

## 第3章 オペレーター・事業者のための PV システム運用マニュアル

### 3.1 SHS による村落電化計画の策定

このマニュアルは ASER の地方電化計画に則して PV による ERIL 方式での地方電化プロジェクトを策定し、プロポーザルを作成することを想定したものである。

ASER の作成した地方電化計画のマニュアルでは、地方の自治体等が自主的に地方電化の推進を計画した場合、その実現に際し ASER にプロジェクト策定の支援を要請できるとしている。

ASER では要請があった場合にコンサルタントまたはエキスパートを公募してその支援要請に応じてプロジェクトの策定を完成させることとなっている。そのときの費用は 70% を ASER が補助するがプロジェクトが実施されることが決まれば返済しなければならない。

ASER の選定したコンサルタント、またはエキスパートが策定する項目は次のような項目となっている。

- プロジェクトを実施する地域の最適化と電気需要量の予測（電気供給方法の選択）
- 運営を行うオペレーターの選択
- プロジェクト認可申請に付加する料金の計算と利用者との折衝
- オペレーターの業務運営体制の準備
- プロジェクトに必要な資金の評価
- プロジェクト関係者間の契約内容の取りまとめ
- ERIL プロジェクト認可申請書の作成
- ASER に対する補助金申請書の作成
- 新規加入者勧誘のための広告・宣伝活動の準備
- 税金、関税などの事務処理

したがって、ERIL プロジェクトの場合は ASER がほとんどすべてプロジェクト作成を支援することとなり、しかも ASER の支援で作成されたプロポーザルは ASER 内での審査が一部省略されることも記載されている。

しかし、本マニュアルでは一般的にプロジェクトを構成するときの手続きを ASER のマニュアルおよび JICA パイロットプロジェクトを実施したときの経験をもとに作成したものであり、地方自治体、または地方自治体と共同でプロジェクトを構成しようとする NGO・私立企業等の参考になるものと考えている。

また、PPER のコンセッションが設定された地域においても、グリッド延長や独立電源での電化が適当でない地域については PV の導入が図られるとされており、そのときの導入計画の作成方法としてこのマニュアルが適用できると考えられる。

(1) はじめに

1) 開発途上国における PV システムの利用

開発途上国における PV システムの市場について、英国のコンサルタントである It-Power の調査では今後の 10 年間で 12GW の需要が期待されている。地域および利用区分は図 3.1.1-1 のとおりである。

家庭電化の需要が最も多く次いで教育関係、およびポンプへの適用が期待されている。

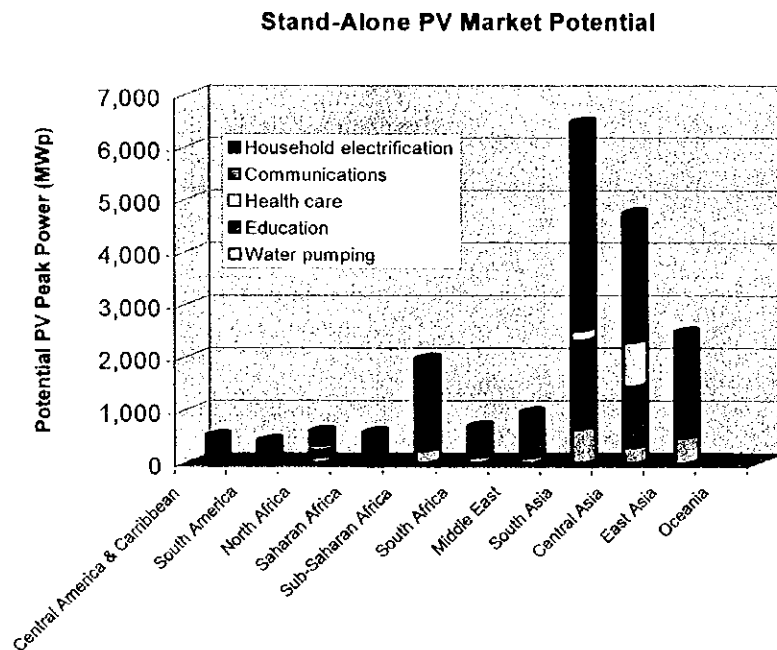


図 3.1.1-1 PV システムの推定市場 (It-Power)

## 2) 利用分野

開発途上国における PV システムの具体的な用途としては以下のような項目がある。  
(Solar Photovoltaics for Sustainable Agriculture and Rural Development FAO 2000)

その中で、直接的に地方電化の対象となるのは一般家庭に対する電化であるが、民間主導で電化を実施しようとした場合、事業の展開に当たっては一般家庭以外の市場も考慮することになる。

表 3.1.1-1 PV システムの具体的な用途

農業	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポンプによる揚水</li> <li>牧場における家畜管理用の電気柵</li> </ul>
公共施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>揚水、淡水化、浄水施設</li> <li>学校その他公共施設の照明</li> </ul>
一般家庭	<ul style="list-style-type: none"> <li>照明：勉強や読書、収入を伴う家内作業、全般的な生活条件の向上</li> <li>テレビ、ラジオ、その他小規模な電気機器の利用</li> <li>ポンプによる揚水</li> </ul>
保健・衛生	<ul style="list-style-type: none"> <li>照明：病室、処置室、職員室等</li> <li>治療機器の電源</li> <li>ワクチンの冷蔵保存庫</li> <li>通信機用電源 (電話、無線電話、放送設備等)</li> <li>水供給施設</li> <li>保安用照明</li> </ul>
小規模企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>照明：営業時間の延長、生産性の向上</li> <li>小型機器の動力源 (ミシン、冷凍庫、粉砕機、バッテリーチャージャーなど)</li> <li>照明やラジオ：レストランや小売店などの雰囲気向上</li> </ul>

出所：Solar Photovoltaics for Sustainable Agriculture and Rural Development, FAO

## 3) PV システムの利用方法

上記の利用分野に PV を用いて電力を供給する方法として、

### a) 集中発電方式

PV モジュールを集中して設置し、バッテリーも一箇所にまとめて設置する。利用者に対しては交流に変換し、配電線を通して通常一般家庭で使用している配電線の電気と同じ電圧で供給される。

システムのサイズは数 kW から数百 kW、配電線への接続利用者数は 10~100 戸程度。利用できる電気器具は一般の家庭用電気機器から小型の業務用機器や揚水ポンプなども可能である。

b) 戸別方式(独立型)

各家庭または施設ごとに PV モジュールおよびバッテリーを設置し、発電と利用をそれぞれの利用者ごとに独立して行う。

通常は直流 12V で供給されるが、特別な場合はインバーターをいれて交流で供給するケースも可能である。

システムのサイズは数十 W から数百 W、一般家庭および学校や診療所、商店、レストランなどに設置される。利用できる電気器具は照明や視聴覚機器のほかに小型の冷蔵庫などを使用する場合もある。

c) バッテリーチャージステーション

PV モジュールを集中して設置し、各利用者に配布したバッテリーへの充電を行う。利用者は使用したバッテリーを持参し充電した後持ち帰る。利用できる電気は直流 6V、12V が多い。

システムのサイズは数百 W から 10kW 程度で、利用者数により決定される。バッテリーの容量は数 10~200Ah 程度で持ち運びが容易な大きさである。利用できる電気機器は照明と視聴覚機器で、充電の頻度は 1~2 週間に 1 度程度。利用者がバッテリーをコントローラーに接続して利用するようにすればバッテリーの寿命を長く持たせることが出来る。

d) ハイブリッド方式

PV とディーゼル発電、マイクロ水力発電、風力発電などと組み合わせて利用する。バッテリーを使用する場合としない場合があり、供給される電気は直流の場合と交流の場合がある。系統連系方式も一種のハイブリッド方式ともいえる。

システムのサイズは数 100W から数百 kW 程度で、戸別型と集中発電して配電線により各戸に供給する集中型がある。利用できる電気機器は供給できる電気の量によって左右されるが、照明と視聴覚機器から、一般の家庭用電気機器、揚水ポンプ、業務用の電気機器まで利用できる場合もある。

方式の選定は、利用者の数、利用者の電気使用機器、電力消費量、支払い可能金額とその地域の利用可能エネルギーの種類などで決定される。

#### 4) 利用者数の推定

セネガルにおける電化を優先的に実施しようとする地域の推定利用者数については ASER が準備しようとしている LEP (Local Electrification Plan) のデータとして開示される予定である。

LEP では、

- a) 対象地域の地方村落(町村)を次の区分に従って分類する。
  - 住民数 1000 人以上の村落数
  - 住民数 1000 人以上で MV(中圧)送電ラインから 2km 以内、またはそのような村落から 2km 以内に所在する村落数
  - 動力ポンプ付の井戸が有る村落数とその住民数
  - 住民数 250 人以下で MV ライン、または住民数 1000 人以上の村落から 2km 以上離れている村落数
  - 主要な経済活動
- b) 対象地域の詳細な 1/50,000 地図に ASER の GIS(Geological Information System)データベースより村落の位置とその人口、戸数およびその増加率、アクセス道路(道路、小道)、既存または設置予定の電化されるべき施設類(井戸、公共施設、診療所等)、MV ライン(既存、計画)、および既存の発電設備や LV 配電網の可能性などを記載する。
- c) 電気に対する支払い意志額と支払い可能額の調査:住民数 1000 人以上の村落とそれ以外の 10 村落からサンプリングして簡便法により行う。(i) 現在の利用方法(エネルギー源と利用機器)、照明、視聴覚、冷蔵、冷凍、空調などのためのエネルギー購入費用、保守費用、機器の更新などの費用、(支払い可能額) (ii) 家庭の経済状態を考えた電化への期待度。(支払い意志額)
- d) 地域としての需要や生産的需要の評価:商業、手工芸、農業の収量増加や製品加工、家畜の飼育、公共施設(管理機関、衛生施設、学校等)への電気の需要
- e) 住民数 1000 人以上の村落には 1/5000 の地図に GPS を用いて公共施設や民間の需要施設の位置を記入する。もし必要であれば LV 配電網も記入

- f) 対象地域内の環境規制の予測：自然保護地域、保護森林、傷つきやすい水源(地表、地下)、保護遺跡などの有無
- g) 電力需要モデルの設定と統計的な解析：同様な地域の電力需要を参考とするか、参考とすべき地域のない場合は地域需要、生産的需要、家庭需要の単位消費電力を仮定して現実的な需要モデルを設定する。
- h) 近隣地域における実施中あるいは計画中の電化計画の情報収集：対象地域における電化計画に影響をもたらす可能性のある MV ラインの延長計画や関連企画など。
- i) 最小コストの電化計画案の選定：PASER の目標を達成するために導入されるべき電化システムごとの簡単な設計、即ち；
  - MV ラインの延長によって電化される村落数とその概要(MV ラインと LV 配電網)(ライン延長距離、設計仕様)。
  - 独立電源で電化される村落数とその概要(LV 配電網の距離と設置する電源の仕様)、既存の動力ポンプ付井戸の位置も表示する。
  - SHS により電化される村落数、など
- j) 設備投資と運用コストの評価：それぞれのシステムごとに kWh あたりの限界コストを査定し、対象地域全域に対し実施の優先順位により分類を行う。

などに関する調査が行われることとなっており、PV システムの利用可能者数は 9 項で PV を導入することが適した村落数として推定されることになっている。

## 5) プロジェクト設定に至るフロー

ERIL 方式によるプロジェクトではプロジェクトの提案者 (プロモーター) がプロジェクトのオペレーターとなる場合と、プロジェクトオペレーターを選定してプロジェクトの策定から運営までを委託するケースが考えられる。プロジェクトオペレーターの候補者としては、PV 機器のサプライヤー、FOPEN SORAIL など専門家、NGO などが考えられる。

