

# ガーナ国 太陽光発電普及のための 人材育成プロジェクト

事業完了報告書  
和文要約

2011年12月

独立行政法人 国際協力機構 ガーナ事務所  
プロアクトインターナショナル(株)

ガーナ事
JR
12-001

## ガーナデータ



Base 803136AI (G00183) 5-07

面積	230,535 km <sup>2</sup>
人口	Total: 23.42 million (2009 est. National statistic Service) Accra: 1,658,937 Kumasi: 1,468,609 Tamale: 360,579
GNI/capita	1,230USD (2010 est. World Bank)
通貨	Ghana cedi (GHC): 1USD=1.55GHC @2011 AUG.

## 目 次

図 1	PVA と CA の関係	5
図 2	人材育成のコンポーネント	6
図 3	本プロジェクトでの人材育成と関連する組織	8
図 4	CA とコンセッションネアの関係	10
図 5	プロジェクトで発行した証明書	16
図 6	教育機関による知識ネットワーク	17
図 7	“Community Agent Manual”と“Community Solar Manual”	19
図 8	CA 研修の様子	20
図 9	KNUST のランプハウス	33
図 10	英弘精器 MP160	34
図 11	菊水電子 バッテリーテスター	35
図 12	Ah サイクル効率評価	35
図 13	劣化度評価方法	36
図 14	電源への逆流防止回路	37
図 15	PV testing manual	40
図 16	Training board	40
図 17	コミュニティソーラーの携帯	50
図 18	パイロットプロジェクトサイト	53
図 19	CSS 配線図	55
図 20	KOWA Box	56
図 21	AC システム、DC システム	67
図 22	システム全体の充電効率	68
図 23	ランタンの注意ステッカー	68
図 24	トレーニングキット	70
図 25	ランタン充電のビジネスモード	71
図 26	コミュニティソーラー管理図	74
図 27	段階的 PV の普及	76

## 表 目 次

表 1	プロジェクトで育成する人材 .....	5
表 2	PVA と CA に期待される役割 .....	5
表 3	CA の役割と業務 .....	10
表 4	CA トレーニングのまとめ .....	12
表 5	トレーナーによる CA トレーニング .....	13
表 6	PV エージェントによる CA トレーニング .....	13
表 7	CSS の管理帳 .....	14
表 8	トレーナーの要件 .....	22
表 9	PV トレーナー .....	22
表 10	トレーナー研修の内容 .....	23
表 11	PV エージェントの役割 .....	26
表 12	Community Solar Manual の内容 .....	27
表 13	合同研修の内容 .....	28
表 14	PV エージェント候補者 .....	30
表 15	PV 機器試験項目 .....	32
表 16	IEC に定められた光源要件 .....	33
表 17	12V 50Ah 鉛バッテリー内部インピーダンス初期値の目安 .....	36
表 18	IEC 推奨のセットポイント値 .....	37
表 19	HVD と HDR .....	37
表 20	ランプ評価の結果 .....	38
表 21	ランタン試験の結果 .....	39
表 22	温度係数 .....	41
表 23	作成された教材 .....	45
表 24	CSS 運営における各組織の役割 .....	51
表 25	サイト選定クライテリア .....	52
表 26	パイロットプロジェクト実施 PVA .....	57
表 27	第 2 段階 CSS の仕様 .....	58
表 28	PVA によって行われた CA 研修の内容 .....	59
表 29	充電料金比率 .....	60
表 30	ランタン充電のビジネスモード .....	60
表 31	各サイトの充電料金 .....	61
表 32	コンセッション料金と CA 賃金 (cedi/月) .....	62
表 33	CSS 運営管理帳 .....	63
表 34	各サイト CSS の売上 .....	64
表 35	CSS の初期投資額と年間収入 .....	65
表 36	CSS のキャッシュフロー .....	66
表 37	プロジェクトで作成した啓発材料 .....	77
表 38	啓発材料の利用 .....	78
表 39	人材育成対象 .....	82

# 目 次

1. プロジェクト概要 .....	1
2. 人材育成.....	3
2.1 人材育成の概要 .....	3
2.1.1 背景 .....	3
2.1.2 PV 普及のための人材.....	4
2.1.3 プロジェクトでの人材育成の取り組み.....	7
2.2 CA の育成.....	9
2.2.1 CA の役割.....	9
2.2.2 CA のトレーニング .....	11
2.2.3 CA による CSS の運転 .....	14
2.2.4 教訓 .....	15
2.3 PV エージェントとトレーナーの研修.....	22
2.3.1 トレーナーの役割 .....	22
2.3.2 トレーナー育成 (TOT).....	23
2.3.3 PV エージェントの役割 .....	26
2.3.4 PV エージェントの育成.....	26
2.3.5 教訓 .....	29
2.4 PV 機器試験のための人材育成.....	32
2.4.1 PV 機器試験 .....	32
2.4.2 PV 機器試験の研修 .....	33
2.4.3 作成された教材 .....	39
2.4.4 教訓 .....	41
2.5 PV 教育 .....	45
2.5.1 作成された教材 .....	45
2.5.2 課外 PV 教育.....	46
3. パイロットプロジェクト .....	48
3.1 概要.....	48
3.1.1 パイロットプロジェクトの目的.....	48
3.1.3 CSS の管理構造.....	51
3.1.4 パイロットプロジェクトサイトの選定.....	51

3.2 CSS の設置.....	53
3.2.1 CSS の仕様.....	53
3.2.2 KOWA ボックス.....	56
3.2.3 設置.....	56
3.3 CA トレーニング.....	58
3.4 CSS の運営.....	60
3.4.1 充電サービスの価格設定.....	60
3.4.2 管理構造.....	62
3.4.3 記帳管理.....	63
3.4.4 CSS の運営.....	64
3.4.5 CSS の収益性.....	65
3.5 教訓.....	67
3.5.1 技術面.....	67
3.5.2 ビジネス面.....	69
3.5.3 管理面.....	72
3.6 PV 普及のシナリオ.....	75
<b>4. 啓発活動.....</b>	<b>77</b>
<b>5. 結論と提言.....</b>	<b>79</b>
5.1 背景.....	79
5.2 効果的 PV プロジェクト.....	82
5.3 MOEn の課題.....	84
5.4 JICA 事務所の課題.....	86



## 1. プロジェクト概要

ガーナは1989年にNational Electrification Scheme (NES) を策定し、地方電化の促進に努めてきた。このNESでは人口500人以上のコミュニティが2020年までに電化されることになっている。しかし、地方は住居が離散していて配電線敷設のコストがかかる上に財政難もあり、地方電化の促進は困難であった。一方、ガーナ政府は豊富な太陽光エネルギーを利用し、地方電化を進めたいという意欲を持っていた。

2003年にガーナ政府はJICAに対し開発調査“the Master Plan Study on Rural Electrification using Renewable Energy Resource in the Northern Part of the Republic of Ghana”を実施した。開発調査は2004年2月から2006年5月まで実施された。提案されたマスタープランはこれまでのプロジェクトで経験された組織制度面での問題を解決するためのアクションプランと持続的なPV電化モデルの導入の必要性が指摘された。

マスタープランでの指摘に従ってガーナ政府はJICAに対し持続的なPV地方電化モデル導入プロジェクトの実施を要請した。この結果、人材育成の制度開発を行う本技術協力プロジェクト“Human Resource Development for Disseminating PV Systems in the Republic of Ghana”が2008年2月より実施されることになった。

プロジェクトは2008年度にまずPV人材育成の中心となるトレーナーを3つの学校(KNUST, Tamale Polytechnic, Koforidua Polytechnic)より選出し、彼らの育成にあたった。これと共にプロジェクトではMOEn(エネルギー省)と人材育成制度の構築方法について協議を進めた。しかし、プロジェクトが目標とした人材育成制度の構築とガーナ側が要請した持続的PV地方電化モデルの導入との間に大きなギャップがあったため人材育成制度の協議はうまくは進展しなかった。エネルギー省は持続的PV地方電化モデルの導入に強い意欲を持っていた。

2009年度にプロジェクトはガーナ南部4ヶ所でコミュニティソーラーシステムを導入し、PV充電ビジネスによる収入を公共施設PVの持続性改善にあてるモデルの導入を行った。エネルギー省はこの方式の可能性追求に意欲を示し、2009年度の終わりにプロジェ



クトの方向を人材育成体制の開発から持続的 PV 導入モデルの開発へとシフトした。改訂されたプロジェクト計画では、コミュニティソーラーシステムのパイロットプロジェクトを全国 20 ヶ所で行い、PV システム持続性改善を検証すると共に、その中でコミュニティソーラーシステム導入と関連した人材育成を実施していくことになった。

2010 年 7 月に運営指導調査団が JICA 本部から派遣された。調査団はプロジェクト活動を実施するためには予定されたよりも時間がかかることを指摘した。この結果プロジェクト期間は 1 年延長され 2011 年 12 月まで実施されることになった。

プロジェクトの方向性は当初より変わってきたが、混乱を避けるために PDM におけるプロジェクト目標は変更せず、「人材育成の基盤が形成される」というプロジェクト目標はつぎの 4 つの活動を通じて実施されることになった (1) 地方で PV システムの運営にあたる人材 (コミュニティエージェント : CA) の育成、(2) 教育機関で PV の人材育成にあたるトレーナーの育成、(3) PV 機器の試験を行う技術者の育成、(4) 広く人々に対して PV の啓蒙を行う活動。

プロジェクトは 2011 年度にコミュニティソーラーシステムの設置を終え、モニタリング体制を構築した。コミュニティ エージェントの育成はパイロットプロジェクトの中で PV エージェントやトレーナーによって行われた。コミュニティソーラーシステムの管理はコンセッショネア (事業者)、DA (District Assembly 地方自治体)、MOEn の構造で行われる形になった。またトレーナーによる PV 教育が 3 つの学校で試行された。PV 試験については今後重要と思われるランタンの試験方法を GSB の技術者に対し技術移転した。これらの活動を通じて開発された教材は、必要部数印刷され各機関に配布されている。

これらの活動結果は 2011 年 11 月に行われたセミナーで報告され、12 月に本プロジェクトは終了した。

## 2. 人材育成

### 2.1 人材育成の概要

#### 2.1.1 背景

ガーナは1989年からNEPに従って配電線延長を中心とした電化を進めてきた。地方電化はNEPの中でも重要なテーマの一つであった。地方電化では住居の過疎さから来る配電線延長の高コスト化が問題であった。

一方、PVは地方電化を進める上で有望な方法であると思われてきた。これまで、PVによる地方電化プロジェクトがドナー支援によりいくつか行われてきた。中でもFee-for-serviceと言われる手法導入を試みたRESPRO (Renewable Energy Service Project)は著名である。

Fee-for-service はユーザーにPVの所有権を与えない代わりに利用料金を徴収して保守サービスを提供するという方式である。RESPROではこの利用料金が政治的な背景により過剰に低く抑えられたため、保守サービスの提供者がサービス提供を維持することができなくなった。このため、トラブルや寿命で機材に不具合が起こったシステムはほとんどそのまま修理されずに放置される結果となった。

ベースラインサーベイの結果によると設置されたPVシステムの80%以上は機能していない。多くのユーザーは誰に修理を頼むのか、どこでスペアパーツを買うのか情報を持っていない。一方、経済的理由で修理ができないと答えたユーザーは10%のみであった。このことは、もしユーザーに適切な情報を与えてあれば設置されたPVの持続性は大きく改善されることを示している。経済的困難さは持続性阻害の第一要因とは言えないことがわかる。地方で正しい知識をもった人材の育成とネットワークの形成を図り、PVシステムの持続性を高める努力をしていくことが必要である。

更に人材育成に加えて持続可能なPV普及モデルの開発もガーナでは必要とされていた。この結果、ガーナ政府はJICAに対し持続可能なPV電化プロジェクトの実施を要請した。JICAはこれに応えて“Human Resource Development for Disseminating PV Systems in the Republic of Ghana”の技術協力プロジェクトを2008年2月から2011年12月まで実施することになった。

## 2.1.2 PV 普及のための人材

### ① PV 地方電化に必要な人材

地方で PV に関する知識を持っている人を見つけるのは難しい。ほとんどのユーザーは自分のシステムがトラブルになった時にどのように対処すべきかの知識を持ち合わせていないし、誰に相談すべきかもわからない。従って、人材育成でまず取り組むべき問題は地方で PV に関する知識を持つ人を育成することである。

PV の知識をもった技術者の育成については既に AGSI (Association of Ghana Solar Industry) がトレーニングコースを開発している。彼らのレポートによると 2003 年から 2007 年の間に 200 人以上の人が研修を受けている。問題はほとんどの卒業生はアクラなどの都会にいる人たちで、地方の人に対して研修を行えるようなシステムになっていない点である。

初めプロジェクトでは PV の技術者育成を目指したが、AGSI が同様の研修コースを持っていることから方針を変更し、地方のコミュニティにおいて PV の維持管理をする人を直接育成する研修方式を開発していくことにした。PV システムの維持は PV 技術者だけでは無理で、コミュニティにいる人の貢献も必要である。

このような考え方のもとに、プロジェクトは PV 普及のために次の 2 層の人材構成を提案した。

- コミュニティエージェント：  
コミュニティにおいて PV に関する知識を持ちコミュニティの人の PV 利用の中心となる人
- PV エージェント：  
都市においてコミュニティの人の PV 利用を助け、PV が地方に普及するのを促進する人

PV に関する知識をもち、PV エージェントからの支援を受け、コミュニティエージェントはコミュニティでの PV の利用を支援・促進していく。彼らの働きにより、コミュニティでの PV 利用の持続性が改善し、人々が PV を利用することに自信を持てるようになる。この結果、PV の地方普及が促進されることになる。

従って、本プロジェクトで PV 普及のために育成する人材は次ページの図のようにまとめられる。

表1 プロジェクトで育成する人材

人材	役割
PV エージェント (PVA)	地方における PV 市場の開発とユーザーサポート
コミュニティエージェント (CA)	コミュニティでの PV の指導者

表2 PVAとCAに期待される役割

PVA	CA
地方での PV 市場開発	コミュニティでの PV 利用促進
地方での PV コンポーネントのサプライチェーン開発	PV システムの運転 ユーザーの PV 利用支援
CA の育成 PV ユーザー啓発	ユーザー指導
地方での PV ビジネスネットワークの開発	コミュニティ内での PV 充電やコンポーネントの販売

PVA と CA の関係を下図に示す。通常、PVA はいくつかのコミュニティと CA の支援を担当し、CA は彼のいるコミュニティでユーザーの支援を行う。

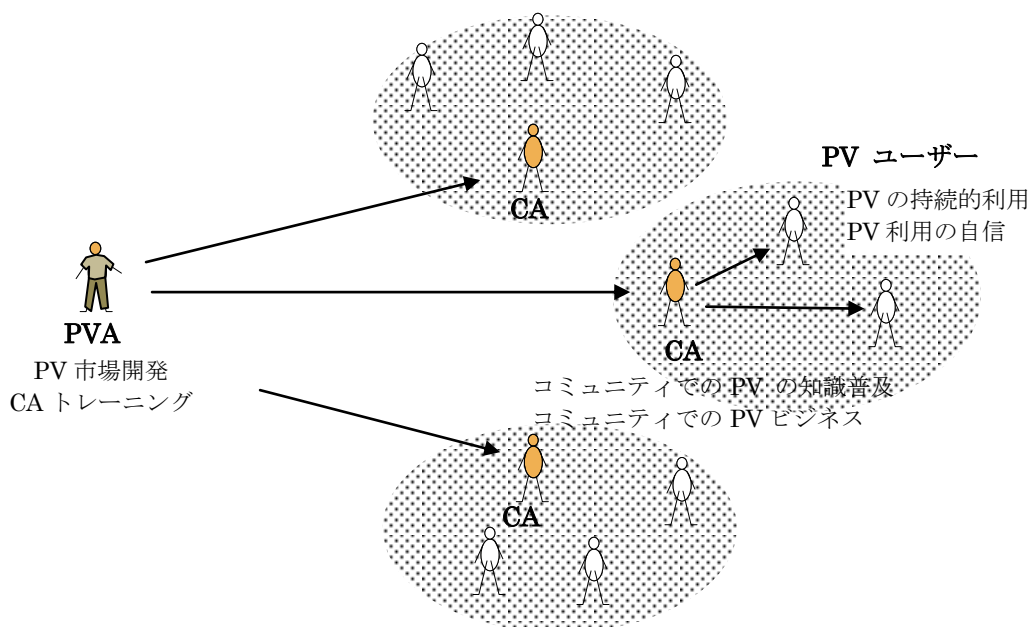


図1 PVAとCAの関係

プロジェクトはまた持続的なPV普及モデルの一方式としてコミュニティソーラーシステム(CSS)を提案した(CSSについては3章で詳細に説明)。これはPVシステムで携帯電話などの充電サービスを行いその収入でPVの維持費をまかなうものである、この場合、収入を効果的に運用するためのビジネススキルも必要とされる。プロジェクトではこのためにコンセッショネア(事業者)を導入した。CAがビジネススキルを持つ場合は、彼がコンセッショネアを兼ねることができる。CAとコンセッショネアでCSSを運営することになる。

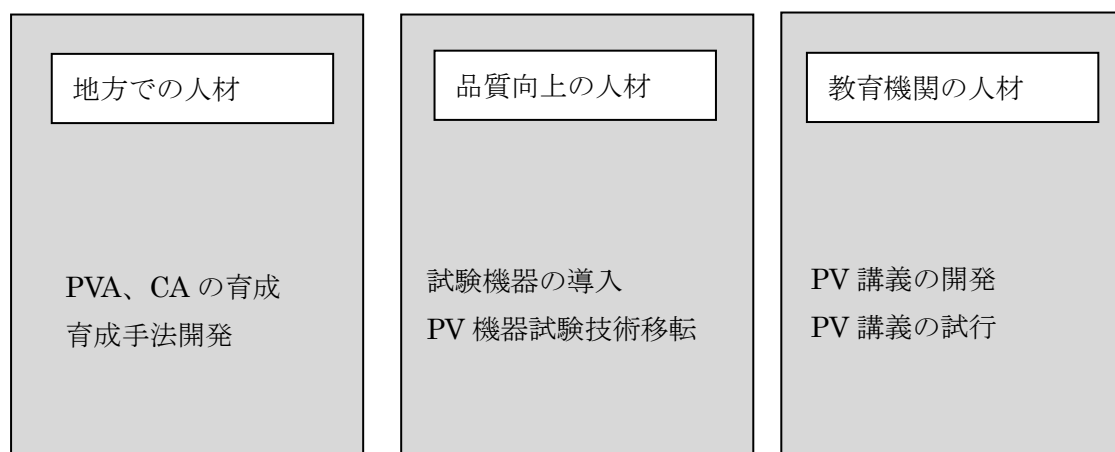
## ② PV品質向上のための人材

プロジェクトではPV機器の品質向上のための人材育成も行なった。品質管理はPV市場を作る上で重要である。PV機器の品質が悪いと消費者の信頼が得られずに、市場を失うことになる。品質の悪いPV機器から市場を守るためにガーナではPV技術基準をIEC(International Electric Committee)から導入したが、ガーナではまだPV機器を検査する技術が確立していない。プロジェクトでは必要なPV検査機器を導入し、関連した人材にPV機器試験の技術移転を行なった。

## ③ 教育機関における人材育成

教育機関においてPVの基礎知識を持つ人材を育成していくことは、将来PV業界でPVの普及に携わる人材を確保していく上で有効である。プロジェクトでは3つの教育機関(KNUST, Tamale Polytechnic and Koforidua Polytechnic)と協力し、そこの学生に対してPVの教育する手法について開発した

図2 人材育成のコンポーネント



### 2.1.3 プロジェクトでの人材育成の取り組み

プロジェクトでは PV の地方導入に有望と見られているマーケットベースの普及を目指している。健全なマーケット形成のためには PV の維持運営をしていける人材の育成が欠かせない。しかしながら、ガーナでの PV の市場は初期段階でまだ小さく、研修を受けて PV の維持運営を行える人は極めて限られている。AGSI が PV エージェント育成を目指した研修コースを作っているが、受講者はほとんど都市にいる人達である。従って、プロジェクトでは地方の人材を育成する方法を MOEn や 教育機関 (Tamale Polytechnic, KNUST and Koforidua Polytechnic) 、 AGSI と協力して開発することとした。

まずプロジェクトでは供給側の PV エージェントと需要側の CA のニーズを分析した。このうち、PV エージェントの育成は AGSI で行われている研修に集約すべきなので、プロジェクトではその内容強化を支援するに止め、CA 研修の手法開発を 3 つの教育機関から選ばれたトレーナーと協力して行うことに専心した。開発された手法は AGSI の PV エージェント研修の中にも CA を効果的に育成する方法として反映されていく。

PV 品質向上のための試験技術については、EC と GSB が方針立案や実施に関して責任を持っている。プロジェクトは EC や GSB、教育機関(KNUST, Tamale Polytechnic and Koforidua Polytechnic)に対し試験技術の技術移転を行なった。EC や GSB はその技術を彼らの品質管理やその計画に使う。教育機関は獲得した技術を学生に教えることで、PV の品質管理に貢献できる人材の育成を行なっていく。

また長期的な視野から上記に挙げたような人材の基盤を確保するために、教育機関で PV に関する教育の機会を作り将来貢献できる人を育成していくことは重要である。より多くの有能で知識をもった若者が PV の業務に携わって行くことで、将来の PV の普及はより容易になっていくだろう。プロジェクトは 3 つの教育機関と協力して学校での PV 教育の実施を試みた。

