

国際協力事業団

工業手工芸省

ラオス国

ラオス国

再生可能エネルギー利用地方電化計画調査

最終報告書

要約

2001年2月

JICA LIBRARY



J1166214(5)

プロジェクト・インターナショナル株式会社

株式会社 四国総合研究所

鉦調資

JR

00-213

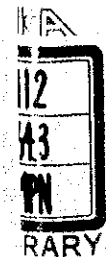
ラオス国

再生可能エネルギー利用地方電化計画調査

最終報告書 要約

01
2

国際協力事業団



国際協力事業団

工業手工芸省
ラオス国

ラオス国

再生可能エネルギー利用地方電化計画調査

最終報告書

要約

2001年2月

プロテクトインターナショナル株式会社

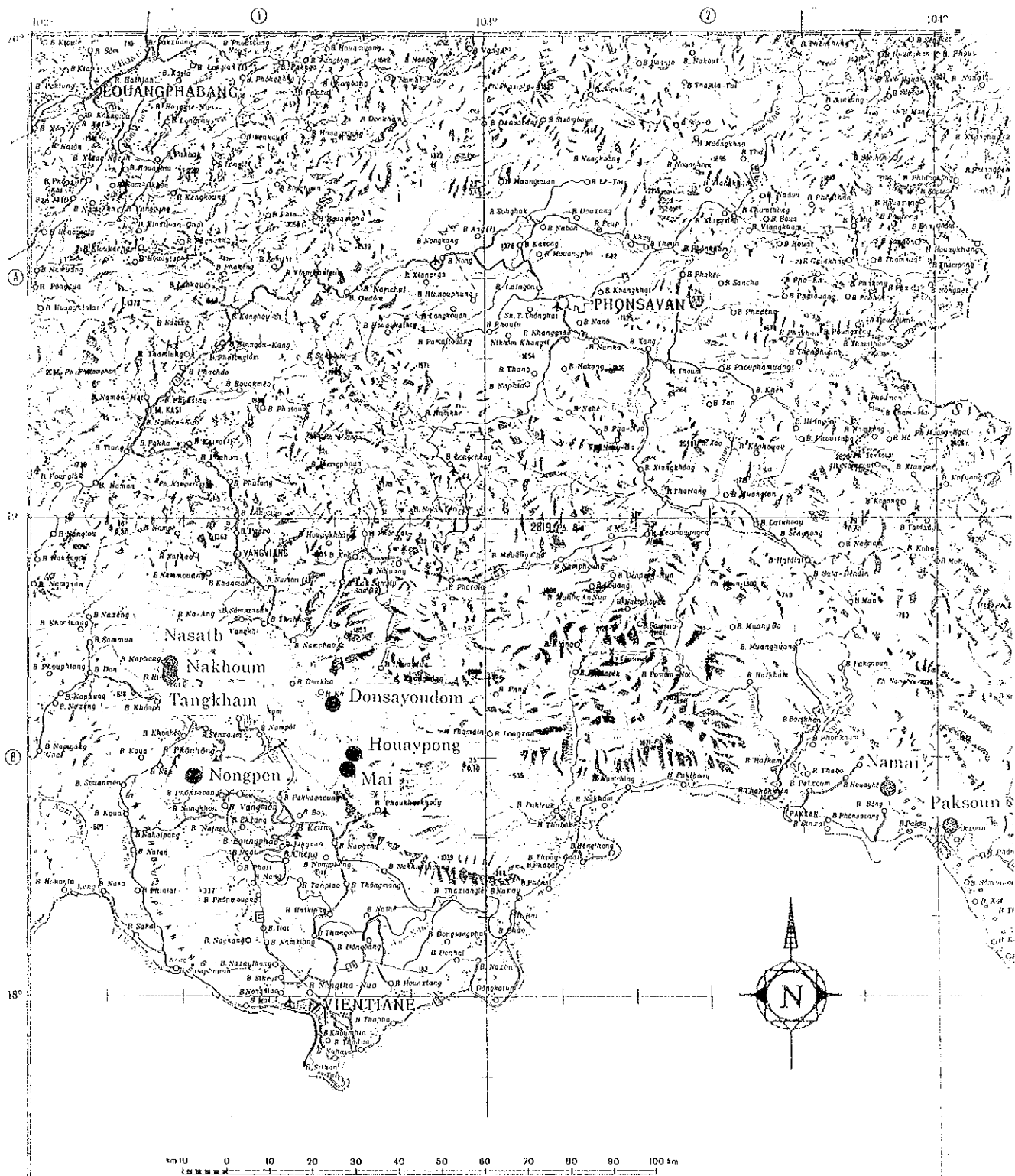
株式会社 四国総合研究所



1166214[5]



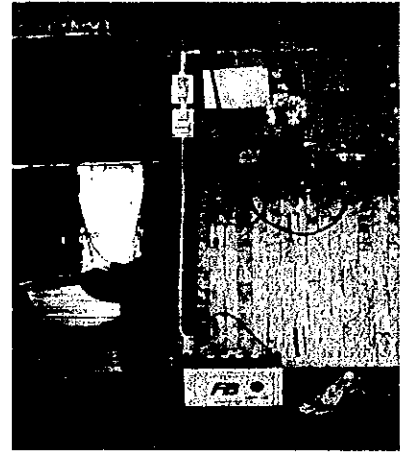
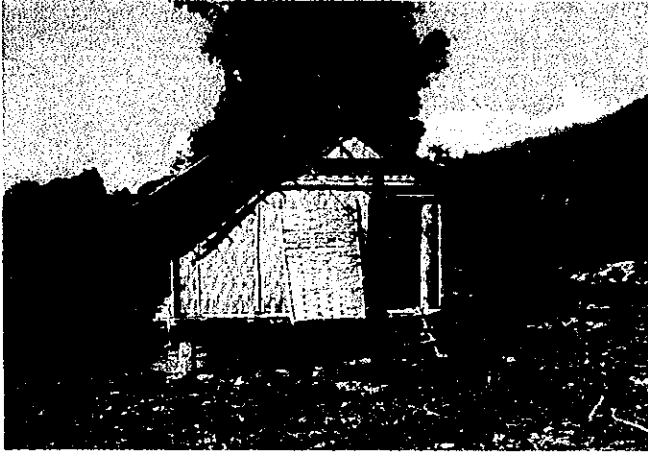
Photovoltaic System Pilot Project Sites



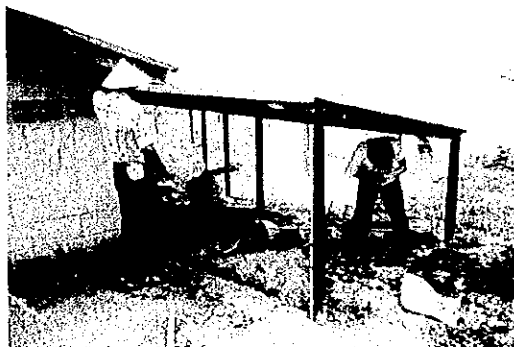
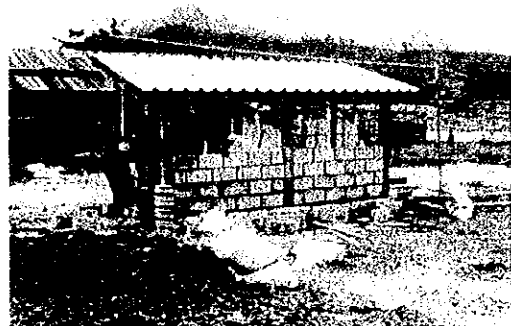
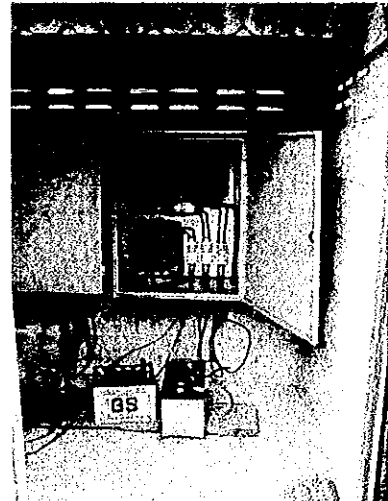
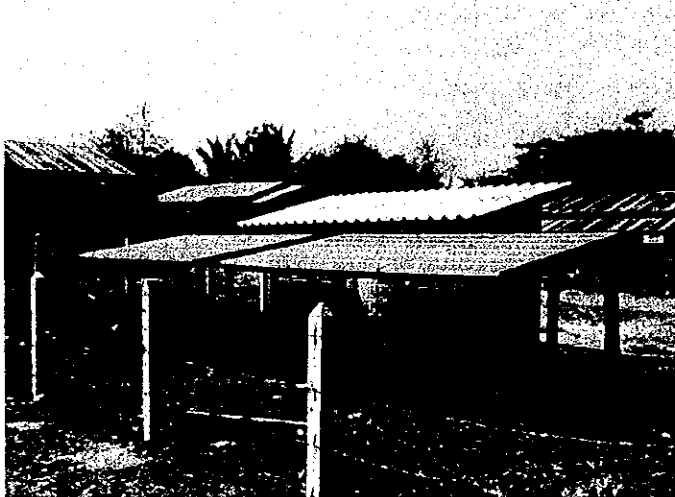
- ⊙ Pilot villages
- ⊙ New PV villages (year 2000)

Photovoltaic System Pilot Project Sites

Solar Home System



Battery Charging Station



目 次

1 地方電化の現状と目標	1
1-1 地方電化政策.....	1
1-2 農村開発政策と地方電化.....	2
1-3 地方電化の現状.....	2
1-4 ヱィエンチャン、ボリカムサイ両県の全国における位置づけ.....	3
2 パイロット村落	5
2-1 パイロット村落概況.....	5
2-2 PVモニタリング調査結果.....	6
2-2-1 初回金額の準備方法と受容度.....	6
2-2-2 月額料金とエネルギー支出.....	7
2-2-3 裨益効果.....	7
2-2-4 村民による維持管理と村落電化委員会の設置.....	9
2-3 インパクト調査.....	10
3 参加型アプローチ	12
3-1 3つのキーワード.....	12
3-1-1 People's Participation.....	12
3-1-2 Capacity Building.....	12
3-1-3 Cost Recovery.....	12
3-2 住民へのトレーニングプログラム.....	12
3-2-1 トレーニングの場所・教材等.....	13
3-2-2 対象者の電気知識及び電気利用形態の把握.....	13
3-2-3 村落電化委員会の今後の活動.....	13
4 パイロット・システム	14
4-1 システム基本設計.....	14
4-1-1 ソーラーホームシステム (SHS).....	14
4-1-2 バッテリーチャージステーション (BCS).....	15
5 経済財務分析/財務マネジメント	16
5-1 コスト分析.....	16
5-1-1 モジュールの価格見直し.....	16
5-1-2 料金設定.....	17
5-2 PVシステムと代替システムの経済性比較.....	19
5-2-1 各システムの20年間コストの現在価値.....	19
5-2-2 契約形態.....	21
6 パイロットプロジェクトの総合評価とシステム提案	22
6-1 パイロットプロジェクトの総合評価.....	22
6-1-1 技術的評価.....	22
6-1-2 社会・経済的評価.....	22
6-1-3 パイロットプロジェクトからの成果(まとめ).....	24
6-2 ラオスに適した太陽光発電標準システムの提案.....	25
6-2-1 SHS.....	25
6-2-2 BCS.....	27
6-2-3 技術マニュアルの整備.....	28
6-2-4 村落電化委員会の設置.....	29
6-3 C/PによるPV設置事業の総合評価.....	29
7 地方電化長期計画	31
7-1 太陽光発電による地方電化の可能性.....	31
7-1-1 太陽光発電の評価.....	31
7-1-2 地方電化ガイドライン.....	34
7-2 地方電化戦略.....	36
7-2-1 基本システム.....	36