プロジェクトオペレーターがある特定地域の電化を SHS により実施しようとする場合の手順を示す。フローは以下のとおり。

### 1. 実施計画策定段階

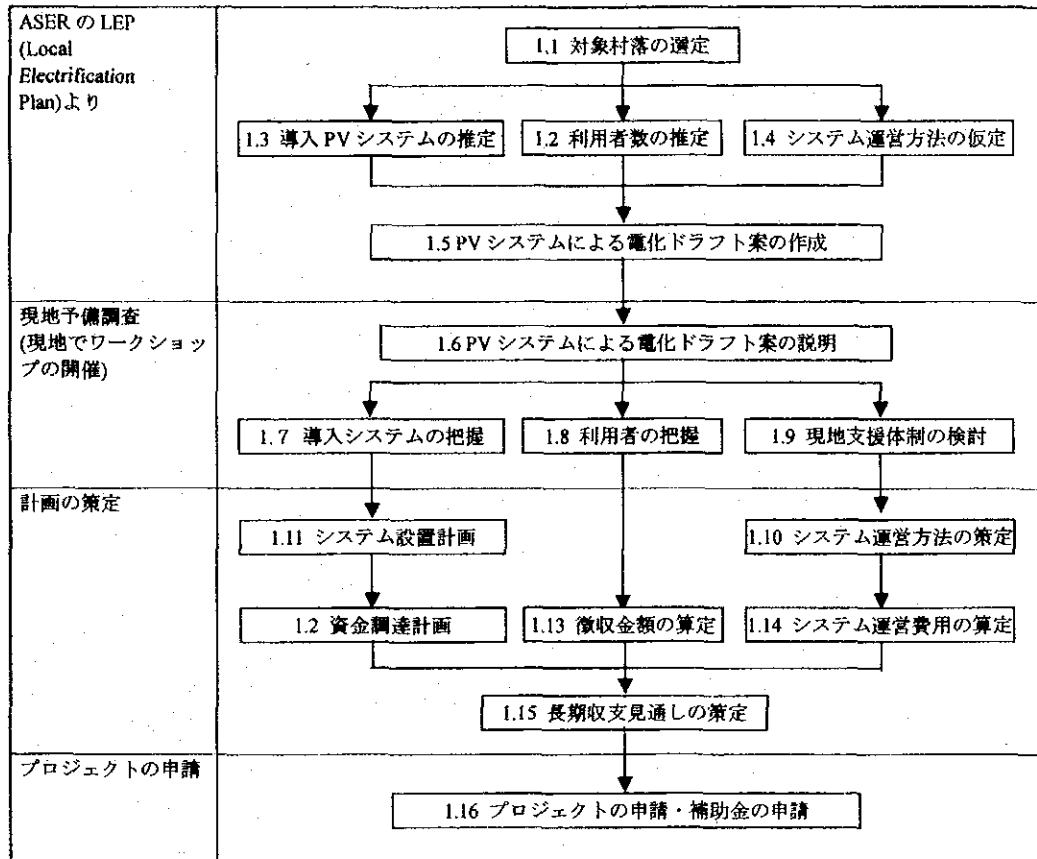


図 3.1.1-2 計画策定段階のフロー

#### (2) 対象村落の選定

ERIL 方式の場合には対象村落自らが地方電化導入の候補村落となるが、その電化方式として PV の導入が適しており、また、電力供給サービス方式(ESCO 方式)の導入が可能となる利用者の数が確保できることを確認すべきである。

一方、コンセッション方式である PPER の地域に PV 電化を導入する場合には ASER が調査を行った LEP (Local Electrification Plan) によって調査された結果を分析し、PV を利用した SHS(Solar Home System)により電化を推進すべき村落を選定する。

LEP では住民数 250 以下、既存の Grid から 2km 以上はなれた村落が PV 電化の対象となっているようであるが、JICA 調査団の検討結果(セネガル国太陽光利用地方電化実施計画 2001 年 1 月)では、1 家庭あたりの電気の消費量を 200Wh/day とした場合、既存の Grid から 0.6km 以

上(0.6km 以内では Grid 延長のほうがコストが安い)、需要対象世帯数 60 戸未満の村落(60 戸以上あるとディーゼル発電のほうがコストが安くなる)が PV 電化の対象として想定されている。

PV による村落電化を効果的に推進するためには、地域的にある程度纏まって利用者が存在していることが必要であり、電力供給サービス方式(ESCO 方式)の場合、一人の現地技術者が少なくとも 2 ヶ月に 1 回利用者を訪問してシステムのメンテナンスが実施できる範囲に 100 戸程度の利用者が確保できるような地域が望ましい。

利用者としては電気の利用を希望する家庭が対象であるが、民営化による事業として運営を行うためには、経済的に PV システムを購入、または電力の供給サービスの対価を支払える収入のある家庭が多く存在する、経済的な活動が活発な村落が対象となる。

### (3) 利用者数の推定

ある地域における PV システムの利用可能者数を推定する方法については、上述の JICA 調査団の検討報告書において記述したように、

- 1) 系統配電線の延長コスト、ディーゼル発電の電化コスト、PV システムのコスト
- 2) 村落内の世帯数
- 3) 既存の系統配電線から村落までの距離
- 4) 地域内の所得分布
- 5) 余剰収入額の分布、によって推定を行っている。

それによると 2000 年において 30W<sub>p</sub> のシステムコストが 350,000 F C F A、50W<sub>p</sub> のシステムコストが 450,000 F C F A としたときの各県ごとの推定利用可能者数は次表のとおりである。

(推定利用可能者：システムコストの 10 分の 1 を初期投資の利用者負担金として支払うことが可能な家庭：余剰収入額が利用者負担金の 4 倍以上)

ただし、この数字は各県内の利用者数を推定したものであり、村落ごとの利用者数は把握されていない。村落ごとの利用者数を推定するためには、村落ごとの家庭あたりの所得や、余剰収入額の分布データが必要であり、実際にはなかなか困難であるが、ERIL プロジェクトの場合は地域コミュニティが申請者となるので、申請地域の経済状況の把握も可能であり、利用者数の推定も行えるであろう。



表 3.1.3-1 県別 SHS 利用者の推定数

州	県	郡の数	村落数	利用者数	州合計	30 W	50W
Dakar	Rufisque	1	7	164	164	5	159
Diourbel	Bambay	12	413	3,696	7,607	447	7,160
	Diourbel	10	341	2,254			
	Mbacke	11	275	1,657			
Fatick	Fatick	14	203	3,941	10,912	377	10,535
	Foundiougne	9	302	3,534			
	Gosas	12	273	3,437			
Kaolack	Kaffrine	21	842	9,770	19,273	1205	18,068
	Kaolack	9	405	4,122			
	Nioro du Rip	11	453	5,381			
Kolda	Kolda	13	679	2,835	9,370	986	8,384
	Sedhiou	20	574	4,585			
	Velingara	10	424	1,950			
Louga	Kebemer	16	777	3,549	11,801	1574	10,227
	Linguere	17	653	4,414			
	Louga	15	741	3,838			
Saint Louis	Dagana	6	261	1,777	6,649	782	5,867
	Matam	12	276	3,071			
	Podor	10	158	1,801			
Tambacounda	Bakel	10	402	1,983	7,305	769	6,536
	Kedougou	10	222	1,461			
	Tambacounda	13	739	3,861			
Thies	Mbour	8	150	2,091	8,400	600	7,800
	Thies	9	356	2,703			
	Tivaouane	14	849	3,606			
Ziguinchor	Bignona	15	280	3,374	5,182	451	4,731
	Oussouye	4	65	898			
	Ziguinchor	5	67	910			
合計		317	11187	86,663	86,663	7,196	79,467

30W : PV システム容量 30W が購入可能、  
50W : PV システム容量 50W が購入可能

この調査の結果から 30Wp システムの購入可能者は 8 万 7 千戸、その中で 50Wp システムの購入可能者が約 8 万戸存在しているといえる。

#### (4) 導入 PV システムの推定

##### 1) 電気消費量の推定

電力利用量の推定は使用機器の種類、数とその使用時間の推定で計算される。

利用機器としては照明としてのランプ、視聴覚用のラジオ、ラジオカセットレコーダー、テレビ、更に冷蔵庫、洗濯機、ファンやポンプなどが有るが、SHS の対象としては照明用のランプと視聴覚用機器が対象となる。

JICA 調査団が 2000 年の現地調査で現地コンサルタントに委託して行った全国 1670 戸の家庭調査によると、各家庭の平均ランプ所有数は約 4 個であるが、2 ないし 3 個の家庭が多い。

表 3.1.4-1 ランプ所有数

No. of room	No. of Lamps														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-15	16-20	>20	N.A.	
1	16	2			1				1					6	26
2	55	76	13	1							2			11	158
3	28	92	109	17	4	1		1						18	270
4	14	52	93	104	16	3	2					1		11	296
5	8	35	58	46	60	7	2	3			2			11	232
6	9	25	22	39	22	53	4	3	1					11	189
7	4	6	11	20	26	5	26	4	2					4	108
8	2	7	12	12	19	9	7	15	3		3			3	92
9		2	4	13	5	2	3	6	6					6	47
10		5	5	7	4	7	6	3	1	7			1	5	51
11-15	1	2	6	11	12	13	7	6	4	11	18	2		5	98
16-20		1	3	2	4	4	2	3	1	1	5	4	1	7	38
>20			2	1	1	2	1			3	5	2	7		24
N.A.	3	13	7	6	2	2	1	1			1	1		5	42
Total	140	318	345	279	176	108	61	45	19	22	36	10	9	103	1671

出所：JICA 委託調査 2000

また、電気機器の保有状況は表 3.1.4-2 の通りであり、殆どの家庭にはラジオまたはラジオカセットを所有していると考えられる。また、ラジオやラジオカセットを所有する家庭に対してその所有数を調査しているが、複数所有している家庭が多く、平均するとラジオが 1.6、ラジオカセットが 1.8 個であった。テレビの保有率は地域によって差があるが、照明、ラジオ、ラジオカセットに次いで電気使用対象機器としての希望が大きく、将来増加する可能性が高い。

所有するラジオやラジオカセットについては、その大きさがいろいろで使用する電圧や電気容量に差があることに留意しなければならない。

表 3.1.4-2 電気機器所有状況 (%)

Region	Refrigerator	Fan	Radio Casset	Radio	Stereo System	Color TV	B/W TV	Others	No of HH
Diourbel	0.5	0.0	31.7	61.1	0.5	0.5	1.8	0.0	221
Fatick	0.0	0.6	21.1	39.4	1.1	1.1	2.2	0.0	180
Kaolack	0.5	0.0	34.3	51.2	0.0	1.0	0.5	1.0	201
Kolda	4.1	2.1	71.3	40.5	3.1	4.6	9.2	0.0	195
Louga	1.1	0.6	81.1	64.6	0.6	10.3	18.3	0.6	175
Saint Louis	1.4	1.4	73.3	53.4	1.4	8.2	13.7	1.4	146
Tambacounda	7.3	0.9	67.5	50.0	2.6	10.7	11.5	3.8	234
Thies	0.5	0.0	36.2	49.7	0.0	0.5	3.0	1.0	199
Ziguinchor	0.8	0.0	35.8	65.0	0.8	4.2	3.3	4.2	120
Whole country	2.0	0.6	50.1	52.2	1.1	4.5	6.9	1.3	1,671

出所：JICA 委託調査 2000

各機器の使用時間については、ケロシンランプについては4時間以上と4時間以内が略同数であり、ガスランプのケースでは使用時間の平均が4.3時間となっているので、平均すれば4時間程度と考えられる。

テレビ、ラジオやラジオカセットの使用時間については調査結果が得られていないので4時間前後と想定する。

照明としてろうそく程度の明るさで良い場合には、電気消費量の小さいLEDランプの使用が推奨できる。

システムの例として例えば、

タイプ1：ランプ5個とカラーテレビ、ラジオ、ラジオカセットを使用する

タイプ2：ランプ3個、白黒テレビとラジオカセットを使用する

タイプ3：ランプ2個とLEDランプ4個、白黒テレビ、ラジオカセットを使用する

タイプ4：ランプ2個と白黒テレビのみを使用する、

等のケースが考えられるが、利用時間数を仮定するとそれぞれのケースの電力使用量は次表のようになる

表 3.1.4-3 システム別電力使用量の例

負荷機器	消費電力 (W)	タイプ別使用時間の例 (Hr)			
		タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4
蛍光灯 8W	8	4	4	4	4
蛍光灯 8W	8	4	2	2	2
蛍光灯 8W	8	4	2		
蛍光灯 8W	8	2			
蛍光灯 8W	8	2			
LED ランプ	0.7			8	
LED ランプ	0.7			8	
LED ランプ	0.7			8	
LED ランプ	0.7			8	
カラーテレビ	30	4			
テレビ B/W	12		4	4	4
ラジオカセット	10	4	4	4	
ラジオ	5	4			
合計消費電力量	Wh/day	308	152	158.4	96

## 2) システム仕様の決定

システムの仕様決定については ASER のマニュアル Vol-II に “Technical Minima” が指示されており、参考となる。

システムの基本的な仕様は電気を供給するその地域の日射量と PV モジュールの容量、電気を貯蔵するバッテリーの容量で決定される。

### a) 日射量

セネガルにおける日射量は幾つかの地点で測定されているが、月により日射量は異なっており、システムの仕様を決めるには年間の最低日射月の日射量を用いる。

発電量に直接影響するのは水平面日射量ではなく、モジュールと同一の角度で測定した傾斜面日射量であり、通常その地域の緯度と同じ傾斜角にしたときに年間日射量が最大となる。

