。

以上より、第1回目の本格点検実施以前は、エアコンを含むその他周辺機器の費用として年15万円程度、以降は、パワーコンディショナ機材を維持していくにあたってスペアパーツ等を合わせて年60万円程度の費用が発生する。

$$150,000 \div 0.471 \text{ [円/リエル]} = 318,000 \text{ リエル/年}$$

$$600,000 \div 0.471 \text{ [円/リエル]} = 1,373,000 \text{ リエル/年}$$

4) 機材にかかる更新費用

前項3)で述べたとおり、PVモジュールは期待寿命が長く、劣化も遅いため、更新することは想定しない。

一方、パワーコンディショナについては、通常の電気製品と同様長期間の使用による劣化があり、また部品によっては法定耐用年数が定められているものもある。これらについては、基本的に前項に含まれるスペアパーツの購入・交換で考慮されており、本格点検における対応を超える設備全体の老朽化やそれに伴う更新等は考慮しない。

(2) 運営・維持管理費用の負担

当該施設は電力料金を負担しておらず、太陽光発電設備による財務上のメリットは当該施設に帰着するものではない。一方、上記のとおり設備の維持管理にあたり金銭的な支出が必要となるほか、運転・維持管理要員を供出するという負担が存在する。

病院の財務資料を以下の表に挙げる。

表 3-5-2-2 アルワヒダ病院の収支 2006 年

支出		収入	
管理部費用(5%負担)	18,183,230	初期検診費収入	6,469,800
人件費(40%負担)	839,150	専門医検診費収入	849,400
35%負担項目		入院費収入	3,078,400
広告費	158,796	手術費(大)収入	5,329,900
通信費	86,876	手術費(小)収入	3,277,600
薬品、消耗品	251,670	出産費収入	2,461,000
事務用品	646,430	輸血費収入	3,416,750
医療機器維持管理費	336,930	検査費収入	2,168,920
車両維持管理費	417,075	レントゲン費収入	1,033,500
燃料費	28,050	顕微鏡検査費収入	477,900
車両スペアパーツ	285,065	器械使用料収入	2,296,800
20%負担項目		心臓検診費収入	309,500
管理部ボーナス	89,725	脳検診費収入	354,750
その他支出	8,560,485	自然療法収入	452,000
給与・手当等	2,580,610	歯科治療収入	6,500
派遣費	158,600	インターネット使用料収入	6,000
内部派遣費	256,000	団体健診収入	596,800
手数料	134,500	その他	874,010
食事・被服費	169,760		
合計	33,182,952	合計	33,459,530

出典：アルワヒダ病院、単位：イエメンリエル

病院の運営にかかる費用は、その大部分が政府の資金でまかなわれているが、うち一部については、診療収入と支出の一部をバランスさせる形になっており、上表がその部分に該当する。ここで、例えば医療機器維持管理費の33万リエルは35%負担の項目であるため、実際の支出は約100万リエル強、日本円で50万円弱程度と見られる。このような収支状況にあって、年15万円、或いは60万円（第1回本格点検以降）を太陽光発電設備の維持管理費として捻出することは容易ではないと推察される。

一方、太陽光発電設備により発電される電力量は、前述のとおり年間最大 500MW 程度と見られる。これがすべて病院内で消費され電力会社からの買電量を代替するとすると、1kWh あたり 30 リエルの現行の電力料金において、次のような経済的利益が発生する。

$$500\text{MWh} \times \text{YR}30/\text{kWh} = \text{YR } 15,000,000 \approx 7 \text{ 百万円}$$

この額は、上で述べた維持管理費を十分に上回るものである。したがって、発電設備設置前と比較し電力料金が削減される分を適切に管理することにより、維持管理費の手当ては可能であり、受入国にとって追加的な負担とはならない。

3-6 協力対象事業実施に当たっての留意事項

本計画が円滑に実施されるためには、以下の事項について留意する必要がある。

(1) 逆潮流の扱い

本計画においては、電力公社の技術的な判断により、太陽光発電設備が余剰電力を発生した場合もそれを系統に流さない、すなわち逆潮流させない設計となっている。アルワヒダ病院は、現在大規模な建物のリハビリテーションを行っており、同工事完了後の電力需要は現状の計測値と比較し、かなり増加すると見込まれる。したがって、本計画の設備規模ではそもそも余剰電力はあまり発生しないと予想される。しかし、今後、類似設備が国内に整備される可能性を考えると、本計画の実施をひとつの契機として、逆潮流に関する制度を検討することも有益であった。一方、今回整備される太陽光発電設備は、通常の発電設備に逆潮流を発生させない制御を追加した形で設計されており、操作盤で設定を行えば逆潮流を可能な状態とすることもできる（ただし、電力に余剰がある場合に限る）。

したがって、電力省や電力公社の職員も参加する計画であるトレーニングプログラム（ソフトコンポーネント）の場では、逆潮流も話題として取り上げ、「イ」国内で類似設備が整備される際に備えるとともに、電力省や電力公社における制度づくりへの取組みを促進する一助となるよう配慮する。

(2) 維持管理体制

本計画の太陽光発電設備の整備は、保健省を実施機関とし、日々の運転・維持管理作業はアルワヒダ病院で行われることになる。同病院のメンテナンス部のスタッフは、既設ディーゼル発電機の運転を含め病院施設の電気設備を管理してきており、太陽光発電設備の運転・維持管理を行うことは十分可能だと考えられるが、そのためには関連する新たな知識と技術の習得が前提条件となる。また、長期的な維持管理には技術的に高度な知識が求められるため、電気設備の扱いに慣れた電力公社や、その管轄機関である電力省の協力が必要となる。

(3) 自立運転の利用

本計画では、設置先機関の強い要望に基づいて、太陽光発電設備に自立運転機能が備えられている。この機能を安全かつ有効に使用するためには、太陽光発電の特性とそれによる発電設備の稼働についての知識、および需要（自立運転時の接続先）側の機器の特性と現場でのマネジメント等について十分に理解し実践することが必要になる。

以上から、太陽光発電設備の運転・維持管理を担当することになるメンテナンス部の技師だけでなく、病院の電気機器等を利用・管理している技術者、研究者等も、研修プログラムに参加する、或いは少なくともその結果が伝達される、などが行われて、自立運転について一定の知識を持っておくことが必要である。