

No. 02

国際協力事業団
セネガル共和国
セネガル共和国

鉱山・エネルギー・水利省
地方電化庁

セネガル共和国
太陽光利用地方電化実施計画

PV システムマニュアル

JICA LIBRARY



J1167787(9)

2002年3月

株式会社コナエ総合研究所
財団法人日本エネルギー経済研究所

鉱調資

JR

02-082

セネガル共和国

太陽光利用地方電化実施計画

PVシステムマニュアル

00000000

00000000

国際協力事業団

セネガル共和国 鉱山・エネルギー・水利省

セネガル共和国 地方電化庁

セネガル共和国
太陽光利用地方電化実施計画

PV システムマニュアル

2002 年 3 月

株式会社コーエイ総合研究所
財団法人日本エネルギー経済研究所

換算レート

(2002年2月)

US\$=¥133.74

US\$=7.54 FF

Euro=US\$0.87

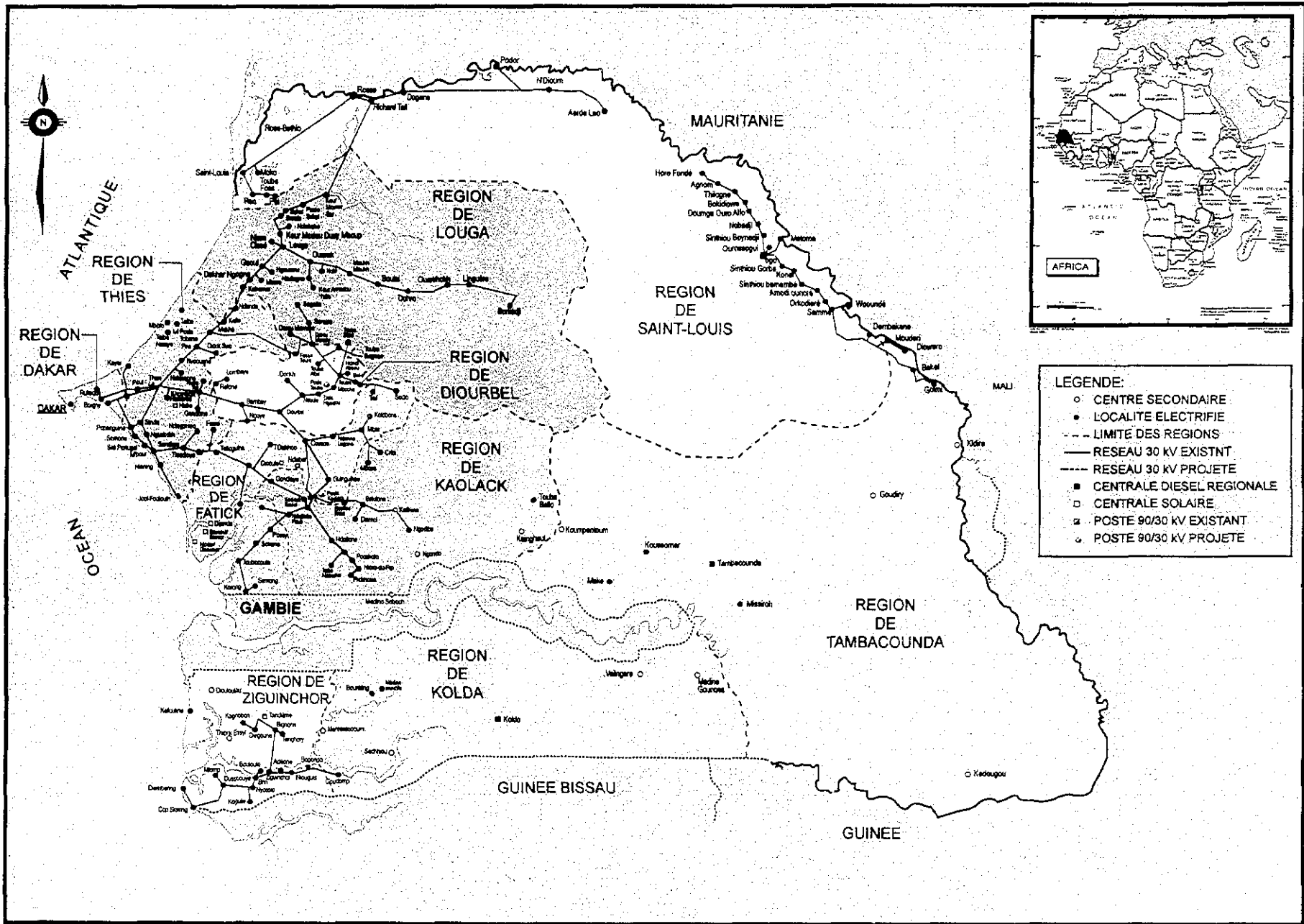
(Euro=6.56 FF)

FF=100 CFA

CFA=¥0.177



1167787(9)