表 3.1.4-4 セネガルの代表的場所における日射量（水平面と 15° 傾斜面）

Location	Tilt	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Kaolack	0	4.87	5.73	6.07	6.55	6.32	5.71	5.18	5.39	5.50	5.45	4.89	4.43
	15	5.76	6.46	6.48	6.63	6.16	5.50	5.05	5.41	5.73	6.01	5.61	5.30
St. Louis	0	4.14	4.95	5.90	6.41	5.98	5.59	5.43	5.28	5.38	5.10	4.60	3.75
	15	4.91	5.61	6.34	6.53	5.88	5.43	5.32	5.31	5.65	5.66	5.41	4.50
Kedougou	0	5.28	5.95	6.11	6.50	5.94	5.59	5.31	5.08	5.43	5.52	5.19	4.89
	15	6.22	6.68	6.50	6.56	5.78	5.37	5.16	5.09	5.64	6.07	6.03	5.84
Dakar	0	4.67	5.36	6.23	6.69	6.24	5.87	5.29	4.87	5.36	5.33	5.11	4.28
	15	5.54	6.06	6.67	6.79	6.10	5.67	5.17	4.91	5.61	5.90	6.00	5.14

Siemens 社のデータ

上表の中では最低日射量は St.Louis の 12 月で 4.5kWh/m<sup>2</sup>/day である。

b) PV モジュールの容量

PV モジュールの容量=電力使用量/日射量\*総合効率

総合効率=温度による PV モジュールの効率低下 0.9\*バッテリーへの充電効率 0.8

\*配線その他の損失 10%=0.65

c) バッテリーの容量

バッテリーの容量=

電気使用量\*無日照日数/(許容放電深度\*バッテリー放電効率)

バッテリーからの放電効率=

コントローラーロスが 5%+配線のロスが 5%=効率 0.9

モジュールが発電しない無日照日を 3 日、

バッテリーの許容放電深度(DOD : Depth of Discharge)はバッテリーの種類により異なり、深放電タイプで 80%、自動車用タイプで 50%がよく用いられる。

上記の使用例のケースで、最低日射量が 4.5kWh/m<sup>2</sup>/day、バッテリーの放電深度を 50%として必要となる PV モジュールとバッテリーの容量を計算すると

表 3.1.4-5 PV モジュールとバッテリーの容量

	タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4
合計電力消費量 Wh/day	308	152	158.4	96
モジュール容量 W	105	52	54	33
バッテリー容量 Ah	171	84	88	53
採用モジュール W	100 or 55 x 2	50 or 55	50 or 55	30 or 36
採用バッテリー Ah	200	100	100	50 or 60

システムとしては PV モジュールのサイズとバッテリーの容量の組合せでいろいろなタイプが考えられるが、オペレーターとして村落に PV 電化システムとして提示する場合、供給できる電力の容量を変えたシステムを幾つか用意し、利用方法は供給できる電力の範囲内で利用者に任せるほうが良い。

### 3) 利用者の利用料金支払い可能額の推定

システムのサイズを決定するには利用者の支払い可能金額を推定して決定する必要がある。

前出の利用者数推定(表 3.1.3-1)の場合には、Fee for Service (ESCO 方式) または分割払い方式の場合の頭金 (Down Payment) に相当する、システムコストの 10 分の 1 が支払える可処分所得 (余剰収入=収入-支出) が有ることを前提として推定を行っている。

一方、毎月の費用の支払い可能額 (Fee for Service や Lease 方式に対する支払月額) については、LEP の 3 項で調査されることになっているが、PV システムの導入によって代替される今までの照明やラジオなどに消費していた灯油や乾電池などの費用を充当することで推定が可能と考えられる。

JICA 調査団が調査期間中 (2000 年) に当地のコンサルタントに委託して全国の約 1700 のコンセッション (家庭) に対して行った結果は次表のとおりである。

表 3.1.4-6 照明用エネルギーおよび乾電池等への支出額

家庭人数	年間収入 (1,000FCFA)							Average
	<300	300-600	600-800	800-1,000	1,000-2,000	2,000-3,000	>3,000	
サンプル数	495	490	160	130	195	66	71	
<6	26,650	30,715	28,062	99,920	47,294	50,300		31,492
6-10	33,708	41,224	49,712	51,281	99,727	75,722	97,686	46,590
11-15	38,681	46,978	54,445	60,003	66,188	43,607	79,067	48,990
16-20	42,834	45,830	82,037	74,519	97,982	98,554	101,443	66,023
21-25	42,051	62,093	126,236	99,982	95,762	95,469	136,307	88,499
26-30	77,185	80,964	34,560	214,200	84,043	143,200	186,825	115,896
31-35	153,360	92,400	163,980	178,800	251,000	60,600	101,810	148,347
36-40		154,200	95,700	122,400	62,700	220,733	201,283	165,263
>41	65,580	251,980			368,500	128,344	207,507	184,572
Average	34,848	45,880	65,392	74,749	91,973	93,392	141,549	57,437

出所：JICA 委託調査 2000

収入の増加および家庭人数の増加に応じて支出が大きくなっていることが読み取れるが、SHS 購入、または ESCO 方式による PV システム導入の対象層と予想される年間収入百万 FCFA 以上の家庭では、毎月平均して約 7 千 FCFA 以上を支出していると思われる。

ただしこの金額は家庭の人数の欄からも推定されるように 1 家庭（コンセッション）当たりの人数が多く、複数の家族から成り立っている場合が多いと考えられる。

#### (5) システム運営方法の設定

PV システムにより地方電化を実施するに当たりシステムの運営方法として幾つかの方法が考えられる。大別すると売り渡し方式、クレジット方式、リース方式、フィーフォーサービス (ESCO)方式に分けられる。

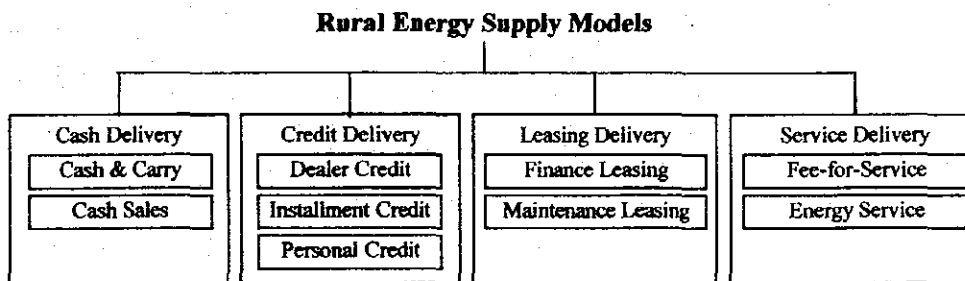


図 3.1.5-1 ISES Rural Energy Supply Model

- a) 売り渡し方式：PV システムを利用者に直接現金で販売する。システムの設置および設置後のメンテナンスを誰が行うかは契約で決定する。通常は利用者が行うケースが多い

- b) クレジット方式：PV システムを分割方式で販売する。クレジットの資金を誰が負担するかで分かれる。システム設置、設置後のメンテナンスを誰が行うかは契約で決定する。通常は利用者が行うケースが多い
- c) リース方式：長期にわたってシステムのコストを分割して支払い、支払いが終了した時点でシステムの所有権を利用者に引き渡す。交換機器やメンテナンスの負担区分については、管理者と利用者との間の契約で決定する。
- c) ESCO 方式：Fee-for Service 方式のことで、システムは運営管理者が保有し、利用者にはシステムが発電する電力、または各種のサービスを供給する方式で、機器の交換やメンテナンスは運営管理者が行う。

以下に売り渡し方式と ESCO 方式の比較を行った例を示すが、売り渡し方式では困難であった PV システムによる持続可能な地方電化を ESCO 方式で実現の可能性があることを示している。従って、セネガルにおける PV システムによる地方電化推進の手段として ESCO 方式を推奨する。

表 3.1.5-1 システム運営方法の比較（売り渡し方式と ESCO 方式）

売り渡し方式の問題点	代替案(ESCOによる電気供給)による解決策
1. 利用者が富裕な所帯に限られる 利子補給があっても2~3年程度の返済では、月の返済額が低所得層には負担になる。	ESCO が低利の資金を調達し、システムのライフ(PV では 20 年)に応じた償却を設定することにより、利用者の負担額を少なくできる。 ESCO がシステムを大量購入することにより、システム価格も低くできる
2. 市場開拓費が高く付く それぞれの企業が利用者を開発するため、広い地域に販売活動を行う必要がある。	利用者負担額を低くすることにより、潜在顧客は増加し、ESCO は、それぞれの拠点周辺で利用者を開拓するだけで良く、市場開拓費は安くなる。
3. 適切な予防保全ができない 購入方式では保守が利用者に任されており、適切な予防保全ができない。そのためバッテリーのライフが短くなり、システムの稼働率が低下する	ESCO が選定した地域定着の現地技術者が保守可能な範囲で利用者を募集し、システムを設置する。システムは ESCO の所有であり、利用者との契約により現地技術者はそのシステムが最適に稼働するように予防保全・保守に務める
4. システムのサイジング 個人購入では初期投資を出来るだけ安くするために、モジュールやバッテリーの容量を小さめに設計し、構成部品も安価なものにしがちである	ESCO では、利用者の需要を満たしながら、システムのライフにわたるトータルコストが最低になるように、構成部品の容量や、品質を選定するとともに、システムの設置も ESCO が責任を持って指導し最適化を行う
5. 交換構成部品の品質が劣る 利用者が交換部品を購入する場合は適正品質の部品よりも安価な代替部品を購入しがちである	ESCO 方式では、構成部品は標準化しており、大量に購入し在庫として所有している。 照明器具(蛍光灯など)の消耗品も、標準品を在庫として準備し、利用者の要求があれば原価で供給することも可能である



売り渡し方式の問題点	代替案(ESCOによる電気供給)による解決策
6. 私有のシステムは濫用しがちである 利用者はシステムが自己所有であれば大切にするという意見と、自由に使用し濫用するという意見があるが、外部からの制約がないと濫用してしまう例が多い	ESCOは契約時に、システムを勝手に変更したり、濫用した場合には、システムの使用を中止したり、撤去できることにしており、利用者がシステムを適正に使用することを求めている。保守担当者が巡回点検をしていることもあり、濫用が避けられる
7. 配電線で電化したときに無駄になる 利用者は配電線により電化されるかもしれないと期待して、PVシステムの購入を躊躇することが多い	ESCOがシステムを所有しているので、配電線により電化されたときにはシステムを回収し、以降は料金を徴収しない。回収したシステムは、大部分次の未電化家庭に設置して再利用できる

ESCO方式がある地域に定着し、PVシステムの利用方法が確実に浸透すれば、地域の利用者の要望に応じてPVシステムの販売も行い、そのメンテナンスを有料で実施することも可能である。

## (6) PVシステムによる電化ドラフト案の作成

### 1) 利用者数の推定

プロジェクトとしてはある程度纏まった数の利用者が必要であり、幾つかの村落からの利用者数が合計で300戸程度が一つのプロジェクトの単位となる。この程度の利用者が見込まれる地域が有るとしてプロジェクトの候補地として計画を進める。

### 2) PVシステムのデザイン

導入すべきシステムは(4)項で推定された予測利用電力量に基づいて、システムの基本的な構成部品が選定される。基本的な構成部品とは、PVモジュール、モジュール架台、チャージコントローラー、バッテリー、ランプ、その他である。

システムデザインでは導入するシステムの容量に応じた構成部品の組合せを決定することであり、構成部品ごとの詳細な仕様設定は3.1.12のシステム設置計画で行うが、ここでは各構成部品の概要を説明する。

