

ラオス人民民主共和国
エネルギー鉱業省

ラオス人民民主共和国
太陽光を活用したクリーンエネルギー
導入計画

準備調査報告書
(和文簡易版)

平成 23 年 3 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
JR(先)
10-169

序 文

独立行政法人国際協力機構はラオス人民民主共和国の太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画にかかる協力準備調査を実施することを決定し、平成 21 年 12 月 16 日から 12 月 25 日まで、平成 22 年 1 月 31 日から 3 月 1 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。

調査団はラオス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 9 月 5 日から 9 月 10 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 3 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

ラオス国はインドシナ半島のほぼ中央に位置する内陸国で、カンボジア、タイ、ベトナム、中国、ミャンマーというインドシナ周辺国全てと国境を接している。国土面積は日本の約65%に相当する236,800 km²だが、2009年時点の人口は6.13百万人で人口密度は25.9人/km²と極めて少ない。また、国土の8割が山岳地帯で、国際河川であるメコン川が国土を北から南に流下している。

気候は熱帯モンスーン地域に属し、5月～10月の雨期と11月～4月の乾期に分かれる。ビエンチャンの年間降水量は、1,500 mm～2,200 mm程度（平均年降水量1,700 mm程度）で、年間降雨量の85%以上が雨期の5月～10月に集中する。

年間平均気温は約28°C、最高気温は4月から5月にかけて38°Cまで上昇するが、ビエンチャン市内では1月には最低気温が17°C程度まで下がる。

ラオス国の主要輸出品目は鉱物資源、縫製品、電力、木材・木材製品及び農産物である。2008年の輸出額は鉱物資源774.2百万ドル、縫製品259.9百万ドル、電力97.1百万ドル、木材・木材製品59.3百万ドル、農産物60.3百万ドルとなっており、これらの品目が2008年の総輸出額（FOB、1,307.4百万ドル）の大半を占めている¹。

一方で主な輸入品目は機械製品、燃料・ガス、縫製用原材料、産業用原材料及び完成車・部品で、2008年の総輸入額（CIF）は1,364.8百万ドル²であった。

また、2005年以降のGDPの実質成長率は2005年6.0%、2006年7.3%、2007年7.4%、2008年7.5%、2009年7.5%³と順調に推移している。

1988年11月から2006年までのラオス国への海外直接投資累計は14,288百万ドルで、投資件数では工業・ハンディクラフト部門が第1位であるが、投資累計額ではエネルギー部門が全体の約8割（11,371百万ドル）を占め、圧倒的に多い。水力電源開発への投資はこのエネルギー部門に含まれる。

ラオス国の通貨はキップ（Kip）で、2010年3月時点の為替レートは1 US\$ = 8,451 Kipであった。

¹ 出典：Economy and Investment Policies in Lao PDR, December 21, 2009, Ministry of Planning and Investment

² 出典：Economy and Investment Policies in Lao PDR, December 21, 2009, Ministry of Planning and Investment

³ 出典：CIA World Factbook

② プロジェクトの背景・経緯

ラオス国は1995年12月、国連気候変動条約（UNFCCC）を批准し、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国となっており、ラオス国として温室効果ガス削減対策に取り組んでいる。その一環として2009年12月にラオス国気候変動戦略（Climate Change Strategy）を作成し、その中で、2020年までに電化率90%⁴を達成するために太陽光発電、風力発電及び小水力等の再生可能エネルギーの活用を謳っている。

一方で、ラオス国は2004年策定の“National Growth and Poverty Eradication Strategy (NGPES)”の中で、国家目標として2020年までに貧困撲滅の達成を掲げている。この戦略の実施により、貧困層は2003年の33.2%から2008年には27.1%まで削減⁵されたが、2008年時点の国民一人当たりのGNIは740 US\$⁶と依然として低い。

ラオス国の電力輸出は2008年度の場合、全輸出額の3位を占めており、また、ラオス国の地勢的特長（豊富な包蔵水力とインドシナ全ての国と国境を接するという特徴）から電力セクターの成長に対するラオス国政府の期待は高い。

このような中、ラオス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6月にラオス国政府から提出された本無償資金協力事業へ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：50Wp×5,000 セット

設置場所：エネルギー鉱業省、計画投資省、首相府などの5府省

2009年9月にラオス国政府から追加要請があり、その内容は以下の通りであった。

要請金額：7,500,000 米ドル

要請内容：設置容量：300 kWp

設置場所：ワッタイ国際空港（公共事業運輸省）

この要請を受け、2009年12月16日から25日にかけて実施した第一次現地調査において、調査団はエネルギー鉱業省、計画投資省、首相府、ワッタイ国際空港を訪問し、太陽光発電設備の設置可能性と無償事業としての適否の判断を行った。その結果、首相府の敷地内とワッタイ国際空港の駐車場が、太陽光発電設備の設置が可能かつ無償事業として適正な条件を有していると判断され、2010年1月12日に首相府、公共事業運輸省、エネルギー鉱業省とJICAの間でM/Dを取り交わした。

その後、第二次現地調査、国内作業を経て、協力準備調査概要書、入札図書参考資料（案）

⁴ “National Growth and Poverty Eradication Strategy (NGPES)”

⁵ 出典：Asian Development Bank & Lao People's Democratic Republic, Fact Sheet

⁶ 出典：Asian Development Bank & Lao People's Democratic Republic, Fact Sheet

を取り纏め、関係機関へその説明を行うべく第三次現地調査（2010年9月5日から10日）を行ったが、第三次現地調査期間中に首相府から首相府の内部的理由で、首相府の敷地を本無償事業の対象としないこととしたいとの申し出があり、最終的にラオス国での太陽光発電システムの設置はワットアイ国際空港の駐車場のみとなった。

③ 調査結果の概要とプロジェクトの内容

調査の結果、策定した協力事業は、236 kW の太陽光発電システムを調達して、ワットアイ国際空港内の駐車場に設置し、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。

なお、受入国側の責任機関はエネルギー鉱業省、実施機関は公共事業運輸省であり、太陽光発電システムの運用・維持管理は公共事業省組織下のラオ空港公団が実施する。

設備の基本計画を次表に示す。

計画区分	計画内容
計画対象	ワットアイ国際空港 236 kW 太陽光発電システム - 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 236 kW 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 <ul style="list-style-type: none"> - 接続箱 - 集電箱 - パワーコンディショナ - パワーコンディショナキュービクル - 環境計測装置 - 監視装置 - 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 - 表示装置 - ケーブル敷設
予備品と保守用工具類の調達等	<ul style="list-style-type: none"> ● 発電設備の維持管理に必要な予備品等（第1回本格点検まで）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が約4.7億円、ラオス国側は銀行取極め（B/A）手続き費用を負担する。

本計画の工期は入札手続きに約6ヵ月、機材の調達・据付で約11ヵ月である。

⑤ プロジェクトの評価

本計画の実施段階では、運転・維持管理技術や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、太陽光発電システムの運用・維持管理を行うラオ空港公団の運転・維持管理体制を有効、かつ持続的なものとすると共に、ラオス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される。

本計画の一義的効果は、クリーンエネルギーである太陽光発電システムを導入することにより、ラオス国のエネルギー供給源の多様化を図ることにある。また、周辺国がラオス国の電力を輸入している点を踏まえると、ラオス国で太陽光発電システムが導入されることで、ラオス国の電力輸出規模の拡大及び周辺国の化石燃料の消費削減が図られ、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にもつながると考えられる。

調査の結果、ラオス国の本計画による二酸化炭素削減効果は年間約 198 t-CO₂と推定される。

なお、ラオス国の電力輸出はラオス国の輸出額の第三位（2008年）を占める重要な産業であり、ラオス国政府が掲げている歳入の増加による貧困撲滅を支援することにもなる。

また、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ラオス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 社会経済状況	1 - 12
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要	1 - 13
1-3 我が国の援助動向	1 - 14
1-4 他ドナーの援助動向	1 - 16
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 - 4
2-1-4 既存施設・機材	2 - 4
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状態	2 - 5
2-2-1 関連インフラの整備状況	2 - 5
2-2-2 自然条件	2 - 7
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	3 - 1
3-2-1 設計方針	3 - 1
3-2-1-1 自然条件に対する方針	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
3-2-1-4 現地業者の活用に係る方針	3 - 4
3-2-1-5 運営・維持管理に対する方針	3 - 4
3-2-1-6 施設、機材等のグレード設定に係る方針	3 - 5
3-2-1-7 工法／調達方法、工期に係る方針	3 - 5
3-2-1-8 その他に係る方針	3 - 5
3-2-2 基本計画（施設計画/機材計画）	3 - 5
3-2-2-1 サイト選定	3 - 5

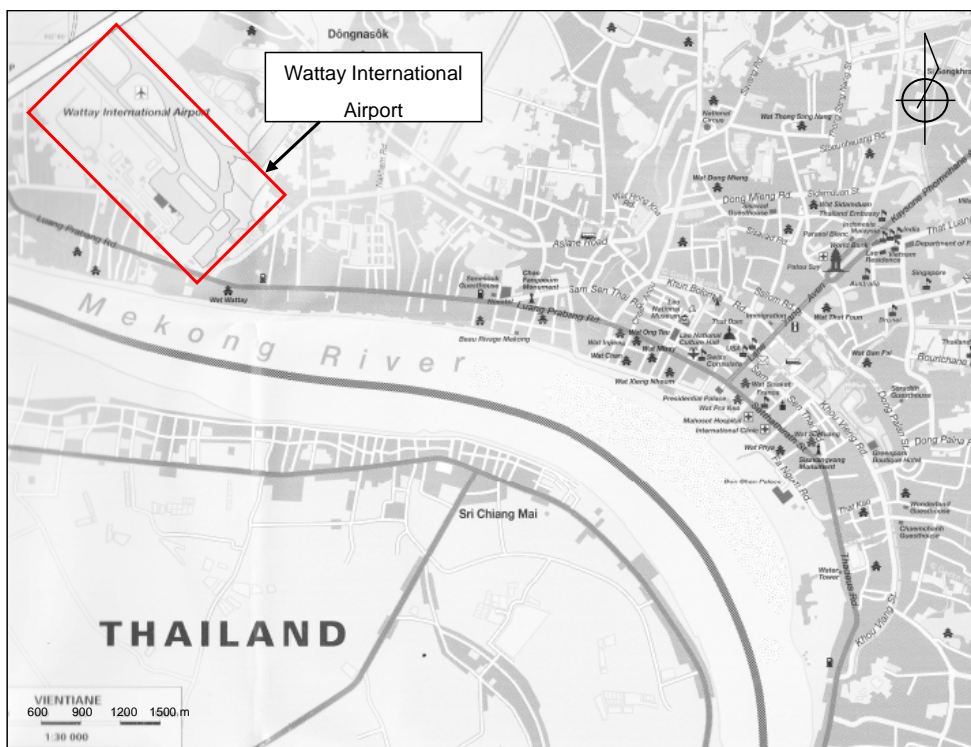
3-2-2-2	基本計画	3 - 6
3-2-3	略設計図	3 - 17
3-2-4	施工計画／調達計画	3 - 17
3-2-4-1	施工方針/調達方針	3 - 17
3-2-4-2	施工上／調達上の留意事項	3 - 20
3-2-4-3	施工区分／調達・据付区分	3 - 21
3-2-4-4	施工監理計画／調達監理計画	3 - 22
3-2-4-5	品質管理計画	3 - 22
3-2-4-6	資機材等調達計画	3 - 23
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導計画	3 - 24
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画	3 - 26
3-2-4-9	実施工程	3 - 33
3-3	相手国側分担事業の概要	3 - 35
3-4	プロジェクトの運営・維持管理	3 - 36
3-4-1	運営・維持管理組織と人員	3 - 36
3-4-2	定期点検項目	3 - 37
3-4-3	長期的な運営と維持管理	3 - 40
3-4-4	スペアパーツ購入計画	3 - 41
3-5	プロジェクトの概略事業費	3 - 42
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	3 - 42
3-5-2	運営・維持管理	3 - 42
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項	3 - 45
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 - 1
4-2	プロジェクトの評価	4 - 2
4-2-1	妥 当 性	4 - 2
4-2-2	定量的な効果	4 - 3

[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



ラオス国全体図



ビエンチャン市内位置図

施設現況



ワットイ国際空港国際線ターミナルビル全景
 ビエンチャン市近郊のワットイ国際空港。国際空港内には上記の国際線ターミナルと国内線ターミナルが並存している。



国際線ターミナル出発ロビー状況
 国際線ターミナル出発ロビー状況。空港の年間利用客は約40万人。国際線ターミナルビルは1997年に日本政府の無償資金協力で完成。



国際空港内駐車場状況 (1)
 国際空港内の駐車場状況。最奥は国内線用駐車場。



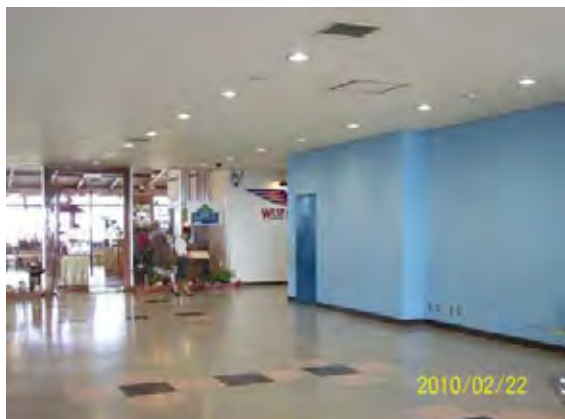
国際空港駐車場状況 (2)
 国際線ターミナルビル前の駐車場状況。駐車場は直列駐車と斜め駐車との2タイプがある。



国際空港駐車場状況 (3)
 国際線ターミナルビル前の駐車場状況。



国際空港駐車場状況 (4)
 PV モジュールは国際空港内の駐車場を6ブロックに分け、合計設置容量は236kWを予定。



国際線ターミナルビル 3 階状況
 国際線ターミナルビル 3 階状況。瞬間発電量、累積発電量の表示パネルはこの 3 階の青色壁面に設置予定。



LAA 事務所状況
 空港を管理しているラオ空港公団 (LAA) 事務所の全景。



LAA 事務所壁面の分電盤状況
 今回発電された電力は最終的にこの LAA 事務所の分電盤に接続する。



LAA 事務所前の芝生状況
 発電した直流電流を交流に変換するパワーコンディショナは広告版裏のこの芝生に設置予定。



PV システム仮置き場予定地
 写真奥の空き地が PV システムの仮置き場設置予定地。工事終了後、原形復帰する。



パワーハウス全景
 空港内施設に電力を供給しているパワーハウス。PV システムを監視するモニター装置はこの建屋内に設置する。



既設マンホール内配線状況

パワーハウスから各施設送電用の既設マンホール内配線状況。配線で満杯のため、今回新たにハンドホールを新設する。



ラオス・タイ友好橋

ラオスには外港が無い為、日本からの調達機材はタイのバンコク港で荷揚げした後、国道2号線を使ってビエンチャンまで輸送。

図表リスト

図 1-1.1	EDL の発電量収支（1990－2008）	1 - 3
図 1-1.2	ラオス国電力系統図（2008 年）	1 - 4
図 1-1.3	EDL の平均電気料金推移	1 - 5
図 1-1.4	ラオス国開発可能包蔵水力内訳	1 - 10
図 1-1.5	ラオス全土の太陽エネルギーの放射量分布	1 - 11
図 2-1.1	MEM 関連組織図	2 - 1
図 2-1.2	MPWT 関連組織図	2 - 2
図 2-1.3	LAA 組織図	2 - 3
図 2-1.4	ワッタイ国際空港衛星写真	2 - 5
図 2-2.1	輸送経路	2 - 6
図 2-2.2	ワッタイ国際空港位置図	2 - 7
図 2-2.3	ビエンチャン市内 月別降雨量と降雨日数（2007 年、2008 年、2009 年）	2 - 8
図 2-2.4	ビエンチャン市半径 500 km 以内の地震マップ	2 - 9
図 3-2.1	空港太陽光パネル配置図	3 - 8
図 3-2.2	太陽光反射軌跡	3 - 9
図 3-2.3	架台基礎安定計算用参考図	3 - 11
図 3-2.4	調達に係る各機関の役割	3 - 18
図 3-2.5	計画実施時の関係図	3 - 18
図 3-2.6	架台基礎構造図	3 - 22
図 3-2.7	ソフトコンポーネントの実施スケジュール	3 - 33
図 3-4.1	発電システムの維持管理の基本的な考え方	3 - 36
図 3-4.2	LAA の組織図	3 - 37
図 4-2.1	期待発生電力量	4 - 4
表 1-1.1	EDL 発電量収支	1 - 2
表 1-1.2	ラオス国全体の発電量収支	1 - 2
表 1-1.3	ラオス国及び EDL の発電設備構成	1 - 3
表 1-1.4	EDL の国内電気料金体系	1 - 6
表 1-1.5	工事中のプロジェクト（2009 年 5 月末現在）	1 - 7
表 1-1.6	計画中のプロジェクト（2009 年 5 月末現在 FS 実施中）	1 - 7
表 1-1.7	送・配電プロジェクトの状況	1 - 7
表 1-1.8	ラオス国地方電化率 2007 年	1 - 8
表 1-1.9	代表的な州における家畜・家禽数	1 - 9
表 1-1.10	4 カ国の風力発電潜在能力（フィリピンを除く）	1 - 11
表 1-1.11	ラオス国への海外直接投資（1988 年 11 月～2006 年累計）	1 - 13
表 1-3.1	我が国の技術協力・有償資金協力実績：電力分野（2009 年 12 月末現在）	1 - 15
表 1-3.2	我が国の技術協力・有償資金協力実績：空港関連（2009 年 12 月末現在）	1 - 15

表 1-3.3	我が国無償資金協力実績：電力分野（2009年12月末現在）	1 - 15
表 1-3.4	我が国無償資金協力実績：空港関連（2009年12月末現在）	1 - 16
表 1-4.1	他ドナー国・国際機関による援助実績：電力分野（2009年12月末現在）	1 - 16
表 1-4.2	他ドナー国・国際機関による援助実績：空港関連（2009年12月末現在）	1 - 17
表 2-1.1	LAAの予算及び執行額	2 - 4
表 2-2.1	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	ラオス国との太陽光発電システムに係る合意事項	3 - 2
表 3-2.2	総務庁・空港以外のサイト候補地と不採択の理由	3 - 6
表 3-2.3	ラオス国側からの要望・合意事項と基本計画の対比	3 - 7
表 3-2.4	支持架台・基礎関連諸元等	3 - 10
表 3-2.5	架台基礎安定計算結果（参考）	3 - 11
表 3-2.6	変圧器#1バンク記録	3 - 13
表 3-2.7	太陽光発電システムの期待発電量（設置容量 236 kW）	3 - 13
表 3-2.8	ラオス国系統基準による周波数及び電圧	3 - 14
表 3-2.9	発電設備に求められる保護装置	3 - 14
表 3-2.10	主要機材リスト	3 - 15
表 3-2.11	相手国実施体制	3 - 19
表 3-2.12	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 - 19
表 3-2.13	両国の主要な分担業務	3 - 21
表 3-2.14	標準配合案と28日圧縮強度	3 - 23
表 3-2.15	運転開始前の個別及び組合せ試験（案）	3 - 23
表 3-2.16	本計画で提供する予備品	3 - 24
表 3-2.17	発電システム運営組織体制（案）	3 - 25
表 3-2.18	月別発電量の管理値	3 - 27
表 3-2.19	参加対象者	3 - 30
表 3-2.20	参加対象プログラム	3 - 31
表 3-2.21	ソフトコンポーネント1：運転開始前後の活動	3 - 31
表 3-2.22	ソフトコンポーネント2：運転開始2.5ヵ月後の活動	3 - 32
表 3-2.23	業務実施工程表	3 - 34
表 3-3.1	相手国側分担事業とラオス国側実施体制	3 - 35
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 - 38
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 - 39
表 3-4.3	本格点検を含む長期的な維持管理体制	3 - 40
表 3-4.4	太陽光発電システムのスペアパーツ	3 - 41
表 3-5.1	本計画の概略事業費 日本側負担分	3 - 42
表 3-5.2	スペアパーツ等購入費用の積立金	3 - 44
表 3-5.3	本格点検と費用の積立	3 - 44
表 4-2.1	期待発電量と電力料金節約量	4 - 4
表 4-2.2	太陽光発電システムによる二酸化炭素排出削減量（ラオス国）	4 - 5

略語集

AC	Alternating Current	交流
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
B/A	Bank Arrangement	銀行取極め
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CT	Current Transformer	計器用変流器
DC	Direct Current	直流
DCA	Department of Civil Aviation	民間航空局
DOE	Department of Electricity	電力局
EDL	Electricite du LAOS	ラオス電力公社
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
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
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
LAA	Lao Airports Authority	ラオ空港公団
L-JATS	Lao-Japan Airport Terminal Services	ラオ・日本空港ターミナルサービス
MCCB	Molded Case Circuit Breaker	配線用遮断機
MEM	Ministry of Energy and Mines	エネルギー鉱業省
MPI	Ministry of Planning and Investment	計画投資省
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業運輸省
NGPES	National Growth and Poverty Eradication Strategy	国家成長及び貧困撲滅戦略
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
PMO	Prime Minister's Office	首相府
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
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国連気候変動枠組み条約
VCT	Voltage Current Transformer	系点潮流測定用センサー
VT	Voltage Transformer	計器用変圧器
WB	World Bank	世界銀行
WREA	Water Resource and Environment Administration	水資源環境庁

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) 電力受給

ラオス国の電力供給はラオス電力公社（Electricité Du Laos、以下EDL）が発電・送電・配電事業を行っている。発電事業については民間事業者も参入し、2007年時点の民間発電事業者は85社⁷にのぼる。2007年時点の発電設備容量673MWの53.8%にあたる362,395.7kWを民間発電事業者が、45.9%相当の308,748kWをEDLが、残りの0.2%相当の1,405.4kWをエネルギー鉱業省（Ministry of Energy and Mines、以下MEM）の地方出先機関が保有している。