位置図

太陽光利用地方電化実施計画

PV システムマニュアル

目次

調査位置図
用語と単位

第1章	目的と制約	1-1
第2章	ユーザーマニュアル	2-1
2.1	太陽光発電の仕組み	2-1
2.2	太陽光発電システム	2-1
2.3	システムの利用方法	2-4
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
3.1	SHS による村落電化計画の策定	3-1
3.2	プロジェクト実施段階	3-33
第4章	政府関連機関のマニュアル	4-1
4.1	プロジェクトの事前評価	4-2
4.2	実施段階の評価 チェックおよびモニタリング	4-13

表のリスト

表 1.1-1	PASER の計画目標	1-1
表 3.1.1-1	PV システムの具体的な用途	3-3
表 3.1.3-1	県別 SHS 利用者の推定数	3-9
表 3.1.4-1	ランプ所有数	3-10
表 3.1.4-2	電気機器所有状況 (%)	3-11
表 3.1.4-3	システム別電力使用量の例	3-12
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)	3-13
表 3.1.4-5	PV モジュールとバッテリーの容量	3-14
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	3-15
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)	3-16
表 3.1.6-1	バッテリーの特徴	3-20
表 3.1.6-2	バッテリーの寿命および概略価格	3-20
表 3.1.6-3	蛍光灯と CFL、白熱灯の比較	3-21
表 3.1.6-4	運営管理費の例	3-24
表 3.1.6-5	運営管理組織の要員と業務内容	3-24
表 3.1.6-6	システム交換・償却費の例	3-25
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)	3-30
表 3.2.3-1	JICA パイロットプロジェクト提示システム	3-35
表 3.2.5-1	FOPEN-SOLAIRE のショップ名と所在地	3-37
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	3-38
表 3.2.7-1	PV システム構成機器	3-39

図のリスト

図 2.1-1	太陽光発電の仕組み (IEA PVPS ホームページより)	2-1
図 2.2-1	太陽光発電システム (Polar Power 社の技術資料より)	2-2
図 2.2-2	太陽光発電パネル(モジュール).....	2-2
図 2.2-3	バッテリー	2-3
図 2.2-4	チャージコントローラー	2-3
図 2.2-5	蛍光灯	2-4
図 2.3-1, 2	PV モジュールの清掃方法	2-5
図 2.3-3	チャージコントローラーのシステム状態表示灯.....	2-6
図 2.3-4	バッテリーボックスの保全	2-7
図 2.3-5	電球交換方法	2-8
図 2.3-6	テレビおよびラジオ用コンセントの極性.....	2-8
図 2.3-7	使用例, タイプ 1	2-9
図 2.3-8	使用例, タイプ 3	2-10
図 3.1.1-1	PV システムの推定市場 (It-Power)	3-2
図 3.1.1-2	計画策定段階のフロー	3-7
図 3.1.5-1	ISES Rural Energy Supply Model	3-15
図 3.1.6-1	太陽光発電セルの分類	3-18
図 3.1.6-1	PV モジュールの価格分布 1999 年 JICA (予備調査)	3-22
図 3.1.6-2	バッテリーの価格分布 1999 年 JICA (予備調査)	3-22
図 3.1.6-3	コントローラーの価格分布 1999 年 JICA (予備調査)	3-23
図 3.1.6-4	蛍光灯の価格分布 1999 年 JICA (予備調査)	3-23
図 3.2.1-1	プロジェクト実施段階のフロー.....	3-33
図 4.1.2-1	料金収集システムのモデル	4-11

略 語

AC	: Alternative Current
ADER	: Association Senegalaise pour le Developement de l'Electrification Rurale
ASER	: Agence Senegalaise d'Electrification Rurale
BCEAO	: Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CERER	: Centre d'Etudes et Recherches sur les Energies Renouvelables Center of Study and Research on Renewable Energy
CFL	: Compact Fluorescent Light
CMS	: Senegalese Mutual Credit Fund
CNCAS	: Caisse Nationale de Credit Agricole
CNES	: Confederation Nationale des Employeurs du Senegal
CNQP	: Centre National de Qualification Professionelle
CR	: Communaute Rurale
CRSE	: Commission de Regulation du Secteur de l'Electricite
DAST	: Scientific and Technical Affairs Delegation
DC	: Direct Current
DFI	: Decentralized Financing Institutions
DFS	: Decentralized Financing Systems
D/G	: Diesel Generator
ERIL	: Electrification Rurale d'Initiative Locale
ESCO	: Energy Service Company
FAO	: Food and Agriculture Organization
FEM	: Fonds de l'Environnement Mondial
F/L	: Fluorescent Light
FOPEN	: Federation des Organisations pour la promotion des Energies Nouvelles <i>Federation of Organization for Promotion of New Energy</i>
GDP	: Gross Domestic Product
GIS	: Geographical Information System
GPS	: Geographical Positioning System
GTZ	: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GmbH
HVD	: High Voltage Disconnection
IDA	: International Development Agency
IEA	: International Energy Association
IPP	: Independent Power Producer

