

カンボジア王国
鉱工業エネルギー省

カンボジア王国
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 23 年 2 月
(2011 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

産 業
CR (1)
10-164

序 文

独立行政法人国際協力機構はカンボジア王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することを決定し、平成 21 年 12 月 6 日から 12 月 17 日まで、平成 22 年 3 月 1 日から 3 月 30 日までの 2 回に亘り、株式会社ニュージェックの松田康治氏を総括とし、調査団を現地に派遣しました。

調査団はカンボジア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 10 月 17 日から 10 月 22 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。

終わりに、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 23 年 2 月

独立行政法人 国際協力機構
産業開発部長 桑島 京子

要 約

要 約

① 国の概要

カンボジア国（以下、「カ」国）はインドシナ半島の中央のやや南西に位置し、タイ、ラオス、ベトナムと国境を接している。国土は東西約 560 km、南北約 440 km に及び、総人口は 13.4 百万人（2008 年政府統計）、総面積は我が国のほぼ半分にあたる 181,035 km² で、タイの約 3 分の 1 の面積を有している。「カ」国の自然地理を特徴付けているのはメコン川とトンレサップ湖であり、メコン川は、全長 4,200 km に及ぶアジアの大河で、「カ」国領内を約 486 km 流下している。

気候は熱帯モンスーン地域に属し、5 月下旬～10 月下旬の雨季と 11 月上旬～5 月中旬の乾季の 2 つの季節に分かれ、雨量は雨季後半の 9 月～10 月が最も多い。年間を通じて高温多湿で、年間平均気温は、27.6℃ である。

「カ」国は、典型的な農業国であり、水稻耕作は盛んに行われていた。しかしながら、ポル・ポト政権時代に社会インフラが破壊されたことにより、経済は壊滅状態となった。1980 年代はソ連や東欧諸国より経済的・人的支援を受けていたが、1990 年代以降、国連の支援が開始され、我が国を含む欧米諸国の復興支援が活発化し市場経済化を推進する上で復興の大きな力となっている。

「カ」国経済は 2000 年～2007 年に国内総生産（GDP）伸び率が平均 9.4% の高い成長率を示し、2008 年では 6.7% であった。この高い経済成長率の背景には海外からの外国直接投資があり、1994 年から 2007 年までの外国直接投資による登録資本金の累計額は 148 億 3,000 万米ドル¹ となっているが、国別では中国が最大で 17 億 6,000 万米ドル、次いで韓国が 15 億米ドルとなっている。中国、韓国からの投資は縫製業関係や不動産に多く、マレーシアやシンガポールからは、ゴムや観光分野に多く投資されている。

「カ」国の主要産業は観光・サービス（GDP の 37.5 %²）、農業（同 31.7%）、鉱工業（同 23.8 %）で観光・サービスと農業で国内総生産の約 70% を占める。主要貿易相手国³ は輸出ではアメリカ（45.2%）、香港（19.3%）、カナダ（6.7%）で、輸入では中国（21.1%）、タイ（15.8%）、香港（13.3%）となっている。

「カ」国の国内通貨はリエル（Riel）であるが、プノンペン市内ではドルも流通しており、2010 年 2 月時点の為替レートは 1 US\$ = 4,240 Riel であった。

¹ バンコク週報 1314 号（2008 年 3 月 17 日）の国際ニュース

² 2008 年、カンボジア政府資料

³ 2008 年、カンボジア政府資料

② プロジェクトの背景、経緯及び概要

「カ」国は 1995 年 12 月、国連気候変動条約（UNFCCC）に批准し、また、京都議定書（COP3）については 2002 年 8 月に批准し、非附属書Ⅰ国となっている。「カ」国は 1996 年改訂版 IPCC ガイドラインを用いて 1999 年に第 1 回国別温室効果ガスインベントリの作成を開始し、第 8 回気候変動枠組条約締約国会議に提出した。「カ」国の 2000 年温室効果ガスインベントリは 2009 年に完成予定である⁴。

電力セクターに限れば 2007 年のプノンペン市系統への電力供給の内 90%が重油・ディーゼル油焚きの火力発電所（主にディーゼル）から供給されている⁵。2009 年 8 月にプノンペン～タケオ～ベトナム国境までの送電線建設工事が完了（ADBの支援）し、100MWの電力輸入が開始されており、2011 年までにはトータルで 200MWの電力輸入を行う予定である。しかしプノンペン市系統のピーク需要は 290MWと見込まれており、ディーゼル発電機からの電力供給は引き続き継続される予定である。

また、2009 年時点の世帯電化率は 20%で、「カ」国政府は 2030 年までに世帯電化率 70%達成を目標に掲げており、地方電化においては太陽光、バイオマス、小水力等の再生可能エネルギー技術の活用を謳っている。「カ」国のエネルギー、電力部門への海外からの開発援助件数（2000 年以降）は 2010 年時点での完了・継続案件を含めて 34 件⁶で、社会基盤整備への援助案件としては、道路・輸送（79 件）、及び水供給・公衆衛生（36 件）に次ぐ援助数で、「カ」国側のこの分野に対する開発援助の期待が伺われる。

このような中、「カ」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「カ」国は 2009 年 10 月に我が国へ本無償資金協力を要請した。

この要請を受け、JICA は 2009 年 12 月 6 日から 12 月 17 日にかけて第一次現地調査を実施し、最適な候補地としてプノンペン水道公社が運営するプンプレック浄水場を選定することを「カ」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

上記の要請及び第一次現地調査結果に基づき、JICA は第二次現地調査団を 2010 年 3 月 1 日から 3 月 30 日まで「カ」国へ派遣し、現地調査、関連資料の収集、「カ」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纏めた。JICA は 2010 年 10 月 17 日から 22 日まで概略設計概要説明調査団を「カ」国に派遣し、協力準備調査概要書の説明及び協議を行い、

⁴ この段落は独立行政法人国立環境研究所の「アジアの温室効果ガスインベントリへの取り組み」から抜粋。

⁵ 出典：EDC Annual Report 2007

⁶ 出典：CDC ホームページ（http://cdc.khmer.biz/Reports/reports_by_sector.asp）

「カ」国政府との間で基本合意を得た。受入国側の責任機関は鉱工業エネルギー省、実施機関はプノンペン水道公社である。

調査の結果、策定した協力事業は、488 kW の太陽光発電システムを調達して、プンプレック浄水場に設置し、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。

計画区分	計画内容
計画対象	プンプレック浄水場 488 kW 太陽光発電システム －No.2 配水池屋上(264.6 kW)、No.3 配水池屋上(173.8 kW)、薬注棟屋上(50.4 kW) －太陽光発電システムは系統連系し、バッテリーは装備しない －系統停電時は、太陽光発電システムも運転を停止し、単独運転は行わない
発電システムの調達と据付工事	・ 488kW の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 －集電箱 －パワーコンディショナー －パワーコンディショナーキュービクル －環境計測装置 －監視装置及び遠隔監視システム －外部・内部雷対策装置 －太陽電池モジュール用架台 －太陽電池モジュール用架台基礎及びキュービクル用基礎 －系統接続箱 －表示装置 －ケーブル敷設 ・ No.2 及び No.3 配水池屋上全面防水工事
予備品と保守用工具類の調達等	・ 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）及び工具類 ・ 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

本計画を我が国の無償資金協力で実施する場合、概略事業費は我が国負担経費で約 7.0 億円、「カ」国側の経費負担は無い。

本計画の工期は入札手続きに約 5.5 ヶ月、機材の調達・据付で約 9.5 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、実施機関であるプノンペン水道公社が実施する。また、責任機関である鉱工業エネルギー省と関連機関であるカンボジア電力

公社は運転・維持管理に対する助言を行う。

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且つ持続的なものとするとともに、「カ」国における系統連系型の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。

本計画の一義的効果は、一次エネルギーを化石燃料に依存する「カ」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 2007 年数値で年間約 400 t-CO₂と予測される。

また、プノンペン水道公社の水道料金は生産コストが近年上昇しているにも拘らず 2001 年以降料金据置きとなっている。生産コストに占める電気料金コストは 2008 年時点で約 80% であり、本計画による電気料金コストの削減はプノンペン水道公社の経営基盤を強化し、ひいてはプノンペン市民に購入可能な水道水を提供し、市民の保健衛生の増進に寄与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「カ」国に貢献することになる。

以上の点から、本計画は我が国の無償資金協力として実施するに極めて有効且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 - 6
1-1-3 社会経済状況.....	1 - 8
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要.....	1 - 10
1-3 我が国の援助動向.....	1 - 11
1-4 他ドナーの援助動向.....	1 - 12
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 - 3
2-1-3 技術水準.....	2 - 5
2-1-4 既存施設・機材.....	2 - 5
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況.....	2 - 6
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	2 - 6
2-2-2 自然条件.....	2 - 8
2-2-3 環境社会配慮.....	2 - 10
2-3 その他（グローバルイシュー等）.....	2 - 12
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 自然環境条件に対する方針.....	3 - 2
3-2-1-2 社会経済条件に対する方針.....	3 - 4
3-2-1-3 建設事情／調達事情等に対する方針.....	3 - 4
3-2-1-3 現地業者の活用に係る方針.....	3 - 4
3-2-1-4 運営・維持管理に対する方針.....	3 - 5
3-2-1-5 施設、機材等のグレードの設定に係る方針.....	3 - 5
3-2-1-6 工法／調達方法、工期に係る方針.....	3 - 5
3-2-2 基本計画（施設計画／機材計画）.....	3 - 6

3-2-3	概略設計図	3 - 20
3-2-4	施工計画／調達計画	3 - 20
3-2-4-1	施工方針／調達方針	3 - 20
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項	3 - 23
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分	3 - 24
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画	3 - 25
3-2-4-5	品質管理計画	3 - 26
3-2-4-6	資機材等調達計画	3 - 26
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画	3 - 27
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画	3 - 29
3-2-4-9	実施工程	3 - 36
3-3	相手国側分担事業の概要	3 - 37
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3 - 38
3-4-1	運営・維持管理組織と人員	3 - 38
3-4-2	定期点検項目	3 - 40
3-4-3	長期的な運営と維持管理	3 - 42
3-4-4	スペアパーツ購入計画	3 - 43
3-5	プロジェクトの概略事業費	3 - 44
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	3 - 44
3-5-2	運営・維持管理費	3 - 44
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	3 - 47
第 4 章	プロジェクトの妥当性の検証	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前提条件・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	定量的な効果	4 - 4
 [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.	収集資料	
7.	その他の資料・情報	



カンボジア国全体図



プノンペン市内位置図

施設現況



プンプレック浄水場正面入り口

PPWSA が管理する浄水場、PPWSA はここを含めて 3 つの浄水場を運営している。



プンプレック浄水場前のロータリー

プンプレック浄水場はプノンペン市内のほぼ中心に有り、隣にプノンペン駅も有る。



プンプレック浄水場構内 (1)

奥に見える茶色及び灰色部分が今回 PV システムを設置する第 2 及び第 3 配水池屋上。赤屋根は今年完成した新建物。



プンプレック浄水場構内(2)

PPWSA の本部もこのプンプレック浄水場構内にある。左手の青い屋根の建物に総裁室がある。



第 2 配水池建物

今回 PV システムを設置する第 2 配水池建物。1996 年に JICA の無償資金協力で完成。



第 3 配水池建物

今回 PV システムを設置する第 3 配水池建物。2003 年に JICA の無償資金協力で完成。



第 2 配水池建物屋上

屋上は2つのブロックに分けられており、白い建物は換気室。表面は直射日光の影響を和らげるため、砂利で覆われている。



第 3 配水池建物屋上

白い建物は換気室。ここも表面は砂利で覆われている。右手の白いブロックは雨水用の排水枡。



電気室内配電盤

電気室には高圧用及び低圧用の配電盤が並んでおり、低圧用の配電盤に今回接続する。



浄水関連ポンプ群

ブプレック浄水場の日生産能力は 15 万トン、PPWSA 全体では日 30 万トンでプノンペン市内に水道水を供給している。



浄水場制御建物

浄水場の制御建物で、この中に PV システム監視装置を設置する。



浄水場制御室

制御建物内の制御室。この隣に監視装置を設置する。



水道料金支払所

一般市民は水道料金支払いの為、構内への出入りは自由になっている。PV システムの表示装置は奥の壁面に設置予定。



シハヌークビル港

カンボジア唯一の外港であるシハヌーク港。日本からの調達機材はここで陸揚げされ、プノンペン市へ輸送される。

図表リスト

図 1-1.1	「カ」国電力系統図（2007 年現在）	1 - 2
図 1-1.2	プノンペン系統日負荷曲線.....	1 - 3
図 1-1.3	村落電化計画.....	1 - 6
図 2-1.1	鉱工業エネルギー省組織図.....	2 - 1
図 2-1.2	PPWSA 組織図（2009 年 10 月現在）	2 - 3
図 2-1.3	ポンプレック浄水場構内施設配置図.....	2 - 6
図 2-2.1	輸送経路.....	2 - 7
図 2-2.2	ポンプレック浄水場位置図.....	2 - 7
図 2-2.3	プノンペン市半径 500 km 以内の地震マップ	2 - 9
図 3-2.1	浄水場構内全体図.....	3 - 8
図 3-2.2	第三配水池 単独ブロックレイアウト図.....	3 - 9
図 3-2.3	薬注棟 帯状ブロックレイアウト図.....	3 - 10
図 3-2.4	配水池屋上構造概念図.....	3 - 11
図 3-2.5	防水工事イメージ図.....	3 - 11
図 3-2.6	安定計算概要図.....	3 - 13
図 3-2.7	調達にかかる各機関の役割.....	3 - 21
図 3-2.8	計画実施時の関係図.....	3 - 21
図 3-2.9	ソフトコンポーネントの実施スケジュール	3 - 35
図 3-4.1	発電システムの維持管理の基本的な考え方	3 - 38
図 3-4.2	PPWSA の運営・維持管理組織図.....	3 - 39
図 4-2.1	期待発生電力量.....	4 - 5
表 1-1.1	2009 年末の免許事業者数.....	1 - 1
表 1-1.2	2009 年末の設備容量と発送発電量（発電タイプ毎）	1 - 2
表 1-1.3	2009 年末の設備容量と発送発電量（事業者毎）	1 - 2
表 1-1.4	プノンペン系統の年間最大負荷(MW).....	1 - 3
表 1-1.5	プノンペン地区の電力料金体系（2009 年 12 月 31 日時点）	1 - 4
表 1-1.6	進行中の電力開発計画.....	1 - 5
表 1-1.7	計画中の電力開発計画.....	1 - 5
表 1-1.8	電力セクターに係る上位計画と長期電力開発計画	1 - 7
表 1-1.9	再生可能エネルギー包蔵量と開発状況	1 - 8
表 1-3.1	我が国の技術協力・有償資金協力実績（2009 年 12 月末現在）	1 - 11
表 1-3.2	我が国無償資金協力実績（2009 年 12 月末現在）	1 - 11
表 1-4.1	他ドナー国・国際機関による援助実績（2009 年 12 月末時点）	1 - 12
表 2-1.1	PPWSA の経営比較（2003 年と 2006 年）	2 - 2
表 2-1.2	プノンペン水道公社浄水場の日生産能力.....	2 - 2
表 2-1.3	プノンペン水道公社の財務状況.....	2 - 4

表 2-1.4	PPWSA の保守基準（電気関係）	2 - 5
表 2-2.1	プノンペン市内 月別日降雨量集計（2007 年、2008 年、2009 年）	2 - 8
表 2-2.2	電力分野の IEIA、EIA 基準	2 - 10
表 2-2.3	環境社会影響項目に関するスクリーニング結果	2 - 11
表 3-2.1	「カ」国との太陽光発電システムに係る合意事項	3 - 1
表 3-2.2	「カ」国側からの要望・合意事項と基本計画の対比	3 - 6
表 3-2.3	防水機能の重要性比較	3 - 12
表 3-2.4	基礎ブロックの安定計算結果（単独ブロック）	3 - 13
表 3-2.5	架台・基礎関連諸元等	3 - 14
表 3-2.6	PPWSA における消費電力の時間推移	3 - 16
表 3-2.7	太陽光発電システムの期待発電量	3 - 16
表 3-2.8	「カ」国電力基準と継電器の整定値（案）	3 - 17
表 3-2.9	主要資機材リスト	3 - 18
表 3-2.10	相手国実施体制	3 - 22
表 3-2.11	現地建設業者の役割と求められる元請業者が派遣する技術者	3 - 22
表 3-2.12	両国の主要な分担業務	3 - 24
表 1-1.1	標準配合案と 28 日圧縮強度	3 - 24
表 3-2.14	運転開始前の個別および組合せ試験（案）	3 - 26
表 3-2.15	本計画で提供する予備品	3 - 27
表 3-2.16	発電システム運営組織体制（案）	3 - 28
表 3-2.17	月別発電量の管理値	3 - 30
表 3-2.18	参加対象者	3 - 33
表 1-1.2	参加対象プログラム	3 - 33
表 3-2.20	ソフトコンポーネント 1：運転開始前後の活動	3 - 34
表 3-2.21	ソフトコンポーネント 2：運転開始 4.5 ヶ月後の活動	3 - 34
表 3-2.22	業務実施工程表	3 - 37
表 3-3.1	相手国側分担事業と「カ」国側実施体制	3 - 37
表 3-4.1	標準的な太陽光発電システムの日常点検項目および点検要領	3 - 40
表 3-4.2	標準的な太陽光発電システムの定期点検項目および点検要領	3 - 41
表 3-4.3	本格点検を含む長期的な維持管理体制	3 - 42
表 3-4.4	太陽光発電システムのスペアパーツ	3 - 43
表 3-5.1	本計画の概略事業費 日本側負担分	3 - 44
表 3-5.2	スペアパーツ等購入費用の積立金	3 - 46
表 3-5.3	本格点検と費用の積立	3 - 46
表 4-2.1	ポンプレック浄水場の電力消費量と電力料金支払額（2007&2008 年）	4 - 5
表 4-2.2	期待発電量と電力料金節約量	4 - 6
表 4-2.3	太陽光発電システムによる二酸化炭素排出削減量	4 - 6

略 語 集

AC	Alternating Current	交流
B/A	Bank Arrangement	銀行取極め
CDC	Council for the Development of Cambodia	カンボジア開発評議会
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
EAC	Electricity Authority of Cambodia	カンボジア電力規制庁
EDC	Electricite du Cambodge	カンボジア電力公社
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
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
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
JICS	Japan International Cooperation System	財団法人 国際協力システム
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
MCCB	Molded Case Circuit Breaker	配線用遮断機
MIME	Ministry of Industry, Mines and Energy	鉱工業エネルギー省
MOE	Ministry of Environment	環境省
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
O&M	Operation and Maintenance	運転・保守
OJT	On the Job Training	実習訓練
PCS	Power Conditioners	パワーコンディショナ
PPWSA	Phnom Penh Water Supply Authority	プノンペン水道公社
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
SPD	Surge Protective Device	サージ防護デバイス
SHS	Solar Home System	ソーラー住宅システム
UMFCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動枠組条約
VCT	Voltage Current Transformer	系点潮流測定用センサー
VT	Voltage Transformer	計器用変圧器

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

カンボジア国(以下、「カ」国)の電力供給は、カンボジア電力公社(Electricité Du Cambodge)と電力規制官庁であるEAC(Electricity Authority of Cambodia)から認証を受けた発電業者、送電業者、配電業者及び小売業者が実施している。2009年時点の免許事業者数は249社にのぼり、その内訳を表1-1.1に示す。なお、発電・送電・配電事業の一括免許数の1はEDCを示している。

表 1-1.1 2009 年末の免許事業者数

No.	免許の種類	2008 年末での 有効免許数	2009 年発行 免許数	2009 年失効 免許数	2009 年免許 変更数	2009 年末有 効免許数
1	発電・送電・配電事業の 一括免許	1				1
2	発電事業免許	20	1	2		19
3	送電事業免許	1	2			3
4	送電・配電事業免許	2	1			3
5	配電事業免許	21	1		+3	25
6	小売免許	1				1
7	発電・配電事業免許	172	28		-3	197
	計	218	33	2	+3-3	249

出典：”Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia 2010 Edition”, EAC, page 25

表 1-1.2 は 2009 年末の発電タイプ毎の設備容量と発送発電量 (Energy Sent-out) を示し、表 1-1.3 は事業者毎の設備容量と発送発電量を示す。この 2 つの表から、「カ」国ではディーゼル／重油、石炭等の火力発電所から電力供給がメインであり、また、電力供給に占める民間事業者の役割が非常に高いことが認められる。また、「カ」国では 2009 年末現在、送電系統はプノンペン系統 (Phnom Penh Grid System)、バンティー・メンチャイ系統 (Banteay Meanchey Grid)、カンポンチャム系統 (Kampong Cham Grid)、中圧ベトナム系統 (Vietnam Grid at MV)、中圧タイ系統 (Thai Grid at MV)、独立系統 (Isolated systems) の 6 つ⁷に分かれているため、電力供給は系統毎に行われている。また、化石燃料の殆どを輸入に頼っており、2008 年の全輸入品目中 10.3%⁸を占める。図 1-1.1 に 2007 年時点の

⁷ 出典：”Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia 2010 Edition”, EAC, page 90

⁸ 出典：カンボジア政府資料

系統図を示す。

表 1-1.2 2009 年末の設備容量と発送発電量(発電タイプ毎)

No.	発電タイプ	設備容量 (kW)	設備容量比率 (%)	発送発電量 (Million kWh)	発送発電量比率 (%)
1	水力	13,350	3.59	47.43	3.84
2	ディーゼル/重油	340,003	91.37	1152.65	93.36
3	木、その他バイオマス	5,776	1.55	6.49	0.53
4	石炭	13,000	3.49	28.03	2.27
	計	372,129	100	1234.59	100

出典：“Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia 2010 Edition”, EAC, page 72

表 1-1.3 2009 年末の設備容量と発送発電量(事業者毎)

No.	事業者	設備容量 (kW)	設備容量比率 (%)	発送発電量 (Million kWh)	発送発電量比率 (%)
1	IPP 事業者	259,294	69.68	1092.98	88.53
2	一括免許事業者	37,775	10.15	41.59	3.37
3	EDC	75,060	20.17	100.03	8.10
	計	372,129	100	1234.59	100

出典：“Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia 2010 Edition”, EAC, page 72



図 1-1.1 「カ」国電力系統図(2007 年現在)

電力需要については、図 1-1.2 に 2003 年から 2006 年までのプノンペン系統の日負荷曲線⁹を示す。点灯ピークから日中ピークへの移行が認められる。

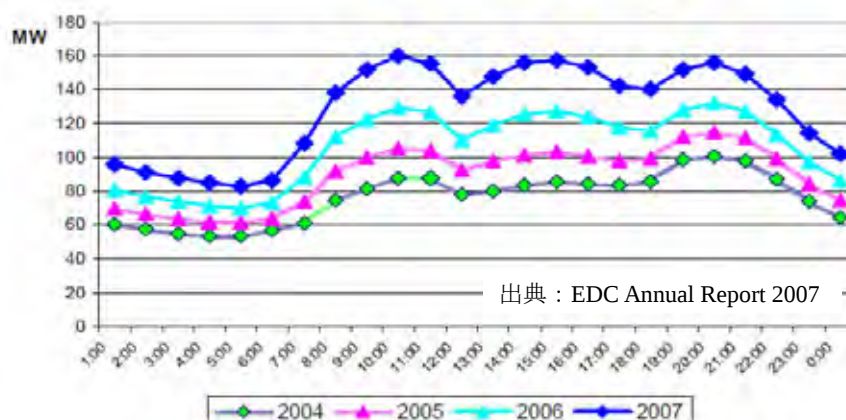


図 1-1.2 プノンペン系統日負荷曲線

表 1-1.4 は 2003 年から 2007 年までのプノンペン系統の年間最大負荷を示す。2006 年から 2007 年にかけての伸び率は 20%以上となっている。

表 1-1.4 プノンペン系統の年間最大負荷(MW)

	2003	2004	2005	2006	2007
最大負荷	100.9	116.3	133.1	165	204.5
伸び率	-	15.2 %	14.4 %	24.0 %	23.9 %

出典：“EDC Annual Report 2007”, page 27

一方プノンペン系統の 2007 年末時点の発電設備容量は 224.78 MW¹⁰であるが、最大可能出力は 200.49 MW であり、2007 年時点で既に電力供給不足に陥っていた。プノンペン系統の電力供給不足を解消するために、プノンペン～タケオ～ベトナム国境を結ぶ 230 kV 送電線の建設がADBの資金援助で進められ、2009 年 8 月に完工し、現在 100 MWの電力輸入が行われている。ベトナムからの電力輸入は 2011 年には 200 MWまでに拡大する予定である。但し、上記の負荷伸び率から 2009 年の最大負荷を予測すると、2009 年の最大負荷は 294MW(= 204.5 × 1.2 × 1.2) と想定される。2007 年時点の最大可能出力 200.49 MW に 100MWを加えても供給予備率は僅か 2%程度しか無く、現状のディーゼル発電を引き続き運転する可能性が高い。プノンペン系統に有る発電事業者 7 社の内、ベトナムからの電力輸入開始に伴って電力購入契約を打ち切ったのはSHC International Pte Ltd (ディーゼル発電、設備容量 10.9 MW) の 1 社¹¹だけである。

⁹ 出典元の EDC Annual Report 2007 (page 29)では 2004 年から 2007 年となっているが、次表 1-1.4 から、これは 2003 年から 2006 年までの間違いと思われる。

¹⁰ 出典：“EDC Annual Report 2007”,page 10, page 22

¹¹ 出典：“Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia 2010 Edition”, EAC, page 17

(2) 電力料金

「カ」国では免許事業者がEACに電力料金を申請し、承認を受けるシステムとなっている。電力供給は系統毎、また、系統毎に免許事業者が居るため、電力料金は全国一律では無く、系統毎もしくは地方毎に異なった電力料金となっている。表 1-1.5 に参考としてプノンペン地区のEDCの電力料金体系を示す。一般家庭の最低電力料金 390 Riel/kWhでも 9.2 US Cents/kWh¹² (1 US\$ = 4,240Riel) に相当する。

表 1-1.5 プノンペン地区の電力料金体系(2009 年 12 月 31 日時点)

消費者分類	電力料金 (Riel / kWh)	条件
一般家庭	390	一ヶ月の電力消費量が 50kWh まで
	610	一ヶ月の電力消費量が 51kWh から 100kWh まで
	720	一ヶ月の電力消費量が 101kWh 以上
大使館、NGO、外国人家庭	890	
政府予算から払われる需要家	780	
商業・産業需要家	先月の総電力購入の平均 費用+ 3.6 US Cents/kWh	零細商業・産業需要家
	先月の総電力購入の平均 費用+ 2.8 US Cents/kWh	中規模商業・産業需要家
	先月の総電力購入の平均 費用+ 2.4 US Cents/kWh	大規模商業・産業需要家
	先月の総電力購入の平均 費用+ 2.0 US Cents/kWh	中圧系統に直接接続している商業・産業需要家