これらの結果、本プロジェクトで行う人材育成は次頁の図のようにまとめられる。

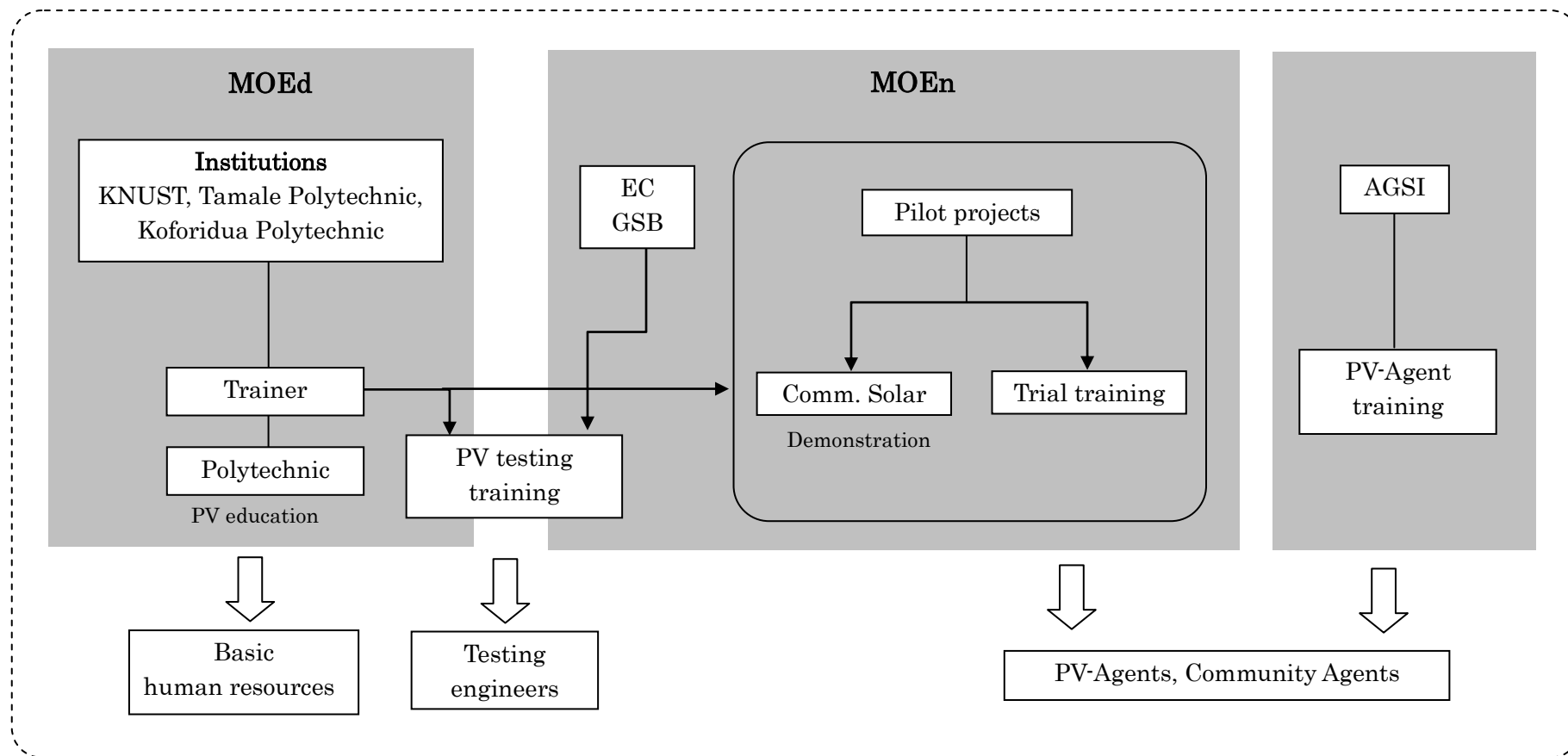


図3 プロジェクトでの人材育成と関連する組織

## 2.2 CA の育成

CA 育成手法の開発は本プロジェクトで最も重要な要素である。プロジェクトでは必要な教材や研修手法の開発を教育機関から選ばれたトレーナーと共にパイロットプロジェクトの中で行なった。PV の研修は当初各学校の教育コースの中に組み込む予定であったが、現状の小さな PV 市場のなかで所得のほとんどない地方の人を対象とした研修を教育コースに組み込むことは現実的ではなかった。一方、PV システムはほとんどの場合政府やドナーのプロジェクトで導入されていることを考慮すると、CA トレーニングはそのようなプロジェクトの中に取り込まれるようにすればよい。それらのプロジェクトが CA 育成の重要性を知って形成されていれば、本プロジェクトで開発された教材や育成手法はその中で使われていくだろう。プロジェクト立案をする人に対して CA 育成の重要性を知らせていくことは重要になるだろう。

### 2.2.1 CA の役割

2008 年にプロジェクトで行われたベースライン調査の結果によれば、ユーザーが必要としている情報は日常の保守をどのように行うか、スペアパーツをどこで買うか、スペアパーツをどのように取り替えるかというものであった。コミュニティ内でこのような知識を持つ人がいれば PV の持続性は大きく改善される。従って、CA の最も大きな役割は日常の保守であり、適切な知識によりコミュニティ内の PV システムの保守を行なってその持続性を改善していくことである。

CA 研修の開発と共に、プロジェクトではコミュニティソーラーシステム (CSS) を持続的な PV 地方電化手法の一つとして導入した。この場合、CSS の運転は PV に関する知識を必要とするため、CA の行うべき重要な役割となる。同時に、CSS の運転は CA にとって収入源にもなる。

学校やクリニックは地方では重要な公共施設である。無電化のコミュニティにおいても公共施設を電化することは重要である。PV はこのような場合、有効な電化手段となりうる。一般的に公共施設の PV は個人のものよりも大型で複雑になるため、その運転には PV の知識がより多く必要となってくる。CA はそのような設備の運転を行うこともできなければならない。

プロジェクトではチャージングステーションと公共施設 PV を合わせて一つの CSS と見なし CA がその運転を行なっている。この場合、CSS の運営には充電事業の売上を管理するためのビジネス技能も必要となる。CA にその能力が無い場合は、プロジェクトではコンセッショネアを事業管理のために従事させている。コンセッショネアは CA を雇って CSS の運転を行う形を取る。もし、CA がビジネス技能を持つ場合は、彼がコンセッショネアを兼



ねることも十分に考えられる。

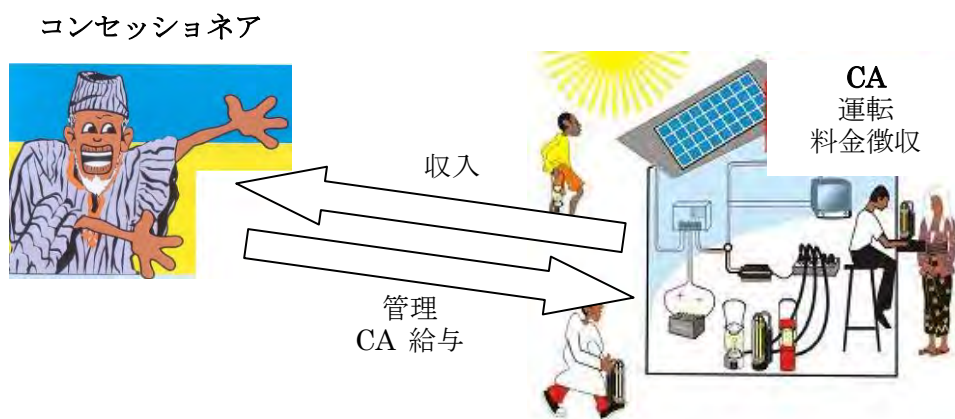


図4 CAとコンセッショネアの関係

CA の役割は CSS の運転と掃除などの日々の簡単な保守を行うこと、簡単なトラブル対処を行うこと、ユーザーの相談に応じることなどである。困難なトラブルの時には PV エージェントが CA の支援を行う。PV エージェントはシステムの拡張や設置など専門技術が必要なことに対処する。CA が十分な技能を習得すれば彼は PV エージェントとして働き、更に CA を育成していくことも考えられる。このようにして人材が育成されていけば、その地域における PV の普及は容易になってくる。

CA の役割と業務について下の表にまとめる。

表3 CAの役割と業務

CA の役割	コミュニティ内の PV の運転や保守を行うこと ユーザーの相談に応じる
CA の業務	運転: CSS、公共施設 PV 保守: パネル掃除、バッテリー補水、バッテリー/ランプ交換 配線掃除、接続の補強 ユーザー相談: 利用可能な機器、電気の節約の方法、機器の寿命
CA の候補者	技術知識のある人(先生など、コミュニティに居住していること) 読み書き計算が出来ること

## 2.2.2 CA のトレーニング

### <CA トレーニングの実施者>

CA トレーニングの技術的内容はそれほど難しいものではない。基本的には太陽光発電の基本概念と PV システム/機器の基礎知識、電気配線と保守についての知識・技能などである。中学校卒業の知識があれば十分理解できる。問題は地方の低所得者に対して研修の機会を与えることが難しいという点である。地方の人は研修料金を払うことはできないが、このような研修は社会活動の一環であると考えれば、政府がこのような機会を与える責任を持つ必要がある。研修自体は PV エージェントに委託することができるが、政府にとってもドナーのサポートなくしては研修実施の資金を確保することは難しい。政府の自己資金でも実施できるように CA 研修はできるだけシンプルにしてコストがかからないようにする必要がある。

PV システムがマーケットベースで設置される場合は、CA トレーニングは PV エージェントの市場開発の一環として実施される。この場合、PV エージェントが CA 育成をするためのインセンティブが必要である。プロジェクトでは CSS ビジネスがインセンティブになっている。CA は CSS の運転者として PV エージェントのビジネスを拡大する可能性を持っている。PV エージェントが CA をうまく育成できれば、その CA は CSS から十分な利益を上げることができる。その結果、CSS がその地域に普及し PV エージェントは販売や設置で利益を上げることができる。PV エージェントがコンセッショネアを担当することもできる。彼は将来のビジネスを考慮して CA の育成を行うことになる。

### <CA の選定>

CA の役割は PV システムの運転保守である。このような仕事は読み書き計算ができる技能者でこなすことができ、コミュニティの中で簡単に見つけられる。CA の選定前にまずコンセッショネアが選定され、CSS の概念が彼に説明され、CA はコンセッショネアによって選ばれる。コンセッショネアと CA はビジネスパートナーとなる。プロジェクトでは CSS は公共目的で設置され DA が所有権を持つ。従って DA が CA やコンセッショネアを指名することもある。CA やコンセッショネアの指名は後の CSS の運営を円滑にするためにコミュニティの中で透明に行われたほうが良い。

### <CA トレーニングの概要>

CA トレーニングの対象者はコミュニティの人間である。彼らは理論的な概念の理解に弱いかもしれないし、読み書きもあまり有能でないかもしれない。従って、トレーニングの内容も理論的なものより実践的なものが良く、教材はできるだけ絵で説明したものを多用すべきである。実際の機器を使った実習は有効である。また、設置作業を経験させることも、システムの構成や接続をより深く理解するために有効である。運転保守の研修は実際

のシステムを使って行うべきである。

CA 氏名の後、まず PV の基礎について講義スタイルの研修が PV エージェントやトレーナーによって行われる。トレーニングキット（後述）を用いた簡単な配線実習もこの時に行われる。コスト低減のため、このトレーニングは 1 日程度で行われる。カリキュラムのサンプルを添付資料-2 に示す。この後、CA は設置作業を経験する。設置作業は CA の研修理解を深める上で有効である。設置作業の後、PV エージェントは運転保守に関する指導を実際のシステムを用いて行う。管理に関する指導もこの段階で行われる。

CA 研修の全体の流れを下表にまとめる。

表4 CAトレーニングのまとめ

CA 選定	コンセッショネアまたは PVA (または DA) によって指名される コミュニティの同意が得られること
教材	絵を中心としたマニュアル トレーニングキット
トレーニング	PV についての講義・実習 ● PV の基礎 ● PV 機器 ● PV システム ● キットを用いた配線実習 設置作業実習 実際のシステムを用いた運転保守指導 管理指導

#### <プロジェクトでの CA トレーニング>

プロジェクトでは 2 通りの方法で CA トレーニングが実施された。一つはトレーナーによる方法で、もう一つは PV エージェントによる方法である。

##### ● トレーナーによる CA トレーニング

トレーナーによる CA トレーニングは 3 つの教育機関それぞれで開発したカリキュラムによって行われた。トレーニング期間は 4 日間、内 3 日間は教室内での講義実習、残り 1 日は現地での実習である。

このトレーニングは研修手法開発のために実施されたので、いずれのトレーニングも他の教育機関のトレーナーや PV エージェントが見学参加していた。トレーニングの後には理

解度テスト（添付資料-6）が実施された。このテストは受講者に対し PV 機器の名前や相互接続の方法を問うもの、記録帳の記入の仕方を問うものからなっている。受講者は PV システムの構成や機器の機能、CSS の運転方法などよく理解していた。

**表5 トレーナーによるCAトレーニング**

日	内容
1 日目、2 日目	PV の基礎に関する講義、配線実習
3 日目	現地研修
4 日目	運転保守に関する実習講義

● PV エージェントによる CA トレーニング

PV エージェントによる CA トレーニングはパイロットプロジェクトの CSS 設置に伴って行われた。トレーニングでは1日目に PV の基礎講義が 1-2 時間とトレーニングキットを用いた配線実習が 1-2 時間行われた。設置実習は 3 日間あり、受講者は現地で実際の知識を習得した。その後、運転保守に関する説明が設置されたシステムを用いて行われた。受講者の理解度は前述の理解度テストを用いて行われた。受講者は十分に PV について理解していた。

**表6 PVエージェントによるCAトレーニング**

日	内容
1 日目	PV 基礎の講義、配線実習、管理面の講義
2、3、4 日目	現地実習
5 日目	運転保守の実習、管理面の講義

<CA トレーニングフォローアップ>

CA トレーニングに参加した PV エージェントやトレーナーが集まりフォローアップが行われた。研修期間の 4 日間は妥当であるという意見が多かった。研修内容はいずれの機関でもあまり変わらず、研修を受けた CA はその後の CSS の運転で不安を感じなくなっている。管理面の教育をもう少し強化すべきという指摘があった。CA に対しては記帳が最も重要な管理面での教育である。プロジェクトでは下表の管理帳を記録することになっている。更にプロジェクトでは管理の形態をまとめた図を作成し、“Community Solar Manual”の管理面の項に記載した。

表7 CSSの管理帳

管理帳	記帳者	内容
Daily book	CA	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日付、天候</li> <li>● 充電時刻</li> <li>● 徴収金額、1日の売上</li> <li>● 特記事項</li> </ul>
Income/expenditure book	コンセッショネア または 教育機関	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日付</li> <li>● 1日の売上</li> <li>● 出費</li> <li>● 1ヶ月の収支</li> <li>● 特記事項</li> </ul>
Summary book	DA または 教育機関	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 月間収支</li> <li>● 特記事項</li> </ul>

トレーナーによる研修とPVエージェントによる研修の差についても議論があった。CAは実習によって育成されることを考慮すると、PVエージェント方式の方が望ましい。PVエージェント研修の場合は実習のためにいくつかの設置サイトが必要となる。トレーナーはPVエージェント方式の方が効果的であることを認めながらも、彼らの現状では設置サイトが十分に準備できないため、現状の方式にならざるを得ない点を指摘した。同時にトレーナーらは政府のプロジェクトサイトでの研修実施の機会をもっと教育機関に与えて欲しいと要請した。

### 2.2.3 CAによるCSSの運転

CSSがトラブル無く動いていればCAにとってCSSの運転は難しくはない。もしCSSに困難なトラブルが発生すれば、CAはシステムを止めてコンセッショネアに報告する。コンセッショネアはPVエージェントを呼びシステムを修理する。問題はこのプロセスを十分に理解していない場合があったことである。これは技術的な問題でなく管理面の問題で、管理の方法についても十分に時間をかけて関係者に理解させる必要があることを示している。

パイロットプロジェクト全般的にCSSはCAによってうまく運転されている。CAは朝CSS運転を開始し、携帯電話を受け取り充電しそれを記帳する。ユーザーが携帯電話を受け取りに来たら料金を徴収し記帳する。1日の終わりにその日の売上合計を計算し記帳する。売上はコンセッショネアに渡す。どのCAもほぼこのように業務を行っていたが、一部で記帳が不十分な面も見られた（天候の記載など）。

CSS のビジネス面は重要なテーマであるが、これについては第 4 章で取り扱う。

#### 2.2.4 教訓

CA 研修に関してはどのように研修を設定するかが重要である。プロジェクトではトレーナーによる方法と PV エージェントによる方法が実施された。現段階ではこれらの効果を評価するのは早すぎるが、実施上得られた教訓について指摘する。

##### <PV エージェントによる研修>

CA 研修は PV 設置の際に行われることを考慮すると、PV エージェントにより実施されるのが望ましい。しかし現状ではほとんどの PV エージェントは CA 研修や CSS ビジネスの有効性を認識していない。このため PV エージェントは CA 研修のために時間やコストをかけることを避けようとしがちである。プロジェクトでは PV エージェントに PV 設置を委託する際に CA 研修をまとめて依頼した。それでも PV エージェントは CA 研修を軽視しがちであった。PV エージェントに CA 研修を確実に実施させるためには次のことを考慮したほうが良い。

##### ➤ 認知度向上

CSS ビジネスや CA 研修の有効性について予め十分に宣伝する。プロジェクトではマニュアルやビデオ、ウェブページで宣伝の材料を準備した。また AGSI に依頼して協会メンバーに CSS や CA 研修について宣伝するように依頼した。

##### ➤ コスト削減

CA 研修にかかるコストを削減し、PV エージェントが実施する際の負担を軽減する。教室で実施される講義や実習はできるだけ短くする。組立実習に使うコンポーネントは設置に使うコンポーネントと共有する。

##### <トレーナーによる CA 研修 >

##### ● 研修コース

CA 研修を正規の教育課程に組み込むことは難しい。CA 研修の技術的内容は中学レベルのものでポリテクの研修には適さない。CA 研修で重要な内容は技術的なものでなく、日常の保守を確実に実施することや故障時のために修理費を貯めておくことなど非技術的なものが多い。正規の教育を行うという観点から見ると、ポリテクの教育コースはもっと理論的・技術的内容を重視すべきである。CA 研修は正規の教育コースから外れて実施することを考えたほうが良い。現実には大学にもポリテクにも課外研修を実施する制度がある。CA 研修もそのような課外研修の一つとして実施される。

- 認定

ガーナ人はでは研修を受けた時に認定証を貰うことを強く希望する。しかし CA 研修のように数日間だけの課外研修は正規の教育機関が発行する認定の対象にはならない。一方、CA 研修の認定はそのような正規の認定である必要はない。エネルギー省はこの点を考慮して、教育機関のかわりに研修への参加証明書を発行することを考えるべきである。



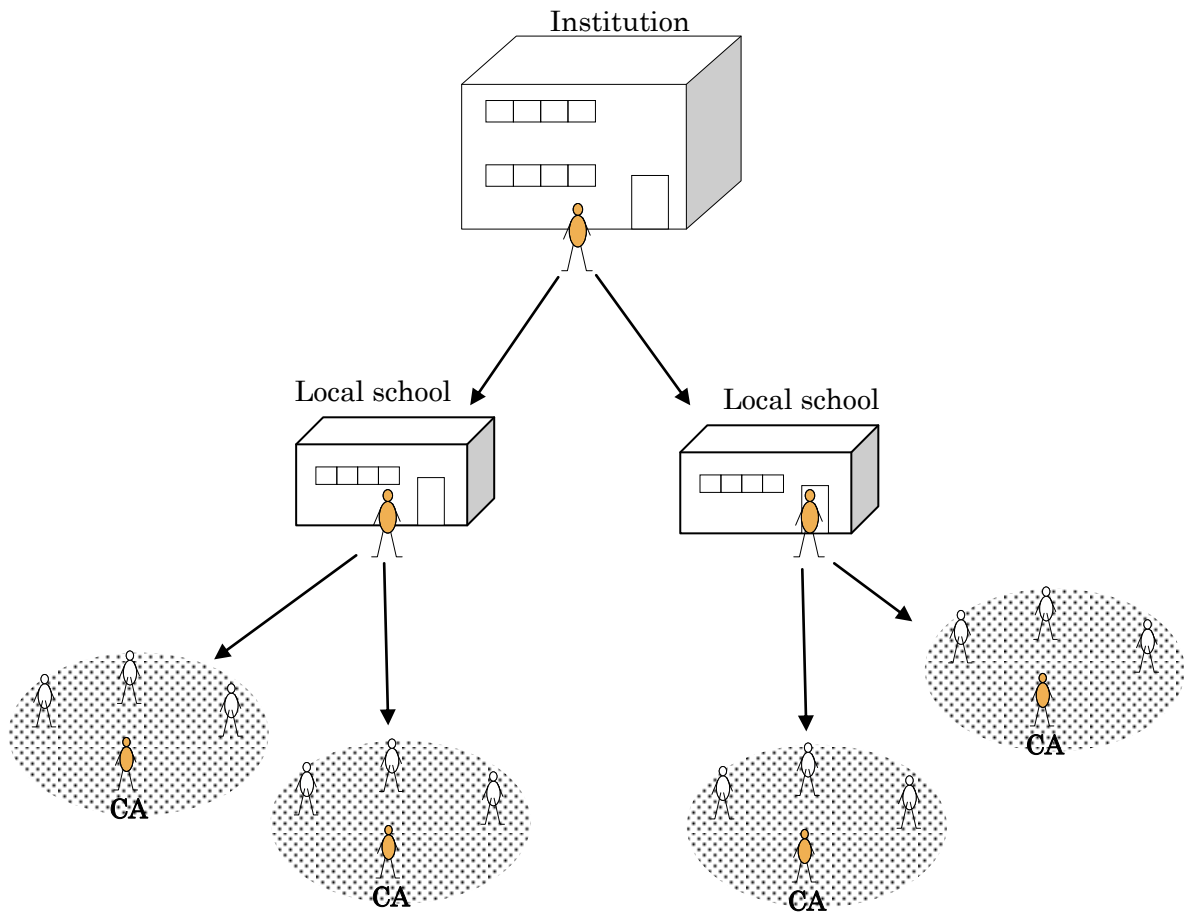
図5 プロジェクトで発行した証明書

- トレーナーの位置づけ

ポリテクや大学は知識のセンター的存在である。トレーナーはあらゆる知識を持つことが要求される。彼らが十分な知識を持てば、彼らと生徒の関係を通じて PV の知識が地域の普及していく。このためにプロジェクトでは様々な機会を利用してトレーナーの知識習得を支援してきた。トレーナーは CA 研修だけでなく PV エージェント研修や CSS の設置、PV 機器の試験、LED ランプの組立なども経験した。

トレーナーはその地域での PV 知識のセンターでもある。但しポリテクは各地域で一校だけしかない。彼らは実際に PV を使う地方の人により近い場所にいるテクニカルスクールなどと連携して行くことも期待される。この場合テクニカルスクールの連携者は PV エージェントのような働きをすることになる。このようにして地方での PV の持続性が大きく改善されていくことになる。このような教育機関による知識ネットワークのイメージを下図に示す。

