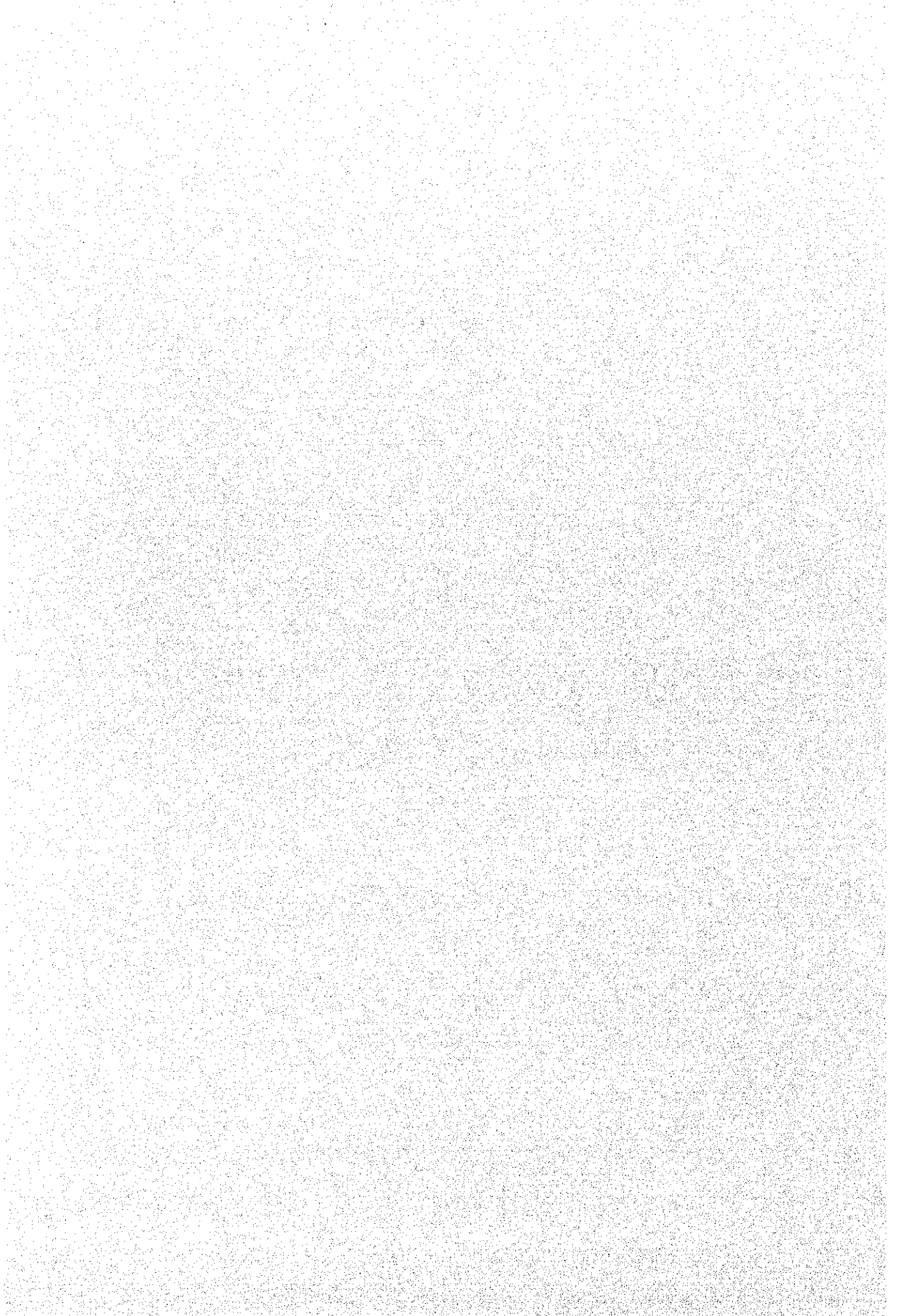


第10章

小水力開発計画



第10章 小水力開発計画

10-1 小水力による地方電化

本調査の目的の一つに、ヴィエンチャン県及びボリカムサイ県を対象とする小水力長期開発計画を策定することがある。地方電化のための小水力発電については古くから世界各地で開発が行われている。このため多数の実例があり、途上国に適した20kWクラスから100kWクラスの設計手法もほぼ確立していると言える。さらにこれよりも小規模なマイクロ水力と呼ばれるようなクラスについても用いる技術には本質的な差はない。

水力開発の可能性を経済性の観点から評価する場合に、地形や河川流量などの自然条件が大きく影響するため一般的な議論は困難である。燃料費が不要な水力発電であるが、初期投資が非常に大きく投下資本の回収に長期間を要するという問題があり、商業的な観点からは開発が困難となる場合も少なくない。この点は太陽光発電とよく似ている。一方で小水力発電の場合には交流の電気が十分に使えるため、ユーザーの便益は太陽光発電とは比較にならないほど大きい。したがって、料金水準も太陽光発電よりは高く設定することも可能であろうが、一方で農民層の負担能力には限度があるため、ラオスの場合にはやはり1ヶ月当たり2ドル程度の負担に抑えなければならぬであろう。したがって、このような条件で開発可能な地点を発掘し、開発を行うことが必要となってくる。

技術的には、小水力発電の場合には取水堰、水路、発電所などの土木構造物は、専門的知識を持った業者による工事が前提となる。また、水車・発電機・制御装置などは基本的には注文生産となり、その設置や調整などにやはり専門業者が必要となる。小水力発電設備では発電システムの維持管理にはかなりの専門的な技術や経験が必要であり、太陽光発電よりもレベルの高い技術的素養を持った人材を確保しなければならず、これは地方農村部ではかなり難しい条件となる。実際にも農村部における技術者の欠如から十分な維持管理が行えず、休止または廃止となる小水力発電設備が多いことがそういった問題点を示している。

10-2 ラオスにおける小水力開発

ラオスにおいては、山岳部を含む地方部の村落が多く点在し、その規模も比較的小さい。このような村落規模でのエネルギーの確保に関しては、小水力資源の開発・普及が有力な選択肢の一つである。メコン河流域内の水力エネルギーについては、各種の調査報告がなされており、流域国共通の認識として、ラオス領内の包蔵水力は中国雲南省以南のメコン本流に匹敵する13,000MWとされている。この莫大な包蔵水力の既開発分は、中規模以上が計620MW (Selabam-5MW, Nam Ngum-150MW, Xeset-45MW, Theun Hinboun-210MW, Houay Ho-150MW, Nam Leuk-60MW) に留まり、小水力に至っては、開発済みが僅か6MW 足らず(37件)、建設中が3件約1,400kW (いずれも2000年8月現在) で、包蔵水力に占める既開発分は高々5%未満である。参考にラオス国内における開発済みの小水力地点(1MW以下)を表10-1-1に示す。

表 10-2-1 開発済み小水力地点 (2000年8月時点)

番号	地点名	所在地		開発容量 (KW)	備考
		地区名	県名		
1	Nam Boun	Bountai	Phongsali	110	1996 完成
2	Nam Leu	Namtha	Loungnamtha	46.2	1994 完成
3	Houay Khiboan	Long	Loungnamtha	50	1998 完成
4	Nam Pa	Loungphrabang	Loungphrabang	16	1998 完成
5	Nam Dong	Loungphrabang	Loungphrabang	1,008	1970 完成
6	Nam Et	Viengthong	Houaphanh	100	1988 完成
7	Nam Long	Sopbao	Houaphanh	20	1989 完成
8	Nam Soplong	Sopbao	Houaphanh	24	1989 完成
9	Nam Hang	Samnua	Houaphanh	6	1994 完成
10	Nam Soy	Samnua	Houaphanh	12	1994 完成
11	Nam San	Samtai	Houaphanh	110	1995 完成
12	Nam Peun	HouaMuang	Houaphanh	36	1986 完成
13	Nam Poun 1	Viengxai	Houaphanh	96	1994 完成
14	Ban Sop Ma	Kham	Xiangkhouang	55	1995 完成
15	Nam Tain	Kham	Xiangkhouang	75	1995 完成
16	Nam Poui	Khoun	Xiangkhouang	24	1986 完成
17	Nam Poug	Khoun	Xiangkhouang	5	1995 完成
18	Nam Ka1	Phaxai	Xiangkhouang	12	1987 完成
19	Nam Ka2	Phaxai	Xiangkhouang	81	1995 完成
20	Nam Ka3	Phaxai	Xiangkhouang	5	1995 完成
21	Ban Nong	Khoun	Xiangkhouang	40	1995 完成
22	Ban Tan 1	Khoun	Xiangkhouang	5	1994 完成
23	Ban Tan 2	Khoun	Xiangkhouang	8	1995 完成
24	Nam Chat	Mokmai	Xiangkhouang	100	1995 完成
25	Houay Saloi	Nong	Savanakhet	75	1996 完成
26	Nam Ham	Boten	Xaignabouri	90	1992 完成
27	Nam Khoun	Bountai	Phongsali	5	1996 完成
28	Houay Kha	Bountai	Phongsali	5	1996 完成
29	Nam Phao	Khamkeut	Borikhamxay	1,600	1995 完成
30	Nam Ko	Xai	Oudomxay	1,500	1996 完成
31	Nam Poun 2	Viengxai	Houaphanh	48	1994 完成
32	Nam Noun	Nale	Loungnamtha	30	1999 完成
33	Muangphoun Dam	Phoun	Xaisomboun	200	1999 完成
34	Houay Champi	Pakxong	Champasak	40	1985 完成
35	Houay Men	Xamnua	Houaphanh	24	1994 完成
36	Nam Mong	Nambak	Loungphrabang	70	2000 完成
37	Nam Sat	Viengthong	Houaphanh	250	2000 完成
	容量計	---	---	5,973.2	---