註 : “先月の総電力購入の平均費用” とは EDC が IPP から先月購入した平均費用(US Cents/kWh)を指す。

出典 : “Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia 2010 Edition”, EAC, page 37

(3) 電力開発計画

2009 年末進行中の電力開発計画を表 1-1.6 に示し、表 1-1.7 に計画中の電力開発計画を示す。「カ」国では送電線が分断しているため、送配電線の拡張・増強計画が多い。

¹² Ministry of Planning が作成した “National Strategic Development Plan Updated 2009-2013”では電力料金の妥当な水準までの引き下げを謳っている。(page 149)

表 1-1.6 進行中の電力開発計画

No.	プロジェクト名	プロジェクトの概要	進捗状況	資金源
1	プノンペン市内 115kV システム改善プロジェクト	ワットプノンペン変電所からプノンペン 115kV 線に 115kV 線 2 回路追加他	2009 年完成予定 主工事はほぼ完了	WB ローン
2	プノンペン～タケオ～ベトナム 230kV 送電線建設プロジェクト	ウエストプノンペンに変電所を建設し、プノンペン、タケオ、ベトナム国境を結ぶ 230kV 送電線の建設	2009 年完成予定 主工事はほぼ完了	ADB ローン
3	タケオ、プノンペン、カンボンスプ、シハヌークビル及びバタンバン 22kV 中圧配電線建設プロジェクト	タケオ、プノンペン、カンボンスプ、シハヌークビル及びバタンバン地方に基幹送電線からの受給用に 22kV 中圧配電線を建設	2009 年から 2011 年にかけて順次完成予定	WB, ADB 及びその他のローン
4	中央給電指令所建設プロジェクト	プノンペン市内に系統連系システムを統括・管理する中央給電指令所の建設	2011 年完成予定 入札段階	WB ローン
5	タケオ・カンボット間 230kV 送電線建設プロジェクト	タケオとカンボットを結ぶ 230 kV 送電線建設とカンボットに 230 kV 変電所の建設	2011 年完成予定	KFG 無償資金協力
6	カンボット・シハヌークビル間 230kV 送電線建設プロジェクト	カンボットとシハヌークビルを結ぶ 230 kV 送電線建設とシハヌークビルに 230 kV 変電所の建設	2011 年完成予定	ADB と JICA の協調融資
7	193MW カムチャイ水力開発プロジェクト	カムチャイ水力発電所 193MW の建設と発電所からカンボット変電所までの送電工事	2011 年完成予定	中国 SINOHYDRO による投資
8	18MW キリロム III 水力開発プロジェクト	キリロム III 水力発電所 18MW の建設と 230 kV 送電線工事	2012 年完成予定	中国 CETIC による投資
9	ストウングアタイ水力開発プロジェクト	ストウングアタイ水力発電所 120MW の建設と 230 kV 送電線工事	2012 年完成予定	Cambodia Hydropower Development Co., Ltd による IPP プロジェクト
10	プノンペン、カンボンチャン、プルサット及びバタンバン連系 230kV 送電線プロジェクト	プノンペン、カンボンチャン、プルサット及びバタンバンを結ぶ 230kV 送電線工事及び変電所建設工事	2012 年完成予定	Cambodian Power Grid Co., Ltd による民間投資
11	シハヌークビル 100MW 石炭火力開発プロジェクト	輸入炭による石炭火力発電所 100 MW の建設とシハヌーク変電所までの送電線工事	2013 年完成予定 PPA, IA 及び融資確定	Cambodian Energy Limited による民間投資(BOO スキーム)
12	ストウングタイ水力開発プロジェクト	ストウングタイ水力発電所 246MW の建設と付帯送電線工事	2013 年完成予定 PPA, IA 締結 工事着工準備中	Cambodian Tatay Hydropower Limited による投資
13	下流ストウングラッセイチュラム水力開発プロジェクト	ストウングラッセイチュラム水力発電所 338MW の建設と付帯送電線工事	2014 年完成予定 PPA, IA 締結 工事着工準備中	中国 China Huadian Lower Stung Russei Churum Hydropower Project Co., Ltd による民間投資
14	プノンペン・カンボンチャム間 230 kV 送電線プロジェクト	プノンペン市内に北プノンペン変電所、カンボンチャムにも変電所を建設し、両変電所を結ぶ送電線工事	2012 年完成予定	Cambodia Transmission Limited による民間投資

出典：「Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia 2010 Edition”, EAC, page 18～20

表 1-1.7 計画中の電力開発計画

No.	プロジェクト名	プロジェクトの概要	進捗状況	資金源
15	カンボンチャム・スウォンクラック・ベトナム連系 115kV 送電線プロジェクト	カンボンチャム・スウォンクラック・ベトナム国境までを結ぶ 115kV 送電線工事と変電所 3 箇所の建設工事	2011 年完成予定	民間投資を計画
16	ストウングトレン・ラオス系統連系プロジェクト	ストウングトレンとラオス系統結ぶ 115 kV 送電線工事と 115 kV 変電所建設工事	2011 年完成予定	WB 無償資金協力
17	プノンペン系統増強プロジェクト	東プノンペンに変電所を建設し、GS1 と NPP を結ぶ 115 kV 送電線工事	2012 年完成予定	資金源を模索中
18	プノンペン系統供給容量拡大プロジェクト	東プノンペン変電所に 230kV を増設と西プノンペン変電所の変圧容量の拡大及び 230kV 送電線工事	2015 年完成予定	資金源を模索中
19	プノンペン・シハヌークビル間 230 kV 送電線プロジェクト	プノンペンの EPP 変電所とシハヌークビルを結ぶ 230 kV 送電線工事	2015 年完成予定 2006 年マスタープランによる。 但し、FS, DD は未実施	資金源を模索中

出典：「Report on Power Sector of the Kingdom of Cambodia 2010 Edition”, EAC, page 21

(4) 地方電化

「カ」国では 2004 時点で全人口の 85%が地方に住んでおり、一般家庭の電化率は 17%であった¹³。2009 年時点でも、一般家庭の 20%¹⁴しか電化しておらず、電化率は極めて低い。図 1-1.3 に村落電化計画¹⁵を示す。2020 年時点では系統接続による村落電化が約 60%、残りの 40%は太陽光発電等の再生可能エネルギーによる電化が計画されている。また、世銀は地方電化基金（Rural Electrification Fund）にGEFの無償資金及びIDAの融資約 12 百万ドルを拠出し、オフグリッド 50,000 世帯の系統接続及び 12,000 ソラーホームシステム（SHS）の設置を支援している¹⁶。

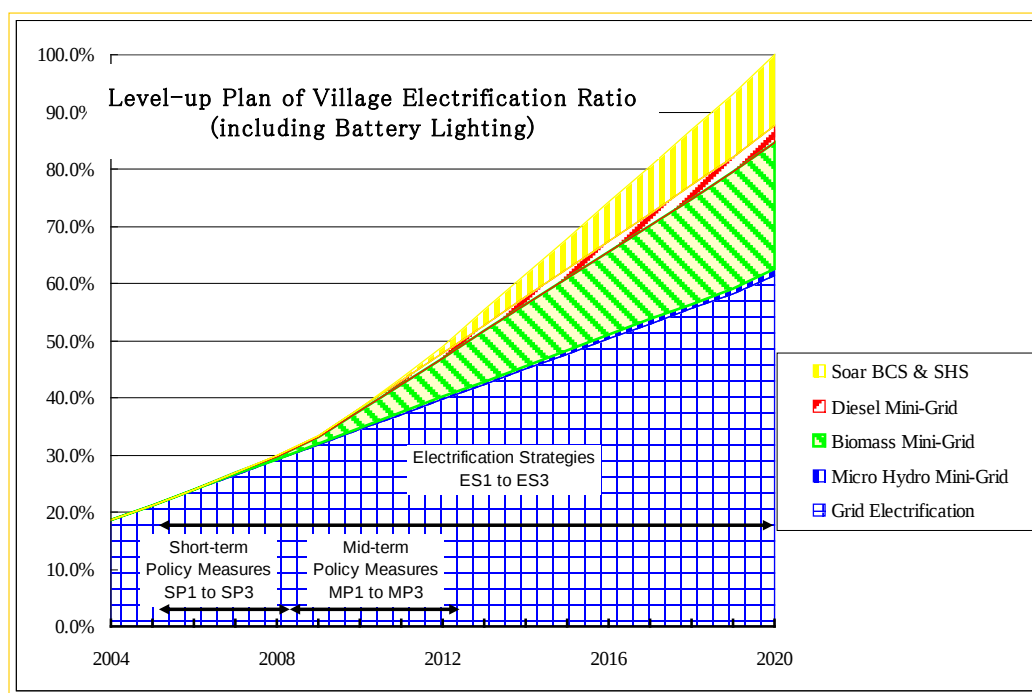


図 1-1.3 村落電化計画

1-1-2 開発計画

(1) 上位開発計画と長期電力開発計画

前述の現状と課題から「カ」国の電力セクターの課題は以下の 3 点に集約される。

- ・ 輸入に頼る化石燃料主体の発電設備
- ・ 魅力のある電力料金
- ・ 低い地方電化率（2009 年時点の電化率 20%）

¹³出典：“Strategy on Rural Electrification by Renewable Energy (Draft)”, MIM, 2006, page 1

¹⁴出典：“Cambodian Power Development Plans”, MIM, 2009, August, page 2

¹⁵出典：“The Current Status of Renewable Energy Development in Cambodia”, MIM, 2009 October, page 14

¹⁶出典：“The Current Status of Renewable Energy Development in Cambodia”, MIM, 2009 October, page 7

こうした課題を解決するため、国家開発戦略¹⁷、再生可能エネルギーによる地方電化戦略（案）¹⁸、カンボジア電力開発計画¹⁹で以下の戦略、計画を掲げている。

表 1-1.8 電力セクターに係る上位計画と長期電力開発計画

国家開発戦略の目標	輸入に頼る化石燃料主体の発電設備の是正	魅力のある電力料金	低い地方電化率の向上
水力、天然ガス、石炭等の国内資源を活用した低発電コスト発電所の建設	○	○	
隣国からの電力輸入	○	○	
エネルギー安全確保の観点からのエネルギーの多様化と供給予備力の向上	○		
経営効率改善と電力品質向上のためのEAC 及び EDC の能力開発と制度改革		○	
民間セクターの電力分野投資への奨励			○

註：“○” は効果が期待できる是正・向上で調査団で記入。

地方電化戦略の目標	輸入に頼る化石燃料主体の発電設備の是正	魅力のある電力料金	低い地方電化率の向上
2020 年までに村落電化率を 100%、2030 年までに世帯電化率 70%を達成			○
民間セクターの再生可能エネルギーによる地方電化投資の奨励			○
再生可能エネルギー電力市場形成と制度開発			○
再生可能電力の公平、合理的な電力料金体系の確立			○
環境的に持続可能な小電力技術の促進			○

電力開発計画の目標	輸入に頼る化石燃料主体の発電設備の是正	魅力のある電力料金	低い地方電化率の向上
2020 年までに石炭火力 1350MW、水力 5013 MW を開発	○	○	
2009 年時点での送電線延長 463km を 2020 年までに 115kV 及び 230 kV 送電線延長を 2362 km まで拡張			○
2018 年目途にラオス・カンボジア・ベトナム 500kV 国際連系線を完成	○	○	

¹⁷ “National Strategic Development Plan Updated 2009-2013”, Ministry of Planning, 2010, June

¹⁸ “Strategy on Rural Electrification by Renewable Energy in Cambodia (Draft)”, MIME, 2006

¹⁹ “Cambodian Power Development Plans”, MIME, 2009 August

(2) 再生可能エネルギーの包蔵量と開発状況

MIME は貧困削減、生活水準改善、地方経済開発育成を再生可能エネルギーによる地方電化の効果と期待しており、表 1-1.9 に「カ」国の再生可能エネルギー包蔵量と開発状況を示す。

表 1-1.9 再生可能エネルギー包蔵量と開発状況

再生可能エネルギー	包蔵量	開発状況
太陽光エネルギー	日照時間を日 6~9 時間と想定すれば、日発電量は 5kWh と推測され、太陽光エネルギーのポテンシャル量は多い。	NEDO、SIDA 他の海外援助機関等により実績がある（合計で 1.5MW 程度）。
風力エネルギー	トンレサップ湖の南、南西部の山岳地帯及びシハヌークビル、カンポット、ケップ等の海岸地帯では平均風速 5m/s 以上で、こうした地域は国土の約 5%を占める。	
水力	包蔵水力は 10,000MW と見込まれているが、内水力開発されたものは 20MW 未満に過ぎない。	UNIDO による 130 kW マイクロ水力が進行中。2008 年 11 月には JICA の無償資金協力による 2 箇所（計 130 kW）のマイクロ水力が完成。
バイオマス	NEDO が作成した”the Assistance Project for Establishment of an Energy Master Plan”によれば、穀類、アカシアの木、キャッサバ等、農業分野にかなりの量のバイオマスエネルギー源が報告されている。	
バイオガス	小規模バイオガスの効能は多くのプロジェクトで証明されており、家畜の糞の調理への利用は地方の貧困家庭にとって、経済、健康、社会及び環境便益をもたらしている。	カナダがバタンバンで 27kW、タイの DEDE がカンポンチャムで 30kW を完成。フランスの FONDEM がカンポントムで 30kW のプロジェクトを 2009 年中に完成予定。その他地方投資家により多くのガス化プロジェクトが進行中。
バイオ燃料	ヤマトロファ畑 200ha、パームオイル畑が 4000 ha 以上、サトウキビ畑が 20,000 ha ある。	10 以上の企業がヤマトロファのプランテーション（約 1,000 ha）を進めているが、大規模なものは無い。 韓国企業がキャッサバ 100,000 トンから年間 36,000 トンのエタノールを生産するプロジェクトを実施中。

出典： “The Current Status of Renewable Energy Development in Cambodia”, MIME, 2009 October

1-1-3 社会経済状況

(1) 国土・人口

「カ」国は、インドシナ半島の中央のやや南西に位置し、タイ、ラオス、ベトナムと国境を接している。東西約 560 km、南北約 440 kmに及び、総人口は 14.4 百万人（2007 年）、総面積は我が国のほぼ半分にあたる 181,035 km²で、タイの約 3 分の 1 の面積を有してい

る。自然地理を特徴付けているのはメコン川とトンレサップ湖であり、メコン川は、全長 4200 km に及ぶアジアの大河で、「カ」国領内を約 486 km 流下している。

気候は熱帯モンスーン地域に属し、5 月下旬～10 月下旬の雨季と 11 月上旬～5 月中旬の乾季の 2 つの季節に分かれ、雨量は雨季後半の 9 月～10 月が最も多い。年間を通じて高温多湿で、年間平均気温は、27.6℃ である。

「カ」国の人口動態調査は 2008 年に実施され、2008 年時点の人口は 13.4 百万人、その内 19.5% が都市部に住み、残りの約 80% が地方農村部に住んでいる²⁰。

(2) 社会・経済

「カ」国は、典型的な農業国であり、水稻耕作は盛んに行われていた。しかしながら、ポル・ポト政権時代に社会インフラが破壊されたことにより、経済は壊滅状態となった。1980 年代はソ連や東欧諸国より経済的・人的支援を受けていたが、1990 年代以降、国連の支援が開始され、我が国を含む欧米諸国の復興支援が活発化し市場経済化を推進する上で復興の大きな力となっている。

「カ」国経済は 2000 年～2007 年に国内総生産（GDP）伸び率が平均 9.4% の高い成長率を示し、2008 年では 6.7% であった。この高い経済成長率の背景には海外からの外国直接投資があり、1994 年から 2007 年までの外国直接投資による登録資本金の累計額は 148 億 3000 万米ドル²¹となっているが、国別では中国が最大で 17 億 6,000 万米ドル、次いで韓国が 15 億米ドルとなっている。中国、韓国からの投資は縫製業関係や不動産に多く、マレーシアやシンガポールからは、ゴムや観光分野に多く投資されている。

「カ」国の主要産業は観光・サービス（GDP の 37.5 %²²）、農業（同 31.7%）、鉱工業（同 23.8 %）で観光・サービスと農業で国内総生産の約 70% を占める。主要貿易相手国²³は輸出ではアメリカ（45.2%）、香港（19.3%）、カナダ（6.7%）で、輸入では中国（21.1%）、タイ（15.8%）、香港（13.3%）となっている。

一方で「カ」国の 2007 年時点の貧困層は全人口の 30.1 % に達し、特に地方農村では地方農村人口の 34.7% が貧困層である²⁴。「カ」国の 2008 年の一人当たりの GNI は 630 US ドル²⁵で、JICA 円借款供与条件の貧困国に分類される。

「カ」国の国内通貨はリエル（Riel）であるが、プノンペン市内ではドルも流通しており、2010 年 2 月時点の為替レートは 1 US\$ = 4240 Riel であった。

²⁰ 出典：「National Strategic Development Plan Updated 2009-2013」, Ministry of Planning, 2010, June, page vii

²¹ バンコク週報 1314 号（2008 年 3 月 17 日）の国際ニュース

²² 2008 年、カンボジア政府資料

²³ 2008 年、カンボジア政府資料

²⁴ 出典：「National Strategic Development Plan Updated 2009-2013」, Ministry of Planning, 2010, June, page vii

²⁵ 出典：http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

「カ」国は1995年12月、国連気候変動条約（UNFCCC）に批准し、また、京都議定書（COP3）については2002年8月に批准し、非附属書I国となっている。「カ」国は1996年改訂版IPCCガイドラインを用いて1999年に第1回国別温室効果ガスインベントリの作成を開始し、第8回気候変動枠組条約締約国会議に提出した。「カ」国の2000年温室効果ガスインベントリは2009年に完成予定である²⁶。

「カ」国の2007年時点の貧困層は全人口の30.1%に達し、特に地方農村では地方農村人口の34.7%が貧困層である。このため、国家開発戦略でも貧困削減を大きな目標に掲げており、MIMEでも再生可能エネルギーを活用した地方電化を促進することで、生活水準の向上、地方経済開発育成による貧困削減を目標としている。「カ」国の地方電化計画（農村電化）では2020年時点で再生可能エネルギーによる電化を40%と計画しており、中でもバイオマスと太陽光発電システムの普及による地方電化への期待は大きい。「再生可能エネルギーによる地方電化戦略（案）」でも再生可能電力市場形成や制度開発を打ち出しており、「カ」国における再生可能エネルギー分野の重要性が今後益々高くなると想定される。

このような中、「カ」国はクールパートナーシップ国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による貧困削減の両立を目指すことを喫緊の課題としている。

2009年10月に「カ」国政府から提出された本無償資金協力事業の要請内容は以下の通りであった。

要請金額： 5,000,000 米ドル

要請内容： 設置容量：太陽発電システム 200 kW

設置場所：プノンペン水道公社（PPWSA）が運営するプンプレック浄水場

この要請を受け、2009年12月6日から17日にかけて実施した第一次調査において、調査団はプンプレック浄水場を訪問し、太陽光発電システムの設置可能性と無償事業としての適正の判断を行った。同敷地内には配水貯水池、沈砂池、浄水施設、PPWSA 建屋などがあり、200 kW の太陽電池モジュールを直接地面に設置するには十分なスペースが無く、既設施設の屋上に設置することが妥当と判断した。

本事業では、「カ」国における気候変動対策支援の一環として、太陽光発電システムを供与し、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 PPWSA の電力料金負担の削減を図り、温室効果ガス削減と経済成長による貧困削減の両立を目指す取り組みを支援する。

²⁶ この段落は独立行政法人国立環境研究所の「アジアの温室効果ガスインベントリへの取り組み」から抜粋。

1-3 我が国の援助動向

「カ」国に対する我が国からの援助は多数行われており、電力分野及び PPWSA を対象とした援助実績を表 1-3.1 及び表 1-3.2 に示す。

表 1-3.1 我が国の技術協力・有償資金協力実績(2009 年 12 月末現在)

協力内容	実施年度	案件名	概 要
有償資金 協力	2009-2013 (実施中)	ニロート上水道整備計画	ブノンペン市周辺地域で拡大を続ける人口及び商業施設で不足している水需要に対応するため、新たに約 13 万トン規模の上水道施設を整備するもの。
	2007-2010 (実施中)	メコン地域電力ネットワーク整備計画 (カンボジア成長回廊)	カンボジア南部、カンボット〜シハヌークビル間約 78 キロメートルに送電線を建設し、ベトナムからカンボジアへの電力供給を行うこととなる送電線と連結することにより、同地域に電力供給能力を図るもの。
技術協力	2008-2011 (実施中)	モンドルキリ州小水力地方電化計画の運営・維持管理プロジェクト	モンドルキリ州において無償資金協力により完成した小水力発電施設につき、モンドルキリ州電力公社 (EUMP) に管理・経営面及び土木構造物、発電施設、送配電施設の各メンテナンス技術面の能力向上と組織体制の整備を図る。
	2008-2009	電力技術基準およびガイドライン整備計画調査にかかるフォローアップ調査 (電力技術基準細則整備 (水力))	電力技術基準を基に EAC は技術基準細則の制定を行っていたが、水土木、水力電気の細則が未整備であったため、同国政府の要請に応じて、細則を整備するもの。
	2004-2006	再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査	2020 年までに地方電化率 100%を達成するという国家目標実現を支援するための再生可能エネルギーを活用した地方電化のマスタープラン作成。
	2004-2005	ブノンペン市上水道整備計画調査 (フェーズ 2)	ブノンペン首都圏を対象とした上水道マスタープランが策定され、優先プロジェクトの F/S が実施される。また、調査を通じて上水道の計画手法に関する技術移転を行う。
	2003-2006	水道事業人材育成プロジェクト	急速に拡張したブノンペン市内水道施設の運転、維持管理を効率的に行うため及び地方都市で今後建設が予定されている水道施設運営の人材育成を目的としたプロジェクトで 2003 年から 3 年間実施された。
	2002-2003	電力技術基準及びガイドライン整備計画調査	カンボジア国の電力技術基準及びガイドラインを整備することにより、質の高い電力供給を図るもの。
	1992-1993	ブノンペン市上水道整備計画調査	施設の老朽化、50%の漏水率、市内の 21%が無給水地区など、ブノンペン市上水道が抱える問題を解消するためのマスタープラン作成。

表 1-3.2 我が国無償資金協力実績(2009 年 12 月末現在)

(単位：億円)

実施年度	案件名	供与 限度額	概 要
2006 年度	モンドルキリ州小水力地方電化計画	10.66	モンドルキリ州の州都センモノロム市の電化のために小規模水力発電設備の建設を実施するものである。
2004 年度	ブノンペン市電力供給施設整備・拡張計画	3.59	C5 発電所の既設ディーゼル発電設備の燃料をディーゼル油からより安価な重油へ転換のための施設整備を実施するものである。
2002 年度	シェムリアップ電力供給施設拡張計画	21.31	シェムリアップに新たなディーゼル発電所を建設するための無償資金協力である。
2000-2003 年度	第 3 次ブノンペン市上水道整備計画	25.80	プンブレック浄水場の拡張及び老朽化した施設の改修を実施するものである。
1997-1999 年度	第 2 次ブノンペン市上水道整備計画	21.54	ブノンペン市中心部 7th January 及び Toul Kork 地区の一部の配水管網の整備 (67 km)。
1993-1994 年度	ブノンペン市上水道整備計画	27.51	プンブレック浄水場 (100,000 m ³ /日、当時) 改修、配水池 (10,000 m ³) の新設、配水ポンプ及び高架水槽の改修。

1-4 他ドナーの援助動向

「カ」国に対しては、世界銀行（WB）、アジア開発銀行（ADB）、及び旧宗主国であるフランス開発庁（ADF）²⁷等が援助を行っており、電力分野及びPPWSAを対象とした援助実績を表 1-4.1 に示す。

表 1-4.1 他ドナー国・国際機関による援助実績(2009 年 12 月末時点)

(単位：千 US ドル)

実施年度	機関名／ドナー国名	案件名	金額	概要
2003－2010	WB (借款)	再生可能エネルギー開発プロジェクト	5,000	地方電化のための送電線拡張と地方電化基金設立を目的としたプロジェクト。基金は民間セクターによる系統接続及び SHS を使った家庭へ電力供給を支援するもの。
2003－2010	ADB (借款)	グレーターメコン地域送電線プロジェクト、カンボジア	44,300	プノンペン～タケオ～ベトナム国境まで 220kV 送電線を建設し、ベトナムからの電力輸入を通じてプノンペン市の電力供給不足を解消するとともに、22kV 配電線建設で送電線沿いの村落電化を目的としたもの。
2007－2011	Kfw (無償)	タケオ～カンボット送電線建設	－	ADB 借款で建設されるプノンペン～タケオ～ベトナム国境への送電線に連結することで、カンボット地区に廉価な電力を供給するもの。
2007－2011	AusAID (無償)	カンボジア地方電化及び送電線プロジェクト	AUD 12,300	AusAID が世銀に資金を拠出し、地方農村における電力セクターの効率・信頼性向上、電力料金削減、及び地方電化による生活環境の向上と経済成長を図るもの。但し、世銀側の資金準備の遅れから、未実行。
2009－2013	AFD (借款)	ニロート上水道整備計画	24,000	カンボジアにおける生活環境の向上及び投資環境の改善に寄与することを目的として、プノンペン市において上水道を整備するもの。原水取水場及び原水送水管建設。
2009	AFD (無償)	プノンペン郊外給水拡張計画	100	プノンペン市南部主要給水管建設に係る FS 調査
2007－2009	AFD (借款)	プノンペン郊外給水拡張計画	16,500	クロイチャンバ浄水場拡張工事（2 期）
2003－2008	AFD (無償)	プノンペン郊外給水拡張計画	6,000	プノンペン郊外への給水拡張工事
2003－2008	WB (借款)	カンボジア都市上水供給プロジェクト	4,700	都市外縁部への給水拡張プロジェクト