図6 教育機関による知識ネットワーク



<コンセッショネアの選定>

プロジェクトではコンセッショネアを CSS のビジネス管理者として選定した。彼は CSS の日常ビジネス面を管理するので、コミュニティ在住者が望ましい。かれは CA を彼のパートナーとして雇用する。CA もコミュニティの在住者である。CSS をコミュニティに導入するには、まずコンセッショネアが選定され、CA は彼と共に選定される。コンセッショネアに技術的スキルがあれば、彼が CA を兼ねることもできる。コンセッショネアの有望な候補者はコミュニティで店を営んでいる人である。彼はビジネススキルを持っていると考えられる。プロジェクトでは 7 人のコンセッショネアが店舗経営者であった。他のコンセッショネアはコミュニティのチーフと選定した。7 人中 2 人は彼の息子を CA に指名していた。CA とコンセッショネアの信頼関係は重要で、息子が CA をすることは望ましいと言える。彼らの CSS 運営はうまく機能していた。

プロジェクトでコンセッショネアを選定する際の問題点は、CS の導入は公共目的であるため人材も公共目的の下で選定しなければならなかった点である。このため、プロジェク



トではまずコミュニティのチーフを訪問してコンセッショネア選定を行うことが多かった。多くの場合、チーフがコンセッショネアになることを希望したが、必ずしも彼らがコンセッショネアに適しているとは限らなかった。このような事態を防ぐ一つの方法は District Assembly の Coordinating officer と人材選定を行うことである。彼はコミュニティの状況をよく知っていて、チーフとも強く交渉することができる。

#### <CA の選定>

コミュニティにいる読み書き計算のできる技能者が CA に最も適している。地方のコミュニティでこのような人材を見つけることは難しくない。コミュニティ在住で CSS の運転をできる時間があれば、先生も有望な候補者である。基本的に CA はコンセッショネアと共に選定するが、コミュニティのチーフや District Coordinating officer や PV エージェントと選定する時もある。彼らはコミュニティの中に入り、コミュニティの人の話を聞いて人材の選定を行う。プロジェクトでは CSS を公共目的で設置し、CSS の運営は利益を生じるものであるため、この選定プロセスは公正で透明でなければならない。

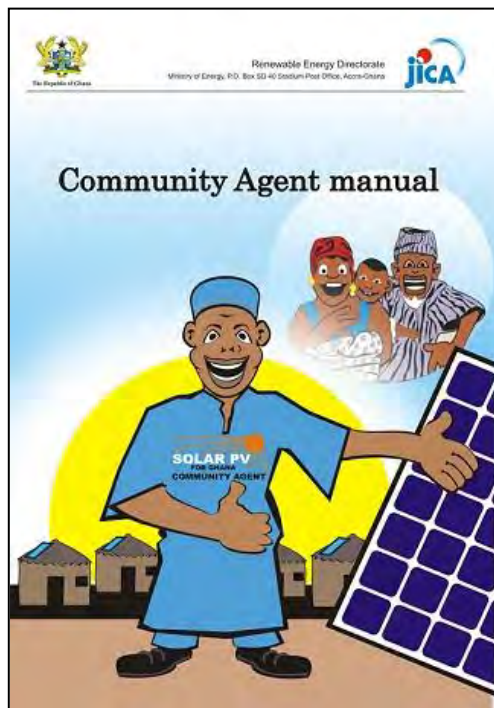
CA は選定された人に不都合が生じても良いように複数人育成しておくことが望ましい。但し、複数の CA がいる場合は、誰が「主」で誰が「副」であるかを最初の段階で明確にしておく必要がある。

Tomefa の場合、4 人の CA が育成されたが誰が「主」であるかを明確にしていなかった。後に誰が「主」になるかいさかいが起こり、結局、4 人で順番に運転し賃金を分け合うことになった。

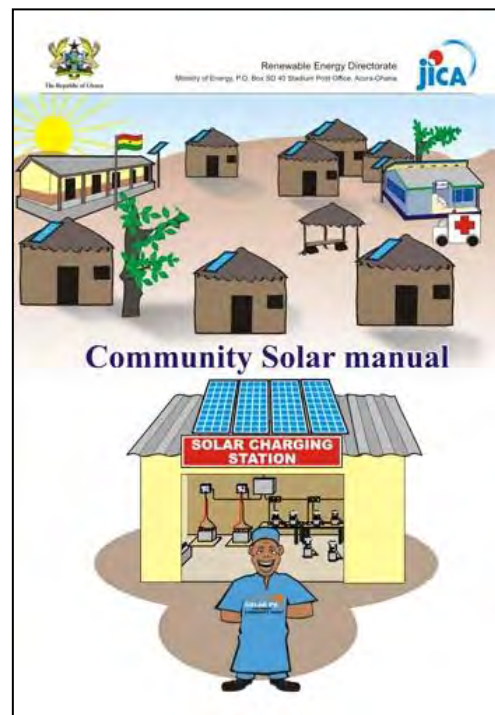
#### <研修教材>

プロジェクトでは“Community Agent Manual”と”トレーニングキット”を CA 研修用の教材として開発した。”Community Agent Manual”は当初、技術分野と Community Solar 分野からなっていたが、これは二つに分けられ、一つは再び“Community Agent Manual”として、もう一つは“Community Solar Manual”として発行した。“Community Agent Manual”は CA の育成用に“Community Solar Manual”はコンセッショネアや DA への説明用に使われ、r ことを意図した。マニュアルが二つに分けられる時、地方の人でも興味を持って読めるように、内容も改訂し文章中心のものから絵を多く取り入れたものへと変えた。この改訂は古いバージョンで PV の指導を行なった時の経験に基づいて行われた。

## ☒ “Community Agent Manual”と“Community Solar Manual”



Community Agent Manual



Community Solar Manual

トレーニングキットも効果的であった。これは基本的に次のものからなっている。

- 木製ボード
- 小型 PV パネル
- コントローラー、インバーター、ランプ
- 小型バッテリー

キットは PV 機器間のつながり習得や配線実習を行うために使われた。一度、キットにより実習を経験すると受講者は PV システムに自信を持つようになり、設置実習を行いやすくなった。

CA 研修教材における唯一の問題は、これらを準備するのにコストがかかる点である。特にトレーニングキットにコストがかかる。もしキット準備の負担が大きすぎる場合は PV コンポーネントに設置用の機材を利用することも有効である。

図8 CA研修の様子





## 2.3 PV エージェントとトレーナーの研修

### 2.3.1 トレーナーの役割

#### <トレーナーの役割>

本プロジェクトのトレーナーは PV の分野で中心的な役割を演じることが期待されている。彼らは広い範囲の PV 知識を身に付けていなければならない。

トレーナーは必ずしもユーザーを直接指導するわけではない。彼らはユーザーの指導者の育成をすることもある。トレーナーは PV の分野で働く政府や企業の人材の育成をすることもある。トレーナーの役割は教育や業界、更に政策立案者など広い範囲の人材を育成する指導者である。

トレーナー候補に必要な要件を下記に示す。

表8 トレーナーの要件

役割	PV 知識の中心的存在
業務	PV に関する教育、計画、相談、評価
候補者	教育機関で業務する電気技術者

#### <トレーナーの候補>

トレーナーは基礎的な理論から実用技術、経済性や管理運営技術など全ての技術について知っていなければならない。更に、彼らは機器試験や基準規制などの関連した応用技術についても知っておく必要がある。従ってトレーナーらは単に理論を学ぶだけでなく実際の設置、計画立案、管理、評価などの業務を経験しておく必要がある。基本的にはトレーナーは電気技術者である。彼らは人を育成する立場となるので、教育機関に所属しているの方が望ましいが、公共機関や私企業の技術者もトレーナーの候補者と考えられる。

ガーナには既に AGSI による民間の PV の研修コースがある。通常、民間の研修コースで働く人材は技術的な知識だけしか持っていない場合が多い。一方、本プロジェクトでのトレーナーは技術面だけでなく経済性や運営管理面の知識が必要とされる。より広範な知識を持ち合わせている人がトレーナーには適している。

ガーナにはコフォリデゥアに再生可能エネルギー学科がある。KNUST は不定期ではあるが PV の研修を実施している。プロジェクトではこれらの教育機関に属する人材からトレーナーを選定し、プロジェクト活動を共に実施してきた。今後最も PV 地方電化が重要とみられる北部ではタマレポリテクからトレーナーを選定し、共に活動した。

下表は本プロジェクトで選定されたトレーナーである。

表9 PVトレーナー

所属機関	名前
KNUST	Edwin Adjei
	Robert Okyere
Tamale Polytechnic	Baah Joseph Okyere
	Atiglah Henry
	Sankpi Linus
Koforidua Polytechnic	Augustine Ntiamoah
	Divine Atsu

#### <認定>

全てのトレーナーはポリテクや国立大学など公共教育機関に属している。これらの組織は公式免状を発行する機関でもある。公式免状は対象の分野で少なくとも1年以上の教育を受け広い知識を習得していると見られる人材に与えられる。PVの研修は極めて狭い分野で数日実施されるだけであり、公式免状の対象にはならない。通常、教育機関でのPVの教育は電気科の授業の一部で理論面が行われるだけである。設置や運転管理などのPV地方電化に最も必要な実務技術はカリキュラムには含まれていない。PVの実務技術をカリキュラムに取り入れる必要性が指摘されるが、カリキュラムの変更には国家認定の条件を満たす必要があり、時間が掛かり容易ではない。従って、プロジェクトではこれらの教育機関におけるPVの研修は正規の授業から離れて実施することを薦めた。現実には、これらの教育機関は正規授業以外の研修を実施する制度が整備されている。PVの研修はこれらの教育機関の課外研修としてトレーナーらによって実施されることになった。

#### 2.3.2 トレーナー育成 (TOT)

本プロジェクトでトレーナー研修は4年間にわたって実施されたが、特に最初の1年に講義・実習による研修が集中的に行われた。本プロジェクトで行われた研修の概要を下表に示す。

表10 トレーナー研修の内容

理論 (講義)	1回目 (2日間) PVの基本、PV機器 2回目 (3日間) PVシステム、設計、設置 3回目 (3日間) CSS、運営管理
実習	実習サイトでの実習 (3日間) 設置、運転、保守、ビジネス

	<p>評価 (4 日間)</p> <p>既存 PV システム (モニタリング)、PV 機器試験 (パネル、バッテリー、コントローラー、インバーター、ランプ)</p> <p>PV 機器 (3 日間)</p> <p>LED ランプ組立</p>
ピアレビュー	<p>講義練習 (2 日間)</p> <p>トレーナーらによるピアレビュー</p> <p>CA 研修 (4 日間、3 回)</p> <p>対象 : CA 候補者 (5-10 名)</p> <p>オブザーバー : トレーナー、PV エージェント</p> <p>週末クラス(1 日間、3 回)</p> <p>対象 : 生徒 (40 名程)</p> <p>オブザーバー : トレーナー</p>







### 2.3.3 PV エージェントの役割

PV エージェントは地方で PV の販売や設置などの事業を行う。彼らは地方での PV の市場開発を担っている。

本プロジェクトでも PV エージェントには地方での PV、特に CSS 市場の開発が期待されている。彼らはコミュニティに行きコンセッショネア、CA を選出して育成し PV システムを設置する。彼らは CA が PV システムの保守運営するのをサポートする。日常の運転保守や簡易なトラブル対処は CA が行うが、CA で対処できない場合に PV エージェントが対応する。PV エージェントは CA にスペアパーツの供給も行う。

PV エージェントは CA 育成も行う。彼らは CA 育成のための教材を彼らの自己資金で準備しなければならない。PV が完全に市場原理で普及するなら CA 育成は PV エージェントの投資の一つとなる。CA が適切に育成されたら、そのコミュニティでの PV の普及は容易になり、PV エージェントのビジネスの可能性も拡大する。その結果、PV エージェントは彼の投資を回収することができる。CSS がそのコミュニティに導入されている場合は充電事業からの収入が見込まれるので投資回収は更に加速される。PVA エージェントは CSS を普及させ CA を育成していくために重要な存在である。

表11 PVエージェントの役割

役割	地方での PV 市場の開発
業務	PV 製品の販売 CA の育成・支援 CSS の普及
候補者	PV ディーラーの地方スタッフ

### 2.3.4 PV エージェントの育成

PV エージェントは地方での PV 市場の開発を行なっていくために、技術面だけでなくビジネス技能も必要とされる。理論的な知識より、実務的な技能の方がより必要である。現状では AGSI が PV 技能者やディーラーの研修コースを運営している。この研修は PV エージェント研修に相当すると見られるが、ビジネス研修を実施していないのが一つの欠点である。このため、プロジェクトでは AGSI と連携してビジネス研修の開発を行なった。

実用面から考えるとビジネス研修は実際のビジネスをベースに作られたほうが良い。CSS のビジネスはこのために良いサンプルになると考えられる。ビジネスに関する重要な要素—コスト計算、投資回収、価格設定、記帳、運営管理—が CSS のビジネスで研修でき

る。プロジェクトでは CSS のこれらのデータターを調べ、“Community Solar Manual”の中に教材としてまとめた。このマニュアルは PV エージェントの育成だけでなく、コンセッショネアや DA、政府スタッフの育成にも有効に使える。下表は Community Solar Manual の内容を示したものである。

**表2 Community Solar Manualの内容**

章	内容
1. Community Solar System	CSS の概念
2. Sustainability	CSS 技術面・経済面での持続可能性
3. Charging method	DC 充電、AC 充電
4. Charging capacity	可能な充電数
5. Business mode	セールスモード、レンタルモード 価格設定
6. Management	コンセッショネアの役割 管理構造
7. Monetary control	保守コスト 記帳
8. Business feasibility	キャッシュフロー 投資回収
9 Tips for Community Solar operation	夜間運転の防止 保守ツール ビジネス拡張 トラブル記録

プロジェクトでは PV エージェント用のビジネス研修コースを開発するが、これは AGSI の PV エージェント研修と調和することが望まれる。このため、AGSI と共に合同研修を実施し、そこで AGSI は技術パート、プロジェクトはビジネスパートを担当した。技術パートは4日間、ビジネスパートは1日間、合計5日間の研修がアクラとタマレで行われた。

下表はこの合同研修のカリキュラムである。

表13 合同研修の内容

日	内容
1日目	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 安全</li> <li>● PVの基礎</li> <li>● PV機器</li> <li>● SHSの説明</li> <li>● パネルの測定実習</li> </ul>
2日目	<ul style="list-style-type: none"> <li>● バッテリーの測定実習</li> <li>● パネル配線実習</li> <li>● バッテリー配線実習</li> <li>● 日射と日射量</li> <li>● 作図実習</li> </ul>
3日目	<ul style="list-style-type: none"> <li>● システムサイズ</li> <li>● 配線実習</li> </ul>
4日目	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CSSの概念</li> <li>● CSSの運転</li> <li>● 価格設定、投資回収</li> <li>● CA研修の方法</li> <li>● CSSの管理</li> </ul>
5日目	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 設置実習</li> <li>● 質疑応答</li> </ul>

“Community Agent manual”やパンフレット、トレーニングキットを用いたCA育成の方法についても、この合同研修でPVエージェントに説明した。PVエージェント、CA、コンセッショネア、DAの関係についてもプロジェクトで作られたMOUを使って説明した。



### 2.3.5 教訓

PV 固有のものとして学ぶ技術はほとんどない。PV に必要なほとんどの技術は電気一般の技術の中に含まれる。パネル設置にと PV の基礎知識を与えれば、通常の電気技能者は有能な PV 技能者になることができる。ガーナには有能な電気技能者は既に多くいるため、このような研修を行うことは難しくはない。

電気技能者は PV の技能者候補としては有望であるが、問題は PV の市場がまだ極めて小さいために彼らが研修を受けて PV 技能者になるインセンティブがないことである。彼らは既にある通常の電気事業業務に従事し、PV ビジネスの開発にはほとんど興味を示さない。PV 研修の開発を行う際にはこの点を考慮し、PV 市場の開発を行うことにより努力を注いでいかなければならない。

このような背景に立ち、プロジェクトでは当初の目標である人材育成から主眼を、CSS を通じた PV 市場開発にシフトしてきた。

CSS ビジネスモデルの普及のためには、PV エージェントなどの人材育成も必要となってくる。下記には PV エージェント育成を通じて得られた教訓を示す。

#### <PV エージェント候補>

ガーナの PV 市場はまだ極めて小さい。殆どの PV システムはマーケットを経由せずにドナーによって直接設置されている。殆どの PV ディーラーはアクラにいてドナープロジェクトに参加する機会を得ようとしている。AGSI の実施する PV 研修の殆どの受講者は都会に住み、将来的な PV ビジネスの準備をしている人である。プロジェクトでも AGSI と合同研修を行なった。最初 DSTC の卒業生から参加者を募ったが、応募者は全て都住在住の人であった。このためプロジェクトでは MOEn のネットワークを利用して地方在住の参加者を探したが、最終的に確保できたのは2名だけであった。もし PV エージェント研修の参加者募集が一般公募の形で行われるなら、地方からの参加者を得ることは極めて難しい。現状では種々のネットワークを利用して、PV 導入地域の人材から PV エージェント候補者を確保していくことが必要である。

PV エージェント候補についてのもう一つの考え方は、DA の電気技術者を候補者にすることである。DA は CSS 管理の中心的存在であり、DA には通常電気技術者が所属している。このような電気技能者に適切な訓練を実施すれば、彼らに PV エージェントとしての働きを期待することができる。地方にある工業高校の電気技術者も同様に PV エージェントの候補者として有望である。

PV エージェントの候補者については次のようにまとめられる。

**表14 PVエージェント候補**

PV ディーラーの地方在住者
DA 所属の電気技能者
地方工業学校などに所属の電気技術者

#### <ビジネス研修>

プロジェクトは AGSI と合同で PV エージェント研修を 2 回実施した。この研修の特徴はビジネス研修を含んでいる点にある。研修期間は 5 日間で AGSI が 4 日間技術研修を行い、プロジェクトが 1 日間のビジネス研修を実施した。ビジネス研修は CSS のビジネスをサンプルとして実施した。受講者は CSS ビジネスの有効性を理解し、CSS 運営を行うことに強い関心を示した。

受講者は強い関心を示したものの、彼らは事業を始めるだけの資金を持っていない点が問題である。このような場合にはガーナ人は政府やドナーの支援を期待しがちであるが、持続可能性の観点から見れば、彼らが自身の資金を投資し自己責任の下に事業を行うことが望まれる。もし彼らに資金がなければ、彼らは銀行ローンを利用するべきである。合同研修では銀行ローンの利用の方法についての指導は無かった。銀行ローンを獲得する方法もビジネス研修の重要な課題であると考えられる。

#### <PV エージェントによる CA 研修>

PV エージェントが CA 育成を行う可能性は残念ながら低い。現状では CSS の可能性や CA 育成の必要性が知られていないため、PV エージェントは CA 研修が不要なことと考え、それに時間やコストをかけようとはしない。たとえ CA 研修の必要性を知っていたとしても、できるだけそれにかかる時間や費用を少なくしようとするだろう。従って、CA 研修は時間・費用が最小限になるように組み立てられるべきである。講義形式の研修は半日で十分である。組立実習も半日で十分である。組立実習に使う機材は設置用の機材を使い、余分な投資を避けるのが有効である。実習はできるだけ実際の設置作業に参加させる中で行うのが望ましい。PV システムを理解するのに設置実習を 3 回も経験すれば十分と考えられる。

#### <人材ネットワークの形成>

地方に設置された PV の持続性を強化するには、人材のネットワークを形成していくことが欠かせない。プロジェクトでは CA、コンセッショネア、PV エージェント、DA のプランニングオフィサーが人材ネットワーク形成の要となる。彼らが互いに知り合いになることは重要であり、CA 研修がその良い機会と言える。CA 研修を実施する際にはできるだけ彼

らを同席させて互いの役割を知り合い、情報を共有させることが望まれる。

#### <資格認定>

当初プロジェクトでは PV 技能者に資格を与える制度開発することを意図していた。しかし、PV のトレーナーや技能者であることはあまりに技能範囲が狭く公的な資格を与えるには適さないことが分かった。公的資格は通常 2-3 年の年月をかけて、対象の技能以外にも関連した幅広い知識技能をもった技能者に与えられる。本プロジェクトで愛している PV 技能者の研修は 1 週間程度で公的資格の対象とは成り得ない。このような技能はむしろ民間の認定に任せたほうが良い。いずれにせよ、このような短期の研修の場合は資格というより研修参加の証明を 発行する程度で十分であろう。

## 2.4 PV 機器試験のための人材育成

### 2.4.1 PV 機器試験

#### <背景>

ガーナは既に PV の国家技術基準を導入し、PV 機器試験の方法についてはそこに定義されている。機器がその基準に適合していれば、それは国によって保証されることになる。従って、もし機器に不都合があれば、政府はそれに対し責任を持たなければならないので、製品が基準に適合しているかどうかの試験は厳密でなければならない。このような厳密な試験を実施するためにガーナは国際技術基準である IEC の PV 技術基準を導入した。

ガーナで機器の国家試験を行う組織は GSB (Ghana Standard Board) である。ガーナで流通する全ての製品は国家基準を満たさなければならず、GSB はそのための試験及び証明を行う唯一組織である。従って、国家基準に従った適合証明を行うことに関しては、GSB にて技術基準に従って検査しなければならない。

プロジェクトでは当初、PV 機器に関する公的検査制度を導入することを目的としていた。国家基準に伴った制度を導入するのは容易ではない。厳密な試験を行うために、必要な機器は高級となり、機器自体だけでなく保守にもコストと時間がかかる。一方、現状の PV 市場はまだ小さく PV 機器は全て輸入品である。これらの機器は通常輸出元で検査されており、ガーナで検査制度を更に導入する必然性は低い。このような背景から、プロジェクトでは検査制度を導入するという当初の計画から、人材育成のために PV 機器試験の技術指導を関係者に行うという計画にシフトした。

#### <PV 試験の対象機器>

プロジェクトでは PV 機器試験に対して下記の技術移転を行なった。

**表15 PV機器試験項目**

PV 機器	試験技術	対象組織
パネル	<ul style="list-style-type: none"><li>● IEC に従った IV 特性測定</li><li>● マニュアルでの IV 特性測定</li></ul>	KNUST Tamale Polytechnic Koforidua Polytechnic
バッテリー	<ul style="list-style-type: none"><li>● 容量試験</li><li>● サイクル試験</li></ul>	KNUST Tamale Polytechnic Koforidua Polytechnic
コントローラー	<ul style="list-style-type: none"><li>● セットポイント試験</li></ul>	KNUST Tamale Polytechnic Koforidua Polytechnic
インバーター	<ul style="list-style-type: none"><li>● 出力波形観測</li></ul>	KNUST