ISN	:	Institute of Senegal National Standard
LV	:	Low Voltage
MMEH	:	Ministere des Mines, de l'Energie et de l'Hydraulique
NGO	:	Non Governmental Organization
ODA	:	Official Development Assistance
OJT	:	On the Job Training
O&M	:	Operation & Maintenance
PASER	:	Plan d'Action Senegalais d'Electrification Rurale
PCM	:	Project Cycle Management
PDM	:	Project Design Matrix
PLE	:	Plan Locale d'Electrification (LEP)
PPER	:	Programme Prioritaire d'Electrification Rurale
PPMC	:	Pilot Project Management Committee
PTIP	:	Programme Triennal d'Investissements
PV	:	Photovoltaic
RESCO	:	Regional Energy Service Company
ROE	:	Return on Equity
SEMIS	:	Services de l'Energie en Milieu Sahelien
SFD	:	Systemes Financiers Decentralises
SHS	:	Solar Home System
SPF	:	System Photovoltaique familial
UCAD	:	University of Dakar
UNDP	:	United nations Development Program
VUA	:	Village Users Association
WB	:	World Bank
WHO	:	World Health Organization

Unit

mm	:	millimeter
m	:	meter
km	:	kilometer
El.m	:	Elevation in meter
l/s	:	liter per second
m/s	:	meter per second
m ³ /s	:	cubic meter per second

mm ²	:	square millimeter
km ²	:	square kilometer
mg	:	milligram
ton, t	:	metric ton
V	:	Volt
W	:	Watt
kW	:	kilowatt
MW	:	Megawatt
Wp	:	Watt peak
kWp	:	kilowatt peak
GWh	:	Gigawatt hour
kWh	:	Kilowatt hour
MVA	:	Megavolt ampere
KVA	:	Kilovolt ampere
Ah	:	ampere hour
Hz	:	Hertz
RPM	:	Revolution (revs) per minute
%	:	Percentage

Currency Unit

CFA	:	Senegalese Currency
US\$:	US Dollar
M.US\$:	Million US Dollar
Euro	:	European Currency
Yen	:	Japanese Currency

第1章 目的と制約

本章ではセネガル国において地方電化の手段として PV システムを導入するための手続き “Manual” を準備することを目的としている。

マニュアルを準備する対象として、(1)利用者、(2)電化事業者/オペレーター、(3) 政府機関を想定した。

現在セネガル国においては地方電化を進めるに当たって、その実施機関を従来の国営電力企業である SENELEC から、未電化の地域を分割してそれぞれの地域の電化を行う権利をコンセッションとして民間企業に与え、民間企業の意欲と努力によって地方電化を推進させる政策に変更し、その推進のために地方電化庁 ASER が設立されて、その地方電化を実施するためのマニュアルが公表されたところである。

このマニュアルによれば、コンセッションによる地方電化の手段としては MV(中圧)ラインからの LV(低圧)配電網延長による電化、ディーゼル発電を利用した独立配電網による電化と PV を利用した SHS 電化が挙げられているが、PV 導入に焦点を絞ったマニュアルではない。

電化の目標としては PASER(セネガル国地方電化行動計画)では次のような数字を出している。

表 1.1-1 PASER の計画目標

電力サービスのタイプ	既存 (2000)	第1フェーズ (2005)	第2フェーズ (2015)
電化村落居住者 (MV ラインからの延長)	27,000	58,000 (+31,000)	80,000 (+22,000)
ディーゼル発電配電網	—	26,000 (+26,000)	120,000 (+94,000)
SHS 電化 (PV)	3,000	20,000 (+17,000)	70,000 (+50,000)
合計	30,000	104,000 (+74,000)	270,000 (+166,000)
村落部戸数	600,000	696,000	810,350
電化率	5%	15%	33%

2015年の電化目標 24 万戸のうち、MV ラインからの延長が 5.3 万戸(22%)、ディーゼル配電網 12 万戸(50%)、SHS 6.7 万戸(28%)の割合となっており、PV に対する期待がかなり大きい。

コンセッションはセネガル全体で約 20 地域程度の設定が予定されており、1 箇所当たり約 1 万戸程度の電化が必要となり、従って SHS も 3~4 千件程度の導入が考えられる。しかし、コンセッションの中でどのように SHS を導入するかはコンセッションを取得しようとする民間企業の裁量に委ねられている。

一方、ASER のマニュアルではコンセッション方式による地域全体の電化に関する権利の譲渡のほかに、地域の村落または村落共同体が独自の電化計画を作成して、その実行を行う ERIL (Local Initiative Rural Electrification) 方式による電化も認めている。PV を利用した地方電化を実行に移すにはこの ERIL 方式による電化プロジェクトが適していると考えられる。