ラオス国政府は民間発電事業者を活用して周辺国への電力輸出を促進し、それにより政府歳入の増加を図り、貧困削減を進めるという政策を掲げており、電力輸出はラオス国電力セクターの特徴の一つとなっている。

表1-1.1にEDL発電量収支を、また、表1-1.2にラオス国全体発電量収支を、さらに図1-1.1にEDLの2000年から2008年までの発電量収支を示す。同図表から以下の点が概観できる。

2007年のEDL発電量の供給先は国内需要向けが69%、電力輸出が14%であるのに対し、民間発電事業者を含めたラオス国全体では国内需要向けが32%で電力輸出が54%と逆転している。このことから、民間発電事業者の役割が、政府方針通り電力輸出であることが伺われる。

1990年から2008年までの発電量、電力輸出量を概観すると年度によっては前年度を割り込むなど、年度毎の変動が大きい。この原因は表1-1.3に見られる通り、ラオス国の発電設備はほぼ100%水力のみで構成されているため、年度毎の降雨量（河川水量）によって発電量が大幅に変動することが原因である。また、発電量が落ち込む乾期には電力を輸入していると推測される。

発電量、輸出量が年度毎に大きく変動している反面、国内電力需要（国内販売量及び輸入量の合計）は着実に増えている。

2008年時点のラオス国電力システムを図1-1.2に示すが、同図に見られるように、システムは地域毎に分断されている。なお、システム計画では、これら分断された国内システム同士の接続に加え、国内システムの拡張や周辺国（タイ、カンボジア、ベトナム、ミャンマー）への国際連系線の拡張が検討されている。

⁷ 出典：“Electricity Statistics Yearbook 2007 of Lao PDR”, Department of Electricity, MEM

表 1-1.1 EDL 発電量収支

(GWh)

項目	2007年		2008年	
	発電量	1398.37	75%	1777.57
電力輸入	475.94	25%	509.95	22%
総供給可能量	1874.31	100%	2287.52	100%
国内販売	1298.41	69%	1577.86	69%
電力輸出	267.97	14%	391.79	17%
その他送・配電ロス	307.93	16%	317.87	14%

註: その他送・配電ロスは調査団で追記

出典: “Annual Report 2008”, EDL

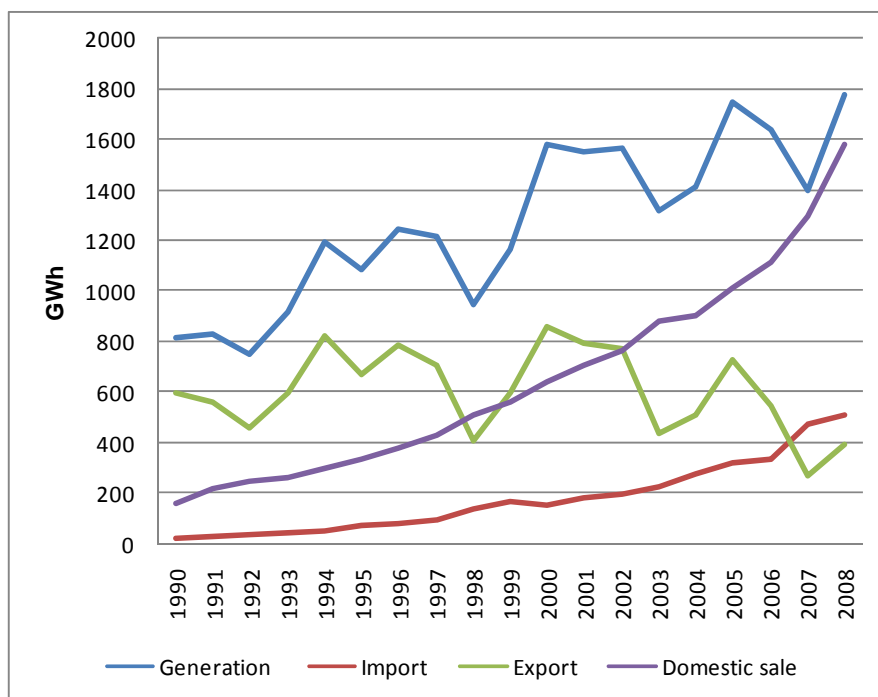
表 1-1.2 ラオス国全体の発電量収支

(GWh)

項目	2007年	
発電量	3373.6	81%
電力輸入	793.4	19%
総供給可能量	4167	100%
国内販売	1311	32%
電力輸出	2230.4	54%
その他送・配電ロス	625.6	15%

註: その他送・配電ロスは調査団で追記

出典: “Electricity Statistics Yearbook 2007 of Lao PDR”, MEM



出典：“Annual Report 2008”, EDL

図 1-1.1 EDL の発電量収支 (1990-2008)

表 1-1.3 ラオス国及び EDL の発電設備構成

発電タイプ	「ラ」国全体 2007年 (kW)		EDL 2007年 (MW)		EDL 2008年 (MW)	
	設備容量	%	設備容量	%	設備容量	%
水力	672,253	99.83%	370	100.00%	370	100.00%
ディーゼル	870	0.13%	0	0.00%	0	0.00%
太陽光	296	0.04%	0	0.00%	0	0.00%
総設備容量	673,419	100.00%	370	100.00%	370	100.00%

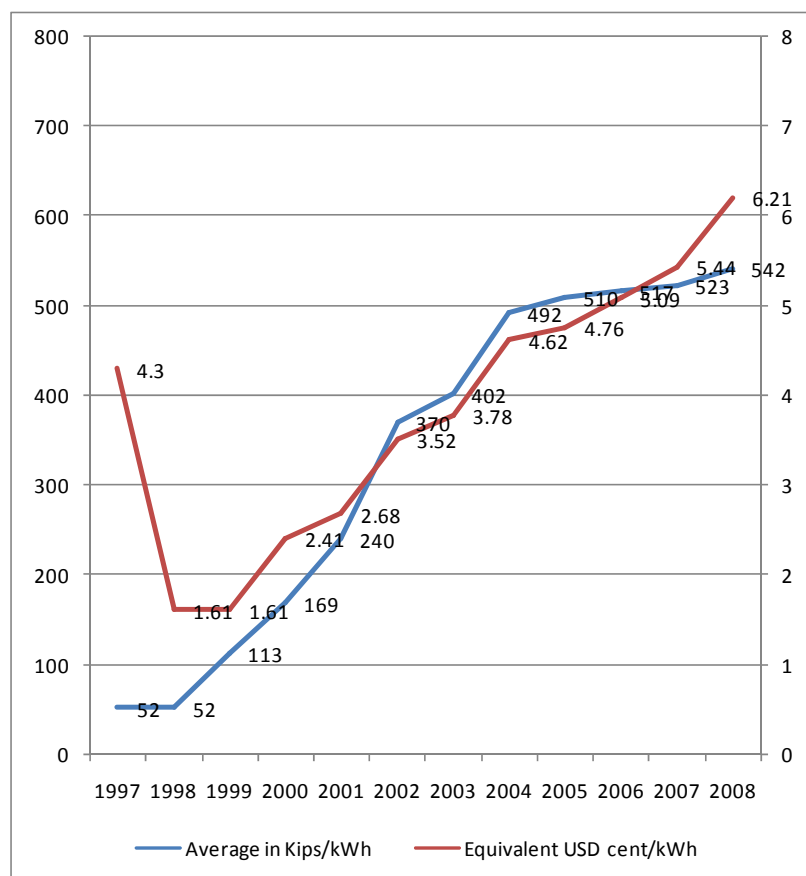
出典：“Electricity Statistics Yearbook 2007 of Lao PDR”, MEM および“Annual Report 2008”, EDL



図 1-1.2 ラオス国電力系統図(2008年)

(2) 電気料金

図 1-1.3にEDLの 1997 年から 2008 年までの平均電気料金の推移を示す。現地貨の平均電気料金は 1998 年以降毎年上昇している。平均電気料金の上昇の理由として、1) 電気料金単価そのものの値上げによるものと、2) 使用電力量の増加に伴って、より高い電気料金区分に移行する需要者が増えていることの 2 つの理由が考えられる。表 1-1.4に国内電気料金体系を示す。



出典：“Annual Report 2008”, EDL

図 1-1.3 EDL の平均電気料金推移

表 1-1.4 EDL の国内電気料金体系

Category		電気料金 (Kip/kWh)		
1.	Low Voltage			
	Residential	from 0 – 25 kWh		177
		from 26 – 150 kWh		293
		>150 kWh		773
	Non Residential	Irrigation		345
		Government Office		684
		Industry		616
		General Business		835
		International		1,077
Entertainment			1,106	
2.	Medium Voltage			
		Irrigation		293
		Industry		524
		Government Office		581
		General Business		709

出典：“Annual Report 2008”, EDL

(3) 電力開発計画

2009年5月時点で建設中のプロジェクトを表1-1.5に示す。これ以外にラオス国では多数の電源プロジェクトが計画されており、その代表的事例を表1-1.6に示す。特に注目すべきはラオス国では初めて2013年から2015年にかけて、1,800 MW石炭火力発電所の運転開始が計画されている点である。石炭火力発電所の開発は水力発電所の出力が低下する乾期でも安定した電力供給（輸出を含む）を行うためと考えられる。なお、燃料の石炭は発電所から約6 km離れた露天掘りの褐炭を使う計画である。

また、上記の表1-1.5、表1-1.6、及び送・配電線プロジェクトの状況を示した表1-1.7を概観すると、ラオス国の電力開発は、電源開発プロジェクトは民間投資で、送配電開発プロジェクトは世界銀行、アジア開発銀行などの公的支援で実施するという図式が読み取れる。

表 1-1.5 工事中のプロジェクト(2009年5月末現在)

プロジェクト	位置	発電タイプ	電力供給先	設置容量(MW)	完成予定年	出資者
Nam Lik 1-2	Vientiane	Hydro	Laos	100	2010	EDL 20%, CWE(China) 80%
Nam Theun 2	Khammuan	Hydro	Thailand	1088	2009	LHSE 25%, EDF 35%, EGCO (Thailand) 25%, ITD (Thailand) 15%
Theun-Hinboun Hydropower Expansion	Bolikhamxay	Hydro	Laos/Thailand	60 MW	2012	EDL 60%, Nordic Group 20%, MDX (Thailand) 20%
Nam Ngum 2	Vientiane	Hydro	Laos	615	2013	EDL 20%, C.Kanchang (Thailand) 28.5 % and others
Nam Nhone	Bokeo and Luangnamtha	Hydro	Laos	2.4	2010	Nam Nhone Power Co. 100%
Nam Ngum 5	Vientiane and Xieng Khuang	Hydro	Laos/Vietnam	120	2011	EDL 15%, Sinohydro (China) 85%
Xekaman 3	Sekong	Hydro	Vietnam	250	2010	EDL 15%, VLP (Vietnam) 85%

LHSE: Lao Holding State Enterprise

出典：Powering Progress HP (www.poeringprogress.org/), Department of Energy Promotion and Development, MEM

表 1-1.6 計画中のプロジェクト(2009年5月末現在 FS 実施中)

プロジェクト	位置	発電タイプ	電力供給先	設置容量(MW)	完成予定年	出資者
Hongsa Coal-fired	Xeyaboury	Coal	Laos/Thailand	1800	2013-15	LHSE 20%, Banpu (Thailand) 40%, Ratchaburi 40%
Nam Ngiep 1	Bolikhamxay	Hydro	Laos/Thailand	260 + 18	2015	LHSE 30%, Kansai Electric & Nipponn Koei (Japan) 50%, Thai Investor 20%
Nam Ou	Phongsaly	Hydro	Laos/Thailand	1100	2013-16	GOL 10-25%, Sinohydro (China) 90-75%

出典：Powering Progress HP (www.poeringprogress.org/), Department of Energy Promotion and Development, MEM

表 1-1.7 送・配電プロジェクトの状況

プロジェクト名	プロジェクト概要	現在の状況(2008年時点)
Southern Greater Mekong Sub-Region Project (ADB)	Xeset 1 発電所から Salavanh までの 115 kV 送電線建設 Salavanh に 115/22kV 変電所の建設 Ban Had からカンボジア国境まで 115 kV 送電線建設	プロジェクトは 2007 年に着工し、2010 年完成予定
Transmission Lines of Nam Ngum 5 Project (ADB)	Nam Ngum 5 から Phonsavan, Xiengkhuang まで 115 kV 送電線建設 Nam Ngum 5 から Vangvieng 変電所まで 115 kV 送電線建設	2008 年末の進捗率は 43%
Greater Mekong Power Network Development Project (JICA)	Paksan 変電所から Thakhet 変電所、Pakbor 変電所まで 115 kV 送電線建設	2009 年着工予定
Northern area rural power distribution (NARPD) (ADB)	北部 6 県、31 地区の 418 村落と 63,567 世帯の電化プロジェクト。115 kV 送電線と 22 kV 配電線建設工事を含む。	2004 年着工、2009 年完成予定、進捗率 78.6%
Southern Rural Electrification 1 (REP1) (World Bank)	22kV の配電線を 1370 km に亘って建設し、22/04 KV 変圧器を 625 台設置する。南部 7 県 52 地区の 545 村落と 42295 世帯の電化プロジェクト。	進捗率 68%、2006 年着工 2010 年完成予定

出典：“Annual Report 2008”, EDL

(4) 地方電化

ラオス国の2007年時点の地方電化率を表1-1.8に示す。村落電化率は51.3%、世帯電化率は59.0%である。ラオス国政府は地方電化戦略⁸として、系統接続による地方電化とマイクロ水力、太陽光、風力を活用した地方電化を掲げている。表から分かるとおり、EDL系統接続による電化が地方電化策の中心となっており、村落電化では77%、世帯電化では92%と圧倒的に多く、次いで小水力・ピコ水力となっている。

なお、ラオス国政府は2020年までに地方電化90%達成を目標⁹に掲げている。

表 1-1.8 ラオス国地方電化率 2007 年

Province	Total		EDL System		Small Hydro + Pico electricity		Diesel Gen.		Solar Photovol.		Number of electrified		% of electrified	
	Village	H.Hold	Village	H.Hold	Village	H.Hold	Village	H.Hold	Village	H.Hold	Village	H.Hold	Village	H.Hold
1 Vientian Capital	500	123,174	490	122,350	0	0	0	0	5	179	495	122,529	99.0%	99.5%
2 Phongsaly	562	28,793	0	0	27	2,287	253	12,075	0	0	280	14,362	49.8%	49.9%
3 Luangamtha	375	26,109	104	9,486	4	228	6	336	55	1,617	169	11,667	45.1%	44.7%
4 Oudomxay	507	43,030	0	0	62	8,235	78	825	23	647	163	9,707	32.1%	22.6%
5 Bokeo	318	27,098	145	12,662	0	0	0	0	0	0	145	12,662	45.6%	46.7%
6 Luangphrabang	855	69,802	262	29,328	119	1,974	80	1,408	25	643	486	33,353	56.8%	47.8%
7 Huaphanh	744	43,964	125	9,881	39	3,493	0	0	0	0	164	13,374	22.0%	30.4%
8 Xayabury	474	65,184	211	30,650	18	739	1	126	32	1,820	262	33,335	55.3%	51.1%
9 Xiengkhuang	569	37,440	76	8,481	232	3,452	0	0	18	720	326	12,653	57.3%	33.8%
10 Vientian	528	76,791	408	65,040	0	0	0	0	36	1,890	444	66,930	84.1%	87.2%
11 Borikhmxay	327	38,440	191	25,248	0	0	0	0	2	158	193	25,406	59.0%	66.1%
12 Khammuane	803	61,505	449	34,332	0	0	0	0	0	0	449	34,332	55.9%	55.8%
13 Savannakhet	1,013	131,216	469	81,923	0	0	0	0	0	0	469	81,923	46.3%	62.4%
14 Saravane	683	52,849	287	24,851	0	0	0	0	11	275	298	25,126	43.6%	47.5%
15 Xekong	253	12,938	49	3,880	0	0	0	0	0	0	49	3,880	19.4%	30.0%
16 Champasak	924	100,346	474	58,783	0	0	0	267	22	1,561	496	60,611	53.7%	60.4%
17 Attapeu	195	20,415	46	4,091	6	169	0	0	0	0	52	4,260	26.7%	20.9%
Total	9,630	959,094	3,786	520,986	507	20,577	418	15,037	229	9,510	4,940	566,110	51.3%	59.0%
Electrified			76.6%	92.0%	10.3%	3.6%	8.5%	2.7%	4.6%	1.7%	100.0%	100.0%		

出典：“Electricity Statistics Yearbook 2007 of Lao PDR”, MEM

(5) 再生可能エネルギー

MEMは2010年に「再生可能エネルギー開発戦略¹⁰」案を作成し、2011年2月時点で政府の承認待ちである。再生可能エネルギー普及促進のための政策・制度は、この開発戦略が政府承認された以降に整備される見込みである。なお、「ラオス国気候変動戦略¹¹」や「国家成長及び貧困撲滅戦略（NGPES）¹²」では、再生可能エネルギーの開発方針について、部分的にはあるが以下のように謳われている。

- ・ 遠隔地域社会における太陽光発電、風力発電、ミニ水力発電の開発を促進する（気候変動戦略）
- ・ 遠隔地における小規模電源（マイクロ水力、太陽光発電及び風力発電）の開発を継続

⁸ 出典：“National Growth and Poverty Eradication Strategy (NGPES)”, 2004, page 104

⁹ 出典：Government Plans and Policies (www.poweringprogress.org/index.php?view=article&catid=90%3Agovernment...)

¹⁰ “A Renewable Energy Strategy for Lao PDR”

¹¹ Lao PDR Climate Change Strategy

¹² National Growth and Poverty Eradication Strategy (NGPES)

する (NGPES)

なお、上述の再生可能エネルギー戦略(案)では、以下に掲げるエネルギー源をラオス国で開発を進めるべき再生可能エネルギーとして着目している。また、MEMには2025年までにエネルギー利用の30%を再生可能エネルギーで賄うとの意向がある¹³。

1) バイオ燃料・バイオガス

ラオス国では年間約4万トンの家畜糞が生産されており、これはバイオガス280百万m³に匹敵する。また、現在約1万世帯¹⁴でバイオガスが利用されている。表1-1.9に代表的な州における家畜・家禽数を示す。

表 1-1.9 代表的な州における家畜・家禽数

(単位：千)

州名	水牛	牛	豚	ヤギ・羊	家禽
Vientiane	32.7	49.7	15.7	1.8	1340.0
Savannakhet	186.2	213.3	99.6	20.7	1416.6
Salavanh	68.9	69.4	54.7	3.5	566.9
Champasack	116.1	121.4	58.3	2.1	1250.7
Huaphanh	63.1	40.8	146.4	11.6	800.5

出典：“Renewable Energy Technology in Asia Project Implementation of Lao PDR”, by Technology Research Institute, Science Technology and Environment Agency, 2004

2) 水力(15 MW 以下の水力)

ラオス国で開発可能な包蔵水力はメコン川本流を含めて約23,000 MWである¹⁵。図1-1.4に開発可能包蔵水力の内訳を示す。2007年時点のラオス国の水力発電設備容量が672MWであるため、開発可能包蔵水力の約3%しか開発していないことになる。

¹³ 2010年10月26日にビエンチャンで開催された“Energy and Environment Partnership Mekong Regional Forum”での記者会見におけるDOE副局長の発言。

¹⁴ 同じくDOE副局長の発言。

¹⁵ 出典：“Lao hydropower Potential and Policy in the GMS context”, United Nations Symposium on Hydropower and Sustainable Development, Beijing, October 2004

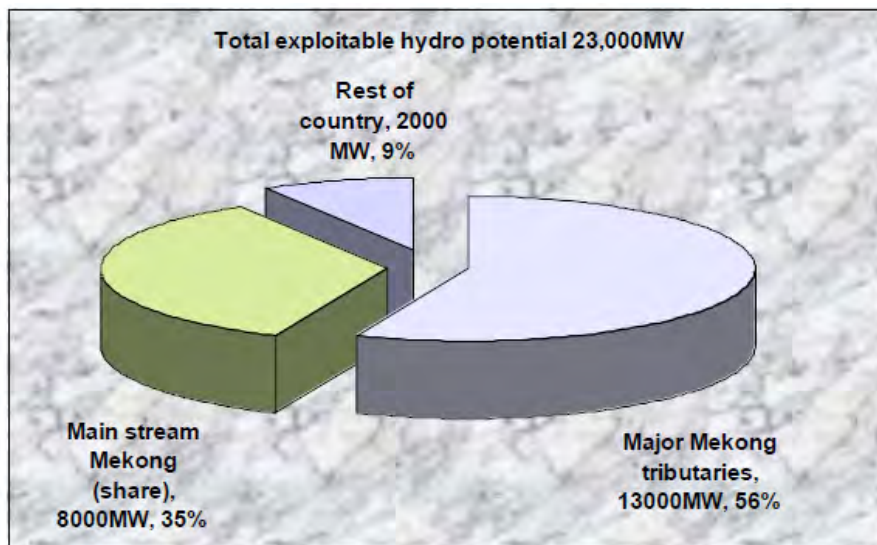


図 1-1.4 ラオス国開発可能包蔵水力内訳

3) 太陽光発電

2007年時点の太陽光発電の設置容量はラオス国全体で296 kW（表 1-1.3 参照）で約2万世帯¹⁶が太陽光発電を利用しているが、これらは全て独立型（SHS）の太陽光発電設備である。