		Tamale Polytechnic Koforidua Polytechnic
ランプ	● Lux 測定	KNUST Tamale Polytechnic Koforidua Polytechnic
ランタン	● PV GAP に従った信頼性試験	KNUST GSB

## 2.4.2 PV 機器試験の研修

### 2.4.2.1 パネル試験

#### ● IEC に従った IV 特性試験

パネル試験で最も重要なものは IV 特性測定である。プロジェクトでは英弘精器の MP160 を導入し IV 特性測定の技術移転を行なった。この装置は IEC に定められた IV 特性測定を自動的に実施することができる。IV 特性測定の際に重要なことは、光源が均一で安定していることである。IEC の規定で定められている、IV 測定の際の光源に対する要件を下表に示す。

表16 IECに定められた光源要件

要素	要件
均一性	±5%
光強度	0.6kW/m <sup>2</sup> 以上

プロジェクトでは太陽光を光源として使った。更にプロジェクトではパネルの室内評価のためにランプハウスを作製したが、入手可能なランプでは IEC の要件に適合するだけの光源とはならなかった。ただし、このランプハウスでも日射が不十分な時に概略の出力推定を行う程度には使える。



☒ KNUSTのランプハウス



MP-160 の特徴は測定が2秒以内で行えることである。これによりパネルの温度変動や日射の変動による測定のばらつきを抑えることができる。MP-160 を用いて日射強度が  $0.6\text{kW/m}^2$  以上の時に屋外測定を行えば IEC の要件に従った IV 特性測定が行える。

図0 英器MP160



- マニュアル IV 特性測定

マニュアルによる IV 測定の方法についてもトレーナーに技術移転した。この方式でも自然光を光源として使う。この測定には数分を必要とし、その間の日射や温度の変化が無視できないため公式のパネル評価には適しない。しかしこの方法は最も基礎的で、マルチメーター2台と温度計、日射計を用いるだけなので、学校教育において生徒にパネルの特性を教えるのには適している。

#### 2.4.2.2 バッテリー試験

菊水電子のバッテリーテスターがバッテリー試験のために導入された。この装置は双方向性のプログラマブル直流電源とプログラマブル充放電コントローラーからなる。この装置により CV 充放電、CC 充放電、CV/CC 充放電、CP 充放電、パルス充放電とこれらの組み合わせによるサイクル試験が可能である。この結果、IEC に定められたバッテリー試験が可能になる。

(CC: Constant Current, CV: Constant Voltage, CP: Constant Power)

図1 菊水電子 バッテリーテスター

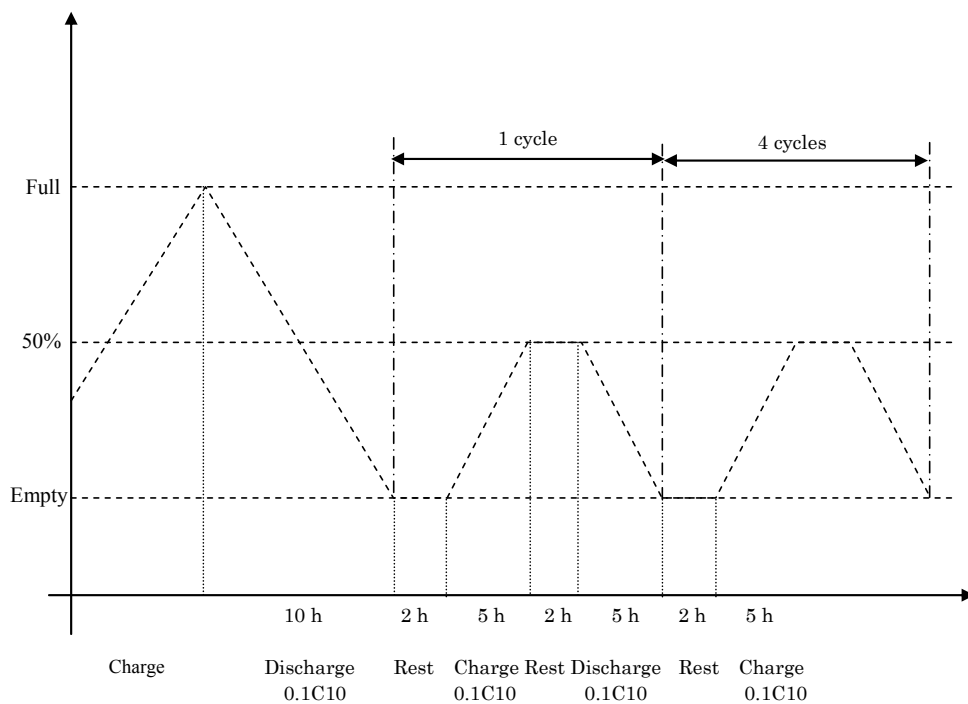


● サイクル試験

サイクル試験はバッテリー評価によく使われる。通常 CC/CV モードの充放電で評価を行う。IEC では C10 の 2 倍の電流で 10.8V まで放電し、C10 の 2 倍以下の電流で 14.4V まで充電する。これを 100 回繰り返すため、この評価には数十日を要する。

IEC で定められているもう一つの有望な評価方法は Ah サイクル効率評価方法である。この方法も時間がかかるが、高々 5 サイクルなので上記の方法よりは短時間で済む。初めバッテリーは満充電され、完全放電される。次に C10 で 50% 充電され、C10 で完全放電される。充放電の間に 2 時間のインターバルをとり繰り返し、4 回目と 5 回目の充放電比を平均する。90% 以上の充放電効率が望まれる。

図12 Ah サイクル効率評価



- 内部インピーダンス

菊水バッテリーテスターの特徴は内部インピーダンス測定が出来ることである。IEC では内部インピーダンス測定を規定していないが、これはバッテリーの劣化度を調べるのに良い方法である。下表は 12V 50Ah 鉛バッテリーの場合の内部インピーダンス初期値の目安である。他の規格のバッテリーについては電圧に比例し容量に反比例して算出することができる。バッテリーが劣化してくると、内部インピーダンスが増加してくる。例えば 12V 50Ah 鉛バッテリーの場合、内部インピーダンスが 50W mΩ になるとかなり劣化していると見てよい。

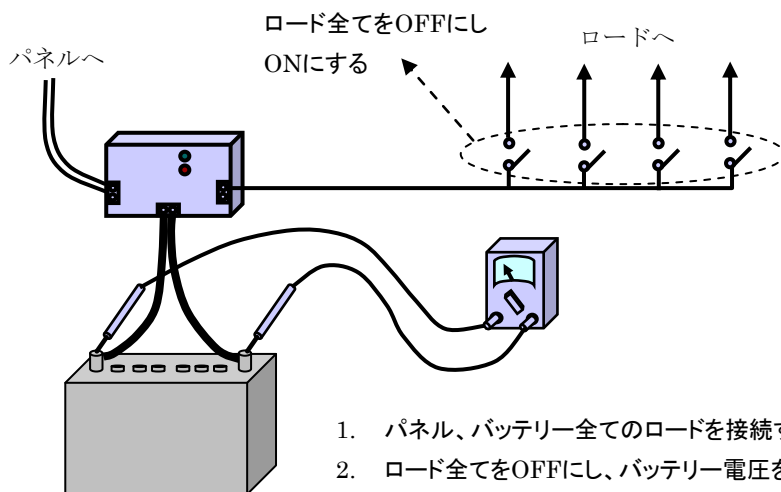
表17 12V 50Ah鉛バッテリー内部インピーダンス初期値の目安

バッテリータイプ	内部インピーダンス
カーバッテリー	約 10mΩ
深放電バッテリー	20-30 mΩ

- 内部インピーダンス簡易評価方法

バッテリー動作電圧は放電電流が流れると低下する。バッテリーが古くなると内部インピーダンスが増加し、動作電圧も低下する。下図は現場などでインピーダンスメーターが無くても、内部インピーダンスによる電圧降下を利用してバッテリーの劣化度を評価するための簡易方法である。

図3 劣化度評価方法



1. パネル、バッテリー全てのロードを接続する。
2. ロード全てをOFFにし、バッテリー電圧を図る。
3. ロード全てをONにしバッテリー電圧を図る。
4. ロードをONにした時の電圧がOFFにした時の電圧より0.5V以上低いときは、そのバッテリーは劣化している。

### 2.4.2.3 コントローラー試験

コントローラーにはセットポイント型と PWM 型がある。IEC ではセットポイント型コントローラーの評価方法について規定してある。セットポイントの評価方法は直流電源を用いて行われる。双方向型の直流電源が望ましいが、プロジェクトでは単方向型の直流電源しか利用できなかったため、下図のような電源への逆流防止の付加回路が必要となった。

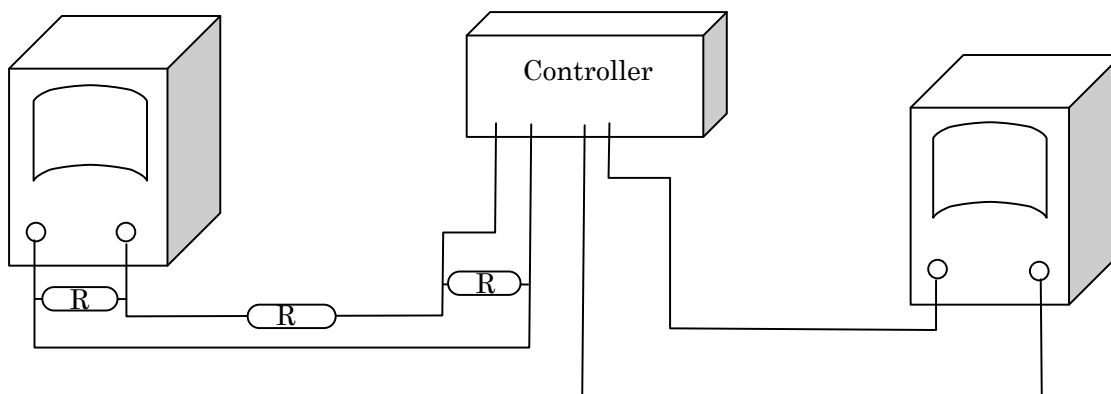


図4 電源への逆流防止回路

コントローラーのセットポイント値については IEC では下表の値を推奨している。

表8 IEC推奨のセットポイント値

セットポイント	値
HVD	13.8V -
HVR	12.9 – 14.1 V
LVD	10.8 – 11.4 V
LVR	12.3 – 12.9 V

通常、HVD は HVR より 0.5V 程度以上高く、シール型バッテリーの HVD は湿式バッテリーより 0.1V 程度低い。典型的な HVD と HVR を下表に示す。LVD と LVR についてはシール型と湿式で通常は変わらない。

表19 HVDとHDR

セットポイント	湿式バッテリー	シール型バッテリー
HVD	14.1 V	14.0 V
HVR	13.5 V	13.5 V

#### 2.4.2.4 インバーター試験

インバーターに関して IEC で示されている基準は電氣的・機械的な耐久性に関するものと効率である。これらの試験は通常の電気機器に対して行われるものとあまり変わらない。効率試験方法はインバーターの出力波形によって変わってくる。出力波形がサインカーブの場合の試験は難しくない。出力電力は単純に出力電圧、出力電流、力率をかけあわせれば良い。出力波形がサインカーブでない時の出力電力は、電圧、電流の瞬時値を高速で記録し RMS (Root Mean Square) で計算しなければならない。

プロジェクトでは LABview を汎用の試験システムプラットフォームとして導入した。これを使えばどのような電気信号も記録でき、グラフィック言語“G”を用いてそのデータ処理も可能である。プロジェクトでは出力波形の観測・記録をするプログラムと記録された値から RMS を求めるプログラムをサンプルとして作成し、トレーナーに説明した。

#### 2.4.2.5 ランプ試験

IEC の基準では特に PV 用のランプ試験は無い。一般のランプ試験の方法をランプ試験に適用すれば良い。プロジェクトではランプの効率を LUX/電力で評価する方法を実施した。基本的には、効率は LUMEN で評価されるべきであるが、LUMEN を測定するのは困難であり、実用的には特定の方向の光強度を評価するだけで十分なため、プロジェクトでは LUX を評価することにした。研修では LED ランプと蛍光灯ランプについて消費電力に対する光強度を比較した。下表がその結果である。

表20 ランプ評価の結果

	蛍光灯	LED
1m での明るさ	25 lux	56 lux
消費電力	15 W	2.2 W
エネルギー効率	1.7 lux/W	22.5 lux/W
コスト	2 cedi	30 cedi
コストパフォーマンス	0.85 lux/W*cedi	0.8 lux/W*cedi

#### 2.4.2.6 ランタン試験

PV ランタンは低価格で便利なため途上国の無電化地域などに急速に普及しつつある。ランタンの普及を更に図るために、その信頼性を評価することは有益である。ガーナにおいても既にいくつかのディーラーが PV ランタンの普及を図ろうとしている。しかし、それらの信頼性についてはほとんど明らかになっていないのが現状である。ガーナにランタンの信頼性を試験する技術移転することは有益であると見られる。

IEC は PV ランタンの試験方法を定義している。その方法は極めて厳密で実施するのに約 3 ヶ月を要する。このように時間やコストのかかる方法をガーナで実施するのは非現実的である。PV GAP は試験設備のないような途上国に対し試験サービスを行う機関であるが、推奨試験方法も提案している。PV ランタンに対しても 推奨試験方法があり、その試験方法ならばランタン評価は約 30 日で実施できる。

プロジェクトでは PV GAP の推奨試験方法がガーナに望ましいと考え、その試験技術指導を行うことにした。更にプロジェクトでは充電式ランタンについての評価方法を PV GAP の PV ランタン評価方法をベースに開発し、その方法を試験技術者に指導した。

研修では 8 種類のランタンが PV GAP の方法を用いて評価された。8 台のうち 3 台は書類審査で不合格となった（仕様などの必要な情報が提示されていないため）。残りの 5 台について試験を行なった結果を下表に示す。

**表21 ランタン試験の結果**

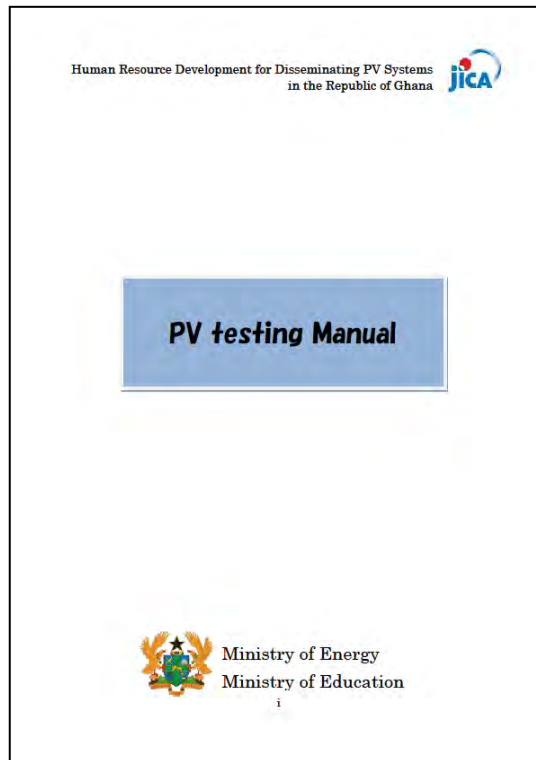
タイプ	メーカー	試験結果
PV ランタン	Phillips	不合格
	Suntransfer	合格
	D lights	合格
充電ランタン	Q-link	合格
	Akai	不合格

#### 2.4.3 作成された教材

プロジェクトでは“PV Testing Manual”を作成した。これにはパネル、バッテリー、インバーター、コントローラー、ランプについて IEC に準拠した試験方法が示されている。また、それぞれの試験結果に対する推奨値も示してある。

IEC の試験方法は必ずしもひとつだけでなく、状況に従ったいくつかの方法が提案されている。プロジェクトではそれらの中からガーナの環境にあった方法を選び、このマニュアルにまとめている。また選ばれた方法を供与した機材で試験できるように記述してある。

図15 PV testing manual



プロジェクトでは KNUST と Tamale ポリテクに対して PV 教育用のトレーニングボードを作製した。これは生徒が PV 機器やシステムの動作を実習することを想定して開発された。PV システムの基本的構造、PV 機器の性能比較、ケーブルによる電圧降下がこのトレーニングボードを用いて学習できる。



図16 Training board

## 2.4.4 教訓

### <パネル試験>

- 光源

IEC のパネル試験方法は世界中によく知られている。多くの工業化国ではパネルの試験機関がありこの試験を実施している。工業化国で生産されたほとんどのパネルは IEC の方法に従って試験されている。パネルの信頼性の評価は、IEC の試験で評価されているかどうかを確認するだけで良いので難しいことではない。ガーナはパネルを生産していないため、パネルの信頼性確保のための最初のアプローチは輸入の際に IEC の試験証明があるかどうかを調べるだけで十分である。実際にパネルの評価が必要となるのは、ユーザーからの出力が不十分であるなどのクレームが出たりした時だけである。

パネル試験を行う際には光源をどうするかをまず決めなければならない。プロジェクトでは太陽光を光源に使うことを推奨している。晴天時の安定した太陽光は光源として最も望ましい。(光強度  $0.6\text{kW/m}^2$  以上)。パネル評価用の人工光源は種々開発されているが、安定均一で太陽光に近い光のものはシステム価格、保守コスト共に極めて高い。自然太陽光を光源として使うことが最も現実的である。

一方で、プロジェクトでランプハウスを作製した。但し、ガーナで安定した強光度光源を見つけることはできなかった。プロジェクトではハロゲンランプを用いたが、光強度、均一度共に IEC の要件を満たすことはできなかった。ランプハウスは晴天でない時に、パネル出力の概略を測るぐらいに使うことができるが、パネル評価としては適切ではない。

- 温度係数

プロジェクトで供与した MP160 は自動的にパネル出力を測定しそれを STC に変換する機能を持っている。STC への変換には各特性の温度係数が必要となるが、MP160 にはその値が設定されていない。下表は STC への変換に必要な各温度係数をまとめたものである。

表22 温度係数

要素	値
Isc の温度係数 ( $\alpha$ ) 1/K	0.000346
Voc の温度係数 ( $\beta$ ) 1/K	-0.00250
日射補正係数	0.0340
直列抵抗 $\text{m}\Omega$	624
直列抵抗の温度係数 $\text{m}\Omega/\text{K}$	2.4

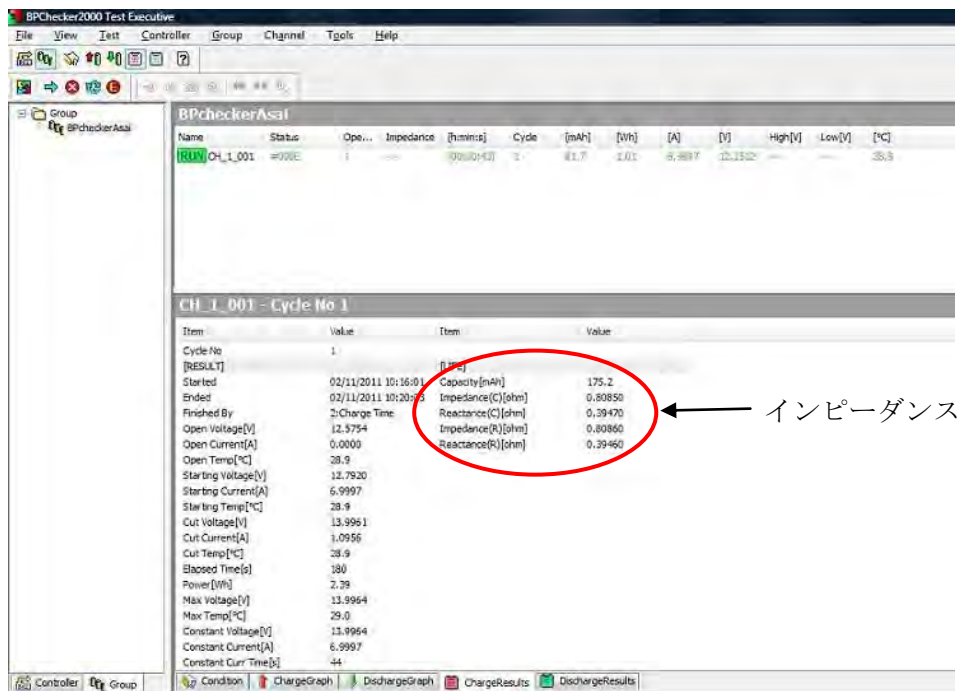


### <バッテリー試験>

バッテリー試験でよく指摘される問題点は、メーカーが評価に必要な情報をほとんど提示しないことである。Ah 容量の表示でさえも、ベースとなる C レートを示していないことがある。プロジェクトの研修では C10 でバッテリー評価することを推奨している。PV システムは C20 程度の負荷電流で作動することが多いことを考慮すると、C20 で行うことが望ましいが C20 を用いると時間が掛かりすぎること（1 サイクルの重放電に 2 日、100 サイクルだと 200 日を要する）、一般的 PV でよく使われるバッテリーでは C10 と C20 でほとんど容量が変わらないことから、C10 を用いることにした。

バッテリー評価で一番重要なものは寿命であり、これはサイクル試験で評価される。しかし、C10 を用いても IEC で必要とされる 100 サイクルの試験を行うには約 100 日を要する。またサイクル試験は破壊試験である。このため試験のやり直しは難しい。バッテリーのサイクル試験は事前によく計画し、停電時のためのバックアップ電源を準備して実施することが望まれる。

プロジェクトで供与したバッテリーテスターには内部インピーダンス測定機能がある（下図参照）。内部インピーダンスは各充放電の後に計測される。もし内部インピーダンスが初期値の 2 倍以上になっていたら、そのバッテリーは劣化している。内部インピーダンス測定による劣化度評価は、サイクル試験を実施する時間が無い時に便利である。



内部インピーダンス測定はバッテリーの劣化度を知るのに便利であるが、それを現地で行うことは難しい。無電化のところでは行えない。このため、内部インピーダンスによる電圧降下を利用して、現地などで簡易的にバッテリーの劣化度を評価する方法を 2.4.2.2. に示しておいた。