²⁷ Agence Française de Développement

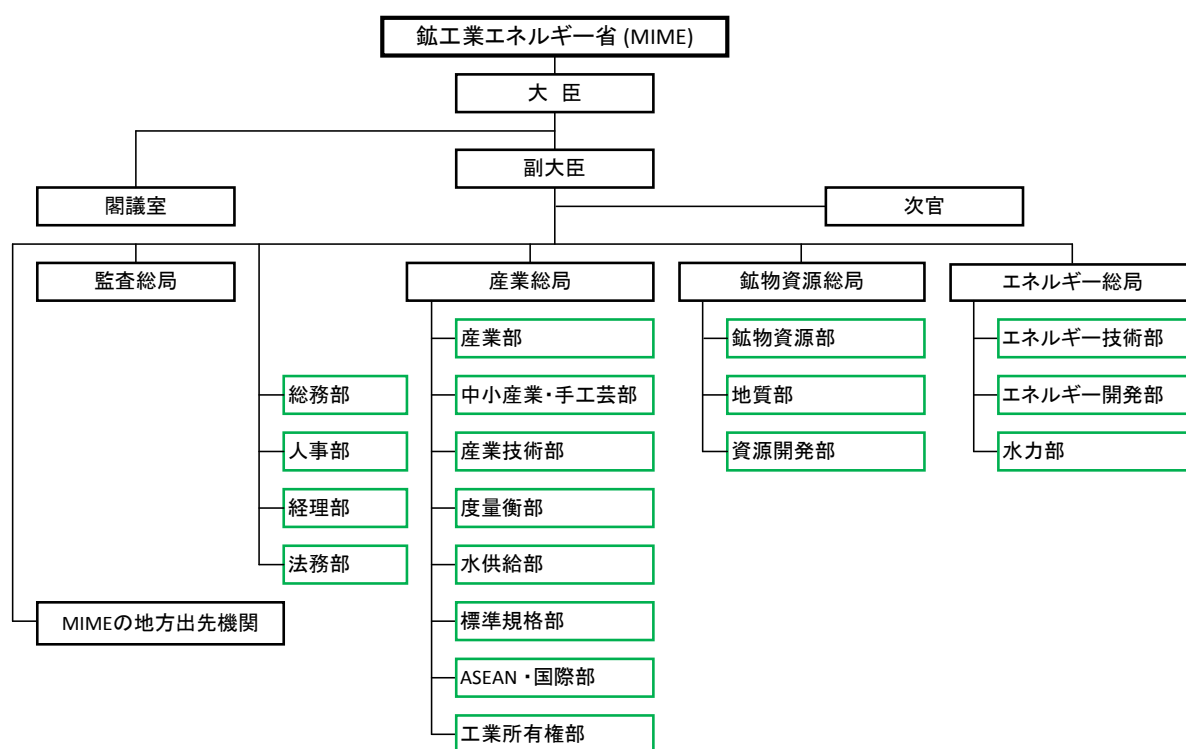
第2章 プロジェクトを取り巻く状況

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

本件実施にあたっての責任機関は鉱工業エネルギー省で、実施機関はプノンペン水道公社である。図 2-1.1 に鉱工業エネルギー省の組織図を示す。本プロジェクトを統括するのはエネルギー総局のエネルギー技術部門である。



出典: "Water Environment Partnership in Asia (WEPA)" HPより

図 2-1.1 鉱工業エネルギー省組織図

プノンペン水道公社はプノンペン市役所内の一部局であったが、現在の総裁であるエクソンチャン (Ek Sonn Chan) が総裁に指名された 1993 年にプノンペン市役所から独立した。エクソンチャンは 1993 年以降日本やフランス等の海外援助を受けながら、効率改善や内部汚職一掃など、積極的に内部改革を断行し、2006 年には荒廃した公益事業を復興させ、安全な飲料水をカンボジア首都 100 万人にもたらした功績が評価され、2006 年ラモン・マグサイ賞を受賞した。表 2-1.1 に 1993 年と 2006 年の PPWSA 経営比較を示す。2009 年 12 月現在、PPWSA はプノンペン市内に 3 つの浄水場を持っており、各浄水場の生産能力を表 2-1.2 に示す。

PPWSA の民営化については、早ければ 2011 年 9 月頃に株式公開という話もあるが、詳細は未定である。但し、株式を公開しても、株の過半数は政府が保有する話もあり、PPWSA と MIME は民営化の動向について日本側へ情報提供を行う旨を議事録に記載し、「カ」国側の署名を得た。

表 2-1.1 PPWSA の経営比較(2003 年と 2006 年)

経営指標	1993 年	2006 年
顧客 1000 人当たりの従業員数	22	4
飲料水生産能力	65,000 m ³ /day	235,000 m ³ /day
漏水率	72 %	6 %
プノンペン市内域への給水率	25 %	90 %
総顧客数	26,881	147,000
水道メータの普及率	13 %	100 %
飲料水供給時間	10 hours/day	24 hours/day
水道料金徴収率	48 %	99.9 %
総収入	0.7 billion riels	34 billion riels
財務状態	補助金運営	自立運営

出典：http://www.adb.org/water/actions/CAM/PPWSA.asp

表 2-1.2 プノンペン水道公社浄水場の日生産能力

浄水場名	配水施設	日生産能力	運開年	備考
プンプレック浄水場	No.1	100,000 m ³	1996	1996 年はフランスによるリハビリ完了年
	No.2		1996	日本の無償資金協力
	No.3	50,000 m ³	2003	日本の無償資金協力
ロイチャンワー浄水場	No.1	65,000 m ³	2002	世銀ローン
	No.2	65,000 m ³	2008	フランスローン
チャムカーモン浄水場	No.1	20,000 m ³	1998	1998 年はフランスの無償資金協力による拡張工事完了年

出典：プノンペン水道公社

PPWSA の 2009 年 10 月現在の組織図を図 2-1.2 に示す。生産・配水部門に属する電気係職員 11 名と同部門に属する電気顧問の計 12 名が、PPWSA が運営する 3 つの浄水場の電気設備の保守・管理を行っており、このスタッフが今回の太陽光発電システムの運転・維持管理を行う予定である。

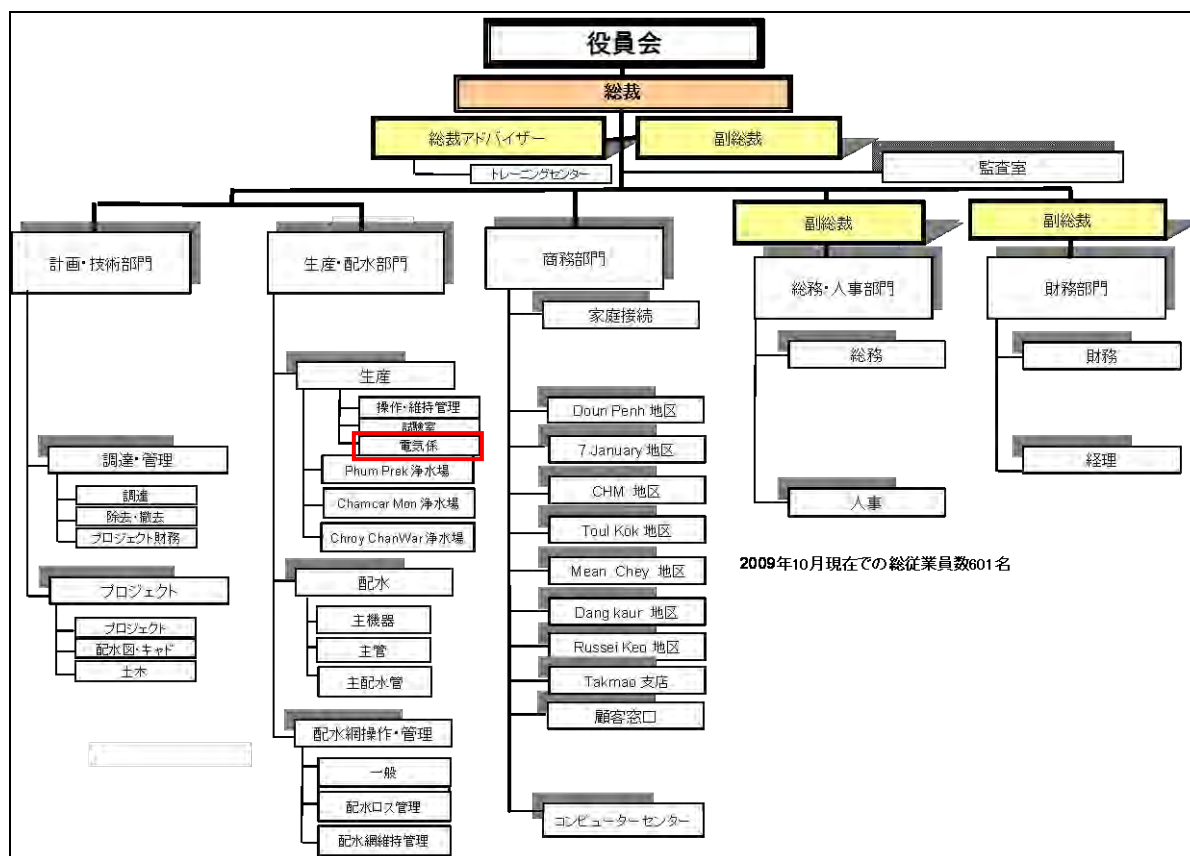


図 2-1.2 PPWSA 組織図(2009 年 10 月現在)

2-1-2 財政・予算

プノンペン水道公社は国有企業で、独自の経営を行っている。表 2-1.3 にプノンペン水道公社の過去 3 年間の損益計算書を示す。販売収入の増加に伴い、税引き後利益も毎年増加しており、全体として経営が順調に推移していることが伺える。営業費用に占める水道生産費用は 2006 年の 28.4%から 2008 年の 37.3%と上昇しており、特に水道生産費用に占める電気料金の割合は約 80%と、減価償却費を除く営業費用の中で最大支出となっている。今回の太陽光発電システムを導入することにより、電気料金の縮減が期待でき、ひいては水道公社の経営基盤の更なる強化が期待される。また、黒字経営の体質から、太陽光発電システム設置後の維持管理費用も十分捻出可能と思われる。

表 2-1.3 プホンペン水道公社の財務状況

PPWSAの損益計算書（1月1日～12月31日）

収入 (KHR' 000)	2006年	2007年	2008年
水道販売収入	65, 226, 268	74, 352, 798	80, 433, 636
家庭用	34, 803, 907	39, 805, 652	42, 124, 628
商業	25, 020, 755	29, 404, 522	32, 648, 675
公共施設	5, 023, 700	4, 766, 062	5, 222, 013
卸売り	486, 725	510, 421	491, 749
官公庁	191, 629	304, 467	311, 093
その他	18, 909	21, 453	21, 874
請求免除等の減額	(319, 357)	(459, 779)	(386, 396)
水道接続収入	4, 887, 650	4, 194, 895	5, 437, 795
メータ取替え収入	1, 343, 753	1, 465, 911	1, 574, 120
交換部品・メーター販売	622, 407	645, 449	454, 602
払い戻し収入	1, 999, 267	3, 191, 158	-
新規勘定科目収入	74, 914	74, 181	119, 668
雑収入	-	-	3, 290, 555
罰則収入	133, 918	175, 606	277, 275
総収入	74, 288, 177	84, 099, 998	91, 587, 651

費用 (KHR' 000)	2006年	2007年	2008年
減価償却費	(18, 778, 925)	(19, 052, 954)	(19, 286, 768)
水道生産費用	(14, 397, 295)	(16, 919, 594)	(22, 237, 178)
電気料金	(12, 102, 913)	(13, 712, 746)	(17, 954, 346)
ミョウバン	(1, 709, 547)	(2, 284, 208)	(3, 042, 483)
塩素	(369, 293)	(430, 421)	(713, 620)
石灰	(137, 724)	(340, 787)	(384, 264)
その他材料	(77, 818)	(151, 432)	(142, 465)
給与・賃金及び関連費	(8, 255, 001)	(9, 797, 546)	(12, 911, 810)
水道接続材料費	(3, 232, 239)	(3, 120, 327)	(4, 059, 654)
修繕維持費	(2, 227, 523)	(2, 187, 174)	(2, 415, 260)
その他運転費用	(3, 754, 435)	(1, 646, 680)	(2, 259, 712)
外貨為替差益（差損）	(1, 184, 751)	(2, 265, 273)	2, 217, 478
雑収入	1, 210, 036	1, 106, 784	1, 266, 458
営業費用	(50, 620, 133)	(53, 882, 764)	(59, 686, 446)
営業利益	23, 668, 044	30, 217, 234	31, 901, 205
財務費用	(3, 366, 471)	(2, 041, 137)	(1, 323, 621)
税引き前利益	20, 301, 573	28, 176, 097	30, 577, 584
所得税	(4, 484, 000)	(5, 772, 740)	(6, 141, 350)
税引き後利益	15, 817, 573	22, 403, 357	24, 436, 234

出典：PPWSA（註：2009年版は作成中で2010年6月完成予定のため、入手できず。）

2-1-3 技術水準

電気係に所属する 11 名及び技術顧問 1 名全てが大学卒の電気技術者で、浄水場内の新規配線や電気補修を全て自分達の手で行っている。PPWSA は 2 度に亘る日本の無償資金協力のスキームで十分な技術トレーニングを受講しており、また、PPWSA は表 2-1.4 に示す独自の保守運転基準（Standard Operation Procedure）作成するなど、技術水準は高い。ただし、太陽光発電システムはプノンペン水道公社にとっては初めての経験であることから、太陽光発電システムの基礎知識、事故時の対応、部品交換、維持管理方法等についてはソフトコンポーネントで提供する。

表 2-1.4 PPWSA の保守基準(電気関係)

種別	保守運転内容	実施時期
A	日常運転時の表示数値を記録し、異常をチェックする。(また、週に一回計器・機器蓋表面を清掃する。)	毎日
B	外蓋を開け、計器・機器の状態を確認する。	毎月 1 回
C	機器の分解点検 (2 日間に亘って実施)	毎年 1 回

2-1-4 既存施設・機材

ポンプレック浄水場には、沈砂池、薬注棟、ポンプ室、電気室、中央制御棟、配水貯水池等の設備が配置されており、この内、第二配水貯水池、第三配水貯水池、ポンプ室、沈砂池の一部等が日本の無償資金協力で建設された設備である。各設備とも維持管理状態は良好で、24 時間プノンペン市民に飲料水を供給している。電気設備については EDC から 20 kV で受電し、電気室内の 3000 kVA 変圧器で 3kV に降圧してポンプ用動力電源として使われ、更に 750 kVA 変圧器で 380V に降圧して構内の照明設備等に使われている。

図 2-1.3 にポンプレック浄水場の施設配置図を示す。

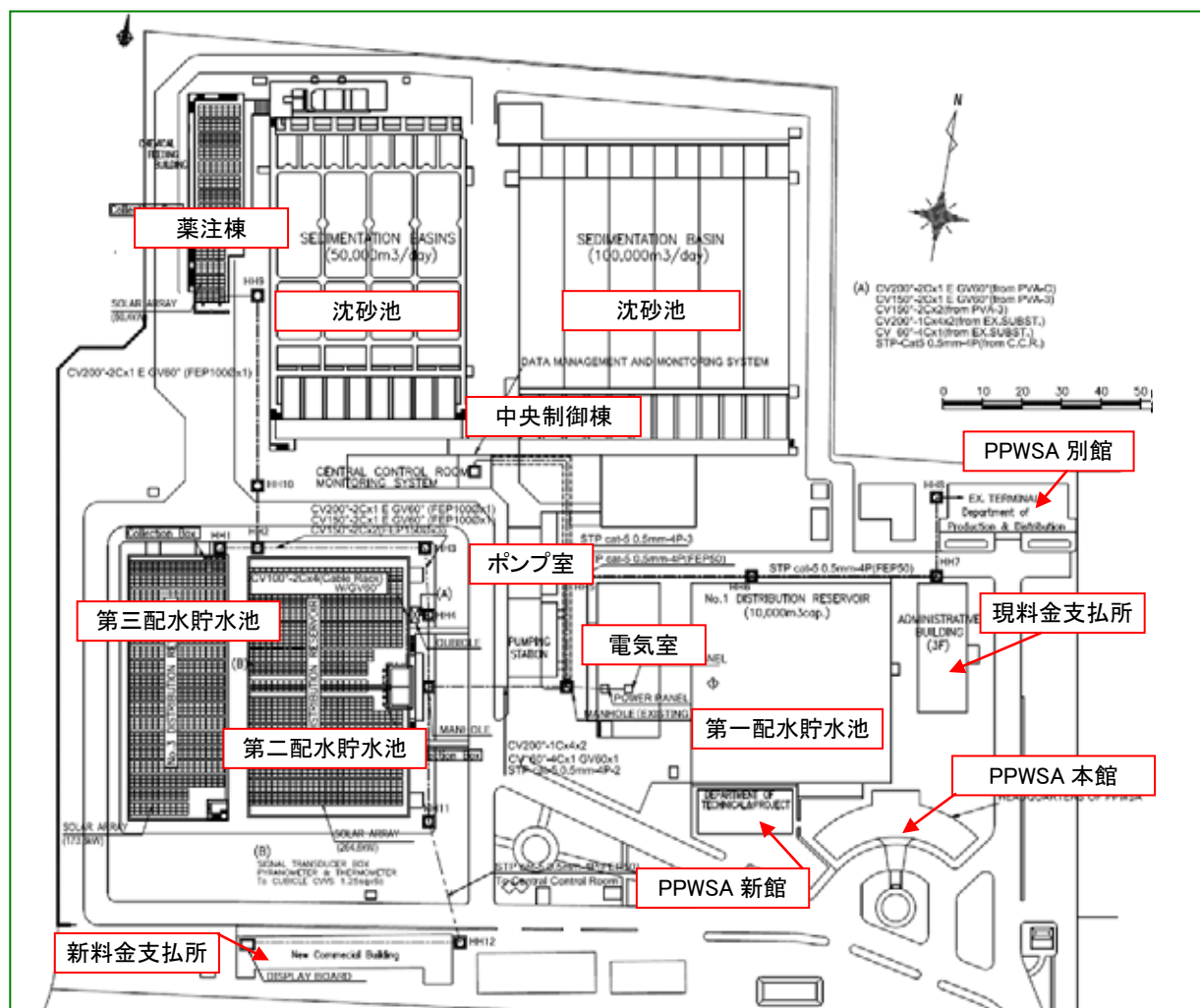


図 2-1.3 プンプレック浄水場構内施設配置図

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) 荷揚げ港と輸送路

「カ」国にはプノンペン市の外港としてシハヌークビル港しか無く、日本から船便で輸送される調達機材はシハヌークビル港で荷揚げされ、国道4号線を使って約200 km離れたプノンペン市内のプロジェクトサイトまで輸送されることになる。シハヌークビル港は国際港であり大型クレーンも装備されており、今回想定される最大コンテナ重量を十分荷揚げする能力を有している。また、国道4号線も舗装状態も良く輸送道路として十分供用できる。図2-2.1にプノンペンまでの輸送経路を示す。



図 2-2.1 輸送経路

(2) サイト周辺

プンプレック浄水場はプノンペン市内のほぼ中心に位置し、幹線道路に面しているため、プノンペン市内の輸送も何ら問題は無い。図 2-2.2 にプンプレック浄水場位置を示す。



図 2-2.2 プンプレック浄水場位置図

(3) 電気・水道・通信設備

上述のように、プンプレック浄水場はプノンペン市内のほぼ中心に位置するため、電気・水道・通信等のプロジェクトに必要な設備は全て整っている。

(4) 用 地

太陽電池モジュールはプンプレック浄水場構内の既存施設（第二配水池、第三配水池及び薬注棟）の屋上に設置するため、特に用地の手当てや整地をする必要は無い。

2-2-2 自然条件

(1) 降雨・気温

「カ」国の気候は熱帯モンスーン地域に属し、5月下旬～10月下旬の雨季と11月上旬～5月中旬の乾季の2つの季節に分かれ、雨量は雨季后半の9～10月が最も多い。年間を通じて高温多湿で、年間平均気温は、27.6℃である。プノンペンの年間降水量は、概ね1,300～2,000 mm程度（平均年降水量約1,600 mm程度）である。年間降雨の85%以上が雨期の5～11月に集中し、雨期には200 mm以上/月の降水量が観測されることが多い。また、雨期には雷が多発し、構造物の雷被害が報告されている。

表 2-2.1 プノンペン市内 月別日降雨量集計(2007年、2008年、2009年)

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Total	0.0	0.0	33.2	39.8	201.4	252.0	141.0	263.6	159.2	212.1	71.3	0.0
Max.	0.0	0.0	12.0	33.0	37.4	77.8	50.0	115.0	29.8	57.4	23.8	0.0
No. of Raining day	0	0	6	5	18	13	16	22	18	20	11	0

Total in the Year : (2007) 1,373.6

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Total	74.1	0.6	111.3	83.4	177.7	224.9	170.8	295.5	289.8	262.4	191.1	52.0
Max.	63.6	0.4	87.8	36.8	77.8	53.0	65.8	43.0	52.0	44.6	40.0	26.8
No. of Raining day	2	2	3	10	16	21	15	24	24	23	14	4

Total in the Year : (2008) 1,933.6

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Total	26.8	4.3	1.7	270.5	241.7	148.1	151.8	262.2	304.1	111.2	74.2	0.0
Max.	26.8	2.0	1.7	54.3	50.4	32.2	54.0	73.6	57.2	22.8	47.2	0.0
No. of Raining day	1	3	1	18	22	15	19	20	25	19	5	0

Total in the Year : (2009) 1,596.6

出典：カンボジア水利気象省

(2) 地震

「カ」国は、地震リスクの非常に小さい国である。United States Geological Survey (USGS: アメリカ地質調査所) のデータベースによると、カンボジア国内では、1973 年以降、マグニチュード 2.5 以上の地震は観測されていない。図 2-2.3 にプノンペン市内半径 500 km 以内の地震マップ (USGS 作成) を示す。

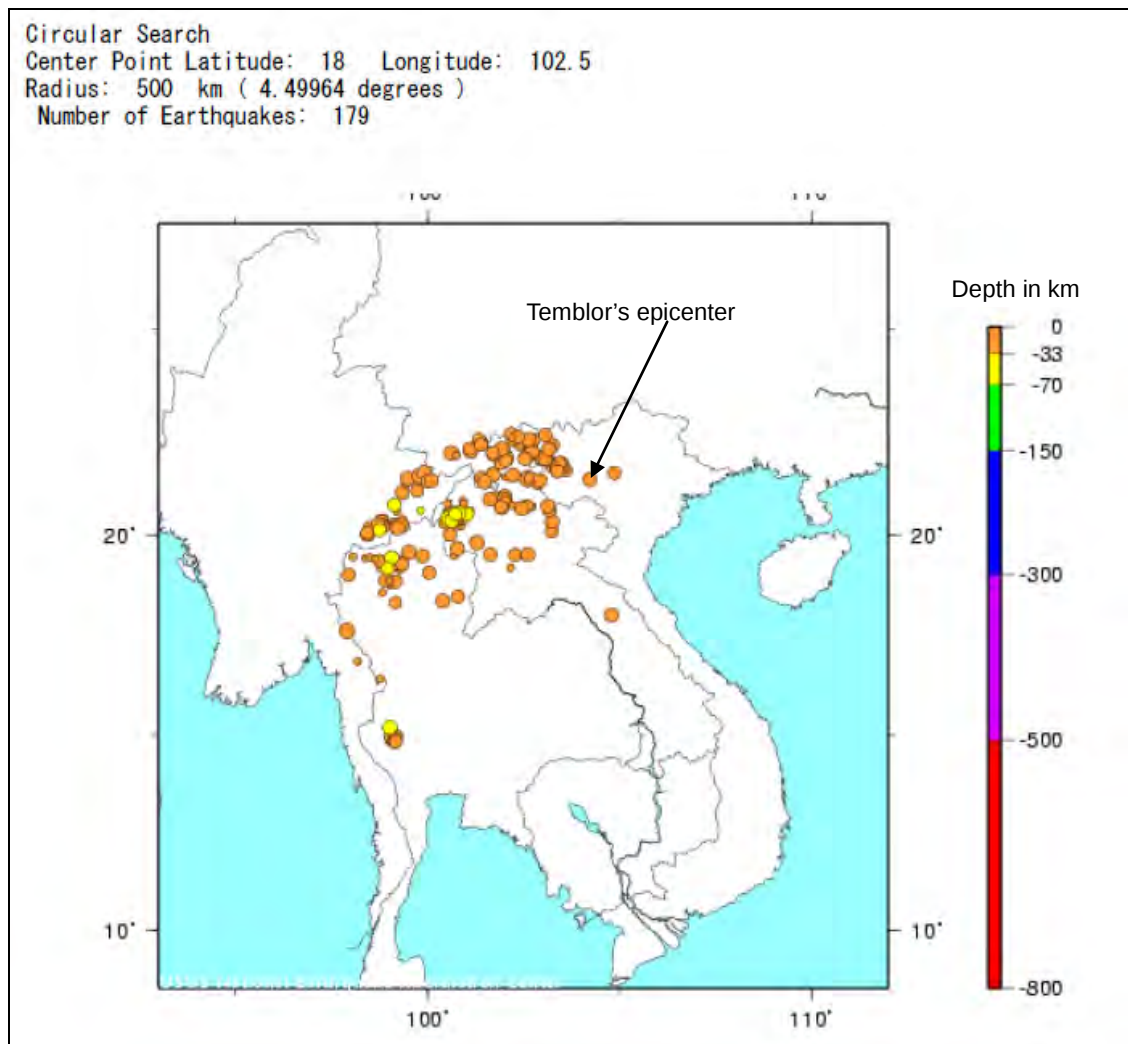


図 2-2.3 プノンペン市半径 500 km 以内の地震マップ

(3) 台風

「カ」での台風被害は極めて稀で、近年では 2009 年 9 月に襲った台風 16 号しか報告されていない。AFPBBニュース²⁸によれば、2009 年 9 月 26 日から 9 月 30 日にかけてフィリピン近海で発生した台風 16 号（アジア名：ケッツアーナ(Ketsana)）がフィリピンを横断後、ベトナム、カンボジアを直撃し、カンボジアでは 35 名死亡と報告されており、この台風 16 号の最大風速は 35 m/s²⁹（気象庁解析）と推定されている。

²⁸ www.afpbb.com/article/disaster-accidents-crime/disaster/2647917/4693233

²⁹ 台風 16 号はベトナム上陸後勢力を弱め、熱帯低気圧となってラオスに向かった。

(4) サイトの地盤状況

プンプレック浄水場では太陽電池モジュールは既施設の屋上に設置するため、基本的にはサイトの地盤状況の影響を受けない。但し、パワーコンディショナキュービクルは地上設置となるため、キュービクルのコンクリート基礎の設計に地盤状況の把握が必要になる。

サイトの地盤強度については、第三配水池建屋建設時に基礎地盤のボーリング調査7本³⁰を実施し、N値を測定している。その結果によれば、地面から深さ2.5 m まではシルト質粘土で、N値は2～3を得ている。