なお、太陽光発電の潜在能力については、ラオス国とタイ国との共同作業で2007年4月に“Assessment of Solar Energy Potential for Lao People’s Democratic Republic”が刊行されている。この報告書によれば、ラオス国全土の年間平均太陽エネルギーの放射量は15.8 MJ/m²-dayで、特に南部では18 – 19 MJ/m²-dayが観測され、ラオス国には比較的高い太陽光発電の潜在能力があると結論づけられている。図 1-1.5に同報告書に掲載されているラオス国全土の太陽エネルギーの放射量分布図を示す。

¹⁶ 同じくDOE副局長の発言。

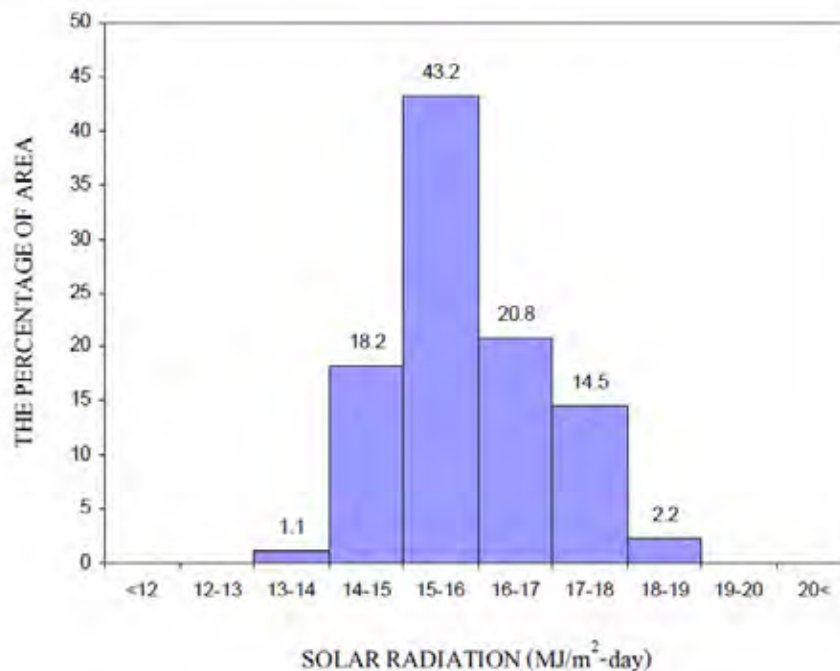


図 1-1.5 ラオス全土の太陽エネルギーの放射量分布

4) 風力発電

風力発電については、2002年に隣国のタイの研究機関（Center for Energy Environment Resources Development, Bangkok, Thailand）がカンボジア、ラオス、タイ、ベトナム、フィリピンの5カ国の発電潜在能力を報告している。同報告書によれば、表 1-1.10 のとおり、ラオス国の風力発電潜在能力は 182,252 MW となるが、2011年2月現在では、ラオス国では風力発電の開発実績がない。

表 1-1.10 4カ国の風力発電潜在能力(フィリピンを除く)

Country	Characteristic	Poor (<6m/s)	Fair (6-7m/s)	Good (7-8m/s)	Very Good (8-9m/s)	Excellent (>9m/s)
Cambodia	Land Area (sq.km)	175468	6155	315	30	0
	% of Total Land Area	96.40%	3.40 %	0.20 %	0.0 %	0.0 %
	MW Potential	NA	24,620	1,260	120	0
Laos	Land Area (sq.km)	184511	38787	6070	671	35
	% of Total Land Area	80.20%	16.90%	2.60%	0.30%	0.00%
	MW Potential	NA	155,148	24,280	2,684	140
Thailand	Land Area (sq.km)	477157	37337	748	13	0
	% of Total Land Area	92.60%	7.20%	0.20%	0.00%	0.00%
	MW Potential	NA	149,348	2,992	52	0
Vietnam	Land Area (sq.km)	197342	100361	25679	2187	113
	% of Total Land Area	60.60%	30.80%	7.90%	0.70%	0.00%
	MW Potential	NA	401,444	102,716	8,748	452

出典：“Wind Power in Southeast Asia”, Center for Energy Environment Resources Development, Bangkok, Thailand

1-1-2 社会経済状況

(1) 国土・人口

ラオス国はインドシナ半島のほぼ中央に位置する内陸国で、カンボジア、タイ、ベトナム、中国、ミャンマーというインドシナ周辺国全てと国境を接している。国土面積は日本の約65%に相当する236,800 km²だが、2009年時点の人口は6.13百万人で人口密度は25.9人/km²と極めて少ない。また、国土の8割が山岳地帯で、国際河川であるメコン川が国土を北から南に流下している。

気候は熱帯モンスーン地域に属し、5月～10月の雨期と11月～4月の乾期に分かれる。ビエンチャンの年間降水量は、1,500 mm～2,200 mm程度（平均年降水量1,700 mm程度）で、年間降雨量の85%以上が雨期の5月～10月に集中する。

年間平均気温は約28℃、最高気温は4月から5月にかけて38℃まで上昇するが、ビエンチャン市内では1月には最低気温が17℃程度まで下がる。

(2) 社会・経済

ラオス国の主要輸出品目は鉱物資源、縫製品、電力、木材・木材製品及び農産物である。2008年の輸出額は鉱物資源774.2百万ドル、縫製品259.9百万ドル、電力97.1百万ドル、木材・木材製品59.3百万ドル、農産物60.3百万ドルとなっており、これらの品目が2008年の総輸出額（FOB、1,307.4百万ドル）の大半を占めている¹⁷。

一方で主な輸入品目は機械製品、燃料・ガス、縫製用原材料、産業用原材料及び完成車・部品で、2008年の総輸入額（CIF）は1,364.8百万ドル¹⁸であった。

また、2005年以降のGDPの実質成長率は2005年6.0%、2006年7.3%、2007年7.4%、2008年7.5%、2009年7.5%¹⁹と順調に推移している。

表1-1.11は1988年11月から2006年までのラオス国への海外直接投資累計を示す。この表から投資件数では工業・ハンディクラフト部門が第1位であるが、投資累計額ではエネルギー部門が全体の約8割を占め、圧倒的に多いことが分かる。水力電源開発への投資はこのエネルギー部門に含まれる。

¹⁷ 出典：Economy and Investment Policies in Lao PDR, December 21, 2009, Ministry of Planning and Investment

¹⁸ 出典：Economy and Investment Policies in Lao PDR, December 21, 2009, Ministry of Planning and Investment

¹⁹ 出典：CIA World Factbook

表 1-1.11 ラオス国への海外直接投資(1988年11月～2006年累計)

単位(US\$)						
順位	業種	件数	%	資本額合計	%	1件当たり資本額
1	エネルギー	32	2.3%	11,371,250,000	79.6%	355,351,563
2	通信	19	1.3%	678,804,647	4.8%	35,726,560
3	ホテル	105	7.5%	576,283,432	4.0%	5,488,414
4	工業・ハンディクラフト	270	19.2%	340,680,117	2.4%	1,261,778
5	鉱業	117	8.3%	299,436,261	2.1%	2,559,284
6	農業	170	12.1%	249,533,782	1.7%	1,467,846
7	木材	67	4.8%	186,428,462	1.3%	2,782,514
8	サービス	225	16.0%	175,401,380	1.2%	779,562
9	建設	59	4.2%	115,804,837	0.8%	1,962,794
10	貿易	179	12.7%	104,273,494	0.7%	582,533
11	銀行	12	0.9%	96,800,000	0.7%	8,066,667
12	縫製	94	6.7%	83,318,398	0.6%	886,366
13	コンサルタント	60	4.3%	9,961,572	0.1%	166,026
合計		1,409	100.0%	14,287,976,382	100.0%	10,140,508

出典：鈴木基義著「ラオス投資ガイド」日本アセアンセンター発行、2007年

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

ラオス国は1995年12月、国連気候変動条約(UNFCCC)を批准し、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国となっており、ラオス国として温室効果ガス削減対策に取り組んでいる。その一環として2009年12月にラオス国気候変動戦略(Climatic Change Strategy)を作成し、その中で、2020年までに電化率90%²⁰を達成するために太陽光発電、風力発電及び小水力等の再生可能エネルギーの活用を謳っている。

一方で、ラオス国は2004年策定の“National Growth and Poverty Eradication Strategy (NGPES)”の中で、国家目標として2020年までに貧困撲滅の達成を掲げている。この戦略の実施により、貧困層は2003年の33.2%から2008年には27.1%まで削減²¹されたが、2008年時点の国民一人当たりのGNIは740 US\$²²と依然として低い。

ラオス国の電力輸出は2008年度の場合、全輸出額の3位を占めており、また、ラオス国の地勢的特長(豊富な包蔵水力とインドシナ全ての国と国境を接するという特徴)から電力セクターの成長に対するラオス国政府の期待は高い。

このような中、ラオス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。

²⁰ “National Growth and Poverty Eradication Strategy (NGPES)”

²¹ 出典：Asian Development Bank & Lao People’s Democratic Republic, Fact Sheet

²² 出典：Asian Development Bank & Lao People’s Democratic Republic, Fact Sheet

2009年6月にラオス国政府から提出された本無償資金協力事業へ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：50Wp×5,000 セット

設置場所：エネルギー鉱業省、計画投資省、首相府などの5府省

2009年9月にラオス国政府から追加要請があり、その内容は以下の通りであった。

要請金額：7,500,000 米ドル

要請内容：設置容量：300 kWp

設置場所：ワットタイ国際空港（公共事業運輸省）

この要請を受け、2009年12月16日から25日にかけて実施した第一次現地調査において、調査団はエネルギー鉱業省、計画投資省、首相府、ワットタイ国際空港を訪問し、太陽光発電設備の設置可能性と無償事業としての適否の判断を行った。その結果、首相府の敷地内とワットタイ国際空港の駐車場が、太陽光発電設備の設置が可能かつ無償事業として適正と判断され、2010年1月12日に首相府、公共事業運輸省、エネルギー鉱業省とJICAの間でM/Dを取り交わした。

その後、第二次現地調査、国内作業を経て、協力準備調査概要書、入札図書参考資料（案）を取り纏め、関係機関へその説明を行うべく第三次現地調査（2010年9月5日から10日）を行ったが、第三次現地調査期間中に首相府から首相府の内部的理由で、首相府の敷地を本無償事業の対象としないこととしたいとの申し出があり、最終的にラオス国での太陽光発電システムの設置はワットタイ国際空港のみとなった。

本事業では、ラオス国における気候変動対策支援の一環として、再生可能エネルギーである太陽光発電設備を供与し、当該国における系統電力に投入することにより、同国のエネルギー源の多様化を図り、温室効果ガスの削減とラオス国の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ものである。

1-3 我が国の援助動向

ラオス国に対する我が国からの援助は多数行われており、電力分野及び空港関連を対象とした援助実績を表1-3.1から表1-3.4に示す。

表 1-3.1 我が国の技術協力・有償資金協力実績：電力分野(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	2004 (E/N 署名)	メコン地域電力ネットワーク整備事業(ラオス)	ラオス北中部、パクサン～サバナケット間約 300 km の区間において、メコン地域電力ネットワークの一部を形成する 115kV 送電線及び変電所を建設・増強することにより、メコン東西経済回廊をはじめとするラオス国中南部の電力需要への対応を図り、電化率の向上、産業発展及び貧困削減への寄与を図るもの。
	1996 (E/N 署名)	ナムルック水力発電所建設事業(ADB との協調)	既存ナムグム貯水池の南東側に隣接するナムルック川に水力発電所を建設し、国内の電力供給体制を強化すると共に、タイ等への売電により外貨獲得を増大させようとするもの。
	1974,1976 (E/N 署名)	ナムグム水力発電事業	首都ビエンチャン北方約 90km のナムグム川に位置するダム貯水池式水力発電所を建設。運用以来、首都圏地域に対する主要な電源となっている。
技術協力	2008-2009 (実施中)	電力系統計画調査	送変電設備マスタープランのレビューを行うとともに、中部と南部における基幹送電網の相互接続を完成するための調査を実施。
	2006-2008	地方電化(第三国研修)プロジェクト	ラオス周辺国における地方電化に有効な他のエネルギー源の活用例を共有し、地域全体の効果的かつ効率的な電化率向上につなげることを目的とした、小水力及び太陽光を中心とした電源開発・配電をテーマとした研修。
	2004-2007	電力技術基準促進支援プロジェクト	ラオス国の電力関係者が電力技術基準を効率的かつ円滑に運用するための十分な行政能力および実務能力を身につけることを目的とし、電力技術基準運用に必要な OJT、管理評価組織の確立、ユーザー知識の普及等を実施。
	2003-2005	北部小水力発電計画策定調査	北部 8 県を対象とした小水力発電計画の策定、運用・保守及び資金面で持続可能な事業政策の提言、電力局(DOE)及び各県が独力で小水力発電の計画の策定ができる能力の育成。
	2000-2003	電力技術基準整備プロジェクト	ラオス国の実状に即した電力技術基準行政を効率的に行うための行政官育成を目的として、電力技術基準を整備できる人材を育成し、電力技術基準(案)を作成。
	1998-2002	ナムニアップ 1 水力開発計画調査	首都ビエンチャン北東約 100km 地点のメコン川左岸に流れ込むナムニアップ川の中流部における貯水池式水力発電計画の策定。
	1998-2000	再生可能エネルギー利用地方電化計画調査	太陽光発電装置の試験設置、及びそのモニタリング結果並びにその他制度・政策的な調査に基づく太陽光発電及び小水力による地方電化実施計画の作成。

表 1-3.2 我が国の技術協力・有償資金協力実績：空港関連(2009年12月末現在)

協力内容	実施年度	案件名	概要
技術協力	2006-2008	航空交通における安全性向上プロジェクト	ラオス国の航空保安人材の強化を目標とし、航空研修センターにおける研修実施体制改善及び航空管制官、航空管制技術官、電気・機械職員の能力向上のための協力を行う。

表 1-3.3 我が国無償資金協力実績：電力分野(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
2002, 2003, 2004 (E/N 署名)	ナムグム第一発電所補修計画	12.04	1971 年に運転を開始して以来、稼働を続けているナムグム第一発電所の 1 号機、2 号機発電機およびそれらの運転に不可欠な所内共通設備の補修。

表 1-3.4 我が国無償資金協力実績:空港関連(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
1995, 1996 (E/N 署名)	ビエンチャン国際空港改修計画 (ADB、NDF、仏政府との協調)	44.64	ワットタイ国際空港におけるターミナルの建設。
1971 (E/N 署名)	ワットタイ空港整備(第2期)	3.60	ワットタイ国際空港における高速離脱誘導路 (1,500 m)の建設。
1969, 1970 (E/N 署名)	ワットタイ空港滑走路延長 (第1期-1、第1期-2)	2.50 1.80	ワットタイ国際空港における滑走路の延長 (1,000 m)。

1-4 他ドナーの援助動向

ラオス国に対しては、世界銀行(WB)、アジア開発銀行(ADB)などが援助を行っている。電力分野及び空港関連を対象とした援助実績を表1-4.1及び表1-4.2に示す。

表 1-4.1 他ドナー国・国際機関による援助実績:電力分野(2009年12月末現在)

(単位:千USドル)

実施年度	機関名/ ドナー国名	案件名	金額	援助形態	概要
2009	WB 他	地方電化プログラム (フェーズ II)	50,000	借款	ラオス南部約 38,300 世帯の電化を目標とする中・低圧配電線及び変電所の建設。
2009	WB	GMS 地域送電プロジェクト、ラオス	15,000	借款	ラオス-カンボジア間の売電送電線、ラオス-ベトナム間の双方向送電線、等を含む送電線プロジェクト。
2006	WB 他	地方電化プログラム	3,750 + 28,110	無償+借款	送電線延長および再生可能電源による地方電化。
2005	ADB WB 他	ナムテン2水力発電事業	1,450,000	借款	環境対策、水質モニタリング、洪水制御、住民移転、少数民族開発計画等を含む、ナムテン2水力発電所、タイ国送電網への連結送電線 130km、国内送電網への連結送電線 70km の建設。
2003	ADB	北部地域送配電プロジェクト	30,000	借款	北部地方における高圧送電線 274km、3 つの変電所の建設、4 つの変電所の拡張等。
1996	ADB	ナムルック水力発電所建設事業 (JBIC との協調)	52,000	借款	既存ナムグム貯水池の南東側に隣接するナムルック川に水力発電所を建設し、国内の電力供給体制を強化するとともにタイ等への売電により外貨獲得を増大させようとするもの。
1995	ADB	トゥン・ヒンブー水力発電事業	57,700	借款	水力発電所および送電線 86km の建設。
1988, 1994	ADB	ナムグムヘルアンブラバン送電線事業	15,000	借款	ナムグム水力発電所ヘルアンブラバン間の送電線 208km の建設。
1988	ADB	セセット水力発電事業	12,000	借款	水力発電所の建設。

表 1-4.2 他ドナー国・国際機関による援助実績:空港関連(2009年12月末現在)

(単位:千USドル)

実施年度	機関名/ ドナー国名	案件名	金額	援助形態	概要
1996- 1998	ADB	空港改善事業	13,000	借款	ビエンチャンワットタイ国際空港における滑走路、誘導路、排水、給水、下水設備の整備。
	NDF (北欧開発基金)		4,500	借款	ビエンチャンワットタイ国際空港他における照明および気象観測装置の整備。
	仏政府		3,200	借款	ビエンチャンワットタイ国際空港他における航空ナビゲーションシステムの整備。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

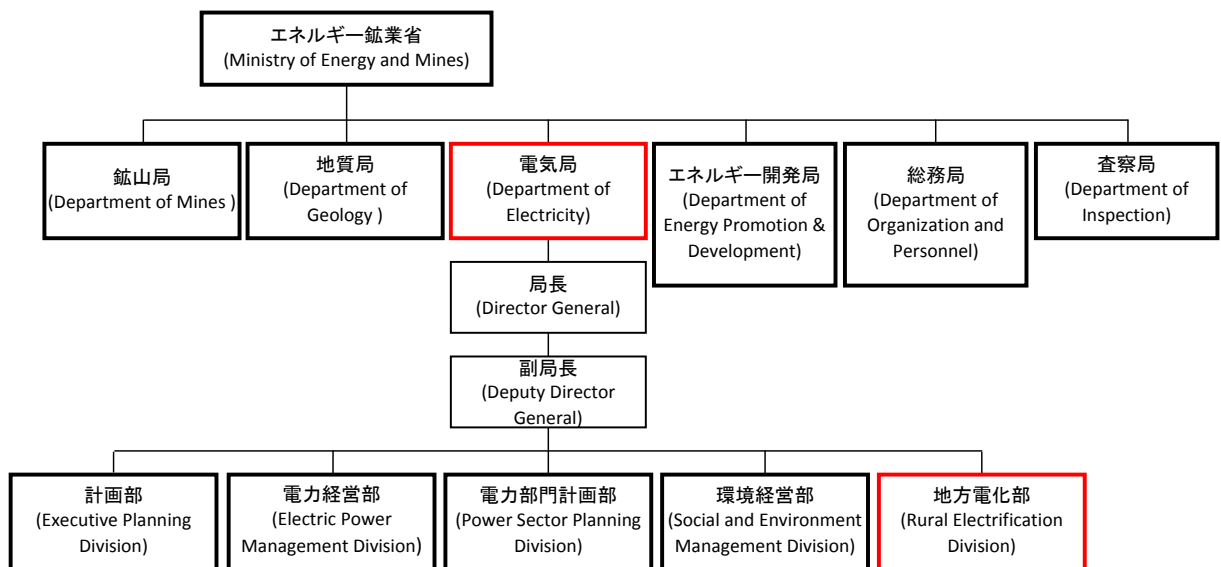
第2章 プロジェクトを取り巻く状況

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MEM²³、実施機関は公共事業運輸省²⁴（Ministry Public Works and Transport、以下MPWT）であり、直接の運転・維持管理はMPWTの組織下であるラオ空港公団（Lao Airport Authority、以下LAA）が実施する。

MEM及びMPWTの組織図を図 2-1.1及び図 2-1.2に示す。

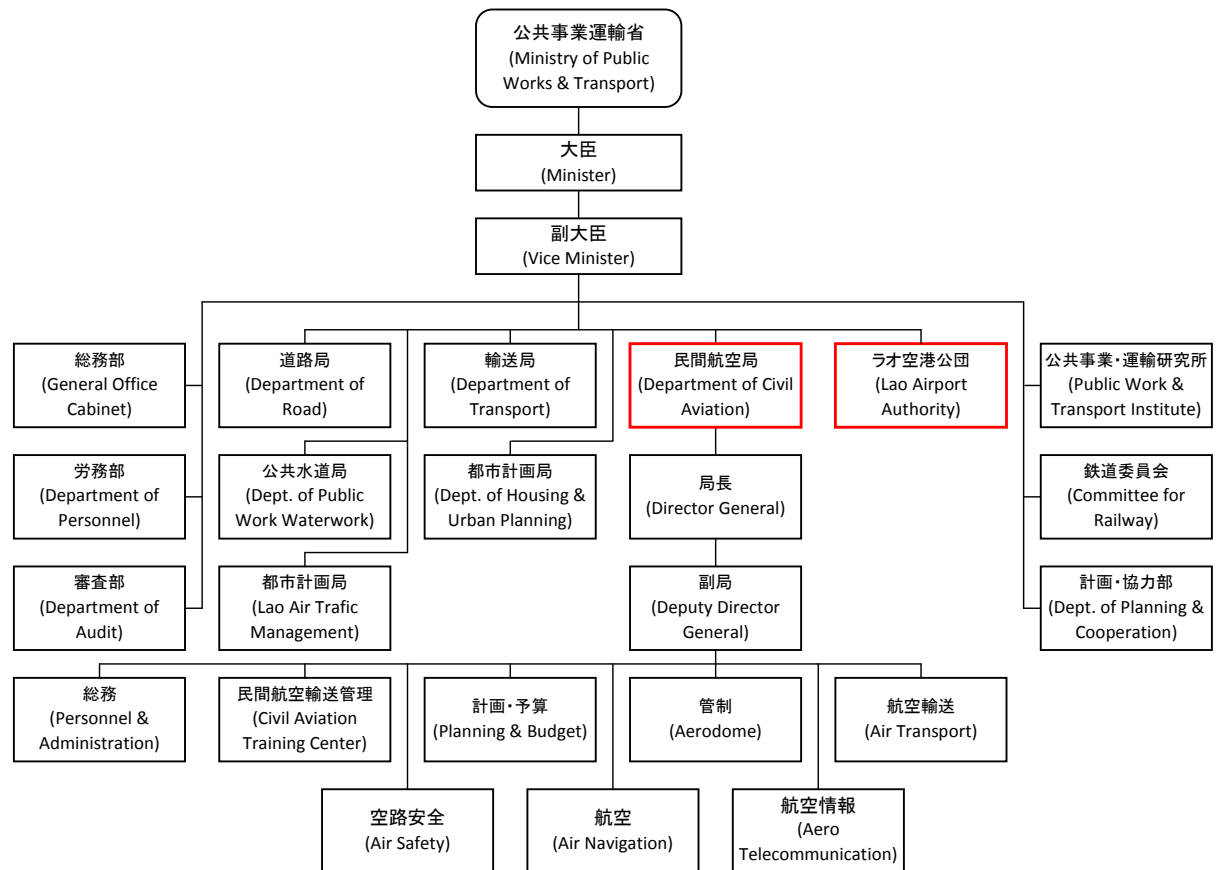


出典：MEM ホームページ及び“Electricity Statistics Yearbook 2007 of Lao PDR”