#### a) PVモジュール

PVモジュールはその構成単位であるPVセルの材質および構造によって分類される。大きくはシリコン系と化合物半導体系である。

### Categories of Solar Cells

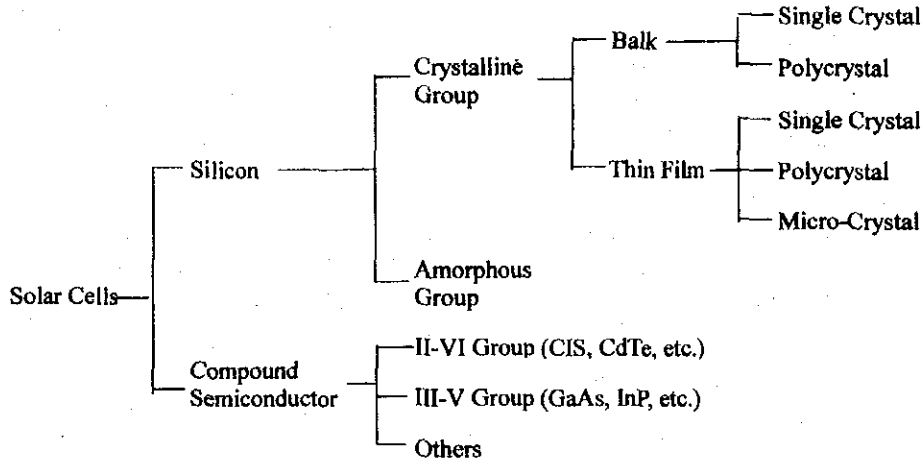


図 3.1.6-1 太陽光発電セルの分類

シリコン系は結晶系と非結晶系に別れ、化合物系はII-VIgroup (CIS, CdTe, etc.)とIII-V group (GaAs, InP, etc.) その他に分けられる。

現在商品化されている PV モジュールは大部分がシリコン系で単結晶、多結晶、アモルファス型で、容量は 50 から 200W が主であるが、より小容量のタイプも市販されている。

モジュールとしての転換効率は、単結晶型：12～15%、多結晶型：11～14%、アモルファス型

5～7%で、製造者としてはその効率を 10～15 年間保証している。

SHS のシステムに採用されているのは単結晶または多結晶型のモジュールが多いが、小容量のモジュールにはアモルファスタイプも使用されている。

#### b) PV モジュール架台

PV モジュールの架台としては幾つかのタイプがある。例えば屋根置き型、自立支柱型、地面設置型、壁支持支柱型などである。どの方式を選択するかは設置する家屋の構造による。屋根や壁が強固なものであれば屋根や壁に取り付けられるがそうでない場合は独立支柱型や地面設置型を採用しなければならない。

c) チャージコントローラー Charge controller

バッテリーを期待寿命の間利用しようとするならばチャージコントローラーをシステムに組み入れてバッテリーの過充電や過放電を避ける必要がある。

チャージコントローラーには半導体方式と機械的なりレー方式がある。MOS トランジスター使用のチャージコントローラーはより高度なコントロールが可能となっている。

殆どどのチャージコントローラーは HVD (High Voltage Disconnection) の間 PV モジュールの両極がショートされた形になっており、シャントタイプと呼ばれ発電された電気は熱として放散される。

一方機械的方式ではリレーが組み込まれスイッチ方式によりコントロールする。この方式は外部からの電圧ショック(雷)に強いといわれている。

最近 Pulse Width Modulation (PWM) 方式によるチャージコントローラーが登場し、チャージ電流の適正なコントロールが可能となり、効率の良い充電が行われるようになった。

一方、コントローラーの新しいタイプとしてプリペイメント方式を組み込んだコントローラーが現れ、利用者は地域内の小売店や KIOSK などで、メダルやプリペイドカードを購入または更新してコントローラーに投入することにより、電気の利用が可能となる仕組みで、オペレーターとしては利用料金の徴収を小売店または KIOSK に委託した形になり、利用者それぞれから集めるよりも容易になるとしている。

d) バッテリー

バッテリーの種類としては次の表 3.1.6-1 と 2 に見られるような分類がある

バッテリーは PV システムの中で重要な地位を占めている。特性として放電深度が深く、充放電の繰り返し回数が多く、保守が容易なことが望まれている。ソーラーバッテリーと称するタイプや密閉型(ゲルタイプ)バッテリーが太陽光発電システム用として開発されている。

ソーラータイプバッテリーを選ぶか、密閉型バッテリーを選ぶかはそのプロジェクトの運営方式によることが多い。現地技術者を採用して定期的にシステムの保守を行わせる場合には開放型のソーラータイプバッテリーの方が長寿命を得られることが多く、一方、保守作業を利用者に任せる場合は補水作業が不要な密閉型のほうがシステムの維持管理が容易になり、システムトラブルの減少が期待できる。

表 3.1.6-1 バッテリーの特徴

Type of Battery	Use	Characteristics
Automotive battery	Starting cars and lorries	Optimized discharge large current in short time and recharge soon after then
Traction battery	Electric vehicles	Designed to deep cycle discharge and tend to lose water at a faster rate
Stationary battery	Emergency system, telecommunications, etc	Low self discharge rate and long cycle life with shallow cycle discharge
Solar battery	PV system	High cycle life for deep discharge. Distilled water consumption is low and self discharge rate is low
Sealed or gelled battery	PV system	Reduce the gassing to a minimum that omits the process to top up by water. No spillage of battery liquid when turn over it. No maintenance battery

Source: Rural Lighting A guide for development workers Intermediate Technology Publication

表 3.1.6-2 バッテリーの寿命および概略価格

Type of Battery	Self Discharge	Depth of Discharge	Cycle Life	Calendar Life	Approx Cost	
					(<100Ah)	(>100Ah)
	%/month	%	Number	years	US\$/kWh	US\$/kWh
Automotive battery	30	20 80	300-600 20	1-3	100-150	80
Traction battery	5-7	80	1500	4-6	200-400	200
Stationary battery	3	50 80	3000 1200	5-10	300-400	250
Solar battery	1-3	50	3000	5-10	250-350	200
Low antimony	3	80	1200			
Sealed or gelled battery	2-6	20 50	400-1500 400-1000	4-8	150-500	200

Source: Rural Lighting A guide for development workers Intermediate Technology Publication

e) ランプ

PV システムに使用されるランプは殆んどが蛍光灯で、一般タイプの蛍光灯とコンパクト型蛍光灯がある。コンパクト型蛍光灯(CFL)のチューブはより小さく折り曲げられておりしばしば2本が組み合わされている。

CFLにも2つのタイプがあり、バラストがランプに組み込まれたタイプと、分離したタイプがある。

蛍光灯の寿命は5000から8000時間、CFLで8000から10000時間といわれているが1回点滅すると1から1.5時間寿命が短くなるといわれており、点滅の回数が多いところでは寿命が短くなる。

蛍光灯とCFLとの比較をしたのが次の表3.1.6-3である

表 3.1.6-3 蛍光灯と CFL、白熱灯の比較

Items	Fluorescent Lamps	CFL	Incandescent Lamps
Luminous efficiency	35 to 78 lm/W	48 to 80 lm/W	8 to 18 lm/W
Power range	4 to 125 W	9 to 23W for integral type 5 to 55w for modular type	0.75 to 1000 W
Life	5000 to 8000 h	8000 to 10000h	15 to 1000h
Power requirement	AC from 100V upwards DC from 3V upwards with inverter/transformer	AC from 100V upwards DC from 12V upwards with inverter/transformer	AC or DC, from 1.5V upwards
others	Not good for short duration lighting	Not good for short duration lighting	Light for very short period

Source: Rural Lighting A guide for development workers Intermediate Technology Publication

f) 電線その他

電線のサイズは導入されるシステム内での電圧降下の許容値から選択し、屋内、戸外使用による被覆材料の選択を行う。

鍵つきバッテリーボックスの採用は利用者の安全とバッテリーからの直結利用防止の面から考慮される。

スイッチやコンセント、結合ボックスなども配線用の部品として準備する。

3) システムコストの算定

システムコストは、システムに使用する構成部品の仕様、購入条件などにより左右されるが、実現可能なコストで算定する。仕様については初期投資金額のみを考えるのではなく、初期購入金額は高くても寿命の長い製品を検討するなど、システムのライフタイム(15~20年)を通じて必要となる金額が最低となるように考慮しなければならない。

以下のグラフは 1999 年におけるセネガル国内における PV システム主要部品の販売価格の分布である。

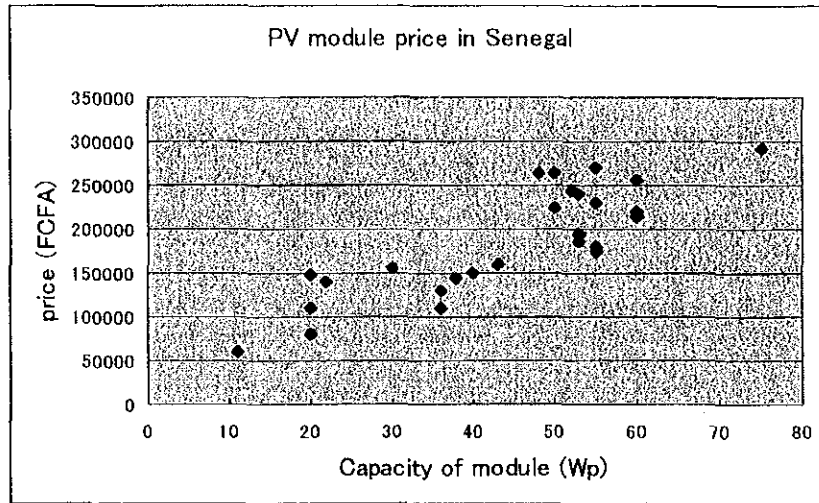


図 3.1.6-1 PV モジュールの価格分布 1999 年 JICA (予備調査)

PV モジュールの価格はサイズに略比例しているが、Wp あたりにすると 30Wp 以下では 8US\$/Wp、50 から 60Wp では 5~7US\$/Wp 程度である。PV モジュールの工場出荷価格は約 4US\$/Wp 程度と推定されるので 1~3US\$/Wp が流通マージンとなっていると見られる。

PV モジュールの工場出荷価格は 2005 年には 3US\$/Wp、2010 年には 2US\$/Wp 程度になると予想されるので、セネガルにおける 2005 年の予想価格は 4~5US\$/Wp、2010 年には 3~4US\$/Wp 程度になると期待される。

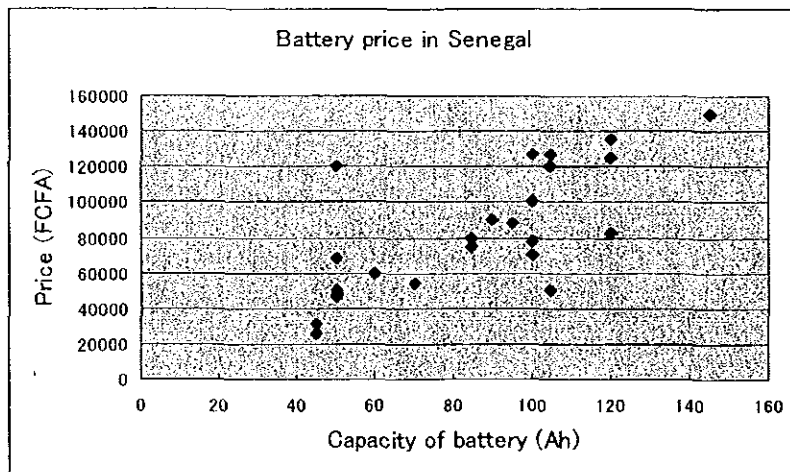


図 3.1.6-2 バッテリーの価格分布 1999 年 JICA (予備調査)

バッテリーも容量に略比例しているが、タイプによる価格差が大きく、自動車用のバッテリーはPV用のSolar型に比較すると低価格であり、密閉式のゲルタイプは開放型に比較して高価となる。

バッテリーの容量はその放電時間率によって大きく変化するので注意が必要である。100時間率と20時間率では20%ほどの差があり、100時間率のほうが大きくなる。

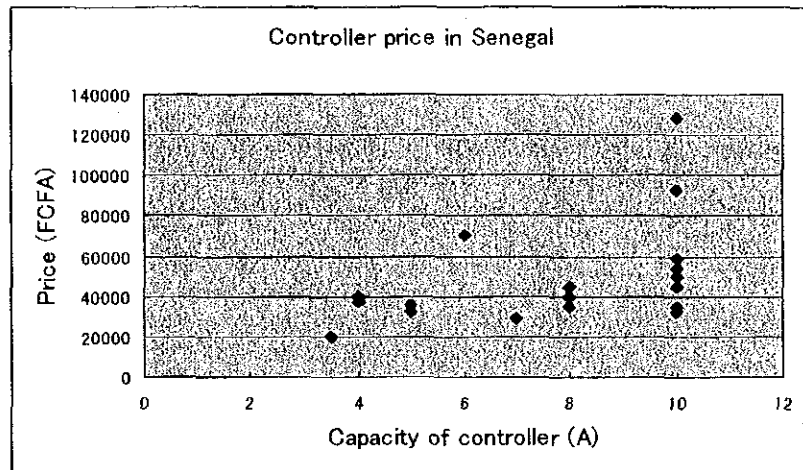


図 3.1.6-3 コントローラーの価格分布 1999年 JICA (予備調査)