2-2-3 環境社会配慮

「カ」国の環境社会配慮に関する法令・規制は2000年にMOEから公布された省“Declaration on the Evaluation of EIA on Project”が有る。この省令はIEIAまたはEIAを必要とする規模を全産業に亘って規定している。太陽光発電システムの属する電力分野では表2-2.2の規定が謳われている。電力分野でIEIAまたはEIAを必要とする発電所の規模は火力発電所で5 MW 以上、水力発電所では1 MW 以上であり、本件の太陽光発電システムの設備容量は488 kW なので、いずれの規定にも該当しない。また、PPWSAからMOEのEIA部門に提出書類を確認した所、上記の理由から環境社会配慮に関する書類を提出する必要は無いとのことであった。また、「JICA 環境社会配慮ガイドライン」でも太陽光発電システムはカテゴリー分類「A」のプロジェクトに入っておらず、カテゴリー「B」もしくは「C」となる。PPWSAに提示したスクリーニング結果を表2-2.3に示すが、「B」該当項目は工事中に発生が予想される「廃棄物（処理）」と輸送中もしくはサイト工事中の「事故」の2項目のみでその他は全て「C」と想定される。以上から、本件はカテゴリー分類「C」に属すると考える。

廃棄物（処理）については、入札図書の特記仕様書で「カ」国の関連法規の遵守と廃棄場の事前手当てとコンサルタントへの届出を調達契約業者の義務として謳っており、事故についても、特記仕様書で安全管理規定の作成を調達契約業者に義務付けている。

表 2-2.2 電力分野の IEIA、EIA 基準

分類	該当項目	IEIA または EIA を必要とする規模
その他の産業	火力発電所	5 MW 以上
	水力発電所	1 MW 以上

出典：MOE

³⁰ 出典： “Phum Prek Water Treatment Plant, A Report (No.3 Clear Water Reservoir)”, June 2001, Tokyo Engineering Consultant Co., LTD

表 2-2.3 環境社会影響項目に関するスクリーニング結果

Items	Rank	Reasons
Resettlement	C	Since the construction sites are within PPWSA's properties, resettlements and land compensation will not be necessary.
Impact on the residents nearby	C	Since the construction site is located in PPWSA's large premise isolated from the residential area, the impact on the residents nearby will not occur.
Land Use	C	The PV system will be installed on the roof of the distribution reservoir at the PPWSA, therefore, the impact on the land use will not occur.
Impact on social practice	C	The installation of PV system at the roof of the distribution reservoir will not impact on social practice.
Impact on infrastructure	C	Since the PV system is installed in the PPWSA's premise, impact on infrastructure will not occur.
Impact on poverty group, vulnerable group and minority group	C	Since the PV system is installed in the PPWSA's premise in Phnom Penh impact on those groups will not occur.
Uneven distribution of benefit	C	Benefit to be yielded by PV system will belong to the PPWSA, a state enterprise.
Cultural monument	C	Since the PV system is installed in the PPWSA's premise, impact on cultural monument will not occur.
Conflict with residents near by	C	Since the PV system is installed in the PPWSA's premise, conflict with residents will not occur.
Water use and right of water	C	PV system does not require any water use and the right of water. Therefore, no impact will occur.
Sanitation	C	During construction period, workers will be increased to a certain extent at the sites. However, it seems to be very few possibility of the worsening of sanitation because the construction period will be only about five to six months.
Risk on infectious disease	C	During construction period, workers will be increased to a certain extent at the sites. However, it seems to be few possibilities because the construction period will be only about five or six months.
Impact on nature of soil and geographic feature	C	Any reclamation, embankment and reforming the geography feature are not required because PV system will be installed on the roof. Therefore no impact will occur.
Soil erosion	C	PV system will never cause soil erosion like a hydropower plant.
Underground water	C	PV system will never use underground water.
Impact on surrounding water	C	PV system will never use cooling water like a thermal power plant.
Impact on sea frontier	C	Since PV system will not be installed at sea frontier, impact on sea frontier will not occur.
Fauna and flora, and diversification	C	Since the PV system is installed in the PPWSA's premise in Phnom Penh, impact will not occur.
Atmospheric phenomena	C	PV system will never release particles causing the change of atmospheric phenomena.
Landscape	C	Installed PV panel will present the good landscape generally.
Global warning	C	PV system will produce electric energy without the emission of CO ₂ .
Air pollution	C	PV system will not release particles after operation.
Water pollution	C	PV system will not release the water contamination materials after operation.
Soil pollution	C	PV system will not release the soil contamination materials after operation.
Waste	B	During construction period, waste will be increased to a certain extent but for the limited period.
Noise and vibration	C	Since the PV system is installed in the PPWSA's premise, the noise and vibration will not impact on the residents nearby.
Ground settlement	C	The weight of PV system including the mounting frame is not so heavy to cause ground settlement.
Offensive odor	C	PV system will never release any odors.
Impact on bottom sediment	C	Since PV system will never require oil tanks like an oil-fired thermal power plant, there will be no possibility of leaking materials impacting on bottom sediment.
Accident	B	During the transportation and construction, it cannot be denied that accidents will never happen. However, the possibility of accident occurrence can be reduced by safety management by the Contractor, such as allocation of security guard.

Note; A: Serious impact, B: Minor Impact, C: Minimum or negligible impact

2-3 その他(グローバルイシュー等)

(1) 温室効果ガス削減

二酸化炭素をはじめとする温室効果ガス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排出削減は出来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大変有効であり、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。従って、特に「カ」国のように化石燃料を多用している国においては、追加的な電力確保と二酸化炭素排出削減を、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、「カ」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「カ」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。

(2) 貧困削減

「カ」国では全人口の約30%、農村部では農村人口の約35%が貧困層である。「カ」国政府は貧困削減を国家目標に掲げており、また、MIMEも再生可能エネルギーによる地方電化を通じて地方経済を発展させ、それによって貧困削減を図ることを地方電化の効果と位置づけている。こうした状況下で「カ」国に系統連系型の太陽光発電システムを供与し、太陽光発電システムに係る基礎技術を移転することは、「カ」国政府関連機関のみだけでなく地方電化向上に貢献している民間事業者が太陽光発電システムの理解を一層深め、その結果太陽光発電システムの普及とそれに伴う地方経済の発展に寄与することが期待される。

太陽光発電システムに対する理解を一層深めるため、太陽光発電システムに係る基礎技術、運転・維持管理方法、事故時の対応、発電量解析等の内容からなるソフトコンポーネントをPPWSA、MIME及びEDCを対象に実施する。

(3) 公衆衛生の向上

2001年から今日まで水道水生産に必要な原材料価格が2倍に高騰したにも拘らず、PPWSAはプノンペン市内に居住する約20万の貧困世帯に対し、2001年以降水道料金³¹を据え置いたままである。これを可能にしたのは効率改善をPPWSAの重要な経営課題として継続的に取り組んだ結果である。PPWSAは「カ」国政府の水道給水政策³²に従って、給

³¹ 2008年の世帯用平均水道料金は888 Riel/m³(=0.22 US cent/m³ 1USD=4,000 Riel)

³² “National Policy on Urban Water Supply and Sanitation and Rural Water Supply and Sanitation”, February, 7, 2003

水範囲をプノンペン市内からその外縁まで拡張する計画を我が国の有償資金協力で進めている。外縁地域には多数の貧困世帯が居住しており、貧困世帯が払える水道料金を維持するために、今後より一層の経営効率の改善と経営基盤の強化を進めて行く必要がある。現在水道水生産費用に占めるカンボジア電力公社（EDC）への電気料金支払いは80%を超えており、太陽光発電システムの導入による電気料金縮減は単にPPWSAの経営に寄与するだけで無く、貧困世帯の衛生向上にも繋がるものである。

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、「カ」国プノンペン市内のプンプレック浄水場に 488 kW の太陽光発電システムを建設し、発生した電力により、当該施設の電力需要の一部を賄うものである。これにより、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両立を目指す取り組みを支援するものである。発電設備は系統連系とし、バッテリーは使わない。系統の停電時には本発電設備も発電を中止し、「単独運転」は行わないものとする。また、系統連系のため、余剰電力の系統への逆潮流も可能ではあるが、プンプレック浄水場の消費電力に比べて本発電設備の発生電力は小さく、逆潮流は発生しない。

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等の主要機材は日本製を調達する。基礎土木工事、太陽電池モジュール据付及び電気工事等は、上記入札を落札した日本企業が自ら監理を行いながら、受入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

プンプレック浄水場は国営企業であるプノンペン水道公社が運営する 3 つ浄水場の一つで、他の浄水場と合わせてプノンペン市民約 140 万人（2008 年）に飲料水を提供しており、市民の公衆衛生向上の観点から重要な施設である。また、2009 年 12 月に締結された太陽光発電システムに係る「カ」国側との主な合意事項は表 3-2.1 の通りである。ただし、下記基本合意のうち、太陽電池モジュールの設置容量はその後の見直しの結果、488 kW まで増容量となった。

表 3-2.1 「力」国との太陽光発電システムに係る合意事項

	記 述
設置場所	PPWSA のプンプレック浄水場
使用目的	浄水場内プラントの電源設備として使用する。
設 備	(1) 太陽電池モジュール：設備容量約 200 kW （但し、「カ」国側から 200 kW 以上の設置容量をチームに要望） (2) ジャンクションボックス (3) パワーコンディショナ (4) 配電盤 (5) 配電用ケーブル (6) データ蓄積装置および表示装置 (7) 太陽電池モジュール用架台
能力育成	—

プンプレック浄水場の社会的重要性及び上記合意事項を踏まえ、以下の設計上の基本方針を採用する。

- 本件は系統連系型の太陽光発電システムであり、本邦の系統連系規定を準拠し、本邦規定の適用範囲および相手国の系統接続基準の適用範囲を明確する。
- 系統連系を踏まえ、系統事故時の単独運転は、これを認めない。
- 488 kW 規模の太陽光発電システム導入は「カ」国では初めての容量であり、その成否が今後「カ」国における同システムの導入促進の鍵となるため、日本で既に実証されている技術を採用する。
- 系統連系の太陽光発電システムは「カ」国では初めてであり、太陽光発電システム事故時に系統および浄水場内既設配電設備に影響を与えないように事故時には太陽光発電システムを遮断（保護装置）する設計とする。
- プンプレック浄水場構内には太陽電池アレイを直接地面に設置するスペースが無いため、既存施設の屋上に太陽電池アレイを設置することになる。その場合、既存施設の構造上の安全性を損なわないことを確認する必要があるため、構造図が存在する施設をアレイ設置対象とする。
- 採用するパネルの種類として、結晶系と薄膜系が考えられるが、既存施設屋上という制約された設置面積の中で、所定の設置容量を確保するため、結晶系とする。

3-2-1-1 自然環境条件に対する方針

(1) 温度条件に対して

カンボジア国は熱帯モンスーン地域に属するため年間を通じて高温多湿で年間平均気温は 27.6℃ と高い。半導体部品を多用するパワーコンディショナは、強制空冷（空調）付きのキュービクル内に据え付け、また、キュービクル自体も遮熱処理（遮蔽板、遮熱塗装、鋼板二重構造、断熱ボード等）を行うよう計画しており、当地の外気温に対してその他の特別な対策を講じる必要は無い。また、接続箱内のブレーカーについても、特殊環境用ブレーカー（熱帯地域使用処理）を計画している。

(2) 落雷に対して

カンボジア国では雨期の落雷による施設被害が多数報告されており、当該浄水場にも避雷針などの雷対策が実施されている。本計画では太陽電池モジュールの設置箇所が既存施設屋上であることや、施設の重要性を勘案して雷対策を実施する。具体的には太陽電池アレイについては外部雷保護設備を、接続箱、パワーコンディショナ、配電盤には内部雷保護器を設置する。

(3) 降雨に対して

年間降雨量の85%以上が雨期の5月～11月に集中し、雨期には月間降雨量が200 mmを超える月もある。そのため、プノンペン市内の過去3年間の日降雨量資料を収集し、稼動日を日降雨量20 mm以下とした。

(4) 風速に対して

2009年9月にカンボジアを襲った台風（アジア名：ケッツアーナ）の最大風速が35 m/sと推測されていること。また、「カ」国の“Electric Power Technical Standard of The Kingdom of Cambodia, August 2007”の“Part 3 Conductor, 2.1.3 Reference Wind Velocity”には以下の規定が記載されており（以下原文のまま）、設計風速は施設の重要性によっては変更可能とされている。以上の2点を考慮し、太陽電池アレイ³³の設計風速は40 m/sとする。

2.1.3 Reference Wind Velocity

Reference wind velocity to design overhead lines shall be as given in Table 13.

Table 13: Reference Wind Velocity

Yearly maximum of 10-minute average wind velocity (50 year return period) ³⁴	32 m/sec
--	----------

In the following circumstances, the above reference wind velocity can be changed.

- a. When sufficient observed data have been accumulated.
- b. When greater reliability is especially needed.
- c. When the design is needed to cooperate with the designs of neighboring countries.

(5) 地震に対して

前述の通り、カンボジア国では地震が少なく、また、現在のプンプレック浄水場の設計でも地震力を考慮していない点から本計画でも地震力は考慮しないものとする。

(6) 地盤強度に対して

太陽電池アレイは既存施設の屋上に設置するため、地盤強度は不要である。地上設置となるパワーコンディショナキュービクルのコンクリート基礎を支える地盤の長期許容地耐力度については、第3配水池建物建設時に基礎地盤のボーリング調査7本³⁵を実施し、N値を測定している。その結果によれば、地面から深さ2.5 mまではシルト質粘土で、N値は2～3を得ている。この結果から地盤の長期許容地耐力度³⁶は30 kN/m²とする。

³³ 太陽電池アレイとは太陽電池モジュールとその架台を含む名称。

³⁴ 日本の太陽光発電設計の設計用基準風速も再現期間50年を採用。（出典：NEDO 太陽光発電導入ガイドブック（本編）。

³⁵ 出典：“Phun Prek Water Treatment Plant, A Report (No.3 Clear Water Reservoir)”, June 2001, Tokyo Engineering Consultant Co., LTD.

³⁶ 「小規模建築物基礎設計の手引き（日本建築学会）」の表より。

(7) プノンペン市の位置に対して

「カ」国首都のプノンペンには北緯 11 度 30 分に位置するため、太陽電池アレイは南向き、10 度の傾斜角とする。

(8) 小動物対策に対して

現地調査時にねずみやいたちなどの小動物による電気ケーブル損傷被害が報告されているので、ケーブル配線では小動物進入対策を実施する。具体的には、空中露出ケーブルについては金属製可とう電線管、地中ケーブルについては波付硬質合成樹脂管等で保護する。

3-2-1-2 社会経済条件に対する方針

本計画は環境プログラム無償事業として実施されるものの、太陽光発電システムの設置条件によっては、受入れ国側の財政負担が発生する可能性がある。本計画では「カ」国の財政事情を考慮し、極力「カ」国側の財政負担が発生しないよう、用地の選定および機材のレイアウトを行う。

太陽光発電システムの設置箇所であるプンプレック浄水場は 24 時間プノンペン市民に水道水を供給している。系統連系接続工事に伴う構内停電時間が水道水供給に及ぼす影響を最小限³⁷とするよう調達機材設計を行う。

プンプレック浄水場構内には水道料金支払い所があり、日中一般市民の出入りが多い。そのため、工事中の安全対策・施工スケジュールを PPWSA に十分事前説明すると同時に入札図書にも工事車両による事故防止等の安全対策を盛り込む必要がある。

3-2-1-3 建設事情／調達事情等に対する方針

表 3-2.1 の合意内容を踏まえ主要資機材は本邦から調達し、非主要資機材および据付工事に必要な資機材は現地にて調達する。

「カ」国の労働環境を定めた労働法（No.06NA, 1997 年公布）を遵守する。

3-2-1-3 現地業者の活用に係る方針

カンボジア国独自で大規模な太陽光パネルの設置を行ったことがないことから、据付工事はプライムコントラクターの日本企業の管理の下、現地業者を下請けとして採用し施工を行うこととする。

³⁷ PPWSA によれば、同浄水場は年 2 日間設備の分解点検を行い、そのため、日 3 時間の給水停止を 2 日間に亘って行っているとの情報を得ており、停電目標時間を 3 時間以内とする。

3-2-1-4 運営・維持管理に対する方針

太陽光発電システムの効果を長期的に発現させるためには、日常からの維持管理が必要である。本計画では、運営・維持管理を行う実施機関（PPWSA）が太陽光発電システムの不具合を見つけ、簡易な対応（例えば断線の修理等）を自らできる能力が身につくようにソフトコンポーネントを計画する。また、ソフトコンポーネント実施過程で、実施機関の運営・維持管理能力を評価し、実施機関が想定する運営・維持管理体制に問題有り認められた場合、運営・維持管理体制の見直しや外部（例えば EDC）から技術協力支援の可能性等について実施機関と協議する。

また、太陽光発電システムは 20 年以上³⁸の長期運用が可能である。本計画では緊急時対応として最小限の予備品（パワーコンディショナ）や消耗品を供与するが、長期運用の観点から機材修理・取替え等の費用を運転開始初年度から積立て置くことが望ましい。本計画による実施機関への経済的便益を試算した上で、実施機関と維持管理用の必要積立額を協議する。なお、実施機関に負担能力が無い場合には、責任機関を含めてその対応を協議する。

3-2-1-5 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

本計画で整備される太陽光発電システムの仕様・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「カ」国の既存技術レベルを考慮して選定する。

プンプレック浄水場には国内外からの見学者³⁹が多いため、展示効果の観点から信頼性の高い品質の資機材調達を最優先とする。

また、設置容量が 488kW と「カ」国では初めての大容量太陽光発電システムであり、系統に接続するためパワーコンディショナ盤には系統連系保護装置を設置することになる。本設備の不具合・故障が浄水場の運用及び系統へ支障を与えないよう、導入する技術は日本で既に確立した技術を導入することが重要である。

3-2-1-6 工法／調達方法、工期に係る方針

本計画では太陽電池アレイを既存施設の屋上に設置することになる。そのため、既存施設の構造上の安全性及び機能を損なわないよう太陽電池アレイの配置・諸元を考慮する必要がある。また、既存施設の屋上には防水層が施工されているため、防水層への影響も考慮する必要がある。

工程は最短工程となるよう降雨日数・降雨量から可能現場作業日数、班構成を考慮する。

³⁸ 太陽光発電協会(Japan Photovoltaic Energy Association)の資料より

³⁹ 2007 年にはベトナム、ラオスからの見学者を含めて 122 名、2008 年は大学等から見学者が 65 名あった。

3-2-2 基本計画(施設計画／機材計画)

表 3-2.2 に「カ」国側からの主な要望・合意事項とそれに応えた基本計画を示す。

表 3-2.2 「カ」国側からの要望・合意事項と基本計画の対比

項 目	「カ」国からの要望・合意事項	基本計画の骨子
設置場所	プンプレック浄水場	同左
使用目的	所有建物の電源設備として使用し、余剰電力は系統に送電	同左
設備	(1) 太陽電池モジュール 第二配水池 200 kW 設置容量 200 kW 以上が望ましい。 (2) ジャンクションボックス (3) パワーコンディショナ (4) 配電盤 (5) 配電用ケーブル (6) データ蓄積装置および表示装置 (7) 太陽電池モジュール用架台	(1) 太陽電池モジュール容量変更 第二配水池 : 264.6 kW 第三配水池 : 173.8 kW 葉注棟 : 50.4 kW 合 計 488 kW 相当 (2) 雷保護装置を追加 (3) 小動物対策として配線ケーブルはFEP管で保護を追加
能力育成	— (但し、MIME から技術移転の要望および PPWSA からは本計画の実績如何では他の浄水場にも PV システムを設置したいとのコメントが第 1 次現地調査時に示された。)	(1) ソフトコンポーネントを実施する。
資機材の調達	主要資機材は日本から調達する。	(1) 主要資機材は日本から調達する。また、非主要資機材は現地調達とする。
系統連系	—	(1) 対系統への保護装置を追加 (2) 単独運転をしない。
設 計	—	(1) 第三配水池の構造計算書を入手し、設置後の構造物としての安全性を確認する。(第二配水池も構造的には第三配水池と同じ構造なので) (2) 太陽電池アレイの傾斜角はプノンペン市の緯度から 10 度とする。 (3) 設置面積の制約から太陽電池モジュールは結晶系とする。 (4) 架台設計は JIS C 8955-2004 を準拠し、鋼製溶融亜鉛メッキ仕上げとする。 (5) 設計風速は 40 m/s とし、地震力は考慮しない。 (6) 地盤の長期許容地耐力度は 30 kN/m ² とする。 (7) 架台受け用のコンクリートブロックは底面滑動安全率 2 以上を確保する。 (8) 屋上には維持管理用の歩廊を確保する。 (9) 集電箱はいたずら防止の観点から配水池屋上に設置する。 (10) パワコンキュービクルの周りにはフェンスを設ける。 (11) 構内には給水設備があるので、新たな給水設備は設置しない。 (12) 日常点検を通じて盗難・バンダリズム対策行うよう PPWSA に提言する。
施 工	—	(1) 既存構造物屋上の防水層への影響を検討し、必要な場合にはその対策を講じる。

(1) 全体計画

1) サイト選定

太陽光発電システムの設置サイトについては、「カ」国側からPPWSAのプンプレック浄水場で、モジュールの設置場所として同浄水場内第二配水池屋上との要請が上がっていた。また、2009年12月のMD締結時にPPWSAから設置容量増の要望があったので、第二配水池隣の第三配水池屋上も太陽電池モジュールの設置候補サイトとした。第二配水池は1996年に日本の無償援助で完成し、第一配水池と合わせて日10万トンの配水能力を有している。第二配水池の屋上面積は約2,700 m²と太陽電池モジュールを設置するには十分な面積が有る。第三配水池は2003年に第二配水池と同様に日本の無償援助で完成し、屋上面積は約1,700 m²である。また、第二次現地調査以降に追加した薬注棟は第三配水池と同じ2003年に日本の無償援助で完成し、屋上面積は約550 m²である。3施設とも周囲に高層建物、遮蔽物が無く、また設計構造図も存在しており、太陽電池モジュールを設置するサイトとして適していると判断した。

2) 全体構成

プンプレック浄水場はほぼプノンペン市の中央に位置する。構内にはPPWSAの本館、浄水施設および一般市民用の水道料金支払い建物があり、浄水施設には、ポンプ室、電気室、制御・監視室、沈殿槽、配水池等がある。太陽光パネルは第二、第三配水池屋上、薬注棟に設置し、接続箱および集電箱を通じて第二配水池前面に設置されるパワーコンディショナキュービクルに接続し、そこからハンドホールを経て電気室まで配線し、電気室内の配電盤に接続する。また、キュービクル近傍には気象計測装置を設置し、日照、気温の計測を行う。一方、キュービクルからの通信用ケーブルは通信ケーブル用の棚を利用して制御・監視室へ配線し、発電状況および気象計測の記録・監視を行う。また、現在の制御・監視室にはLANケーブルが配線されていないため、生産・配水部門の別館事務所からLANケーブルを制御・監視室まで引き込み、インターネットを利用した遠隔監視システムを構築する。なお、3施設に設置される太陽電池モジュールは南側から日射を受けることになる。図3-2.1に浄水場内の全体配置図を示す。

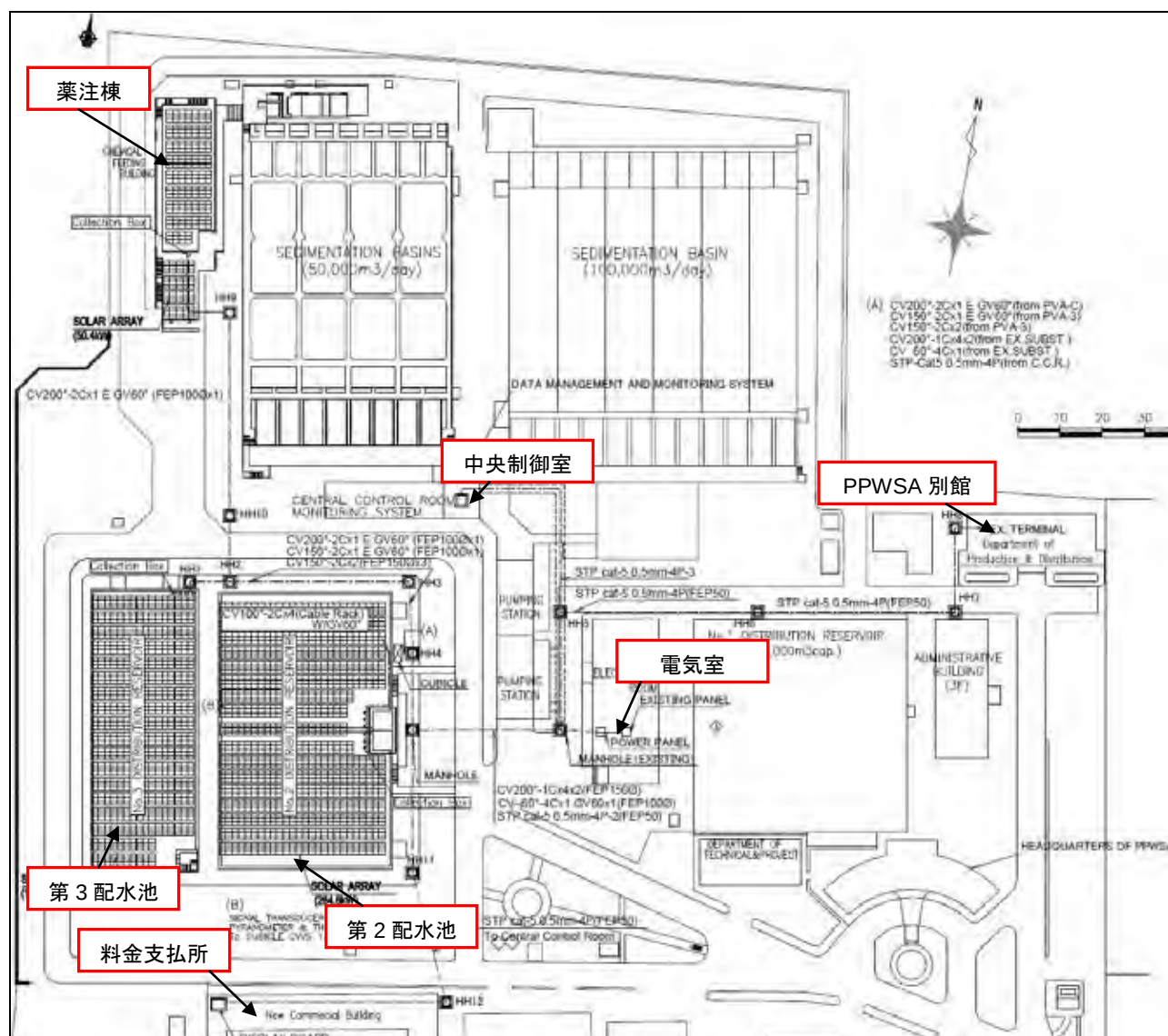


図 3-2.1 浄水場構内全体図

(2) 土木工事計画

1) 架台基礎ブロック形状及びレイアウト検討

第二、第三配水池建屋構造はいずれも多径間箱型ラーメン構造で設計されており、柱間隔は第二配水池で 4.0 m、第三配水池で 4.2 m となっている。モジュール用架台基礎ブロックコンクリートはこの多径間ラーメンの柱上に単独ブロックとして設置することとした（図 3-2.2 参照）。柱上設置であれば、単に柱に対して軸力のみが発生し、曲げモーメントによるせん断力がスラブに発生しない。また、ブロックコンクリートを帯状にした場合、第三配水池屋上に設置されている雨水排水柵の配置から屋上の雨水の柵方向への流れが帯状ブロックに邪魔され、屋上に雨水が一時的に滞留する可能性があり、これも単独ブロックを採用した理由の一つでもある（写真 3-2-1 参照）。単独ブロックの形状は後述するブロックの安定検討を踏まえ W80 cm × B80 cm × H55 cm と決定した。