図 2-1.1 MEM 関連組織図

²³ 本計画の直接のカウンターパートは電気局の地方電化部

²⁴ 本計画の直接のカウンターパートは民間航空局



出典：公共事業運輸省の要請書より

図 2-1.2 MPWT 関連組織図

LAA は 2007 年 9 月までは DCA の組織下にあったが、2007 年に DCA から分離し、直接 MPWT の組織下となった。LAA はワットタイ国際空港の国内線ターミナルビル、消防施設、給水施設、パワーハウス等の運営管理を行っている他に、地方の空港公団の指導・監督も行っている。更に、LAA は本邦企業と共同出資（ラオ側 60%、日本側 40%）して、ラオ・日本空港ターミナルサービス会社（L-JATS）を立ち上げ、国際線ターミナルビルの運営・管理を L-JATS に委託している。

図 2-1.3にLAAの組織図²⁵を示す。

²⁵ 本計画の運営・維持管理は空港マネジメントセンターが実施する。

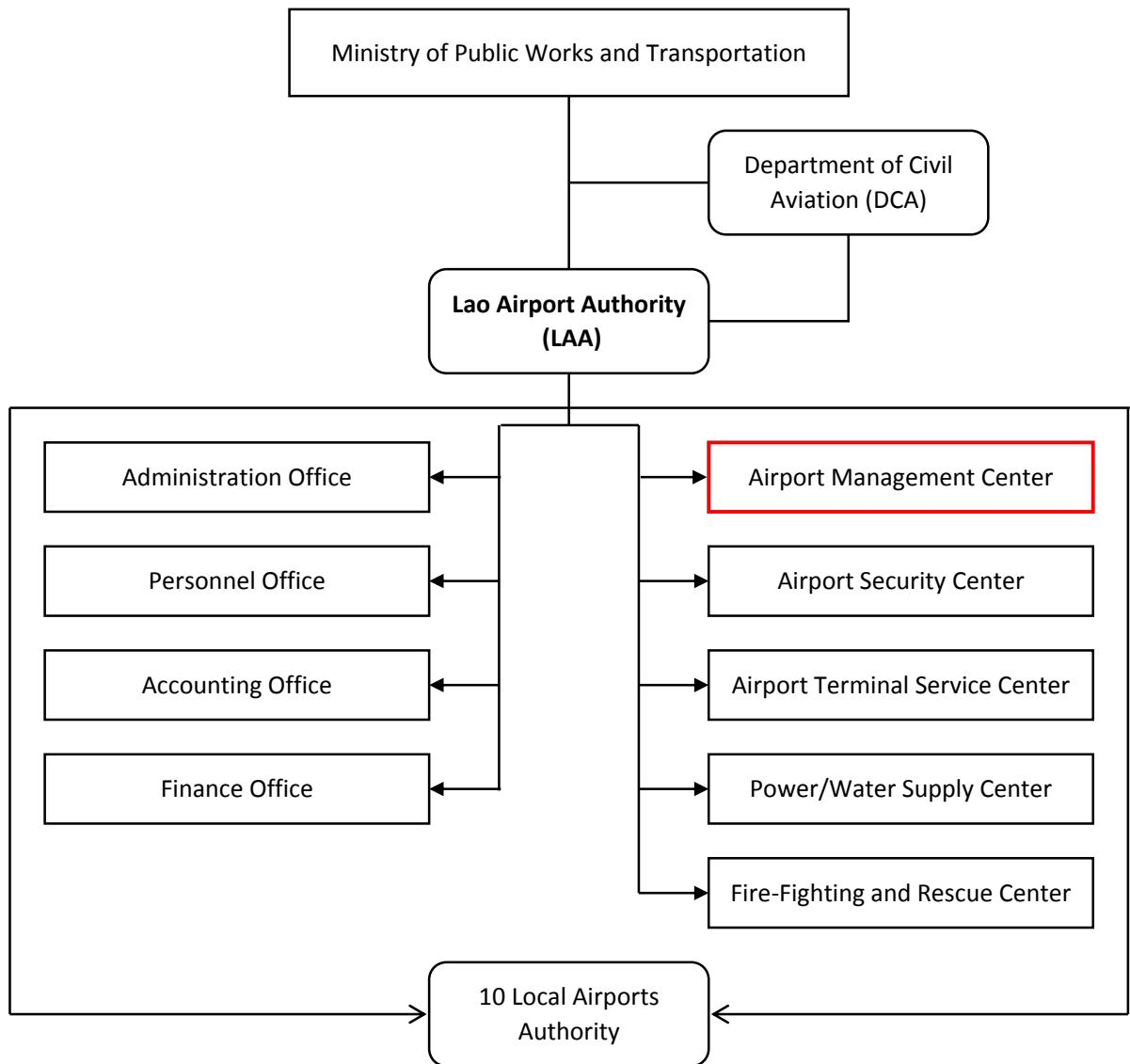


図 2-1.3 LAA 組織図

2-1-2 財政・予算

表 2-1.1 に本太陽光発電システムの運用・維持管理を行う LAA の予算及び執行額を示す。表 2-1.1 に見られるように、まだ、DCA から分離して 2 年しか経っていないため、勘定科目が試行錯誤の段階にあり、年度予算も 2008 年と 2009 年で大きく異なっている。

表 2-1.1 LAA の予算及び執行額

(単位：Kip)

会計年度 (10月1日～9月30日)	2006/07	2007/08			2008/09		
		予算申請額	承認予算額	執行額	予算申請額	承認予算額	執行額
補修・維持費内訳							
1	燃料・潤滑油費	730,000,000	561,000,000	561,000,000	650,000,000	650,000,000	650,000,000
2	事務用品・什器	407,000,000	318,100,000	219,921,540	275,000,000	275,000,000	275,000,000
3	制服費	210,000,000	210,000,000	207,968,300	150,000,000	150,000,000	150,000,000
4	光熱費	2,200,000,000	1,760,000,000	1,759,826,367	131,730,000	131,730,000	89,860,000
	4.1 水道料金	200,000,000	160,000,000	159,909,864	10,000,000	10,000,000	2,750,000
	4.2 電気料金	2,000,000,000	1,600,000,000	1,599,916,503	121,730,000	121,730,000	87,110,000
5	管制塔光ケーブル回線使用料	720,000,000	486,000,000	176,059,296	0	0	0
6	補修費	1,197,000,000	952,500,000	648,407,160	907,000,000	839,000,000	695,084,120
	6.1 建物(国内ターミナルビル等のLAA施設)	500,000,000	400,000,000	368,101,400	599,000,000	599,000,000	566,065,580
	6.2 車両	257,000,000	212,500,000	79,959,300	40,000,000	40,000,000	28,000,000
	6.3 事務機器等(空調機、パソコン、コピーマシン、照明等)	440,000,000	340,000,000	200,346,460	268,000,000	200,000,000	101,018,540
7	車保険料	3,000,000	3,000,000	1,909,554	3,000,000	3,000,000	399,925
8	通信連絡費	260,000,000	208,000,000	150,866,264	40,000,000	40,000,000	9,250,000
	8.1 郵送料	70,000,000	56,000,000	55,952,500	10,000,000	10,000,000	0
	8.2 電話料	190,000,000	152,000,000	94,913,764	30,000,000	30,000,000	9,250,000
9	輸送費	-	-	-	-	-	-
10	研修費	-	-	-	1,027,270,000	1,095,270,000	699,622,728
10	会議費諸費	1,080,000,000	892,500,000	798,007,928	471,500,000	471,500,000	212,613,100
総計		6,807,000,000	5,391,100,000	4,523,966,409	3,655,500,000	3,655,500,000	2,559,061,873

出典：LAA 会計部門

2-1-3 技術水準

ワットイ国際空港の電気設備の維持管理を行っているLAAの電気技術者は4名で、主にパワーハウス(空港内各施設への電気供給元)の維持管理を行っている。これまで電気設備の維持管理についてEDLの技術支援を受けずに業務を遂行していること、²⁶及び国際空港という施設の重要性から、技術水準は高いと推測される。

ただし、太陽光発電システムの運用・維持管理はLAAにとって初めての経験であるため、本無償資金協力事業の一環であるソフトコンポーネントの中で、太陽光発電システムの運用・維持管理の技術移転を行うことが望ましい。

2-1-4 既存施設・機材

ワットイ国際空港はビエンチャン市中心から約3kmの距離にあり、空港内の国際線ターミナルビル及びパワーハウスは日本政府の無償資金協力事業で建設されたものである。年

²⁶ 注：第二次現地調査でEDLに確認済。

間の利用者数は約40万人で、国際線ターミナルビルに隣接して国内線ターミナルビルがある。国際線にはラオス国営航空を含めた14社²⁷が就航し、国内線にはラオス国営航空が国内11箇所²⁸の地方空港を結んでいる。図2-1.4にワットタイ国際空港の衛星写真を示す。パワーハウスでは、空港施設の重要性から、電気設備事故が空港の機能に障害を与えないように、EDLから受電電圧22kVの2回線で受電し、2台の1,500kVAの変圧器により、空港内各施設に電気（低圧用は380～220V）を供給している。また、非常用電源として500kVA×3台の発電機を有している。



図 2-1.4 ワットタイ国際空港衛星写真

2-2 プロジェクトサイト及び周辺状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 荷揚げ港と輸送路

ラオス国は内陸国であるため、外港が無い。そのため、日本から船便で輸送される調達機材は隣国のタイのバンコク港で荷揚げされ、国道2号線及びラオス・タイ友好橋を使って約600km離れたビエンチャン市内のワットタイ国際空港まで輸送されることになる。バンコ

²⁷ 出典：“//sky.geocities.jp/tenca6so/0-00-lao02.html”

²⁸ 出典：“//sky.geocities.jp/tenca6so/0-00-lao02.html”

コク港は国際港であり、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。図 2-2.1 にビエンチャ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

ワットアイ国際空港はビエンチャン市内外れに位置し、幹線道路に面しているため、ビエンチャン市内の輸送も何ら問題は無い。図 2-2.2 にワットアイ国際空港位置図を示す。

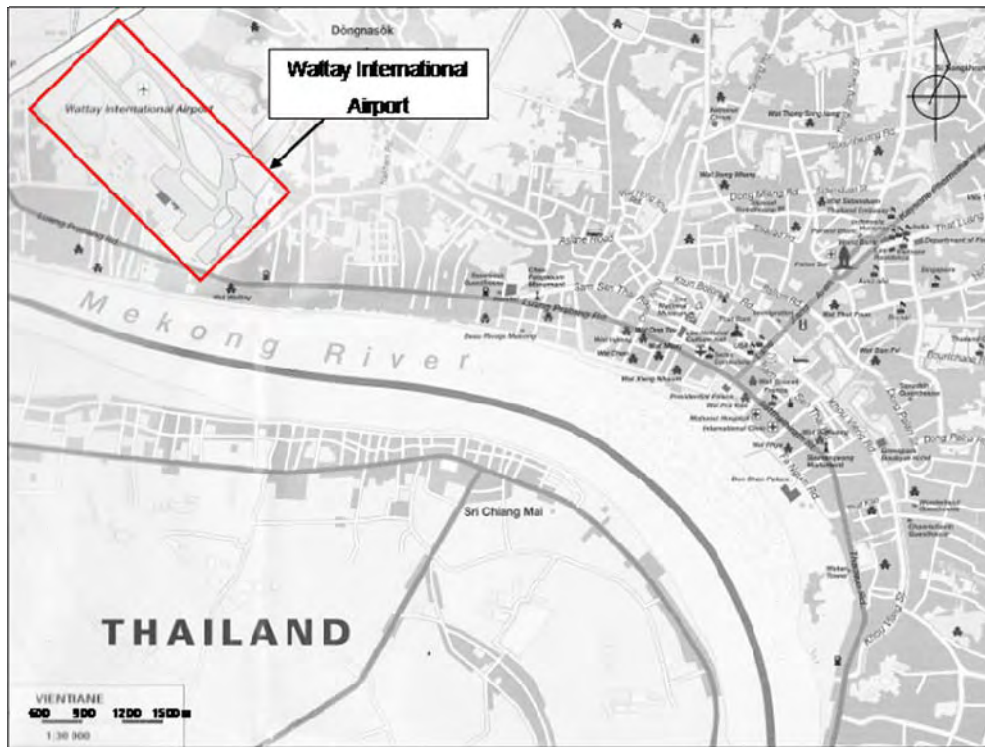


図 2-2.2 ワッタイ国際空港位置図

(3) 電気・水道・通信設備

国際空港という施設の性格から、電気・水道・通信等のプロジェクトに必要な全ての設備が整っている。

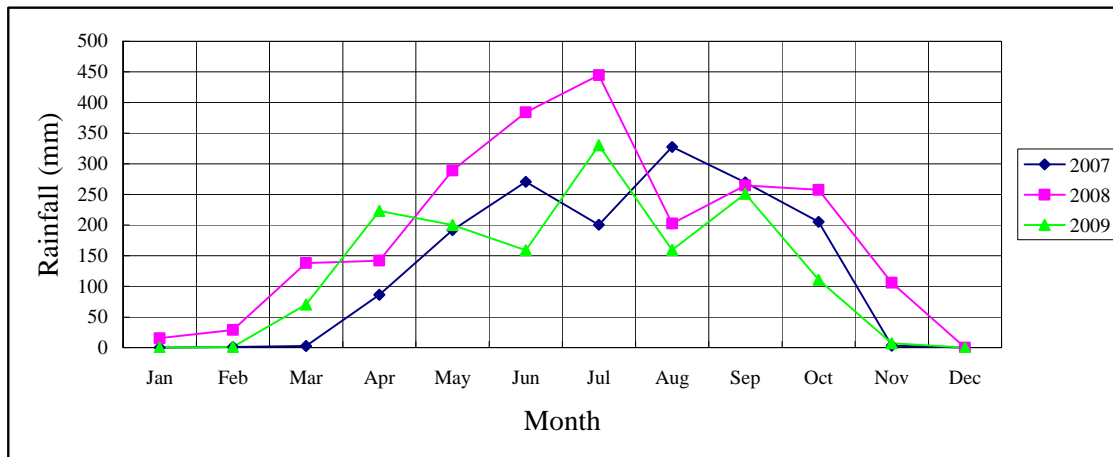
(4) 用 地

太陽電池モジュールはワッタイ国際空港内の既設駐車場に設置するため、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

ラオス国の気候はモンスーンの影響で明瞭な雨期と乾期があり、おおよそ、5月～10月が雨季で、11月～4月が乾季となっている。年間平均気温は約28℃、最高気温は4月から5月にかけて38℃まで上昇するが、ビエンチャン市内では1月には最低気温が17℃程度まで下がる。ビエンチャンの年間降水量は、概ね1,500～2,200mm程度（平均年降水量約1,700mm程度）である。年間降雨の85%以上が雨期の5～10月に集中し、雨期は200mm以上/月の降水量が観測されることが多い。2007年から2009年までの3年間の日最大雨量は、127mmである。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。



項目	年	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	合計
降雨量(mm)	2007	0	1	2.9	86.3	191.7	270.6	200.4	327.5	269.9	205.3	3.2	0	1,558.8
	2008	15.6	29	138.1	142	289.2	384.1	444.8	202.4	264.6	257.6	105.9	0	2,273.3
	2009	0	1	70.4	223	200	158.9	330.2	159.3	251.3	110.8	7	0	1,511.9
	平均	5.2	10.3	70.5	150.4	227.0	271.2	325.1	229.7	261.9	191.2	38.7	0.0	1781.3
降雨日数	2007	0	1	2	11	16	17	13	24	16	12	1	0	113
	2008	5	4	8	10	20	24	23	17	16	13	5	2	147
	2009	0	2	6	8	21	21	25	15	17	7	2	0	124
	平均	1.67	2.33	5.33	9.67	19.00	20.67	20.33	18.67	16.33	10.67	2.67	0.67	128.00
降雨日数 (20mm以上)	2007	0	0	0	1	3	4	4	8	5	4	0	0	29
	2008	0	0	3	2	6	7	9	5	6	4	1	0	43
	2009	0	0	1	2	5	2	5	3	6	1	0	0	25
	平均	0.00	0.00	1.33	1.67	4.67	4.33	6.00	5.33	5.67	3.00	0.33	0.00	32.33

図 2-2.3 ビエンチャン市内 月別降雨量と降雨日数(2007年、2008年、2009年)

(2) 地 震

ラオス国は、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、ラオス国の地震は、北部で多く観測されている。1973年以降、ビエンチャンから半径 500km 以内で観測された地震は、179 回である。これらのうち、ビエンチャンから半径 200km 以内で観測された地震は 5 回しかなく、最大の規模もマグニチュード 4.8 と大規模な地震は発生していない。図 2-2.4 にビエンチャン市内半径 500 km 以内の地震マップ (USGS 作成) を示す。

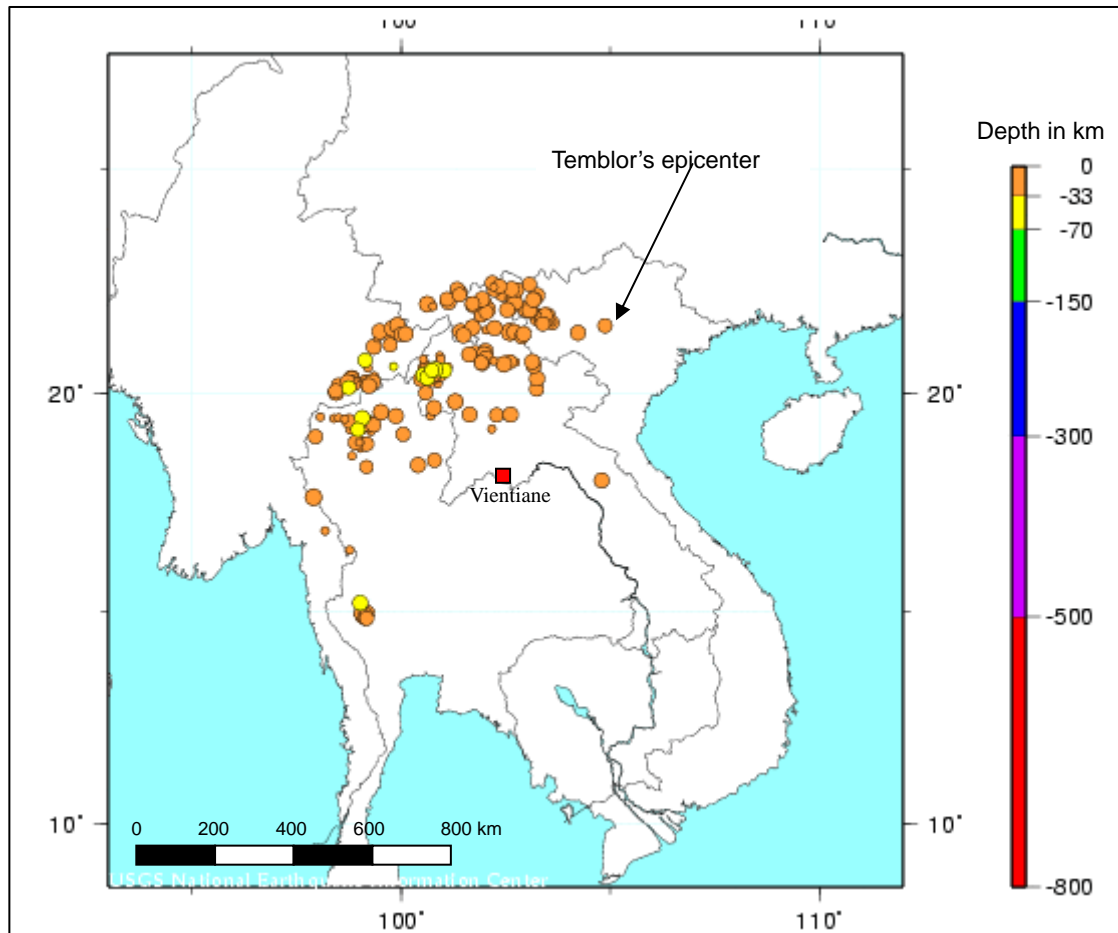


図 2-2.4 ビエンチャン市半径 500 km 以内の地震マップ

(3) 台 風

ラオス国は内陸国であるため、台風被害は稀で、2005 年以降は 2009 年 9 月に襲った台風 16 号しか報告されていないが、AFPBB ニュース²⁹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)）はフィリピンを横断後、ベトナム、カンボジアを直撃し、その後熱帯低気圧になってラオスに向かったと報告されている。