7-2-2 料金と実施主体	36
7-2-3 財源問題	38
7-3 長期開発計画	38
7-4 事業実施計画	41
7-4-1 マスタープランの位置づけ	41
7-4-2 公的部門における施策	41
7-4-3 民間部門による導入促進	43
8 小水力開発計画	47
8-1 小水力開発と地方電化	47
8-2 ラオスの小水力資源	47
8-3 ケーススタディ	48
8-3-1 ゾーニング	48
8-3-2 小水力開発計画	49
8-3-3 基本設計	49
8-3-4 パイロット地点の概算工事費	50
8-4 小水力開発10カ年計画（マスタープラン）	51
8-4-1 需要予測	51
8-4-2 基本方針	51
8-4-3 事業費試算	51
8-4-4 事業の優先順位	53
8-4-5 投資計画	54

1 地方電化の現状と目標

1-1 地方電化政策

ラオス政府は1997年に電力法 (Electricity Law) を制定し、地方電化に適した小規模な電源開発 (100kW以下) については個人や組合、地元企業などが地方レベル (県やその下の郡レベル) の許認可によって実施できるように市場開放を行った。電化率を現在の30%台から2020年までに90% (世帯単位) に引き上げるという目標を達成するためにはEDLの配電線延長による電化だけではとても間に合わないため、小規模電力供給事業への新規参入を促進して地方電化を推進することをねらいとしたものである。しかし、これに伴う資金的支援措置などは未整備であり、従来型の小規模電源 (ディーゼルや小水力) が有する経済的なデメリット (=小規模になるほど割高になる、初期投資が大きく回収期間が長い(小水力)、燃料費や運転保守費などのランニングコストが大(ディーゼル)) を克服することができないため、具体的な地方電化事業を拡大することは困難であった。電力法の制定によって個人、民間企業や住民組織など、国民各層の力を結集して地方電化を推進する基礎がつけられたが、政府の厳しい財政事情から具体的なプロジェクトを実施するまでには至っていない。このため、太陽光発電 (PV) などの新技術の導入によって、従来の完全電化とは異なるが、農村部の多数の家庭で必要最小限の電灯やテレビなどだけでも利用可能とするような電化促進施策を展開することについてラオス政府は真剣に検討し始めた。

太陽電池の価格は着実に低下してきており、また低電力消費で高効率の小型蛍光灯なども普及してきていることから、太陽光発電によって地方電化を進めることが技術的にもまた経済的にも非常に有望視されるようになってきている。世界的にみても照明主体に小型の太陽光発電設備を利用している家庭は急速に増加しており、これが市場の拡大をもたらし、関連機器の価格低下によってさらに利用が拡大するという好循環を生み出している。このように太陽光発電は開発途上国の地方電化における最有力手段となりつつあり、これを各国の実情に合わせて定着させていくことが現時点の課題である。これまで、このような技術についてなじみのなかったラオスとしても、太陽光発電の計画、設置、運転・維持管理などの知見を蓄積し、また資金的、組織的な普及支援策を講じることによって、国内での普及拡大にはずみをつけていくことが求められている。

小水力発電は太陽光発電と同様の自然エネルギー利用技術であるが、河川流量と落差を必要とするという点で、太陽光のみあれば発電可能な太陽光発電と比較して利用の可能性は地理的にかなり限定される。また、設計、施工、運転といった事項について太陽光発電よりも一段高い技術水準が必要である。しかし、地方電化の対象となる山間部に存在するエネルギー資源であり、利用範囲の広い交流電力を供給できるといったメリットも大きいいため、太陽光発電との単純なコスト比較は難しいが、もし未電化村落の近傍に適当なサイトがあればそれを積極的に開発利用するよう努めることが肝要である。経済性については簡素化設計などにより改善が可能と考えられ、立地条件から経済性が有利な地点を選び順次開発を行っていく必要があることは言うまでもない。

1-2 農村開発政策と地方電化

国民の80%以上が居住するラオス農村部では、従来の伝統的農業依存してきたため平均収入は都市部平均収入の25%にも充たず、都市部との経済格差は極めて大きい。そのため、ラオス政府は農村部開発を最重要課題の一つとして定め、1994年にその計画策定・実施を担う責任機関として農村開発委員会を設立、1996年には首相府の一機関として再編した。

ラオス国の農村開発政策は1994年に国会で採択された農村開発に関する決議を基礎としている。農村部の自然・社会の潜在的な力を活かし、全ての民族がオーナーシップをもってこれまでの伝統的農業（焼畑等）から生活向上のための新たな農法へと移行することで、農村部が開発活動を通じて今後新たな時代の国家のベースとなっていくような発展が望まれている。これらの実現のために採用したのが **Focal Site Approach** であり、各県に平均3地域（村落）をモデル地域として設定し、その地域を対象に重点的に開発を推進していくというものである。

以下の8項目（**Infrastructure・Agriculture・Education・Health・Village Consolidation・Community Development・Income Generation・Focal site management and Emergency Relief**）は国家農村開発計画(1996-2000)の中で取り組むべき項目として挙げられているものである。各項目の比重については重点地域の状況に依拠しているが、その中心はインフラの整備と農業開発である。インフラ整備については道路建設、電気の導入、通信網の整備が重点項目としてあげられている。電気の導入については第1次農村開発計画（1996-2000）においては重点地域において50%の村落電化率を目標としている。これは主に送配電線の延長によるものを想定しているが、この実現により農村部の医療施設・教育施設整備やラジオ・テレビによる情報へのアクセスが向上することとなる。また今後は灌漑用ポンプや農村における小規模産業への電気利用なども含め、電気の導入は農村開発の推進に大いに資するものである。

以上述べてきたように、ラオス農村における地方電化は農村開発政策に合致しており、積極的に推し進められるべきものである。しかし、送配電線の延長のみに頼ってはいは地形的、財政的に地方電化の推進は困難である。そのため、ラオス国内でも地域毎の事情を考慮し、分散型電源としての再生可能エネルギーを利用した電化を取り入れていくことが必要となりつつある。

1-3 地方電化の現状

現在ラオスでは、国有電力網を中心に電化されている村落は全体村落の20%弱、電化されている世帯は35%弱に過ぎない。（図1-1）

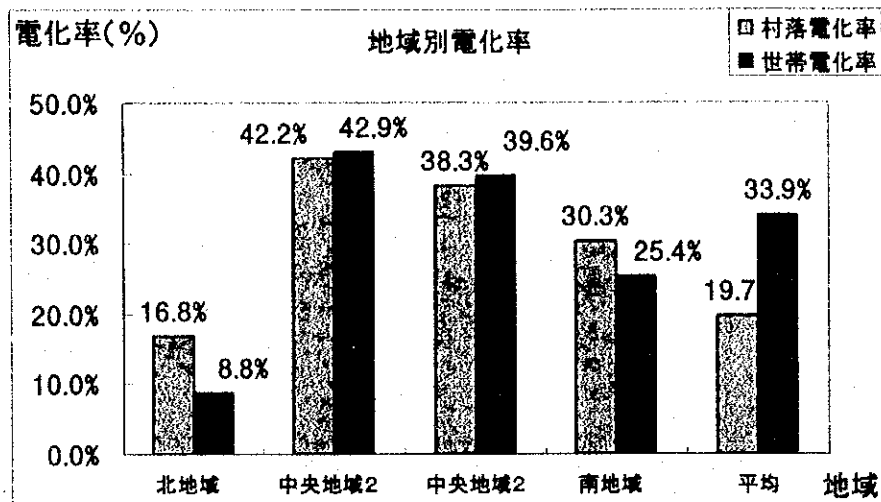


図 1-1 ラオス国地域別電化率 (1999年) Source: MIH 資料

地方電化については、これまでは送配電線網の拡張により実施してきたケースがほとんどであり、そのうち送電線については EdL が基本計画を作成し、実施している。また、ディーゼルや小水力など独立電源による電化が一部の村落を対象に行われているが、それらに基本計画はなく、県レベルで特別な援助資金や政府予算で散発的に実施されているのみである。現在、EdL では世銀や ADB 資金などにより地方電化を実施中であり、その大半は送配電線の拡張に使用されている。

1-4 ヴィエンチャン、ボリカムサイ両県の全国における位置づけ

ラオスの農村部は人口の 83% が住んでおり、これらの人々の殆どがメコン河のいくつかの支流に沿って自給的農業を営んでいる¹。住民の主な収入源は農業や家畜からのものである。この調査において対象となったヴィエンチャン、ボリカムサイ県の状況は以下の通りである。

ラオスはメコンに沿った南部のタイとの国境線沿いと、ヴィエンチャンからルアンプラバンを結ぶ地域に人口と経済活動の多く部分を占め、この両地域が比較的発展した地域となっている。このうち調査対象のヴィエチャン県は後者の地域に、また、ボリカムサイ県はこの両者を結ぶ地域に位置しておりラオスの中では比較的恵まれた地域といえる。表 1-1 からヴィエンチャン県の方は都市化が進んでおり、GDP・識字率・乳幼児死亡率・平均余命などの社会指標もヴィエンチャン県に比べ、ボリカムサイ県の方が劣っていることがわかる。また電化状況については表 1-2 の通り、ヴィエンチャン県の方がはるかに電化は進んでいる。この差はボリカムサイ県の方が山岳地域を多く含んでいることが一因となっている。

¹ National Statistical Centre, Results from the Population Census 1995, Vientiane, April 1997.

表 1-1 ヱィエンチャン、ボリカムサイ県の経済社会指標

	GDP 1996		Population 1996			GDP per Capita (kip/pers on)	GDP per household (kip/H)	Literacy rate 15 years and above (%)			Infant mortality rate (0/100)	Life Expectancies	
	Amount in current price (million kip)	Share in country	Population	Share in country	Rural polurati on rate (%)			Total	Male	Female		Male	Female
Whole Country	1,707,551	100.0%	4,574,848	100.0%	82.9%	373,248	2,239,466	60.2%	73.5%	47.9%	104	50	52
Vientiane Prov.	100,297	5.9%	286,564	6.3%	82.5%	360,000	2,100,000	72.2%	83.6%	60.7%	102	52	54
Borikhamxay Prov.	21,757	1.3%	165,539	3.6%	92.6%	131,360	801,479	64.9%	77.6%	52.6%	136	48	50

Source: National Statistical Centre, Basic Statistics 1997.

National Statistical Centre, Results from the Population Census 1995.

GDP of Borikhamxay: Borikhamxay Provincial Office, Statistics of Borikhamxay 1996

GDP of Vientiane: hearing from Vientiane Provincial Office, February 1999.

表 1-2 ヱィエンチャン、ボリカムサイ県の電化状況

	(% of household)		
	Electrified by grid	Own generator	Car battery
Whole Country	33.9%	2.3%	2.2%
Vientiane Prov.	55.9%	2.8%	5.5%
Borikhamxay Prov.	30.7%	6.1%	4.3%

Source: Electrified rate by grid : MIH/DOE

Generator and car battery user rate: Results from the Population Census 1995.
(National Statistical Centre)

2 パイロット村落

2-1 パイロット村落概況

パイロット村落はヴィエンチャン県4村、ボリカムサイ県2村の計6村であり、ベースライン調査によって判明したエネルギー利用等に関する基本データは以下の通りである。

表 2-1 対象村落の調査結果要約

	Households (H)	Population	Field area (ha)	Average income (1000kip/year /H)	Kerosene lamp (%)	Batter y (%)	Tube light (%)	TV (%)	Average energy expense	
									Amount (kip/month)	% of Income
Donsayoudom	126	708	8	2,823	83%	66%	27%	65%	9,114	3.9%
Houaypong	43	252	11	1,513	72%	53%	49%	28%	3,215	2.5%
Nongpaen	48	336	38	863	65%	79%	67%	42%	4,965	6.9%
Mai	57	394	24	1,262	83%	37%	28%	37%	2,578	2.5%
Vientiane average	68	423	20	1,615	76%	59%	43%	43%	4,988	3.9%
Namai	76	436	87	191	96%	33%	14%	18%	1,205	7.6%
Paksoun	96	571	13	707	54%	54%	32%	38%	7,802	13.2%
Horikhamxay average	86	504	50	449	75%	43%	23%	28%	4,504	10.4%
All	74	450	30	1,226	76%	54%	36%	38%	4,813	6.1%

* Estimate for Donsayoudom.