コントローラーは容量による価格の差はあまり顕著ではなく、同じ容量でも価格の差が大きい。コントローラーはシステムの性能を左右する重要な部品であり、使用実績の高いものを採用することが望ましい。

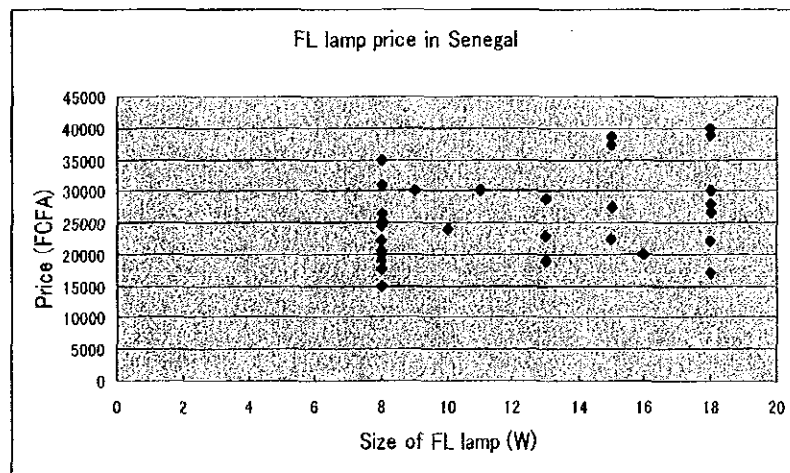


図 3.1.6-4 蛍光灯の価格分布 1999年 JICA (予備調査)

蛍光灯の価格についても容量による価格の傾向は見られないが、同じ容量の中での価格差が大きい。これは、蛍光灯のタイプがバラストと蛍光管が一体化したものと分離したものとの違い、バラストの品質などが影響していると考えられる。

ESCO 方式では蛍光管の交換は利用者負担とすることが多いので、バラストと蛍光管が分離したものを採用するケースが多い。

その他のシステム費用としては、PV モジュール支持架台、配線用のケーブル、スイッチ、コンセントなどの周辺機材と、設置工事の費用、機器の運搬費用などが必要となる。

#### 4) 運営管理費の算定

ESCO 方式による運営を行った場合の管理費を算定する。SHS による電化プロジェクトを独立して運営することが望ましいが、導入する PV システムが 300 件程度の一つのプロジェクトだけで電化事業の部門を独立させることは一般の民間企業では困難なので、当初は現地技術者を除いて要員は他の事業との兼任とする。

運営管理費の例を次表に示す。

表 3.1.6-4 運営管理費の例

要員	必要人数 名	Work Share %	単価 (FCFA/月)	年間費用 (FCFA)
管理者	1	20	500,000	1,200,000
会計担当者	1	20	200,000	480,000
PV 技術者	1	50	200,000	1,200,000
補助作業員	1	50	100,000	600,000
現地技術者	3	100	50,000	1,800,000
合計				5,280,000
管理費用		人件費の 20%		1,056,000
総計				6,336,000
1システムあたり				21,120

表 3.1.6-5 運営管理組織の要員と業務内容

要員	業務内容
管理者	計画の立案、現地説明、プロジェクトの実行管理、ASER/VUA との対応、資金調達、
会計担当者	機材の調達、料金の徴収、費用の支払い、予算管理、積立金の管理、
PV 技術者	システム仕様の策定、調達の支援、購入機材の検査、設置作業の管理、システムトラブルへの対応、現地技術者の教育/訓練、利用者の啓蒙、交換機器の取り替え、不払い利用者からシステムの撤去 (プロジェクトによっては外部技術者が担当する場合もある)
補助作業員	PV 技術者の補助、予備機材の管理、システム台帳の管理、現地技術者の作業管理、
現地技術者	システムのメンテナンス、利用者の利用方法監督、利用者の意見収集



## 5) 徴収金額の算出

徴収金額は概算としてシステムの交換・償却費と運営管理費から予測できる。例えば 50W システムを 300 件、システムコスト 450,000FCFA(構成部品のコストは下記の配分を仮定する)で導入する場合

表 3.1.6-6 システム交換・償却費の例

システム構成部品	価格 (FCFA)	耐用年数	年間償却費
PV Module (Wp)	180,000	20	9,000
Charge controller (A)	35,000	10	3,500
Battery (Ah)	73,000	4	18,000
Four Lamps	52,000	5 (Inverter)	5,200
Pole, Cable, etc.	65,000	20	3,250
Installation, Transport	45,000	20	2,250
Sub-total	450,000		41,200

システム交換・償却費と運営管理費の合計は 62,320FCFA となり月額は約 5,200FCFA である。

ただし、この計算に使用している耐用年数は仮定の数字であり実績値ではない。品質や、メンテナンスの方法によって変化するものである。

この金額をベースに長期収支試算計算を行い、初期投資の資金手当てや将来の再投資必要額などを勘案して提示する金額を決定する。

## (7) PV システムによる電化ドラフト案の説明

対象となる村落あるいは地域に出向いて導入しようとするシステムとその運営方法の説明を行い、利用希望者と導入するシステムに関する要望を調査する。説明の内容は、

### 1) 太陽光発電とその村落に導入する理由

太陽光発電の原理、太陽をエネルギー源としており燃料を購入する必要がない。バッテリーチャージ方式のようなバッテリー運搬の面倒がない。ケロシンランプと比較して室内空気の清浄性向上、設置工事の期間が短いなどの利点と、しかし、使用できる電気機器の種類と電気の量には制限があることの説明。

その村落へ PV システムを導入する必要性については、Grid の延長やディーゼル発電による電化に近い将来には実現が困難であることを理解してもらう。

## 2) 導入を予定しているシステム

その村落、または近くに PV システムが導入されていない場合、村民は PV システムとはどのようなものか見当がつかない。PV システムのモデルを準備して PV からの電気がどのような機器に何時間使用できるか、特に照明の明るさなどを実際に体験してもらうと良い。

## 3) システムを導入する場合の運営方法

ESCO 方式を導入するのであれば、販売方式とどう違うかを十分に説明する。システムは利用者の家に設置するが、その所有権は利用者ではなく運営機関に属しており、耐用年数が過ぎた機器の交換や、現地技術者による定期的なメンテナンスも運営機関によって行われるため、利用者は限られた手入れを行うのみで良いことを説明する。

## 4) 予想される徴収金額

利用者も初期投資の一部を負担することもありうることの説明。この段階では徴収金額は、システムの最終コストや補助金の比率などが決まっていないので予想金額として提示せざるを得ない。最終的には契約時に決定することとし仮価格として提示する。

## 5) その他

導入が決定すればその地域から現地技術者を選んでメンテナンスを実施させることを伝える。

## (8) 導入システムの把握

現地説明で利用者の希望するシステムの内容を把握する。希望の中で受け入れられるものと受け入れられないものをはっきりとさせる。利用者は電気が来れば交流仕様のカラーTV や冷蔵庫なども使用できると期待している場合が多い。

システム容量の違ったタイプを複数ケース導入する場合はタイプごとの利用者数を把握する。

## (9) 利用者の把握

導入する場合の契約内容を示し、導入希望者の数を把握する。仮登録の受け付けを行ってもよいがプロジェクト実行までに時間がかかる場合は、かえって信頼性を低くする場合もあるので注意が必要である。

## (10) 現地支援体制の検討

現地における PV システムの導入や運営の支援が可能となりそうな既存の組織やグループなどの有無や、利用者同士をグループ化して相互支援の可能性を検討する。

ERIL 方式の場合には地方自治体など地元のグループが主導してプロジェクトが実施されるので、現地の支援が大きくなることが期待できる。

## (11) システム運営体制の策定

### 1) RESCO (Rural Energy Supply Company)の必要構成条件

プロジェクトが Fee for Service 方式で行われる場合、運営主体となる機関(ESCO)が備えておくべき条件

- a) 補助金は初期投資に対してのみ供給され、運営や保守の費用は利用者からの料金で賄われなければならない。

すべての地方電化はグリッド延長や独立タイプに関わらず初期投資に対する補助が必要である。しかし運営に対する補助は依存性を強くし、補助からの離脱と経済的な独立を遅らせることになる。

- b) 運営管理については専門家が必要であり、技術的なトレーニングがすべてのレベルで必要である

すべての事業についてこのことは基礎的な必要条件であるが、特にサービス業においては決定的である。販売事業においては損失または利益が即座に判明するが、サービス事業においては利益は長期間が過ぎた後で判断されるし、より良い品質の計画と管理が要求される。根本的な条件は継続的にシステムの設置、保守および補修が出来る技術者を確保できるかどうかである。企業は新人やスタッフの成長に応じて技術的な訓練をするシステムを準備しておかなければならない。

- c) RESCO 企業の運営コストを吸収できるだけの需要家がいることが必要

専門的な運営組織と保証された技術者が規模の大小に関わらず RESCO には必要である。100 件の需要家を運営する RESCO と 500 件の需要家を運営する RESCO とで費用に大きな違いはない。1 件当たりの RESCO の費用は需要家 500 件になると大きく低下する(ただし需要家の地理的密度にも大きく影響される)、そして 1000 件以上になると変化は小さい。

RESCO として成立する規模として需要家 500 件程度が最低限度であり、長期的に利益を確保するにはそれ以上が望ましいと考えられる。

d) 料金不払いの需要家に対する供給停止の強行

供給停止の強行がないことに需要家が気づくと多くの需要家が料金支払いをしなくなり事業が成り立たなくなる

e) 予防保全がコストを最小化する本質的な活動である。Solar RESCO においては現地技術者がそれぞれのサイトにおいて需要家を少なくとも 2 ヶ月に 1 度訪問することが必要である。

PV システムは見かけは簡単だが実際はそうではない。基本的には 3 つの部品からなり、運用と保守には努力があまり必要とは思われていない。確かに PV パネルやコントローラーは品質の良いものが選ばれていれば予防保全がなくてもあまり問題は生じない。しかしバッテリーは別であり、バッテリーの問題は普通長期間にわたる多くの小さな問題の集積から生じるものであり、その兆候が目に見えるようになったときは手遅れで取り替えるより方法がないことが多い。

バッテリーの予防保全はバッテリーの寿命を長期化しシステムの信頼性を向上しシステムのライフサイクルコストを最小化するための基本である。

f) 発電と配電のための部品はすべて運営機関の所有とし、保守もされる。需要家は発電された電気を適正に利用することのみが要請される

RESCO には充分、且つ有効な保守サービスを行うためのインセンティブが必要である。もし需要家が所有権を持ちバッテリーを自分で交換するのであれば、RESCO がバッテリーの寿命を延ばすために責任と経費を負担して予防保全をする意味がなくなる。

g) 需要家の満足と現地技術者の適正な予防保全作業を遂行させるために、需要家から運営機関への直接的な連絡システムが必要である。

低コストでの保守サービスが可能のように現地在住の技術者を置いているが、彼が適正に保守作業を実施しているかどうか監督のために現地を訪問するのはコストがかかる。

需要家からの苦情を待っているのではなく現地に需要家委員会のようなものを設定し、正式に現地の情報がフィードバックされる方式を考える必要がある。

- h) 現地技術者が適正に妥当なコストで保守作業を行うためにはある程度の需要家の地理的密度が必要であり、最低 75 件の需要家が必要

低コストで予防保全を行うためには需要家を集合化させることが必要である。一般的に現地技術者一人当たり 50 名以下ではコストがかかりすぎる。需要家の密度が高いところでは現地技術者一人当たり月に 150 件程度担当することが可能である。

## 2) 運営面で考慮すべき点

- a) 現地オペレーター、または外部技術者の採用

サイトがプロジェクトオペレーターの根拠地から遠い場合、現地、または現地近くにベースがあり、PV システムの管理に経験がある人間、または組織を現地オペレーター(外部技術者)として管理を委託し、料金の徴収も現地オペレーターに担当させる。

- b) 予備品の保管について

予備品等の保管についても故障修理時間の短縮を目指す場合には、現場近くに保管しておく必要があり、現地オペレーターまたはサイト内に保管するか、あるいは蛍光管の販売を委託する小売店などに予備品の保管を委託する。