このような状況下にあつて JICA 調査団は、SHS 導入のパイロットプロジェクトとして Fatik 地域の Mar 島において 95 件の SHS を設置し、民間企業のオペレーターに委託して“Fee for Service”方式による運営を行い、この方式による SHS 導入可能性の検証を行っている。このパイロットプロジェクトは上記の ERIL 方式の 1 例として参考になるものと考えられる。

このパイロットプロジェクトにおいては地域の利用者の協力が積極的で、またオペレーター業務を行っているサプライヤーも新しい普及方針をふまえて PV システムによる電化の推進に積極的な協力を惜しんでいない。この貴重な経験をマニュアルに取り入れ、PV システムを利用した地方電化の推進マニュアルとする。

ここに作成するマニュアルはこのパイロットプロジェクトでの経験と実績を反映したものと
し、

- 1) ユーザーマニュアルはパイロットプロジェクトのユーザー用に作成した“Fee for Service”方式における SHS の利用に関わるマニュアル。
- 2) 電化事業者/オペレーターのためのマニュアルは、パイロットプロジェクトと同じ“Fee for Service”方式のプロジェクトを策定するためのマニュアルと、プロジェクトを実施する時の過程をマニュアルとしたもの。
- 3) 政府機関レベルのマニュアルについては、PV を利用した ERIL 方式によるプロジェクトのプロポーザルを評価するためのマニュアルと、プロジェクトが実施された場合の検査とモニタリングのためのマニュアルを想定した。

第2章 ユーザーマニュアル

2.1 太陽光発電の仕組み

太陽光発電とは、太陽光発電パネル(PV モジュール)が太陽の光をエネルギーとして受け取り、それを電気に変換する仕組みであり、太陽が当たっている間しか発電しない。

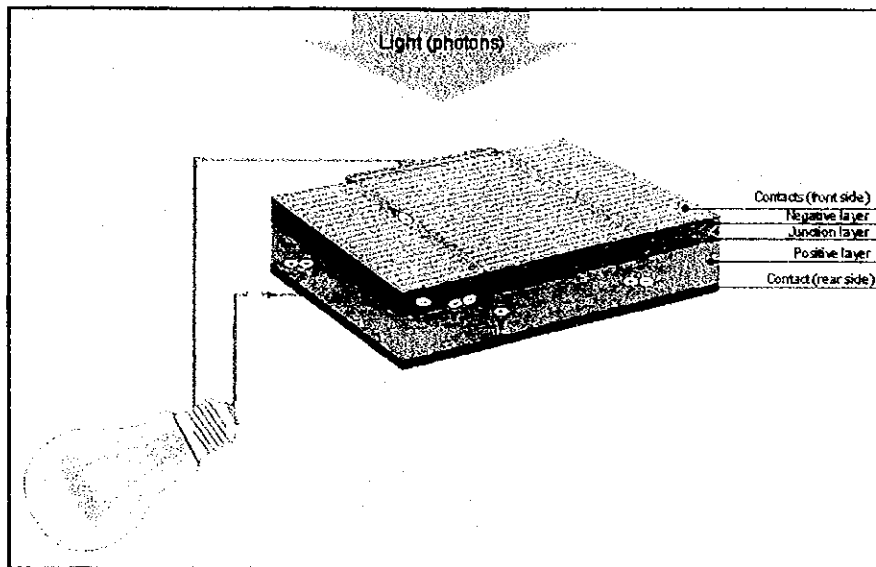


図 2.1-1 太陽光発電の仕組み (IEA PVPS ホームページより)

2.2 太陽光発電システム

太陽光発電は太陽が当たっている間しか発電しないが、照明などに使用するのは太陽が沈んだ後の夜であり、そのためには昼発電した電気を夜のために貯めておく必要がある。電気を貯めるためには蓄電池(バッテリー)が必要であり、バッテリーを長持ちさせるためには充放電を制御するコントローラーが必要となる。

太陽光発電システムは簡単に言うと (1) 太陽光発電パネル、(2) バッテリー、(3) コントローラー、(4) 負荷機器より構成される。

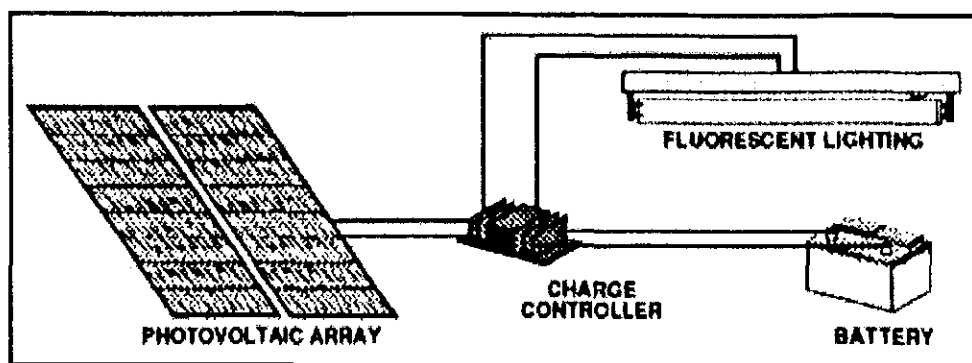


図 2.2-1 太陽光発電システム (Polar Power 社の技術資料より)