出典：Department of Electricity/HPO, MIH；2000年8月

ラオスでは、降雨量や地形から山岳部の裾野などで村落に近い場所に1村落への電力供給が可能な20kWクラスの小水力発電の適地を発見できる可能性は高いが、将来の配電線電化予定区域を除くと、アクセスの問題などから実際に開発適地と考えられる地点は限られてくると考えられる。本調査で目標としている両県での10ヶ年開発計画(マスタープラン)策定のため、ラオス国内における既往の小水力開発計画に関する台帳整理をはじめ、小水力資源の評価、開発可能範囲の設定

(ゾーニング)、各県1ヶ所のモデル計画立案、長期開発計画の立案、経済性評価、投資計画の立案等を検討した結果を以下に示す。

10-3 小水力開発可能地点の整理

本件調査では、ラオス国内における新規開発可能地点に関する台帳整理を企図して、開発容量500kW以下の新規地点を対象としてインベントリ調査を行った。この結果、ラオス政府としては、小水力については以下の地点について開発を計画していることが明らかとなった。しかし、ラオスにあつては、これまで系統的な小水力新規地点調査は実施されておらず、同表に示された開発可能地点の調査深度は、概略計画から実施計画までの各段階が混在している。

表 10-3-1 新規開発計画地点 (ミニ水力)

地点名	所在地	開発容量 (KW)	備考
Nam Khouang	Xamtai Dist., Luang Phrabang	200	
Nam Pa 2	Phonxai Dist., Luang Phrabang	70	
Nam Sing	Sing Dist., Luang Namtha	200	
Houyahop	Viengkham Dist., Luang Phrabang	100	
Nam Pok	Samphan Dist., Phonsaly	200	
Nam Kheio	Paktha Dist., Bokeo	150	
Tadnammeng	Mueng Dist., Bokeo	150	
Nam Nga	Mai Dist., Phonsali	100	
容量計	---	1,170	---

表 10-3-2 新規開発計画地点 (小規模水力)

地点名	所在地	開発容量(KW)	備考
Nam Boun 2	Boun Dist., Phonsaly	1,500	
Nam Ngao	Beng Dist., Phonsaly	2,000	
Nam Beng	Beng Dist., Oudomxay	1,500	
Tadsalen	Xepon Dist., Savannakhet	3,200	
Nam Hao	Vienxay Dist., Houaphan	5,000	
Nam Ngay	Phonsaly Dist., Oudomxay	1,000	
Nam Ham 2	Boten Dist., Kayabouly	2,000	
Nam Sim	Vienxay Dist., Houaphan	2,700	
Nam Huang	Vienkhoun Dist., Houaphan	1,200	
Nam Ou 1/2	Ngao Ou Dist., Phonsaly	500	
Nam Ngon	Houayxay Dist., Bokeo	460	
Nam Ka	Kham Dist., Xiengkhouan	800	
Tad Xienleu	Bualapha Dist., Kahmmoune	860	
Nam Phouang	Dokghung Dist., Sekon	400	
Nam Yang	Viengtong Dist., Borikhamxay	450	
容量計	---	23,570	---

出典： いずれもDOE of MIH(2000年9月)

10-4 小水力資源の評価

10-4-1 水文観測の実態と代表観測所

ヴィエンチャン県とボリカムサイ県の小水力開発可能地域を選定するに先立ち、降水量観測データに基づき両県の水文状況について考察を加える。ラオス国内を、地理的に北部、中部、南部に地域区分すると、各地域を代表する雨量観測局としてそれぞれ、ルアン普拉バン、ヴィエンチャン及びサヴァナケットが挙げられ、今回調査対象の両県は、ラオス国内にあつては中部地域に属することとなる。各地域と調査対象両県の水文状況を把握するために、年間降水量の比較を行ったものが、表 10-3-1 である。同表は、上記雨量観測所における近年 20 ヶ年の観測値と、今回調査対象県を代表する水文局としてのヴァンヴィエン並びにケンクアン観測所の近年の観測値を併記したものである。同表に見る様に、ラオス国内においては、一般に首都ヴィエンチャン市に代表される中部地域が相対的に豊富な降水量を有している。(ヴィエンチャン:1,684mm, ルアン普拉バン:1,386mm, サヴァナケット:1,451mm の年平均降水量) ルアン普拉バン、ヴィエンチャン及びサヴァナケット各観測所での降雨傾向を評価すると、ラオス国内における近年の降雨の長期変動は増雨傾向にあると言え、特に北部地域でこの傾向が著しい。また、今回調査対象地域の水文状況を評価すると、ヴァンヴィエン、ケンクアン共に、ラオス国内で比較的降水量の豊富な中部地域の中でも、際立って降水量の豊富な地域であることが理解される。

表 10-4-1 年降水量比較

西暦年	Luang Prabang	Vientiane Muni.	Savannakhet	Vangvieng	Kengkouan
1978	1,608	1,987	1,681	X	x
1979	1,343	1,301	1,236	X	x
1980	1,559	2,291	1,636	X	x
1981	1,932	1,922	1,381	X	x
1982	1,222	1,642	1,491	X	x
1983	1,385	1,369	1,321	X	x
1984	1,080	1,637	1,710	X	x
1985	1,093	1,254	1,205	X	x
1986	1,087	1,723	1,384	X	x
1987	1,036	1,668	1,454	X	x
1988	1,196	1,643	1,134	1,962	x
1989	1,409	1,681	1,489	2,814	x
1990	1,642	1,552	1,714	3,843	x
1991	1,064	1,331	1,539	3,023	2,205
1992	1,230	2,033	1,379	2,872	1,397
1993	1,162	1,468	1,115	3,142	1,921
1994	2,280	1,801	1,527	3,384	-
1995	1,617	2,020	1,342	3,699	2,521
1996	1,601	1,756	1,938	4,001	1,675
1997	1,180	1,600	1,935	3,512	-
平均	1,386	1,684	1,451	3,225 ^(註-1)	1,944 ^(註-2)

(註-1) Vangviengの平均値は1988年以降の10ヶ年分である。

(註-2) Kengkouanの平均値は1991年以降の有効値5ヶ年分である。

出典: Meteorological Dept., Ministry of Agriculture-Forestry

10-4-2 ヴィエンチャン県の小水力資源(開発可能地域)

ヴィエンチャン県はヴァンヴィエン、カシ等 10 行政地区に区分されているが、今回調査により、この中で小水力開発が可能な地域として、ヴァンヴィエン地区とカシ地区を選定した。両地区共に、いずれも背後に比較的急斜面の山地が控える地勢にある。MIH 現地事務所担当者からの聴取によれば、同県中西部に位置するフアン地区も有力候補地域として挙げられたが、乾季でも、首都ヴィエンチャンから片道 10 時間以上を要するアクセスの悪さが懸念されることから、今回調査では候補地域から除外した。

各開発可能地域について、1/10 万地形図による図上検討と現地踏査の結果、以下に示す候補サイトを選定した。

(1) ヴァンヴィエン地区の候補サイト

① Houay Sing

・取水地点集水面積	;	5.7km ²
・裨益対象村名	;	ナラオ村(Ban Nalao)
・裨益戸数	;	82 戸
・想定最小流量(1999 年 2 月時点)	;	0.1m ³ /s(目測)
・想定総落差(1/5 万地形図)	;	20m
・想定総合効率	;	$\eta = 0.6$
・保証出力	;	10kW
・最大出力	;	15kW

② Nam Lao

・取水地点集水面積	;	約 7km ²
・裨益対象村名	;	ナドワン村(Ban Nadouan)
・裨益戸数	;	96 戸
・想定最小流量(1999 年 2 月時点)	;	0.1m ³ /s 未満(目測)
・想定総落差(1/5 万地形図)	;	20m
・想定総合効率	;	$\eta = 0.6$
・保証出力	;	10kW
・最大出力	;	20kW

(2) カシ地区の候補サイト

Nam Kheng

・取水地点集水面積	;	約 25km ²
・裨益対象村名	;	フォンサワット及びノンブアトン村 (Ban Phonsavat, Nongbouatone)
・裨益戸数	;	113 戸
・想定最小流量(1999 年 2 月時点)	;	0.28m ³ /s (実測; 広井式回転流速計)
・想定総落差(1/10 万地形図)	;	30m
・想定総合効率	;	$\eta = 0.6$
・保証出力	;	40kW
・最大出力	;	50kW

10-4-3 ポリカムサイ県の小水力資源(開発可能地域)

ポリカムサイ県は、首都圏ヴィエンチャンの東方に隣接し、県内はバクサン、パカディン等 6 行政地区に区分されている。この中で、今回調査における小水力開発可能地域としては、カムケウト、ヴィアントンの 2 地区を選定した。これら 2 地区の他に、スネークマウンテン以北のポリカン地区に有力地点があるとの情報が現地行政当局からもたらされたが、車両でアクセスできる道路が整備されていないために、今回調査では現地踏査の候補地域から除外した。

各開発可能地域について、1/10 万地形図による図上検討と現地踏査の結果、以下に示す候補サイトを選定した。

(1) カムケウト地区の候補サイト

Nam Phouan

・取水地点集水面積	;	5.7km ²
・裨益対象村名	;	トンサン及びカモウアン村 (Ban Tonsan, Kammouan)
・裨益戸数	;	147 戸
・想定最小流量(1999 年 2 月時点)	;	0.07m ³ /s(実測; 広井式回転流速計)
・想定総落差(1/5 万地形図)	;	27m
・想定総合効率	;	$\eta = 0.6$
・保証出力	;	10kW
・最大出力	;	20kW

(2) ヴィアントン地区の候補サイト

① Nam So

・取水地点集水面積	;	約 201km ²
・裨益対象村名	;	ソブソ村(Ban Sopso)
・裨益戸数	;	88 戸
・想定最小流量(1999 年 2 月時点)	;	0.2~0.3m ³ /s(目測)
・想定総落差(1/10 万地形図)	;	37m
・想定総合効率	;	$\eta = 0.6$
・保証出力	;	40kW
・最大出力	;	60Kw