(4) サイトの地盤状況

空港国際線ターミナルビル建設前の 1994 年 10 月 10 日に行った調査ボーリング (No.2 孔) 結果によれば、地下水位が地表から 50cm の深さで確認されている。調査時点が雨期の終わりということを考慮しても、地下水位が高い。この原因はワットタイ国際空港がメコン川近くに建設されているためと思われる。また、同時に行われた標準貫入試験の N 値は深さ 1.5m まで N=5 と軟質土（風化土）を示し、1.5m～4m までは N 値は 20 以上の硬質土（粘土）がある。

²⁹ www.afpbb.com/article/disaster-accidents-crime/disaster/2647917/4693233

2-2-3 環境社会配慮

ラオス国では、水資源環境省（Water Resources & Environment Administration）が各案件の環境影響評価を主管する立場にあり、関連する事項は、「環境保護法（Law on Environmental Protection：1999年）」に定められている。

2003年6月12日付けでDOEが作成した「電力プロジェクトの環境管理基準³⁰」の4.4.2項によれば、設置容量100kW未満の電源プロジェクトは初期環境調査や環境影響評価は不要となっている³¹。今回ワッタイ国際空港に設置する太陽光発電設備は設置容量が236kWであるため、この基準においては環境影響調査等が必要になるが、クリーンエネルギーである太陽光発電を導入するという本計画の内容に鑑み、環境調査等は不要であることを2011年3月16日締結のM/Dにてラオス国側から確認を得ている。

また、本計画は太陽光発電設備であるため、大気汚染、土壌汚染、水質汚染は発生しない。さらに、設置場所は空港内既設駐車場であるため、新たな用地取得や住民移転も不要で、自然動植物への影響も無い。

なお、「JICA環境社会配慮ガイドライン」では太陽光発電システムはカテゴリー分類「B」もしくは「C」となる。第二次現地調査でDOEの社会・環境管理室に提出したスクリーニング結果を表2-2.1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ラオス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。

³⁰ “Environmental Management Standard for Electricity Project”

³¹ DOEのSocial and Environmental Management Divisionより口頭で入手。

表 2-2.1 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 PMO's and MPWP's properties, resettlements and land compensation are not necessary.
Impact on the residents nearby	C	Since the construction site is located at Wattay International and PMO compound, the impact on the residents nearby will not occur.
Land Use	C	The PV system will be installed utilizing the existing parking lot at the airport and the PMO, therefore, the impact on the land use will not occur.
Impact on social practice	C	The installation of PV system at the parking lot will not impact on social practice.
Impact on infrastructure	C	Since the PV system is installed in the PMO's and MPWT'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 PMO's and MPWT's premise, impact on those groups will not occur.
Uneven distribution of benefit	C	Benefit to be yielded by PV system will belong to the Lao Government.
Cultural monument	C	Since the PV system is installed in the PMO's and MPWT's premise, impact on cultural monument will not occur.
Conflict with residents near by	C	Since the PV system is installed in the PMO's and MPWT'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 four 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 four or three months.
Impact on nature of soil and geographic feature	C	Any reclamation, embankment and reforming the geography feature are not required. 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 PMO's and MPWT's premise, 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 PMO's and MPWT'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、開発途上国の協力なしには地球温暖化防止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。

太陽光発電は他の発電事業と比して二酸化炭素の排出量を抑制することができ、また、近年その価格が高騰している石油系燃料を消費せずに発電できる点に優位性がある。現在、ラオス国の発電設備に占める水力発電の割合がほぼ100%であるため、ラオス国内での二酸化炭素排出量の削減にはすぐに直接寄与し得るものではないが、今後エネルギー需要の増大が見込まれる中、クリーンエネルギーの導入を以ってエネルギー源の多様化を図ることで、グローバルコミュニティにおける貢献と国内の経済成長による貧困削減を両立させることが可能となる。

本計画は、ラオス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、その目的であるラオス国の発展と地球温暖化防止という全地球的な問題解決の双方に寄与することが期待される。

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

本計画は、ラオス国ビエンチャン市中心から約 3km 離れたワットタイ国際空港の駐車場に 236 kW の太陽光発電設備を建設し、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、ラオス国のエネルギー供給源の多様化を図ると共に、当該公共施設の電力料金負担の軽減を図る。また、ラオス国の電力輸出規模が拡大し、周辺の電力輸入国（タイ、カンボジア、ベトナム、ミャンマー）の化石燃料依存度が軽減されることで、温室効果ガス削減と経済成長の両立を図る効果も期待される。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は可能であり保護装置も設計されているが、ワットタイ国際空港の消費電力に比べて本発電設備の発生電力が少ないため、実質的に逆潮流は発生しないと見込まれる。

本計画は、環境プログラム無償事業として実施され、機材の調達と現地での据付工事の契約については、日本業者を対象とした入札が行われる。発電設備のうち、太陽電池モジュール、パワーコンディショナ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

3-2-1 設計方針

ワットタイ国際空港はMPWT傘下のLAAが管理し、年間約 40 万人の利用客があるラオス国の表玄関として重要な施設である。2011 年 3 月 16 日に締結された太陽光発電システムに係るラオス国との主な合意事項は表 3-2.1の通りであるが、合意に至る過程において、当初本事業の対象サイトであった首相府庁舎が、首相府内の内部的理由により対象サイトから外れたため、最終的にはワットタイ国際空港のみを対象として 236kWの設備が導入されることとなった。

表 3-2.1 ラオス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	ワットタイ国際空港
使用目的	所有建物の電源設備として利用し、余剰電力は系統に送電
設 備	(1) 太陽光モジュール 236 kW (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
能力育成	(1) OJB 研修 (2) 運転・維持管理研修 (3) データ収集及びデータ分析研修
調達機材	主要調達機材は本邦より調達する。

ワットタイ国際空港の社会的重要性及び上記の合意事項を踏まえ、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及び相手国の系統接続基準の適用範囲を明確化する。

系統連系を踏まえ、系統事故時の単独運転は行わない。

200 kW クラスの太陽光発電システム導入はラオス国では初めての容量であり、その成否が今後ラオス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。

太陽光発電システム事故時に系統及び空港の既設配電設備に影響を与えないよう、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。

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、空港駐車場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 自然条件に対する方針

(1) 温度条件に対して

ラオス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28℃、最高気温は4月から5月にかけて38℃まで上昇する。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（ファン）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（遮熱板、遮熱塗装、鋼板二重構造、断熱ボード）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

ラオス国では雨期の落雷による施設被害が多数報告されている。国際空港という施設の社会的重要性から、落雷対策として、太陽光アレイ³²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月から10月に集中し、雨期には月間降雨量が400 mmを超える月もある。そのため、ビエンチャン市内の過去3年間の日降雨量資料を収集し、稼働日を日20mm以下と想定する。

(4) 風速に対して

ラオス国は前述の通り内陸国であり台風の影響を受けにくいいため、台風の風速は考慮する必要が無い。ラオス国の電力関連の設計風速は「ラオス電力技術基準 (Lao Electric Power Technical Standards)、2004年」の“3-5-4 Supporting Structure”の“104条 Loads on Supporting Structures and Safety”で風圧荷重については35m/sを下回らないように規定されている。太陽電池アレイに対する設計風速は上記の値に約1割の余裕を見込んで40m/sとする。

(5) 地震に対して

前述の通り、ビエンチャン市周辺では地震が観測されていないことから、本計画では地震力を考慮しないものとする。

(6) 地盤強度に対して

ワットタイ国際空港国際線ターミナルビル建設前の1994年10月10日に行った調査ボーリング(No.2孔)で行われた標準貫入試験のN値N=5から空港の地盤の長期許容地耐力³³を50 kN/m²とする。

(7) ビエンチャン市の位置に対して

ビエンチャン市は北緯17度99分に位置するため、太陽電池アレイは南西向き、15度の傾斜角とする。

(8) 小動物対策に対して

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を避けるため、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。

³² 太陽電池アレイとは太陽電池モジュール及びその支持架台を含めた総称。

³³ 「小規模建築物基礎設計の手引き (日本建築学会)」の表より。

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。本計画ではラオス国の財政事情を考慮し、極力ラオス国側の財政負担が発生しないよう、用地の選定及び機材のレイアウトを行う。

ワットタイ国際空港は年間約40万人の利用客があるため、工事中の安全対策・施工スケジュールをLAAに十分事前説明すると同時に入札図書にも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する。非主要資機材及び据付工事に必要な資機材は現地にて調達する。

ラオス国の労働環境を定めた労働法（No.06/NA, 2007年12月27日公布）を遵守する。

3-2-1-4 現地業者の活用に係る方針

ラオス国独自で大規模な太陽光パネルの設置を行った経験がないことから、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。

3-2-1-5 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（LAA）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ありと認められた場合、運営・維持管理体制の見直しや外部（例えばEDL）からの技術協力支援の可能性等について実施機関と協議する。

一般的に太陽光発電システムは20年以上³⁴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は、実施機関が機材修理・取替え等の費用を運開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。

³⁴ 太陽光発電協会（Japan Photovoltaic Energy Association）の資料より

3-2-1-6 施設、機材等のグレード設定に係る方針

本計画で整備される太陽光発電設備の仕様・グレードは、既設電気設備の運転・維持管理に携わっているラオス国の既存技術レベルを考慮して選定する。

ワットアイ国際空港はラオス国の表玄関で国内外の要人が多く利用するため、信頼性の高い品質の資機材調達を最優先とする。また、駐車場に設置するという性格から、太陽電池モジュール支持架台支柱に車が当たることが想定されるため、支柱部材は他の同等な駐車場型太陽光発電システムで使用された実績のある支柱部材を採用する。

本計画は系統接続の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・故障が空港施設の運用及び系統へ支障を与えないよう、系統連系保護装置関連の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。

3-2-1-7 工法／調達方法、工期に係る方針

ワットアイ国際空港の年間利用客は約40万人で、空港利用者が昼夜駐車場を利用するため、太陽光発電設備の設置工事が極力駐車場利用者に不便を強めないよう配慮する必要がある。また、駐車場利用の一般市民への安全確保の面からも一度の工事区間は狭い方が望ましく、工事区間を複数工区に分け、時期をずらしながら施工する（分割施工）。工程は最短工程となるよう降雨日数を考慮した班構成を計画する。

3-2-1-8 その他に係る方針

設置場所が国際空港内駐車場という性格から太陽光パネルの反射光が飛行経路に影響を与えないことを事前に確認する。

3-2-2 基本計画（施設計画／機材計画）

3-2-2-1 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、ラオス国側からPMOやワットアイ国際空港の他にも複数の提案があったが、表3-2.2に示す理由から、第一次現地調査で設置サイトをPMOと空港に決定した。その後、前述の通りPMOが本計画の対象サイトから外れたため、最終的には太陽光発電システムの設置場所は空港のみとなった。

表 3-2.2 PMO、ワットタイ国際空港以外のサイト候補地と不採択の理由

候補サイト	設置場所	不採択理由
エネルギー 鉱業省 (MEM)	本館屋上	本館屋上は雨漏り防止対策としてスレート屋根を増築しており、スレート屋根の上に PV パネルを設置することになる。スレート屋根は劣化が進んでおり、このスレート上に架台、パネル等の重量物を載せることは構造上難しいと判断した。
計画投資省 (MPI)	構内駐車場	午後からは駐車場の半分以上の面積が本館の影を受けるため、設置不適と判断した。
	本館屋根	40 度以上の急勾配で且つ本館の構造条件が不明のため、設置不適と判断した。
	研修センター 内駐車場	研修センターは市内外れにあるため、展示効果が期待されず、設置不適と判断した。

3-2-2-2 基本計画

表 3-2.3 にラオス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。

(1) 全体計画

ワットタイ国際空港はビエンチャン市中心から約 3 km の距離にあり、国際線ターミナルビルと国内線ターミナルがある。今回太陽光発電システムを設置するのは国際空港内の駐車場で、駐車場は北西から南東に向かって配列しているため、太陽光パネル正面は南西向きとなる。そのため、国際線ターミナルビル前の駐車場のうち第 3 列（国際線ターミナルビルに近い方から第 1 列、第 2 列、第 3 列とした場合）は駐車場周囲の外灯と樹木の影が太陽光パネルにかかるため、第 3 列には太陽光パネルを設置しない。太陽電池モジュールで発生する直流電流は接続箱、集電箱を介して、LAA 事務所正面芝生に設置するパワーコンディショナ内で交流に変換され、LAA 事務所横の分電盤に接続する。また、パワーコンディショナからの各種情報は国際線ターミナルビルから北西方向に約 400m 離れたパワーハウス内の監視システムに通信ケーブルを介して伝送される。更にパワーコンディショナからの累積発電量及び瞬時発電量の情報は通信ケーブルを介して、国際線ターミナルビル 3 階に設置する表示板に表示される。図 3-2.1 に空港の太陽光パネル配置図を示す。図中の(G)は、入札結果により太陽電池モジュールの買い増しの必要性が生じた際に、追加で太陽光パネルを設置することが可能な駐車場を示している。

表 3-2.3 ラオス国側からの要望・合意事項と基本計画の対比

項目	ラオス国からの要望・合意事項	基本計画の骨子
設置場所	PMO 及びワットタイ国際空港	ワットタイ国際空港
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) 太陽光モジュール PMO : 約 50kW、国際空港 : 約 90kW、合計 140 kW (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) データ蓄積装置及び表示装置	(1) 太陽光モジュール容量変更 国際空港:約 236 kW (2) 雷保護装置を追加 (3) 気象計測装置を追加 (4) 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	(1) OJB 研修 (2) 運転・維持管理研修 (3) データ収集及びデータ分析研修	(1) 太陽光発電システムに係る基礎技術講習を追加する。
資機材の調達	主要資機材は日本から調達する。	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	—	・対系統への保護装置を追加 ・単独運転をしない。
設計	(1) 大型普通車の駐車を考慮して支持架台の最低地上高は 3m を確保するよう。 (2) 駐車場の台数は現状の台数を確保するよう。	(1) 架台の最低地上高を 3m で設計する。 (2) 駐車場の台数・駐車方向は現状通りとする配置割を行う。 (3) 太陽電池アレイの傾斜角はビエンチャン市の緯度から 15 度とする。 (4) 設置場所の制約から太陽電池モジュールのタイプは結晶系とする。 (5) 太陽電池アレイの設計風速は 40m/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 50 kN/m ² とする。 (7) 架台上部には維持管理用の歩廊を設ける。 (8) 架台上部に夜間照明灯を設置する。 (9) 車が架台支柱に当たっても太陽光パネル等に影響を与えない架台鋼材を使用する。なお、架台は鋼製溶融亜鉛メッキ仕上げとする。また、架台の設計は JIS C8955-2004 に準拠する。 (10) 集電箱はいたずら防止の観点から地上置きとせず架台上部に取り付ける。 (11) パワコンキュービクルの周りにはフェンスを設ける。 (12) 空港には給水設備があるので、新たな給水設備は設置しない。 (13) 太陽電池アレイ用の架台設計は JIS C 8955-2004 を準拠する。
施工方法	(1) 工事による駐車場利用への影響を最小限にするよう。 (2) 仮置き場は完了後原形復帰するよう。	(1) 分割施工を採用する。 (2) 工事完了後、契約業者が原形復帰するよう入札図書に明記する。

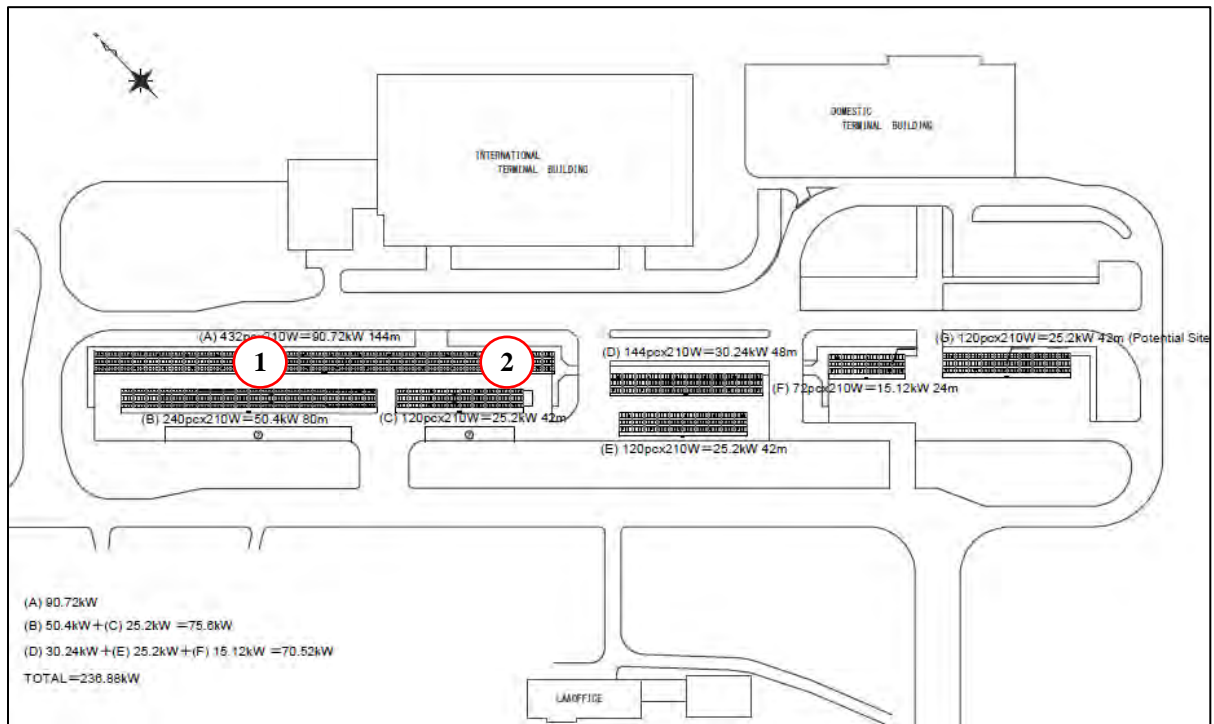


図 3-2.1 空港太陽光パネル配置図

また、飛行航路への太陽光モジュールの反射光の影響を調べるため、太陽光モジュール設置予定箇所からの反射光範囲の測定（図 3-2.1に示す①と②の箇所）を行った。その結果を図 3-2.2に示す。反射光はいずれも日中には飛行航路と異なる天空へ反射しており、運行の妨げにならないことを確認した。

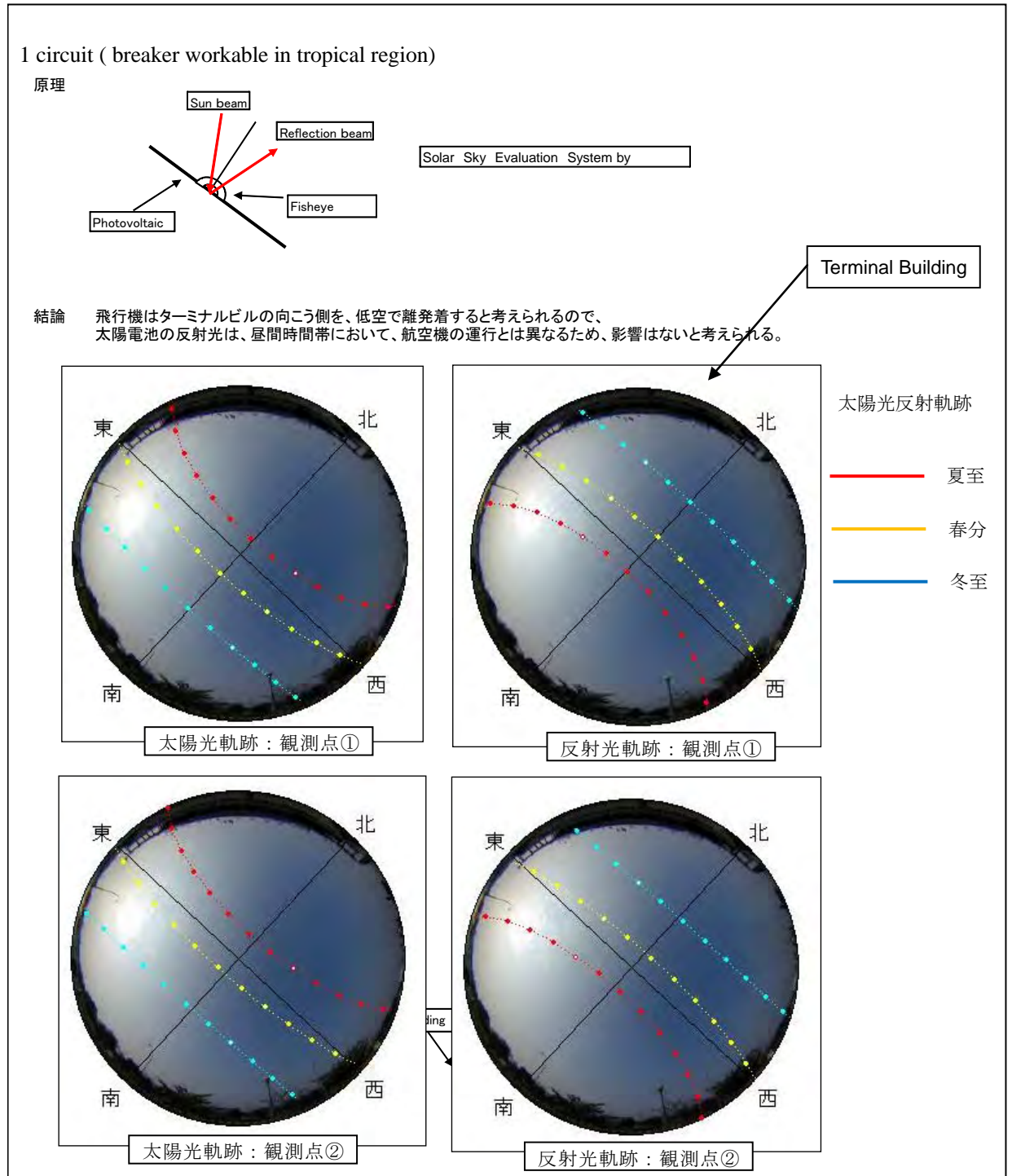


図 3-2.2 太陽光反射軌跡

(2) 支持架台・架台基礎計画

表 3-2.4に支持架台・基礎関連諸元を示す。またこの条件に沿った架台基礎の概略安定計算結果を図 3-2.3及び表 3-2.5に示す。なお、太陽電池モジュール寸法、架台鋼材配置等は調達業者によって変わるため、ここに示す結果は参考値である。