(1) 太陽光発電パネル

太陽光発電パネルは、幾つかの太陽光発電セルをつないで目的とする発電電圧と発電電力を得るためのものであり、通常は発電電圧が 12V のバッテリーを充電できる直流 15~18V、発電電力は 1 枚で 30~200W である。

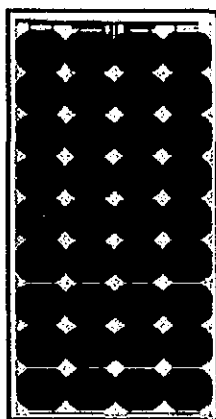


図 2.2-2 太陽光発電パネル(モジュール)

(2) バッテリー

発電電力を貯蔵するが、通常は電極に鉛、電解液に硫酸を使ったバッテリーを使用する。バッテリーは使い方によってその寿命が大きく左右されるので、利用に当たってはバッテリーメーカーまたはシステムオペレーターからの指示に従う。

また、コントローラーは利用するバッテリーによって制御電圧を設定するため、バッテリーを交換する場合は現在使用中のものと同じグレードを選定することが望ましい

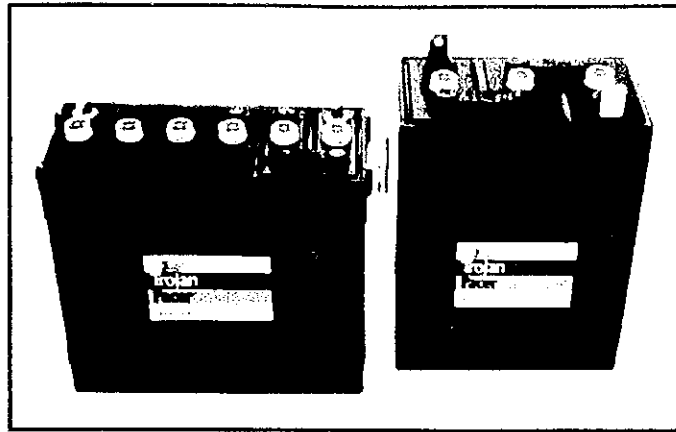


図 2.2-3 バッテリー

(3) コントローラー

バッテリーを長期間安定して利用するために、過充電および過放電を防止しバッテリーの性能が低下することを防ぐ。即ち、充電時にはバッテリーが満充電になると太陽光発電パネルからの電流を遮断し、過充電による水の分解を阻止する。また、放電時にある限度以上に放電されそうになると負荷への電流を遮断し、それ以上充電量が減少することを阻止する。

コントローラーには LED などによるバッテリー充電状況の表示機能を持ち、利用者がバッテリーの充電状況を知り、利用方法の判断が出来るようになっている。

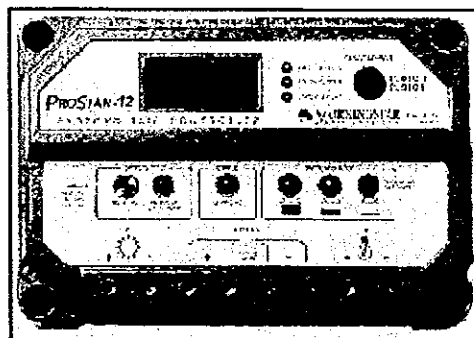


図 2.2-4 チャージコントローラー

(4) 負荷機器

負荷機器としては照明、ラジオ、ラジオカセット、TV (B/W) が大部分であるが通常直流用の機器が必要である。使用できる電力が限られているため負荷機器は出来るだけ効率の高いものが望ましい。

照明は小型の蛍光灯が一般的であるが最近ではコンパクトタイプ蛍光灯も良く用いられる。TV は直流の小型 B/W の利用が可能であるが、カラーTV 視聴の希望も多くなっている。しかしカラーTV は電力消費量も多いので、小容量のシステムでは対応が困難である。