② Nam Ngom

・取水地点集水面積	;	約 284km ²
・裨益対象村名	;	フオンドウ村(Ban Phondou)
・裨益戸数	;	117 戸
・想定最小流量(1999 年 2 月時点)	;	0.5~0.6m ³ /s(目測)
・想定総落差(1/10 万地形図)	;	27m
・想定総合効率	;	$\eta = 0.6$
・保証出力	;	75kW
・最大出力	;	95kW

10-5 ゾーニング

電力公社(EdL)による電化区域拡張計画等を参考にして、調査対象地域(ヴィエンチャン県、ボリカムサイ県)における小水力開発目標範囲を設定した。

10-5-1 基本方針

ヴィエンチャン県とボリカムサイ県における小水力計画を検討するためのゾーニングに関する基本方針として以下の点を基本的条件として設定した。

- ①グリッド配電網による給電計画が向う 10 年間程度以内に予定されていない地域
- ②極端にアクセスが悪くはないこと
- ③既設もしくは計画グリッド端から 8km 以上離れている地域

この点は、ラオス国内における送・配電線の建設単価がおおよそ\$10,000/km であることから、グリッド端からの距離が 8km 程度未満の地域では送電線を延長するのが小水力を建設するよりも一般に経済的であるとの判断に基づく条件である。

注) ラオスでの小水力発電所建設単価の試算結果(後述)によれば配電設備を含めた建設単価は約\$5,000/kW である。これを一村落の標準的な需要である 15kW 程度に掛け合わせると、村落電化用の小水力発電所のプロジェクト費用は概算で\$80,000 前後となる。これは 8km 程度のグリッド延長費用とほぼ等しいと考えられる。

さらに、計画地点を選定する場合には

- ④発電所の想定建設地点と最寄のアクセス可能道路との直線距離が 2km 以内であること
- という条件も設定した。これは発電所建設予定地点とアクセス可能道路との距離が 2km 以上になると、一般に工事用道路並びに送電線の建設費が高むことになり、これを避けるために設けた条件である。

10-5-2 基礎資料

小水力開発目標範囲設定(ゾーニング)に関する基礎資料は、電力公社(EdL)より提供を受けた、対象地域における村落別電化状況とグリッド電化拡張計画、並びに対象地域における DOE/MIH が保有する電化計画等を基本とし、これに村落別の現況世帯数(EdL 調べ)並びにラオス政府発行の地形図(縮尺: 1/10 万, 1/50 万)等を併せて基礎資料とした。

10-5-3 ゾーニング

(1) 既電化区域と計画区域

EdL 並びに MIH 現地事務所より提供を受けた資料を整理・統合した結果、当初から予想されたことではあったが、電化計画区域はグリッド送電線の近傍(殆どの場合、国道沿いの狭い範囲)に限られることが確認された。

(2) 小水力開発目標範囲設定(ゾーニング)

小水力開発目標範囲の設定は、既電化区域あるいは電化計画区域からのいずれかとの直線距離が8km程度以上の地域で、かつ、最寄のアクセス可能道路との直線距離が2km程度にあつて小水力地点の望めそうな村落ゾーンを、地形図(縮尺:1/10万)上で確認し設定した。小水力開発目標範囲の設定(ゾーニング)結果を巻末図に示す。

10-6 小水力開発パイロット事業計画

10-6-1 基本方針

小水力開発パイロット事業計画の策定に際して留意すべき基本的事項を、以下の様に考えた。

- ①ラオスの電気事業法では、設備容量100kW未満の発電事業は、県または郡が許認可業務を実施することとされている。
- ②これら地方行政体の財政基盤が脆弱である点を考慮し、計画・設計に際しては、現地調達可能な工法並びに資・機材の採用等に心掛け、かつ、維持補修の容易な施設の計画・設計に心掛ける。これは、上記の電気事業法に基づき、さらに下位の行政体もしくは民間セクターによる施設運営が予想されることから、その財政的・技術的負担を軽減するために極力簡素な構造と施設の実現を目指すものであると同時に、施工期間の短縮と事業費の軽減化を企図したものである。
- ③東南アジア地域における既往の事例に照らして見ると、設備容量100kW程度以下の小水力開発工事費として最も多い例は、\$3,000/kW前後に分布する様である。当調査では、この点を考慮して、当面、\$3,000/kWの工事費単価を目標値として事業計画の立案を目指す。ただし、ラオス国内における既往の施工単価も合わせて参考にする。

10-6-2 パイロット事業の基本計画

上記基本方針を念頭に置き、ヴィエンチャン、ボリカムサイ両県について、前述の候補サイトの中から、アクセスの容易性を重視して各1地点をパイロット事業地点として抽出し、基本計画を立案した。選定したパイロット地点と計画の概要はそれぞれ次の通りである(添付図参照)。

(1) ヴィエンチャン県のパイロット事業地点

首都ヴィエンチャンから4WD車で3時間の地点に位置する、Nalao村のHouay Sing川を選定した。Nalao村の82世帯(1998年時点)を対象として、設備容量15kW(保証出力10kW)の発電機と延長約780mの低圧配電線により、同村に電力を供給する計画である。

(2) ボリカムサイ県のパイロット事業地点

首都ヴィエンチャンから4WD車で5時間の地点に位置する、Nam Theun川支流の源流域でもある、Tonsan村のNam Phouan川を選定した。裨益者は、トンサン村並びに隣接するKammouan村の計約147世帯(1998年時点)で、設備容量20kW(保証出力10kW)の発電機

・付帯工事費	: \$5,900-
小計	: \$71,600-
・一般管理費(上記計の10%以内)	: \$7,100-
・概算工事費計	: \$78,700-
・設備容量当り工事費単価	: \$5,250/kW

(2) Nam Phouan パイロット事業地点(ボリカムサイ県) ; 設備容量 20kW

・土木工事費	: \$34,700-
・発電設備工事費	: \$23,000-
・低圧配電線布設工事費(3.7km)	: \$26,100-
・付帯工事費	: \$9,500-
小計	: \$93,300-
・一般管理費(上記計の10%以内)	: \$9,200-
・概算工事費計	: \$102,500-
・設備容量当り工事費単価	: \$5,130-/kW

(3) 設備容量当り工事単価の評価

上記のパイロット事業地点の事例から、ラオス国内においては、20kW 程度の設備規模の場合には、土木工事費と発電設備工事費はほぼ定額で、工費の多寡を規定する費目は送・配電線関連工事費であることが窺える。また、設備容量当りの工事費単価で評価すると、20kW 程度の設備規模(配電線 2km)の場合には、\$5,000-/kW 程度となることが判る。基本方針で設定した目標値 \$3,000-/kW に比べると 65%強の増額となるが、ほとんど全ての工業製品を輸入に依存せざるを得ないラオス国の現状と、施設維持管理の容易性に配慮してメンテナンス・フリーの構造物設計を行ったために、土木設備が割高になっている点を考慮すれば、やむを得ないと考える。

以上により、当調査では、小水力開発事業に関して\$5,000-/kW(一般管理費共)を工事費単価の目安として設定することとした。この内、土木工事及び発電設備工事関連費は\$3,700-/kW である。

10-7 小水力開発 10 年計画 (マスタープラン)

小水力の個別地点についての調査が充分には行われていない現状では、個別地点をベースとした計画づくりは困難である。従ってここでは、本調査対象地域であるヴィエンチャン県とボリカムサイ県に関する、今後 10 年における小水力を用いた地方電化促進計画(小水力開発 10 年計画)のあり方を検討する。

10-7-1 需要予測

(1) 需要家種別と使用機器

地方電化の対象となる需要家と使用機器を次の様に想定する。需要家の内訳としては、家屋照明のみを対象とする単なる初期電化に留まらず、地方開発の契機としての村落電化を実現する観点から教育・衛生施設にも配慮して、学校、診療所、集会所もしくは寺院等の需要家を想定し、かつ、小規模動力としての精米機、揚水ポンプ(生活用水、灌漑用水)を想定する。需要家規模は 100 世帯を標準とし、照明器具は全て蛍光灯とする。

①一般家屋

使用機器：屋内照明(20Wx2 灯)と差込口(100Wx2)

②学校

使用機器：教室内照明(40Wx2 灯)と差込口(100Wx2)

③診療所

使用機器：室内照明(40Wx2 灯)並びに屋外照明(20Wx1 灯)と差込口(100Wx2)

④集会所もしくは寺院

使用機器：室内照明(20Wx2 灯)並びに屋外照明(20Wx1 灯)と差込口(100Wx1)

⑤小規模動力

使用機器：精米機(5kWx2 台)及び揚水ポンプ(200Wx2 台)－100 世帯当り

⑥公共照明

村内道路照明用として、20Wx20 灯を想定する－100 世帯当り

(2) 需要量原単位

上で想定した需要家毎の使用機器と以下に想定する需要パターンを用いて、標準規模の村落における最大需要量を想定する。電力需要時間帯は昼間帯と夜間帯に分類し、各機器について同時需要係数を設定して、需要時間帯毎の最大需要量を算定する。更に、算定された最大需要量を基に、需要量原単位(需要家一世帯当りの平均需要量)を想定する。

①昼間帯需要

需要家種別	使用機器		同時需要係数	電力需要(W)	備考
	種別	数量			
学校	教室内照明(40W)	2	1.0	80	
	差込口(100W)	2	0.7	140	
診療所	室内照明(40W)	2	1.0	80	
	差込口(100W)	2	0.7	140	
小規模動力	精米機(5kW)	2	1.0	10,000	
	揚水ポンプ(200W)	2	1.0	400	
計	—	—	—	10,840	

②夜間帯需要

需要家種別	使用機器		同時需要係数	電力需要(W)	備考
	種別	数量			
一般家屋	屋内照明(20W)	200	1.0	4,000	100 世帯
	差込口(100W)	200	0.5	10,000	100 世帯
診療所	室内照明(40W)	2	0.8	64	
	屋外照明(20W)	1	1.0	20	
	差込口(100W)	2	0.6	120	
集会所 寺院	室内照明(20W)	2	1.0	40	
	屋外照明(20W)	1	1.0	20	
	差込口(100W)	1	0.8	80	
小規模動力	精米機(7.5kW)	2	0.0	0	
	揚水ポンプ(200W)	2	0.5	200	
公共照明	村内照明(20W)	20	1.0	400	
計	—	—	—	14,944	