一方、薬注棟の構造は第二排水池、第三排水池と異なり、中間柱の無い梁構造となっているため、架台基礎ブロックは柱上に設置できず、梁上に設置せざるを得ない。そのため、太陽電池アレイの重量を薄く広く梁に伝達するよう、基礎ブロックの形状を帯状ブロックとした。また、ブロック幅はブロック上面にケミカルアンカーを穿つため、30 cm とした（図 3-2.3 参照）。

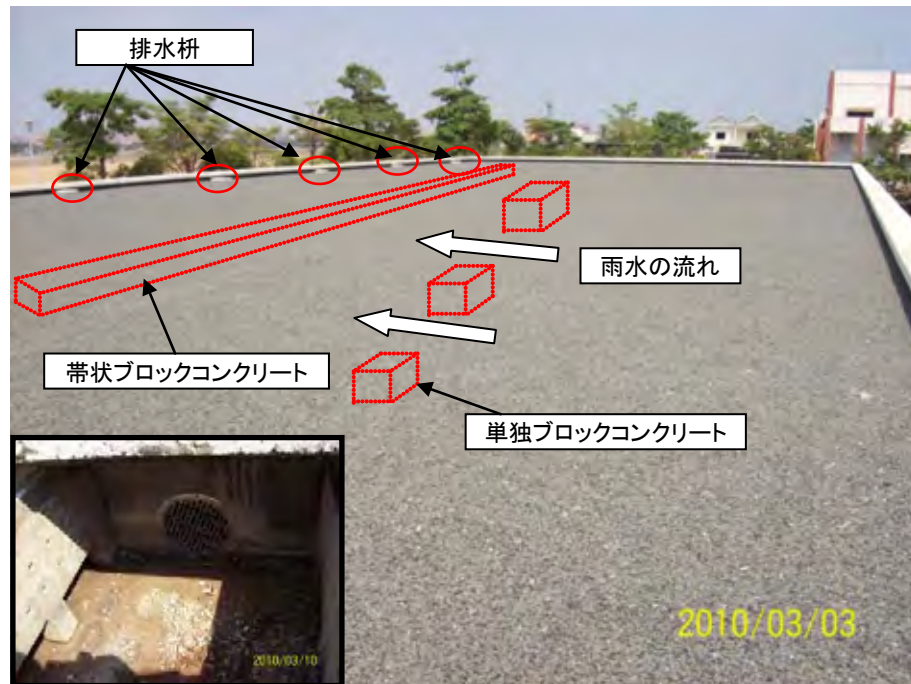


写真 3-2.1 屋上雨水排水柵とブロック形状の関係写真（第三配水池屋上）

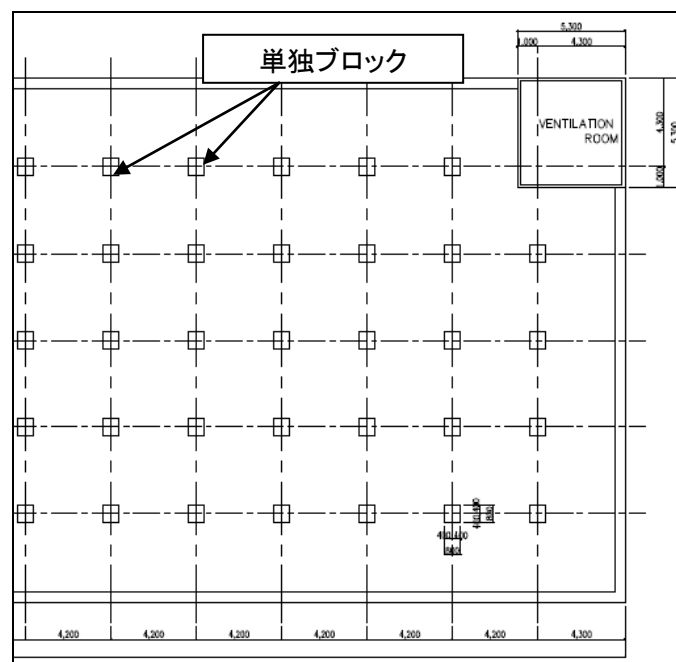


図 3-2.2 第三配水池 単独ブロックレイアウト図

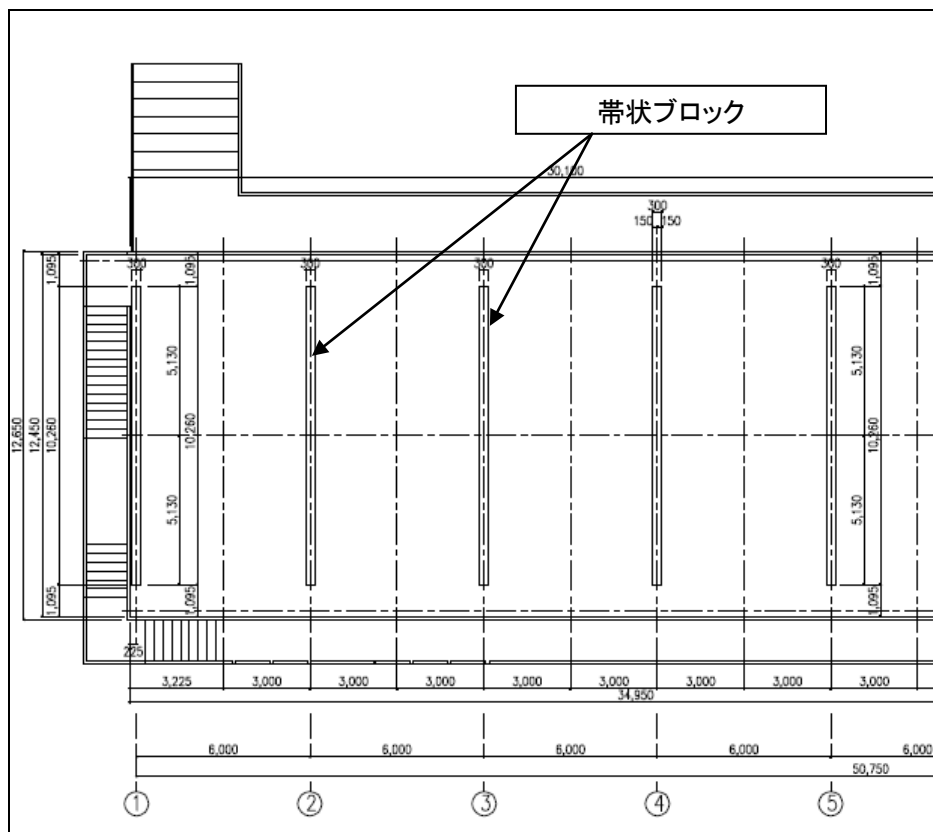


図 3-2.3 薬注棟 帯状ブロックレイアウト図

2) 屋上防水層検討

現状の第三配水池屋上には厚さ約 20 mm のアスファルト防水層（図 3-2.4 参照）が、塗膜系防水層が第二配水池屋上に敷設されている。一般に防水層の有効年月は 10 年から 15 年と言われており、1994 年に建設された第 2 配水池では数年以内に、また 2003 年に建設された第 3 配水池は今後 5 年以内に防水層の補修時期を迎えることになる。しかし、太陽電池アレイの設置後、防水層の補修は実質不可能となる。また、太陽電池アレイ設置に伴う荷重増が既存防水層へ与える局所的影響も不明である。

施設の重要性及び防水機能が損なわれた場合を、配水池と薬注棟について比較検討した。その結果を表 3-2.3 に示す。この結果から、本計画で第 2 および第 3 配水池屋上のみ全面防水工事を実施することとした。図 3-2.5 に屋上防水工事の概念図を示す。

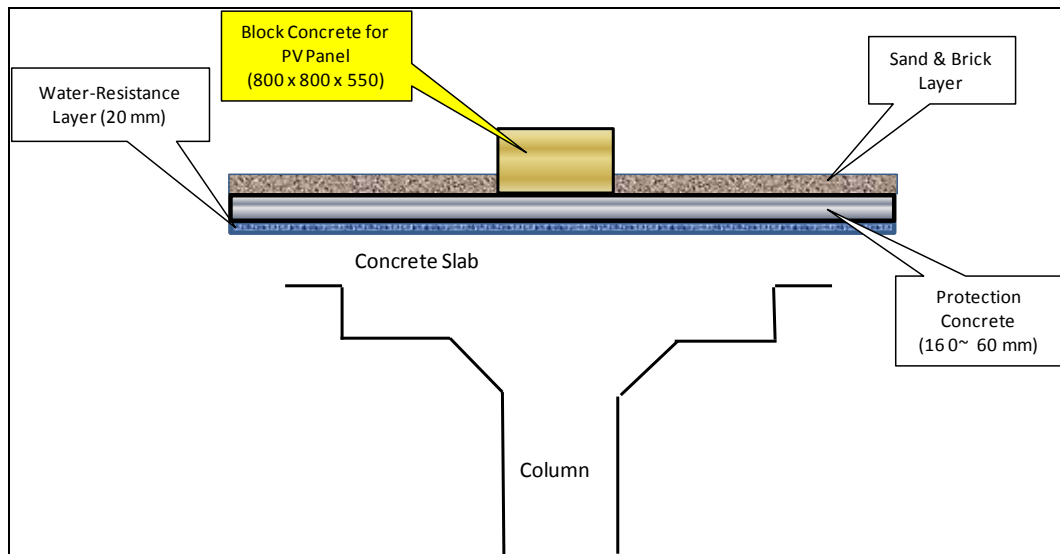


図 3-2.4 配水池屋上構造概念図

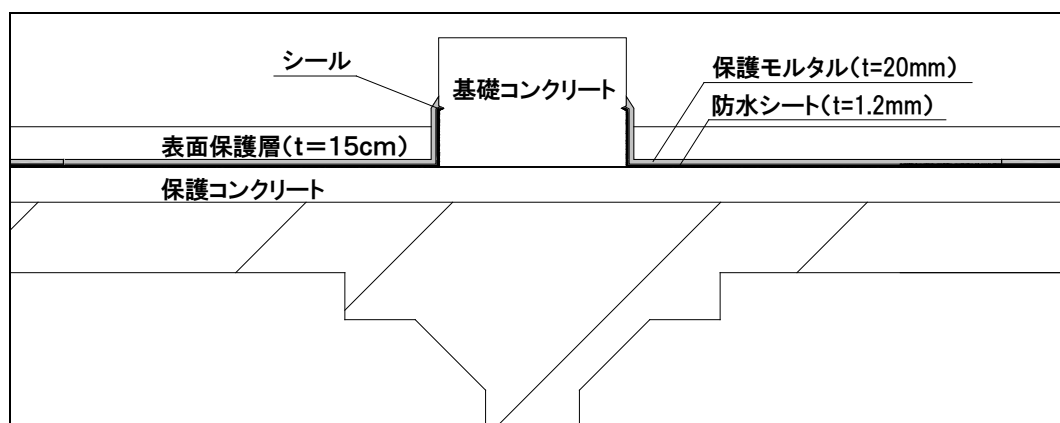


図 3-2.5 防水工事イメージ図

表 3-2.3 防水機能の重要性比較

施 設			第2配水池	第3配水池	薬注棟
建物の機能・構造等	建物機能		水利ユーザーに配水する施設		原水を処理するために薬液を注入
	建物内の水供給用水の種類		最終処理水		原水
	建物内格納物		最終処理水		原水・薬品
	建物内施設		配水池		2F：試験室、管理室、電気室、薬液注入室 1F：薬品保管庫
	屋根構造	構造体	コンクリートスラブ		コンクリートスラブ
		防水層	塗膜系防水	アスファルト防水 (t=20 mm)	アスファルト防水 (t=9 mm)
		保護コンクリート	保護コンクリート (t=60-160mm)		保護コンクリート (t=50-150mm)
		保護層	レンガおよび砂利		タイル（モルタル接着）
	建物内部	照明設備	無し		有り
		天井（表面）	コンクリートスラブ		同左
		アクセス	排水を行わないとアクセスできない		試験室、管理室、電気室は天井パネル設置 容易にアクセスできる
防水・漏水に関する事項	既設防水への本工事の影響等		本工事が防水に影響を与える可能性がある。 太陽光パネルのライフタイム内に防水の保証期間が満了		同左 同左
	防水	必要性（施設）	最終処理水を貯水しており、安全な水供給の観点から極めて高い。		取り扱っている水は原水であるが試験室、電気設備を有しているため必要性は高い。
		重要性	水供給	漏水が水質事故（水質汚染）に繋がるため極めて高い	普通
		施設保護	－		重要（試験室、電気室など）
	漏水	更新	太陽光システムが上座するため困難		同左
		漏水による水供給への影響	水質事故、水供給の（一部）停止など影響は極めて大きい		水供給の停止の可能性は低い
		漏水箇所の確認・特定	漏水の確認は極めて困難		施設内部からの漏水の確認が容易
			保護層により屋外からのクラック等の確認も困難		タイル上のクラックの確認は容易
		対策	屋内から	通常時はアクセスできないため非常に困難	コーキングなどによる対策が可能
			屋外から	漏水箇所の特定ができないため困難	漏水箇所が特定されれば、コーキングなどで対応
			工期	漏水箇所が分かった場合でも、レンガ、砂利等の除去が必要 対策工期が長い（水供給停止期間も長い）	タイル除去等が必要 対策工期は、配水池に比べて短い
	評価	重要性（施設）	最終処理水を扱うため極めて高い		電気室等への影響から高い
		影響度（水供給・施設運営）	漏水による影響は極めて高い		漏水による影響は大きくない
		漏水の確認	不可		可能
		対策の容易さ	極めて困難		容易
	無償資金協力内での対応		本工事によって防水に影響を与える可能性があり、施設が漏水に対して非常に脆弱であるため、防水の再施工を行う。（既存の防水施設は、残存する）		本工事によって防水に影響を与える可能性があるが、漏水の影響度は大きくないこと、漏水の確認・対策が容易なことから、防水の再施工は行わない。ただし、現場で確認できるクラック等には、コーキングを行う。
参考	漏水が発生した場合の状況		通常発生する軽微な漏水の場合、水が降り落ちるわけではなく、水が天井コンクリートに染みだし、それが集まり落下するといった状況になる。		
その他	補修		－		パラペット付近に見られるアスファルト防水立ち上がり部の剥離などの補修は、維持管理（「力」国）の範囲であり本事業の対象とはしない。また、太陽光発電システム設置後でも補修可能である。

3) 架台基礎ブロックの安定計算

太陽電池アレイが横方向からの風荷重を受けた時の基礎ブロックの滑動に対する安全性を検討した。風荷重による滑動力への抵抗力はブロック接地面のせん断強度と設置面の内部摩擦角で決まり、式で表すと下式となる。

$$F_s = \frac{R_f}{S_f} = \frac{C \times A + W \times \tan \phi}{P_w}$$

但し、 F_s : 滑動に対する安全率

R_f : 滑動に対する抵抗力＝接地面のせん断強度(C) × 接地面積(A)
 + 鉛直荷重(W) × 内部摩擦角(ϕ)

S_f : 滑動力＝風荷重による水平力 (P_w)

ブロック 1 基あたりの荷重が大きい（単位荷重当たりの接地面積が小さい）第 3 配水池ブロックの滑動に対する安定計算の結果を表 3-2.4 に示す。なお、安全率の基準は日本の各種ガイドライン⁴⁰を参考に設定した。

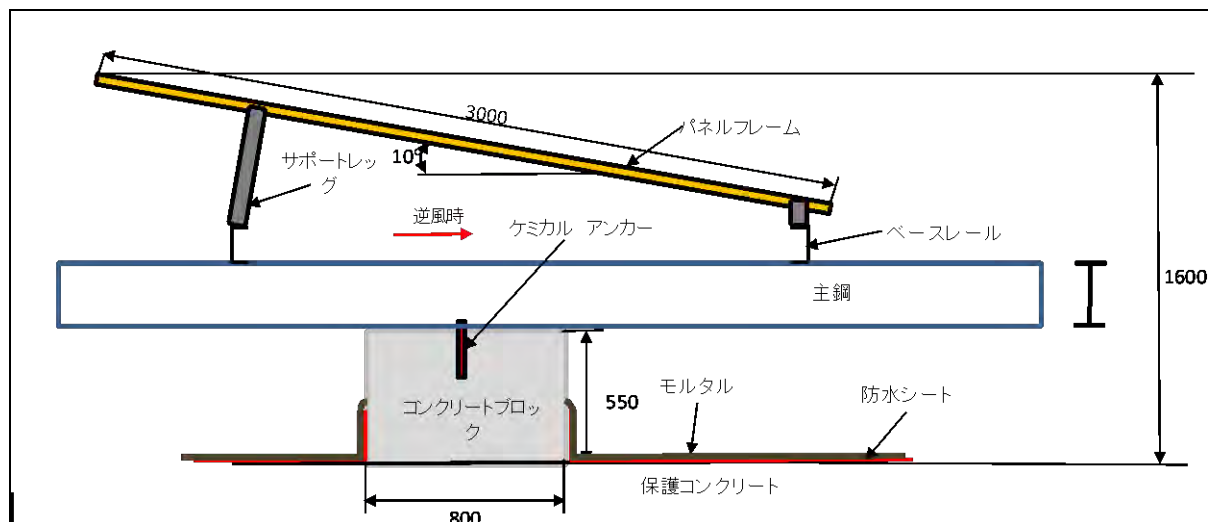


図 3-2.6 安定計算概要図

表 3-2.4 基礎ブロックの安定計算結果(単独ブロック)

基礎の滑りに対する検証		安全率	安全率基準	判定
0	上載荷重無し	∞	1.5	OK
1	常時	∞	1.5	OK
4	風圧（正）作用時	5.53	1.2	OK
5	風圧（負）作用時	3.84	1.2	OK

葉注棟ブロックについては、抵抗力に寄与するトン当たりの接地面積が単独ブロックより大きいので、滑動に対する安全率は単独ブロック以上あると考えられる。

以上の検討結果を踏まえた架台・基礎関連の諸元等を表 3-2.5 に示す。

⁴⁰ 道路橋示方書 V 下部構造編、港湾の施設の技術上の基準・同解説、多目的ダムの建設等

表 3-2.5 架台・基礎関連諸元等

項 目	PPWSA 内プンプレック浄水場		
設置場所	第2配水池屋上	第3配水池屋上	薬注棟屋上
屋上面積	2,700 m ²	1,700 m ²	550 m ²
定格設置容量	264.6 kW	173.8 kW	50.4 kW
アレイの傾斜角	10°		
架台基礎コンクリートブロック寸法	W 800 × L 800 × H (平均) 550 mm		W 300 × L 5430 ~ 10260 × H 500 mm
基礎コンクリートブロック数 (接地面積)	124 基 (単独) (79.4 m ²)	74 基 (単独) (47.4 m ²)	11 列 (帯状) (28.8 m ²)
パネル総重量	23.9 トン	15.7 トン	4.6 トン
フレーム固定金具総重量	14.7 トン	9.7 トン	2.8 トン
架台鋼材総重量	30.3 トン	19.3 トン	6.2 トン
ブロック総重量	100.39 トン	59.91 トン	33.1 トン
総重量	169.3 トン	104.6 トン	46.7 トン
荷重 1 トン当たりの接地面積	0.47 m ² /ton	0.45 m ² /ton	0.62 m ² /ton
架台設計基準	JIS C 8955-2004		
設計条件	1) 設計風速 40 m/s. 2) 水平地震力 考慮せず 3) コンクリートブロックせん断強度 2 ton/m ² 4) コンクリートブロック内部摩擦角 20°		
架台基礎ブロックの安定計算 (単独ブロック)	風圧荷重時 (負方向) 滑動に対する安全率: 3.84 ブロック安定計算については、調達業者との契約後に調達業者が安定計算書を提出し、コンサルタントがレビューすることを入札図書に記載する。		
既存施設の構造上の安全性	架台基礎コンクリートブロックは多径間ラーメン構造の柱上に配置するので、柱への集中荷重となり、曲げモーメントは発生しない。従って曲げモーメントおよびせん断力は現設計値のままでも強度的影響を与えない。また、柱座屈については十分な安全率があることを確認した。		帯状ブロックを採用し、荷重を薄く広く梁に伝達することで、安全性を確保した。
その他付帯工事	第2配水池屋上および第3配水池屋上に全面防水工事を実施する。		防水工事は実施しない。

(3) 機材計画

機材の基本計画の概要は以下の通り。

項 目	PPWSA 内プンプレック浄水場		
設置場所	第2配水池屋上	第3配水池屋上	薬注棟屋上
系統接続先	EDC の配電系統		
バッテリー	無し		
モジュールタイプ	設置可能面積に余裕が無いので結晶系 ⁴¹ とする。		
モジュール設置枚数	1260 枚 (210 W/枚)	828 枚 (210 W/枚)	240 枚 (210 W/枚)
定格設置容量	264.60 kW	173.88 kW	50.40 kW
太陽電池アレイ傾斜角	南向きに 10 度の傾斜角とする		
太陽電池モジュール	5 ~ 15 kW を目安とするサブアレイを設ける		
接続箱	- サブアレイ単位の接続箱を設置する - 接続箱には断路端子、逆流防止用ダイオード、避雷器を設ける 接続箱出力側に配線用開閉器を設置する		
集電箱	- 接続箱回路毎に 1 個の開閉機能を有する配線用遮断器および出力側に 1 個の配線用遮断器を分岐盤内に設置する。 - 直流回路は全て DC600 V で設計する		

⁴¹ 同一定格容量を設置する場合の結晶系と薄膜系の設置面積比率は、一般に結晶 1 に対して薄膜系は 1.4 となる。

項 目	PPWSA 内プンブレック浄水場
パワーコンディショナ (盤)	パワーコンディショナー(盤)には以下の機能・装置を有する - 系統連系保護機能 - 単独運転防止機能 - 外部通信 - 内部雷保護装置 - 変圧器 - 情報伝達装置
キュービクル	- 外形寸法 W1280 × H2300 x D 2400 - 台 数 6 基 - 熱帯地域使用処理とし、屋根に遮蔽板を設ける パワーコンディショナ盤、変圧器、空調設備、その他の装置を内蔵する
気象計測装置	- キュービクル近辺に、太陽電池モジュールと同方位角、傾斜角の日射計並びに日陰に温度計を設置する。 気象計測装置は運用後の発電量の分析を行う上で有用である
連系点用配電盤	- パワーコンディショナから連系点までの線路保護と、故障保護のため、連系点付近に保護用MCCB並びに電力量計を内蔵した配電盤を設置する また、連系点用配電盤は、系統接続工事時の停電時間を最小限にするための、事前作業にも有用である
情報伝送装置	以下のパワーコンディショナからの情報を監視装置へ伝送する - 太陽電池電圧・電流(直流) - 太陽電池発電量・送り出し電流(交流) - 系統への送り出し電流(交流) - 系統電圧(交流) - 周波数 - 継電機能動作情報、重故障・軽故障情報、能動方式、受動方式動作情報
監視装置	- パワーコンディショナ(盤)からの情報に基づき、必要な情報への加工、蓄積並びに異常警報の発信機能を有する - パワーコンディショナからの情報以外に、傾斜面日射強度、気温、累積発電量、システムの異常履歴、重故障時の警報発信をも記録する 監視装置は中央制御室内に設ける
遠隔監視装置	- 中央制御室外から、発電状況および関連情報を監視できるようインターネットを利用した遠隔監視システムを構築する - 遠隔監視が可能な閲覧者(PPWSA の総裁、部長級レベル、および元請業者の技術責任者等)は予め登録し、IDとパスワードで管理する 元請技術責任者の閲覧を許すことで、不具合発生時の発見、対応の迅速化が期待される
表示装置	累積発電量、瞬時発電量の表示装置を構内の水道料金支払い所建物内部の壁面に設置する
配線材料	- 配線材料は JIS に準拠する。 - 接続箱からパワーコンディショナまでの許容電圧降下は 2%以下とし、これを満足する電線・ケーブルを使用する - 屋外または地中に敷設する接続箇所は、防水カバー又は防水処置を行う
外部雷保護設備	- モジュールへの直撃雷保護として避雷設備を設置する - 雷保護範囲は回転球体法による保護範囲とし、保護レベルは II とする - 接地は太陽電池架台と等電位とする - 避雷設備の設計は JIS A 4201 を準拠する
内部雷保護設備	- 接続箱、パワーコンディショナ(盤)、配電盤には内部雷保護設備を設置する 避雷素子の仕様は、クラス II、定格電圧 DC500 V 以上、公称放流電流 20kA 以上、電圧防護レベル 2.5 kV 以下、劣化表示機能付とする
予備品	- 設置モジュールの 3%を予備品として供給する パワーコンディショナを緊急時の予備品として供給する(100 kW x 1 台)

註：主要資機材の仕様については表 3-2.9 を参照のこと

1) 逆潮流の可能性検討

プンプレック浄水場における太陽光発電システム容量は設置予定箇所の屋上の面積によって決まるものであり、前述の通り、第二配水池屋上に 264 kW、第三配水池屋上に 173 kW、薬注棟屋上に 50 kW の合計 488 kW とした。この容量は「カ」国において最大規模の太陽光発電システムとなる。しかし、表 3-2.6 の同浄水場の電力消費量によると、曜日に関係なく日中の消費電力は 1,500 kW 以上となっており、太陽光発電システムによる余剰電力は発生せず、系統側への逆潮流も発生しないものと考察される。

表 3-2.6 PPWSA における消費電力の時間推移

(単位: kW)