* Energy expense includes lightening and electric appliances such as TV.

* Surveyed in October 1998

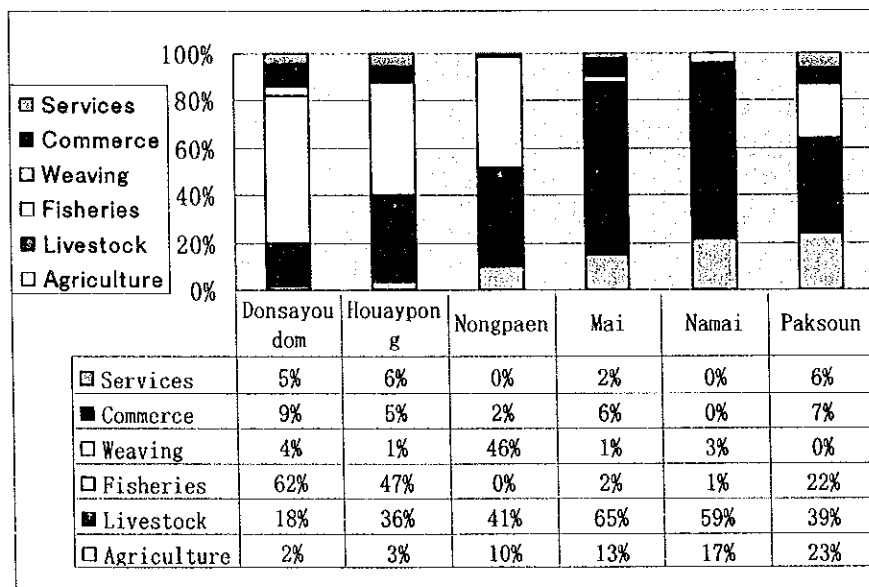


図 2-1 各対象村の収入源

また、パイロット対象村落への太陽光発電設備 (Solar Home System と Battery Charging Station) の設置実績は以下の通りである。

表 2-2 SHS 設置実績

村落	家屋数	2000年11月		
		55W	110W	Total
Donsayoudom	129	44	59	103
Houaypong	43	41	1	42
Nongpen	50	40	8	48
Mai	73	55	18	73
Total	295	180	86	266

注) 第4次現地調査以降に追加要望があり、設置数が増加

表 2-3 BCS 設置実績

	Donsayoudom		Houaypong	Namai	Paksoun
	サイト1	サイト2			
システム数	2	1	*	2	3
太陽電池容量 [W]	1,980	990	(165)	1,980	2,970

注) Houaypong の試験システムは2000年11月に廃止。

また本調査の後半において、将来の本格的な地方電化事業の実施を視野に入れ、C/P の事業実施能力の強化を図るため、調査期間を延長して C/P の主体的 PV 設置事業をヴィエンチャン県ヒンフップ郡の3村にて実施した。C/P は本調査に基づく太陽光発電設備設置事業フロー (添付資料参照) に沿って新規村落における PV 設置事業を行い、調査団はその各段階において指導・支援を行った。この新規村落におけるシステム設置実績は以下の通りである。

表 2-4 新規村落へのシステム設置実績

村落	Tangkham	Nakhoum	Nasath	合計
家屋数	26	38	46	110
設置数	22	32	36	90

注) 設置システムは全て 55W ソーラーホームシステム

2-2 PVモニタリング調査結果

2-2-1 初回金額の準備方法と受容度

次の表に見られるように SHS の場合に必要となる申込金 (55W では 100,000kip、110W では 150,000kip、\$1=7,700kip) の準備方法には村としての特徴がよく表れ、漁村または半農半漁村であるナムグム湖3村では魚の売上げから工面していた。中には家畜や手工芸品を売る世帯もあったが、その売上げ単独ではなく、魚の売上げまたはそれ以外のものと組み合わせている。一方、農村の Nongpen 村では、半数以上が豚を中心に家畜のみを売って初回金額を工面している。機

織り等の手工芸品収入による工面が比較的多いのもこの村の特徴である。初回金額の工面に対する感想を問うたところ、下表のように約90%が「簡単に工面できた」「工面は大変ではなかった」と答えており、kipの価値が下がっていた折りとはいえ、SHS 申込み世帯にとって100,000～150,000kipという額を電気獲得のために投資することがさほど困難ではなかったことが判明した。また、これは初回金額の回収時に未回収世帯が存在しなかったことから窺える。

表 2-5 SHS 初回金額に対する受容度

	Easy	Not difficult	Difficult	Very difficult	Impossible
Donsayousom	17%	78%	0%	0%	0%
Houaypoung	11%	72%	6%	0%	0%
Nongpen	27%	55%	9%	0%	0%
Mai	0%	100%	0%	0%	0%

2-2-2 月額料金とエネルギー支出

SHSの月額料金(55W:5,000kip、110W:10,000kip)については高くないという意見が多い。(表2-6参照)このような住民の反応によって、SHSの月額料金(\$1.0~\$1.5)が手ごろになってきたと住民が感じていることがわかる。SHSの使用開始によりエネルギー使用量は増加し、質的にも改善されている。一方、ケロシンや充電屋の価格上昇に対し、これらを代替したSHSの価格が据え置かれているのでエネルギー実質価格でのエネルギー支出はさほど増加していないことがわかった。このようにPVの代替財であるケロシンや充電屋の価格がここ1年で急激に上昇したのに対し、SHS月額使用料が据え置かれているので結果的にSHSに割安感が出ている。この結果、追加申込の増加につながったと言える。

表 2-6 SHS 月額料金の価格に対する住民の反応

	月額料金の価格に対する反応				
	Not payable	very expensive	expensive	not expensive	cheap
Donsayoudom	0%	2%	4%	91%	0%
Houaypong	0%	5%	5%	85%	5%
Nongpen	0%	0%	0%	96%	0%
Total	0%	2%	3%	91%	1%

注：単位は総戸数に占める該当する戸数の割合

2-2-3 裨益効果

このようにPV導入によるエネルギー消費量の増加による効用が増大していることがわかった。SHS使用者の満足度は下表に示す通り、90%近くが満足していると答えている。問題があると回答した人の問題は「充電に時間がかかる」や「思い通りの電化製品が使えない」などがあるが、その割合はわずかである。

表 2-7 PV に対する満足度と良い点

	PVに満足している	PVの良い点							ケロシンの良い点		
	Satisfy	Cost perfor	Convin iecne	Saving time	Safety use	No smell	Status	Others	Cost perfor	Insect guard	Others
Donsayouodom	83%	62%	91%	47%	66%	32%	19%	6%	4%	60%	0%
Houaypong	90%	75%	95%	70%	85%	60%	40%	0%	0%	15%	0%
Nongpen	100%	25%	96%	14%	14%	7%	0%	11%	0%	71%	0%
Total	89%	54%	93%	43%	55%	31%	18%	6%	2%	54%	0%

注：単位は総戸数に占める該当する戸数の割合

PV のどこが良いかについて住民は上表の通り、「便利さ」が最も多く 90%以上の方が回答している。ナムグム湖畔の村人達にとっては、対岸の充電屋に行くと1日がかりとなり他のことができなくなるが、PV があるとその充電屋に行く機会費用が抑えられるので大きなメリットである。今まで灯がいつ消えるかわからないという心配と、充電に行かなければならないという思いから灯の使用時間をある程度に控えていたのが、充電屋通いという労働から解放されると思う存分電気を使うことができるようになり、灯の点灯時間が増えている。

PV を導入することによるエネルギー支出の変化については、PV 導入により生活費が増えたと答えた家は 10%ほどである。

表 2-8 家計へのインパクト

	生活費が上昇した戸数の割合		他のバッテリーの充電先 (戸数の割合)					所得が向上	所得の向上した家庭とその要因			
	increase living expense	Another battery	own SHS	neighbor SHS	BCS town	BCS village	others	Income increase	handicraft	weaving	fishing	others
Donsayouodom	2%	68%	40%	0%	2%	15%	2%	96%	4%	6%	17%	21%
Houaypong	30%	65%	10%	15%	25%	25%	0%	115%	10%	5%	30%	10%
Nongpen	11%	79%	14%	43%	0%	0%	0%	129%	0%	36%	11%	11%
Total	10%	70%	27%	15%	6%	13%	1%	109%	4%	14%	18%	16%

注：単位は総戸数に占める該当する戸数の割合

一方、上表の通り夜間の仕事などで所得が増えた家もある。この中で目立つのは Nongpen 村の機織りや、Houaypong 村、Donsayouodom 村での夜間の漁獲増、照明下で魚のすり身生産、内職の洋服仕立て、商店の営業時間増などで所得が増えている例があることである。同じく、Nongpen 村では 110W の SHS を取り付けた家でバッテリー充電のサイドビジネスを始め、村の 43%の家が 6V や他のバッテリーを近所で充電している。新たに電化製品を購入した家庭もいくつか見られた。下表によると照明、カセットテープレコーダの購入が多い。次にテレビ、スピーカーなどが目立った。これからわかるように照明が1つ灯った次は、2つ目の照明、ラジカセそしてテレビやスピーカーというように電気需要が拡大してきている。

表 2-9 電化製品の購入

	新しく購入した電化製品の種類 (戸数の割合)					
	another light	radio	cassette	TV	fan	others
Donsayouodom	25%	0%	15%	8%	0%	4%
Houaypong	0%	0%	15%	5%	5%	5%
Nongpen	4%	0%	4%	7%	0%	4%
Total	14%	0%	12%	7%	1%	4%

注：単位は総戸数に占める該当する戸数の割合

電化製品やバッテリーは BCS 設置村でも急激に増加している。例えば、Paksoun 村では BCS 設置前にバッテリーの保有世帯は 50%であったのが、2000 年 2 月には 90%を超える世帯が保有するようになった

2-2-4 村民による維持管理と村落電化委員会の設置

(1) 村民による PV の取り扱い状況

村民はバッテリーの扱いに慣れており、「容易」と回答する人が 97%であった。バッテリーの扱いのうち、蒸留水のチェックは PV 導入以前では充電屋に任せていたが、現在は村落電化委員会が行い、自分自身が行うこともある。また、住民だけで出来ないことは村落電化委員会 (VEC) が支援することとなるが、VEC に対して住民が期待していることは、スペアパーツの販売、修理、利用者の研修などであり、これらの事項が個人レベルでは不安を感じていることがわかる。

表 2-10 PV システムの取り扱い

	PV の取り扱い易さ	蒸留水のチェック			村落電化委員会に期待すること				
	Easy	Self	Neighb or	VEC	user training	spare parts	advice	repair	others
Donsayouodom	94%	9%	0%	85%	19%	85%	4%	30%	2%
Houaypong	100%	35%	0%	65%	25%	55%	10%	50%	10%
Nongpen	100%	21%	0%	93%	21%	86%	0%	64%	4%
Total	97%	18%	0%	83%	21%	79%	4%	44%	4%