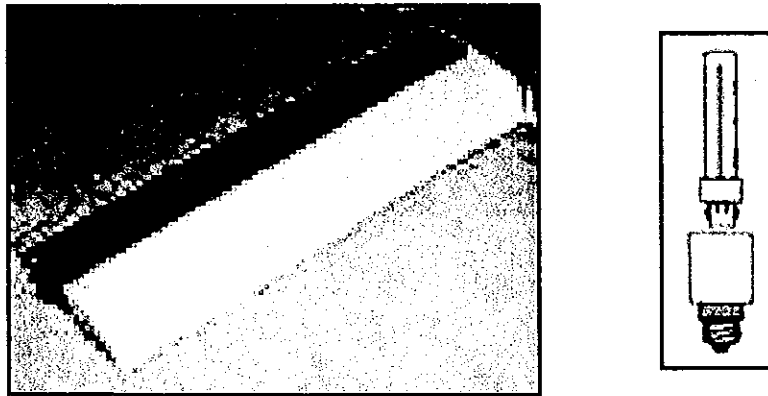


図 2.2-5 蛍光灯

2.3 システムの利用方法

システムの利用方法に関してはパイロットにおける策定例を紹介する

このマニュアルは「Fee for Service」によってサービスをうけるために SHS を適正に使用方法をユーザーに対して示すことを目的としている。

(1) 概要

「Fee for Service」により、ユーザーはオペレーターが徴収した料金に見合うサービスを受ける。ユーザーがオペレーターと結んでいる「Fee for Service」およびシステムの保守に関する契約を遵守する限りにおいて、SHS により電力供給をオペレーターから受けられる。

「Fee for Service」においては、ユーザーはシステムの清掃やランプの取替え以外にいかなるパーツにも触れてはならないし、配線を勝手に変更してはならない。

(2) PV モジュールの清掃

セネガルでは2つの季節しかなく（乾季と雨季）、雨量は少ない（乾暑気候）。少雨のため、降雨による PV モジュールの自然洗浄はほとんど期待できない。また、サハラ砂漠由来の砂塵により屋外のものは砂をかぶりやすい。こうした状況を踏まえ、セネガルにおける SHS ユーザー

は PV モジュールの出力を最大化するために、最低週一回は PV モジュールの表面を清掃することが強く望まれる。PV モジュールの表面がきれいなほど、PV モジュールの期待発電量は大きくなる。

ユーザーは清掃時、下記の事項に注意しなければならない；

- 清掃のために屋根に上がる際配線を引っ張らないこと
- PV モジュールに体重をかけないこと
- PV モジュール清掃時にはやわらかい布を使用すること
- 可能ならば、PV モジュール清掃は十分な量の水で洗い流すことが望ましい

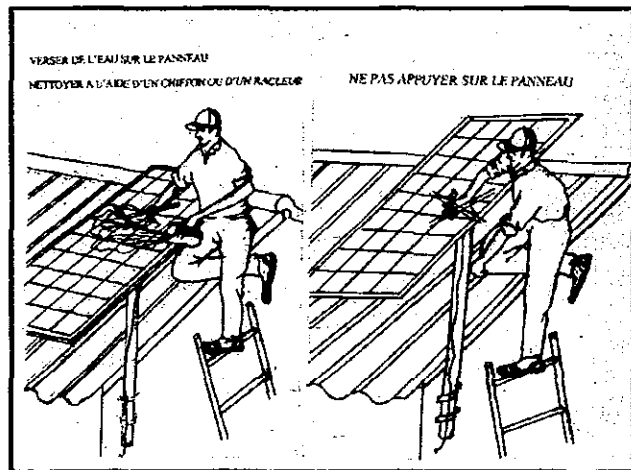
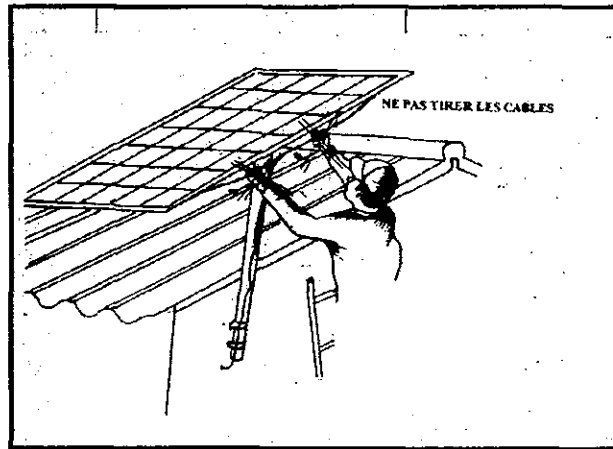


図 2.3-1,2 PV モジュールの清掃方法

(3) チャージコントローラーの点検

ユーザーはチャージコントローラーの内部を点検する必要はない。チャージコントローラーが正常に作動しているかどうか確認するために LED ランプの色を確認するだけでよい。チャージコントローラーは動作状況を示す LED ランプを 2 灯備えており、上段の LED は「状況表示灯」であり、下段の LED は「充電状態表示灯」である。システムが正常に作動しているとき状況表示灯は青色で点滅している。黄色や赤などで点滅しているときは、ユーザーは使用を中止しローカルテクニシャンに来てもらう必要がある。

充電状態表示灯はバッテリー充電状態を表示しており、バッテリー電圧によってその色が変わることで、ユーザーはバッテリー充電状態を知ることができる。

- 青: バッテリーは満充電であり、システムは使用できる状況にある。
- 黄: バッテリーは放電下限に近づいている。使用を中止する必要はないが充電が必要である。
- 赤: バッテリーは空である。ユーザーは LED ランプが青に変わるまで使用を中断しなければならない。