時刻	11月9日 Sat.	11月10日 Sun	11月11日 Mon.	11月12日 Tue.	11月13日 Wed.	11月14日 Thu.	11月15日 Fri.
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6	1,020	1,024	1,002	850	1,159	950	655
7	1,610	1,554	1,567	1,573	1,561	1,540	1,521
8	1,614	1,637	1,824	1,575	1,727	1,510	1,627
9	1,512	1,698	1,818	1,755	1,853	1,531	1,580
10	1,555	1,788	1,820	1,725	1,864	1,582	1,745
11	1,817	1,973	1,763	1,723	1,866	1,792	1,731
12	1,628	1,833	1,823	1,923	1,904	1,695	1,799
13	1,623	1,816	1,816	1,868	1,948	1,798	1,575
14	1,667	1,880	1,830	1,845	1,924	1,698	1,653
15	1,615	1,865	1,808	1,960	1,839	1,760	1,855
16	1,665	1,670	1,803	1,655	1,705	1,552	1,540
17	1,484	1,644	1,590	1,672	1,596	1,520	1,780
18	1,481	1,561	1,515	1,607	1,622	1,520	1,656
19	1,500	1,534	1,590	1,407	1,624	1,590	1,499
20	1,568	1,520	1,523	1,534	1,608	1,593	1,557
21	1,527	1,473	1,386	1,407	1,389	1,482	1,430
22	1,031	1,527	1,252	1,404	1,099	1,206	1,280
23	744	1,320	1,098	1,057	690	850	1,085
24	640	1,192	624	1,014	612	816	

出典: PPWSA, Daily Monitoring Record Sheet for Electric Room (1/3) 2009より

2) 期待発生電力量

表 3-2.7 に定格容量 488 kW 設置時の太陽光発電システムの期待発電量を示す。試算によれば年間 652,800 kWh の発生電力量が期待できる。

表 3-2.7 太陽光発電システムの期待発電量

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Avg.
Irradiation(kw/m ² /day)	5.3	5.8	5.95	5.9	5.4	4.8	4.8	4.5	4.6	4.6	4.9	5.0	5.1
PV temprature (C°)	63.0	64.7	66.5	67.1	66.9	66.0	64.9	64.6	63.7	63.0	63.0	61.6	64.6
Generation (kWh/day)	1,864	2,024	2,059	2,035	1,864	1,665	1,673	1,571	1,613	1,618	1,724	1,770	1,790
Generation (kWh/month)	57,793	56,659	63,825	61,048	57,793	49,941	51,865	48,699	48,387	50,171	51,713	54,881	54,398

出典: Irradiation は「カンボジア国再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査ファイナルレポート第1巻:要約」の図15から読み取り

3) 系統連系保護装置

EDC への配電系統に接続するに当たっては、日本の系統連系規定の高圧連系要件に準拠して検討した。

プンプレック浄水場はEDCから受電電圧が 20 kVなので、日本の系統連系規定に従えば高圧連系となり、OVGR（過電圧地絡継電器）の設置が必要となる。ただし、プンプレック浄水場の既設受電設備には既にOVGRが設置されているため、本計画用のOVGRは設置しない。なお、パワーコンディショナ内には以下の系統保護装置を設置する。これらの保護装置はEDCの「電力技術者へのガイドブック⁴²」で要求されている保護装置と一致する。

- ・ 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)
- ・ 単独運転検出器 (Islanding Operation Detector)

各継電器の整定値、整定時間についてはEDCの電力技術基準⁴³に記載されている公称電圧、許容電圧変動、公称周波数、許容周波数変動を考慮して契約業者とEDC間で別途決定するよう入札図書に記入する。

表 3-2.8 「カ」国電力基準と継電器の整定値(案)

公称電圧	許容電圧変動	OVR	UVR
230 V	207 V ~ 253 V	225/230/235/240	160/165/170/175/180
400 V	360 V ~ 440 V	410/420/430	350/360/370
公称周波数	許容周波数変動	OFR	UFR
50 Hz	49.5 ~ 50.5 Hz	50.5/51/51.5/52	48.5/49/49.5

註：公称電圧、許容電圧変動、公称周波数、許容周波数変動は EDC の電力技術基準より引用。

4) 主要機材リスト

表 3-2.9 にプンプレック浄水場に必要となる主要資機材の機材名、主要スペック、数量および使用目的を示す。同表中の数量および詳細仕様は、設置容量 488 kW を満足するという前提条件で、入札結果次第による。調達数量および詳細仕様は、調達契約業者、調達代理機関およびコンサルタントとの協議で決定し、調達契約業者と調達代理機関との間で締結される契約書に記載される。

⁴² Chapter 2: Technical Standard for Electric Power Facilities, Title: Condition of Connection with Power System for Distributed Generator, Main Protection Relay, Page C-06 in the “Guidebook for Power Engineers”, 2004

⁴³ “Electric Power Technical Standards of Kingdom of Cambodia”, August 2007, Page 15, Quality of Electric Power

表 3-2.9 主要資機材リスト (1/2)

番号	機 材 名	主な仕様または構成	数量	使 用 目 的
1	太陽電池モジュール	(1) 適用規格:IEC 及び同等規格 (2) 一般仕様: 1) 種類:結晶系シリコン 2) アレイ出力容量:264.6kW アレイ+ 173.8kW アレイ+50.4kW アレイ	2,328 枚	太陽エネルギーを直流の電気エネルギーに変換する機能を有し、太陽光発電システムの根幹である。
2	太陽電池モジュール付属ケーブル	(1) 適用規格 JCS 4418B (2) 型 式 ①HEM-CE ケーブル片端 (+)コネクタ付き ②HEM-CE ケーブル片端 (-)コネクタ付き ③HEM-CE ケーブル両端 (+)(-)コネクタ付き (3) サ イ ズ 3.5sq-1C	194 本	各モジュールを直列系統繋ぐケーブルで、システムに不可欠なケーブルである。
3	接続箱	(1) 構 造 屋外壁掛け型 (2) 材 質 SPHC 鋼板 (3) 太陽電池入力電圧 DC500V/回路 (4) 入力回路数 3～5 回路 (5) 太陽電池入力電流 8.9A/回路 (6) 出力回路数 1 回路(特殊環境用ブレーカ)熱帯地域使用処理 (7) 収納機器 配線用遮断器 (DC500V 50A)、入力回路断路端子、逆流防止ダイオード、誘導雷保護器、熱感応端子キャップ	50 面	太陽電池モジュールの直列系統毎に配線を統合し、一本の線に纏めるためのボックスで、システムに不可欠な設備である。
4	集電箱	(1) 構 造 屋外自立(壁掛け)型 (2) 材 質 SPHC 鋼板 (3) 太陽電池入力電圧 DC500V (4) 太陽電池入力電流 50A/回路 (5) 入力回路数 5 回路(特殊環境用ブレーカ)熱帯地域使用処理 (6) 出力回路数 1 回路(特殊環境用ブレーカ)熱帯地域使用処理 (7) 遮断器(開閉器) 入力配線用遮断器 (DC500V 50A) 出力配線用遮断器 (DC500V 225A) (8) その他 熱感応端子キャップ	11 面	接続箱に集まった電気を並列系統で集電するボックスで、このボックスからパワーコンディショナへ電気が送られる。規模が大きい太陽光発電システムの場合には不可欠な設備である。
5	パワーコンディショナ	(1) 一般仕様 100 kW 1) 構造 屋内自立型 2) 主回路方式 自励式電圧形 3) スイッチング方式 高周波 PWM 4) 冷却方式 強制空冷 (2) 電氣的仕様 1) 定格出力 100 kW × 3 台 (No.2 配水池)、 100kW × 2 台 (No.3 配水池及び薬注棟) 2) 定格入力電圧 DC300V 以下 3) 最大許容入力電圧 DC0～500V 以内 4) 入力運転電圧範囲 DC240V～470V 以内 5) 最大出力追従制御範囲 DC240V～420V 以内 6) 出力電気方式 三相 3 線式 7) 定格出力電圧 AC202V 8) 交流出力電流ひずみ率 総合電流 5%以下、各次調波 3%以下 9) 電力制御方式 最大出力追従制御 10) 効率 90%以上 11) 機能 自動起動、停止、ソフトスタート、 自動電圧調整 (3) 系統連系保護機能 系統過電圧(225/230/235/240V)、(410/420/430V)、検出時間 (0.5/1.0/2.0S) 系統不足電圧(160/165/170/175/180V)、(350/360/370V)、 検出時間(0.5/1.0/2.0S) 系統周波数上昇(50.5/51/51.5/52Hz)、検出時間 (0.5/1.0/2.0S) 系統周波数低下(48.5/49/49.5Hz)、検出時間 (0.5/1.0/2.0S) 復電後の投入阻止時間 (5/150/200/300S) (4) 単独運転防止機能 能動方式 変動幅:無効電力は定格出力の 5%、 検出要素:周波数の周期変動分、検出レベル:0.25 Hz、解列時限:0.5 ～1S、受動方式:±3/5/8/10°、検出時間 0.5S 以下 (5) 外部通信 信号内容: 状態情報、故障情報、計測情報、 入出力仕様:RS485 (6) 内部雷保護装置 直流 SPD クラス II 以上 交流 SPD ギャップ式クラス II 以上	1 式	太陽電池モジュールから発生した直流電力を一般で使われる交流電力に変換する機能、交流電力に変換した電気の品質を監視し適正に保つ機能(保護協調)を有しており太陽光発電システムの中核である。

表 3-2.9 主要資機材リスト (2/2)

番号	機 材 名	主な仕様または構成	数量	使 用 目 的
6	変圧器	(1) 定格出力: 600kVA (2) 一次電圧(出力): AC380-230V、3 相 4 線式 (3) 二次電圧(入力): AC200V、3 相 3 線式 (4) 周 波 数: 50Hz (5) 絶縁階級: H 種乾式 (6) 特記事項: 仕様銘板、一次端子 5 タップ以上	1 式	パワーコンディショナの構成要素の一つで、パワーコンディショナで変換された交流電力の電圧を所定の電圧に変換する機能を有しており、太陽光発電システムには不可欠な装置である。
7	外部雷保護設備	(1) 適用基準: JIS A 4201-2003 (2) 保護レベル: クラスⅡ (3) 受 雷 部: 回転球体法による突針、水平導体、メッシュ導体等 (4) 接 地: モジュール架台と等電位	1 式	主要機材を含む野外施設を落雷から防御する設備で、特にカンボジアのように雨期に雷が多発する国では必須の設備。
8	キュービクル	(1) 材 質: SPHC 鋼板 (2) 収納機器: 100kW パワーコンディショナ 5 台、600kVA 相当変圧器 1 台、情報伝送装置、入出力開閉器、しゃ断器 (3) 内部雷保護: 出力側に交流 SPD クラスⅡ以上 (4) 換 気: 強制空冷 (22kW 空調機装備)	1 式	パワーコンディショナや変圧器等の電気機器を収納し、直射日光や降雨等から電気機器を保護する箱で、今回のような野外に設置する場合には不可欠である。
9	データ管理・監視システム	(1) 計測監視装置 データ計測方式: 測定周期 6 秒 データ収集項目: 直流-電圧/電流、交流-電圧/電流/電力/周波数 使用機器 パソコン (WindowsXP または同等): シリアル信号変換器 (RS485→RS232C 変換) 無停電電源装置 (瞬停対策用)、パソコンラック ソフト仕様 瞬時値表示、グラフ表示: パワーコンディショナ運転状態、障害情報表示 パワーコンディショナ保護装置設定情報保存 (2) 遠隔監視システム サイト側データ管理: サイト側データをサーバーへ送信、専用サーバーでデータ蓄積 データ閲覧: インターネットを利用し、Web ブラウザで表示 データダウンロード: グラフの表示と印刷 データ閲覧権限: 登録ユーザー、パスワード管理	1 式	太陽光発電システムの運転状況を監視・管理するためのシステムで、太陽光発電システムの運営・維持管理の面から不可欠な設備である。
10	表示装置	(1) 構 造: 屋内壁掛け型、LED 平面発光板 (輝度均一度 85%以上、パネル平均照度 2000 ルクス/600cd 以上) (2) 表示点数 : 発電量瞬時値、累計 (3) 表示パネル: 5~15 cm/数字 (4) 外形寸法 : 1000 mm × 1600 mm ±15%	1 式	太陽光発電システムの啓発に欠かせない装置である。
11	連系点用配電盤	(1) 構 造: 屋内自立式 (2) 材 質: SPHC 鋼板 (3) 外形寸法: 1950W × 800H × 350D (4) 取付計器: 電圧計、電流計、積算電力計、SPD (5) 遮断器 (開閉器): MCCB4P1000AF/1000AT アラーム付	1 式	系統連系用の配電盤であり、連系上、必要不可欠の装置である。
12	太陽電池モジュール設置用架台 (受台)	(1) 種 類: 太陽電池取付架台 (2) 材 質: SS400 溶融亜鉛メッキ仕上げ (HDZ45 相当) (3) 構 成: 太陽電池傾斜角 10° (4) 設置容量: 264.6kW + 173.8kW + 50.4kW、設置場所の構造を考慮 (5) 接 地: 接地棒または平板接地極 引下げ導体は 22 mm ² 以上 (6) 設計風速: 40m/秒	776 組	太陽電池モジュールを設置用架台に取り付ける金具で必要不可欠である。
13	太陽電池モジュール設置用架台	(1) 材質: JIS G3101, SS400 (2) 塗装: 溶融亜鉛メッキ HDZ45	1 式	太陽電池モジュールを設置・固定するための鋼製架台で、モジュール設置には不可欠である。

3-2-3 概略設計図

プンプレック浄水場の概略設計図は次表の通りであり、図面は巻末に添付する。

No.	図面番号	図面タイトル
1.	PPWSA-01-01N	Overall Layout at Phum Prek Water Treatment Plant
2.	PPWSA-01-02N	Single Line Diagram for Photovoltaic Power Panel
3	PPWSA-01-03	Detail of Electrical Room for Cable Connection
4	PPWSA-01-04	Single Line Diagram of Distribution Board and Photovoltaic Power Panel
5	PPWSA-02-01	Layout Plan of Installation Frame and Solar Array, No.2 Distribution Reservoir
6	PPWSA-02-02	Layout Plan of Installation Frame for Solar Module, No.2 Distribution Reservoir
7	PPWSA-02-03	Layout Plan of Foundation for Installation Frame, No.2 Distribution Reservoir
8	PPWSA-02-04	Detail of Installation Frame Section A-A, No.2 Distribution Reservoir
9	PPWSA-02-05	Detail of Installation Frame Section B-B, No.2 Distribution Reservoir
10	PPWSA-03-01	Layout Plan of Installation Frame and Solar Array, No.3 Distribution Reservoir
11	PPWSA-03-02	Layout Plan of Installation Frame for Solar Module, No.3 Distribution Reservoir
12	PPWSA-03-03	Layout Plan of Foundation for Installation Frame, No.3 Distribution Reservoir
13	PPWSA-03-04	Detail of Installation Frame Section A-A, No.3 Distribution Reservoir
14	PPWSA-03-05	Detail of Installation Frame Section B-B, No.3 Distribution Reservoir
15	PPWSA-04-01	Layout Plan of Installation Frame and Solar Array, Chemical Feeding Building and Storage
16	PPWSA-04-02	Layout Plan of Installation for Solar Module, Chemical Feeding Building and Storage
17	PPWSA-04-03	Layout Plan of Foundation for Installation Frame, Chemical Feeding Building and Storage
18	PPWSA-04-04	West Side Elevation And Detail of Solar Array, Chemical Feeding Building and Storage
19	PPWSA-04-05	South Side Elevation And Detail of Solar Array, Chemical Feeding Building and Storage
20	PPWSA-05-01	Detail of Power Conditioner
21	PPWSA-05-02	Detail of Water Proofing Works No.2 Distribution Reservoir

3-2-4 施工計画／調達計画

3-2-4-1 施工方針／調達方針

本計画は、環境プログラム無償のスキームに従い実施される。環境プログラム無償は気候変動問題等への取り組みを目指す新たな試みで、機材供与や人材育成など、複数のコンポーネントを組み合わせたプログラムである。受入国側は責任機関と実施機関を決定し、責任機関はプロジェクトの実施に必要な関係機関との調整、日本側との調整を行い、実施機関はプロジェクト完了後の運用・維持管理を行う。環境プログラム無償に係る両国の関係を図 3-2.7 に、また、計画実施に係る各機関の役割・関係を図 3-2.8 に示す。

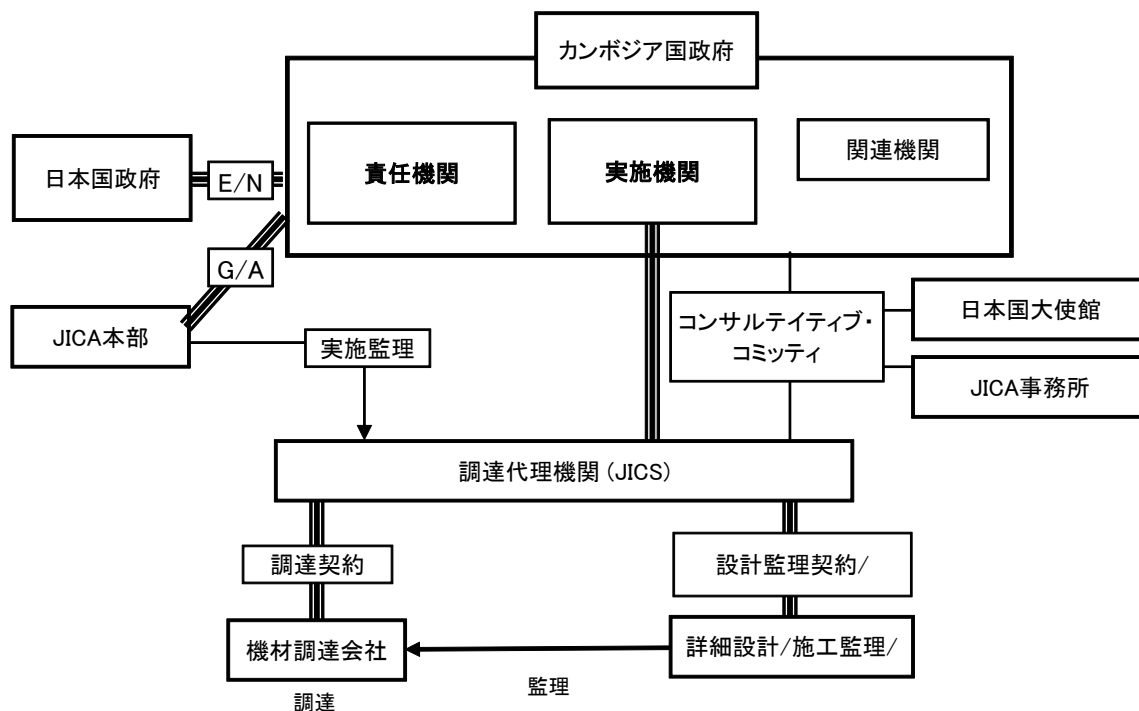


図 3-2.7 調達にかかる各機関の役割

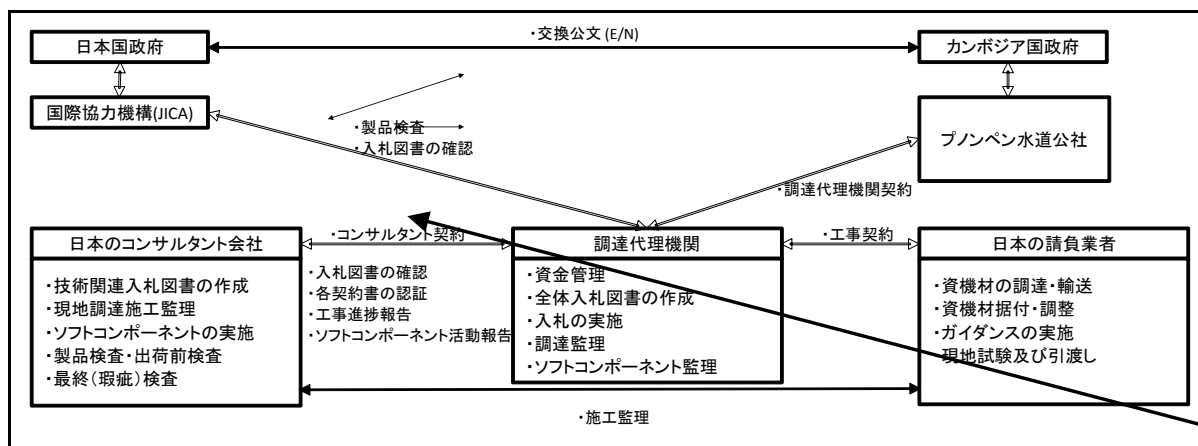


図 3-2.8 計画・実施時の関係図

(1) 主管官庁・実施機関

本計画の実施機関はプノンペン水道公社で、プノンペン水道公社はシステム所有者として運転維持管理の責任を負い、また、運転維持管理に必要な予算と人員を準備する責任を負う。

本計画の責任機関は鉱工業エネルギー省で、鉱工業エネルギー省は本計画が滞り無く完成するまでに必要な関係省庁との調整および日本側との調整を行い、また、コンサルティブ・コミッティ⁴⁴を組織する。また、鉱工業エネルギー省は実施機関により実施される

⁴⁴ コンサルティブ・コミッティは JICA カンボジア事務所、調達代理機関および「カ」国関係機関から組織され、本計画の進捗状況、設計変更協議、供与および未収利息の公開等について協議する。

運転維持管理に対して助言を行う。

表 3-2.10 相手国実施体制

「カ」国実施体制	役所名	部署名	運用・維持管理母体
責任機関	鉱工業エネルギー省	エネルギー技術部門	—
実施機関	プノンペン水道公社	計画技術部門	生産配水部門の中の電気 管理部門

(2) 調達代理機関

調達代理機関は PPWSA と 2010 年 5 月 20 日に調達代理機関契約を結び、受入国側に代わって調達先の契約業者選定のための入札、契約、契約の実施状況のモニターおよび契約業者・コンサルタントへの支払い・銀行口座管理等を行う。

(3) コンサルタント

コンサルタントは調達代理機関とコンサルタント契約を結び、入札図書の作成、現地調達施工監理、ソフトコンポーネントの実施等を行う。

(4) 調達業者(日本の契約業者)

調達業者は入札図書に基づいて、必要な入札書類を作成し調達代理機関の審査および受入国側の承認を受けて、調達代理機関と工事契約を締結する。また、「カ」国では本計画と類似した大規模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、表 3-2.11 に示すように品質管理・工程管理の観点から元請業者が派遣する技術者の指導監督下で現地建設業者を活用することとなる。

表 3-2.11 現地建設業者の役割と求められる元請業者が派遣する技術者

工事内容	現地建設業者	元請業者が派遣する技術者
準備工	◎	土木技術者
屋上全面防水工事	◎	
架台基礎	◎	
架台組み立て	◎	
太陽電池モジュール設置	◎	電気技術者
パワーコンディショナ基礎	◎	
パワーコンディショナ設置	◎	
配管工事	◎	土木技術者
電気工事	◎	電気技術者
接地工事	◎	
後片付け	◎	

(5) 施工方針

以上の状況を踏まえ、以下の施工方針を採用する。

- 現地での施工は元請業者が派遣する技術者の施工監理の下で、現地建設業者が本計画の建設・据付を実施する。
- 日本の太陽光発電システムの一般的な施工方法を採用し、現地建設業者の太陽光発電システムの施工に係る能力育成を図る。

(6) 調達方針

計画実施時の関係図に基づき以下の調達方針を採用する。

- 機材調達の元請は日本の請負業者（商社、メーカー等）とする。
- 元請業者への公示は本邦にて行う。
- 入札図書は英文で作成する。
- 入札評価（審査）は本邦にて実施する。
- 元請業者の審査は海外における同規模以上の太陽光発電システムの建設経験、財務内容、技術および入札価格等に基づいて審査する。
- 審査結果は「カ」国側に報告し、「カ」国側の承認を得た上で、元請業者を決定する。

3-2-4-2 施工上／調達上の留意事項

(1) 防水工事(第二、第三配水池屋上)

屋上全面防水工事は、乾期（11～4月）に行うことが望ましく、実施手順は以下の通りとなる。

- 既存の表面保護層（砂利・レンガ・ブロック）の全面除去と配水池建物周囲への仮置
- 保護コンクリート表面の清掃
- モジュール架台用コンクリートブロック（基礎コンクリート）の打設・養生
- 接着剤による保護コンクリート表面および基礎コンクリート表面への防水シートの貼付
- 防水シート表面への保護モルタル施工
- 表面保護層の現状復帰

(6) 系統接続に伴う停電時間

ポンプレック浄水場ではプラント設備の定期点検を年間2日間行っており、定期点検期間中は水道需要の少ない深夜3時間の水道供給を停止している。従って、本計画での系統連系作業に伴う必要な停電時間もこの3時間以内であれば問題は無いことをPPWSAに確認した。

以上の理由から系統接続は深夜作業とし、停電時間は3時間以内とする。

(7) 市民の安全管理

ポンプレック浄水場構内には水道料金支払い所があり、平日近傍の一般市民の出入りが多
い。工事期間中、特に工事初期段階では調達機材を満載したトレーラー車等が出入りするた
め、一般市民の安全確保が重要になる。本計画では工事期間中、警備員を構内に配置して、
交通事故の防止および工事場所への一般市民の立ち入り禁止を徹底するよう入札図書記
載する。

(8) 廃棄物処理

工事期間中、工事に伴う廃棄物の発生が予想される。廃棄物の不法投棄を防止するため、
関連法規の遵守と廃棄物捨て場についてはコンサルタントの事前承認が必要であることを
入札図書に記載する。

3-2-4-3 施工区分／調達・据付区分

環境プログラム無償事業に係る受入国側と日本側の分担内容は表 3-2.12 の通りである。

表 3-2.12 両国の主要な分担業務

No.	Items	To be covered by Grant Aid	To be covered by Recipient Side		
			MIME	PPWSA	Other organization
1	To secure land			○	
2	To clear, level and reclaim the site when needed urgently			○	
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 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 (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.)	○			
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 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	●			

No.	Items	To be covered by Grant Aid	To be covered by Recipient Side		
			MIME	PPWSA	Other organization
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 recipient country			●	
12	To maintain and use properly and effectively the facilities that are constructed and the equipment that is provided under the Grant.			●	
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.			●	