表 3-2.4 支持架台・基礎関連諸元等

項目	空港					
	国際線ターミナルビル前駐車場					国内線
設置場所						国内線
設置位置	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)
定格設置容量(合計 236 kW)	90.72 kW	50.40 kW	25.20 kW	30.24 kW	25.20 kW	15.12 kW
太陽光パネル枚数(合計 1128 枚) 0.21 kW/枚で計算	432	240	120	144	120	72
設置専有面積(W×L m)	6×144	6×80	6×40	6×48	6×40	6×24
アレイの傾斜角	南西向き 15°					
駐車台数(合計 118 台)	46	25	12	15	12	8
1 台当たり駐車幅	2.70 m					
駐車方向	斜め駐車					直駐車
架台基礎コンクリートブロック寸法	W 120 cm × L 120 cm × H 45 cm					
基礎コンクリートブロック数 (合計 97 基)	35	20	10	12	10	10
架台の最低地上高	3.0 m					
架台構造	トラス構造					
架台支柱部材	SHS 200 × 200 × 12 溶融亜鉛メッキ仕上げ 架台支柱へ車が当たっても、太陽光パネルに影響を与えないよう、上記の部材 (SHS 200 × 200 × 12) を使用する。					
パネル総重量 ton(19 kg/枚)	8.2	4.6	2.3	2.7	2.3	1.4
架台鋼材総重量 ton	49.4	27.6	14.0	16.7	14.0	9.6
架台基礎1基当たりの荷重(ton/基)	1.65	1.61	1.63	1.62	1.63	1.1
架台設計基準	JIS C 8955-2004					
設計条件	設計風速 40m/s、地震力は考慮せず。 長期許容地耐力度 50 kN/m ²					
架台基礎ブロックの安定計算	滑動、地盤支持力に対する概略安定計算を実施し、いずれも安全であることを確認している。構造安定計算については、調達業者との契約後に調達業者が構造計算書を提出し、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。					
架台上の付属設備	接続箱、集電箱、管理用通路(幅 60 cm)、照明設備					

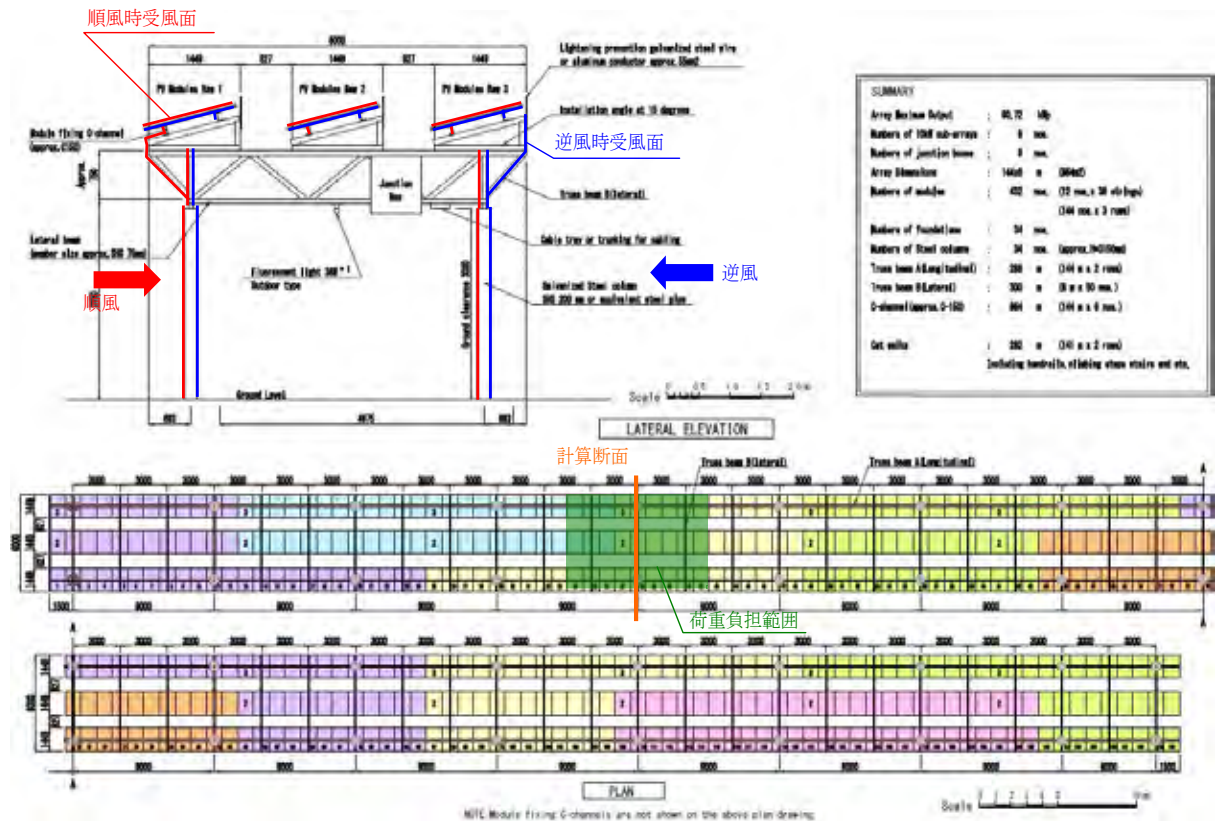


図 3-2.3 架台基礎安定計算用参考図

表 3-2.5 架台基礎安定計算結果(参考)

Summary of Acting Load

Load Condition	Total Load		Overturn Moment ^{※5}		
	ΣV [kN] ^{※1}	ΣH [kN] ^{※2}	ΣM [kNm]	= ΣVX	+ ΣHY
Normal: N	+ 60.527	-	177.992	177.992	-
Wind Acting: N+W	+ 61.186	17.469	262.423	179.928	82.495
	- 59.729	-16.625	97.137	175.648	-78.511

※1+: Downward ※2+: Forewind
 ※4: Origin; Left bottom edge of Block

※3+: Downward
 ※5+: Clockwise

Ground Condition

Friction Angle ϕ [°]	30	※
Coefficient of Angle $\mu = \tan(2/3\phi)$	0.364	
Max. Ground Resistance [kN/m ²]	50	
Allowable Bearing Capacity q_a [kN/m ²]	25	
Allowable Bearing Capacity q_b [kN/m ²]	67	

※Assuming sandy ground

Stability Condition

Eccentric Distance (L)	b/6
Eccentric Distance (S)	b/3
Safety Ratio for Sliding (L) F	1.5
Safety Ratio for Sliding (S) F	1.2
Safety Ratio for Bearing Capacity (L) F	2
Safety Ratio for Bearing Capacity (S) F	1.5

Note : (L) means Long-term and (S) means Short-term

Stability against Sliding of the Concrete Block

$F = \mu \cdot \sum V / \sum H$	Coefficient of Friction Angle μ	Resistance by Friction $\mu \sum V$ [kN]	Safety Ratio F	Judgment
Normal (N)	+ 0.364	22.030	∞	> F = 1.5 OK
Wind Acting (S)	+ 0.364	22.270	1.275	> F = 1.2 OK
Wind Acting (S)	- 0.364	21.740	1.308	> F = 1.2 OK

Stability against Bearing Capacity of the Ground

$\sigma_v = (\sum V/A) \cdot (1 \pm 6 \cdot e/b)$	Area of Base A [m ²]	Vertical Stress $\sum V/A$ [kN/m ²]	Bearing Stress σ_v [kN/m ²]	Judgment
Normal (L)	+ 2.880	21.016	21.085	$\leq q_a = 25$ OK
Wind Acting (S)	+ 2.880	21.245	50.568	$\leq q_b = 67$ OK
Wind Acting (S)	- 2.880	20.739	48.511	$\leq q_b = 67$ OK

(3) 機材計画

機材の基本計画の概要は以下の通り。

項目	空港
系統接続先	EDLの配電系統
バッテリー	無し
モジュールタイプ	駐車場という限られたスペース内で設置容量を確保するため、結晶系 ³⁵ とする。
モジュール枚数	総枚数 1,128 枚
定格設置容量	総設置容量 236 kWp
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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 接続箱回路毎に 1 個の開閉機能を有する配線用遮断器及び出力側に 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
パワーコンディショナ(盤)	<p>パワーコンディショナ(盤)には以下の機能・装置を有する</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 熱帯地域使用処理とし、屋根に遮蔽板を設ける - 強制空冷としてファンを設置する - パワーコンディショナ盤、変圧器、その他の装置を内蔵する
電力量計	ラオス国検定の電力量計を売電方向、買電方向に取り付ける
情報伝送装置	<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>また、気象計測データ(日射量、外気温)も伝送する。</p>
監視装置	<ul style="list-style-type: none"> - 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、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 - 監視装置はパワーハウス内に設置する。
表示装置	累積発電量、瞬時発電量の表示装置を国際線ターミナルビル 3 階に設置する。
気象計測装置	日射計 1 台、温度計 1 台を設置し、気象計測を行う。
配線材料	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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3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	<ul style="list-style-type: none"> - 接続箱、集電箱、パワーコンディショナ(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	<ul style="list-style-type: none"> - 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予備品として供給する(100 kW x 1 台)

注：主要資機材の仕様については表 3-2.10 を参照のこと

³⁵ 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。

1) 逆潮流の可能性検討

前述の配置計画から設置容量を 236 kWとした。太陽光発電システムを連系する変圧器の電力需要を表 3-2.6に示す。日中においては常時 300 kW以上の需要となっており、236 kWの太陽光発電システムでは変圧器から外部への逆潮流は発生しないと推測される。

表 3-2.6 変圧器バンク記録

		相間電圧	対地電圧	電力	cos	Tr.temp.
		RT	RN	power(kW)		
20/6/2008	9:30	380	220	400	95	30
金	13:30	380	220	400	96	35
	17:30	380	220	300	98	40
	22:30	380	220	250	98	35
21/6/2008	9:30	380	220	400	95	42
土	13:30	380	220	328	94	45
	17:30	380	220	250	95	42
	22:30	380	220	50	99	42
22/6/2008	9:30	380	220	250	24	50
日	13:30	380	220	320	98	48
	17:30	380	220	340	98	50
	22:30	380	220	30	99	43
23/6/2008	9:30	380	220	475	98	45
月	13:30	380	220	420	98	45
	17:30	380	220	350	98	42
	22:30	380	220	400	96	45
24/6/2008	9:30	380	20	500	98	40
火	13:30	380	220	400	96	35
	17:30	380	220	350	98	48
	22:30	380	220	200	95	48
25/6/2008	9:30	380	220	450	94	45
水	13:30	380	220	300	97	50
	17:30	380	220	300	99	48
	22:30	380	220	450	98	55
26/6/2008	9:30	380	220	250	94	50
木	13:30	380	220	450	96	52
	17:30	380	220	300	99	52
	22:30	380	220	200	95	45

出典:L-JATS

2) 期待発生電力量

表 3-2.7に定格容量 236 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 288,200 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(設置容量 236 kW)

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Avg.
Irradiaion(kw/m ² /day)	4.2	4.6	5.0	5.4	5.2	5.0	4.5	4.4	4.4	4.8	4.4	4.2	4.7
PV temprature (°C)	62.1	65.9	67.2	68.4	65.1	66.7	64.8	64.8	64.5	64.0	60.2	62.0	64.6
Generation(kWh/day)	717	773	828	897	872	843	767	734	750	813	762	722	790
Generation (kWh/month)	22,227	21,644	25,668	26,910	27,032	25,290	23,777	22,754	22,500	25,203	22,860	22,382	24,021

注：発電量計算の基となる日射強度は Assessment of Solar Energy Potentials for LAO PDR より引用。

3) 系統連系保護装置

ラオス国の系統基準（Grid Code）の 2.2 電力品質の項で周波数と電圧について規定されており、その内容を表 3-2.8に示す。

表 3-2.8 ラオス国系統基準による周波数及び電圧

項 目	値	備 考
公称周波数	50 Hz	
周波数変動	49.5 Hz ~ 50.5 Hz	常時として年間 99.5%の期間維持
	47 Hz ~ 52 Hz	非常時として年間 100%の期間維持
公称電圧	500 kV, 230 kV, 115 kV, 35 kV, 22 kV	
電圧変動	公称電圧の 95 ~ 105 %	常時
	公称電圧の 90 ~ 110 %	非常時

また、系統保護に関しては 3.3 系統保護要求（Grid Protection Requirements）で「系統所有者及び利用者は当該接続点において電気設備及び装置の保護システムに対して責任を負わなければならない。」と規定されている。また、発電設備に要求される必要最小限の保護装置は 3.3.6 に謳われており、その内容を表 3-2.9に示す。

表 3-2.9 発電設備に求められる保護装置

保護項目	備考
Differential Protection	
Overcurrent Protection	
Over/Under Frequency Protection	UFR の整定範囲と刻みは 47 ~52 Hz、0.05 Hz、また、整定時間範囲と刻みは 0 ~ 60 秒、0.1 秒と規定 (3.6.2) されている
Stator Earth-Fault Protection	
Rotor Earth-Fault Protection	
Loss-of-Excitation Protection	

上記のラオス国系統基準及び日本の系統連系規定の高圧連系要件を準拠し、以下の系統保護装置をパワーコンディショナ内に設置する。各継電器の整定値、整定時間については契約業者と EDL 間で別途決定するよう入札図書に記入する。

- ・ 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 (Isolated Operation Detector)

なお、設置容量 236kW から日本の系統連系規定に従えば高圧連系となり、地絡過電圧継電器 (OVGR) の設置が必要になる。空港については既に EDL からの受電設備に OVGR が設置されているので、本計画で追加の OVGR は設置しない。

4) 主要機材リスト

表 3-2.10に必要な主要機材の機材名、主要仕様、数量及び使用目的を示す。同表中の数量及び詳細仕様は設置容量 236 kWを満足するという前提条件に基づく試算であり、詳細は入札結果次第で変更し得る。調達数量及び詳細仕様は調達契約業者、調達代理機関及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。

表 3-2.10 (1) 主要機材リスト

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) 設置定格容量: 236 kWp (90.72 kWp + 50.4 kWp + 25.2 kWp + 30.24 kWp + 25.2 kWp + 15.12 kWp)	1128 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: (a) HEM - CE ケーブル片端 (+) コネクタ付き (b) HEM - CE ケーブル片端 (-) コネクタ付き (c) HEM - CE ケーブル両端 (+)(-) コネクタ付き (3) サイズ:3.5sq - 1C	1 式	各モジュールを直列系統で繋ぐケーブルで、システムに不可欠なケーブルである。
3	接続箱	(1) 構造:屋外壁掛け式 (2) 材質:SPHC 鋼板 (3) 太陽電池入力電圧:DC 500 V/回路 (4) 入力回路数:3 ~ 5 回路 (5) 太陽電池入力電流:8.9 A/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	25 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:屋外壁掛け式 (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:10 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 400A) (8) その他:熱感応端子キャップ	3 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:236 kW 1) 構造:屋内自立型 2) 主回路方式:自励式電圧計 3) スイッチング方式:高周波 PWM 4) 冷却方式:強制空冷(ファン) (2) 電気的使用 1) 定格出力:236 kW 2) 定格入力電圧:DC400V 以下 3) 最大許容入力電圧:DC0~600V 以下 4) 入力運転電圧範囲:DC240V~500V 以下 5) 最大出力追従制御範囲:DC240V ~ 420V 以下 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 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、スタート、自動電圧調整	1 式	パワーコンディショナは以下の機能を有し、太陽光発電システムの中核である。 (a) 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 (b) 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)

表 3.2-10 (2) 主要機材リスト

番号	機材名	主な仕様または構成	数量	使用目的
5	パワーコンディショナ	(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:日本で実績のある能動及び受動方式 (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	
6	変圧器	(1) 定格出力:300 kVA (2) 一次電圧(出力):AC380-220V, 三相 4 線式 (3) 二次電圧(入力):AC200V, 三相 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) 適用規格:JIS A 4201-2003 (2) 保護レベル:レベル III (3) 受電部: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	主要資機材を含む野外施設を落雷から防御する設備で、雨期に雷被害が多発する国には必須の設備。
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 3 台、300 kVA 相当変圧器 1 台、 情報伝送装置、入出力開閉器、遮断器 (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(ファン)	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、今回のように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(Windows XP 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、プリンター(A3 対応) (2) 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	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 平面発行板(輝度 85%以上、パネル平均照度 1200 ルクス/600 cd 以上) (2) 表示項目:発電量瞬時値、累計発電量 (3) 表示パネル:5~15 cm/数字 (4) 外形寸法:約 H 1000 mm × W 1500 mm	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	気象計測装置	(1) 気温計:1 台 (2) 日射計:1 台	1 式	太陽光発電システムの発電状況を解析する上で必要な装置である。
12	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 略設計図

ワットタイ国際空港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。

図番	図面タイトル
PWT-01	Overall Layout at Wattay International Airport (NEW)
PWT-02	Single Line Diagram for Photovoltaic Power Panel (Airport)
PWT-03	Airport 236 kWp PV Array and Steel Structure Arrangement Elevation and Foundation Drawing
PWT-04	Airport 236 kWp PV Array and Steel Structure Arrangement Plan and Elevation Drawing Steel Member Arrangement Plan (1/3)
PWT-05	Airport 236 kWp PV Array and Steel Structure Arrangement Plan and Elevation Drawing Steel Member Arrangement Plan (2/3)
PWT-06	Airport 236 kWp PV Array and Steel Structure Arrangement Plan and Elevation Drawing Steel Member Arrangement Plan (3/3)
PWT-07	Airport 236 kWp PV Array Earthing System (1/3)
PWT-08	Airport 236 kWp PV Array Earthing System (2/3)
PWT-09	Airport 236 kWp PV Array Earthing System (3/3)

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対策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 3-2.4に、また、計画実施に係る各機関の役割・関係を図 3-2.5に示す。

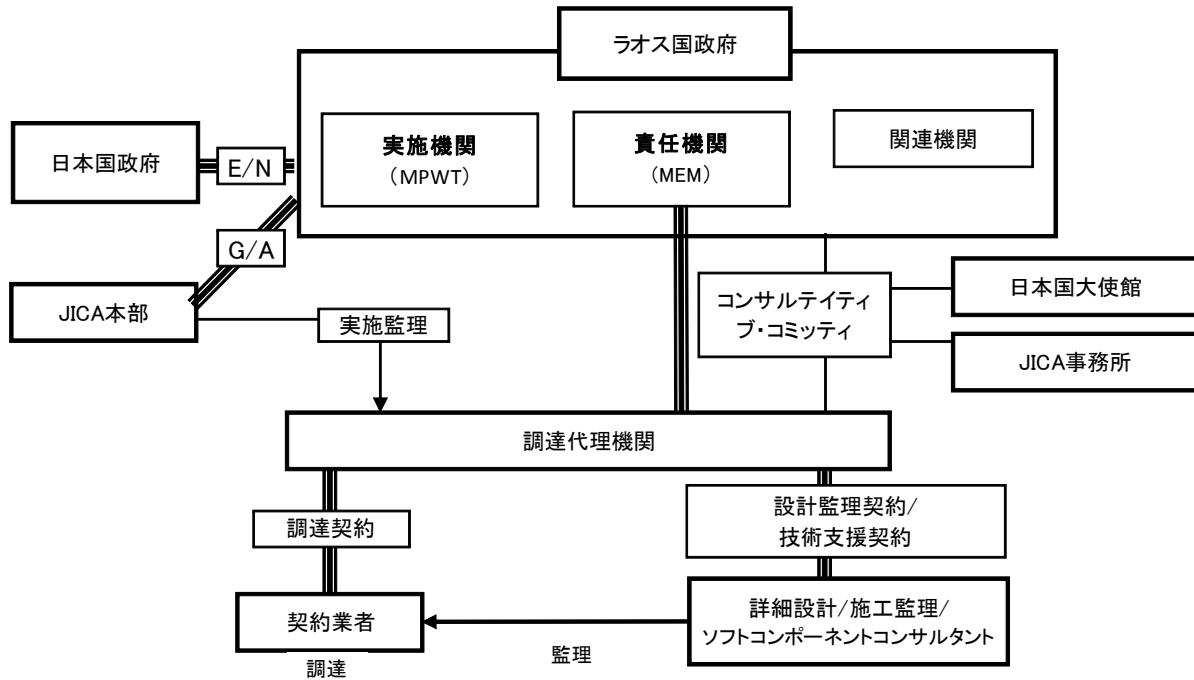


図 3-2.4 調達に係る各機関の役割

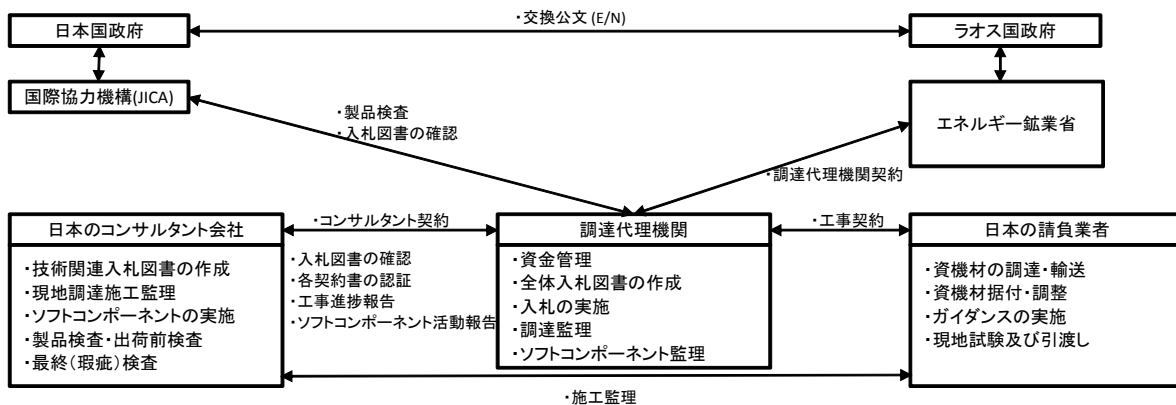


図 3-2.5 計画実施時の関係図

(1) 主管庁・実施機関

本計画の実施機関はMPWTで、責任機関はMEMである。責任機関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及び日本側との調整を行い、また、コンサルティティブ・コミッティ³⁶を組織する。更に責任機関は実施機関による施設の運用・維持管理を監督する。実施機関は施設の所有者として、完成後の施設の運用・維持管理を行い、同時に維持管理に必要な予算、人員を確保する責任がある。施設の運用・維持管理母体はMPWT傘下のLAAが担う。