- c) 使用済みバッテリーの取り扱い

使用済みバッテリーについては、回収して安全な状態で保管する。(酸は中和したうえで、内部の鉛が水源を汚染しないように保管する)

## (12) システム設置計画

村落の状況に合わせてシステムの再設計を行い、システム構成機器の仕様を明記する。システムの仕様については ASER マニュアルの Vol-II Technical Minima を参照する。JICA パイロットプロジェクトで採用した仕様の詳細は添付資料に付記した。(添付資料-4)

この仕様にしたがってサプライヤーから見積りを取って実際に必要となる投資金額を算出する。

2000 年に JICA 調査団が 50W システムで事前見積りを行った結果は次のようであった。

表 3.1.12-1 システムコスト見積り例 50W システム、150 件 (2000 年)

Items	Specs	Price (FCFA)		
		A 社	B 社	C 社
PV module	50W	170,000	250,000	165,000
Support	Steel, Wall Support	30,000	20,000	25,000
Battery	100Ah/12V	75,000	100,000	72,000
Charge Controller	5A	35,500	24,000	29,500
Three Lamps,	8W FL	45,000	59,000	39,000
Miscellaneous	Cable, etc.	93,000	81,300	80,000
Installation		70,000	43,700	40,000
Transportation		6,000	2,000	2,300
Total		524,500	580,000	452,800

JICA 調査団が実際にパイロットプロジェクトを実施した場合は PV モジュールのサイズを 55W とし、上記構成部品のほかに LED ランプ、およびバッテリーを格納するバッテリーケースを追加している。

### (13) 資金調達計画

初期投資金額は、利用者数にシステムコストを掛けたものになるが、その資金の調達方法を検討する。

- 1) 自己資金：オペレーターが用意すべき資金で ASER のマニュアルで下限が規定されている。  
推奨する割合として次の利用者負担を含めて 20 から 30% が望ましいとしている。
- 2) 利用者負担：利用者に初期投資の一部を負担させることは、利用者のプロジェクトへの参加意識を高め、利用者のその後の支払能力を確認する上でも有効である。Grid への接続の場合にも SENELEC は利用者に対し接続料を支払うように要求しており、また屋内の配線費用は利用者負担が原則であるが、PV システムの場合は屋内配線もシステム設置費に含まれている。
- 3) 補助金：地方電化を推進するための補助金を利用することにより、オペレーターの負担を軽くし、借入金の金額を少なくして金利や返済の負担を軽減し、利用者からの徴収金額を低く抑えることを可能にする。ASER では補助金の割合の上限を規定している。ASER のマニュアルでは最大で 35% としている
- 4) 借入金：自己資金、利用者負担金、補助金でも投資額に足りない部分は資金の借入れを行う。借入先は、政府の斡旋、商業銀行、地元の融資機関等が考えられるが、セネガルの地方電化については ASER が低利、長期間返済の有利な資金の斡旋を用意している

- 5) その他：国際的な援助機関や NGO などからの援助資金が手に入れば、借入金はその分減少できる。

初期投資の金額に対し政府からの補助金の導入が期待できるが、補助金の支給時期と購入費用の支払い時期の関係から資金手当てを考慮しておく必要がある。

#### (14) システム運営費用の算定

システム運営に関わる要員(プロジェクトオペレーター本体、現地オペレーター、現地技術者)の person 費と運営のための経費を算定する。

運営のための費用とは、サイトとの連絡のための交通費、交換部品の調達・保管・交換のための費用、バッテリー補水のための蒸留水、グリースなどの費用が必要となる。

さらに間接経費として、事務所の維持費、共通部門の費用負担などを考慮しなければならない。

#### (15) 徴収金額の算定

(6)の 5)項で徴収金額の概算を行ったがその金額を中心に長期収支見通しの計算を繰り返し、システムの運営が長期的に維持可能となる徴収金額を算定する。

一方、利用者の支払い可能額を、現在の照明に使用している灯油の費用やラジオ、ラジオカセットの聴取に使用している乾電池などの費用を参考にして徴収可能金額を推定する。

#### (16) 長期収支見通しの策定

長期収支見通し策定の手順

- 1) 初期投資額の算出：システムコスト\*設置システム数
- 2) 初期投資の負担割合の設定：自己資金、利用者負担、補助金、借入金の割合と借入金の条件(金利、返済期間、猶予期間)  
予想される一つのケースとして、自己資金 20%、利用者負担 10%、補助金 30%、借入金 40%とした場合を長期収支見通し計算のベースとする。
- 3) 収入金額：徴収月額\*12\*設置システム数
- 4) 支出(運営管理費)：要員\*配賦数\*人件費単価(/月)\*12+事務経費

- 5) 支出(交換部品):耐用年数終了部品単価\*システム設置数 (部品単価は将来の価格変化を見込むと購入年によって異なる)
- 6) 償却金額:購入金額/耐用年数+交換部品購入価格/耐用年数
- 7) 期末借入金残高の計算:借入金-返済金  
返済金:猶予期間内=0、猶予期間後=借入金/(返済期間-猶予期間)
- 8) 利息の算出:期末借入金残高\*金利
- 9) 償却前利益(Gross Profit)=(3)収入-(4)支出(運営管理費)
- 10) 純利益(Net Profit)=(9)償却前利益-(6)償却金額-(8)借入金利息
- 11) キャッシュフロー(Net Cash Flow)=(10)純利益+(6)償却金額+利用者負担+自己資金+借入金+補助金+追加自己資金(Working Capital)-初期投資金額-返済金-(5)支出(交換部品)
- 12) 自己資本利益率(ROE)=投下自己資本(追加自己資金を含む)と(11)Net Cash Flow の総和がゼロとなる場合の現在価値への割引率。
- 13) 財務投資利益率 (FIRR) =キャッシュの流出 ((1)初期投資+ (5) 支出(交換部品))とキャッシュの流入 (利用者の負担金+補助金+(9)償却前利益) の総和がゼロとなる場合の現在価値への割引率

この収支計算については、主報告書の財務モデルを参照。財務モデル策定の最大の目的は、料金設定であり、今後の ASER 中心に事業関係者間で充分議論することがまず求められている。



### 3.2 プロジェクト実施段階

#### (1) はじめに

第3.1節のプロジェクト計画の提案を行い、プロジェクト実施に関する認可を得た組織または機関のプロジェクトオペレーターが、SHSを利用して“Fee for Service”方式による地方電化を実施するケースのマニュアルをJICAパイロットプロジェクトの経験をベースに策定する。

#### 2. 計画実施段階

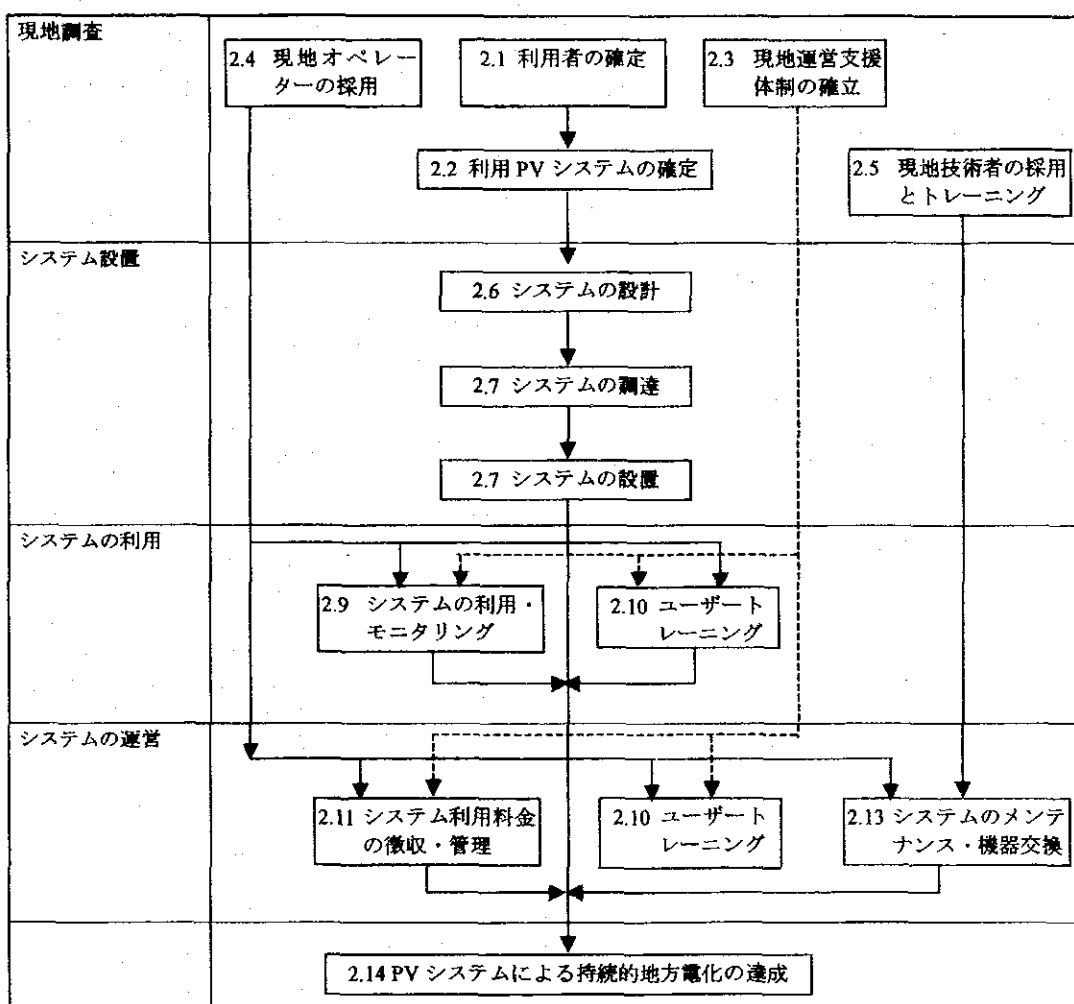


図 3.2.1-1 プロジェクト実施段階のフロー

#### (2) 利用者の確定

プロジェクト設定段階で予め導入を予定していた村落、または地域で実際にプロジェクトを実施することが決定したことに従い実際の利用者を決定する

## 1) 利用者の募集

プロジェクトを実施する地域または村落において、SHS による電化を希望する利用者を募集する。募集に当たってはプロジェクトの内容に基づく契約書を作成しておき、村落において村落の有力者達の参加の元に、契約の説明を行い利用者と契約する。導入する SHS のタイプが複数ある場合はそれぞれの特徴を説明し、利用者が理解した上で選択が出来るようにする。

## 2) 利用者との契約

契約時にはその後の利用料金の支払いが可能であることを証明させるために、利用者負担金の徴収を行い、支払能力があると考えられる利用者の参加を求める。

利用者負担金を契約時に全額支払うことが困難な利用者には一部の支払いで契約を認め、システムの設置が始まるまでに残額を納入させる場合もある。

契約書の見本として JICA パイロットプロジェクトのケースを示す。契約書には、

- a) 契約の当事者名
- b) 契約対象事業の概要
- c) 契約の対象となるサービスを提供するシステムの設定
- d) 契約書の目的
- e) 当事業関係者の記述
- f) 契約の有効期間
- g) 係争時の処理機関
- h) 料金不払いまたはシステムの無断改造使用時の罰則
- i) システムのメンテナンスと修理
- j) 経年機器の交換
- k) 料金徴収とその管理
- l) 初期支払金、支払い金額と時期
- m) 利用料金の支払い、支払い金額と時期
- n) 修理の請求と契約どおり実施されなかった場合の処理

- o) 例外となるケース
- p) 契約の解消
- q) フォースマジュール事項
- r) 保険
- s) オペレーターの立ち入り権、等を記載する。

(Contract on the PV Electrification in Mar Island) 添付資料-1

### (3) 利用 PV システムの確定

導入する SHS のタイプが複数のケースでは、利用者の選択によるタイプごとの必要数量を確認する。JICA パイロットプロジェクトのケースでは次表のとおりであった。この場合セネガルの日射量  $5\text{kWh}/\text{m}^2/\text{day}$  の条件下に、約 50W の PV モジュールを採用することを前提で設定している。

現地での説明に当たって、それぞれの機器が何時間利用できるかを図で示して村民の理解を得るように努めた。タイプ別の申し込み数は途中の変更もあり最終的には照明機器の多いタイプ1とタイプ3に集中した。説明は図で示して行ったが照明の明るさは実感することが困難であり、実際に実物で示すことが必要であった。