③ 需要量原単位

以上により、標準規模の村落(100世帯)における最大需要量は夜間帯の14.9kWと算定され、これより、1世帯当りの需要量原単位を150W/世帯と設定する。この数字はやや大きく感じられるが、将来における需要増加を見込んだ数値として計画段階では用いることとする。

10-7-2 基本方針

小水力開発による地方電化促進計画立案に際し、以下の点を念頭に置いて実施する。

① 目標年次

西暦2001年を開始年とする10カ年の事業期間(2年間の調査及び計画・評価期間と8年間の建設期間)を設定し、計画終了年を西暦2010年とする。

② 電化単位と施設規模

標準的な電化単位としては、ラオスの標準村落規模である100世帯程度の村落とする。この結果、施設規模としては設備容量15kW程度が目安となる。

10-7-3 事業費試算

本調査対象2県において今後10カ年での小水力開発計画の検討にあたり、最初の2年間でサイト調査及びその評価を行うための第1フェーズ(調査・計画段階)とし、残りの8年間で有望サイトの開発に着手する第2フェーズ(設備建設・設置段階)の2段階に分けることが適切である。これにより、投資計画を含むより明確な事業計画の立案と実施管理が可能となる。

以下に、小水力開発10カ年計画において必要な事業費の試算を目的に開発対象地区等を検討した結果を示す。

(1) 開発検討対象地区

調査対象地域におけるグリッド電化の状況及び電化計画の状況(各地区の村名と総世帯数、電化現況及び電化計画の有無等)をEdLより入手、DOEにて確認し、各村の位置とその近傍における小水力適地の有無を別途設定した判定基準並びに1/10万地形図及びMIH現地事務所の情報等に基づいて確認し、各県の小水力開発検討対象地区(District)を次の様に選定した。

- ① ヴィエンチャン県
 - ・ ヴェンピエン 地区
 - ・ カン 地区
- ② ボリカムサイ県
 - ・ カムケウト 地区
 - ・ ヴィアントン 地区

(2) 開発検討対象村

開発検討対象地区内各村の近傍における小水力適地の存在確認(1/10 万地形図での図上確認)と、図上確認ができなかった村落については MIH 現地事務所担当者からの聴取を行い、各地区における小水力開発にふさわしいと考えられる検討対象村を次表に示す様に抽出した。

表 10-7-1 開発検討対象村

県名	地区名	村名	世帯数	備考
ヴィエンチャン	ヴァンヴィエン	Houaynamyen	30	新村, 2000年4月時点
		Keokouang	119	
		Nalao	82	
		Nakhoun	88	
		Phonsavang	86	
		Phonxay	40	
		Phonxou	94	
		Somsaat	43	新村, 2000年4月時点
		地区計	582	
	カシ	Phato	106	
		Phonthieng	87	
		Viengsamay	106	
		地区計	299	
			県計	881
ポリカムサイ	カムケウト	Khammouane	105	Tonsan 村に隣接
		Tonsan	42	Khammouane 村に隣接
		地区計	147	
	ヴィアントン	Chomthong	163	
		Phondou	117	
		Vangphe	95	
		地区計	375	
		県計	522	

注) 世帯数は、EdL 調べによる 1998 年 2 月時点の値である。

MIH/DOE が小水力開発事業を実施するにあたっては、組織・能力等の面から両県合わせ毎年 1~2 カ所程度の事業実施が適当と考えられる。そこで、具体的に必要とされるおよその事業費を概算するため、各地区における開発検討対象村の中から、前述のパイロット事業地点村落も含めた 10 事業 11 ヶ村を第 1 次候補として選定した(表 10-7-2)。ここでは、地形図上での位置、周辺地形状況、アクセス道路との関係等から有望と判断される村落を選定したものであり、また MIH 現地事務所担当者からの状況聴取も参考にした。

表 10-7-2 有望サイト 10 事業 11 村落 (第 1 次候補)

県名	地区名	村名	世帯数	備考	
ヴィエンチャン	ヴァンヴィエン	Keokouang	119	パイロット事業村	
		Nalao	82		
		Nakhoun	88		
		Phonsavang	86		
		Phonxou	94		
		地区計	469		
	カシ		Phato	106	
			Phonthieng	87	
			Viengsamay	106	
			地区計	299	
	県計	768			
ポリカムサイ	カムケウト	Khammouane	105	Tonsan 村に隣接 パイロット事業村	
		Tonsan	42		
		地区計	147		
	ヴィアントン		Phondou	117	
			地区計	117	
			県計	264	

注) 世帯数は 1998 年 2 月時点の EdL 調べによる値である。

(3) 事業費試算

ここまでで得られた、需要量原単位、開発が有望な 10 事業 11 村落 (第 1 次候補) 並びに世帯数、設備容量当り工事費単価等に基づき、小水力開発 10 年計画の概算事業費を試算した。この結果 10 年間で事業費として約 \$930,000 が必要となるという試算結果となった。(表 10-7-3 参照) 算定条件は次の通りである。

- ・需要量原単位：150W/世帯
- ・調査設計費：\$20,000-/1 件(事前調査;\$500-, 計画;\$3,000-, 測量;\$1,500-, 設計;\$15,000-)
- ・設備容量当り工事費単価
 - 土木・発電設備工事費；\$3,700-/kW
 - 低圧配電線工事費；\$16,000-/2km

表 10-7-3 小水力開発 10 カ年計画の概算事業費試算 (第 1 次候補開発対象村ベース)

県名 地区名	村名	需要家 (世帯)	所要出力 (kW)	送電線 (km)	概算事業費 (\$)	備 考
ヴィエンチャン ヴァンヴィエン	Keokouang	119	17.9	2.0	\$102,300-	パイロット事業村
	Nalao	82	12.3	0.6	\$70,400-	
	Nakhoun	88	13.2	2.0	\$84,900-	
	Phonsavang	86	12.9	2.0	\$83,800-	
	Phonxou	94	14.1	2.0	\$88,200-	
	地区計	469	70.4	8.6	\$429,600-	
カシ	Phato	106	15.9	2.0	\$94,900-	
	Phonthiang	87	13.1	2.0	\$84,500-	
	Viengxamay	106	15.9	2.0	\$94,900-	
	地区計	299	44.9	6.0	\$274,300-	
県 計		768	115.3	14.6	\$703,900-	
ボリカムサイ カムケウト	Khammouane	105	15.8			Tonsan村と併設 パイロット事業村
	Tonsan	42	6.3	3.0	\$125,800-	
	地区計	147	22.1	3.0	\$125,800-	
ヴィアントン	Phondou	117	17.6	2.0	\$101,200-	
	地区計	117	17.6	2.0	\$101,200-	
県 計		264	39.7	5.0	\$227,000-	
2県合計		1132	155	19.6	\$930,900-	

- 注) 1. 需要家(世帯)数は、西暦1998年時点のEdL調べによる値である。
 2. 需要量原単位を150W/世帯とした。
 3. 土木・発電設備工事費単価(一般管理費共)を\$3,700/kW, 配電線工事費を\$16,000/2kmとした。
 4. 各事業費には、調査設計費として\$20,000を含む。
 5. 概算事業費は、\$100-単位で切り上げた。

10-7-4 事業の優先順位

このように両県では今後10年間に約\$930,000の資金が必要となる。これは1需要家当たり\$820となる。小水力開発10カ年計画の第1フェーズにおいては、個別地点についての詳細調査に基づき、経済性評価・電化の緊急性等を考慮し、地点の開発優先順位を決定する。それに基づき、これらの地点の全てを開発優先度の高い地点グループ(グループA)と開発優先度の低い地点グループ(グループB)とに区分する。これに従って、グループAの中から順次着手することを基本とする。

10-7-5 住民負担

これまでの試算で用いてきた標準的な小水力発電所のコスト(\$820/需要家)を参考に1需要家当りの毎月の料金負担額を概算した。この時の計算条件は以下に示す通りである。

- ・償還利率 : 0.75%(公的機関の低利融資を想定)
- ・償還期間 : 30年
- ・残存価額 : 建設費の10%と想定
- ・維持管理費 : 各事業の建設は単年で終了し、建設投資額の1%相当が翌年から発生すると仮定