#### <コントローラー試験>

コントローラーについての試験方法は IEC で決められているが、ほとんどのメーカーは各社独自の方法で製品検査を行い出荷している。ユーザーにとってどのコントローラーが良いのか知ることは難しい。プロジェクトではセットポイントの評価を実施したが、セットポイントはメーカーによってほとんど変わらない。ユーザーにとって最も重要な情報は信頼性であるが、コントローラーについてそれを知ることは難しい。現実的な方法は、最もよく使われているコントローラーを使うことであろう。

#### <インバーター試験>

インバーターは出力波形で分類でき、大きく 2つのタイプがある。一つはサインカーブタイプで、もう一つは非サインカーブタイプである。出力波形はオシロスコープで確認できる。サインカーブタイプは優れているが、価格が高い。非サインカーブタイプは波形の影響で機器に悪影響を与えることもあるが、ほとんどの機器は非サインカーブで作動し、経済的である。更に、市場で入手しやすいのも非サインカーブタイプのインバーターである。従って、プロジェクトでは非サインカーブタイプのインバーターを使っている。

非サインカーブタイプのインバーターの効率を評価するのは困難である。効率評価する代わりにプロジェクトではスタンバイ消費電力の評価と負荷作動時のインバーターを含めた全体の消費電力の評価を推奨している。これらは DC サイドで測定できるので容易である。得られた値は負荷の消費電力を推定する際の参考になる。

インバーターの入力電圧範囲も重要である。インバーターの中には入力電力範囲が狭いものがあり、バッテリー動作とうまく整合しないものがある。少なくとも 11.5 - 13.5V の範囲では、インバーターは正常動作しなければならない。

#### <ランプ試験>

プロジェクトでは効率試験を行なった。この試験は特に PV に向けられたものでなく、どのようなランプの評価にも使える。唯一の違いは、プロジェクトでは LUMEN のかわりに LUX を使った点である。これは、ランプ全体の光度を評価するより、必要とする方向の明るさを評価するほうが実用的とみなしたからである。

LED ランプの信頼性については評価しなかった。LED ランプの寿命が蛍光灯よりもはるかに長いのは明らかで、10 年以上持つと言われている。LED ランプはガーナでも急速に普及しており、ランプの信頼性は今後それほど問題にならなくなると見られる。

#### <ランタン試験>

PV ランプは PV システムのミニチュア型であり同じ構成をしている。その試験方法は他の PV システムの試験に対しても使える。プロジェクトでは PV ランタンの試験を行いその技術を KNUST 及び GSB の関係者に対して移転した。

試験には PV GAP の推奨方法を採用した。PV GAP の推奨方法の方が IEC の試験方法より間接化されており実用的と見られたからである。それでも試験には 30 日を要する。時間のほとんどはサイクル試験の充放電に費やされる。これはバッテリーのサイクル試験と同様である。バッテリー試験の技術を知れば、ランタン試験に付いて理解するのは難しくない。サイクル試験以外は機械的振動試験、スイッチオン/オフ試験及び耐過電圧試験である。プロジェクトではバッテリー試験技術についての基礎技術を説明しながら、ランタンの充放電試験を重点的に指導した。

振動試験を実施するのは困難であった。PV GAP の方法では 10Hz から 150Hz で振幅 3.5mm の振動を 1 分間に 1 オクターブの速度で印加することになっている。このような振動条件を作ることはガーナでは不可能であり、振動試験を実施するためには条件を緩和して、エンジンのような振動体から振動を印加するなどの対応が必要である。プロジェクトでは振動試験の評価を実施できなかった。

充電式ランタンの試験方法は PV ランタンの試験をベースに開発した。PV ランタンと充電式ランタンの試験の違いは充電方法だけである。PV ランタンは一定光源を用い PV パネルで一定時間充電することになっている。PV ランタンで満充電に必要とされている時間と試験で設定されている充電時間の比率が同じになるように、充電式ランタンの充電時間を計算し、充電式ランタンの試験方法とした。他の試験については PV ランタンの試験と同じ方法を採用した。

## 2.5 PV 教育

### 2.5.1 作成された教材

プロジェクトでは下記の教材を PV 教育用に作成した。

**表23 作成された教材**

名前	内容
<p>Practical guide for PV rural electrification</p> 	<p>PV 技術を学ぶ学生用の教材</p> <p>内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 太陽エネルギー</li> <li>● 電気理論</li> <li>● 太陽電池</li> <li>● 太陽電池パネル</li> <li>● PV 機器</li> <li>● PV 試験</li> <li>● PV システム</li> <li>● 設置技術</li> <li>● 運営管理</li> <li>● 運転保守</li> <li>● Community Solar System</li> </ul>
<p>Technical service guideline</p> 	<p>PV 設置に関する技術者用</p> <p>内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● PV 機器要件</li> <li>● システムデザイン要件</li> <li>● 設置要件</li> <li>● 検査方法</li> <li>● ユーザーマニュアルのあり方</li> <li>● 管理要件</li> </ul>
<p>PV testing manual</p> 	<p>PV 機器試験に関する技術者用</p> <p>内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● パネル試験</li> <li>● バッテリー試験</li> <li>● コントローラー試験</li> <li>● ランプ試験</li> <li>● ランタン試験</li> <li>● 試験結果の参照推奨値</li> </ul>

これらの教材はポリテクレベルの学生が使うことを想定して作られた。“Practical guide for PV rural electrification” は一般の教科書として使える。残りの2冊は参考書として使うことができる。2.4.3 で説明したトレーニングボードも PV 機器の実習を行うために使うことができる。

プロジェクトでは様々なプレゼンテーション資料を作成した。これらの中には PV 教育に有用と見られるものもある。そのような資料は印刷されファイルにまとめ、各教育機関に配布した。下にファイルされた資料を示す。

- トレーナートレーニングに用いたプレゼンテーション資料
- トレーナーメモ
- Community Agent ハンドアウト
- 教育機関管理 CSS 用の MOU
- DA 管理 CSS 用の MOU
- Community Solar 配線図
- マニュアル PV パネル試験方法
- マニュアルバッテリー試験方法
- KOWA Box
- トレーニングボード

## 2.5.2 課外 PV 教育

トレーナーのいる各学校において、今後彼らが PV 教育をしていくためのトライアルとして、半日の課外 PV 研修が試行された。それらは正規のカリキュラムの対象外として実施された。研修内容は各学校のトレーナーによって計画された。内容は基本的には各学校の生徒に対して PV の基本概念を講義や実習を通じて与えるものとなっている。KNUST とコフォリディアポリテクでは主に PV の紹介を中心として行われた。彼らは PV の基本概念を教えた後に、パネルの電圧測定の実習を行なった。これらの研修は参加した生徒の PV に対する興味を引き起こすのに十分であった。一方、タマレポリテクでは更に理論的な講義や実習が行われた。講義は PV の設計や設置に関するもので、実習ではパネルの電流測定を行なった。この内容は少し高度になったため、タマレポリテクでは受講対象を3年生に絞って研修を実施した。

研修は順調に実施され、参加者は PV に関する興味を深め更に学びたいという意欲を強めていた。3つの学校では今後も引き続いて PV 研修を実施する方針でいる。研修内容からは外れるが、全ての研修でスナックと飲み物が無料で参加者に配られるという問題を指摘できる。これはガーナでは通常行われている伝統であると彼らは説明しているが、このような

行為は生徒が前向きに研修を受けようという意欲を削ぐ恐れがあるだけでなく、学校が費用を負担しないといけないため研修の持続性そのものに対しても悪影響を与えてしまう。プロジェクトはこの点を指摘し、各学校では次回からは参加者から少しずつ参加費を徴収することを検討している。

## 3. パイロットプロジェクト

### 3.1 概要

#### 3.1.1 パイロットプロジェクトの目的

PV システムの持続的運用で最も難しいのはバッテリー交換である。バッテリーの価格は高く（約 200USD）、数年に一度交換しなければならない。地方民の収入レベルを考えるとバッテリー交換の費用を確保するのは極めて難しい。

次の問題として指摘できるのは、ほとんどのユーザーは政府の支援に強く依存して、何かトラブルが起こると政府が修理するのが当然と思っていることである。現実には政府には資金がなく、ユーザーのトラブルに対処することは不可能である。このため、ユーザーは修理の資金を確保できず、システムは故障のまま放置される。

コミュニティソーラーシステム（Community Solar System : CSS）の概念はこのような背景から生まれた。CSS は公共施設 PV と PV 充電ステーションからなる設備で、システムのユーザーは充電サービスから得られる収入を公共施設 PV の保守に必要な資金に当てることができる。プロジェクトではこのようなビジネスモデルの開発と共に、充電ステーションの運転者を CA として育成する態勢をとった。CA は CSS の運転と共に、コミュニティ内での PV 保守サービスをすることも期待される。

公共施設は学校かクリニックで、そこに PV システムを設置すると共に、PV による充電所を別途設置する。充電サービスから得られる収入をうまく管理して、公共施設 PV の保守に使えるようにしなければならない。充電サービスが効率よく行われたら、十分な利益を得ることができるはずである。充電を効率よく行うためには、PV システムの運転についてよく知っている CA の存在は必要不可欠である。CA はコミュニティのなかから選ばれ、プロジェクトで育成した。CA の育成はパイロットプロジェクトの重要な要素のひとつである。

充電事業をうまく運営するためには、ビジネスセンスを持って経営していくことも必要である。CA がビジネスセンスを持っていれば、彼がビジネス面も管理することができる。もし彼にビジネス面の管理が難しい場合は、コンセッショネアと呼ばれるビジネス管理者を選定し、経営を行わせる。コンセッショネアと CA が二人で CSS の運営を行う。

これがパイロットプロジェクトにける基本的な人材構造で、パイロットプロジェクトは

CA トレーニング手法と効果的な CSS 運営方法を開発するために実施した。

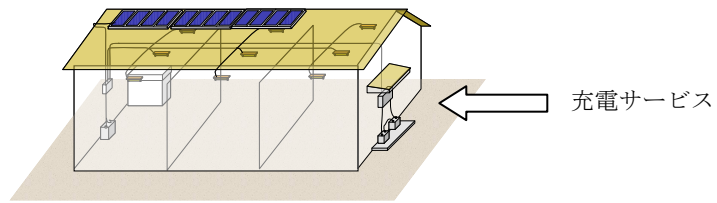
### 3.1.2 コミュニティソーラーのコンセプト

学校やクリニックのような公共施設は地方では重要な施設である。このため政府はこれらの施設の電化を積極的に進めてきた。コミュニティが無電化の場合は、PV がこれらの施設の電化手法として用いられた。しかし、システムの一部が壊れたり寿命になった時に修理の費用がないために持続的にシステムを運営することが困難だった。コミュニティソーラーシステム(CSS)の概念は、このような問題に対処するために生まれた。

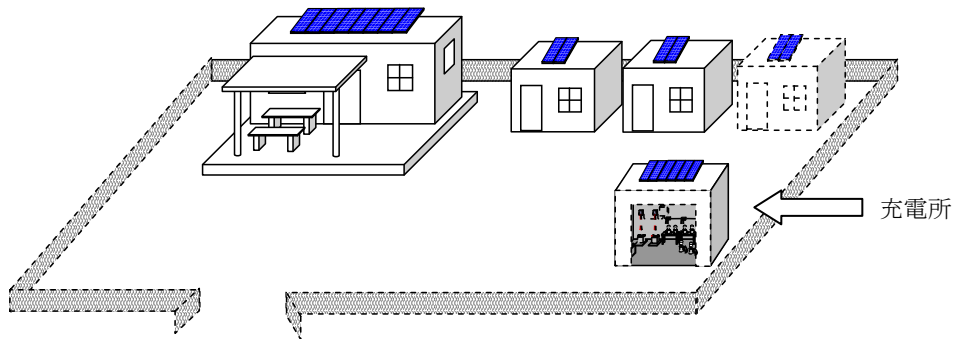
既に述べたように、CSS では PV 充電所が公共 PV システムと一体となって運営される。充電所はコミュニティの人に充電サービスを有料で提供する。現在でも、地方で携帯電話の充電需要は高い。充電所ではランタンなど他の充電機器への充電サービスも行う。充電サービスから得られた収入は全体の PV システムの保守に使われるために、設備の持続性が格段に改善される。

初期の頃、充電システムは公共 PV システムの一部として設置された(下図 a)。この場合、公共施設側では本来の業務とは異なる設備を同じ建物のなかで運営するのが負担であった。このため、充電システムは立屋を別にして設置するようになり(下図 b)、専門の運転者が運転するようになった。それでも、公共施設の本来の目的とは異なる人が充電のために同じ敷地内に頻繁にくることは望ましいことではなかった。この結果、充電所は公共施設とは別に、多くの利用者が利用しやすい場所に別途設置するようになった(下図 c)。充電所と公共施設 PV は一体のものとして管理し、充電サービスの収入を全体の保守に使いコミュニティソーラーとして運営する本プロジェクトの形態となった。

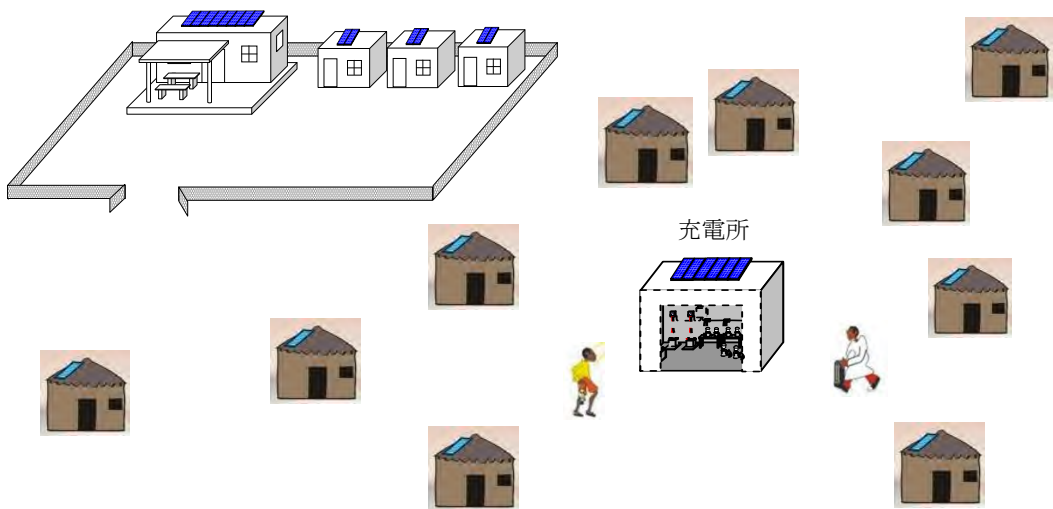




(a)



(b)



(c)

図17 コミュニティソーラーの携帯

### 3.1.3 CSS の管理構造

プロジェクトでは2種類のCSS運営方法が試された。一つはディストリクトアセンブリー(DA)による管理で、もう一つは教育機関による管理である。それぞれの方法による関係者の権利や義務は下表のようになる。

表24 CSS運営における各組織の役割

● DA モデル

機関	役割、権利、義務
MOEn	全体の統括
DA	システムの所有者 コンセッショネアから料金を取る権利、システム乱用のときシステムを没収する権利を持つ。 コンセッショネアを管理する義務を負う。
コンセッショネア	CSS のビジネス管理者 DA に料金、CA に給料を払う義務を負う。
CA	CSS の運転者
PVA	地方での PV プロモーター、CA のトレーナー、CA のサポーター

● 教育機関モデル

機関	役割、権利、義務
MOEn	全体の統括
教育機関	システムの所有者 DA モデルにおける DA、コンセッショネア、PVA の役割、義務、管理を持つ。
CA	CSS の運転者

これらの管理構造、役割、義務、権利は MOU に記載され、DA モデルの場合は DA と MOEn とコンセッショネアの間で、教育機関モデルの場合は教育機関と MOEn の間で署名が取り交わされた。

### 3.1.4 パイロットプロジェクトサイトの選定

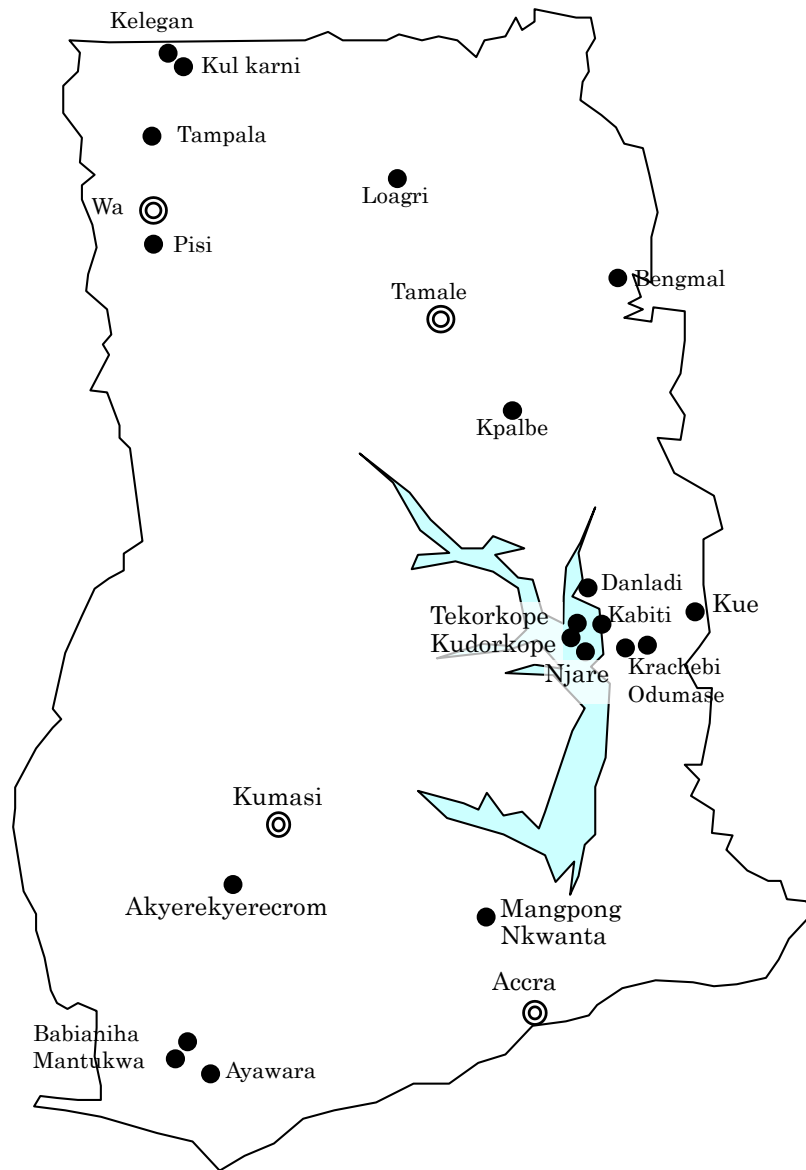
2009年にガーナ南部4ヶ所(Tomefa と Keta3ヶ所)にCSSが設置された。この設置の目的はCSSがコミュニティで運営できるかどうかを見ることであった。このCSSがうまく運営されたことを確認し、プロジェクトでは更に全国20ヶ所でパイロットプロジェクトを実施することにした。プロジェクトチームとMOEnは全国を踏査し60の候補サイトをリストア

アップした。それらを下表に示す選定条件で 採点し、次ページに示す 20 ヶ所をパイロットサイトとして選定した。

表25 サイト選定 Criteria

Item	Score	
1 Electrification	5	Not electrified Only the center is electrified but far
2 Grid distance	5	More than 5 km
	3	2-5km
3 Population	3	More than 500
	2	200 - 500
4 School	3	Building in good condition
5 Clinic	3	Building in good condition, delivery
	2	Building in good condition
6 Charging house	5	Identified, building in good condition
	3	Identified, building needs improvement
7 Market place	5	In the community
	3	Near the community, within 5km
8 Possible PVA	5	Identified, less than 2 hours by car
	3	Identified
9 Entrepreneur	3	Identified, with business skills
	2	Identified
10 Possible CA	5	Identified, with electric knowledge
	3	Identified
11 Island	3	Yes
	0	No
12 Others	1-5	MOEn's rural electrification policy aspect Security

図18 パイロットプロジェクトサイト



### 3.2 CSS の設置

#### 3.2.1 CSS の仕様

パイロットプロジェクトで設置される CSS が将来の CSS のモデルとなることを考慮すると、CSS はガーナで典型的な仕様でなければならない。無電化コミュニティでは人口 500 人程度が現在の典型であろう。これまでの踏査経験では、コミュニティの半分は携帯電話を持ち、数日に一度充電している。この観測を下に、パイロットプロジェクトでの CSS は少なくとも 1 日に 50 台の携帯電話を充電できる能力にすることとした。

他の可能な充電機器としてはランタンと自動車バッテリーが挙げられる。地方の人の所得水準を考えると、自動車バッテリーは50Ah(150–200 GHC)ぐらいだろう。自動車バッテリーも1日で充電されなければならない。一方、充電式ランタンはまだガーナではそれほど普及していないので、ランタン充電は携帯電話充電や自動車バッテリー充電の合間に対応すると考えればよいだろう。

これらの条件を用い CSS の容量を次のように計算した。

- 携帯電話充電

- 携帯電話のバッテリーサイズ： 3.8V, 1.2Ah
- 50 台の携帯電話を充電するのに必要なエネルギー：
$$3.8V \times 1.2Ah \times 50 \text{ mobile phones} = 228 \text{ Wh}$$
- システム全体の充電効率： 0.4  
(パネルの熱効率：0.8、インバーター効率：0.8、アダプター効率：0.8、チャージャー効率：0.8、全てを掛け合わせると 0.4)
- 効率を考慮した充電に必要なエネルギー  $228 \text{ Wh} / 0.4 = 570 \text{ Wh}$
- ガーナの平均ピーク日射量： 5 kWh/day
- 必要なパネル出力  $570 \text{ Wh} / 5 \text{ hours} = 114 \text{ W}$
- 必要なパネル枚数：50W クラス 3 枚または 75W クラス 2 枚
- 充電サービスは昼間行われるので、バッテリーによる蓄電はほとんど不要である。システムに使われているバッテリーは電圧を 12V に安定化することが主目的である。容量は 50Ah 程度で良い。
- コントローラー容量：15A 以上 ( $150W / 12V = 12.5A$ )