注：単位は総戸数に占める該当する戸数の割合

(2) 村落電化委員会の委員選出と業務分担

村落電化委員会の委員選出は、ほぼ村民会議の場においての他薦である。各村 3～4 名を選出し、その委員のほぼ全てが PV 技術トレーニングに参加し、PV 設備のしくみやそのメンテナンス方法について学んでいる。基本的に委員会は委員長・財務担当・技術者で構成されているが、業務については料金徴収・メンテナンスサービス・台帳管理を共同で行っていることが多い。

2-3 インパクト調査

2000年6月に最終モニタリングとして、村落へのPV導入に関するインパクト調査を行った。以下にその結果を示す。これによると電化により「夜の勉強がしやすくなった」、「夜の仕事がしやすくなった」、「料理が容易になった」、「(テレビ・ラジオなどで)情報がとれるようになった」などの点で役立っているというコメントが多く寄せられている。また、経済的にもケロシンを使っていたときと比べてエネルギー支出額が減少したという意見が多かった。問題点としては睡眠時間の減少、蛍光灯に虫が集まる、騒音が増えたなどの意見があった。

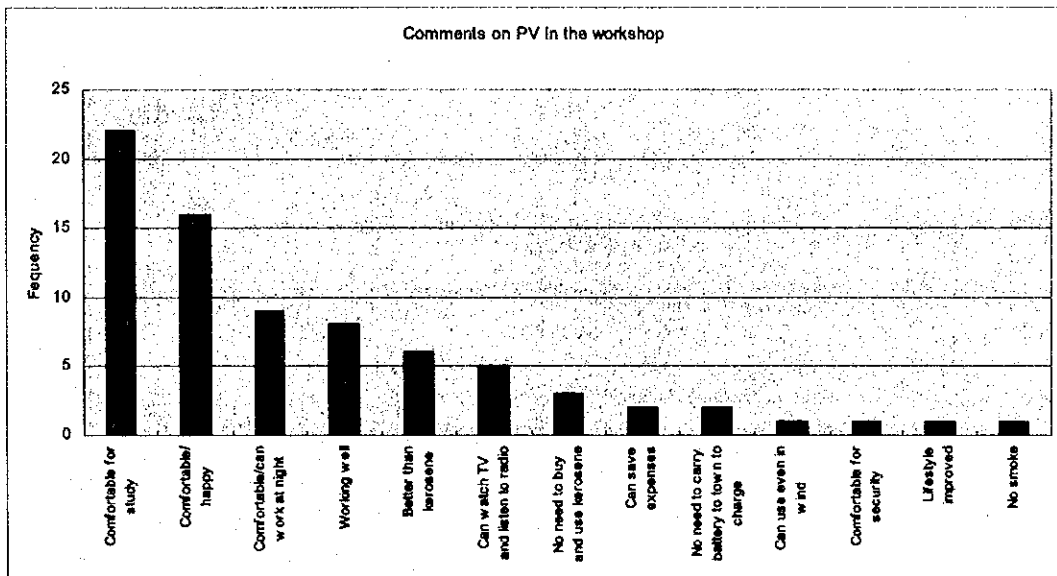


図 2-2 ワークショップでの住民のコメント

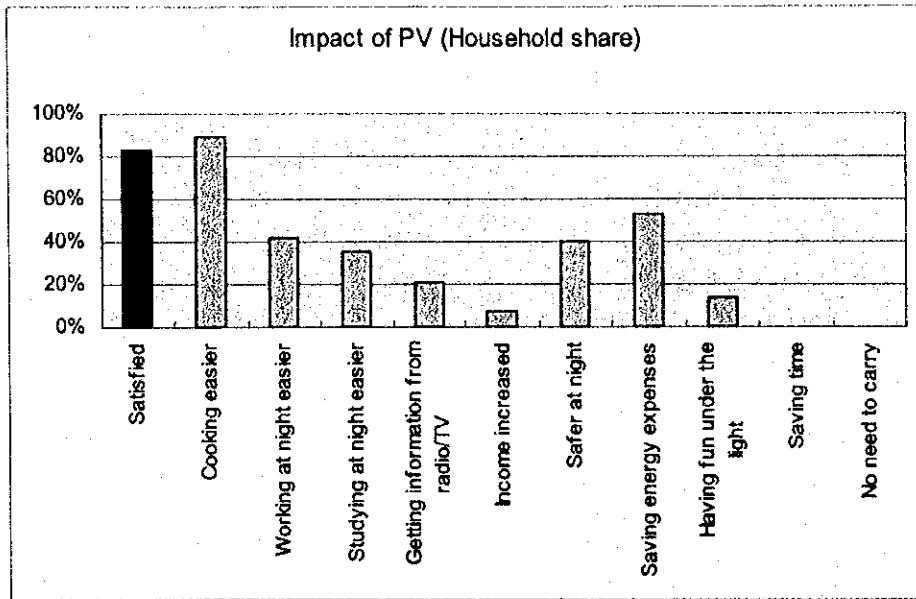


図 2-3 SHS のインパクト

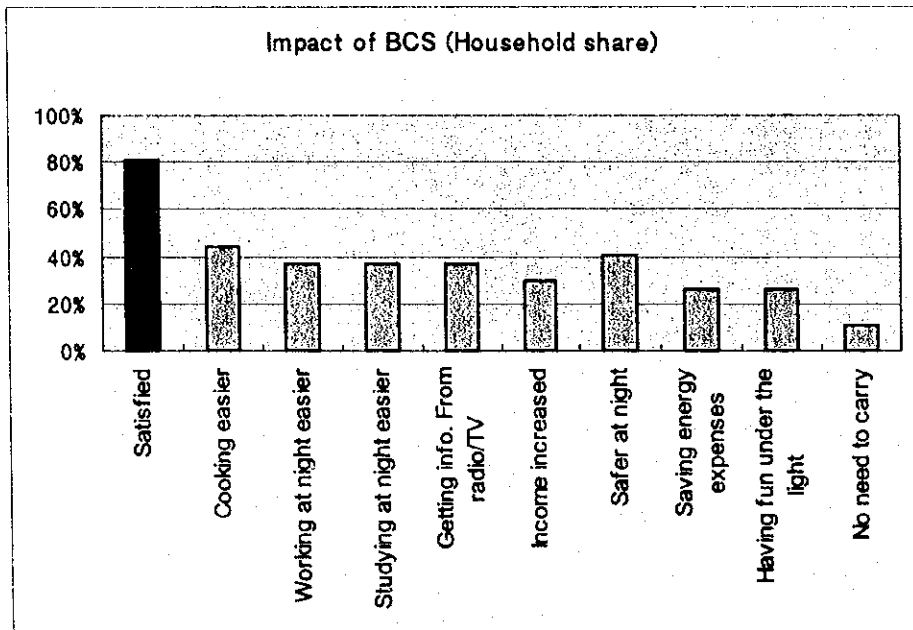


図 2-4 BCS のインパクト

3 参加型アプローチ

ラオスでは、遠隔地の電化に際して特に **Sustainable Operation** が重要なキーワードとして取り上げられている。この **Sustainable Operation** を実現するためには、さらに **People's Participation**、**Capacity Building**、**Cost Recovery** という 3 つのキーワードがかかわることになる。

3-1 3つのキーワード

3-1-1 People's Participation

土地の人々の暮らしの中で、電力はどのようにかかわっているのか。人々の実感の中で電化のプロジェクトを計画することによって、プロジェクトは外部のドナーのものではなく、土地の人々のプロジェクトになる。

土地の人々は、外部から（国際協力も中央政府も）の支援を「サンタクロース」として受け止め、また、自分たちになじみのない新たな「オーソリティー」の出現として警戒する。本開発調査では、土地の人々とともにパイロットプロジェクトを形成してゆくプロセスをとり、その過程で土地の人々のインタレスト、JICA 調査団のインタレスト（私たちはサンタクロースではありません）、中央政府機関のインタレスト、そしてそれぞれの役割・可能性を集会の場で明らかにし、相互の立場の異なるところと共通するところを互いに理解しあうような場を設けた。

3-1-2 Capacity Building

初めて見た PV 装置を、人々はどのように使いこなしてゆけるか。ユーザーに求められている PV や基礎的な電気の知識と技能はどの程度のもので、またユーザーをサポートする電化委員会にはどこまでの専門技術・知識が必要なのか。PV 機器設置前後の人々とのやり取りの中から、トレーニングに盛り込むべき項目が次第に明らかになってゆく。

3-1-3 Cost Recovery

運転費用は低いですが、装置自体の初期投資が高く、「『貧しい』農村では払えない」と一般に考えられていた PV。PV 装置への初期投資と、運転・維持費用を利用者負担でまかなう場合、支払方法と支払額、その集金・配分のメカニズム、村の電化委員会の報酬、これらをセットで人々と合意することで本調査は、「『貧しい』農村でも使える PV」への可能性を示した。

3-2 住民へのトレーニングプログラム

村の人々の持続的な PV 利用を可能にするためには、村落電化委員会をきちんと組織し活動できるようにする必要がある。このためには、一般ユーザーを指導したり、日常のトラブルシューティングを行う役割を担うことになる、村の電化委員会の委員を中心とし、さらにその他の村人を含めたトレーニングが不可欠である。

3-2-1 トレーニングの場所・教材等

教材は基本ユニットとなる 55W の SHS システムが適切であり、村で実際に既に SHS が設置されている家を借りて行うことが、現実味、臨場感から言っても望ましい。但し、訓練に必要な教材は訓練を行うチームが運び込んでセットアップする必要がある。村には AC 電源が無いので、使える機材は、DC 用のポータブルなものに限られる。

PVモジュールの発電を使う場合には、日照のとれる時間と場所が必要となる。この場合、夜間のトレーニングはできない。日照がとれない場合は、別の電源、たとえば発電機とかバッテリーを持ち込む必要が生ずるかもしれない。

3-2-2 対象者の電気知識及び電気利用形態の把握

対象となる土地の人々の電気に関する基礎知識も、トレーニングにおいて重要な要件になる。既にバッテリーを利用して、夜間の照明に蛍光灯を使っている家庭、直流テレビを利用している家庭、中にはインバーターを介して、一般交流用のカラオケ装置や、カラーテレビを日常的に使っている家庭もある。このように様々な形でバッテリーやその他の手段を用いて電気を利用していることがあり、トレーニングの対象となる人々がどの程度の電気に関する基礎知識を持っているか、どのような電気利用をしているかを把握することで、より村人のニーズに合ったトレーニングを提供することができる。

3-2-3 村落電化委員会の今後の活動

村落電化委員会として、PV 技術トレーニングへの参加、それについて料金徴収・簡単な修理サービス・故障の記録報告などの経験によって、その活動は順調に滑り出していると言える。また、今後も継続していく活動については以下のような意見が委員より出されている。

- ・料金徴収については、毎月決まった日に徴収したい。
- ・委員としては各世帯を訪問し、PV の利用チェックも同時に行いつつ料金徴収をしたい。
- ・徴収料金の支払い方法(貸し出し機関への返済)については、できれば村に取りに来て欲しい。その際に当該機関技術者に故障修理に関する質問ができ、また現場での技術移転も可能だ。
- ・村落電化委員会として PV 利用世帯の定期訪問を行い、PV 利用の様子を調査すべきだ。

以上の意見から、村人が良い状態で PV を利用できるよう委員としてできるだけ努める意志があることがうかがえるが、やはり外部の専門的な技術者の支援が必要であると考えていることがわかる。

4 パイロット・システム

4-1 システム基本設計

4-1-1 ソーラーホームシステム (SHS)