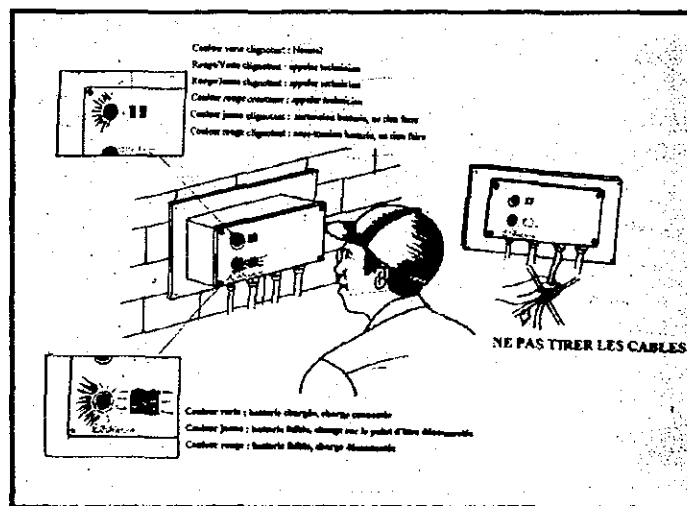


図 2.3-3: チャージコントローラーのシステム状態表示灯

(4) バッテリーボックス

バッテリーは満充電状態になった際に可燃ガスである水素を発生する。バッテリーボックスはこの発生したガスを逃がす穴を備えているため、ユーザーはバッテリーボックスの近くに火気

やバッテリーボックスの穴をふさぐようなものが無いことを確認しなければならない。ユーザーがバッテリー本体に触れることは禁止されており、バッテリーボックスのキーはローカルテクニシャンが保管している。

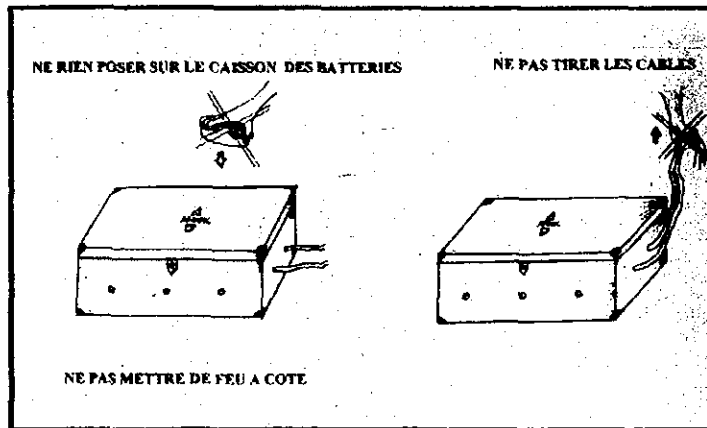


図 2.3-4: バッテリーボックスの保全

(5) 電球の替え方

電球は「Fee for Service」のサービス範囲外であるので、電球が切れた際はユーザー自身が費用を負担して取り替えなければならない。

1) 蛍光灯

電球交換時には蛍光灯カバーの上下両端をつまんでカバーを取り外す。切れた電球をひねってはずし、新しい電球を差し込む。電球交換後は必ずカバーをつけること。

2) LED ランプ

LED ランプはソケットにねじ込んであるので、切れたランプを取り外す際は、左回しに回して取り外す。その後、新品を差し込む。

LED ランプ用ソケットは白熱灯用ソケットと互換であるが、エネルギー効率の低下を防ぐために白熱灯の使用は禁止する。

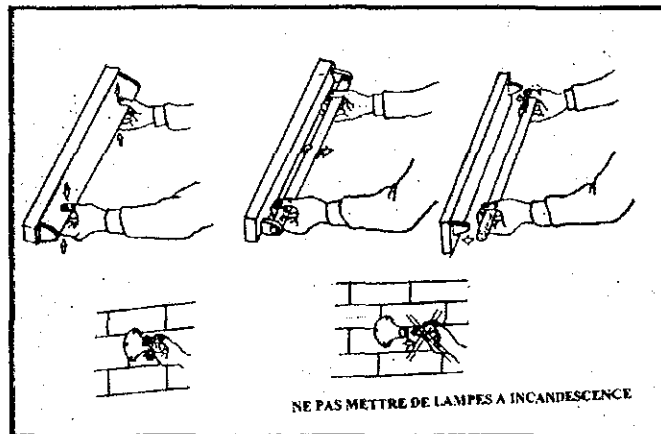


図 2.3-5 電球交換方法

(6) テレビおよびラジオ用コンセント

テレビおよびラジオ用コンセントは正負逆にコンセントプラグをつなぐことを防ぐために特殊形状をしている。アダプターはサプライヤーが配布している。テレビおよびラジオを使用したいユーザーはローカルテクニシャンにアダプター配線を依頼すること。