³⁶ コンサルティティブ・コミッティはJICAラオス事務所、調達代理機関及びラオス国関係機関から組織され、本計画の進捗状況管理、設計変更協議等について協議する。

表 3-2.11 相手国実施体制

ラオス国実施体制	役所名	部署名	運用・維持管理母体
責任機関	MEM	電力局 地方電化部	—
実施機関	MPWT	民間航空局	LAA

(2) 調達代理機関

調達代理機関は、受入国の責任機関と調達代理契約を締結し、受入国側に代わって調達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及び契約業者・コンサルタントへの支払い・銀行口座管理等を行う。本件においては2010年4月29日に調達代理契約が締結されている。

(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、技術関連の入札図書の作成、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及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、ラオス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 3-2.12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 3-2.12 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
架台基礎	◎	
舗装打替え	◎	
架台組み立て	◎	
PV 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、技術及び入札価格等に基づいて審査する。
- 審査結果はラオス国側に報告し、ラオス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) 市民への安全確保

空港の年間利用客数は約40万人であり、不特定多数の人が出入りする。今回太陽光発電システムを設置する駐車場は図3-2.1に示したように空港内の広い範囲に分散しており、工事期間中の一般市民への安全管理が最重要課題となる。また、分散している駐車場を一度に工事することは駐車場利用者へ多大な不便を強いることになる。

安全確保及び駐車場利用者の不便解消の面からは、工事区間は狭いことが望ましいため、駐車場を複数のブロック（3ブロック以上を想定）に分け、一つのブロックの工事が完了したら次のブロックの工事を行うという分割施工の実施が望ましい。更に、工事中のブロックはシートで隔離するなど、一般市民への安全を十分に配慮することも必要である。

また、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、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、上記の分割施工と併せて入札図書に記載する。

(2) 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 3-2.13の通りである。

表 3-2.13 両国の主要な分担業務

No.	Items	To be covered by Grant Aid	To be covered by Recipient Side	
			MEM	MPWT
1	To secure land			○
2	To clear, level and reclaim the site when needed urgently			○
3	To construct gates and fences in and around site			○
4	To construct a parking lot if necessary			○
5	To construct roads			
	1) Within 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 tax exemption and customs clearance of the products at the port of disembarkation		●	
	3) Internal transportation from the port of disembarkation to the project site	●		
10	To accord Japanese nationals and / or nationals of third countries, including persons employed by the agent whose services may be required in connection with the Components such facilities as may be necessary for their entry into recipient country and stay therein for the performance of their work		●	
11	To ensure that customs duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in the recipient country with respect to the purchase of the Components and to the employment of the Agent will be exempted by the Government of 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 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

- 土工事は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必要がある。従って、土工事の工程監理を全体の工程監理を行う上での優先事項とする。
- 特にパネル設置用架台の基礎工事(図3-2.6参照)では、基礎コンクリートブロックの上にモジュール用架台が設置されるため、配筋の精度、ブロックの強度、ブロック最上面の水準精度、及び芯出しの精度等が要求される。
- 土工事は準備工事を含めて約 3.5 ヶ月間と想定されるが、要求される精度、品質を確保するためには、土木技術者を土工事の期間中常駐させる必要がある。

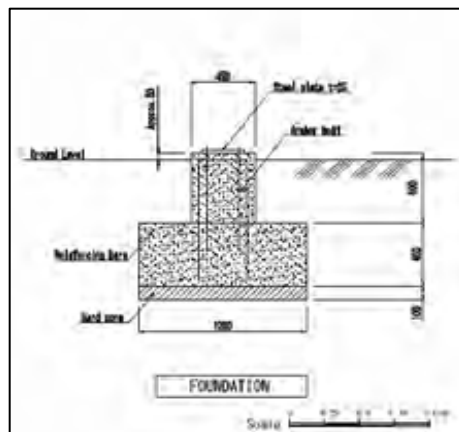


図 3-2.6 架台基礎構造図

(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、接続箱及び集電箱間配線、集電箱及びパワーコンディショナ間配線、パワーコンディショナ及び既設分電盤間の配線、パワーコンディショナ調整、キュービクル内据付・配線、監視・監視装置への配線、雷保護装置の設置・接地、及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 3 ヶ月間と想定され、この期間中は機材担当（太陽光発電システム技術者または電気技術者）が関連工種の作業中に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架台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、標準配合案及び 28 日最低圧縮強度は表 3-2.14 のとおりとする。
- コンクリートの圧縮強度試験は原則として 20 m³打設毎³⁷に 6 供試体を取り、7 日強度及び 28 日強度の試験をJISに基づいて実施する。

³⁷ 基礎ブロックのコンクリート数量は 63m³なので、3 回試験を行うことになる。

表 3-2.14 標準配合案と 28 日圧縮強度

項目	値
最大骨材寸法	40 mm
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

(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、測定電圧を記録の上、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 3-2.15 に示す個別試験及び組合せ試験を実施する。(第 3 段階)

表 3-2.15 運転開始前の個別及び組合せ試験(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及びリセット試験
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、ラオス国内で生産されており、品質的な問題も発生していない。従って、太陽光発電機材を除く土木関連建設用資機材は、ラオス国内で現地調達をする方針である。

ただし、非主要機材の内、モジュール用架台鋼材 (溶融亜鉛メッキ仕上げ、HDZ45 相当) については、現地調査の結果³⁸、ラオス国内での調達は困難と思われるため、日本から調

³⁸ ラオス国では圧延鋼板をタイから輸入し、国内では鋼板の切断・加工を主に行っている。また、業者への入札図書にはミルシート (鋼材材質証明書) の提出を義務付ける予定であるが、ラオス国の鋼材業者はミルシートを発行していない。

達する可能性が高い。

なお、太陽光発電システムの内、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、ラオス国は内陸国のため外港が無く、日本からの調達機材はタイのバンコク港で陸揚げし、国道2号線を使って、ビエンチャン市まで輸送する。

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機材を表3-2.16に示すとおり予備品として供給する。

表 3-2.16 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	モジュールの耐用年数は一般に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に、実際に運用・維持管理を行うことになる技術者や技師等に操作・運用指導等の支援を行う。

なお、ラオス国のような高温多湿の状況下では、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って、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。この点を踏まえ、設備運用開始の2.5ヵ月後に、契約業者に設備の点検を求めることを提案する。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

本格的な系統連系型太陽光発電システムはラオス国初のシステムであるため、ラオス国側は本システムに関する運転・維持管理のノウハウを有していない。従って、据付工事期間中に実施するシステム点検時に、契約業者からラオス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ラオス国側研修生は、当該発電設備運転開始後に、直接運転・維持管理業務に携わる下記運転員及び保守要員を中心とする。MPWT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 3-2.17 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	日常点検を実施する。
	清掃要員等	1～2名程度	太陽電池モジュール等を清掃する。

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い時説明指導
- 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2.5ヵ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ヵ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

本事業は、ラオス国ビエンチャン市内外れのワットタイ国際空港に定格容量 236 kW の太陽光発電設備を調達し、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。ラオス国においては、系統に連系しないオフグリッドの太陽光発電設備の実績はあるものの、200 kW 相当の規模の系統連系型太陽光発電設備の設置及び運用は初めてとなる。また、ワットタイ国際空港を運営・管理する LAA には、これまで太陽光発電設備を運用した経験が無い。従って、本事業の発現効果の持続性の観点からは、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対し、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ことが望ましい。

さらに、ラオス国政府は地方電化戦略³⁹の中で、系統接続による地方電化に加え、太陽光等のクリーンエネルギーを活用した地方電化の推進を掲げており、両者をあわせて 2020 年までに地方電化を 90% 達成することを目標⁴⁰としている。この目標を支援する立場からも、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エネルギー鉱業省職員に提供することは有益である。

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。一方で、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、例えば太陽光発電設備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、プロジェクトの発現効果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

³⁹ 出典： “National Growth and Poverty Eradication Strategy (NGPES)”, 2004, page 104

⁴⁰ 出典： Government Plans and Policies (www.poweringprogress.org/index.php?view=article&catid=90%3Agovernment...)

(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。

<LAA 等の現場の運転・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ができるようになる。

<MEM、EDL 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、同様の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は運転開始前後及び運転開始 2.5 ヶ月後の 2 回に分けて実施するため、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。

<LAA 等の現場の運転・維持管理人材について>

1) 発電設備の運転

運転開始から 2.5 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±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±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は評価できる。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 3-2.18 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)	22,227	21,644	25,668	26,910	27,032	25,290	23,777	22,754	22,500	25,203	22,860	22,382
上限管理値(kWh/月)	27,000	26,000	31,000	32,000	32,000	30,000	29,000	27,000	27,000	30,000	27,000	27,000
下限管理値(kWh/月)	18,000	17,000	21,000	22,000	22,000	20,000	19,000	18,000	18,000	20,000	18,000	18,000

2) 発電設備の維持管理

同じく運転開始から 2.5 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 2.5 ヶ月以内であるため、通常であれば不具合は発生していないはずである。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であるため、LAA が保守・運転要員を介して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かどうかの評価の対象となる。

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かどうかの評価の対象となる。また、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）に行われているかどうかにも評価の対象となる。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・維持管理要員に考えさせ、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。

<MEM、EDL 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設備に係る基礎技術講義を行う。また、運転・維持管理に関する FAQ や事故不具合発生事例を紹介し、事故不具合発生時の対応を講義する。さらに、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 2.5 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、講義、OJT、演習等の一連の業務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、太陽光発電設備の運転開始前後と運転開始 2.5 ヶ月後の 2 回を利用して、以下の事項とする。なお、本件無償資金協力事業の調達・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に移転されるよう計画する必要がある。

運転開始前(約2週間前から)及び運転開始直後に実施する項目は以下の通りである。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)>

太陽光発電設備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）
- 太陽光発電設備に要求される電気設備とその仕様の理解
- 太陽光発電設備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設備の対応の理解
- 太陽光発電設備の停止と再起動

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）

次に、運転開始 2.5 ヶ月後に実施する項目は以下の通りである。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。

<運転開始 2.5 ヶ月後>

- 2.5 ヶ月点検立会い◆
- 約 2.5 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

今回調達する太陽光発電システムの運営・維持管理は、現在空港敷地内にあるパワーハウスの維持・管理を行っている空港運営センター（Airport Management Center）が行う。パワーハウスではEDLから受電し、空港各施設に電力を供給している。空港運営センターには4名の電気技術者がおり、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。EDLによればLAAの電気技術者の管理能力は高いとの評価であった。PVシステムの運用・保守に要求される役割と資質を表 3-2.19に示す。

上記 LAA の職員以外にもラオス国への系統連系型太陽光発電設備の導入支援を目的として、MEM で地方電化を担当している地方電化部門（Rural Electrification Division）及び系統連系の当事者である EDL の技術部門（Technical Department）の職員も実施対象者とする。

表 3-2.19 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
LAA	空港運営センター	<ul style="list-style-type: none"> • 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）
MEM	地方電化部門	<ul style="list-style-type: none"> • ラオス国における系統連系型太陽光発電設備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）
EDL	技術部門	<ul style="list-style-type: none"> • 太陽光発電設備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）

上記対象者とその参加プログラムは、以下のとおりとなる。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。

表 3-2.20 参加対象プログラム

実施項目	LAA	EDL	MEM
	空港マネージメント部門	技術部門	地方電化部門
	3~5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2.5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	○		

3) 実施工程

以上の活動のスケジュールは表 3-2.21、表 3-2.22 の通り

表 3-2.21 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				■
対象者	LAA 空港マネージメント部門	■	■	■	
	EDL 技術部門	■	■	■	
	MEM 地方電化部門	■	■		
指導者	太陽光システム啓発・普及	■	■	■	■
	機材・電気担当	■	■	■	■
	通訳	■	■	■	■

注：破線は終日では無く、時間単位での活動を示す。

表 3-2.22 ソフトコンポーネント 2: 運転開始 2.5 ヶ月後の活動

	活動	1週	2週
活動内容	2.5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・課題抽出と対策		
	記録・チェックシート見直し		
対象者	LAA 空港マネジメント部門		
	EDL 技術部門		
	MEM 地方電化部門		
指導者	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ラオス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 2.5 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が含まれることが予想されるため、できる限り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、本計画の主要機材は多種多様な部品から構成されるパワーコンディショナも含め、日本で調達される予定であるため、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発現効果を図る。

5) ソフトコンポーネントの実施工程

2011 年 11 月に、調達代理機関と契約業者の間の契約が調印されると想定した場合、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。

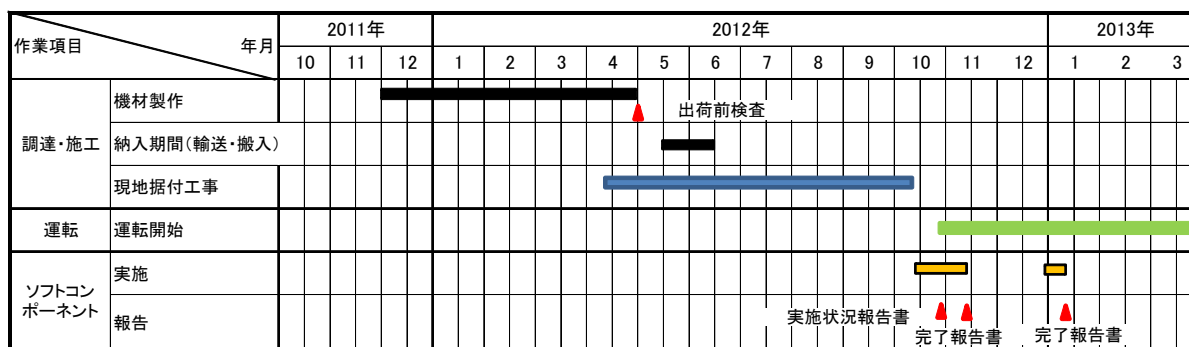


図 3-2.7 ソフトコンポーネントの実施スケジュール

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
- ・ 定期点検の画像による記録
- ・ 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

ソフトコンポーネントへの参加にあたっては、対象者が数週間にわたり職場から離れる必要がある。実施の効果を担保するためには、各自が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ため、職場での理解と上司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、ラオス国でクリーンエネルギーの普及を図るために、太陽光を始めとしたクリーンエネルギー導入に係る実務を担当する要員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。

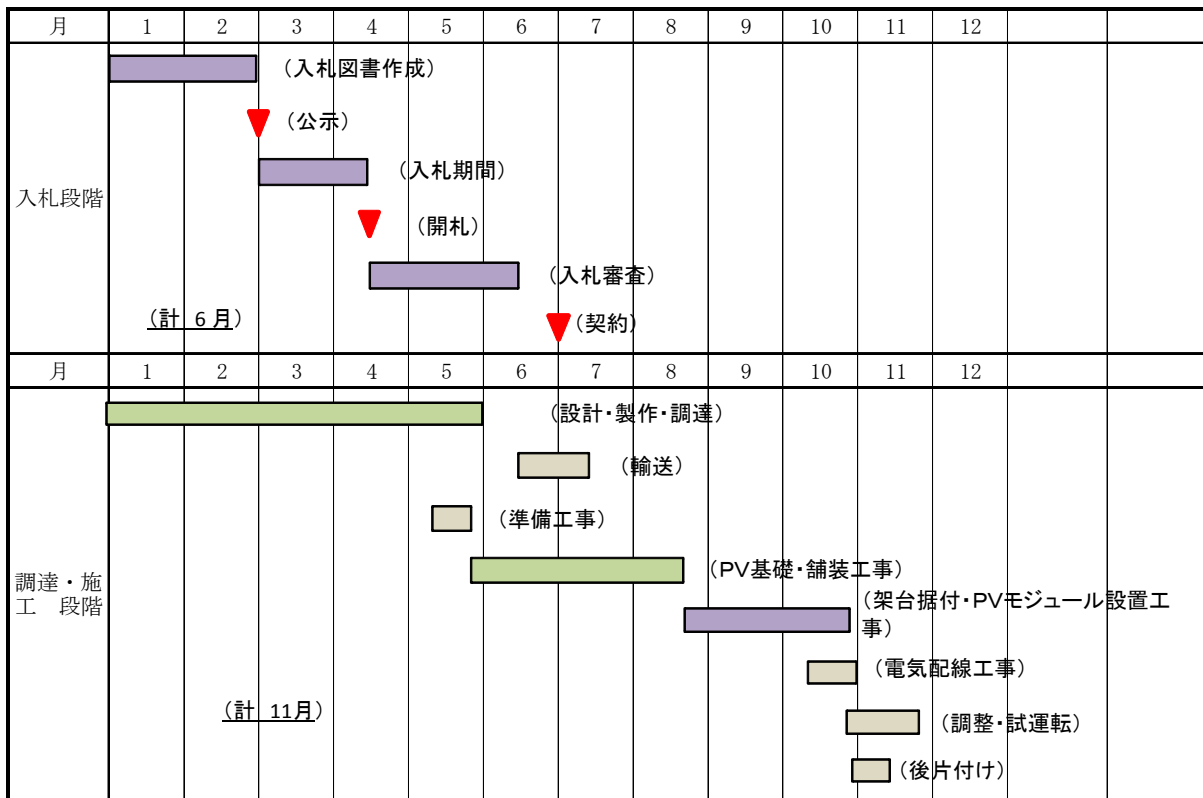
無償資金協力事業としての本事業の実施手順は以下のような流れになる。

- ①政府間交換公文 (E/N) (2010年3月18日)
- ②調達代理機関契約 (2010年4月29日)
- ③コンサルタント契約 (2011年5月)
- ④入札図書作成 (2011年5月～7月)
- ⑤入札、業者契約 (2011年11月)
- ⑥資機材製造・調達 (2011年12月～2012年4月)
- ⑦現地基礎工事・据付・調整 (2012年4月～2012年10月)
- ⑧ソフト・コンポーネント・プログラム実施
- ⑨完成引き渡し

本計画は E/N 締結後に事業内容の変更が生じ調査に時間を要したため、E/N 締結後から約 31 ヶ月という工程で実施される結果となった。工事自体は調達・施工を含めて約 11 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ることができる。

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 3-2.23 に示す。

表 3-2.23 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次現地調査で締結された議事録（M/ D）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ラオス国側実施体制

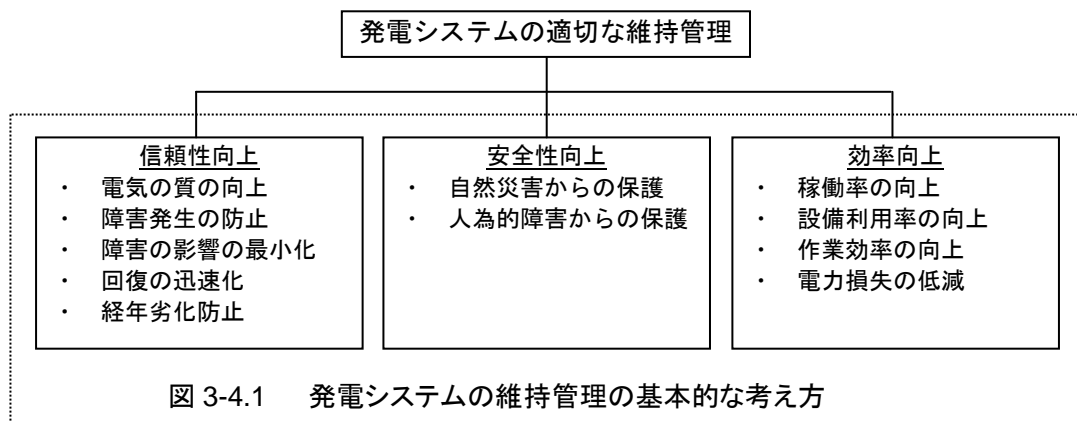
No.	ラ国側分担事業	ラオス国側の実施体制
1	用地の確保	設置箇所は空港内駐車場で、既に確保されている。
2	用地のクリアリングと整地	整地・舗装済み。
3	銀行取極（B/A）にかかる日本側銀行のサービスに対する対価の負担	責任機関である MEM が実施する。
4	受入国側搬入点における迅速な荷卸と通関	責任機関である MEM が実施する。
5	発電設備の設置に係る必要な手続きの実施	責任機関である MEM が実施する。
6	プロジェクトの実施に関してサービスを提供する日本人に対し、入国と滞在に係る必要な便宜の供与	責任機関である MEM が実施する。
7	機材の購入やエージェントの雇用に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	責任機関である MEM が関係省庁と調整し、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 LAA が MPWT 及び MEM の監督の下実施する。
9	機材の調達と代理機関の雇用に関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	責任機関である MEM が実施する。
10	無償資金協力における環境社会配慮の遵守	責任機関である MEM が実施する。