Note: ● means coming undertaking and ○ means already done or out of subject

3-2-4-4 施工監理計画／調達監理計画

(1) 土 建

- 土工事には屋上全面防水工事、太陽光パネル設置用架台の基礎工事、配管用ハンドホール設置など、準備工事を含めて、機材据付工事に先行、もしくは並行して進められる。従って、土工事の工程監理が全体の工程監理を行う上で、まず、優先すべきと考える。
- 特に防水工事とパネル設置用架台の基礎工事では、防水施工精度、基礎コンクリートブロック施工精度（配筋の精度、ブロックの強度、ブロック最上面の水準精度、および芯出しの精度等）が要求される。
- 屋上防水とブロック基礎の工事期間は約3ヶ月間と想定され、要求される精度、品質を確保するため、土木技術者をこの工事の期間中常駐させる必要がある。

(2) 機 材

- 機材据付工事にはモジュール用架台組み立て、モジュール設置、モジュール間配線、接続箱および集電箱間配線、集電箱およびパワーコンディショナ間配線、パワーコンディショナおよび既設分電盤間の配線、系統接続、パワーコンディショナ調整、キュービクル内据付・配線、監理・監視装置への配線、雷保護装置の設置・接地、および試運転調整など非常に多くの工程・工種があり、いずれも太陽光発電システムを正常に運用するには欠かせない工事である。
- 機材の据付・調整工事は約4.5ヶ月間想定され、この間機材担当（太陽光発電システム技術者、配線技術者）が関連工種の作業中は常駐して調達監理を行う。

3-2-4-5 品質管理計画

(1) 土 建

- 土工事に特に要求される品質管理は基礎ブロックのコンクリート強度である。基礎ブロックについてはレディミックスコンクリート（生コン）打設を想定しており、標準配合案および 28 日最低圧縮強度は以下とする。

表 3-2.13 標準配合案と 28 日圧縮強度

項目	値
最大骨材寸法	40 mm（コンクリート）
	20 mm（モルタル）
スランプ値	8 ～ 12 cm
空気混和量	4 ～ 7 %
28 日最低圧縮強度	21 N/mm ²

- コンクリートの圧縮強度試験は原則として 20 m³打設毎⁴⁵に 6 供試体を取り、7 日強度および 28 日強度の試験を JISに基づいて実施する。

(2) 機 材

- 主要機材の品質管理は 3 段階に分けて実施する。
- 工場出荷前後における主要機材の数量・仕様、工場検査結果報告、船積機材リストの照査等を実施する。（第 1 段階）
- 太陽電池モジュールをサブアレイ単位で開放電圧測定を全数実施し、測定電圧を記録し、断線の有無をチェックする（第 2 段階）。
- 太陽光発電システム運転開始前に表 3-2.14 に示す個別試験および組合せ試験を実施する（第 3 段階）。

表 3-2.14 運転開始前の個別および組合せ試験(案)

試験項目	試験内容
接続箱内全回路の電圧確認・極性確認	運転停止試験
盤内主要箇所の電圧確認	模擬故障信号による安全停止およびリセット試験
相回転計による相確認（交流）	系統停電/復電後の自動起動試験（系統は模擬停電）
盤設置の全メータ指示値の確認	PV インバータ 1 台故障を想定してのシステム動作確認
記録値の確認 （連系時、確認期間は 48 時間分）	複数日に亘る自動運転（連系時、1 週間程度の長時間運転状態確認）
起動・停止試験	

3-2-4-6 資機材等調達計画

工事に使用される主な建設用資機材は、セメント、骨材、鉄筋である。本計画での使用が想定される全ての建設用資機材は、「カ」国内で生産されており、品質的な問題も発生し

⁴⁵ 基礎ブロックのコンクリート数量は 85 m³なので、4 回試験を行うことになる。

ていない。従って、太陽光発電機材を除く土木関連建設用資機材は、「カ」国内で現地調達をする方針である。なお、太陽光発電システムの、太陽電池モジュール、パワーコンディショナ等の主要機材は日本から調達する。

また、現地での調達が困難で且つ、システムの運用に重大な影響を及ぼす表 3-2.15 に示す機材を予備品として供給する。

表 3-2.15 本計画で提供する予備品

スペアパーツ品目	数量	理由
太陽光モジュール	設置数量の3%相当	輸送中、据付工事中、運転期間中のモジュール破損に対する予備品
パワーコンディショナ	100 kW × 1 台	モジュールの太陽年数は一般に 20 年以上であるのに対し、電気機材の耐用年数は 10 年以上とされている。故障時の緊急対応のため予備品として支給する。

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システムが、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を対象に操作・運用指導等の支援を行う。

なお、高温多湿というサイトの状況でインバータ等の半導体を多用する設備を運用するにあたり不適切なメンテナンス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、などの問題点が指摘されている。これらの状況を踏まえ、設備運転開始の 4.5 ヶ月後に、契約業者に設備の点検を求めることを提案する。なお、同点検作業は、次節で述べるソフトコンポーネントの教材とすることも計画している。

(2) 発電システム運転・運用技術指導計画

本格的な系統連系型太陽光発電システムは「カ」国初のシステムであるため、「カ」国側は本システムに関する運転・維持管理のノウハウを保有していない。従って、据付工事期間中に実施する設備点検時に、契約業者から「カ」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。

技術指導実施期間と実施場所

講義および実習：約 2 週間（現地）

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システムの製造メーカー（インバータ等の機材）から派遣される機材据付・試運転・調整運転技術者をインストラクターとして想定する。

研修生

技術指導を受講する「カ」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 PPWSA の生産・配水部門の運転員および保守要員を中心とする。従って、本計画の「カ」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、具体的に研修生を任命するものとする。

表 3-2.16 発電システム運営組織体制(案)

担当		人数	主な役割
責任技術者		1 名	太陽光発電システムを理解し、不具合発生時の対応を指示する。
運転要員	電気技術者	1 名	通常はモニター室で発電状況を監視し、系統事故時は太陽光発電システム運転を止める。
保守要員	電気技術者	1 名	定期点検を実施し、必要な計測を行う。また、不具合発生時に責任技術者に連絡し、指示を仰ぐ。
	電気技能者	1 名程度	日常点検の実施
	清掃要員等	1～2 名程度	太陽電池モジュール等の清掃

研修内容

① 試運転期間中の運転・運用技術指導

試運転期間中の運転・運用技術指導は以下の通り。

- 試運転前最終確認検査立会時説明指導
- 試運転・調整立会時説明
- 「運用操作マニュアル」に基づく起動・停止・再起動の講義・実習

② 運転開始後の定期点検、データ管理技術指導

運転開始後の初期指導は以下の通り。

- 「維持管理マニュアル」に基づく日常管理の実施指導、定期点検時期と点検項目の実施指導およびデータ記録方法の実施指導
- 機器構成の説明指導および消耗品等の軽微な交換作業の指導・演習
- 運転維持管理への FAQ の紹介
- 事故不具合発生事例の紹介と発生時の対応指導（演習を含む）
- 研修対象者と共に 4.5 ヶ月後の共同点検実施

なお、運用操作マニュアルと維持管理マニュアルは運転開始 1 ヶ月前までに英語版を作成し、その上で現地語に翻訳し、研修生に配布することを本件事業契約に規定する。

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

「カ」国太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画」環境プログラム無償は、「カ」国プノンペン市内のプンプレック浄水場に定格容量 488kW の太陽光発電システムを調達し、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。「カ」国においては、系統に連系しないオフグリッドの太陽光発電システムの実績はあるものの、系統連系型太陽光発電システムの設置及び運用は初めての事業となる。また、プンプレック浄水場を運営・管理するプノンペン水道公社(PPWSA)にしても、これまで太陽光発電システムを運用した経験が無い。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、「カ」国政府が掲げている太陽光、バイオマス、小水力等のクリーンエネルギーを活用して、2020 年までに村落電化率 100%を達成するという目標を支援する立場からもクリーンエネルギーである今回の系統連系型の太陽光発電に係るトレーニングプログラムを電力公社やそれを統括する鉱工業エネルギー省職員に提供する必要がある。

調達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、本ソフトコンポーネントは、それらの実践技術の背景にある基礎知識、例えば太陽光発電システムの特徴と各機器の機能、系統連系に伴う系統保護機能等の技術的課題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。

(2) ソフトコンポーネントの目標

上記の背景を踏まえ、プロジェクトの効果発現と持続可能性の観点から以下の目標を設定する。

- 設置した太陽光発電システムが計画通り運転され、発電が行われる
- 設置した太陽光発電システムが持続的に維持管理される

(3) ソフトコンポーネントの成果

上記の目標が達成された場合の成果は以下の通り。

<現場の運転・維持管理人材について>

- 操作員が通常の運転・維持管理が行えるようになる。
- 操作員が事故・故障時に適切な対応ができるようになる。
- 操作員が自ら軽微な消耗品の交換や必要なスペアパーツや消耗品の調達等をできるようになる。

＜鉱工業エネルギー省(MIME)、電力公社(EDC)、PPWSA 職員等の人材について＞

- 太陽光発電システムに係る基礎技術（技術的特性等）を理解し、同様な案件に知識を活かせるようになる。
- 系統連系に伴う電力公社との協定等について必要な技術的事項を理解し、協定書等を作成できるようになる。
- 新規太陽光発電システム導入に係る人材育成や指導を行うための知識を得、人材育成・指導に活用できるようになる。

(4) 成果達成度の確認方法

ソフトコンポーネントの実施時期は運転開始前後及び運転開始4.5ヶ月後の2回に分けて実施するので、成果達成度の確認は第2回目のソフトコンポーネント実施時期となる。

＜現場の運転・維持管理人材について＞

1) 発電設備の運転

運転開始から4.5ヶ月間の運転記録シートをレビューし、以下について検証する。

- 毎日発電されているか
- 当初想定された月別発電量予測と実績との差が $\pm 20\%$ 以内か

毎日発電されており、月別発電量予測と実績との差が $\pm 20\%$ 以内であれば現場の運転・維持管理要員が適切に発電設備の運用を行っていると評価できる。月別発電量が下限管理値の20%を下回るか、もしくは、発電量が連続的に低下傾向を示している場合には、何らかの不具合が発生している可能性が高く、下記の維持管理と合わせて各運転・維持管理要員に考えられる原因とその根拠を提案させる（演習）ことで、習熟度を確認する。

表 3-2.17 月別発電量の管理値

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
期待発電量(kWh/月)	57,793	56,659	63,825	61,048	57,793	49,941	51,865	48,699	48,387	50,171	51,713	54,881
上限管理値(kWh/月)	69,000	68,000	77,000	73,000	69,000	60,000	62,000	58,000	58,000	60,000	62,000	66,000
下限管理値(kWh/月)	46,000	45,000	51,000	49,000	46,000	40,000	41,000	39,000	39,000	40,000	41,000	44,000

2) 発電設備の維持管理

同じく運転開始から4.5ヶ月間の日常管理チェックシート、定期点検チェックシート及び事故不具合発生記録シートをレビューし、以下について検証する。

- 不具合が発生していないか、発生していた場合はマニュアル通り適切に対応したか
- 消耗品の取替えがあった場合、正しく交換されているか（現場での確認も含む）
- 日常点検・定期点検が日常管理チェックシート、定期点検チェックシートに従って正しく行われているか

運転開始から 4.5 ヶ月以内なので、通常なら不具合は発生していない筈である。もし、不具合が発生した場合は、調達契約業者の 1 年間の瑕疵担保保証期間内なので、PPWSA（保守・運転要員を介して）から調達契約業者に連絡し、必要な修理・対策が実施されていることが評価となる。

SPD（避雷器）やキュービクル内照明灯などの消耗品を取り替えていた場合、現場での取り付け状況を確認し、正しく設置されていることが評価となる。日常点検チェックシートや定期点検チェックシートの全項目がチェックされ、実施時期（日）も所定の時期（日）に行われていることが評価となる。チェック項目が抜けていたり、所定の時期（日）に実施されていない場合には、その理由を運転・維持管理要員に述べさせ、実情にあったチェックシート（管理計画）を提案させることで、習熟度を確認する。また、運転・維持管理の習熟度に関するアンケート調査を最終日に実施し、ソフトコンポーネントの成果を評価する。

< 鉱工業エネルギー省(MIME)、電力公社(EDC)、PPWSA 職員等の人材について >

運転開始前後の技術トレーニングでは太陽光発電システムに係る基礎技術講義を行い、また、運転・維持管理に関する FAQ を紹介し、事故不具合発生事例の紹介と発生時の対応を講義し、運転記録データの分析・活用方法についても講義する予定である。一部講義の中で実施される演習を通じて知識の習得度を確認するよう努める。

また、運転開始 4.5 ヶ月後に実施する技術トレーニングでは、上記の運転・維持管理要員と同じ方法で習熟度の確認に努める。

(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目標を達成するため、一連の講義、OJT、演習等を本邦コンサルタントへの委託で実施する計画とする。実施内容としては、太陽光発電システムの運転開始前後と運転開始 4.5 ヶ月後の 2 回を利用して、以下の事項とする。なお、無償本件事業の調達・工事契約の中には、設備の運転・維持管理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、調達契約業者により実施される設備の運転・維持管理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移転されるよう計画する。下記実施項目のうち◆印をつけた項目は、調達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。

< 運転開始前(約 2 週間前から) >

太陽光発電システムに係る基礎技術講義として

- 系統連系の仕組み・考え方
- 逆潮流現象の理解
- 太陽光発電特性の理解（定格出力と実行出力の差等）

- 太陽光発電システムに要求される電気設備とその仕様の理解
- 太陽光発電システムの設置容量決定に係る支配要因（施設内電力需要、負荷等）の理解
- 系統事故時の太陽光発電システムの対応の理解
- 太陽光発電システムの停止と再起動

OJT として

- 配線接続工事立会い (OJT)
- 試運転前最終確認検査立会い (OJT)
- 試運転・調整立会い (OJT) ◆
- 起動、停止、再起動 ◆
- 竣工検査立会い (OJT)

<運転開始後>

調達契約業者の運転指導とそのフォロー

- 日常管理の実施指導（演習を含む）◆
- 定期点検時期と点検項目（演習を含む）◆
- 機器構成と消耗品、軽微な交換作業（演習を含む）◆
- 運転・維持管理への FAQ 紹介（演習を含む）◆
- 事故不具合発生事例の紹介と発生時の対応（演習を含む）◆

調達契約業者の運転指導を踏まえた運転・維持管理活動の計画

- 運転記録シート作成（演習を含む）
- 日常管理チェックシート・定期点検チェックシート作成（演習を含む）
- 事故不具合発生記録シート作成（演習を含む）
- 運転記録データの分析・活用方法（演習を含む）

さらに、上記の運転開始前後の指導で終わらず、運転開始 4.5 ヶ月後に再度教育プログラムを実施する計画とする。これにより、実際に設備を運転した経験を踏まえ、その中で発生した疑問を明らかにするとともに、設備固有の運用上の課題を抽出し、運用や点検チェックシート等への反映を行い、より現実に即した運用方法・維持管理方法を確立する。これにより、設備の持続的運転・維持管理を確実なものとするとともに、関係者の理解を深めることを目的としている。実施内容としては、以下のような事項となる。

<運転開始 4.5 ヶ月後>

- 4.5 ヶ月点検立会い ◆
- 約 4.5 ヶ月間の維持管理実績評価とトラブルシューティング（演習を含む）
- 運転記録データの分析による運転実績の評価及び今後の課題抽出とその対策（演習を含む）
- 記録・チェックシート見直し

2) 実施対象者

PPWSA の生産部（Production Division）の所属する電気係（Electric Section）の 11 名と同部に所属する電気技術顧問（Assistant）の計 12 名が、PPWSA が運営する 3 つの浄水場の電気設備の保守・管理を行っており、このスタッフが今回の太陽光発電システムの運営・維持管理を行う予定である。太陽光発電システムの運用・保守に要求される役割と資質を表 3-2.18 に示す。

なお、PPWSA は太陽光発電システムの効果如何によっては他の浄水場への太陽光発電システムを導入したいとの意向を持っており、導入支援を目的として計画・技術部（Plan and Technical Department）も実施対象者とする。

上記 PPWSA の職員以外にも「カ」国への系統連系型太陽光発電システムの導入支援のため鉱工業エネルギー省で太陽光発電に係る技術を担当しているエネルギー技術部（Department of Energy Technique）及び系統連系の当事者であるカンボジア電力公社の配電部門（Distribution Department）の職員も実施対象者とする。

対象者は、以下のとおりとする。

表 3-2.18 参加対象者

実施対象者	実施対象部門	受講目的と要求される資質
プンブレック浄水場	電気設備管理部門	・ システムの運用・日常管理を目的とする ・ 電気設備の維持管理経験者（5 年以上）
プノンペン水道公社 (PPWSA)	計画・技術部門	・ 他の浄水場へのシステム導入計画を目的とする ・ 工学系（電気）の大学卒業者で実務経験者（10 年以上）
電力公社 (EDC)	配電部門	・ 太陽光発電システムの系統連系に伴う技術的課題抽出とその対応整備を目的とする。 ・ 工学系（電気）の大学卒業者で実務経験者（10 年以上）
鉱工業エネルギー省 (MIME)	エネルギー技術部門	・ 「カ」国における系統連系型太陽光発電システム導入計画策定を目的とする。 ・ 工学系（電気）の大学卒業者で実務経験（10 年以上）

表 3-2.19 参加対象プログラム

実施項目	PPWSA		EDC	MIME
	電気設備管理部門	計画技術部門	配電部門	エネルギー技術部門
	3～5名	2～3名	3～5名	3～5名
運転開始前				
基礎技術講義		○	○	○
OJT(配線・据付工事)	○		○	
OJT(試運転・調整立会い)	○		○	
OJT(起動、停止、再起動)	○		○	
OJT(竣工検査立会い)	○	○	○	
運転開始後				
運転操作指導のフォロー	○		○	
運転維持管理活動計画	○		○	
運転開始4.5ヶ月後				
点検立会い	○	○	○	
維持管理実績評価	○		○	
運転実績の評価と課題抽出	○	○	○	○
記録チェックシートの見直し	○			

上記対象者とその参加プログラムは、表 3-2.19 の通りとする。なお、参加者の異動等を考慮し、参加人数は原則として 3 ～ 5 名とする。

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 3-2.20 ソフトコンポーネント1:運転開始前後の活動

	活動	-2週	-1週	1週	2週
活動内容	準備作業				
	基礎技術講義				
	工事・試験立会い(OJT)				
	竣工検査立会い (OJT)				
	運転指導 ◆				
	運転・維持管理活動計画				
対象	浄水場電気設備管理部門				
	PPWSA 計画技術部門				
	EDC 配電部門				
	MIME エネルギー技術部門				
担当者	主任技術者				
	機材・電気担当				
	通訳				

註：破線は終日では無く、時間単位での活動を示す。

表 3-2.21 ソフトコンポーネント2:運転開始 4.5 ヶ月後の活動

	活動	1週	2週
活動内容	4.5ヶ月点検 ◆		
	維持管理実績評価とトラブルシューティング		
	運転実績評価と課題抽出		
	記録・チェックシート見直し		
対象	浄水場電気設備管理部門		
	PPWSA 計画技術部門		
	EDC 配電部門		
	MIME エネルギー技術部門		
担当者	太陽光システム啓発・普及		
	機材・電気担当		
	通訳		

4) 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「カ」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への委託が想定される。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、運転開始前後及び運転開始 4.5 ヶ月後の実施時は、責任者と補助者の2名体制とする。

一方、参加者の中には、施設の設備管理技術者等、必ずしも英語に堪能でないものも予想されるため、できるだけ現地語に通訳をすることがソフトコンポーネントの効果を高める観点から必要になる。この通訳は、現地雇用を基本として考えるが、それが困難な場合は日本での委託・派遣も視野に入れることになる。

さらに、本計画の多種多様な部品から構成されるパワーコンディショナ等の機材調達国は、日本であり各種参考資料が日本語又は英語の可能性が高い。ソフトコンポーネントで配布する講習テキスト及び技術参考資料は英語版とするが、特に重要と思われる配布資料は英語から現地語に翻訳し、受講生に配布することで、ソフトコンポーネントの更なる効果発現を図る。

5) ソフトコンポーネントの実施工程

2011年8月に、調達代理機関と調達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。

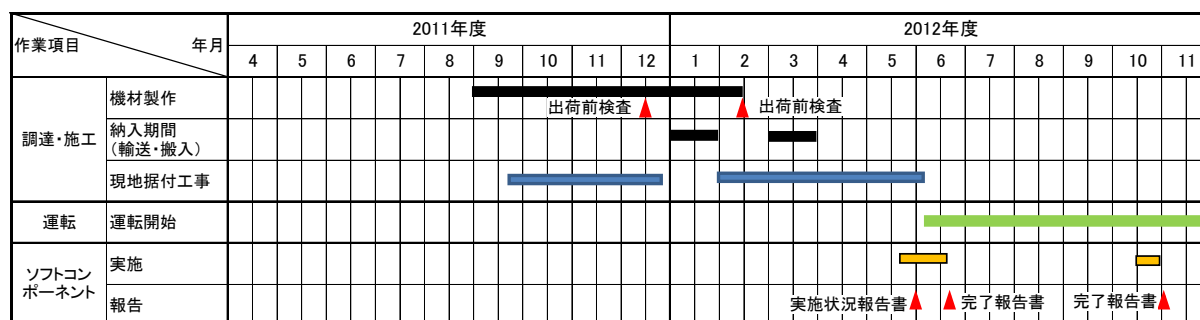


図 3-2.9 ソフトコンポーネントの実施スケジュール

6) 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
- ・ 実施状況報告書
- ・ 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）
- ・ 実習で作成した施設内の結線図等
- ・ 定期点検の映像による記録

- ・トラブルシューティングマニュアル
- ・運転維持管理計画書及びその修正版
- ・アンケート結果、等

7) 相手国実施機関の責務

研修生の参加にあたっては、数週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、「カ」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得る内容とする。

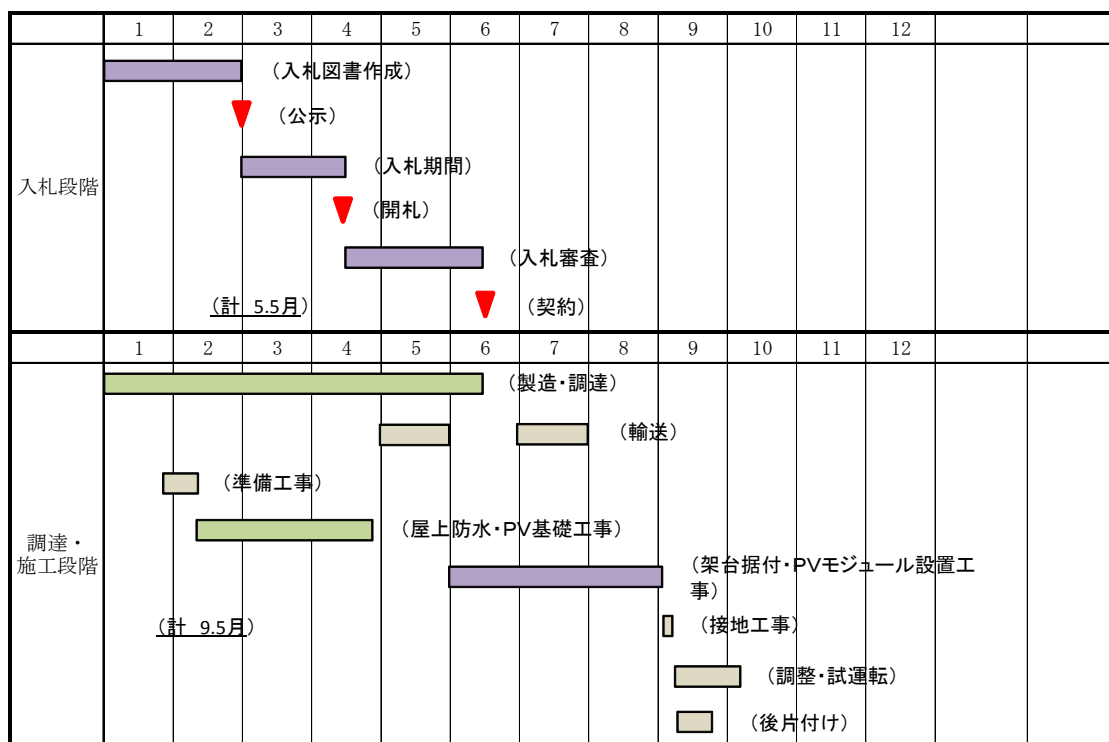
無償資金協力事業としての本事業の実施手順は以下のような流れになる。

- ① 政府間交換公文 (E/N) (2010 年 3 月 18 日)
- ② コンサルタント契約 (2011 年 2 月)
- ③ 入札図書作成 (2011 年 3～4 月)
- ④ 入札、業者契約 (2011 年 5～8 月)
- ⑤ 資機材製造・調達 (2011 年 9 月～2012 年 2 月中旬)
- ⑥ 現地基礎工事・据付・調整 (2012 年 1～6 月初旬)
- ⑦ ソフト・コンポーネント・プログラム実施
- ⑧ 完成引き渡し

本計画は上記の想定工程から E/N 締結後、約 27 ヶ月の工程で実施され、工事自体は調達・施工を含めて約 9.5 ヶ月で完了する予定である。本計画の全体工期は主に太陽光発電機材の製造・納入、基礎工事、据付・調整の工程により決定される。基礎工事などの工種は、製造・納入と並行して作業を進められる。

我が国無償資金協力制度に基づき策定した業務実施工程表を表 3-2.22 に示す。

表 3-2.22 業務実施工程表



3-3 相手国側分担事業の概要

相手国側分担事業については、本調査の第1次調査で締結された議事録（Minutes of Discussion）において確認されている。事業実施にあたって具体的に必要となる事項は、以下の通りである。