表 3.2.3-1 JICA パイロットプロジェクト提示システム

負荷機器	消費電力 (W)	タイプ別使用予想時間 (Hr)		
		タイプ1	タイプ2	タイプ3
蛍光灯 8W	8	3	3	3
蛍光灯 8W	8	3	2	3
蛍光灯 8W	8	3	2	
蛍光灯 8W	8	3		
蛍光灯 8W	8	3		
LED ランプ	0.7			8
LED ランプ	0.7			8
LED ランプ	0.7			8
LED ランプ	0.7			8
テレビ	12		4	3
ラジオ	5	2	3	4
合計消費電力量	Wh	130	119	104
設置希望者数		44	0	51

#### (4) 現地運営支援体制の確立

現地で利用者が村あたりで 20 乃至 30 件ほど集まれば、利用者のグループを結成しその世話役を選任し、オペレーターと利用者との連絡を担当させると運営がスムーズになる。

村落内の有力者は経済的にも優位にあることが多く、殆んどは SHS の利用者となることが期待できるので、彼らを世話役として現地とオペレーターとの間の情報の交換に当たらせる。例えば、料金徴収の支援、システム故障の連絡とか現地技術者の日常保守作業の状態チェックなど。

その作業に責任を持たせるためには若干の報酬を必要とする場合もある。

JICA パイロットの場合はサイトの 2 村落にそれぞれ VUA (Village Users Association) を設立した。  
(無報酬)

VUA に期待する役割は

- a) 料金徴収への協力
- b) 料金未払い者に対する指導を行う
- c) 月例ミーティングを通じた利用者のモニターと啓蒙
- d) 現地技術者のメンテナンス実施状況の監視
- e) 利用者のシステム運営に関する希望や不満を取りまとめてオペレーターに連絡する、など

#### (5) 現地オペレーターの採用

プロジェクト実施のサイトがオペレーターの根拠地から遠く、オペレーターの社員を長期的に派遣することが困難な場合、また、トラブルが発生したときにその対応にいちいち中央から現地へ社員を派遣していたのでは時間と費用がかかるので、そのような場合にはサイト近くにベースがあり、PV システムの技術および運営に経験のある人物または組織が見出せれば、その人物または組織を現地オペレーターとして運営を委託することも考えられる。

しかし、そのためのコストが追加となるが、根拠地からサイトまで自社の要員を派遣する場合のコストと比較して決定する必要がある。

セネガルにはこれまで海外の援助機関 GTZ などによる PV システムの導入が進められており、各地に PV システムの技術経験者が所在している。中でも FOPEN SOLAIRE に所属する PV

システムの技術経験を持つショップが地方にも展開しており、地域によっては運営を委託することが可能と思われる。

表 3.2.5-1 FOPEN-SOLAIRE のショップ名と所在地

Name of workshop	Place
AMICALE DES GROUPEMENTS DU SECTEUR DE FOUNDIIOUGNE(AGSF)	Quartier Thiamene (Foundiougne)
ASSOCIATION REGIONALE DES AGRICULTEURS DE FATIK(ARAF)	Quartier Diakhao-Gossas (Fatik)
CULTURE FOR AFRICAN DEVELOPMENT (CAD)	Guediawaye (Dakar)
CENTRE CAYOR ENERGIE SOLAIRE (CCES)	Quartier Netti gouyes (Pekesse)
CENTRE DE PROMOTION ET DE DIFFUSION DES ENERGIES RENOUVELABLES (CPDER)	Croisement Ndiosmone (Tattaguine)
CENTRE DE PROMOTION ET DE DIFFUSION DES ENERGIES RENOUVELABLES DE KAOLACK (CPDERK)	Boulel (Kaffrine)
FRERES UNIS DE DIOULE (FUD)	Diakhao (Fatik)
GROUPMENT D'ASSISTANCE AGRO-PASTORALE (GAAP)	(Mbour)
UNION REGIONALE DES ASSOCIATIONS PAYSANNES DE DIOURBEL (URAPD)	(Bambey)
GROUPMENT DES JEUNES ARTISANS DE POUT (GJAP)	Pout (Thies)
UNION POUR LA SOLIDARITE ET L'ENTRAID (USE)	Nganda (Kaffrine)
G.I.E. REBUSSOISE D'EXPLOITATION (REBEXE)	Medina (Dakar)

JICA パイロットプロジェクトではオペレーターである MATFORCE 社が、Kaolack にワークショップを開いている PV 技術者を現地オペレーターとして契約し、システムの設置作業時から現地技術者のオンザジョブトレーニングを兼ねて現地でのトラブル処理に当たっている。

(MATFORCE- 現地オペレーターとの契約書) 添付資料-2

#### (6) 現地技術者の採用とトレーニング

ESCO 方式を成功させる上で現地技術者の役割が大きく、プロジェクトの実施が決まれば設置作業が始まるまでに現地技術者を採用し、必要な技術トレーニングを行いシステム設置時から作業に参加させることが望ましい。

技術トレーニングについては、オペレーター自身で行う場合とトレーニングセンターを利用するケースが考えられる。PV システムのサプライヤーがオペレーターとなる場合には、オペレーター自身も PV の技術者を保有しており、現地技術者の社内でのトレーニングも可能であろう。

一方、トレーニングセンターを利用するのであればセネガル国内には CNQP と CFPT の 2 か所の訓練機関がある。

CNQP: Centre National de Qualification Professionnelle

CFPT: Centre de Formation Professionnelle et Technique Senegal Japon

JICA 調査団ではカリキュラムを比較した上で現地技術者の訓練内容として CNQP のほうが妥当であると判断した。

表 3.2.6-1 CNQP における初歩 PV 技術者のための訓練コースカリキュラム

	午前	午後
第1日	電気に関する基礎知識	マルチメーターの取り扱い方
第2日	SHS の説明	照明について
第3日	SHS 構成部品の更新について	SHS の設置方法
第4日	SHS の設置方法	SHS の設置方法
第5日	SHS のメンテナンス方法	SHS のメンテナンス方法

現地技術者は CNQP におけるトレーニングの後、現地で MATFORCE が実施する PV システムの設置作業に参加し、設置作業の経験をつんだ後システムのメンテナンスを実施している。

(MATFORCE と現地技術者との契約書) 添付資料-3

#### (7) システムの仕様設計

SHS システムとしての仕様設計は、ESCO として提供するサービスの内容を 3.2.3 節で提示した 3 タイプとし、いずれのタイプにも供給が可能な PV モジュール 50W クラス、バッテリーは 100Ah クラスの組合せとした。

それぞれの構成機器の仕様については、国際的に設定が進められつつある PV システムの標準や、セネガル国のエキスパートの意見も参考として決定した。

ASER が昨年策定したマニュアルの Vol-II には参照すべき仕様として “Technical-Minima” が記載されている。

表 3.2.7-1 PV システム構成機器

構成機器		タイプ1	タイプ3
PV モジュール	結晶型 55Wp	1	1
支持架台	壁支持型	1	1
バッテリー	100Ah/C20	1	1
バッテリーボックス		1	1
チャージコントローラー	PWM 10A	1	1
蛍光灯	8W	5	2
LED	0.7W		4
ラジオ用コンセント	6V/9V	1	1
TV 用コンセント	12V		1
ケーブル	4.0mm <sup>2</sup> 10m	1	1
ケーブル	2.5mm <sup>2</sup> 80m	1	1
設置作業		1	1

#### 1) PV モジュール

50W クラスの PV モジュールではセネガルおよび国際的な市場での出回り状況から 55W モジュールが主流になると見られ、価格的には殆んど差がないので発電能力が若干でも大きい 55W モジュールを採用することとした。

仕様には結晶タイプ(単結晶または多結晶)を指定、最大出力、高温時の出力などを指定した。

アモルファスタイプについては価格が安くなる可能性があるが転換効率が低いので面積が大きくなり風当たりが強くなるので、屋根置き型や地上設置型ではあまり影響がないが、壁支持型のサポートではより丈夫にしなければならないことと、まだ長期に安定して使用された実績がないので指定しなかった。

#### 2) PV モジュール架台

PV モジュールの設置方法としては、屋根設置型、地上からのポールマウント型、地上設置型、壁支持型などがあるが、パイロットサイトの住宅の大部分が四角いタイプの住居であり垂直の壁が屋根に接しており、壁支持型のサポートでモジュールを屋根の上に出すことが容易であり、高温時の冷却効果が高い壁支持型とした。材質は耐腐食性の高い防食性鉄鋼、ステンレスまたは亜鉛めっきアルミを指定。

### 3) バッテリー

バッテリーのタイプは現地技術者による巡回メンテナンスが可能なので、開放型の硫酸-鉛蓄電池を採用することとした。容量は充電電流や予想される放電電流から 20 時間率で 100Ah 以上とした。電圧は 12V である。

最近密閉型で液補充が必要でないゲルタイプの蓄電池も出回っているが、価格も高く行き届いたメンテナンスがされた時の開放型の電池よりも寿命は短いといわれている。

開放型の中でも放電深度の高いソーラータイプと、放電深度の浅い一般用（自動車用）があり、自動車用は価格が安いですが深目の放電深度で充放電が繰り返されると寿命が短くなり、深度の深い充放電が繰り返される SHS 用にはそのために開発されたソーラータイプが適している。

なお、JICA パイロットではユーザーの安全とバッテリーからの直接電気の使用を防止するために、バッテリーをボックス内に格納し鍵をかけ、その鍵は現地技術者が所持することとしている。

### 4) チャージコントローラー

バッテリーの寿命を保つためには、バッテリーへの過充電、バッテリーからの過放電を防ぐことが最も重要であり、充/放電コントローラーが必要である。コントローラーとして信頼性の高い電子式コントローラーを指定することとした。仕様として最大電流、通常使用電流、充電終止電圧、放電終止電圧、再充電開始電圧、再放電開始電圧、自己消費電力、バッテリー温度変化電圧調整機能、逆極性接続保護機能などを仕様として指定した。

### 5) ランプ

蛍光灯と LED ランプを採用した。蛍光灯はランプの交換が利用者の負担としているので、バラスト部分と蛍光管が分離できるタイプとした。バラストの品質が重要であり、バラストの出力波形、出力周波数、バラスト効率などを指定した。

LED ランプについては消費電力、光束効率などを指定

PV システムの中で最もトラブルを起こしやすいのが蛍光灯の品質で、分離型においてバラストの品質が悪いと蛍光管の寿命が短くなり、蛍光管の交換は利用者の負担となって



いるので利用者の支出が増加し、システムに対する不満が高まるので蛍光灯の仕様は使用実績の高いものにあわせ、高品質の製品が導入されるようにする必要がある。

#### 6) コンセント

DC用コンセントを要求したがAC用と互換であり、極性の表示を要求。

乾電池で使用していたラジオ、ラジオカセット用に12Vから6Vまたは9Vに電圧を調整するDC/DCコンバーターを設置することとした。

#### 7) 配線およびアクセサリ

配線間における電圧降下を許容範囲内に収めるために、PVモジュールからチャージコントローラー、バッテリーからチャージコントローラーへの配線と、チャージコントローラーから負荷機器までの配線に分けてそれぞれの長さとその断面積を指定した。

#### 8) データーロガー

一般の電化プロジェクトにはあまり必要がないと考えられるが、パイロットプロジェクトでは予想した発電量の確認と、利用者の電気使用の状況を知るために設置した。

測定項目は日射量と気温、PVモジュールの発電電圧、バッテリーの充放電電圧/電流、負荷の消費電流とした。

当初の仕様にはアイソレーションアンプが含まれていなかったが、設置後測定に入るとその必要性が判明し追加することとなった。

JICAパイロットプロジェクトの仕様書を添付する。

(Technical Specifications of SHS) 添付資料4

#### (8) システムの調達

機材調達はセネガル国内のみではなく海外からの調達も可能であるし、オペレーターがサプライヤーを兼ねている場合も多いと思われる。また、資機材の調達に関しては各社それぞれがセネガル国の法令や規則に即した社内ルールが設定されていると考えられる。

ここでは、一般的な調達の流れについて述べる。

**1) 仕様書の準備**

ここでは技術仕様項目以外に、入札の方法、時期、代金の支払方法、品質保証、販売後のサービスなどの契約条件についての規定も含まれる。内容はセネガル国の法令や規則に準じていること。

**2) 公開買付、または指名入札**

公開買付にするか業者を指定しての指名入札にするかを決定  
JICA パイロットプロジェクトでは指名入札制を採用

**3) 指名入札業者の選定**

カウンターパートおよび現地コンサルタントの情報を参考に、セネガル国内で SHS の設置に実績がある業者を選定して入札説明会への参加を要請した。公開入札の場合は新聞紙上で入札を公開することになる