(1) 需要電力量

SHS では 8W の蛍光灯1灯及び 24W のテレビを利用することとして需要電力量を推定すると 121.6[Wh/day]となる。

表 4-1 需要電力量

電気機器	需要電力[W]	台数[台]	使用時間[h]	需要電力量[Wh]
蛍光灯	8	1	3.2	25.6
テレビ	24	1	4.0	96.0
合計	32	—	—	121.6

(2) 損失係数

表 4-2 損失係数

項目	充電					放電	
	汚れ	温度	配線ロス	ダイオード	充電	コントローラ	配線
効率	0.98	0.9	0.97	0.97	0.8	0.95	0.97

(3) その他の条件

バッテリーの放電深度：50[%]，無日照日：2日

(4) システム容量

上記条件をもとに最低限必要なシステム容量を計算すると、太陽電池容量 43.2[W]、バッテリー容量 791[Wh]となった。一方、今回調達した機材は、太陽電池 55[W]，バッテリー (120Ah タイプ) 1,320[Wh]であることから、55[W]の太陽電池1枚でもシステムを構成できる。また、無日照日が続いた場合バッテリーに貯えられた電力は毎日 10.0[%]づつ減少することとなるが、バッテリーの放電深度 50[%]で過放電制御を行うことから、無日照日が4日続いても負荷側への電力供給が可能なバッテリー容量である。

(5) システム能力

1) 電力の安定供給

無日照日が続くとバッテリーが過放電状態となり、バッテリーの放電深度が 50[%]で放電停止となる。電気機器の使用に制限を受ける日数をシミュレーションした。(表 4-3)

110W システムでは年間を通してほぼ規定の負荷が使用できるのに対して、55W システムでは、7～9月の雨期に電気機器の使用時間や使用量に制限を受ける可能性があることがわかる。

表 4-3 電気機器使用に制限が生じる可能性 (単位: 日)

システム容量	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	合計
110W	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
55W	0	0	0	0	0	0	8	14	2	0	0	0	24

2) 余剰電力量

SHS では毎日 121.6[Wh](年間 44.4[kWh])の需要があると想定しているが、晴天日等には充電量が需要を大きく上回り余剰電力が発生すると考えられる。この余剰をバッテリーに蓄えて利用することとして余剰電力量を計算すると、110W システムでは年間 71[kWh](1 日平均 202[Wh])、55W システムでは 15.0[kWh](1 日平均 41[Wh])が余剰となる結果となった。

表 4-4 余剰電力量 (単位: Wh)

システム容量	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	合計
110W	8,510	6,853	5,623	9,281	7,017	6,149	2,935	2,432	4,874	6,477	4,666	6,264	71,081
55W	2,370	1,724	1,255	2,488	1,760	1,467	202	0	622	1369	522	1,227	15,006

4-1-2 バッテリーチャージステーション (BCS)

(1) システム容量

ヴィエンチャン気象台の日照時間データより推定した毎日の日射量データを用いて、バッテリーを1日で満充電できる日数をシミュレーションした。放電深度 70%まで使用したバッテリーに対して年間の充電可能日数を 200 日以上と仮定すると、太陽電池容量は 50Ah で 165W、70Ah で 220W、120Ah では 330W となった。放電深度を 50%、充電可能日数を 250 日以上と仮定すると、必要となる太陽電池容量は 50Ah 及び 70Ah で 165W、120Ah では 330W となった。

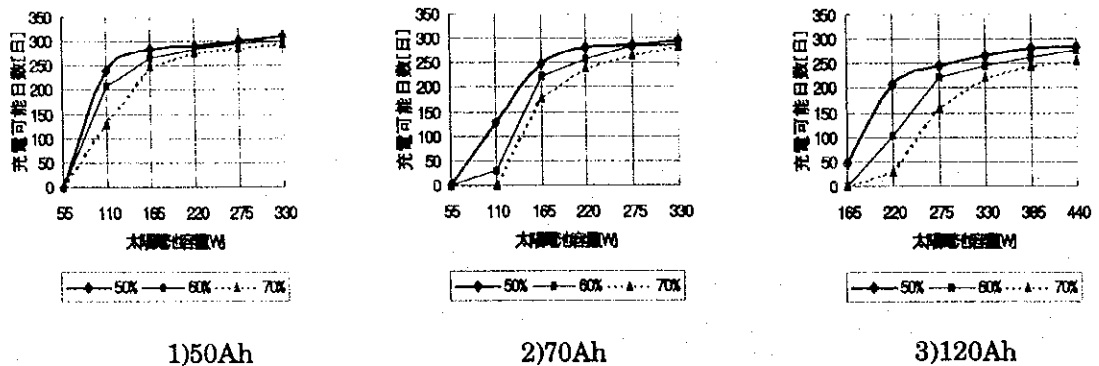


図 4-1 1 日で充電可能な日数

5 経済財務分析／財務マネージメント

5-1 コスト分析

5-1-1 モジュールの価格見通し

世界の太陽電池モジュールの出荷量は、1990年の46.5MWから1999年の201.5MWへと4倍以上(年率17.7%)の伸びを示した。1990年の太陽電池モジュール1Wp当たりの平均的なコストは、\$5.5であったが、1993年には\$4.25に達し、その後1996年では\$4.15、1997年\$4.25とコスト低下が鈍くなっている。しかしながら、最低価格は、1990年の\$4.0から、1993年\$3.5、1996年\$3.0、そして1997年には\$2.75に達し、確実にコストダウンが行われてきた。

一方、今後の太陽電池モジュールの動向を見てみると、地球規模での二酸化炭素排出抑制を軸にした環境問題の広がりやコストダウンを追い風に、世界の太陽電池市場が急速に拡大し始める。太陽電池モジュール生産コストの予測は、いくつかの調査報告書や研究機関などで行なわれている。本調査では、これら予測の中間をとって、2005年のモジュール生産コストは\$2/Wに仮定した。さらに、流通段階での経費を考慮して、実際の市場価格は\$3/Wになると仮定し、経済分析を行っている。

このような将来(2005年)のコスト低下(モジュール:\$3/W)と関税の免税措置によって、将来のSHSの価格は\$270に低下すると予想される。一方BCSについては、平均的な村落世帯数(ヴィエンチャン県:77世帯/村、ポリカムサイ県:53世帯/村)には、1.8kW程度のBCSが適当と考えられ、この規模であれば\$6,500と予測される。以下に行う経済性評価試算ではいろいろな諸経費を考慮して、SHSの場合1セット\$300、BCSの場合は1.8kWシステムが\$7,000という想定で検討する。

将来のシステム価格

表 5-1 50W クラス SHS 将来価格構成(2005)

Component	Cost \$	
Module	150	55.6%
Controller	35	13.0%
Battery & Lamp	35	13.0%
Others	10	3.7%
Install+mount	40	14.8%
Import duty	0	0.0%
Margin/turnover tax	0	0.0%
Total Retail Price	270	

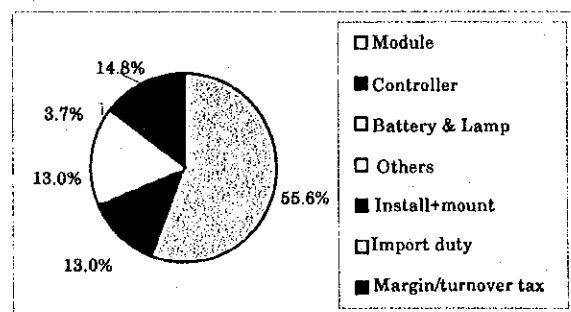
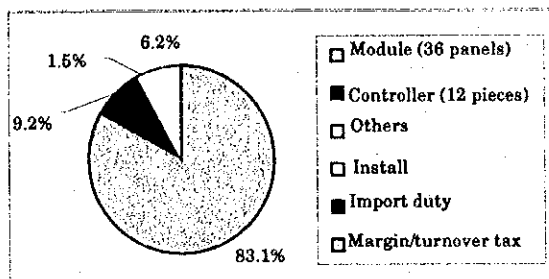


表 5-2 1.8kW クラス BCS 将来価格構成 (2005)

Components	Cost \$	
Module (36 panels)	5,400	83.1%
Controller (12 pieces)	600	9.2%
Others	100	1.5%
Install	400	6.2%
Import duty	0	0.0%
Margin/turnover tax	0	0.0%
Total	6,500	



5-1-2 料金設定

ここでは、村落に 50 台の SHS を設置したときの料金と 1.8kW の BCS 1 基を設置したときの料金を固定費および変動費を考慮して計算を行う。

(1) SHS

50W-SHS の料金計算想定

計算期間	20 年
割引率	0.75%
SHS 容量	50W
使用電気製品	蛍光灯 1 灯と白黒テレビ
システムコスト (将来価格)	\$300
モジュール寿命	20 年
コントローラ寿命	10 年

諸経費

SHS を運営していくためには、本調査でも明らかになったように運営組織を設立することが必要であり、その経費を見込む必要がある。

村落電化委員会報酬

村の委員会は 3 人で構成され、その報酬は \$1.33/人・月 (10,000kip) と仮定

$$\$1.33/\text{人} \cdot \text{月} \times 3 \text{人} \times 12 \text{ヶ月/年} = \$48/\text{年}$$

MIH 地方事務所経費

地方事務所は現場を管理する必要があり、そのための費用が発生する。考えられる経費は交通費 (バイクの燃料費) とその他の管理費である。

$$\text{燃料費} : 5 \text{リットル/回} \times \$0.40/\text{リットル} (3,200\text{kip}) \times 6 \text{回/年} = \$12/\text{年}$$

$$\text{管理費} : \$2.67/\text{月} (20,000\text{kip}) \times 12 \text{ヶ月} = \$32/\text{年}$$

スペア・パーツ費

設置時にモジュール1枚とバッテリーを除くその他の機材2システム分をスペアパーツとして準備しておく(合計\$270)。

年間保全費

一般に、SHSは故障が少なく保全費をあまり必要としない。本調査で導入したシステムにおいても、約1年が経過するが保全費の支出はない。将来、問題が起きそうな部分は、ケーブル接続部の腐食ぐらいと考えられる。そこで、最初の5年間はスペアパーツがあるため保全費を計上せず、6年次から10年次までを年間1軒当たり\$0.4、11年次から15年次までを1軒当たり\$0.8、16年次から20年次までを年間1軒当たり\$1.2と段階的に保全費を増やしていく。

チャージコントローラ交換費用

チャージコントローラの寿命を10年と想定しているため、11年次に交換費用が発生する。チャージコントローラ価格は\$35である。

上記の前提条件を基に、初回金を\$20と設定し、貸付金利0.75% (例えば、JBIC, ADB, WBなど)の資金を利用した時点における20年間のキャッシュフローの純現在価値(NPV)が0になるように月額料金を求めると\$1.62になる。

表 5-3 50W-SHS 料金試算

		為替レート 6,000kip/\$時	為替レート 7,500kip/\$時	為替レート 9,000kip/\$時
頭金	\$20	120,000kip	150,000kip	180,000kip
月額料金 (20年リース)	\$1.62	9,720kip	12,150kip	14,580kip
月額料金 (10年リース)	\$2.63	15,780kip	19,725kip	23,670kip
月額料金 (5年リース)	\$4.98	29,880kip	37,350kip	44,820kip

頭金を\$20に設定した理由は、交換用バッテリーの価格が\$20~25であるので、もし、この頭金を支払う能力のない希望者がシステムを持った場合、バッテリーの寿命が来たときに交換することができず、システムを維持していくことが困難になるからである。また、住民の中には収入の多い家庭もあり、契約時に10年リース、5年リースのオプションを提案することも考えられる。