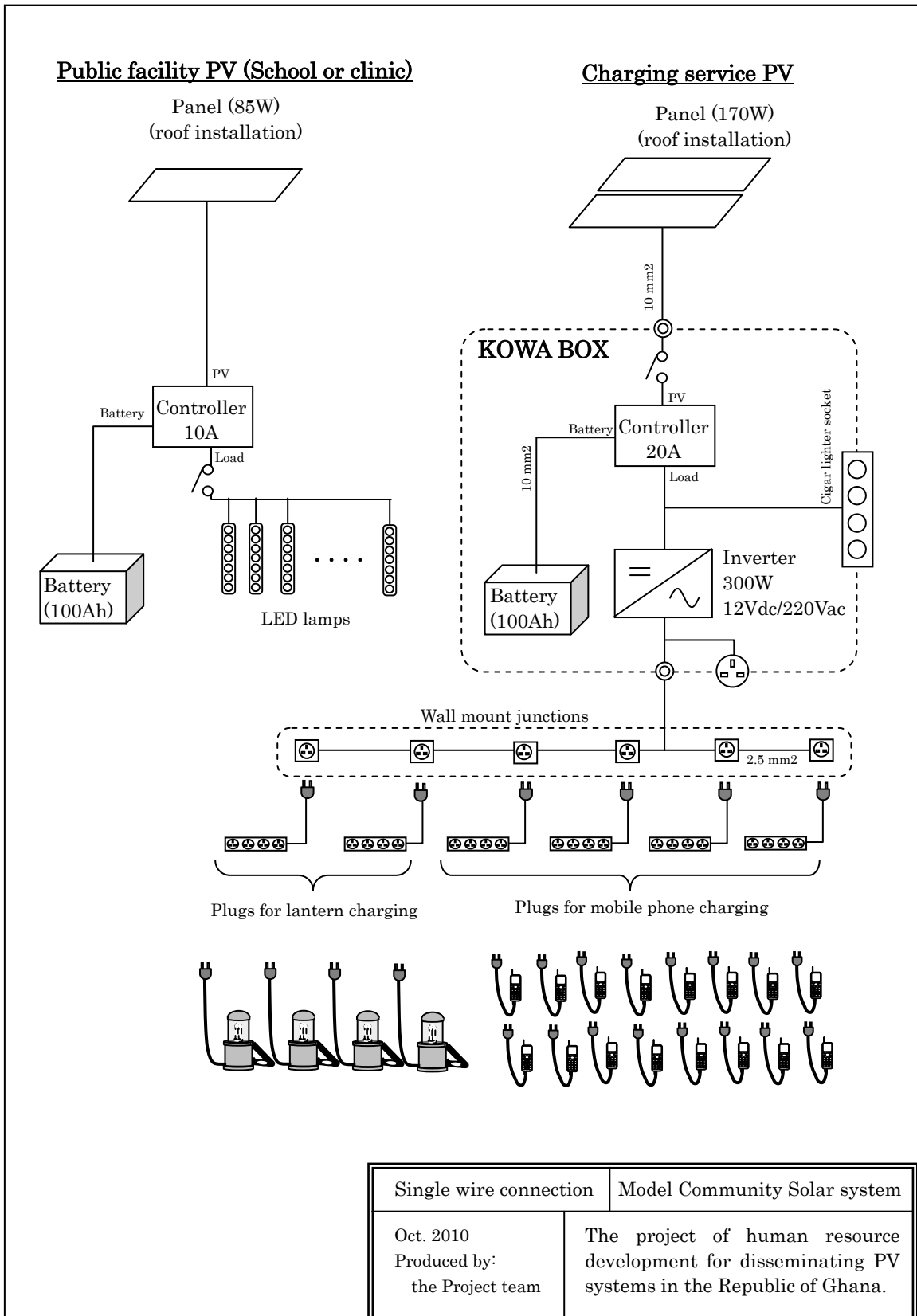
- 自動車バッテリー充電

- バッテリーサイズ：12V, 50Ah
- バッテリー充電に必要な電流量： 50Ah
- 50W パネルの電流：3.3 A
- ガーナの平均ピーク日射量： 5 kWh/day
- 必要な 50W パネル枚数：
$$50Ah / 3.3A / 5 \text{ hours} = 3 \text{ (=150W)}$$

(or two of 75W class panels)
- システムバッテリー：不要
- コントローラー容量： 15A ( $150W / 12V = 12.5A$ )

最初の CSS では自動車バッテリー充電を導入したが、経済性が悪いため 20 ヶ所のパイロットプロジェクトでは導入していない。20 ヶ所の CSS の配線図を次頁に示す。

図9 CSS配線図



### 3.2.2 KOWA ボックス

パイロットプロジェクトの CSS ではプロジェクトで開発した KOWA BOX が使われている。これはコントローラー、バッテリー、インバーターとそれらの配線を一つのボックスに収めたもので、これを使う利点として次の2つが挙げられる。

- コンポーネントが予め配線されているので、現地での作業が軽減される。
- コントローラーやバッテリー回りの配線が保護されているので、ユーザーの改造を防ぐことができる。

現地で設置者はパネルを設置し KOWA BOX を置き、パネルと延長コードを KOWA BOX につなぎ込むだけの作業となる。KOWA BOX の全面には窓があり、そこからコントローラーの指示ランプが見えるのでバッテリーの状況を知ることができる。しかし配線を変更できないように保護してある。全面のドアは鍵が掛かり CA がそれを管理する。彼は保守が必要なときだけドアを開ける。



図20 KOWA Box

### 3.2.3 設置

CSS の導入は Tomefa と Keta に設置した第1段階（この段階では既存 PV のリハビリも Tengzuk、Appolonia、Pishegu、Kpabia で行われた）と、第1段階で CSS の有効性を確認した後全国 20 ヶ所に展開した第2段階に分かれる。人材育成の観点から、第2段階の導入は第1段階の CSS 設置やリハビリを行なった業者が指導してほかの業者で実施する形をとった。CSS 導入に携わった業者を次頁の表にまとめる。

表26 パイロットプロジェクト実施PVA

第1段階

コミュニティ	県	州	PVA
Appolonia*	Dangme	Greater Accra	Askn Electric
Tomefa	Ga West		
Blemazado	Keta	Volta	Rural Energy
Azanu			Rural Energy
Bomigo			Rural Energy
Tengzuk*	Bong	Upper East	Jak Solar

\*: リハビリサイト

第2段階

Piisi	Wa	Upper West	Wa Polytechnic
Tampala	Jirapa		Festus Mwinkom
Kul Karni	Lambussi		
Kelegan	Sissala West		
Loagri	West Mamprusi	Upper East	Isaac Yamdogo
Kpalbe	East Gonja	North	Tamale Polytechnic
Bengmal	Saboba Chereponi		
Akyerekyerecrom	Amansie West	Ashanti	KNUST
Mampong Nkwanta	Koforidua	Central	Koforidua Polytechnic
Danladi	Nkwanta North	Volta	Kpasa Tech. School
Kabiti	Nkwanta South		Nkwanta South のスタッフ (Richard)
Kue			
Odumase			
Kacheibi			
Njare	Krachi East		Olu
Tekokope			
Kudorkope			
Ayawara	Ellembelle	Western	Ellembelle DA のテクニシャン
Babianihha			
Manktuwa			

第1段階のPVエージェントは彼らの業務経験をもとに選定された。彼らはプロジェクト



トチームの指導の下で CA トレーニングを実施し、良い業績を残した。このため第 2 段階は彼らの指導のもとに他の PV エージェントの CSS 設置や CA 育成を行わせた。

第 2 段階の CSS は第 1 段階の経験から自動車バッテリーの充電サービスは中止し、携帯電話・ランタンの充電サービスだけを行うことにした。第 2 段階の CSS の仕様は下表のようになった。

表27 第2段階CSSの仕様

施設	仕様
充電所	携帯電話とランタンの充電を行う PV : 150W、コントローラー : 15A 以上、バッテリー : 100Ah AC 充電システム(インバーター 300W) (Kpalbe、Akyerekyerecrom、Mampong Nkwanta は 150W の自動車バッテリーシステムも持つ)
公共施設 PV	照明システム PV : 75W、コントローラー : 10A、バッテリー : 100Ah LED ランプ : 1.5W×10

第 2 段階ではシステムだけでなく CA 育成の教材も標準化された。

第 2 段階の CSS 導入は経験のある PVA により監督されたが、全ての設置が順調に行われたわけでは無かった。CSS 導入の不適切だった点は技術的なものではなく、管理面であった。最も重大な問題は CA 研修が適切には行われなかったことである。監督者は PV 技術も CA 育成の方法もよく知っていたにも拘わらず、新しい PVA が CA 育成するように指導することを怠った。プロジェクトでは CA 育成の重要性、有効性を再度説明し、CA 育成をやり直した。CA 育成の重要性を PVA が本当に理解するには、十分に時間をかけ情報を与えて行く必要があると見られる。また訓練された CA が効率よく CSS を運営した場合のサクセスストーリーを広報し、CA 育成の重要性を社会的に認知させていくことも必要である。

### 3.3 CA トレーニング

プロジェクトでは公共施設電化の一環として政府の事業で CSS を導入した。もし CSS が民間ベースで普及するならば政府は CA 育成には関与できず、PVA が CSS 導入の際に自己責任で CA 育成しなければならない。これは将来の CSS 普及の望ましい形と見られる。これを考慮してプロジェクトでは PVA に対し CA 育成を依頼した。

PVA により行われた CA 研修の内容は次表のようになった。

表28 PVAによって行われたCA研修の内容

日	内容
第1日	PV 基礎、PV 機器、PV システムの講義、半日
	トレーニングキットを用いた組立実習、約1時間 システムの管理、記帳について約1時間
第2-4日	設置実習
最終日	運転管理の説明 1時間

PVA による研修はきわめて実務的なものであった。教室型の講義は初日の半分で、後半はトレーニングキットを使った組立実習となった。管理面の講習も初日に行われた。初日の終わりにはほとんどの受講者は PV システムの基本的な動作を理解していた。彼らは更に2日目から設置作業に従事し、講義で得た知識をより深めることができた。受講者は約3回の設置作業を経験し、更に実機を使って運転管理の実務を経験した。このように研修のほとんどは実習であった。

この実習で重要な点は、受講者は設置を複数回経験できたことである。ただし、このような講習は設置サイトが一つの地域にいくつもある時に限られる。プロジェクトでは北 Volta 地域の Nkwanta North と Nkwanta South で近接した3つのサイトを利用してこのような研修が行われた。初日は North Nkwanta の Kpasa Technical School で3ヶ所の CA 候補を呼び教室型の研修を実施し、その後各サイトで設置実習を行なった。

運転管理指導も CA がこれから使うシステムを使って実施できたので有効であった。記帳は管理面での重要な研修項目である。初日に記帳についてまず説明を行い、最後に実機と会計帳を用いて実習し理解を深めることができた。

### 3.4 CSS の運営

#### 3.4.1 充電サービスの価格設定

価格設定はビジネスにおいて重要な課題である。現在、無電化地域における携帯電話充電は主にディーゼルによって行われ、価格は全国的に 50 pesewas である。充電に必要なエネルギー量から考えると、ランタンや自動車バッテリーの充電は携帯電話充電対して下表の比率になることが望ましい。

表29 充電料金比率

充電対象	料金レベル
ランタン	携帯電話充電の 2 倍
自動車バッテリー	ランタン充電の 2 倍

上記に従えば、携帯電話充電を 50 pesewas とした場合にはランタン充電は 1 cedi、バッテリー充電は 2 cedi になる。しかしながら、実際の料金は利用者の支払い能力や競合相手の価格も考慮して設定しなければならない。電化地域に近いところでは低価格の充電サービスが行われていたりする。このような場合には PV 充電料金も低く設定せざるを得ない。プロジェクトでは Keta の充電料金がこのような背景から低く設定された。

ランタン充電の場合二つのビジネスモードが考えられる。一つはセールスモードで、もう一つはレンタルモードである。

表30 ランタン充電のビジネスモード

モード	Contents
セールスモード	ランタンはユーザーに売却される。ユーザーはそのランタンを CSS に持ってきて充電し、料金を CA に払う。
レンタルモード	CSS 側で充電したランタンを準備しそれらをユーザーに貸す。貸出料金はランタンの投資回収分と充電料金の和になる。従ってセールスモードの料金より高くなる。

充電式ランタンの利用はまだ地方でそれほど普及していない。従って、最初は CSS 側でキャンペーンのためにランタンを準備しそれをユーザーに貸し出したほうが良い。ユーザーがランタンの利用を知るようになると、ユーザーは自分でランタンを買いセールスモードで充電サービスのみを受けるようになると見られる。

下表はパイロットプロジェクトサイトでの各充電料金表である。

表31 各サイトの充電料金

サイト	携帯電話 (pesewas)	ランタン (pesewas)	バッテリー (cedi)
Tomefa	40	50	1
Bomigo	30	40	-
Blemazado	20	30	-
Azanu	30	50	-
Mampong Nkwanta	40	50	1
Akyerekyerekrom	30	50	1
Kpalbe	20	50	1
Bengmal			-
Piisi	50	1 cedi/週 3 cedi/月	-
Tampala	50	1 cedi/週 3 cedi/月	-
Kur Karni	50	50	-
Kelegan			-
Loagri	50	50	-
Danladi			-
Kabiti	50	100	-
Kue			-
Odumase			-
Kacheibi			-
Njare			-
Ayawara			-
Babianihha			-
Manktuwa			-

ディーゼル発電機による携帯電話充電は全国各地で見られ、充電料金はほとんど 50 pesewas である。また電化コミュニティが近くの無電化コミュニティの人に充電サービスを行う例も見られる。この場合は 50 pesewas 以下であることが多い。このようにサイトによって環境が違うので、携帯電話充電料金もサイトにより多少異なるが、50 pesewas の場合が多い。他の充電料金は携帯電話との比較によって設定されている。

Piisi と Tampala は Wa ポリテクが管理しているサイトで、Wa ポリテクは本プロジェクトより先行して “Social Light” という同様のプロジェクトを実施していた。ここでの充電料金

は Social Light の料金に合わせてある。

### 3.4.2 管理構造

DA モデルの管理方式では、DA はコンセッショネアからコンセッション料金を徴収することになっている。コンセッショネアは収入からコンセッション料金、CA への賃金、保守費用を支出する。コンセッション料金は DA とコンセッショネアの協議によって、CA の賃金はコンセッショネアと CA の協議によって決められる。下表は各サイトで決められたコンセッション料金と CA 賃金である。

表32 コンセッション料金と CA 賃金 (cedi/月)

サイト	コンセッション料金	CA 賃金
Tomefa	-	20 cedi
Bomigo	-	-
Blemazado	-	-
Azanu	-	-
Mampong Nkwanta	75%	25%
Akyerekrekrom		
Kpalbe		
Bengmal		
Piisi		
Tampala		
Kur Karni		
Kelegan		
Loagri		
Danladi		
Kabiti	40%	
Kue	40%	
Odumase	40%	
Kacheibi	40%	
Njare		
Ayawara		
Babianihha		
Manktuwa		

Koforidua ポリテクのサイト(Mampong Nkwanta)ではコンセッション料金と CA 賃金を売

上に比例するように設定している。この方式はポリテク、CA 共に収入を増やすために売上向上に努力するインセンティブになるので注目すべきである。Nkwanta South のサイト (Kabiti, Kue, Odumase, Kacheibi) も同様にコンセッション料金をインセンティブ型に設定している。(売上の 40%)

### 3.4.3 記帳管理

下記の表は CSS の管理のために作成された帳面と記載内容を示す。CA、コンセッショネア、DA、MOEn はそれぞれ記帳の責任を持つ。

表33 CSS運営管理帳

記帳者	帳面	記帳項目
MOEn	Monitoring sheet (毎月記帳)	年/月 月毎の収支 コンセッショネアの保管金額 DA の保管金額
DA	Summary book (毎月記帳)	月/年 月毎の収支 コンセッショネアの保管金額 DA の保管金額
コンセッショネア	Income/expenditure book (毎日記帳)	年/月/日 1 日売上 支出 (項目、単価、金額) 月毎の収支、保管金額 トラブル、その他
CA	Daily book (毎日記帳)	月日、天気 客名、充電時刻 携帯電話・ランタンの別、料金 1 日の売上 トラブル、その他

CA は各充電作業を記録する。コンセッショネアは毎日出費と収入を記録する。収入は 1 日の売上で良いが、出費項目ごとに記録する。DA はコンセッショネアの毎月の収入、出費の総額、DA の毎月の収入、出費を記録する。コンセッショネア、DA はそれぞれの保管金額も記録する。

記帳は CSS 管理の重要な業務である。これは会計上重要であるだけでなく、運営上の

トラブル対処時にも効果を発揮する。例えば、年長者が充電を強要した時、CA はそれを記録し、コンセッショネアに報告し対処を考える。うまく充電できない携帯電話があればそれを記録し、同じトラブルを避ける。トラブルの記録は同じトラブルを避ける上で重要である。

### 3.4.4 CSS の運営

下表に各サイトでの売上を示す。

**表34 各サイトCSSの売上**

サイト	月平均 (cedi)	総計 (cedi)	運転開始
Tomefa	272		2009.12
Bomigo	153		2010.3
Blemazado	68		Stopped
Azanu	79		Stopped
Mampong Nkwanta	140		2011.5
Akyerekrekrom	230		2011.6
Kpalbe	222		2011.7
Bengmal			2011.9
Piisi	180		2011.5
Tampala	150		2011.5
Kur Karni			
Kelegan			
Loagri	200		2011.5
Danladi			2011.9
Kabiti	300	577	2011.6
Kue			2011.9
Odumase			2011.9
Kacheibi			2011.9
Njare			2011.6
Ayawara			2011.6
Babianihha			2011.9
Manktuwa			2011.9

Blemazado と Azanu は電化され充電事業を停止した。システムは移設される予定である。

全ての CSS は携帯電話・ランタン充電のための 150W の PV システムを持っている。Tomefa と Kpalbe、Akyerekrekrom、Mampong Nkwanta は更に 150W のバッテリー充電システムを持っている。バッテリー充電は 1 日に 1 台しかできないので、売上も 1cedi で収益が得られないため、他の CSS には導入しなかった。技術面では CSS はうまく運転されており、携帯電話・ランタン充電は収益が出ている。

### 3.4.5 CSS の収益性

CSS の収益性は収入が運転コストと投資回収を上回るかどうかで判断できる。ここでは 150W の携帯電話・ランタン充電システムに収益性があるかどうかを調べる。バッテリー充電は既に収益がないと見込まれ、プロジェクトでも採用しなくなったため評価しない。下記に収益性判定のためのキャッシュフローを示す。

#### ➤ 前提

- システムサイズ	150W
- 1 日の充電数	
携帯電話	15 台
ランタン	4 台
- 充電料金	
携帯電話	50 pesewas
ランタン	70 pesewas
- 年間運転日数	300 日

前提から携帯電話の年間売上は次のように算出される。

$$50 \text{ pesewas} \times 15 \text{ 台/日} \times 300 \text{ 日} = 2,250 \text{ GHc}$$

同様にランタンの年間売上は次のように算出される。

$$70 \text{ pesewas} \times 4 \text{ 台/日} \times 300 \text{ 日} = 840 \text{ GHc}$$

$$2,250 + 840 = 3,090 \text{ GHc}$$

従って CSS の初期投資と年間収入は次の表のようになる。

表35 CSSの初期投資額と年間収入



初期投資額			年間収入	
パネル (150W)	1,000GHc		携帯電話充電	2,250 GHc
バッテリー (100Ah)	350GHc		ランタン充電	840 GHc
コントローラー (20A)	300GHc			
インバーター (300W)	100GHc			
その他	500GHc			
計	2,250 GHc		計	3,090 GHc

価格は 2010 年レベル

太陽光発電用のバッテリーのコストは 350GHc で 5 年毎に取替が必要である。単純化のためにバッテリー交換費を年に 70 GHc と見積もる(350 GHc を 5 年で割る)。その他の保守コスト(アダプターや延長コードの購入)は年間 100 - 200 GHc 程度である。従って年間で合計 300 GHc を保守経費と見れば十分である。

CA 賃金はプロジェクトの実績から 50 GHc/月と見なせば十分である。コンセッショネアへの報酬も同程度と考えると、年間 1,200 GHc (50 + 50 = 100 GHc /月、12 ヶ月で 1,200GHc) が人件費として必要と見られる。

コンセッション料金はパイロットプロジェクトの実績から 600GHc/年と見なして問題ないであろう。

以上の推定から、年間のキャッシュフローは次表のようになる。

表36 CSSのキャッシュフロー

年間キャッシュフロー		
収入	年間収入	3,090 GHc
支出	保守	300GHc
	CA 賃金	1,200GHc
	コンセッショネア報酬	600GHc
	コンセッション料金	600GHc
	Total	2,100 GHc
剰余		990 GHc