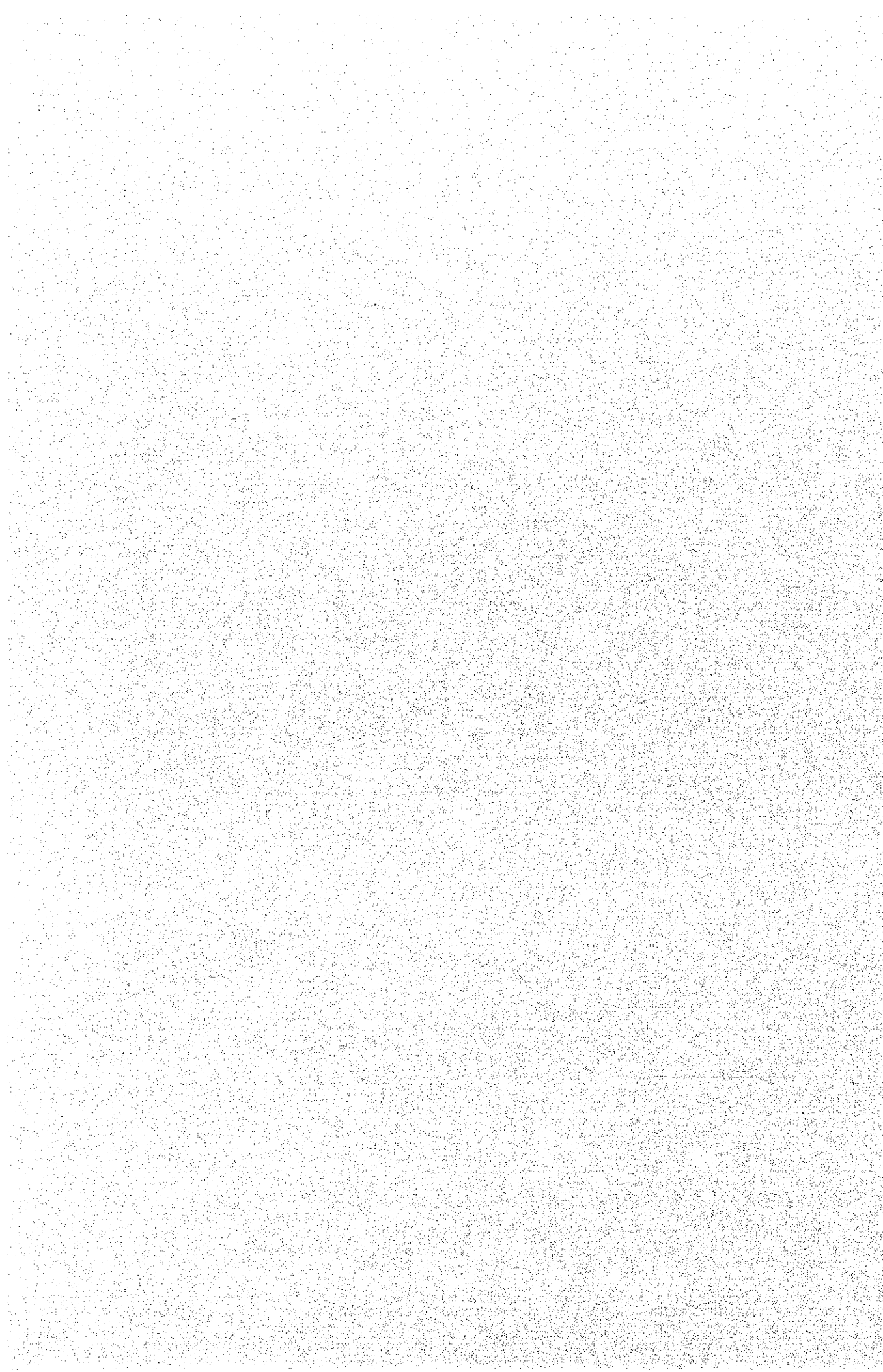
計算結果より、このような低利資金であっても需要家の負担額は\$3/月程度となる見込みである。この水準は農民の負担可能限度と想定される\$2/月をかなり上回っている。従ってこのように当初は割高と想定される小水力開発について政府ベースでの補助金の支出を考慮するとともに、中長期的には設計簡素化、機器の国産化などでさらなるコスト削減を図り、需要家当たりの開発コストを\$500以下に抑えるような努力が必要であると言える。

10-7-6 投資計画

ここでは、2県における小水力開発10カ年計画の必要投資額約\$930,000について、年度ごとの必要費用を概算する。総事業費の内訳はエンジニアリング経費\$200,000と建設費\$730,000である。前述の通り、当初の2年間の第1フェーズで測量・設計を完了し(年間\$100,000)、残る8年間の第2フェーズで各建設事業を実施するパターンを想定しているため、1地点あたりでは\$80,000~100,000の資金投入が予定される。このように年間10万ドル規模の資金が必要である。

実際の小水力開発に当たっては太陽光発電の場合と同様に無償資金援助によって行うことが最も現実的であると考えられるが、とりあえず必要となる当初の調査費などについてはラオス政府の予算で実施する必要がある。このための初期資金を十分確保できない場合には、太陽光発電利用地方電化事業において創出される予定のリボリングファンドを利用することも可能と考えられる。このような措置により、これまで十分に行われてこなかった地方電化のための小水力開発が促進されることが期待される。なお、同時に小水力発電における維持管理の重要性から地方レベルの技術者を育成することも非常に重要であり、このためには、本格的な技術トレーニングプログラムの実施が不可欠であろう。

添付資料



添付資料 目次

太陽光発電

1. Solar Insolation and Precipitation in Lao.P.D.R
2. 太陽光発電利用地方電化本格事業フロー
3. 農村社会調査 Sample Survey Form (ベースライン・モニタリング・インパクト調査)
4. 太陽光発電システムリース契約書案 (SHS、BCS)
5. 利用者向け太陽光発電システム取り扱いガイド (SHS、BCS)
6. 太陽光発電システム設置・維持管理マニュアル (SHS)

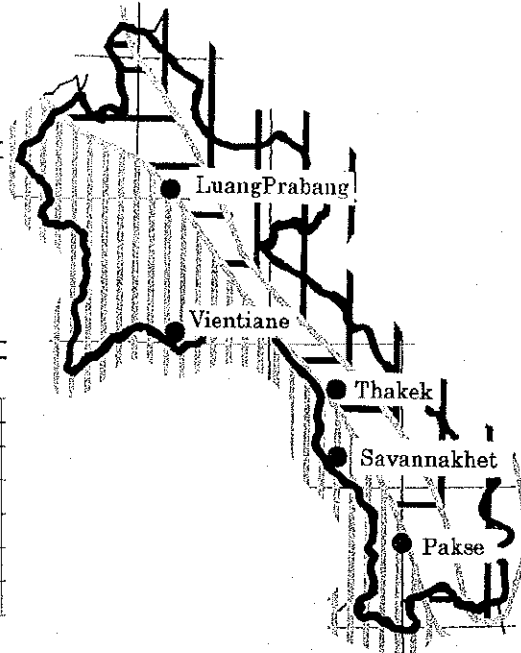
小水力発電

1. 対象 2 県における既電化・電化計画地域図及び小水力開発可能地域図 (ゾーニング)
2. 全体配置図・概略設計図 1・2 (Houay Sing Project)
3. 全体配置図・概略設計図 1・2 (Nam Phouan Project)
4. 付表-10.1(1) ラオス国内における各種土木施工単価
5. 付表-10.1(2) ラオス国内における送変電設備施工単価
6. 付表-10.2(1) Houay Sing Project 工事数量計算書
7. 付表-10.2(2) Nam Phouan Project 工事数量計算書
8. 付表-10.3(1) Houay Sing Project 概算工事費
9. 付表-10.3(2) Nam Phouan Project 概算工事費

Solar Insolation in Lao PDR(kWh/m²/day)

	LuangPrabang	Vientiane	Savannakhet	Pakse	Thakhek
January	4.1	4.8	5.1	5.3	4.5
February	4.8	4.7	5.0	5.2	4.7
March	5.2	5.4	5.8	6.0	4.8
April	5.5	5.6	5.9	5.7	4.8
May	5.8	5.5	5.8	5.8	4.9
June	4.7	4.9	4.9	4.6	4.3
July	4.8	4.8	5.1	4.6	4.3
August	4.7	4.6	4.7	4.5	4.8
September	4.8	4.8	4.7	4.5	4.8
October	4.8	5.0	5.2	5.1	5.0
November	4.0	4.7	4.9	5.1	4.6
December	3.7	4.7	4.8	4.9	4.9
Average	4.7	5.0	5.2	5.1	4.8

		Solar	
		cal/sq.cm/day	
↑ High	Rank5		>400
	Rank4		350~400
	Rank3		300~350
	Rank2		<300
	Rank1		
↓ Low			