(2) BCS

ここでは、商業ベースでBCSを運営した場合の1.8kW-BCSの内部収益率を求める。

商業ベースの場合は、BCSの充電料金を\$0.27/回 (2,000kip/回)と設定した。送電線から離れた村落では、ディーゼル発電機を使ってバッテリーを充電しているのが一般的で、その価格は実際

にも約 2,000~2,500kip/回となっていることから、この料金設定は妥当である。1.8kW の BCS にはチャージ・コントローラが 12 個あり、1 ヶ月に 360 個のバッテリーを充電することができるが、ここでは不日照日を考慮して、設備利用率を 80%と想定した (288 個/月)。

1.8kW-BCS の料金計算想定

計算期間	20 年
割引率	0.75%
BCS 容量	1.8kW
システム・コスト (将来価格)	\$7,000
モジュール寿命	20 年
コントローラ寿命	10 年 1 個 \$50 と想定

その他の諸経費

システムを運営するために運転員が必要である。基本的に運転員は、朝夕にバッテリーの接続および解除だけであるのでその報酬は、月額 \$6.67(50,000kip)と仮定した。

スペア・パーツは、モジュール 1 枚、コントローラ 1 個を想定し \$200 とした。

保全費については、SHS 同様に段階的に増やしていき、最初の 5 年間はスペア・パーツがあるため保全費を計上せず、6 年次から 10 年次までを年間 \$10、11 年次から 15 年次までを \$15、16 年次から 20 年次を年間 \$20 と想定した。

上記の前提条件を基に、計算すると充電料金が 1 回当たり \$0.27(2,000kip)の場合には、内部収益率 (IRR) は 11.2%となり、商業的に魅力あるものとなる。

5-2 PV システムと代替システムの経済性比較

5-2-1 各システムの 20 年間コストの現在価値

グリッド以外の地方電化の選択肢として、SHS、小水力、ディーゼル発電機が考えられる。ここでは 50 世帯の未電化村落をこれら 3 つの方法で電化するものとして、割引率を一般的な 4%とし、20 年間の 1 世帯当たりの負担を現在価値で比較してみた。これらの比較結果は、表 5-4 の通りである。ここでは 1 世帯当たりの電力負荷は 80W と想定し、小水力の容量は 3.5kW にした。また、ディーゼル発電機の場合、5kW 以下の発電機は市場で購入するのが難しいため、最小容量を 5kW にしている。

表 5-4 各電化システムの 20 年間コスト (村落世帯数 : 50)

電化方法	50W-SHS	5kW diesel	3.5kW hydro
世帯当たりコスト(\$)	396	617	512

この表は、50 世帯の未電化村落を電化するために上記3つの方法を選択した場合。1 世帯が 20 年間で負担しなくてはならない金額を現在価格で表している。ディーゼル発電機は\$617、小水力は\$512、SHS は一番安く\$396 の負担で電化が可能である。このような小規模な電力需要の場合は SHS が有利であることを示している。一方、ディーゼル発電は燃料費価格や燃料の輸送・貯蔵・維持管理費用などの運転経費が大きな割合を占めており、初期コストは少ないが長期間では不利となる。村落規模が大きくなると 1 世帯当たりのディーゼル発電機および小水力の負担が小さくなっていく。表 5-5 に村落規模が 100 世帯の場合の参考値を示す。この結果から、村落規模が大きくなると SHS と小水力の差がほとんどなくなっていくことがわかる。

表 5-5 各電化システムの 20 年間コスト (村落世帯数 : 100)

電化方法	50W-SHS	7kW diesel	7kW hydro
世帯当たりコスト(\$)	396	485	416

一方、グリッド延長で電化をする場合、例えば延長距離が 5km で対象村落が 50 世帯の場合、1 世帯当たりの負担は\$1,006、100 世帯の村落では 1 世帯当たりの負担が\$518 になる。このようにグリッド延長は対象地域がある程度の需要規模とならないと経済的ではない。これら4つの電化システム (グリッド、ディーゼル、小水力、太陽光発電) について、村落規模を変数にし (30 世帯から 100 世帯まで)、感度分析を行った結果を以下に示す。

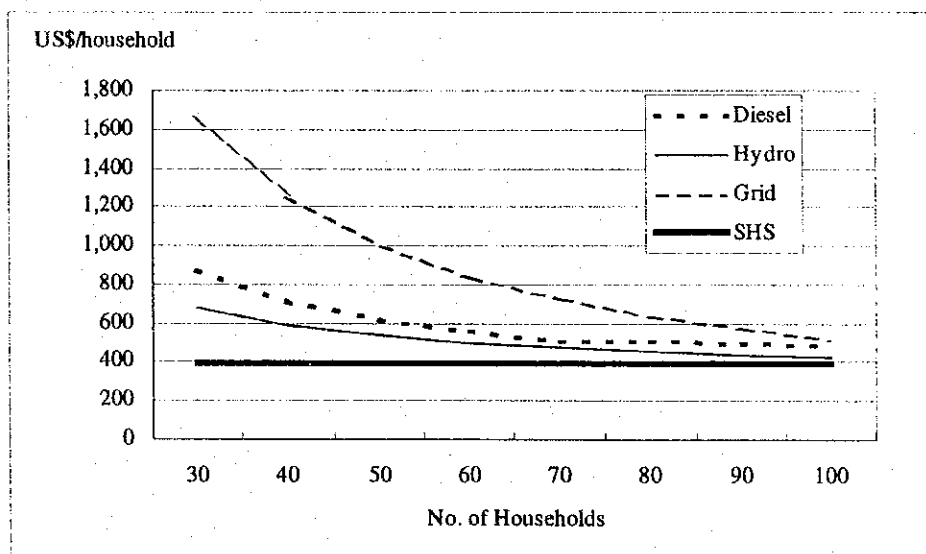


図 5-1 各システムコストの感度分析 (負荷 : 80W/household)

図 5-1 によると、1 世帯の負荷が電灯や TV 主体の 80W だと、村落規模が 100 世帯であっても SHS が経済的な結果になっている。しかし、SHS は使用できる電化製品に限りがあるという短所もある。ディーゼル発電機は小水力よりも\$100 程度高い値を示している。特に地方部では燃料輸送コストが上昇することに留意する必要がある。一方、小水力の場合は交流発電であり、国内

の資源を利用できる。従ってラオス国の立場で見れば、石油を節約し、貴重な外貨を節約できるという効果もあるので、ディーゼルよりも小水力が優先的に計画されるべきである。

グリッド延長 (5km を想定) は、このように需要が少ないときは経済的ではない。しかし、図 5-2 に示すように、例えば、1 世帯あたりの電力需要が 80W から 2 倍の 160W に増えた場合にはグリッド延長が経済的になる点が現れる。電力需要が大きくなれば、各家庭では、照明や白黒テレビの他に、ステレオ、扇風機などの家電製品が使われることになり、SHS では追加の太陽電池パネルやインバータが必要になるなどコストが急速に高くなるため、経済的ではない。このように SHS は電力需要の大きな家庭には適したシステムではない。従って、どのシステムを選択するかは、村落の電力需要を推定して慎重に決めるべきである。

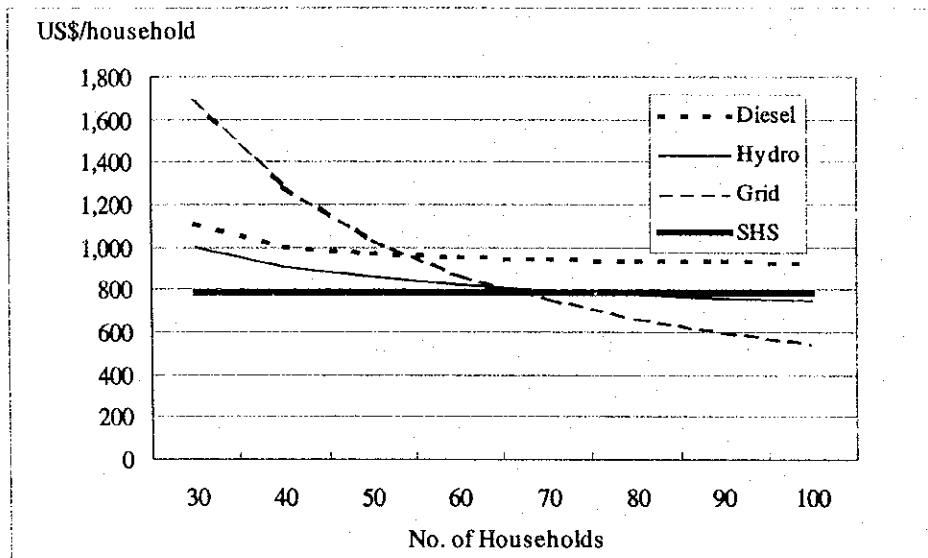


図 5-2 各システムコストの感度分析 (負荷: 160W/household)

5-2-2 契約形態

ラオスの農村地域にシステムを普及させるためには、長期 (リース) 契約によって住民の負担を出来るだけ少なくし、支払い可能な範囲におさめることが必要である。本調査でも、20 年間でシステムコストとランニングコストを回収するように料金設定をし、月額負担を\$1~1.5 に抑えて、1 年以上モニタリングを続けてきたが、支払いが出来なくてリース契約を解除した例はなく、ラオス農村での長期リース契約方式の有効性が実際に証明されている。また、リース契約の他の長所は、太陽光発電システムの知識のない人たちでもメンテナンスも含めて契約することができ、利用者にとっては便益が大きい。さらに、引っ越しなどでシステムが不要になったときは契約を解除することも可能としている。

6 パイロットプロジェクトの総合評価とシステム提案

6-1 パイロットプロジェクトの総合評価

6-1-1 技術的評価

これまでの各システムの運転状況ならびにモニタリング調査結果などをもとにパイロット・システムの技術評価をおこなった。技術評価の結果は、後段に述べるラオス国に適した太陽光発電システムの標準案に反映した。

(1) SHS

システム構成及び太陽電池容量は適正

パイロットプロジェクトでは 55W、110W と 2種類のシステムを実際に設置した。これらのシステムは両者ともその特性を生かして有効に活用されており、システムの停止事例は皆無である。電気機器は、照明、TV、ラジカセの順で所有率が高く、基本的に照明及びTVは夜間に使用される傾向にある。照明のみの利用を考えると 55W 以下のシステムでも充分であると思われるが、TVやラジカセの利用を考えると 55W システムが適していると考えられる。また、110W システムでは他のバッテリーが充電できる機能が具備されており、狩猟用の 6V バッテリーや機織り照明用のバッテリーなどの充電が行われており、有効にその機能が活用されている。

(2) BCS

システム構成及び太陽電池容量は適正

BCS は SHS と比較し、使用する部品が少なく、電圧ロスなどの発生する要因が少ない。パイロットプロジェクトでは 55 パネル 3 枚を使い、165W のシステムによって 70Ah までのバッテリーを充電するシステムとした。これまでの実績から、Paksoun 村のように定期的に充電を行った場合上手く充電できていることから BCS の構成は適正であると判断できる。しかし、地形的に日射量が得られない場合は太陽電池容量を増やすなどの措置が必要である。

6-1-2 社会・経済的評価

パイロットプロジェクトにより、PVシステムの社会的・経済的側面について以下の点が明らかになった。

(1) 未電化村の PV 電気需要

今回のパイロットプロジェクトでは、システムコスト及び維持管理費用を基本的に住民負担とする方式を採用した。これに対し、これまでの各世帯のエネルギー支出を超える毎月の料金や利用前の初回金を負担しても、電気が欲しいという多くの住民が利用申込をした。また、もともとラオスの未電化村では、既にバッテリーを保有している家庭も多く、一般にグリッドからの電力より割高で制約が多いと考えられている 12V の DC 電力に対し、実際にお金を支払って購入している。このように、ラオスの未電化村における電化への需要は高い。しかし需要の大きさや普及の早さは次のことに左右されるといえる。