料金は 2010 年レベル

キャッシュフローでは年間 990 GHc の剰余が得られる。初期投資は 2,250GHc なので 3 年以内で投資は回収でき、収益性の高さを示している。

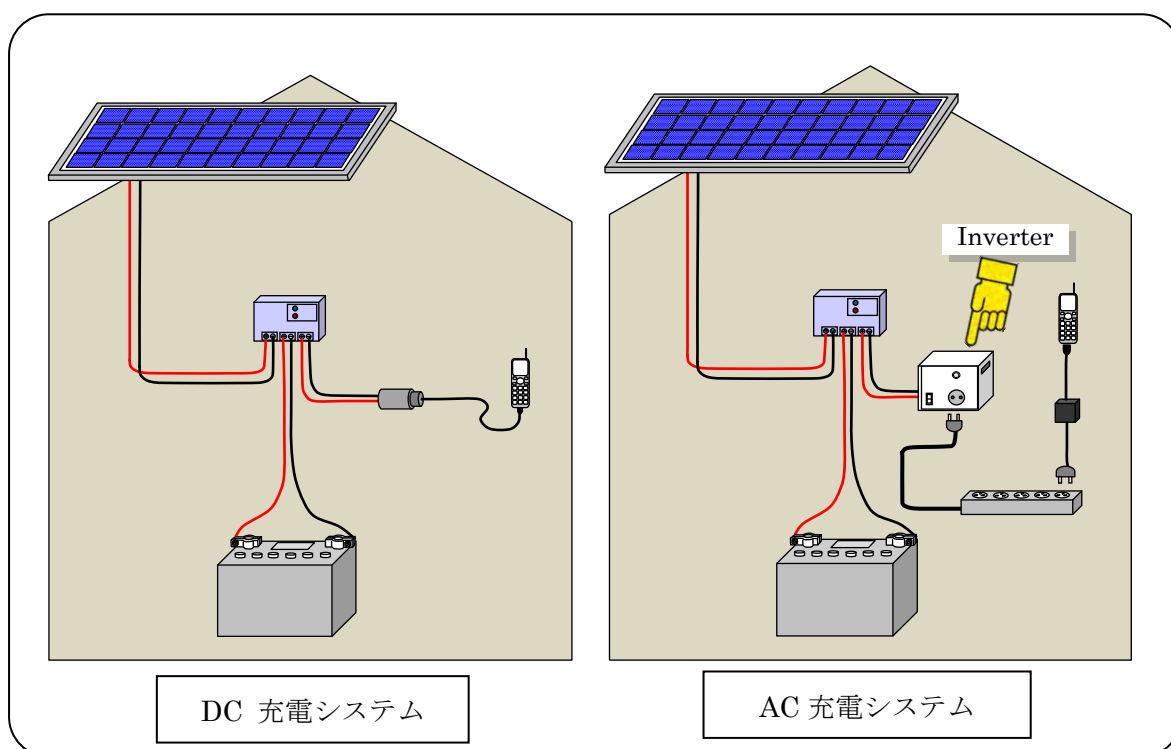
### 3.5 教訓

#### 3.5.1 技術面

<ACシステム、DCシステム>

充電システムには2通りある。一つはDC充電システムでもう一つはAC充電システムである。ACシステムはDCシステムの負荷出力にインバーターを挿入することで簡単に実現することができる。DCシステムの方がACシステムよりインバーターロス分の損失が少ないが、ACシステムの方がより多くの機器を使うことができるので実用的である。地方ではDC用充電アダプターの入手が困難なので、プロジェクトではACシステムを使っている。

図21 ACシステム、DCシステム



<充電効率>

ACシステムで全体の充電効率を計算する時は、パネルの熱効率、インバーターの効率、アダプターの効率、チャージャーの効率を考慮する必要がある。これら全体の効率は40 - 50%になる。DCシステムの方が効率が良くなるはずであるが、アダプターの選定には留意する必要がある。アダプターはDC 12Vを充電電圧のDC3.0-3.8Vbに変換するが、ドロップ方式のものは電圧降下分が損失となってしまうので効率が大きく下がる。その場合の効率はACシステムより悪くなる。

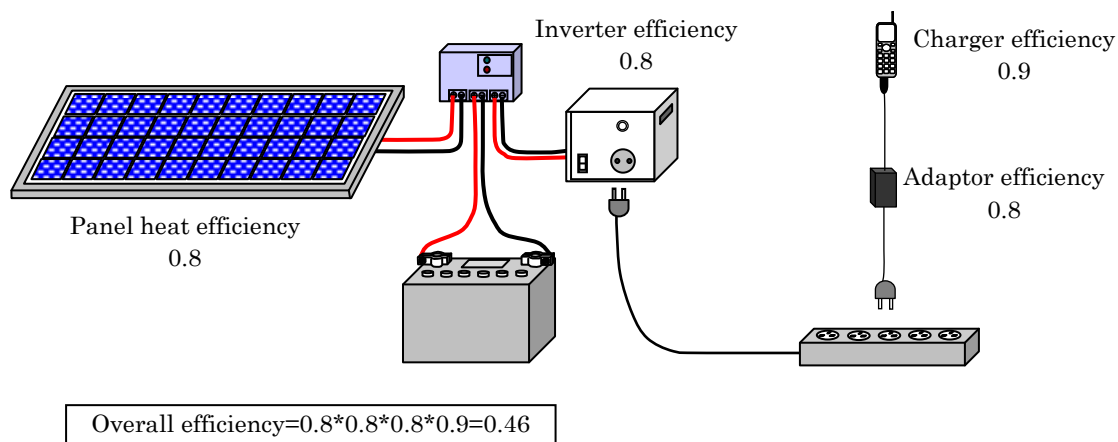


図22 システム全体の充電効率

<運転時間>

充電業務がフルに動いている場合、パネル出力のほとんどは日中に使われてしまいバッテリーにはほとんど蓄電されない。もし充電業務を夜も行うと、バッテリーに蓄電された電気を消費し再充電されないことになる。バッテリーは充電されないまま長時間置かれ、ひいては単寿命化してしまう。従って、CSS では夜間の充電を行なってはいけない。夜間業務を避けるために、CSS には照明をつけないことが望まれる。

<ランタンの充電>

充電式ランタンに使われているバッテリーは太陽光発電用でないことが多い。もしランタンが充電されずに長時間置かれると、バッテリーは劣化し使えなくなってしまう。従って、ランタンは頻繁に充電しておかなければならない。バッテリーには自己放電があるので、たとえ使っていない場合でも、時々充電する必要がある。通常、月に一度は充電することが望まれる。これをユーザーに知らしめるために、プロジェクトでは下図のような啓発のステッカーを作り、パイロットプロジェクトで使うランタンに貼付した。



図23 ランタンの注意ステッカー

#### <LED ランプ>

プロジェクトが開始された頃、LED ランプはガーナではまだ珍しかった。4年後の現在ではLEDの普及は急速でほとんどの都市で充電式のLED ランプ 30 – 40 cedi で売られている。LEDの数やバッテリーの大きさにもよるが1回の充電で動作時間は10 – 50時間である。蛍光灯の充電ランタンに比べ、LEDのものの方が動作時間が長くより明るい。現状のLED充電式ランプはまだ割高であるが、価格はまだ下がる傾向にある。価格が下がれば、ランタン充電事業は更に拡大するであろう。コンセッショネアはLEDランタンの市場を見て、ビジネスを拡大する準備をしていくことが望まれる。

### 3.5.2 ビジネス面

#### <充電料金>

CSSは公共事業として導入し、政府やドナープロジェクトで設置される。このような場合、プロジェクト計画者は社会福祉的な発想でCSSが導入され充電料金を低く抑えられがちである。また利用者は設備が無償で提供されたものと見なし、充電料金を低くするべきと考えがちである。しかし、料金を低くしてしまうと投資回収は困難になり、最悪の場合、バッテリー交換もできなくなってしまう。充電料金はビジネス視点に立って経済的に妥当なレベルに設定しなければならない。

充電料金を決める際に考慮するのは、コンセッション料金、バッテリー交換積立額、CA賃金、保守費用である。CSSのキャッシュフローと妥当な料金レベルは3.4.5節に示した。重要なことはCSSの概念や料金の使われ方について予め十分にDAやコンセッショネア、CA、ユーザーに知らせておくことである。

エネルギー利用量から見ればランタンの充電は携帯電話の充電よりはるかに高い料金にならないといけない。バッテリー充電はランタン充電よりはるかに高くないといけない。しかし、そのような料金設定をするのは現実的ではない。これらの充電は社会福祉的な事業と考え、料金を低くせざるを得ないだろう。ランタン充電はうまく経営すれば利益をうめる可能性がある。コンセッショネアはユーザーの所得レベルと自身のビジネス可能性を考慮して、これらの料金を設定しなければならない。

#### <保守経費>

バッテリー取替は5年に一度行われる。バッテリー取替コストを算出するのは難しくない。しかし、他の保守コストを推定するのは難しい。このような場合には設備費の一定割合を保守コストと推定する方法がよく取られる。その割合は5 – 10%であることが多いが、プロジェクトではガーナの地方の厳しい設置環境を考え、少し多めに見積もって10 – 20% (約 GHc)とした。

#### <充電対象機器>

ランタンやバッテリー充電に必要な電気は概略次のように考えられる。

ランタン： 携帯電話充電の 10 倍

バッテリー： 携帯電話充電の 100 倍

一方、ランタンやバッテリーの充電料金は携帯電話に比べて上記ほどは高くできない。従って、利益を生み出すのは携帯電話であり、他は利益を生み出しにくいと考えられる。

Tomefa では CSS は携帯電話/ランタン充電(150W)とバッテリー充電(150W)が可能な設備を導入した。Tomefa の経験からバッテリー充電は利益が出ないために諦め、携帯電話/ランタン充電のみを行うことにした。Tomefa のチーフも (かれはコンセッショネアに相当する)、バッテリー充電は利益がでず携帯電話充電の需要が大きいことから、バッテリー充電システムを携帯電話充電システムに変更することを考えている。携帯電話充電の拡張は、ビジネス拡大の手段として推奨できる。

#### <トレーニングコスト>

CA 研修のためのトレーニングキットは太陽電池/バッテリーと、コントローラー/インバーター/ランプを載せたボードからなり、PV システムのミニチュア版と言える。CA はこのボードを用いて配線練習をする。キット自体は有益な道具である。CA にはまずマニュアルや配付資料で PV の基本について学ぶ。CA は理解したように見えるが、キットで実際配線をしようとするとう理解が十分でなかったことに気がつく。キットによる実習の後、彼らは PV の原理や構造についてより理解し自信を持つようになる。

問題は、トレーニングキットはコストがかかることである。トレーニングキットは普通の SHS とほぼ同じ構成であり、コストも同じ程かかる。キットにかけるコストを低減するには、トレーニングキットを専用に持つのでなく、設置に使う機材を共用するなどの工夫が必要である。プロジェクトでは、キットは PVA に対しプロジェクト経費で供与した。



図24 トレーニングキット

<セールスモード、レンタルモード>

ランタン充電にはセールスモードとレンタルモードが考えられる。レンタルモードの方がセールスモードより充電料金は高くなる。従って、頻繁に利用するユーザーはセールスモードを利用する方が良い。充電式のランタンは街に行けば 30GHzc ぐらいで売っているが、コンセッショネアがコミュニティで販売することも考えられる。あまり利用しないユーザーはレンタルモードを使えばよい。

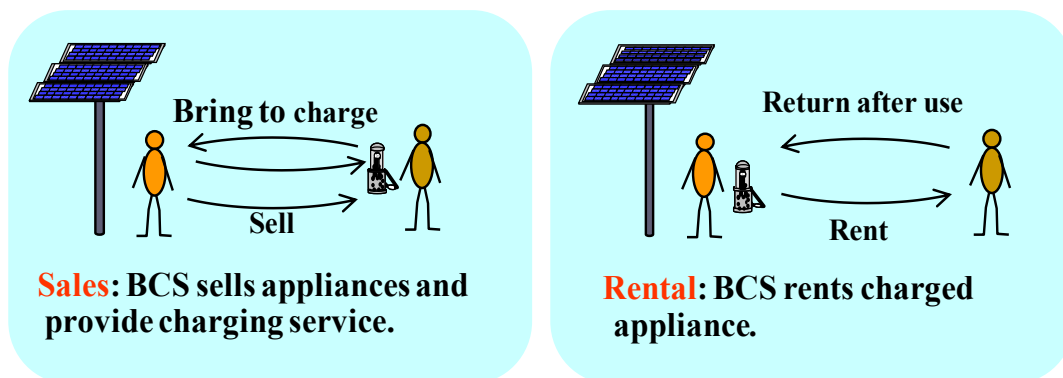


図 25 ランタン充電のビジネスモード

パイロットプロジェクトでは各サイトでランタン充電普及のために 5 台ずつ配布した。しかしほとんどのサイトではランタン配布の目的を理解できず、年長者などにランタンが供与された。Loagri のみで充電サービスが行われていた。ランタン充電事業について、コミュニティでもっと認知度を上げる活動が必要である。

<民間主導>

CSS は公共事業として導入するシステムである。このために CSS では充電システムを公共施設 PV に付加しその売上で全体の保守費用をまかなうことにしている。パイロットプロジェクトでの CSS 導入の第一の目的は、公共施設 PV の持続性を改善することにある。政府は公共施設の電化には責任があり、これまで PV による公共施設電化は常に持続性維持が難しかった。CSS は政府のために考えられたモデルである。

もし CSS が民間主導で行われるならば、公共施設の電化や保守は不要であり DA にコンセッション料金を払う必要はない。その代わりにこれらの出費は全て投資の回収と次の事業への投資に使うことができる。投資は 3-4 年で回収でき、その後コンセッショネアは新しい PV 設置や事業拡大に向かうことができる。携帯電話充電事業の利益率は高く、PV システム設置が民間手動で拡大していく可能性も高い。このような形で拡大するのも PV 普及の一つの形として有望である。

### 3.5.3 管理面

#### <コンセッションネアの選定>

パイロットプロジェクトで CSS を導入する際、プロジェクトはまず対象コミュニティのチーフを訪問し、プロジェクトの説明を行なった。多くの場合、チーフが自身でコンセッションネアになることを望んだ。チーフはそのコミュニティ内で大きな力を持ち、コミュニティの人々はチーフには反対しにくい。そのチーフにビジネス技能があれば、CSS の運営はうまくいくと思われるが、そうでない場合はチーフの独断専行により運営が破綻する恐れがある。このためチーフの能力について予め知っておくことが望まれる。通常、DA はコミュニティの状況について情報を持っている。CSS 導入前に DA に行きコミュニティの状況を聞き、コンセッションネアを誰にするか相談しておい方ほうが良い。

#### <公共施設内での充電業務>

パイロットプロジェクトの初めの頃、MOEn は学校やクリニックの敷地内に充電施設を設置することに難色を示していた。PV システムは公共施設の電化に使われるが、充電サービスは公共施設の本来の目的ではなく、見知らぬ人が施設を出入りすると治安が低下すると思われたためである。公共施設を電化すること自体はニーズが高く必要であった。プロジェクトでは公共施設のスタッフと話し合っ、彼らが敷地内への設置を問題ないと認めた場合にのみ CSS を設置するようにした。パイロットプロジェクトでは Mampong Nkwanta のみが敷地内に CSS を設置した。

#### <コンセッション料金の徴収>

プロジェクトでは CSS の所有権はその地域の DA に属し、DA は CSS の運営権をコンセッションネアに料金をとって委託する。しかし DA の中には料金徴収に前向きでない DA もいた。DA にとって遠方のサイトまで料金をとりに行くインセンティブが無い。同様にコンセッションネアからはわざわざ DA まで料金を支払いに行くメリットがない。DA とコンセッションネアの間で交わされた MOU では、料金未納が 3 ヶ月以上続けば DA はシステムを没収する権利を持っている。しかし現実にはシステム没収にかかる経費の方が未納コンセッション料金より高くなってしまふことが多い。

CSS を所有権まで含めてコンセッションネアに売却し、コンセッションネアに全責任をもたせたほうが良いと言う考え方がある。確かに自分の所有物であれば経営意欲が湧き前向きに取り組めるので、望ましい考え方であると言える。しかしながら、プロジェクトは公共事業が目的であり、導入機材を個人に売却することはできないので、この方法は取れない。その結果、所有権は DA が持つことになっている。民間が所有権を持って充電事業を進めることは、他の機会で行われなければならない。CSS を GEDAP の融資対象として認め、コン

セッションアが事業を行えるように資金提供することなどが考えられるであろう。

#### <MOU の理解>

MOEn、DA、コンセッションアの役割、権利、義務が彼らの間で結ばれる MOU の中に定義されている。その MOU ではコンセッションアは CSS の収入の一部からコンセッション料金を DA に支払うことになっている。DA は徴収した今セッション料金を彼らの管理費用と将来の CSS の拡大のために使うことになっている。コンセッションアは更に残額から CA の賃金と PV システムの保守費をまかなう義務を持つ。しかしながら、この概念を認識させるのは努力が必要であった。コンセッションアや CA の中には、DA は料金をとっているのだからシステムの保守をする義務があると主張するものがいた。ガーナ人は聞いた話の自分に都合の良い部分だけを主張し、残りの部分を忘れてしまう傾向が極めて強い。MOU というのは単なるメモであり、関係者のサインがあっても強制力を持つものではない。もし、関係者が MOU を反古にしようとしてしまうと、記載されたことは無意味になってしまう。このような混乱を避けるために、事前に DA、コンセッションア、CA を集めて彼らの間で MOU の内容に関する十分な理解と合意を得ておく必要がある。このような理解を促進するために、プロジェクトでは関係者の役割や義務をまとめた説明図（次次頁）を作り、関係者に説明した。この図は Community Solar Manual のなかにも記載してある。

#### <人材のネットワーク作り>

地方設置 PV 維持を困難にしている問題の一つには、システムが故障した場合のスペアパーツを入手するのが難しいことが挙げられる。また、トラブルに対してどのように対処するかという情報を得られないことも持続性困難の原因のひとつである。プロジェクトで提案している解決方法は、CA、PVA、コンセッションア、DA、ディーラーのネットワークを形成することである。ネットワークを形成する現実的な方法は彼らを一同に会し相互に認識し合うことであり、CSS 導入の際にこれを行う必要がある。CA 研修はこのための最も良い機会と見られる。CA 研修にコンセッションアや DA を招き、CSS とその管理方法・彼らの役割を説明した上で、彼らの相互のコミュニケーションを強化することが望まれる。



# Community Solar Management

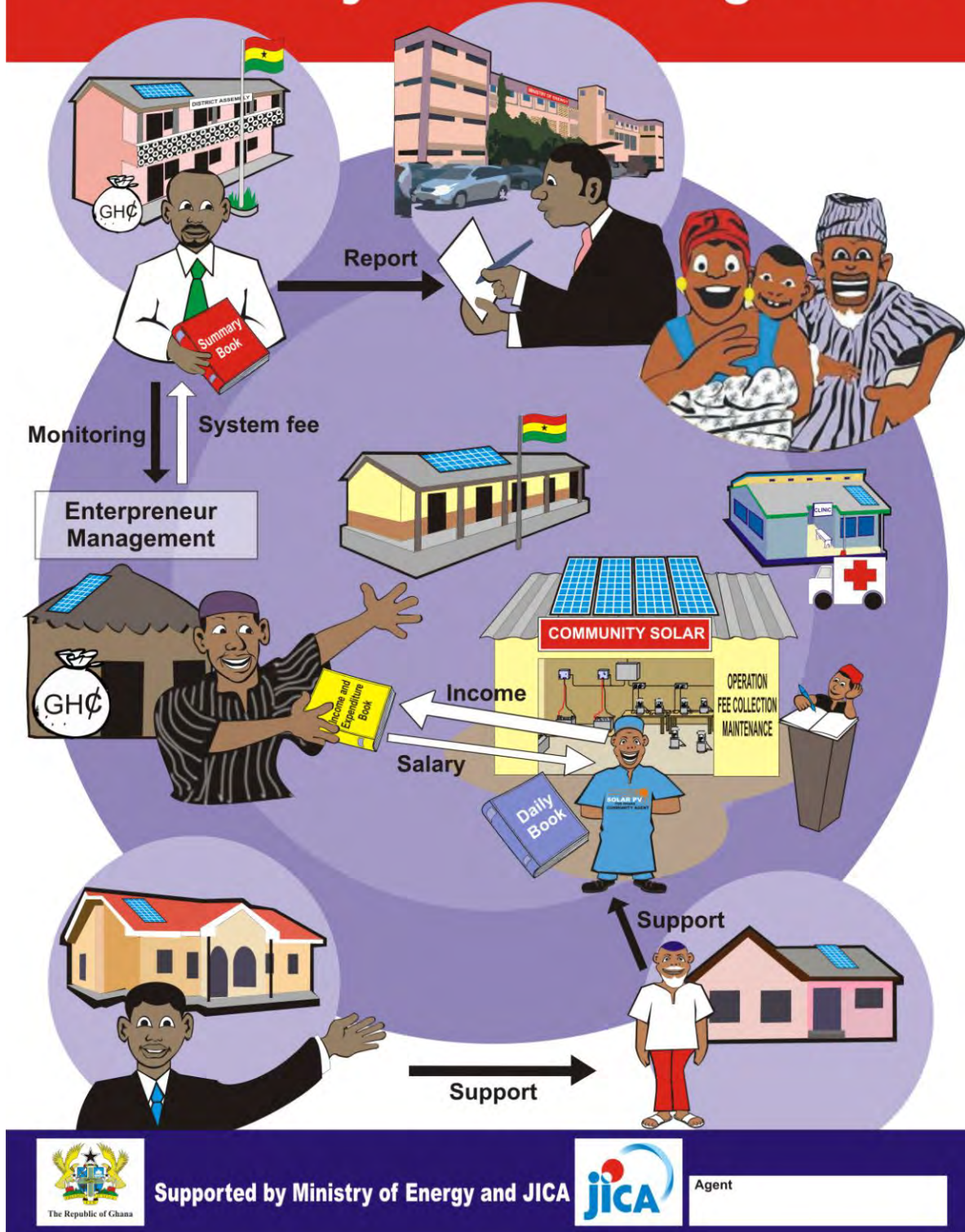


図26 コミュニティソーラー管理図

### 3.6 PV 普及のシナリオ

過去の PV プロジェクトの経験から、地方で PV を普及させるためには段階を踏んだアプローチが必要であると見られる。

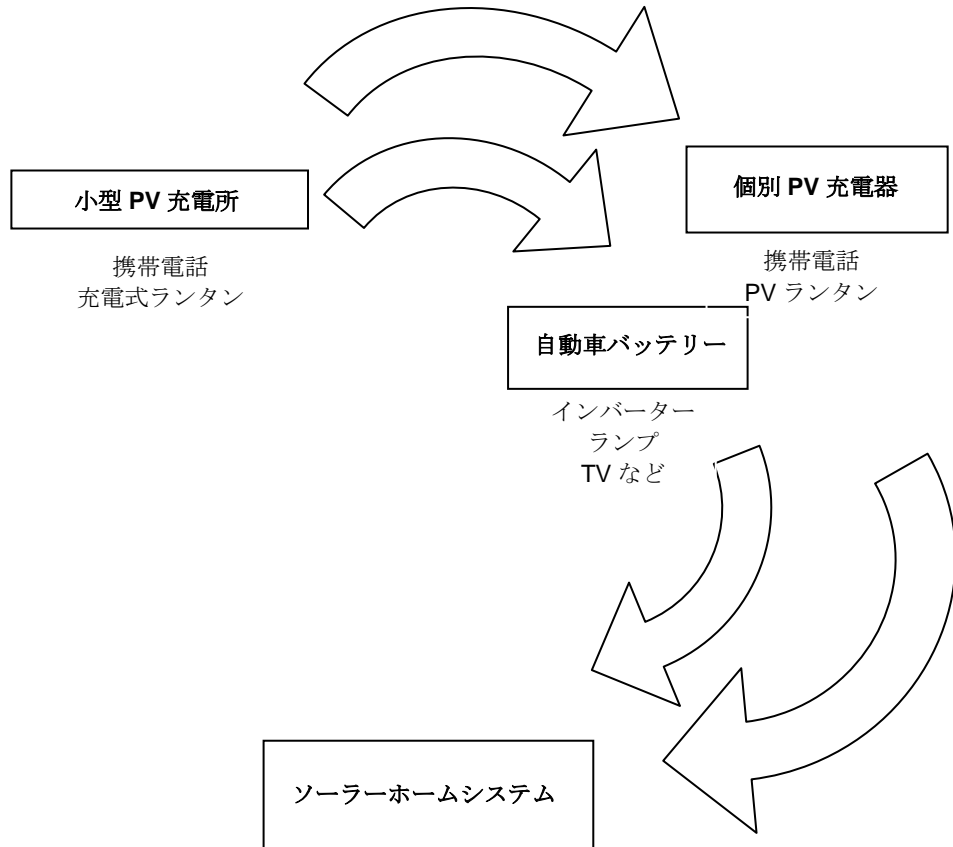
今日のように携帯電話が普及してくると、地方僻地においても携帯電話の充電需要は非常に高い。第一段階として小さな PV 充電設備を導入運営すると成功する確率が高い。その充電所の運営者、本プロジェクトでは CA やコンセッショネア、は充電所をうまく運営し利益を得るために PV についてより知ろうと努力する。その結果、彼はコミュニティでは PV 利用についてのリーダー的な存在となる。