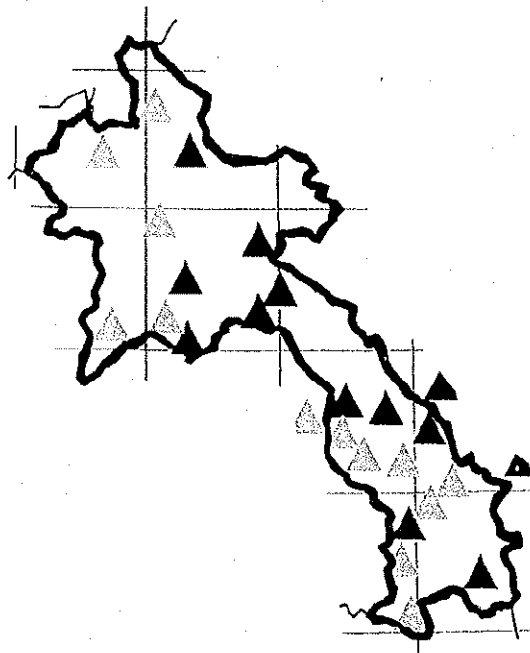


Solar Insolation in Lao P.D.R

UNIT: mm/y

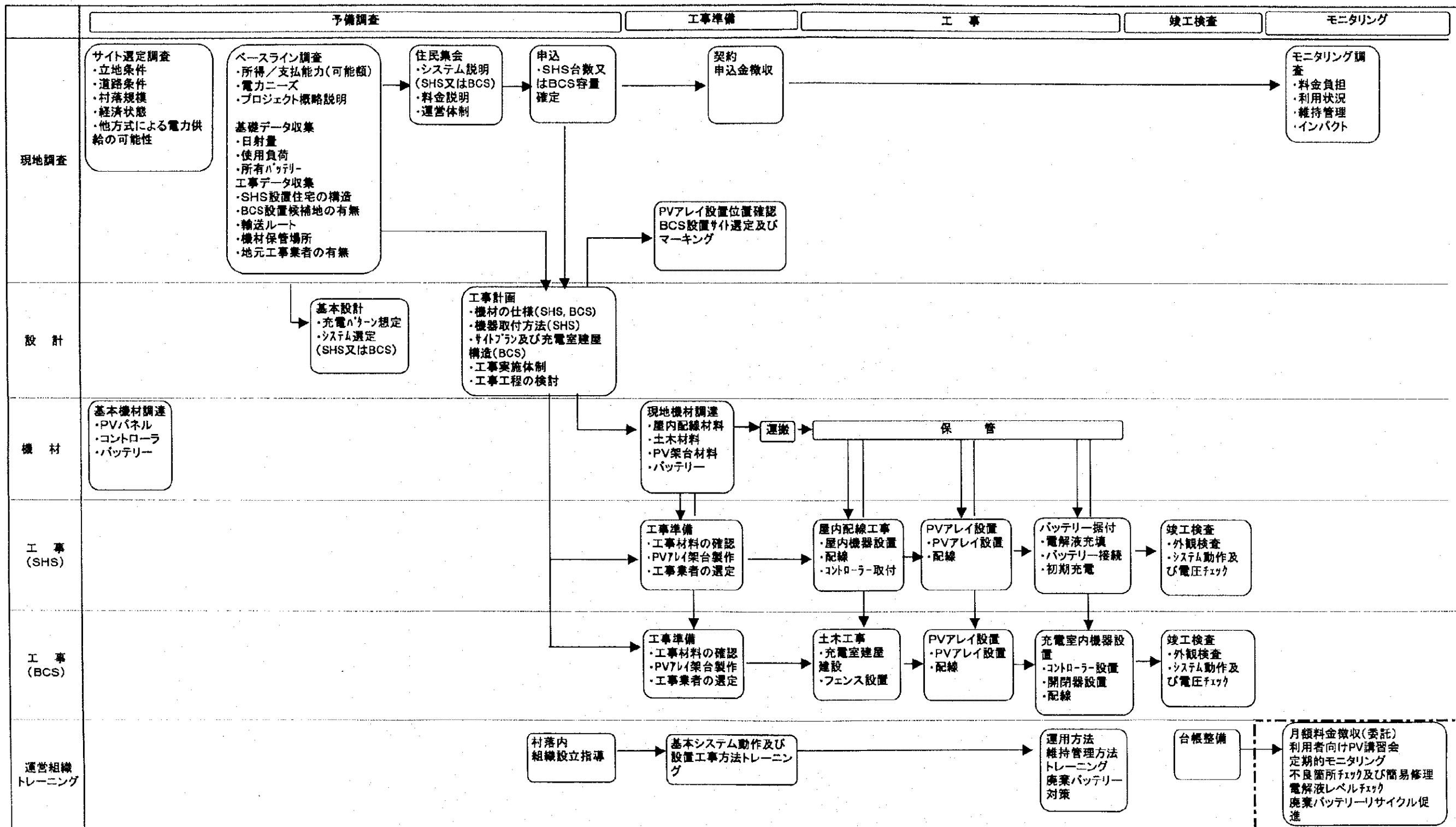
MARK	Range of Q
	3000≤Q
	2000≤Q<3000
	1600≤Q<2000
	1000≤Q<1600
	Q<1000

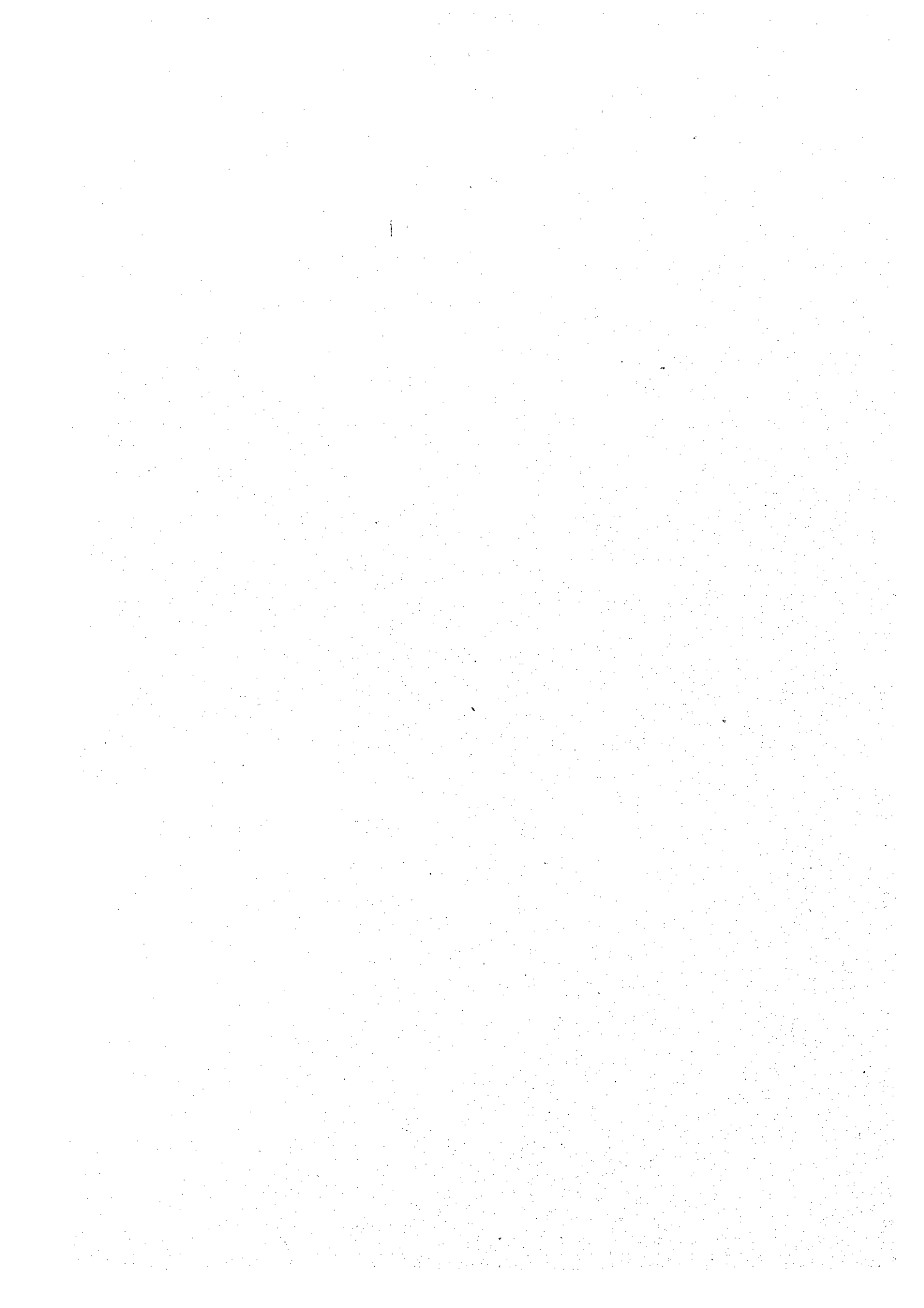
Q = Yearly Precipitation



Precipitation in Lao P.D.R

太陽光発電利用地方電化本格事業フロー





Sample Survey Form

House No	
Village Name	
Date	
Surveyor	

The Study on Rural Electrification Project by Renewable Energy in the Lao People's Democratic Republic:
Socio-economic baseline Survey (Questionnaire*)

1. House No. _____ 2. Name: _____ . Age: _____
 4. Number of family member: _____ 5. Number of Rooms: _____
 6. Roofing materials metal sheet, bamboo/straw fiber 7.Occupation _____
 8. How much is your cash income? _____kip/year
 9. Source of cash income:
.from agriculture _____kip/year, crop name _____
.from selling livestock _____kips/year:

livestock name (sold)	livestock number (sold pieces)	selling price (kip/head)

- .from selling fish _____kip/year:
 How much kilogram of fish you sell _____kg/week, price _____kip/kg
weaving/textile _____kip/year, number of textile to sell _____pieces/year, price _____kip
handicraft _____kip/year: What do you produce _____, number of pieces to sell pieces/year, price _____kip
rice mill _____kip/year, price of milling _____kip/kg
repair shop _____kip/year, What do you repair? _____
.commerce _____kip/year: What kind of shop?: restaurant, retail shop selling beverage and small things, Kerosene oil shop barber, tailor, trader, Others _____
.services _____kip/year: what kind of service? teacher, farming for somebody, wood cutting, transportation, construction, Others _____
others _____kip/year: what do you do? _____

8.Total Living expense: _____kip/year, 9.Saving _____kip/year

10. What do you own?

- 10.1.crop field _____rai _____ha
- 10.2.boat with engine _____pieces, price _____kip, When did you buy? _____year
- 10.3.boat without engine _____pieces, price _____kip, When did you buy? _____year
- 10.4.car _____pieces, price _____kip, When did you buy? _____year
- 10.5.motorecycle _____pieces, price _____kip,
- 10.6. bicycle _____pieces, price _____kip

- 10.7.cow _____ heads,
 - 10.8.buffalo _____ heads
 - 10.9.pig _____ heads,
 - 10.9. well _____, pump _____, rice mill _____
 - 10.10.others _____
11. Type of lighting: Kerosene lamp Gas lamp Candle Others _____
12. Using time of lighting per day _____ hours
- 13-1. Fuel cost of kerosene: price per litter _____ kip, _____ liters per month
- 13-2. Fuel cost of gas price per litter _____ kip, _____ liters per month
14. Do you have a battery? Yes No, if yes how many? _____ pieces
15. Do you have a diesel generator? Yes No, if yes for what purpose? light, rice mill, TV, water pump lighting for business refrigerator Others _____
- Price of generator _____ kip: When did you buy? _____ years

For Battery owners

16. Battery size _____ Ah 17. Battery price _____ kip 18. Battery life _____ years
19. What kind of appliances do you use?
20. How many times do you charge a battery per month? _____ times per month
21. Battery charge price _____ kip per time
22. How do you manage money for buying a new battery? _____
- TV _____ pieces, Radio _____ pieces, Lighting _____ pieces, Others _____

23. For TV owners

- 23.1. How many hours do you watch TV a day? _____ hours • 23.2. TV capacity _____ W

24. For electric lamp owners

- 24.1. type of lamp bulb fluorescence
- 24.2. How many hours do you use light a day? _____ hours
- 24-3. What wattage is a light? _____ W

For new solar battery systems

25. When new solar battery system comes, what do you expect?
- to use (TV Radio Lighting Fan Others _____)
- to work more, what work _____, to study more to be safe night others _____
26. How much capacity do you expect for new battery? _____ Ah
27. How much are you willing to pay for new solar electricity supply? _____ kip/month
28. New solar battery systems require initial investment. How much can afford to pay for new system. _____ kip

Sample Survey Form

Socio-economic Survey (Questionnaire II)

No.	
Village.	
Date.	
Surveyor	

Name _____ Age _____ Occupation _____
 Income _____ kip/year Field Area _____

1. Application : Solar Home System 55W _____, Solar Home System 110W _____,
 Battery Charge Station 50-70Ah Battery _____,
 Battery Charge Station 120Ah Battery _____.