- ①現金収入の多寡と取得容易度
- ②代替的なエネルギー価格と PV 価格との比較
- ③PV 電化によるコストに対する便益の大きさ

(2) 住民の支払い能力

今回のパイロットプロジェクトでは、利用者による支払いはスムーズに行われ、また料金徴収に関する大きな問題も見られなかった。ラオスの農村住民の多くは自給的生活を営んでいるが、必要時には家畜販売などで現金の工面をし、電化に関する初回金額や月額を負担する能力があることが判明した。今回のパイロットにおける初回金額及び月額料金は以下の通りである。これはそれぞれ \$ 15~ \$ 20、\$ 0.75~ \$ 1.5 に相当している。（換算レート：2000 年 6 月時点 \$ 1=7,700Kip）

- ①初回金 100,000kip (SHS-55W)、150,000kip (SHS-110W)
- ②月額料金 5,000kip (SHS-55W)、10,000kip (SHS-110W)

* PV のリース契約では、インフレなどに対応するために年に 1 回料金の見直しを行うことになっており、2000 年 6 月には利用者は値上げにも応じ 7,000kip (SHS-55W)、12,000kip (SHS-110W) という新料金を現在も支払っている。

(3) PV 利用電化の便益

今回の PV 電化では、特に照明を中心としラジオやテレビの利用も含め、主に仕事・娯楽・安全のために電気が利用され、家族の生活水準向上に役立っている。調査中に行ったアンケートやヒアリングによれば、主に以下の側面について直接便益が認められた。

- 経済面：夜間照明による労働時間の増加にともなう現金収入の増加
 - ：一部のバッテリー所有世帯における充電支出の軽減
- 生活面：照明による家事労働の容易化
 - ：遠方での充電に費やした時間・労力の削減
- 文化面：夜間の家族団らんや友人との集いの増加
 - ：ラジオ・テレビからの情報入手と娯楽
 - ：夜間照明による子供達の勉強の容易化

特に電化による収入増加の事例が多いことは、住民負担を軽減し PV 利用の地方電化の拡大につながる重要なポイントである。このほか、間接便益としては、照明により、特に女性の家事労働（夜間の炊事）負担の軽減が挙げられる。また、毎月一定額を PV のために支払うことが義務づけられたことで、以前よりも現金を管理することを意識するようになったという意見もあった。

(4) 住民の維持管理能力と可能性

PV 利用電化が住民に受け入れられるかどうかは、以上のような需要、支払い能力、便益に加え、住民がシステムを維持管理できるかにかかっている。これについても住民個人の取り扱い能力に加え、村落電化委員会(VEC)というサポートシステムが機能することから問題がないことが確認された。

1) バッテリー利用の親和性：住民はバッテリーの取り扱いに慣れている。

村落におけるバッテリーの利用は大小含めて既に存在し、村人はそれを既に利用もしくは見知っているなど、生活の中に 12V バッテリーが根付いており、PV システム導入によるバッテリーの利用には抵抗がない。特に村落によっては、6V の小型バッテリーは夜間屋外の仕事（夜釣り等）、夜間外出の際の携帯ライトやラジオに日常的に使われている。

2) 支援・管理組織としての村落電化委員会が機能：共同作業の素地がある。

住民個人では対応が困難なトラブル等に対処するなど、住民をサポートし、日常の管理を行うものとして今回村落電化委員会 (VEC) を設立し、この組織が機能するかどうかの実験を行った。この結果、VEC は利用者への定期点検サービスや簡単な修理、料金徴収等の基本業務をスムーズに実施しており、十分に機能していることがわかった。

6-1-3 パイロットプロジェクトからの成果（まとめ）

PV による電化は住民の期待に比べ発電容量が小さいため過去には住民に受け入れられない例もあったが、今回のパイロットの結果、ラオスで PV による地方電化は受け入れられることがわかった。特に、今回試験したのは住民に料金負担してもらう方式で、この結果から住民にとっては電気はある程度のお金を払っても欲しいものであり、その負担の度合いを電化による便益とバランスさせれば幅広く導入可能であることが確認された。負担能力については、ラオスの農村住民の多くは自給的生活であるが、必要な時には家畜を売るなどしてお金の工面はでき、支払い能力もある程度ある。また住民によるシステムの取り扱いもスムーズであり未電化村への PV 導入の可能性が確認された。得られた主な成果は次の通りである。

(1) 電気需要の確認：PV 電化は住民に受け入れられた。

今回のパイロットプロジェクトで多くの人が申し込んだこと、もともと多くの人がバッテリーを使用していること、過去のバッテリー普及速度や今回パイロットプロジェクトにおける電化製品の普及速度の速さ等から、ラオスの未電化村での顕在的や潜在的な PV 電化への需要は高いことがわかった。但し、このように顕在的や潜在的な需要はあり、住民の支払い可能額の範囲であれば PV の導入は可能である。

(2) 住民の支払い能力の確認：現金収入が少ないが負担能力はある。

今回のパイロットプロジェクトは住民の料金負担を前提にして PV システムを設置し、使用することとなっているため、現金収入の少ない農村では支払いは容易でないとの危惧もあった。しかし、実際には支払いはスムーズに行われ、集金も大きな問題はなく支払い能力が確認された。負担能力については、ラオスの農村住民の多くは自給的生活であるが、初回金などまとまった金額が必要な時には家畜を売るなどしてお金の工面はでき支払い能力があり、また電気に対しては今回のパイロットの月額料金である\$1.5~\$2 程度を負担できる階層がかなり存在する。

(3) PV 電化の効果の確認：電化による便益

PV は発電容量が小さいため便益を疑問視されることもあったが、今回のパイロットプロジェクトでは、直接的・間接的に様々な面で便益が認められた (6-1-2 社会・経済的評価の (3) 参照)。また、当初調査団により心配されていた、電化による村落内での階層分化やテレビによる悪影響等は、PV 設置後 1 年以上経過した後も確認されなかった。しかし、これについては、1~2 年で判断できる項目ではなく、以降長期にわたる C/P によるモニタリングが期待される。

(4) 維持管理の可能性の確認：住民のバッテリー取り扱いと VEC 方式

最も懸念されていたのは住民達が維持管理できるのかという点であったが、住民がバッテリーの取り扱いに慣れていることに加え、VEC 方式という住民のサポート体制による維持管理の可能性が確認された。これは今回の方式は自分でお金を払うという点で一人ひとりの住民のオーナーシップがあり、その上で VEC という組織による共同作業についても、ラオスの村落が密集しており、かつ社会主義の文化や共同体文化といった背景から十分機能するものであった。

6-2 ラオスに適した太陽光発電標準システムの提案

パイロットプロジェクトの結果をもとにラオス農村部の実情に適合した SHS と BCS のシステムを以下に提案する。

6-2-1 SHS

SHS はラオス農村部の電力需要から 50W システムを基本とすることが適当である。一部の高所得者層向けには 100W システムも考えられる。

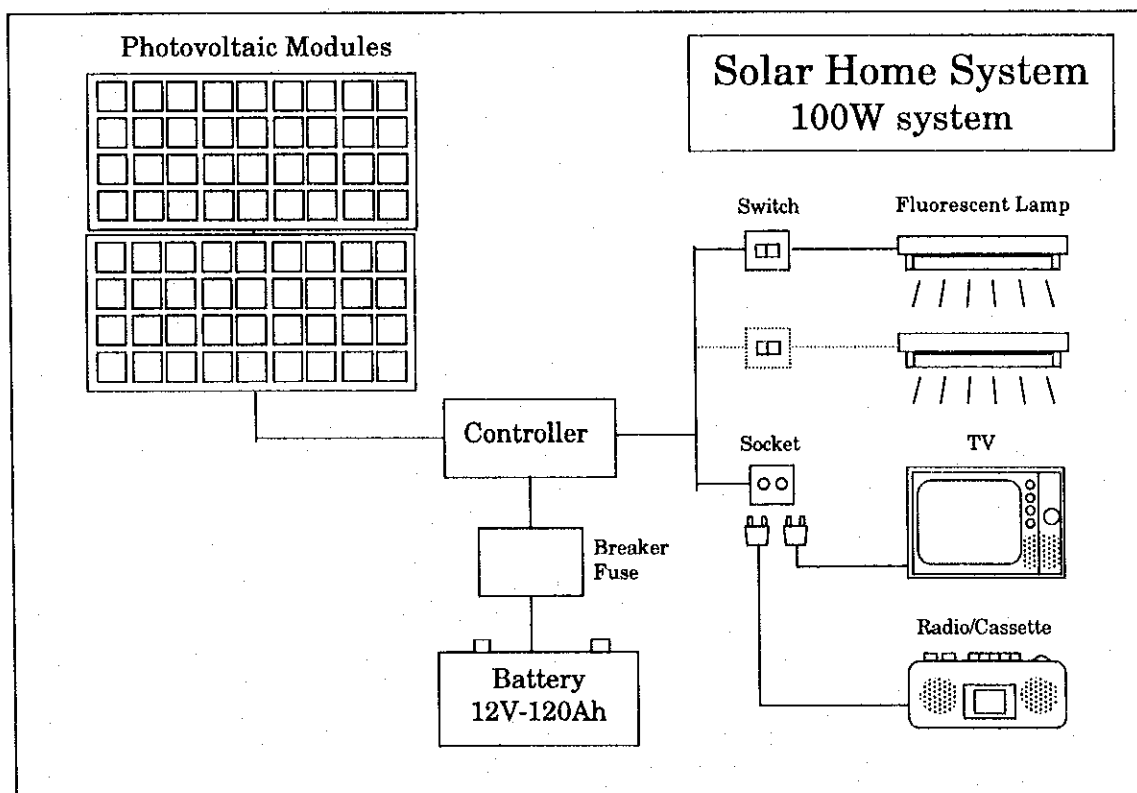
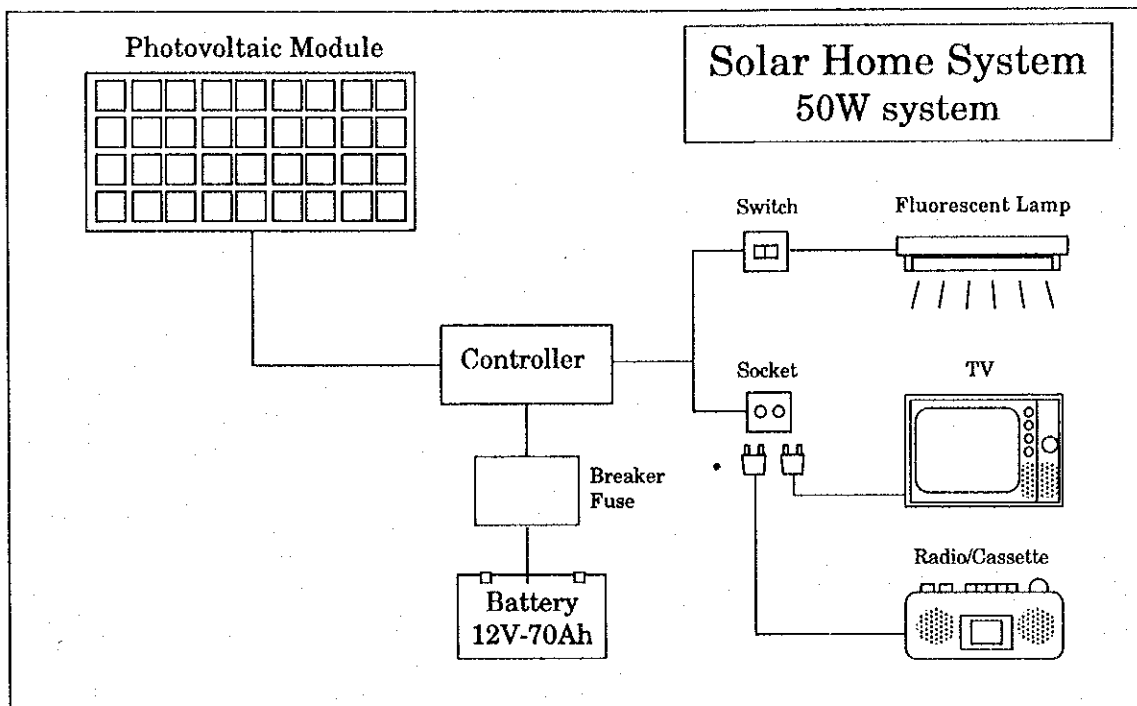
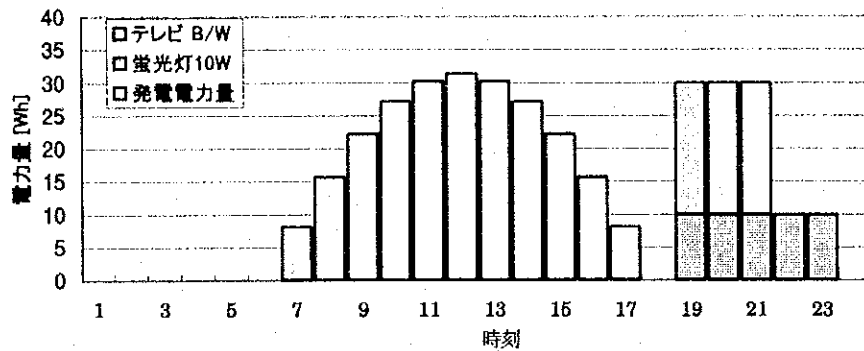