3-4 プロジェクトの運営・維持管理

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 LAA 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。しかし、長期的には事業の責任機関である MEM や EDL の協力が必要となる。

当該発電システムが持つ性能及び機能を維持し、継続的に電力供給を行うため、発電システムの信頼性、安全性及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、ラオス国側は上記基本事項を念頭におき、マニュアルに従って、事業完了後の運転・維持管理・保守を実施する必要がある。これらのマニュアル及び運営・維持管理に係る基礎知識は、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 と本計画内のソフトコンポーネントにて提供される。

3-4-1 運営・維持管理組織と人員

LAA の組織図を図 3-4.2 に再掲する。今回調達する太陽光発電システムの運営・維持管理は、現在空港敷地内にあるパワーハウスの維持・管理を行っている空港運営センター（Airport Management Center）が行う。パワーハウスは EDL から受電し、空港各施設に電力を供給している。空港運営センターには 4 人の技術者がおり、現状の人数で太陽光発電システムの運営・維持管理は可能である。

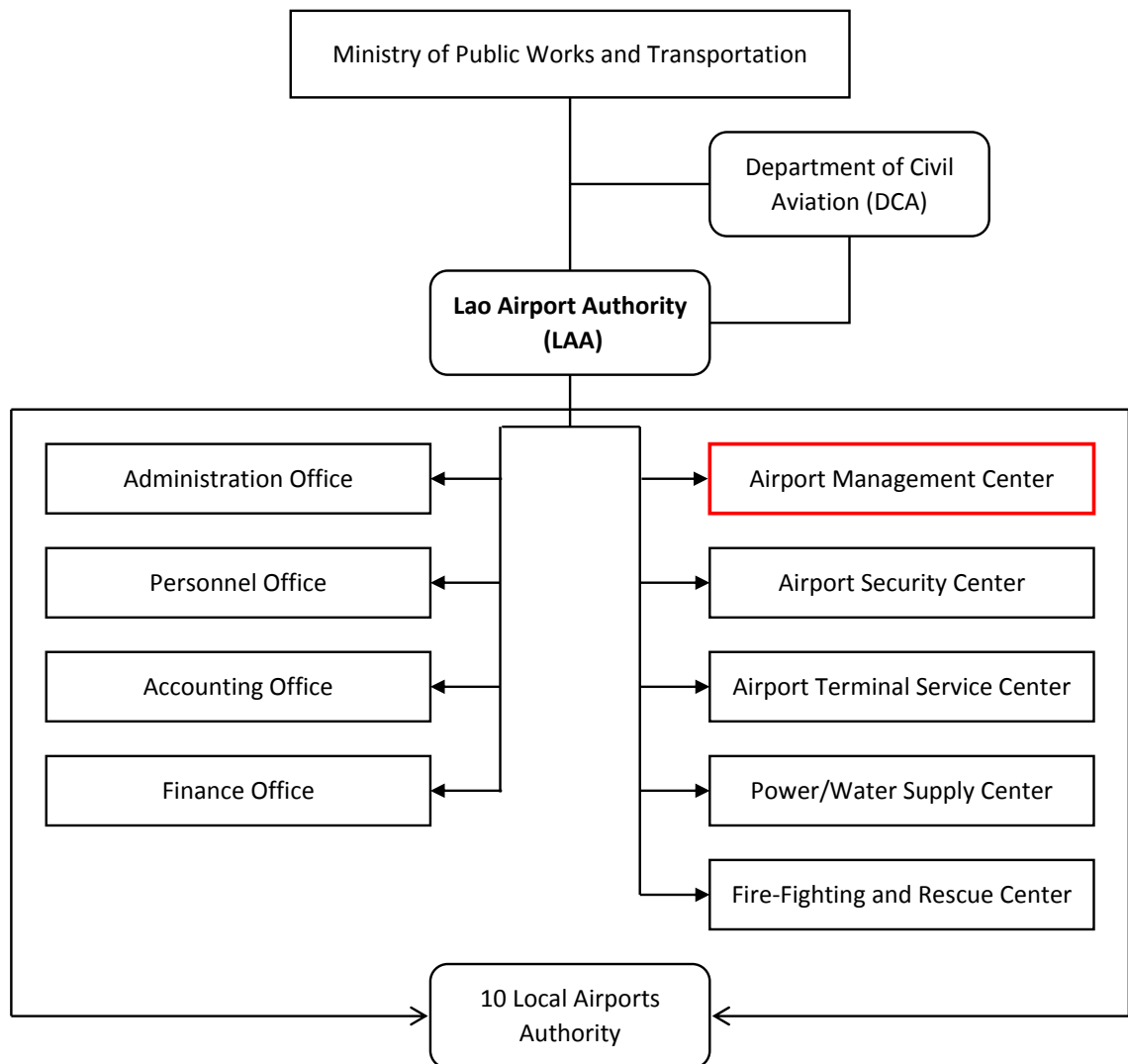


図 3-4.2 LAA の組織図

3-4-2 定期点検項目

LAA は、表 3-4.1、表 3-4.2 に示される標準的な太陽光発電システムの日常点検項目及び定期点検項目を参考に、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表 3-4.1 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	著しい汚れ及び破損がないこと
		b) 架台の腐食及びさび	腐食及びさびがないこと
		c) 外部配線(接続ケーブル)の損傷	接続ケーブルに損傷がないこと
接続箱	目視確認	a) 外箱の腐食及び破損	腐食および破損のないこと
		b) 外部配線(接続ケーブル)の損傷	接続ケーブルに損傷がないこと
パワーコンデ ィション	目視確認	a) 外箱の腐食及び破損	外箱の腐食・さびがなく・充電部が露出していないこと
		b) 外部配線(接続ケーブル)の損傷	パワーコンディショナへ接続される配線に損傷がないこと
		c) 通気確認(通気孔、換気フィルタなど)	通気孔をふさいでいないこと 換気フィルタ(ある場合)が目詰まりしていないこと
		d) 異音、異臭、発煙及び異常過熱	運転時の異常音、異常な振動、異臭及び異常な過熱がないこと
		e) 表示部の異常表示	表示部に異常コード、異常を示すランプの点灯、点滅などがないこと
		f) 発電状況	表示部の発電状況に異常がないこと

(2) 定期点検

定期点検は、隔月 1 回の実施が望ましい。推奨される点検項目を表 3-4.2 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 ⁴¹	目視、指触など	接地線の接続及び接地端子の緩み	接地線に確実に接続されていること ねじに緩みがないこと
接続箱	目視、指触など	a) 外箱の腐食及び破損	腐食および破損のないこと
		b) 外部配線の損傷および接続端子の緩み	配線に異常がないこと ねじに緩みがないこと
		c) 接地線の損傷および接続端子の緩み	接地線に異常がないこと ねじに緩みがないこと
	測定及び試験	a) 絶縁抵抗	<太陽電池－接地線> 0.2MΩ以上 ⁴² 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
		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)
パワーコンディショナ	目視、指触など	a) 外箱の腐食及び破損	腐食および破損のないこと
		b) 外部配線の損傷及び接続端子の緩み	配線に異常がないこと ねじに緩みがないこと
		c) 接地線の損傷及び接続端子の緩み	接地線に異常がないこと ねじに緩みがないこと
		d) 通気確認(通気孔、換気フィルタなど)	通気孔をふさいでいないこと。換気フィルタ(ある場合)が目詰まりしていないこと
		e) 運転時の異常音、振動および異臭の有無	運転時の異常音、異常振動及び異臭のないこと
		f) 表示部の異常表示	表示部に異常コード、異常を示すランプの点灯、点滅などがないこと
	測定及び試験	a) 絶縁抵抗(パワーコンディショナ入出力端子－接地間)	1 MΩ 以上 測定電圧 DC500V
		b) 表示部の動作確認(表示部表示、発電電力など)	表示状況及び発電状況に異常がないこと
		c) 投入阻止時限タイマー動作試験	パワーコンディショナが停止し、所定時間後自動始動すること
その他太陽光発電用開閉器	目視、指触など	a) 太陽光発電用開閉器の接続端子の緩み	ねじに緩みがないこと
	測定	a) 絶縁抵抗	1 MΩ以上 測定電圧 DC500V

⁴¹ 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。
 ー 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
 ー 架台の変形、さび及び損傷並びにモジュール取付分の緩みがないか

⁴² 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機材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⁴³は20年以上、パワーコンディショナ⁴⁴は10年以上である。しかし、実際の機器の寿命は、3-4-2 項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機器もある。

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。本格点検の実施頻度は、5～7年に1度である。

本格点検は、状況によっては交換用の部品の調達やメーカー技術者の招請が必要になり、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、電力会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	LAA	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	MEM	設備の使用状況、効果のモニタリング	本格点検実施に必要な政府内手続き及び調整
関連機関	EDL	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、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は、適切な支援策を講じておくことが望ましいため、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本計画で調達する（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する

なお、スペアパーツの仕様や本格点検の実施項目の詳細はメーカーにより異なるため、具体的な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。

⁴³ 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）

⁴⁴ 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。従ってラオス国側は、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予定であり、その主要品目は表 3-4.4のとおりである。ラオス国側は初期供与以降のスペアパーツと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、約4.7億円となり、先に述べた日本と「ラ」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:約4億6千7百万円

本計画の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	施工・調達業者契約 認証まで非公表
調達代理機関・設計監理費	
事業費合計	

(2) ラオス国負担経費

本プログラムの実施におけるラオス国側の責任については3章で述べた通りであり、銀行取極め(B/A)手続きを負担する。

(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 Kip = 0.01081 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、業務実施工程表に示したとおり(表3-2.23)。
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

(1) 運営・維持管理費の概算

運営・維持管理費の試算にあたり、まずは以下の費用項目が考えられる。

1. 日常操業にかかる費用
2. 運営・維持管理にかかる人件費

3. 修繕に必要なスペアパーツ費用
4. 機材にかかる更新費用

なお、ここでは、発生の可能性が予測できない機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、小額であるため考慮しない。

2) 運営・維持管理にかかる費用

空港には既存の電気機器等を含む設備を管理する常駐職員がおり、これら職員によって太陽光発電システムの運営管理は可能である。従って、本計画で追加的に要求する人員はない。また、太陽光モジュールを定期的に清掃する要員については、LAAには雑役労働者が居ないため、新規雇用（パート雇用）が必要となる。ラオス国内の軽作業員の日給はほぼ 15 US\$であるため、1 ヶ月に 1 回、2 日間 2 名でモジュール清掃を想定する場合、年間雑役労働者の人件費は 720 US\$（約 70,000 円）と見積もられる。

3) 修繕に必要な予備品費用

本計画で調達される太陽光発電設備の内、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、維持管理のための費用もほとんどかからない。また、本計画で調達する日本製の太陽電池モジュールは、外国製品と比較し長期間の使用による劣化（出力低下）しづらいとされている。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ため、實際上、太陽電池モジュールを追加で購入する必要は生じないと考えられる。一方、パワーコンディショナ等の電気設備の耐用年数は一般家電と同様のほぼ 10 数年程度といわれており、必要な予備品の対象となる。

3-4-4 項で述べたとおり、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。従って、基本的に第 1 回目の本格点検までは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の周辺機器で消耗による部品交換等が必要になるものとして、換気ファンが挙げられる。これは、契約業者が納入するスペアパーツに含まれていない。

第1回目の本格点検実施以前は、換気ファンを含むその他周辺機器の費用を、第1回本格点検実施以降は、これにパワーコンディショナ機材を維持していくにあたって必要なスペアパーツ等を合わせて購入費用として積み立てていく必要がある。その購入のための積立金の概算額は表3-5.2のとおり。

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(100 kW) (第1回本格点検までは不要)	約 1200 万円	約 172 万円
換気ファンを含むその他周辺機器	約 30 万円	約 5 万円
合計 (第1回本格点検以降)	約 1230 万円	約 177 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 																										
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、換気ファンを含むその他周辺機器の費用として年5万円程度が、第1回目の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スペアパーツ等を合わせて年177万円(163,700,000Kip : 1Kip = 0.01081 J.Yen)程度の積立金が必要となる。

① 機材にかかる更新費用

前項3)で述べたとおり、PVモジュールは期待寿命が長く、劣化も遅いため、更新することは想定しない。一方、パワーコンディショナについては、通常の電気製品と同様に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

ワットタイ国際空港に太陽光発電システム 236 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 4-2.1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 260 万円 (240,700,000 Kip) 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である。

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) タイ国内での荷揚げ・輸送

前述の通り、ラオス国は内陸国のため外港が無い。そのため、本邦からの調達機材は一旦タイのバンコク港で荷揚げし、国道 2 号線を使ってビエンチャンまで輸送することになる。バンコク港での荷揚げ及びタイ国内での輸送手続きに関しては、全て契約業者の責任で行う。荷揚げ・輸送の遅れは、据え付け工程に大きな影響を及ぼすため、契約業者に対して十分な注意喚起が必要である。

(2) 免税措置手続き

本計画で供与される機材は、原則免税扱いとなる。免税関係の一連の手続きは MEM が担当することになっており、MEM はこの手続きを着実に遅滞無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

現在空港内の駐車場は一般車用であり大型バス用の駐車場は無い。L-JATS によれば、将来大型バス用の駐車場を国内線ターミナルビル前の駐車場に配置する計画がある。太陽電池モジュールを設置する駐車場については事前に DCA の承認を得ており、大型バス用の駐車場の配置は太陽電池モジュールを設置する駐車場以外の駐車場を使用することが前提となる。

(2) 維持管理体制

LAA 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 LAA にとって初めての経験となる。本計画のソフトコンポーネント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とし、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、LAA 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

円滑に事業を遂行するという観点から、ラオス国側に求めてられている調達機材への各種免税措置を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、ラオス国側が取り組むべき課題は以下の通りである。

(1) 積立金の処理

LAA は MPWT 組織下の公団のため、民間企業のように減価償却や引当金は認められていないと想定される。本計画の効果が持続的に発現するためには、3-5-2 項で提案しているスペアパーツ費用の積立は非常に重要であり、どのような会計処理をすれば LAA 内で積

立てられるか、ラオス国関係機関内での調整が必要である。

(2) 技術協力・他のドナーとの連携

ラオス国の2007年時点の地方電化率は村落電化率が51.3%、世帯電化率は59.0%であり、2020年までに地方電化90%達成を目標に掲げている。ラオス国は地方電化を戦略的に進めるために、系統接続による地方電化に加え、マイクロ水力、太陽光、風力などの再生可能エネルギーを利用した地方電化を促進しており、目標の達成に向けてADBやWBが地方電化支援を行っている。

本計画のソフトコンポーネントにはMEM、EDLも参加を予定しているが、電力セクター全体を担うMEM、EDLが太陽光発電システムへの理解を深めることで、MEM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)を他のドナーとも共有し、地方電化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) 上位計画との整合性

ラオス国ではMEMが2010年に作成した再生可能エネルギー戦略が、現在政府の承認手続き中である。この戦略の中で、太陽光発電はバイオガス、小水力及び風力と並んで将来開発すべき再生可能エネルギーとして位置付けられている。再生可能エネルギーの開発は、地方電化を促進し、調理・燃料のための森林伐採の進行を抑制し、また、地方経済の活性化に貢献するなど、ラオス国が取り組んでいる気候変動対策、環境対策及び貧困撲滅対策等を支援することになる。

(2) 電源の多様化

ラオス国は発電設備のほぼ100%が水力発電であるため、気候変動対策という観点からは、化石燃料消費量や温室効果ガス排出量が抑制されるため非常に効果的であるが、安定的な電力供給という観点からは、季節によって発電量が大きく変動することから国家財政へも影響⁴⁵を及ぼしている。今後、ラオス国内の経済成長に伴い電力消費量が益々増加すると想定される中、安定した電力供給を行っていくためには電源の多様化が必要である。本計画によって太陽光発電の導入が促進されることにより、化石燃料消費量や温室効果ガスを増やさずに電源の多様化を図ることが期待される。

⁴⁵ 雨季には電力輸出を行い乾季には電力輸入を行っている。

(3) 発現効果の持続性

系統連系型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、本太陽光発電による年間電気料金支払い節約額は3-5-2項で提案している将来のスペアパーツ用積立費用を十分賄える額が見込まれ、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、大気汚染物質や水質汚染物質を排出せず、ビエンチャン市民の現在の大气環境や水質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空港構内であり、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。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・据付を行う業者が十分配慮することが求められる。

(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、本計画を通じてラオス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

“Assessment of Solar Energy Potential for Lao PDR”より引用した日射強度から試算した期待発生電力量は、236 kWの定格容量に対し288,200 kWhと推測される。この発生電力量はLLAが負担する⁴⁶年間消費電力量2,603,000kWhの11%に相当する。

上記の年間消費電力量に対して、LAAは2,175百万キップをEDLへ電力料金として支払っており、同じ料金単価(835 Kip/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2.6百万円(約240百万キップ)と見込まれる。

⁴⁶ 注：LAAは空港での総電力消費量に対し、出資比率60%相当(総電力消費量×60%)を負担している。

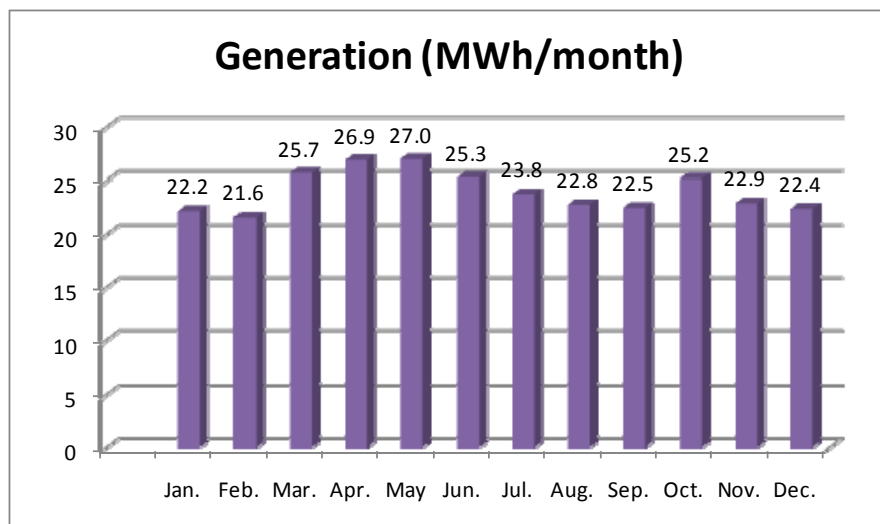


図 4-2.1 期待発生電力量

表 4-2.1 期待発電量と電力料金節約量

LAA Office and Buildi Installed Capacity 236 kW

Items	Unit	Total	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Expected Annual PV Energy Generation for 236 kW (1)	kWh	288,273	22,236	21,641	25,682	26,921	27,034	25,290	23,775	22,750	22,491	25,193	22,871	22,389
Annual Power Consumption for LAA Portion in 2009 (2)	000kWh	2,603	157	172	199	229	237	237	229	243	220	248	218	214
Electricity Payment to EDL in 2009 by LAA (3)	K'000	2,175,102	131,461	143,981	166,339	191,379	197,639	197,639	191,384	203,010	183,482	207,482	182,442	178,864
Average Power Tariff (4)	Kip/kWh	835	835	835	835	835	835	835	835	835	835	835	835	835
Annual Saving of Electricity Payment to EDL (5) = (1) x (4)	K'000	240,708	January 2009 = 219,102,452 Kip x 3 / 5 = 131,461,471 Kip for LAA Portion											
Saving of Electricity Payment (6) = (5) / (3) x 100	%	11.1%	(Power tariff is paid to EDL in proportion to share (LAA=60%, Japanese Firm = 40%))											

注：総電気料金には①LAA 建屋、②国際ターミナルビル、③国内ターミナルビル、④管制塔、⑤消防建屋、⑥パワーハウスを含む。
 総電気料金の出資分 60%は LAA が支払い、残りの 40%は日本出資側が支払う。

(2) 二酸化炭素排出削減量

ラオス国では発電設備のほぼ 100%が水力発電であるため、ラオス国内での二酸化炭素排出削減は期待できないが、UNFCCC/CDMでは 15MW以下の小規模発電設備の場合、ベースラインとしてディーゼル発電機の使用をルール化している。そこで、仮にディーゼル発電機で本計画と同規模の発電を行った場合の二酸化炭素排出削減量を試算した結果を表 4-2.2に示す。なお、排出原単位は「電力中央研究所⁴⁷から公表されている「各種電源別の

⁴⁷ Central Research Institute of Electrical Power Industry (CRIEPI)

二酸化炭素排出原単位量」を使用した。その結果、本太陽光発電システムによるラオス国の二酸化炭素排出削減量は年間約 198 tonnes-CO₂ と推定される。

表 4-2.2 太陽光発電システムによる二酸化炭素排出削減量(ラオス国)

Energy Generation in 2007	Generation Type	Installed Capacity	Energy Generation	CO ₂ Unit Emission		
				By fuel burning (E1)	by plant operation (E2)	E1 + E2
				g/kWh	g/kWh	kg
		MW	MWh			
	HFO-fired plants	0	0	704	38	0
	DO-fired plants	1	4,504	704	38	3,341,968
	Hydropower	672	3,363,635	0	11	
	Isolated PV system	0	1,501	0	53	
	Total	673	3,369,640			3,341,968
	Diesel Plant (kg/MWh)		4,504			742
	PV System (236 kW)		288	742	-53	198,432

出典 : EDL Annual Report 2008, page 17, Electricity Statistics YearBook 2007 of LAO PDR, page 3