表 3-3.1 相手国側分担事業と「カ」国側実施体制

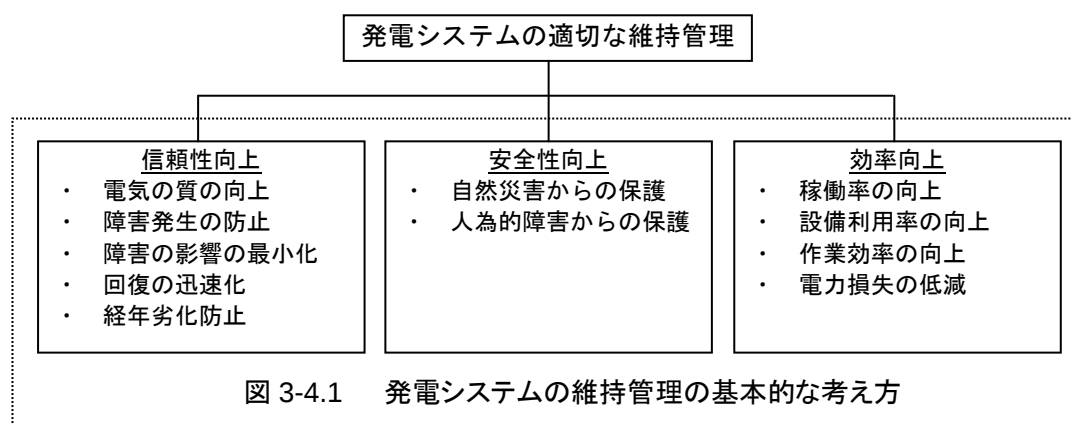
No.	「カ」国側分担事業	「カ」国側の実施体制
1	用地の確保	設置箇所が既設浄水場屋上で既に確保されている。
2	用地のクリアリングと整地	同上の理由で不要
3	銀行取極(B/A)にかかる日本側銀行のサービスに対する対価の負担	実施機関である PPWSA が実施する。
4	受入国側搬入点における迅速な荷卸と通関	実施機関である PPWSA が実施する。
5	発電設備の設置に係る必要な手続きの実施	実施機関である PPWSA が実施する。
6	プロジェクトの実施に関係してサービスを提供する日本人に対し、入国と滞在に係る必要な便宜の供与	実施機関である PPWSA が実施する。
7	機材の購入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の免除	実施機関である PPWSA が実施する。
8	建設された施設や調達された機材について適切且つ効果的に維持・使用すること	実施機関である PPWSA が実施する。
9	機材の調達と代理機関の雇用に関係し無償資金及びその利息により負担される支出以外の全ての支出の負担	実施機関である PPWSA が実施する。
10	無償プログラムにおける環境社会配慮の遵守	実施機関である PPWSA が実施する。

3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画

本計画で調達される太陽光発電システムは、日常的なレベルでは設置先の PPWSA 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、事業の責任機関である鉱工業エネルギー省や電力公社の協力が必要となる。

当該発電システムが持つ性能および機能を維持し、継続した電力供給を行うため、発電システムの信頼性、安全性および効率性の確保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。

図 3-4.1 に、維持管理の基本的な考え方を示す。



本計画においては、「カ」国側は上記基本事項を念頭におき、契約期間中に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運営・維持管理技術と、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。

3-4-1 運営・維持管理組織と人員

図 3-4.2 に PPWSA の組織図を再掲する。生産部（Production and Distribution Division）に所属する電気係（Electric Section）の 11 名と同部に所属する電気技術顧問（Assistant）の計 12 名が、PPWSA が運営する 3 つの浄水場の電気設備の保守・管理を行っており、このスタッフが今回の太陽光発電システムの運営・維持管理を行う予定である。また、スタッフ全員が大学卒（電気工学系）であり、技術的能力は十分高い。

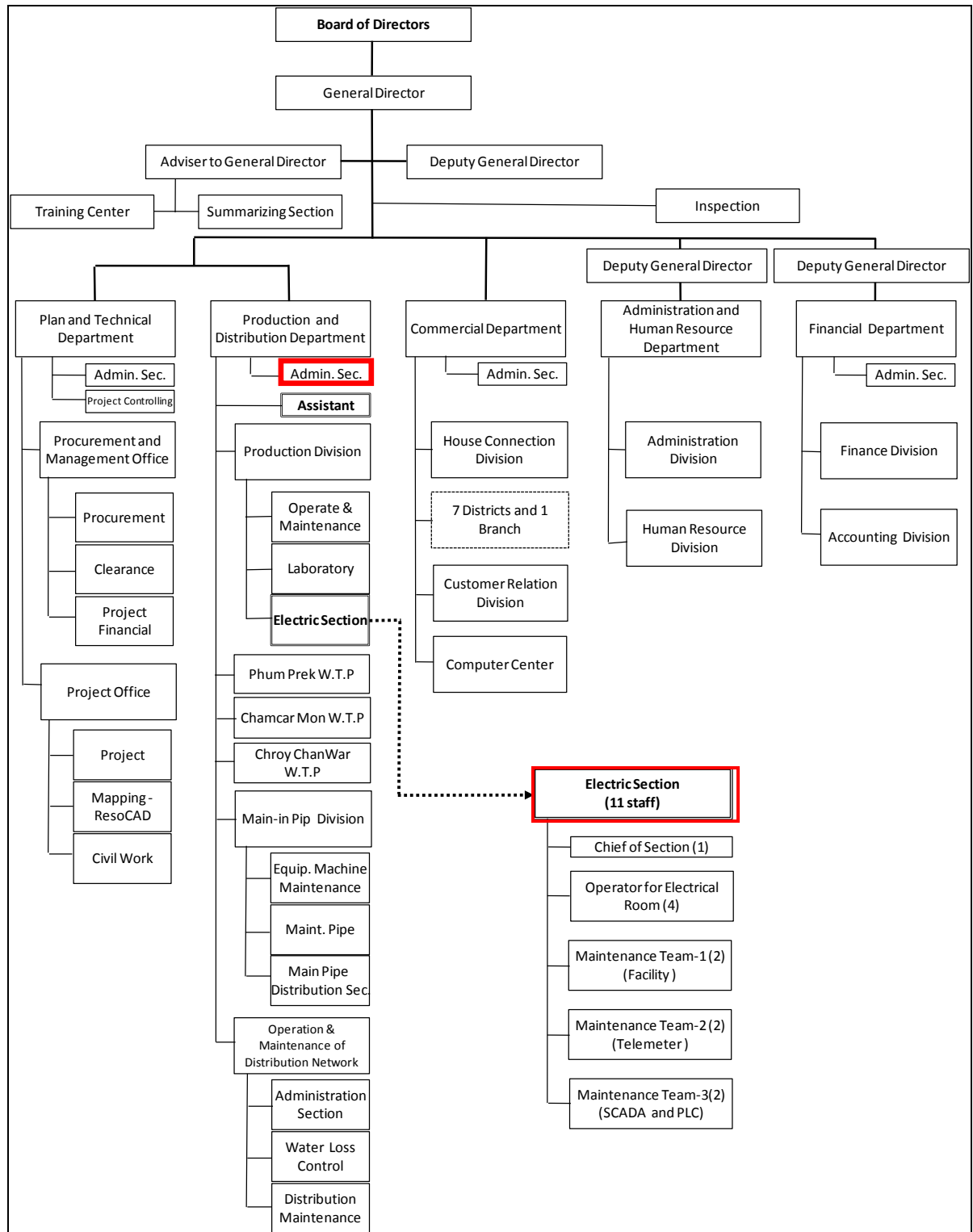


図 3-4.2 PPWSA の運営・維持管理組織図

3-4-2 定期点検項目

PPWSA は、以下に挙げる表に示される当該システムの標準的な日常点検および定期点検項目および契約業者が提出する運転・保守マニュアルに基づいて、本発電システムの運転・維持管理計画を策定する必要がある。

(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 3-4.1 標準的な太陽光発電システム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	著しい汚れおよび破損がないこと
		b) 架台の腐食およびさび	腐食およびさびがないこと
		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) 外箱の腐食および破損	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) 外箱の腐食および破損	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、換気フィルタ等)	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、発煙および異常過熱	運転時の異常音、異常な振動、異臭およ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 標準的な太陽光発電システム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 ⁴⁶	目視、指触など	接地線の接続および接地端子の緩み	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) 外箱の腐食および破損	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
	測定および試験	a) 絶縁抵抗	＜太陽電池—接地線＞ 0.2MΩ以上 ⁴⁷ 測定電圧DC500V (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
パワー コンディショナ	目視、指触など	b) 開放電圧	規定の電圧であること 極性が正しいこと (回路ごとにすべて測定)
		a) 外箱の腐食および破損	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
		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、異常振動および異臭のないこと
		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
	測定および試験	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)	表示状況およ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

⁴⁶ 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、さびおよび損傷並びにモジュール取付分の緩みがないか

⁴⁷ 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

太陽光発電システム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⁴⁸は 20 年以上、パワーコンディショナ⁴⁹は 10 年以上である。しかし、実際の機器の寿命は、3-4-2 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システム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。また、系統連系を行っているため、電力公社の関与も必要となる。

表 3-4.3 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
実施機関	プノンペン 水道公社	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
責任機関	鉱工業 エネルギー省	設備の使用状況、効果のモニタリング	技術的支援
電力公社	カンボジア 電力公社	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、整備されたシステム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。

⁴⁸ 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）

⁴⁹ 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

太陽光発電システム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「カ」国側は、定期点検サイクルに合わせて、これら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供与する計画であり、その主要品目は表 3-4.4 のとおりである。従って「カ」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 太陽光発電システムのスペアパーツ

<消耗品>

SPD クラスⅡ	10 本
キュービクル他各種盤内ランプ	200%
熱感応端子キャップ（各種）	200%

<予備品>

太陽光電池モジュール	設置枚数の 3%
パワーコンディショナ	1 セット

<工具と検査機器>

試験用器具

クランプメーター (AC: 3000 A、DC 600 A)	1 台
絶縁抵抗計（メガー）500V, 1000V	1 台
接地抵抗計	1 台
低圧検相計（～600 V）	1 台
検 電 器 (AC, DC)	1 台
デジタル式テスター	1 台

工 具

ホールソー	2 個
圧着ペンチ	2 個
油圧式圧着機（分離式油圧ヘッド）	1 台
油圧式圧着機手動式油圧機	1 台

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、7.0億円となり、先に述べた日本と「カ」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 本計画の概略事業費 日本側負担分

項 目	概略事業費(百万円)
機材費	648
調達代理機関・設計監理費	53
事業費合計	701

(2) 「カ」国負担経費

本プログラムの実施における「カ」国側の責任については 3-3 節で述べたとおりであり、銀行取極め (B/A) 手続き費用を負担する。

(3) 積算条件

1. 積算時点 : 平成 22 年 3 月
2. 為替交換レート : 1 US\$ = 91.36 円
1 Riel = 0.02154 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. 修繕に必要な予備品費用
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器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) 日常操業にかかる費用

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発生しない。わずかではあるが、モジュールの清掃に要する水道代や換気ファン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

PPWSA には浄水場施設の電気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システムの運営管理は可能である。したがって、本計画で追加的に要求する人員はない。また、太陽電池モジュールを定期的に清掃する要員については構内を清掃する雑役夫がいるため新規雇用（パート雇用）も不要である。

3) 修繕に必要なスペアパーツ費用

本計画で調達される太陽光発電システムの内、太陽電池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、20 年以上の期待寿命があるとされ、また維持のための費用もほとんどかからない。一方パワーコンディショナ等の電気設備は一般家電と同様の 10 数年程度と言われている。また本計画で調達する日本製の太陽電池モジュールは特に、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、システム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品として納入するので、實際上、太陽電池モジュールに関して購入する必要はないと考えてかまわない。従って必要な予備品として対象となるのは、パワーコンディショナとなる。

4-4 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スペアパーツ等の購入費用は発生しない。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外箱内に設置される空調設備は契約業者が納入するスペアパーツに含まれていないので、第 1 回本格点検実施以降は、パワーコンディショナ

機材を維持していくにあたって必要なスペアパーツ等を合わせて購入費用を積み立てていく必要がある。その購入のための積立金は概略的、かつ平均的には表 3-5.2 のとおりと推計される。

表 3-5.2 スペアパーツ等購入費用の積立金

	第 2 回本格点検まで (7 年間)	年平均
パワーコンディショナ (100kW) (第 1 回本格点検までは不要)	約 1,250 万円	約 179 万円
空調設備を含むその他周辺機器	約 100 万円	約 15 万円
合計(第 1 回本格点検以降)	約 1,350 万円	約 194 万円

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。

表 3-5.3 本格点検と費用の積立

項目	引渡しからの期間(年)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
引渡し	▼					▼									
保証期間	引渡しから1年以内は保証期間なので、設備に不具合が発生しても費用負担は発生しない。 また、殆どの初期不良は運転開始1年以内に発生する。														
本格点検						第1回本格点検							第2回本格点検		
							▼							▼	
想定される設備の取替え時期と積立期間															
空調設備	次回の本格点検に備えて費用を積立 → → 次回の本格点検に備えて費用を積立														
パワーコンディショナー	予備品で対応 → 次回の本格点検に備えて費用を積立 →														

以上より、第 1 回目の本格点検実施以前は、空調設備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 194 万円 (90,100,000 Riel : 1Riel = 0.02154 J.Yen) 程度の積立金が必要となる。

4) 機材にかかる更新費用

前項 3)で述べたとおり、太陽電池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予備品の購入・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

PPWSA に太陽光発電システム 488 kW を設置した場合の発電量期待値と電気料金節約額は表 4-2.2 に示す通りであり、期待される年間電気料金の節約量は約 1,090 万円 (507,000,000 Riel) で、必要な積立金は電気料金節約額から十分拠出することが可能と思われる。

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) サイトの準備

本計画では市民への啓発効果を狙って、発電量等を表示する表示板を同構内の水道料金支払い所に設置する予定であるが、第三次現地調査で、水道料金支払い所が現行建物から新商業建物に移転することが判明した。新商業建物は来年の第一四半期に着工し、来年 9 月に完成予定とのことである。9 月中に予定通り完成すれば、本計画への影響は無いが、完成が遅れた場合には本計画の予定工期が延びる可能性がある。新商業建物の進捗状況について十分なモニターが必要であると共に PPWSA に対して工期遵守を働きかけることも必要である。

(2) 免税措置手続き

本計画は無償資金協力で実施するので、「カ」国へ持ち込む機材は原則免税扱いとなる。免税許可は CDC が契約業者から提出される機材マスターリストを基に審査し、審査に合格すれば免税措置の手続きが進められる。これら免税関係の一連の手続きは PPWSA が担当することになっており、PPWSA はこの手続きを着実に遅滞なく実行することが求められる。

第4章 プロジェクトの妥当性の検証

第4章 プロジェクトの妥当性の検証

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

本計画が支障無く実施されるために必要となる前提条件として、以下の事項がある。

(1) サイトの準備

1) 新商業ビルの完成

太陽光発電システムへの啓発として発電量等を表示する表示パネルを現在の商業ビル内にある水道料金支払所内に設ける予定であるが、現在の水道料金支払所は同じ構内に建設される新商業ビルに移動する。PPWSA によれば、新商業ビルは、着工は 2011 年の第一四半期で同年 9 月完成予定とのことである。現時点の工事工程では太陽光発電システムの運開は 2011 年 12 月初旬と想定されるので、9 月中に新商業ビルが完成すれば全体工期への影響は無いが、完成時期が遅れるようであれば、運転開始時期への影響も避けられない。PPWSA は 2011 年 9 月完成を目途を念頭において建設計画を速やかに実施する必要がある。

2) 避雷針の撤去

太陽電池モジュール設置予定箇所の薬注棟屋上には、現在避雷針が二基立っており、太陽電池モジュール設置作業開始までには、PPWSA は避雷針を撤去する必要がある。但し、避雷針の撤去作業は 2～3 日で可能なので、工事工程への影響は無いと想定される。

(2) 維持管理体制

PPWSA の電気関係の維持管理職員の技術レベルは高いものの、太陽光発電システムの運転・維持管理は PPWSA にとって初めての経験である。本計画で提供する研修プログラムを太陽光発電システムの運転・維持管理に係る中心的人材を育成する機会であるとの認識を持ち、適切な人材を受講させることが重要である。また、研修プログラムで得られた成果（技術・ノウハウ）を単に受講者個人レベルの成果に留めず、太陽光発電システムの持続可能性の観点から、PPWSA の成果として継承していく体制を確立することが肝要である。

(3) 免税措置

「カ」国側の求めている調達機材への各種免税措置を、円滑に事業を遂行するとい

う観点から遅滞無く実施することが必要である。

4-1-2 プロジェクトの全体計画達成のための前提条件・外部条件

本計画の効果が持続的に発現するために、「カ」国側が取り組むべき課題は以下の通りである。

(1) PPWSA の民営化

PPWSA を太陽光発電システムの設置対象機関として、「カ」国側が要請してきた背景には、1) PPWSA は過去の日本の援助（無償資金協力）による施設を有効且つ効率的に運用している実績が有り、今回の供与機材についても同様の運用が期待できること、2) 国営企業として、プノンペン市民に安全な飲料水を供給し、同国の保健・衛生向上に寄与している一方で、生産費用に占める電気料金コストが高く、電気料金縮減は妥当な水道料金の維持には欠かせないこと、にあったと想定される。もし PPWSA が民営化されて株式を民間事業者が保有することになれば、利益の追求が最優先され、供与された太陽光発電システムも本来の供与目的と異なって利益拡大のため道具として使われ兼ねない。こうした事態を避けるために PPWSA が民営化された場合でも、株式の過半数は「カ」国政府が保有することが重要である。

(2) 技術協力・他のドナーとの連携

「カ」国の地方電化率は既述の通り低く、また、地方の貧困率も高い。国際協力機関は太陽光発電システム（SHS）による地方電化率の向上を支援している。今回の連系型太陽光発電システムは「カ」国では初めての試みであり、また、500kW に近い大容量も「カ」国では初めての試みである。本計画で実施される研修プログラムには MIME、EDC も参加を予定しており、電力セクターを担う MIME、EDC が本発電システムへの理解を深め、更に MIME が中心となって本システムで得られる技術データ（運転実績、逆潮流等）を他のドナーと共有することが重要である。技術データを他のドナーと共有することにより、多くの課題に取り組んでいる「カ」国電力セクターへの支援に新たな可能性が広がることが期待される。

4-2 プロジェクトの評価

4-2-1 妥当性

以下の観点から、無償資金協力による本計画の実施は妥当であると判断される。

(1) 化石燃料消費と温室効果ガス排出量の削減

「カ」国では発電用燃料の約 90%がディーゼル油、重油等の化石燃料が使われており、化石燃料の殆どを海外からの輸入に頼っている。今回「カ」国における追加的電源となる太陽光発電システムで発電した電力は全て化石燃料使用削減に繋がり、二酸化炭素排出削減に寄与する。これは気候変動の緩和策を推進する「カ」国の政策目標の実現を支援するものである。

- －化石燃料消費量の削減
- －二酸化炭素排出量の削減
- －輸入化石燃料への依存度の低減

(2) 上位計画との整合性

第1章のプロジェクトの背景・経緯で述べたように、電力分野ではエネルギーの多様化を、社会分野では地方経済の発展による貧困削減を国家戦略の大きな目標として掲げている。本太陽光発電システムの「カ」国への導入は輸入化石燃料に頼っている同国のエネルギーの多様化に貢献すると共に、太陽光発電システムへの政府関係者、民間免許事業者及び一般市民の理解が一層深まれば、MIME が目指している再生可能エネルギーによる電力市場の形成への刺激剤となることが期待され、ひいては地方において新たな経済発展の要因となり、貧困削減に寄与することも期待される。

- －エネルギーの多様化
- －再生可能エネルギー電力市場形成への刺激剤（新たな地方経済発展の要因）
- －貧困削減

(3) 発現効果の持続性

系統連系太陽光発電システムは日本の一般家庭でも広く普及しており、日常的に高度な保守技術を必要としない。また、太陽光発電システムの耐用年数は一般的に太陽電池モジュールで 20 年以上、その他の電気機器で 10 年以上と言われている。本計画では太陽電池モジュールについては設置枚数の 3%を、主要電気機器であるパワーコンディショナについては 1 台を予備品として供給する。一方で、本太陽光発電システムの運転・維持を行う PPWSA は黒字経営であり、且つ、本太陽光発電による年間電気料金支払い節約額は 10.9 百万円（約 507 百万リエル）と見込まれ、PPWSA は当該設備の維持管理を十分行える財務基盤を有している。従って、本太陽光発電システムの発現効果の持続性は十分期待できる。

(4) 環境社会配慮

太陽光発電システムは太陽光エネルギーを太陽電池モジュールで電気エネルギーに変換することによって発電するシステムである。そのため、大気汚染物質を排出せず、プノンペン市民の現在の大气環境に影響を与えない。また、太陽光発電システムの設置場所は既存のプンプレック浄水場構内であり、新たな用地手当て、用地補償及び住民移転等は一切発生しない。太陽電池アレイの設置箇所は既存施設の屋上なので、水道料金を支払いに来る一般市民への工事の影響も少ない。

一方で、工事期間中に発生する廃棄物処理と工事関係車両による事故防止については、調達・据付を行う業者は十分な配慮が求められる。

(5) 技術の優位性

太陽光発電システムは太陽電池モジュールとパワーコンディショナ、それらの周辺機器で構成される。特に太陽電池モジュールとパワーコンディショナについては、効率、耐用年数、信頼性の観点で、日本製品は他国製品と比較して技術的優位性がある。調達予定の機材の内、太陽電池モジュール、パワーコンディショナ及び周辺機器は日本製と限定しており、本計画を通じて「カ」国に日本の優れた技術を提供することができる。

4-2-2 定量的な効果

既述の妥当性の中で、特に定量的な効果が可能なものは、以下の通りである。

(1) 期待発生電力量と電力料金節約額

期待発生電力量については、「カンボジア国再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査ファイナルレポート第1巻：要約」に記載されている日射量図（図-15）から試算した。488 kWの定格容量に対し期待年間発生電力量は 652,800 kWhと推測される。この発生電力量はプンプレック浄水場の年間消費電力量 12,265,400 kWh⁵⁰の 5.3%に相当する。

上記の年間消費電力量に対して、PPWSA は 9,528 百万リエル（776.8 Riel/kWh）を EDC へ電力料金として支払っている。同じ料金単価（776.8 Riel/kWh）を期待発生電力量に適用すると、電力料金の節約額は年間で 10.9 百万円（約 507 百万リエル）と見込まれる。

⁵⁰ 2007 年及び 2008 年の平均消費電力量

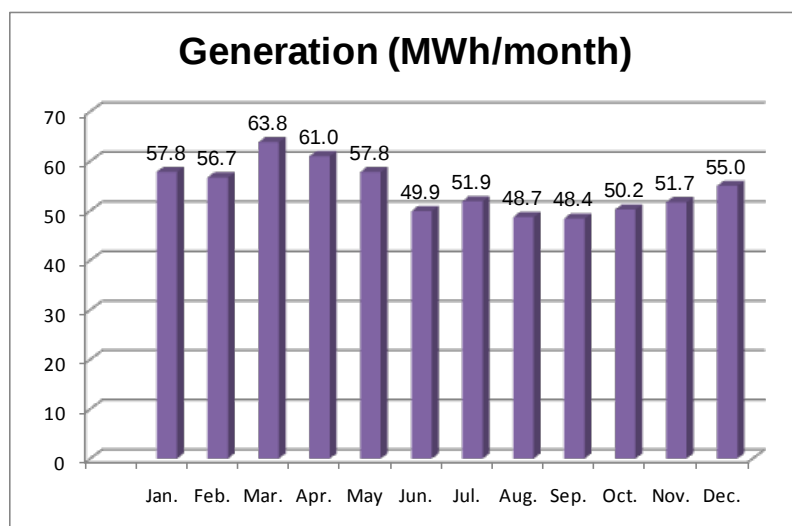


図 4-2.1 期待発生電力量

表 4-2.1 プンプレック浄水場の電力消費量と電力料金支払額(2007&2008 年)

1 US\$ = 3900 Riel

From	To	Previous	Current	Multiplier	Consumption (kWh)	Rate (R/kWh)	Value (Riel)	Annual Payment	
								(Riel)	US\$
22/12/06	22/01/07	49995	60967	100	1,097,200	613	672,583,600		
23/01/07	21/02/07	60967	71196	100	1,022,900	624	638,289,600		
22/02/07	21/03/07	71196	81124	100	992,800	611	606,600,800		
22/03/07	20/04/07	81124	91457	100	1,033,300	626	646,845,800		
21/04/07	21/05/07	91457	102933	100	1,147,600	646	741,349,600		
22/05/07	21/06/07	102933	114545	100	1,161,200	673	781,487,600		
22/06/07	20/07/07	114545	124711	100	1,016,600	688	699,420,800		
21/07/07	21/08/07	124711	135931	100	1,122,000	695	779,790,000		
22/08/07	21/09/07	135931	147039	100	1,110,800	691	767,562,800		
22/09/07	22/10/07	147039	157390	100	1,035,100	700	724,570,000		
23/10/07	21/11/07	157390	167538	100	1,014,800	714	724,567,200		
22/11/07	21/12/07	167538	176488	100	895,000	724	647,980,000	8,431,047,800	2,161,807
22/12/07	21/01/08	176488	186889	100	1,040,100	782	813,358,200		
22/01/08	22/02/08	186889	197558	100	1,066,900	800	853,520,000		
23/02/08	21/03/08	197558	207184	100	962,600	820	789,332,000		
22/03/08	21/04/08	207184	216970	100	978,600	818	800,494,800		
22/04/08	21/05/08	216970	227141	100	1,017,100	838	852,329,800		
22/05/08	20/06/08	227141	237729	100	1,058,800	882	933,861,600		
21/06/08	21/07/08	237729	247993	100	1,026,400	947	972,000,800		
22/07/08	21/08/08	247993	257034	100	904,100	1,009	912,236,900		
22/08/08	22/09/08	257034	267317	100	1,028,300	1,061	1,091,026,300		
23/09/08	21/10/08	267317	275934	100	861,700	1,032	889,274,400		
22/10/08	21/11/08	275934	285332	100	939,800	957	899,388,600		
22/11/08	22/12/08	285332	295303	100	997,100	821	818,619,100	10,625,442,500	2,724,472
Average per Year					12,265,400	776.8	9,528,245,150		

Source: PPWSA

表 4-2.2 期待発電量と電力料金節約量

項目	単位	数量
PVシステム488kW 期待発電量	kWh	652,778
PPWTの年間平均電気消費量(2007年、2008年)	kWh	12,265,400
2007年、2008年2年間の平均電気料金	R/kWh	776.8
節約電気料金	R'000	507,078
PPWTの年間平均電気料金支払い額	R'000	9,528,245
電気料金節約量	%	5.3%

(2) 二酸化炭素排出削減量

電力中央研究所⁵¹から公表されている「各種電源別の二酸化炭素排出原単位量」を用いて、その原単位量をEDC2007 年発電量に適用し、二酸化炭素排出削減量を試算した。その結果、本太陽光発電システムによる二酸化炭素排出削減量は年間約 400 トン-CO₂と推定される。

表 4-2.3 太陽光発電システムによる二酸化炭素排出削減量

Energy Generation in 2007	Generation Type	Energy Generation	CO ₂ emission		
			by fuel burning (E1)	by plant operation (E2)	E1 + E2
		MWh	g/kWh	g/kWh	kg
	HFO	1,105	704	38	819,910
	DO	138	704	38	102,396
	IMPORT	81	0	0	0
	HYDRO	50	0	11	550
	Others	5.1	0	0	0
	Total	1,379			922,856
	Average (kg/MWh)				669
	PV System (488 kW)	653	669	-53	402,248

Source: EDC Annual Report 2007, Table 5, page 26

⁵¹ Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)