**4) 入札説明会**

仕様および契約条件の説明

**5) 入札**

技術入札と価格入札に分けて実施、技術入札ではオファーしているシステム部品が技術仕様を満たしていることの確認資料の添付を要求した。

**6) 入札評価**

技術入札の内容で応札した部品が発注仕様を満たしていることを資料により確認、不足している場合には追加を要求した。技術入札に合格した業者に対し価格入札を開札

**7) 契約/発注**

最低価格を提示した業者と契約/発注

**8) 納入/検査**

数量検査および納入した機材が仕様に合格しているかどうかを検査。

JICA パイロットの場合は主要機材(PV モジュール、バッテリー、チャージコントローラー、蛍光灯のバラスト)については CERER に品質検査を委託した。

本来は納入検査で合格した後、機材を引き取るべきであるがパイロットの場合には設置工期が限られており検査結果が得られたのは設置工事が終了した後であった。

納入企業に対しては、検査の結果不合格であれば設置後であっても取り替えることも有るとして仮納入を認めた。

この結果、蛍光灯のバラストについてはシステム設置後その品質が発注仕様を満たしていないことが判明、システム運営中に多数の品質不良に基づくトラブルが発生。約束に従って納入機器（蛍光灯インバーター）について全数取替え作業を取り進め中之である。

## 9) 設置工事

機材の納入業者と設置業者が異なる場合もあるが、JICA パイロットでは設置工事を含んだ発注仕様となっている。設置工事については次項 3.2.9 参照

## 10) 完成検査

設置が終了した後全システムを検査し、改善すべき点があれば修正させた上合格とする。

## 11) 検収

全設備が検査に合格すれば検収をあげる。

## 12) 保証

検収後も契約に従い一定の期間、納入業者はシステム構成部品の稼働を保証し、不具合の部品があれば修理または交換する事を契約の条件とする。

## 13) 代金の支払い

代金の支払いについては契約書に記載した条件にしたが行われる

## (9) システムの設置

### 1) 設置場所の決定

システムの設置については利用者の住居ごとに、利用者と相談しながら PV モジュールの設置場所、コントローラーの取り付け個所、バッテリーの設置場所、および照明や、コンセントの設置場所を決定する。

JICA パイロットで配置を決めた例を添付する (Plan Sommaire) 添付資料—5

## 2) PV モジュールの設置

高い建物や木の影にならない場所で、上から物が落ちてこない位置にサポートを取り付け、ケーブルを結合した PV モジュールをサポートに固定する。PV モジュールの方向と傾きを正しく設置する。モジュールの方向は南向きで、傾きは 15° を指定した。

ケーブルを室内に導入し、コントローラーの設置場所まで配線する。ケーブルの室内導入部分は壁に穴をあけることになるが、その後の手直しを完全に行うこと。

## 3) コントローラーの取り付け

バッテリーの設置場所からあまり遠くない個所(2m 以内が望ましい)の壁、または柱等で利用者から見やすい場所に取り付ける。

## 4) バッテリーの設置

バッテリーは屋内の換気が良く、利用者家族の生活の邪魔にならない場所で、しかも現地技術者のメンテナンス作業が容易な場所が望ましい

## 5) 室内配線の実施

照明やコンセントの設置場所にしながら配線工事を実施する。見た目が悪くならないよう水平、垂直に配線し、たるみが出ないように適当な間隔で固定する。

## 6) システム機器の配線を結合

コントローラーを中心にシステム機器の配線の結合を行う。コントローラーによっては結合する順番が決められており、コントローラーの使用説明書に従う。

## 7) 設置作業のチェック

チェックシートに従ってシステムの設置が仕様書どおりされたかどうかをチェックし、改善点があれば指示して直させる。設置後の復旧状態もチェックし、壁にあけた穴の修復が行われたことの確認。さらに、バッテリー用の硫酸を運ぶときに使用したポリ瓶の回収が安全確保の面でも必要である。

JICA パイロットで使用したチェックシートを添付する  
(Acceptance Check List) 添付資料-6

## 8) バッテリーの初期充電

バッテリーにバッテリー液を注入すると約 70%程度の充電状態を示すが、満充電に達するまで負荷機器を接続しないで、最初に満充電の状態にする。100Ah のバッテリーで 50Wp 程度の PV モジュールを使用する場合、晴天時のセネガルでは 3~4 日で満充電に到達する。PV 技術者が常駐している場合はコントローラーをバイパスして PV モジュールから直接バッテリーに充電し、満充電が確認されたら(端子電圧および液比重により)コントローラーに接続すると、満充電に必要な時間が短縮できる。(手順については添付資料4の技術仕様書を参照)

## 9) PV 電力の利用

満充電に達したことが確認されれば、負荷機器に接続して電力の使用を開始する。

電力の利用方法はユーザーマニュアルにその詳細を記載したが、負荷機器の種類は限られた範囲で、利用時間も制限されている。

日射量が小さい雨季には充電される電力量が少なくなり、負荷機器の使用が出来ない日も発生する可能性があることを利用者に説明しておく。

## (10) システムの利用・モニタリング

利用者がシステムをどのように利用しているかを知ることが、運営管理を行う上で重要である。

現地技術者が利用者宅を訪問し、システムのメンテナンスを行うことになっているが、そのときにシステムの稼動状況やメンテナンスの内容とともに、利用者がどのような使い方をしているかを聴き取り、モニタリングレポートとして報告されることが望ましい。

JICA パイロットでは、3 件の利用者のシステムにデータロガーを設置し、システムの稼動状況と利用者の電気の利用状況が把握できるようにしている。

システム利用状況の例：データロガーの記録を添付。

(Interim Data Collection) 添付資料-7

## (11) ユーザートレーニング

利用者には最初オペレーターの教育により PV システムからの電気という限られた量の電気をどのように使えば良いかを教育しているが、実際にどの程度利用できるかをなかなか把握しがたいので、機器を点けたままにしたり、認められた機器以外の電気機器を使用したりして電気

を使いすぎてコントローラーの作動により電気の供給が出来なくなるケースや、逆に節約しすぎて電気を使わずにPVモジュールの発電電力を無駄にしているケースがある。

現地技術者やオペレーターが技術者が利用者宅を訪問し、使用状況を確認して正しい使い方を説明したり、あるいは利用者自身が自己学習することにより、利用者は上手な使い方を見出すようになる。

利用者がシステムをどのように取り扱えば良いかは、取扱説明書(ユーザーズガイド:本マニュアル第2章参照)を準備し、システムを設置したときに利用者に手渡し説明を行うとともに、重要な事項を図解してコントローラーの近くに掲示しておくが良い。

## (12) システム利用料金の徴収・管理

利用者からの利用料金の徴収は、システムの維持管理のために欠かせない重要な課題である。

### 1) 料金徴収の時期

利用料金の徴収間隔については、毎月、隔月、3ヶ月毎、6ヶ月毎、毎年などが考えられる。同じ地域内でも利用者によって現金が準備できる時期が異なっており、事務处理的には煩雑になるが複数のケースを併用することが望ましい。

JICAパイロットでは毎月、3ヶ月毎、6ヶ月毎の3ケースを設定している。

### 2) 料金の徴収者

料金の徴収者としては、

- a) オペレーターが直接徴収に出向く、
- b) 現地オペレーターが徴収に当たる、
- c) 現地技術者がメンテナンスと料金徴収を兼ねる、
- d) 現地支援組織が徴収を代行する、
- e) 現地に近い金融組織に徴収を委託する、などが考えられる。

徴収者としては、ある程度権威があり、強い態度で利用者に納入を要求できる人間が望ましい。

JICA パイロットでは最初プロジェクトオペレーターの社員が料金の徴収にサイトまで出かけていたが、費用がかかりすぎることがわかったので、現地支援組織（VUA）が徴収の支援に当たることになった。

### 3) 料金徴収の効率化

料金の徴収に当たっては、毎月の徴収日を決めておく、事前に徴収に出向く日を連絡しておいて利用者が現金を用意する時間的余裕を与えおくことと、その日に利用者またはその家族が在宅するようにしておく。

### 4) 料金不払い者への対策

契約では支払期日に支払わず、オペレーターから催促を受けてもなお支払わない場合は、オペレーターはシステムを撤去することが出来ることとしている。

ESCO 方式を軌道に乗せるためには、不払いの利用者を出来るだけ少なくすることが重要な鍵であり、不払い者に対し、システムを撤去するなど強制執行をする姿勢が欠かせない。

しかし出来るだけ不払い者を少なくするためには、村落の支援組織等から利用者に料金を納入するように説得する機会を与えるなど、回収率を上げるための努力も必要である。

### 5) 徴収料金の管理

徴収した料金は、毎月の運営管理のための費用と将来の交換部品購入のための基金からなっており、交換部品購入基金は出来るだけ有利な運用を図るために金利のつく預金として別口座で管理することが望ましい。

また、運営管理費を明確にするためにシステム運営に要した費用を集計しておく。その費用としては、

- a) 現地技術者の費用
- b) 現地オペレーターの費用
- c) オペレーターの費用（交通費、消耗品費、通信費、人件費、その他）
- d) 交換部品購入費、取替え作業費、などに分類して費用を把握する。

### (13) システムのトラブル処理

ESCO 方式では良好なサービスの提供を目的としているので、トラブルによる電気供給の停止は出来るだけ短時間に解消しなければならない。

JICA パイロットの場合、配線の緩みやスイッチの接触不良など、現地技術者が対応可能なトラブルであれば連絡があってから3日以内に修復し、蛍光灯のバラスト不良やコントローラーの機能不全、バッテリーの寿命による蓄電不足など部品交換が必要な場合は、連絡があってから7日以内に対処することを目標としている。

これを実現するために、現地近くに所在する PV 熟練技術者を現地オペレーターとして契約し、トラブルの連絡を受けてから現地に行くまでの時間短縮を図る。

また、現地技術者のトラブル原因判断能力と対処技術の向上と、交換用部品の在庫を常時確保しておくことが求められる。

別のトラブルとして利用者がオペレーターの許可を得ないで、システムを改造したり追加の電気機器を接続したりしているケースが出現した場合、元に戻すように説得するか、場合によってはシステムの撤去を行うなど強制手段を実行する場合がある。

### (14) システムのメンテナンス・機器交換

ESCO 方式によるシステムのメンテナンスは、サイトに常駐する現地技術者による日常的なメンテナンスとオペレーターに所属する技術者による課題処理を伴うメンテナンスがある。

日常的なメンテナンスは定期的にシステムをチェックし、異常の有無を判断し、異常が発見され現地技術者で対処可能であれば処置を行い、対処困難と判断すればオペレーターまたは現地オペレーターに連絡し、オペレーターの技術者の対応を待つ。また、バッテリーの電解液で減量しているものがあれば蒸留水など必要なものを補充するのも日常的なメンテナンスのひとつである。

オペレーターの技術者が行うメンテナンスでは機器のトラブルへの対処が多く、機器の修理または交換を伴うことが多い。PV システムではトラブルの殆んどが機器交換で対処することが多く、予備品の保管と補充が保全対策の重要な要件となる。

また、経年とともに機器の耐用年数に達する機器が多くなり、交換の必要頻度が多くなる。機器の寿命には品質や使用状況に由来するばらつきが存在し、早く交換しなければならないものと長期間能力を保つものが出てくる。



この交換を効率的に行うためにはある程度の期間が経過すれば、若干能力を保っているものも合わせて同時期に交換するほうが、輸送や交換作業の効率が良くなる場合もある。

交換した使用済みバッテリーの取り扱い：バッテリーには危険物である硫酸が入っており、また鉛が水や土壌を汚染する危険があるので、使用済みのバッテリーはオペレーターが引き取り安全な場所に保管することを義務付ける必要がある。

現地技術者が日常点検を行うときの要点とチェックシートを添付する  
(Note on Maintenance) 添付資料-8

### (15) PV システムによる持続的電化の達成

以下の条件が満たされれば PV システムによる地方電化の推進が可能である

- a) 利用者が供給されるサービスに満足して利用料金を支払う
- b) システムのメンテナンスが現地技術者およびオペレーターの技術者により実施される
- c) 利用者からの利用料金でオペレーターは組織の運営と交換機器の取替えが実施できる。
- d) オペレーターはコンセッション期間終了後、再投資できる原資を保有している。
- e) オペレーターの自己投資に対し、満足できるリターンが有る。
- f) オペレーターは同じようなプロジェクトに再投資する意欲がある
- g) SHS による電力サービスを期待し、利用料金を支払える利用者が存在する