2. Why did you choose the system?

Price _____, Service hour _____, Convenience _____, Suggestion _____, (from who? _____)

3. What do you want to use electricity for?

Lamp _____, TV _____, Radio _____, Fan _____, Others _____

4. What to you except the electricity?

Study _____, Work _____, Better Light _____, Reading _____, Less Struggle _____, Wife _____,
 Others _____,

5. Family size? _____

6. How many school children do you have? Boy _____, Girl _____

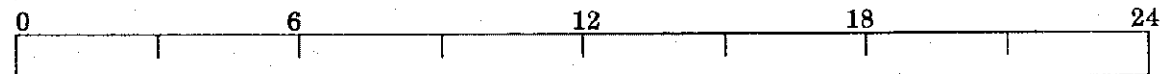
6-1. Number of each category : Primary _____, Secondary _____, High school _____,
 Others _____

7. What is your educational level?

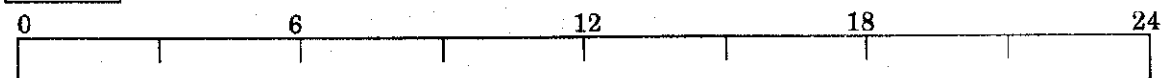
Never attended school _____, Primary _____, Secondary _____, High _____, College _____,
 University _____

8. Life cycle

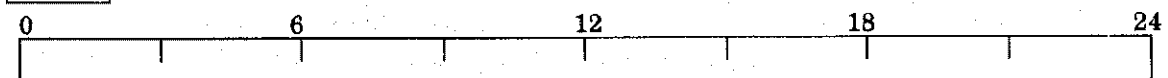
Head of Family



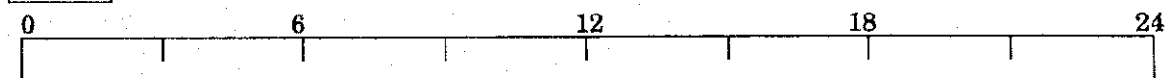
Spouse



Child



Child



PV system users monitoring sheet 2

Name _____ House no. _____ Village _____ Date _____ Surveyor _____

- 1 Is your PV system working well? Yes No If you have problems, what problems?:
Not charging well Fluorescent light Battery Charging controllerOthers
- 2 What do you think of your PV system operation ? Easy Difficult. If difficult, especially what?:
Changing Fluorescent light Reading charge controllerConnecting battery Cleaning panel Checking distilled water Others
- 3 Who checks distilled water of your battery?: Yourself Neighbor VEC member BCS operator
- 4 What service do you want to get from Village electrification committee?:
Users training Selling spare-parts Advice to users Repair service Others
- 5 Are you satisfied with the system you chose?: Yes No. If no, what is problems? Taking long time to charge Cannot use expected electric appliances Others. If no, which system do you like? BCSSHS(50W) SHS (100W)Others()
- 6 Do you charge another Battery(2nd, 3rd one or 6V one) ? If yes, where do you charge?: Your own SHS Neighbor's SHS BCS in town BCS in the villageothers
- 7 Do you pay Monthly payment on schedule? Yes No.
- 8 What do you think about an amount of Monthly payment on your PV system?:
not payable very expensive expensive not expensive cheap
- 9 Dose your monthly living expense increase after PV installation?: Yes No. If yes, why?
- 10 Dose your income increase after PV installation?: Yes No. If yes, why?:Night Handicraft Night Weaving Night fishing Others()
- 11 Did you cut any expense to pay PV expenses ? : Yes No. If yes, what?: Living expense Educational expense Expense for entertainment Others ()
- 12 Did you buy any new electric appliances after PV installation?: YesNo: If yes, what did you buy?: More Light Radio Cassette-recorder TV Fan Others
- 13 Are you still buying kerosene, after PV installation?: Yes No. If Yes, How many liters are you spending a month? Now: (liters/month) (kip/litter), Before: (liters/month) (kip/litter)
- 14 Which is better for lighting in your house, PV system or Kerosene lamp?: PV Kerosene lamp
- 14.1 What is better point for PV than Kerosene lamp?
Cost performance Convenience Saving time Safety use No smell Status
- 14.2 What is better point for kerosene than PV?
Cost performance Insects guard Others
- 14.3 Which is better, SHS or BCS? SHS BCS. Why? Cost performance Convenience Saving time Good service Others
- 14.4 Which is better, charging battery in town or BCS? charging battery in town BCS. Why? Cost performance Convenience Saving time Good service Others

Sample Survey Form

Impact Survey [2000/6]

PV system users Impact survey sheet

Name _____ House no. _____ Village _____ Date _____ Surveyor _____

- 1 Have your PV system been working well for past three months? 0. () Yes, () No If no, what problems? 1. () Not charging well, 2. () Fluorescent light, 3. () Charging controller, 4. () Others _____
- 2 Are you satisfied with the system you chose? 0. () Yes, () No.
 - 2.1 If no, what are problems? 1. () Taking long time to charge, 2. () Cannot use expected electric appliances, 3. () Others.
 - 2.2 If no, which system do you like? 1. () BCS, 2. () SHS-50W, 3. () SHS-100W, 4. () Others
- 3 Do you have any electric appliances except 8W fluorescent lamp? 1. () Yes, () No. If yes, please specify number into the table in question 3.
- 4 How many hours do you use electrical appliances on average? Please draw a line on a time zone you use it.

Electrical appliance	number	W																									hour
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Fluorescent lamp		8																									
Another fluorescent lamp																											
Radio-cassette																											
TV																											
Speaker																											

- 5 Did you buy any new electric appliances after PV installation? () Yes, 0. () No If yes, what did you buy? Please specify.

	Light	Radio cassette recorder	TV	Fan	Others
Total number					
Bought past 1 year					

- 6 What is changed better in your life, after PV installation ?
 1. () Cooking at night easier
 2. () Working at night easier
 3. () Studying at night easier
 4. () Getting information from radio or TV
 5. () Increasing income
 6. () Getting safer at night (with light)
 7. () Saving energy expense
 8. () Having fun under the light <What: 8.1 Dinner time 8.2 Relaxing time 8.3 Chattering time 8.4 Drinking time 8.5 Others _____)
 - 7.1 What is best? _____ (Choose from 7)
- 7 Dose your income increase after PV installation? () Yes, 0. () No. If yes, why? 1. () Night Handicraft, 2. () Night Weaving, 3. () Night fishing, 4. () Others How much can you get income per month? () kip/month
If yes, Please ask detail .

8 What is changed worse in your life, after PV installation ?

1() Sleeping time shorter (Reason: 1.1 Brightness of light 1.2 TV watching time 1.3 Longer working time at night 1.4 Others _____) 2() Increasing energy expense 3() Increasing living expense 4() Insects gathered more than before 5() Villager's relationship worse <Reason: 5.1 Fee collection trouble 5.2 VEC member's attitude 5.3 Trouble between PV user and non-user 5.4 Others _____ > 6() Village noisier <Reason: 6.1 TV 6.2 Cassette recorder 6.3 Speaker 6.4 Karaoke 6.5 People often come from outside village. 6.6 Others >

9 Dose your monthly living expense increase after PV installation? 1.()Yes, ()No. If yes, how much? From ()kip/month to ()kip/month.

If yes. Please ask detail .

10 Are you still buying kerosene for lighting, after PV installation? ()Yes 0.()No. If Yes, How many liters are you spending a month? Now: [] liters/month] [price kip/liter], Before: [] liters/month] [price kip/liter]

11 Do you charge another batteries past three month? 1()Yes, 2()No.

12 Do you charge other house's batteries at your house? 1()Yes, 2()No.

13 Do you think PV has improved your life ? 1()Yes ()No

14 Do you check your PV system periodically? 0.()Yes, 1.()No. If yes,

14.1 how frequency? 1.()Every day, 2.() Once a week, 3.()Once a month, 4.()Others

14.2 have you found any problems by your check? 1.()Yes, .()No.

15 Have you wiped solar module? 1.()Yes, ()No.

16 Have the battery been filled water? 1.()Yes, .()No.

If yes, 16.1 who filled? 1.()User, 2.()Committee, 3.()Others

16.2when and how many bottles?

	February	March	April	May
Number of bottle				

17 What can you do for sustainable PV using in the village ?

1() Take care of using PV 2() Self maintenance 3() Trouble report to VEC 4() Payment on schedule 5() Others

18 Does the electrification committee (VEC) maintain your PV system periodically? 1.()Yes, 2()No.

If yes, 16.1 how frequency? 1.()Almost every day, 2.() Once a week, 3.()Once a month, 4.()Others

18.2 what kind of service do they provide? 1()Periodical check for PV. 2()Appropriate fee collection.

3.()User training and maintenance instruction. 3()Filling water into battery. 4()Cleaning of equipment.

5()Repair services. 6()Replacement services. 7()Selling spare parts, 8() Keep contact with MIH.

9()Others

19 What do you expect VEC to do for sustainable PV using in the village ?1()Periodical check for PV. 2()Appropriate fee collection.

3.()User training and maintenance instruction. 3()Filling water into battery. 4()Cleaning of equipment.

5()Repair services. 6()Replacement services. 7()Selling spare parts, 8() Keep contact with MIH.

9()Others

Solar Home System Lease Application Form (Draft)

Name _____
Village _____
ID _____

1. Type of Solar Home System (SHS)

I, as Renter, apply for a

_____55W system which includes one solar panel with mounting, one charge controller, one fluorescent lamp, one battery (70Ah), and standard cables and connections.