図 6-1 基本システムイメージ図

基本システムでは、日中太陽電池からの発電電力をバッテリーに充電し、夜間に電気機器を使用するケースを想定すると、図 6-2 のように、50W システムでは 10W 蛍光灯が 6 時間、20W B/W TV が 3 時間使用できる。100W システムでは倍の電力の使用が可能となる。

<50W システム>



<100W システム>

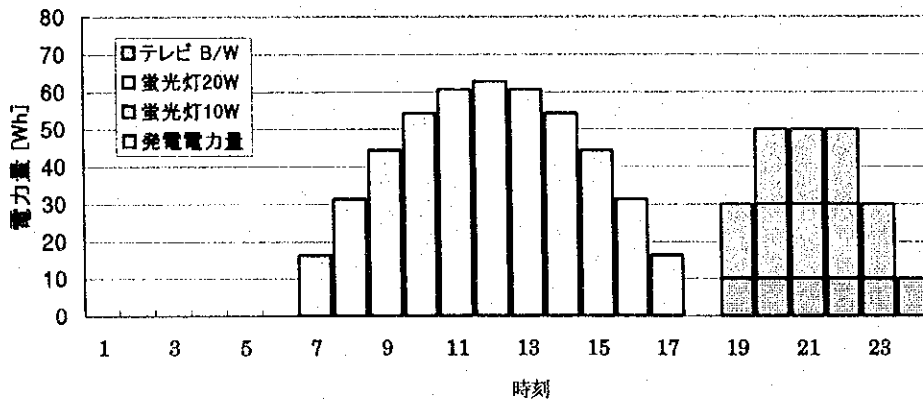


図 6-2 基本システムの運転モデル

6-2-2 BCS

BCS は太陽電池容量が 150W のシステムを基本とし、80Ah までのバッテリー充電に対応する。80Ah~150Ah のバッテリーに対しては 150W システム 2 セットをコントローラーの出力側で並列接続することにより充電可能とする。BCS の基本システムは、太陽電池モジュール、架台、開閉器、コントローラー、接続用クリップで構成される。80Ah~150Ah のバッテリー充電に対しては 2 台の基本システムに対し 1 台の切替式開閉器を設置する。

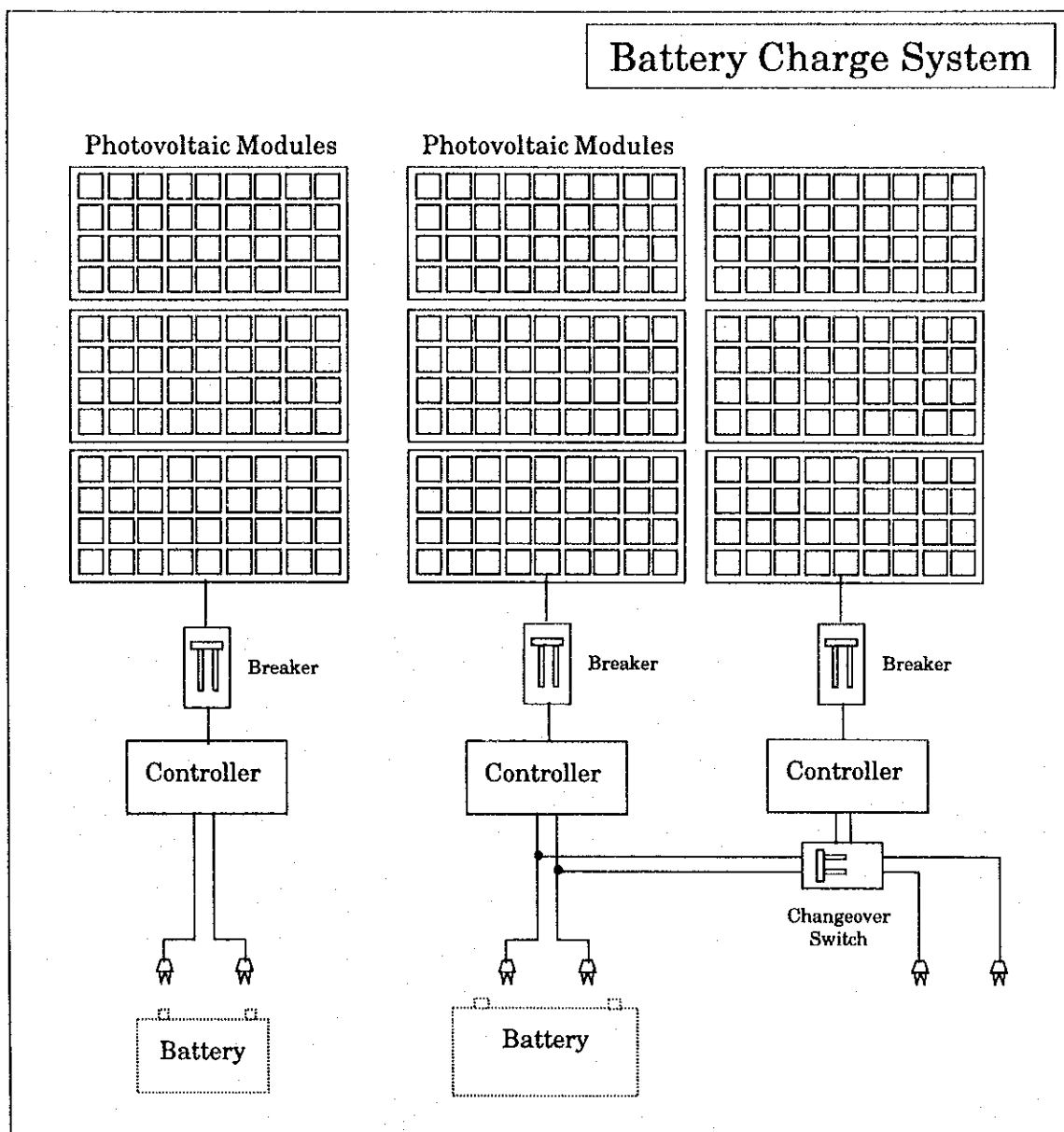


図6-3 BCSのシステムイメージ図

6-2-3 技術マニュアルの整備

標準システムの提案に伴い、SHS 及びBCS の技術マニュアルをカウンターパートと協議し完成させた。(本報告書添付資料) この技術マニュアルは、現在ラオスで調達可能な機材やパイロットプロジェクトの経験、一般的に発生が予想される問題などをもとに作成しており、標準システムの構成、設置方法、点検・保守方法、トラブルシューティング及び使用上の注意事項が網羅され、ラオ語にも翻訳されている。今後 PV システムを普及促進していく際、システムを設置した

地域の技術者や村落技術者などに配布し、トレーニングの資料とする。これによって適切な維持管理をより確実にし、長期的なサステナビリティの確保に資する。

6-2-4 村落電化委員会の設置

住民は、未電化村においても普及しているバッテリーの取り扱いに慣れており、基本的にメンテナンスフリーである PV の取り扱いに関しては、スムーズに取り組めることがパイロットプロジェクトより明らかになっている。しかし、住民の全てがバッテリー等の機材について必ずしも正しい知識を有しているわけではなく、トラブルの時には個人で解決できないことが多い。よって、このような点を補い、農村部における PV 利用の持続可能性を高めるため、PV 導入村における村落電化委員会 (VEC) の設置を提案する。この点についても本調査のパイロットプロジェクトにおいて実証を行い、PV の日常管理業務などについて十分その組織が機能することが判明している。求められる VEC の役割としては、主に以下の項目が挙げられる。

- ・利用者への定期点検サービス
- ・PV システムの簡単な修理／故障記録・報告
- ・料金徴収

その他、PV 利用者からは、委員会によるスペアパーツの保管・販売や引越時等 PV システムの移設などの業務も期待されている。委員会は、基本的に委員長・会計・技術担当などの複数名で構成し、作業を分担する。同委員会は、村内の他組織同様、村の生活向上・発展に資する組織と捉えられるため、村の幹部が 1 名メンバーとして加わるか、スーパーバイザーとして適宜その組織運営に関してアドバイスすることが望ましい。

村の中で問題解決や料金徴収ができない場合、村外から絶えず人が出入りすることとなり、コストが大幅に上がる。村内でこれらの事柄を実施・解決できるかどうかは、遠隔地を想定している PV 電化の普及・促進に係わる重要な決定要因である。

6-3 C/P による PV 設置事業の総合評価

C/P はパイロットプロジェクトを通じて、調査団とともに PV 設置・モニタリング・住民指導等を行っており、OJT により経験を蓄積しつつあったが、PV 利用地方電化事業における一連作業の運営管理について自ら主体的に行った経験がなく、将来の事業実施には不安が残っていた。このため、C/P の事業能力育成を目的とし、PV 設置追加事業を 2000 年 9 月～11 月に実施した。

C/P は事前調査から始まり、システム検討、住民集会、設置工事、技術教育、モニタリングと太陽光発電プロジェクトで必要となる一連の作業を主体的に実施し、3 カ村への太陽光発電システムの導入を完了させた。今後の課題としては、機材管理の徹底や電化委員会への継続的支援等が

挙げられるが、調査団の指導でC/Pもその重要性を十分理解しているため、今後の活動に反映されると期待できる。よって全般的に見ると、C/Pのみで新規村落への太陽光発電システムの導入が可能なレベルに達していると判断できる。このように本追加事業はC/PのCapacity Buildingに大いに貢献したと言える。全国レベルで本格的な地方電化事業が展開される場合、中央政府の技術者がいつまでも直接設置工事や技術トレーニングなどに関与し続けることは効率的ではないため、今後は初期のいくつかのモデルプロジェクトにおいてC/Pの技術者が事業を実施しながら、同時に地方レベルの技術者に技術移転を図っていくよう計画することが望まれる。