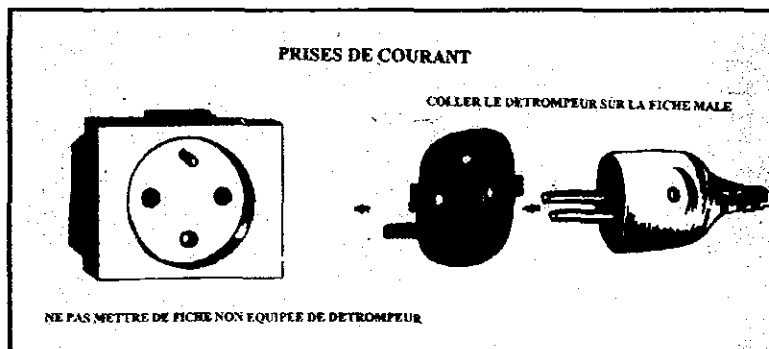


図 2.3-6 テレビおよびラジオ用コンセントの極性

(7) ユーザーによる電力消費管理

SHS では供給できる電力量が決まっているため、効果的な電力消費方法を学習するためにユーザーはどのような使い方でシステムがどのように作動するのか学ばなければならない。パイロットプロジェクト用システムは 180Wh/day の電力供給が期待される。すなわち、30W のテレビを 6 時間視聴できることになる。そのかわり、テレビ以外の家電は同時に使用することはできない。テレビと電灯を同時に使用するためには、テレビを見る時間を調整しなければならない。例えば、30W のテレビを 3 時間みたら、使用可能な残りの電力は 90Wh であるので、8W

の電灯 1 灯なら 11 時間点灯できる。8W の電灯 5 灯であれば、それぞれのランプを 2 時間点灯可能である。

ただしユーザーはこの 180Wh/day は晴天のときにだけ発電され、充電されることを覚えておかなければならない。曇りや雨の日には発電量が少なくなる。しかしバッテリーには少なくとも 3 日分の需要量に応じた電気が蓄えられているので 3 日間発電しなくとも電気が使えなくなることはない。もしそれ以上に電気を使用するとコントローラーが作動して電気の供給を遮断してバッテリーが損傷するのを防ぎ、晴天のときに PV パネルが発電してバッテリーにある程度以上の電気が蓄電されるのを待って電気の供給を再開する。

使用例を以下に示す。



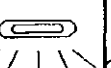


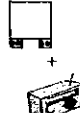





								
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
	24							
	1							
	2							
	3							

図 2.3-7 使用例, タイプ 1

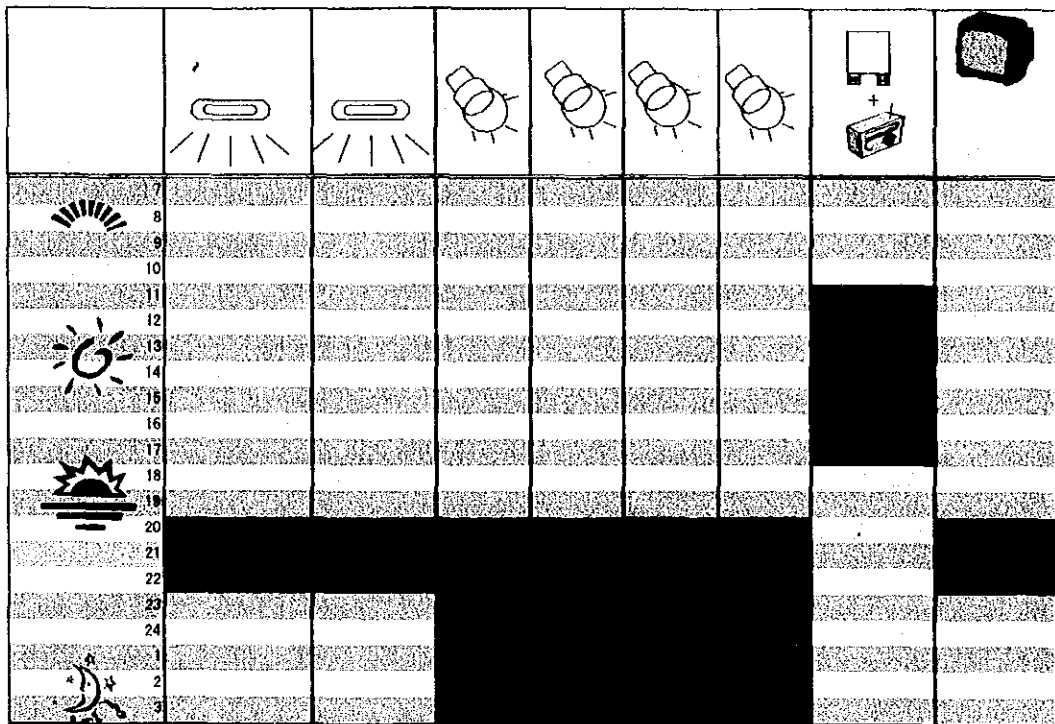


図 2.3-8 使用例, タイプ 3