最初の小さな充電所は携帯電話を充電するだけの能力しかないため、人々がもっと大きな容量の充電式機器を使うには十分ではない。充電式ランタンのようなより大きな機器を充電するために、充電所は拡張しなければならない。十分な能力のある充電所がコミュニティにあれば、充電式ランタンもコミュニティ内で普及するようになってくる。PV 充電システムの利用が頻繁になるにつれて、PV についての知識がその地域に広がり、人々は PV 利用への自信を深めていく。

この段階になると多くの人々が PV を利用して生活を便利にしようと望むようになり、PV 機器の購入意欲が高まってくる。現在でも小型 PV パネルによる充電式ランタン、小型の PV 携帯電話充電器など生活向上に役立つ PV 機器は既にいくつか販売されている。このような機器が普及していくためには技術面、財務面での支援は必要である。技術面の支援は CA やコンセッショネアが担当できる。財務面については PV ディーラーが機器の販売にクレジットを導入するなどの策が必要だろう。

ひとたび PV 機器利用に関する知識ベースが形成されると、そのコミュニティの人は PV の利用に自信がつき、更に進んだ PV 機器の購入へと進んでいくだろう。このようにして段階的に SHS などの普及を進めていけば持続的な PV 利用が定着していくものと思われる。

図7 段階的 PV の普及



## 4. 啓発活動

啓発材料を開発することは本プロジェクトの中で重要な活動のひとつである。目的は有効・効果的な PV 利用の方法について人々に分かりやすく教える材料を作ること。3 種類のポスター、パンフレットを作成したほか、説明用のビデオ、さらにこれらをまとめた Web を作成した。Web からはこれらの啓発材料の他にもプロジェクトで作成した教材やレポート類もダウンロードできるようになっている。下表はプロジェクトで作成した啓発材料の概略である。

表7 プロジェクトで作成した啓発材料

材料	内容
ポスター (A2 サイズ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Getting along well with SOLAR SYSTEM</li> <li>● Two ways of charging mobile phone using SOLAR ENERGY</li> <li>● Let's enjoy SOLAR LANTERS</li> </ul>
パンフレット (A5 サイズ)	Solar Energy ..... is good for you ! (8 頁)
ビデオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tengzuk CA 研修 (6 分)</li> <li>● Tomefa CSS 導入 (6 分)</li> <li>● Krachi East 踏査 (3 分)</li> <li>● ?</li> </ul>
Web	<a href="http://www.energymini.gov.gh">http://www.energymini.gov.gh</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>● トップページ</li> <li>● 教材・マニュアル・レポート頁</li> <li>● 写真・ビデオ頁</li> </ul>

基本的にはポスターもパンフレットもユーザーに対して効果的な PV の使い方を知らせるものである。ポスターは政府関係組織や AGSI によって配布され、DA や AGSI 彼らの事務所や AGSI メンバーの地方事務所などに掲示される。CA にもポスターは財布され CSS に掲示されている。ポスターはコミュニティの人への啓発として使われるだけでなく、CA が PV システムについて復習するのにも有効である。

パンフレットは AGSI メンバーや DA、PVA、CA に配布された。パンフレットはエネルギー省などが PV プロジェクトを DA に説明するとき用いると有効である。CA に PV の概要を説明したり、CA が PV の復習をしたりする際にも有効である。

ビデオは関係者に、PVの機能、PVプロジェクトの進め方、CSSの概略を説明するために作られている。ビデオはMOEnやAGSIがワークショップなどで使うことを想定している。またMOEnがDAにプロジェクト説明をする際にも、このビデオを使えば便利である。MOEnや携帯のプロジェクトを用いて地方でビデオを見せることができる。SIが年間ミーティングでメンバーにビデオを見せるのも有効であると思われる。

**表38 啓発材料の利用**

ポスター パンフレット	いずれも 500 部印刷された。 MOEn (300 部)、AGSI (100 部)、残りは DA、PVA、CA に配布された。 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 人々に PV システムとは何かを啓発するため</li> <li>● ユーザーに PV システムをどのように使うかを説明するため</li> </ul>
ビデオ	CD20 枚作成 MOEn (10 枚)、AGSI (10 枚)。 <ul style="list-style-type: none"> <li>● MOEn や AGSI が行うワークショップなどに利用</li> <li>● 携帯プロジェクトを使って地方での説明に利用</li> </ul>



Community Agent Manual と Community Solar Manual は教材として作ったが、これらは地方の人でも読みやすいように絵を中心に作成しているので、啓発し材料としても使える。Community Agent Manual は人々に PV システムをどのように使うかを説明するために、Community Solar Manual は DA やコンセッションエアに CSS の概念や運営方法について説明するために使える。いずれも 1,000 部印刷された。

## 5. 結論と提言

当初、本プロジェクトはガーナで PV がマーケットメカニズムによって普及するための人事育成体制を構築することが目的だった。一般論として人材育成はどのような場合でも重要である。しかしながら、現状のガーナにはまだ PV のマーケットがほとんど存在しないことを考えると、対象となる人材は極めて限られ、プロジェクトを効率的に実施していかなければならない。

初めのうちは実現すべき有効な人材育成体制を見いだせず、プロジェクトを進めるのが困難であった。マーケットの無いところに人材育成のメカニズムを作っても持続することが難しいため、ガーナ側は同意しなかった。このためプロジェクトでは PV 地方電化の一環として人材育成を実施する方針に切り替え、ガーナ側が望んでいる持続性可能モデルのパイロットプロジェクトを中心に実施していくことにした。その後、プロジェクトは順調に進展し終了したが、プロジェクトはプロジェクト成果を生かしていくために MOEn に対して更に継続した努力を続けるように期待している。本章ではプロジェクトで得られた成果のまとめと、今後に求められることをまとめている。

### 5.1 背景

#### <ガーナの PV マーケット>

ガーナにはまだ PV 市場がほとんどできていない。PV システムはほとんどの人にとっては高価で生活用品にはなっていない。これまでに設置された PV システムはほとんどが政府やドナーのプロジェクトによるものである。このようなプロジェクトによる設置の問題点は、PV 機器がプロジェクトによって直接調達され、ほとんど市場を介さないため、市場刺激効果がないことである。ガーナの PV ディーラーは常にドナーや政府のプロジェクトを期待して、人々のニーズに無関心である。現状ではガーナの PV 市場の方向性を見極めるのは難しい。

PV 市場を開拓する際の最大の問題は PV 機器が高価なことである。一部の富裕者が稀に自発的に PV を購入できるぐらいである。現状では、いわゆる 50W ソーラーホームシステムは約 1,000USD し、ソーラーランタンは約 100USD する。もう少し低価格のソーラーランタンもあるが、それらは機能が限られている（明るさが不足、動作時間が短いなど）現

状のように PV 市場が未開発な状況では、市場の基礎づくりを進めて行けるような PV ビジネスを探すのに多くの努力を投入していく必要がある。

人材育成は確かに健全なマーケットを形成していくための重要な要素のひとつである。しかし現在のように市場がほとんど無い状況では、PV の研修を受けた人が PV の仕事を求めるのは困難である。このため、これまで自発的に PV の研修を受けた人は裕福な人で、その数は限られている。先進国でも PV の市場は限られているので、そのための人材育成制度を持っていることは稀である。ガーナで制度的な PV の教育システムを作っても、当然その制度を持続するのは財政的に難しい。PV の業務のほとんどは政府やドナーのプロジェクトであることを考慮すると、人材育成はそれらのプロジェクトの中に組み込む方が効率的である。人材育成は、それらのプロジェクトの中で実際の仕事を伴いながら行われるべきである。

PV 機器の品質管理にも同様のことが言える。たとえ制度的な品質認証制度を作っても、その制度を持続させるのは難しいだろう。ほとんどの PV 機器が政府プロジェクトなどで輸入されている現状を見ると、品質管理も各プロジェクトが直接行なっていけば十分である。

このように PV ではまだマーケットが無いための制約が大きいため、PV 普及のためにはまず可能な PV ビジネスを増やすことから考えたほうが良い。市場はその結果として形成されてくる。プロジェクトで導入した CSS ビジネスはそのような可能な PV ビジネスのひとつである。人材育成は CSS のビジネス開発の中で実施されるだけで十分である。

#### <実務的な人材育成>

ガーナの PV 産業もまだ初期段階にある。産業がまだ初期段階にある間は、人材育成には理論や概念より実践的なものが必要とされる。産業が形成されてきたら、理論的概念的な技能も産業発展のために必要となる。現在のガーナでは人材育成は実務的な面を重視すべきである。

PV の実務研修には設置や運転保守などの技術面だけでなく、経理や記帳などの管理面も行わなければならない。パイロットプロジェクトの実施は技術面も管理面も同時に実習ができるので有効である。研修受講者は実際の設置や運転管理作業を通じて実務的な技能を身につけることができる。

CA 研修の方法を教えることは PVA 研修の中での重要な課題である。CA 育成の実際を経験することで、PVA は地方の人にとってどのようなことが難しいのか知ることができる。PV エージェントはどのように CA 育成することが効果的か知っていなければならない。そ

してその知識は彼らが地方で PV を普及していく上で役に立つことになる。CA 研修も実際のパイロットプロジェクトの中で PVA により実習として実施されることが望ましい。

#### <人材育成の対象>

現在、AGSI により PV の研修コースが運営されている。受講者は広報で募集されている。十在には受講者の多くは学生か安定した収入があり将来の業務の可能性を広げたい人が多い。彼らの多くは PV ビジネスを行うことにそれほど熱心ではなく、ほとんどはアクラなどの都会に住んでいる。PV の普及が必要な地方からの参加者はほとんどない。広報による受講者の募集では地方の講習すべき人を募集するのは困難と見られる。PV 地方電化の人材育成対象者は個別に募集していくほうが良いとみられる。

プロジェクトでコミュニティに設置された PV の運転保守を行う CA と、地方で PV の普及を行う PVA の 2 層の人材を提案した。またプロジェクトではコンセッショネアを管理者とする CSS ビジネスモデルも提案した。CA もコンセッショネアもコミュニティに住み CSS の運営で業務を得ている。コミュニティを訪問すれば、CA やコンセッショネアの候補を見つけるのは難しくない。技術的スキルのある人は CA になれるし、商店などのビジネスを行なっている人はコンセッショネアになれる。

しかし、地方で PVA の候補を見つけるのは大変難しい。これは現在の PV 市場が非常に小さいため潜在的に PV 業務に興味があっても、PV ビジネスを始めようという意思のある人はほとんどいないからである。地方のコミュニティは過疎である。技術的なバックアップや情報の提供のためのネットワークが必要である。グラミンシャクティが地方 PV 普及に成功したのは彼らが地方に強力なネットワークを持っていたからである。グラミンシャクティはこのネットワークを使って地方にテクニカルセンターを置き、地方 PV を支えた。このような人材のネットワークが重要である。政府は PV を地方に設置する際には、このようなネットワークも作る必要がある。もし地方に適切な PVA を見つけることができなければ、政府は政府系のネットワークを通じて人材のネットワークを作る必要がある。DA やテクニカルスクールなどには電気技術者がいて、彼らは PV を理解するのに十分な知識を持っている。彼らは PVA の役割を果たすことができる。特に DA は CSS を管理する立場にあるため、そこにいる電気技術者は有益である。

次の表は PV 地方電化でターゲットとすべき人材のまとめである。



表39 人材育成対象

人材	候補者	需要
PVA	PV ディーラー地方支店 DA の電気技術者 学校の電気技術者	数十
コンセッショ ネア	コミュニティでビジネス経験・技能のある者 (店舗経営者)	数百
CA	コミュニティで技術能力を有する者	数百

#### <人材育成方法>

現在のガーナの PV 市場を考えると、PV 研修制度を開発するのは現実的ではない。現実的な人材育成はプロジェクトの中で行うことである。プロジェクトのなかであれば実際の作業で実務経験を重ねることもできるし、プロジェクトの中で業務を見つけることも可能である。

CA 研修の内容は技術的には難しいものではない。CA 研修は PV 基礎・PV 機器・PV システム・運営管理方法について半日ほどの座学と、キットを用いた組立実習、更に現場での設置実習から構成されている。研修の持続性を考えると、研修の費用はできるだけ少ないほうが望ましい。マニュアルにはプロジェクトで開発したものが利用できる。組立実習に必要な機材はできるだけ設置用の材料と共用すべきである。基本的には設置を十分に経験した PVA が CA 研修を実施することが望ましい。DA やテクニカルスクールなどの電気技術者も指導を受ければ CA 研修を実施することができると見られる。このような技能者が一度 CA 研修に出席しその内容を体験すれば、後に彼らが技術指導することが出来るようになるだろう。従って、これらの技能者を招き一堂に集めて CA 研修を実施すれば、彼らの間に強いネットワークが形成されて、その後の PV システムの維持や地域の PV 普及に大きく貢献していくだろうと思われる。

#### 5.2 効果的 PV プロジェクト

本プロジェクトは CSS 導入により持続性改善に関して大きなインパクトをもたらした。インパクトをもたらした最大の要因は、充電事業の収入を公共施設 PV の維持に使うことで財務的な問題を解消したことである。この利点は更に応用すべきである。プロジェクトでは次の二つの応用プロジェクトを提案してみた。一つは本プロジェクトの CSS 導入をベースにしより効率的に PV 地方電化を進めるものであり、もう一つは CSS の利点を利用して中小企業育成を行うものである。次に示すのが、提案の概要である。

- 持続的 PV 地方電化

プロジェクトでは KNUST とタマレポリテクのトレーナーを育成してきた。これらの教育機関は PV 研修のベースとなりえる。しかし、これらの教育機関は州首都の都会にあり PV 電化が必要な地方からは遠離れている。研修のベースは更にニーズに近いところになければならない。

プロジェクトの経験からは、PV 地方電化に必要な研修内容は技術的には決して難しいものではなく、地方の言葉や土地の材料を有効に使うなどの工夫をすることが重要である。プロジェクトではまた DA や地方の学校の電気技能者が PVA の役割を果たせることを見出した。これらの人々は CA のそばに住んでいるため、PV 研修のベースを運営して CA を支援していくことができる。もし MOEn が地方に PV 研修ベースを作る手法を構築できれば、PV 地方電化は更に進めやすくなっていくだろう。地方研修ベースをうまく構築し、そこで PV 研修内容を提供することが一つ目の提案内容である。

ここでも研修の持続性をいかに確保するかが課題となる。従って、PV 充電所をその地域に導入する。その PV システムの設置は、関連した人々 (DA、PVA、コンセッショネア、CA) の訓練の一環として実施する。システムが設置された後は、充電事業の収入の一部は研修ベースの運営費に使われる。DA は収入を管理し、地方学校の技能者は技術面での支援に貢献する。

- 中小企業育成

プロジェクトではバングラディッシュで Grameen Shakti の地方 PV 普及事業を見学した。Grameen Shakti は地方に設置した PV を管理するための十分なネットワークを維持していた。彼らのネットワークの特徴は、Technical Center という地方拠点で地方の人により PV システムに使われている機器の組立作業を行っていたことである。地方で PV 機器の組立作業を行うことはまず地方産業の活性化になる。更に組み立てられた機器の一部は地方に設置された機器が故障した時のスペアパーツとして使うことができる。また、組立作業を管理している人は PV システムを修理するに必要な知識を持っている。その結果、Technical Center はその地方の PV サポートセンターとして機能している。

ガーナは PV に関する知識や経験を既に持っていて、PV 機器の組立を行う基礎は出来ている。従って、ガーナにおいても Grameen Shakti の Technical Center のような取り組みを行うことが可能とみられる。ポリテクはその際の Grameen Shakti の機能を果たすことができると見られる。

LED ランタンは最近急速に普及しつつある機器で、無電化の地方で有効に使われてい

る。本プロジェクトで導入した充電ステーションでも LED ランタンは充電サービス対象の有望機器と見なしている。技術面から見ると、LED ランタンの電子回路は単純で、ガーナが組立産業を開始するのに手頃なレベルである。組み立てられたランタンは充電ステーションの充電対象機器として使われ、充電事業から得られる収入の一部は組立作業を維持する経費に使われる。ポリテクと共に LED ランタン組立て作業所を開発し、そのランタンを充電所で試験運用する体制を作ることが第 2 番目の提案である。

ひとたびランタンの組立に成功すれば、組立対象をコントローラーに展開するのは難しいことではない。このようにして組立作業は地方の産業開発に貢献し、更に PV の普及も促進していく。

### 5.3 MOEn の課題

プロジェクトは 4 年間の間にいくつかの成果を残した。その成果を維持していくために、プロジェクトは MOEn に更に持続的な努力の継続を希望する。下記に示すものは、プロジェクト成果を最大利用していくため MOEn が行うことが望まれる業務である。

#### <パイロットプロジェクトのモニタリング>

プロジェクトは 24 のコミュニティに CSS を導入しそのモニタリング体制を作った。これらのサイトにおける経験は、今後ガーナが CSS を他の地域に展開していく上で貴重なものになる。従って、MOEn は今後も継続してパイロットサイトのモニタリングをしていくことが望まれる。基本的にはモニタリングは電話連絡で行える。MOEn は DA や教育機関と連絡をとり情報収集をしなければならない。モニタリングを継続するためには、MOEn は DA や教育機関にサイトからの情報収集を要請しなければならない。プロジェクトは MOEn に対して下記の情報を引き続き収集することを希望する。

- 充電の傾向
- 財務的持続性
- コンセッショネア、DA の管理能力
- トラブル
- バッテリー交換

PV システムの持続性で最大の課題はバッテリー交換である。バッテリー交換は 5 年後にあると見られる。MOEn はモニタリングを継続し、バッテリー交換を見届けることが必要である。

#### <CSS の認知度向上>

MOEn は CSS による持続性向上の可能性を十分に認識している。ガーナでは NGO や

ミッションなどによって導入される PV も多くある。CSS の可能性を高めていくためにも、MOEn は機会を利用してそれらの機関と連絡を持ち、CSS の認知してもらうように努力すべきである。このために次のような活動を行なっていくことが考えられる。

- ワークショップを開き CSS の報告を行う
- 他組織のワークショップに参加し CSS の報告をする
- DA に要請してポスターを事務所に貼付してもらう
- 関連組織に依頼して、Web のリンクを張ってもらう。
- AGSI にミーティングで CSS の報告をしてもらう

#### <PV 機器試験>

プロジェクトは PV 機器試験用の機材を供与しトレーナーらに PV 機器試験技術移転を行なった。しかし供与された機材は必ずしも十分に活用している状況になっていない。各教育機関と MOEn は協力し、PV 機器試験を行えることを関係機関に周知していくと共に、各教育機関が PV 機器試験を行う機会を増やしていくように努力する必要がある。

もし PV 機器試験の実施機会を増やすのが困難であれば、供与された機材を更に利用できる機関に移設していくことをが望まれる。下記は機材再配布の一つの考え方である。

- タマレポリテクの LABView を KNUST に移す  
KNUST は海外留学で LABView を学んだ学生を多く持っている。彼らはガーナに帰った後も LABView を使うことを望んでいるがその機会がない。現在、プロジェクトで供与した LABView はライセンスが一つだけしかない。KNUST のライセンスの数を増やし LABView を一般公開して、利用希望している学生が使える機会を増やすことが望まれる。
- KNUST とタマレポリテクの Battery tester を GSB に移設する  
KNUST もタマレポリテクもバッテリーの試験をする機会は少ない。GSB はバッテリーテスターを持っていて、バッテリー試験を業務の一環として行なっている。しかし GSB のバッテリーテスターは古くて使いにくくなっている。またバッテリー試験は極めて時間がかかるために、GSB は複数台持つことを希望している。バッテリーテスターは KNUST、タマレポリテクから GSB に移設したほうが良い。

#### <PV training/education>

トレーナーらは本プロジェクトを通じて PV に関する知識・技能を付け、PV の研修や講義を実施経験した。彼らは CA 研修、PVA 研修、PV 試験など様々な業務を実施できる。教育省や各学校の管理者はトレーナーの能力を最大限利用できるように配慮しなければならない。学生を対象とした PV 教育に関しては、各学校の管理層が今後の対応を考えていか

なければならない。一方、CA 研修や PVA 研修については現地での実習を伴う方が望ましいので PV 地方電化プロジェクトとの中で行われるべきである。残念ながら各教育機関が PV 地方電化のプロジェクトを行なっていくことは難しい。現状では、各学校に設置された実習用 CSS サイトの拡張が唯一の機会であるが、それは1年に1度ぐらいかそれ未満であろう。MOEn は PV プロジェクトを実施する際に、できるだけトレーナーに研修実施の機会を提供していかなければならない。

#### 5.4 JICA 事務所の課題

PV システムの最大の課題はバッテリー交換がうまく行えるかどうかである。本プロジェクトで用いたバッテリーは太陽光発電用のものなので5年程度の寿命が見込まれている。従って、5年後に CSS の収入によりバッテリー交換が行えるかどうかで、本プロジェクトが目標としていた持続性改善が実現されたかどうか判断できる。このために5-6年後にパイロットプロジェクトの状況を評価できるような機会をつくと共に、その結果を広く公表して PV 普及に役立てるよう努力していただきたい。