_____110W system which include two solar panels with mounting, one charge controller, one fluorescent lamp, one battery (120Ah), and standard cables and connection.

2. Down payment

I agree to pay the following amount as down payment. The down payment will be collected by a designated officer.

***** kip (55W system)-----((70Ah local battery price equivalent))

***** kip (110W system)-----((120Ah local battery price equivalent))

3. Monthly Charge

I agree to be charged the following amount every month. The monthly charge will be collected by Village Electrification Committee (VEC) every month.

***** kip (55W system)

***** kip(110W system)

The monthly charge may change due to inflation. The new tariff will be announced two months in advance.

4. Warranty

Battery, fluorescent lamp, indoor wiring, switch, and wall outlet are covered by one-year warranty.

5. User's Liability

I agree to replace at my expense the battery, fluorescent lamp, indoor wiring, switch, and wall outlet by myself after one-year warranty period is expired. In the event the SHS is malfunctioning, the user shall notify the VEC.

6. Duration of Contract

The term of this Lease is 20 years. After 20 years, the ownership of SHS will be transferred to the user. The user can purchase the SHS by paying the residual value at anytime. Until this lease is terminated, the SHS shall remain the property of the Government, and user is not allowed to sell or modify the SHS. In case user wishes to terminate the lease before expiration, the user shall notify the VEC one month in advance and the user shall return the SHS to the VEC.

7. Failure of Payment

In case the user fails to pay the monthly charge for two consecutive months, this Lease may be terminated

8. Relocation of the System

In case of relocating the SHS, the user is responsible for the incurred cost.

9. Reduction of System Capacity

In case the user wishes to reduce the capacity from 110W to 55W, the user shall notify the VEC one month in advance and returns the solar panel to the VEC.

10. Government's Liability

The Government is responsible for the installation, ordinary maintenance, and replacement of charge controller and solar panel when it is faulty.

11. Transfer of Lease Contract

The user can transfer this lease contract to another user. The second user must notify to the VEC immediately after the transfer is completed. In this case, the Government is not responsible for system installation.

All amounts charged under this Lease is nonrefundable.

The undersigned hereby applies for a lease of Solar Home System. I HAVE READ THE ABOVE LEASE AS STATED AND AGREE TO BE BOUND BY THE TERMS AND CONDITIONS CONTAINED WITHIN. I ALSO CERTIFY THAT THE INFORMATION I HAVE PROVIDED IS COMPLETE AND ACCURATE.

Date: _____

Signature: _____

For the second user (in case of transfer)

I agree to take over the system under the same lease condition of the former user.

Date: _____

Signature: _____

Date: _____

Signature: _____

Battery Charge Station (BCS) Lease Service Application Form

The Village Electrification Committee (VEC) in "Name of Village" hereby applies for the battery charging service to be provided by the HPO/JICA project.

1. Capacity of BCS

The BCS is consisted of ** units. Capacity of one unit system is 165W.

2. Monthly charge

The VEC agrees to pay ***** kip of monthly fee to the Service Agency (Government).

The monthly charge is subject to change due to inflation every year.

3. VEC's Liability

In case a part of the BCS such as PV module and charge controller is stolen, the VEC agrees to pay for the replacement.

4. Government's Liability

In case of the BCS failure, the Government repairs or replaces the system without any charge.

5. Termination

The term of this Lease is 20 years. After 20 years, the ownership of BCS will be transferred to the VEC. In case the VEC wish to terminate this contract, The VEC will notify the Government one month in advance. In case of failure to pay the monthly charge for two consecutive months, this contract may be terminated.

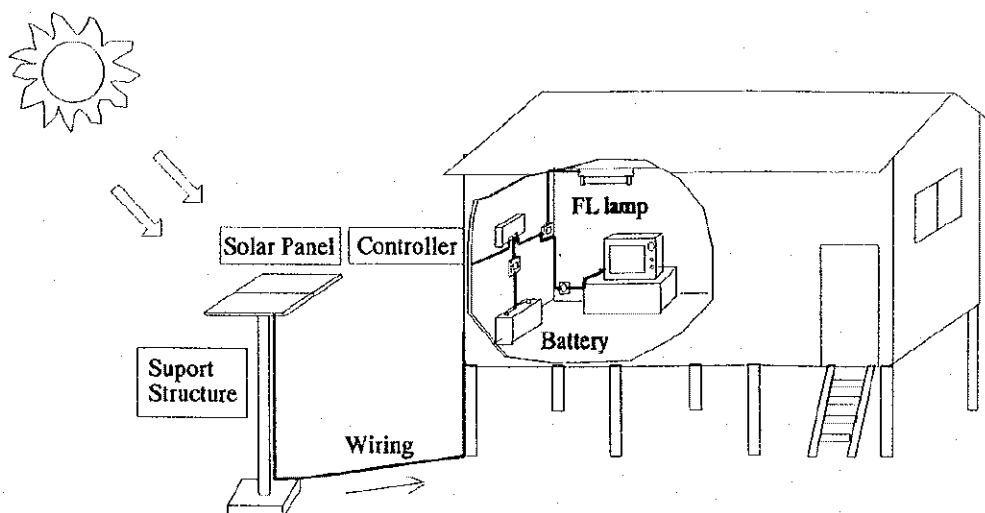
Date _____

Signature _____

Operating Instructions

How the Solar Home System Works

- *Under sunshine, the solar panel generates.
- *The controller controls charging and discharging to protect SHS.
- *The battery stores electricity for your use.



Equipment	Responsibility
Solar panel, Support structure, Controller	EDL/HPO
Battery, Fluorescent (FL) light, Switch, Wall outlet, Wiring	User

Switching On

1. Move main breaker to ON position.
2. Check LED 6 is on for five seconds.
3. This will connect the solar array and appliances to the battery.

Switching Off

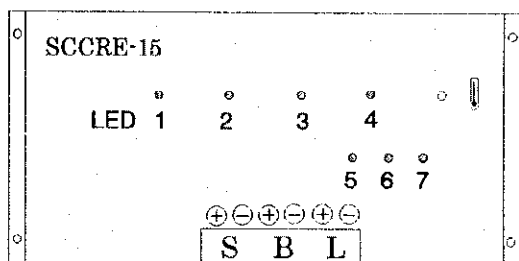
1. Turn off all appliances.
2. Move main breaker to OFF position. This will disconnect the solar array and appliances from the battery.

Your Solar Home System

How to Use

- *Plant trees and build should away from solar panel. The shade on the solar panel reduces the generating power from the solar panel.
- *To save energy and to keep batteries life long, remember to turn off your lights on TV when they are not necessary.
- *Be careful not to connect wires in reverse, because your appliance may be broken.
- *Keep liquids and everyone, especially children, away from the controller, because the trouble may be caused.
- *Keep fire away from battery, because a fire may be caused.

Controller



Controller

- LED 1: Battery is low. The power supply to appliances is automatically cut, and the controller will only charge the battery.
- LED 2: Battery is in normal condition. You can use appliances.
- LED 3: Battery is almost fully charged.
- LED 5: Solar panel connection is wrong.
- LED 6: Switch on (lighting five seconds)
Battery problem (lighting long time)
- LED 7: Battery connection is wrong.

How to Maintenance Your Solar Home System

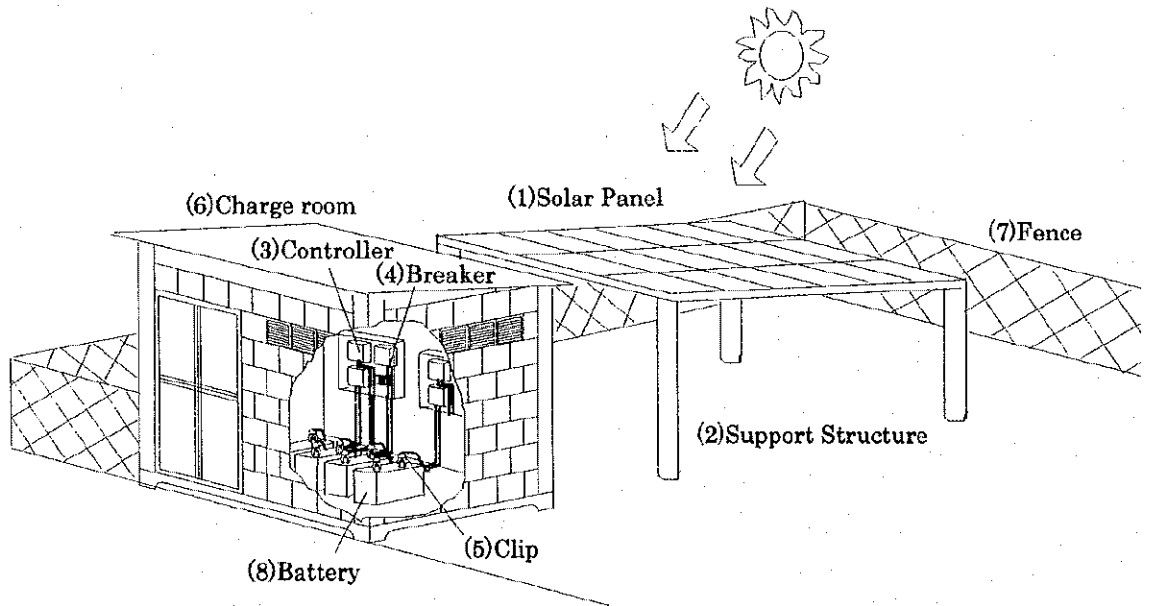
- PV Array: *If the surface of solar panel is dirty, wipe and wash.
- Battery: *Check acid level. If the levels is low, add distilled water only.
Don't add well water and so on.
- Wiring: *Check cables to secure tight connection.
*Check condition of the cable. (Damage, snapping, short etc.)

If you find any trouble in your system which you cannot deal with, please report to technician.

Operating Instructi

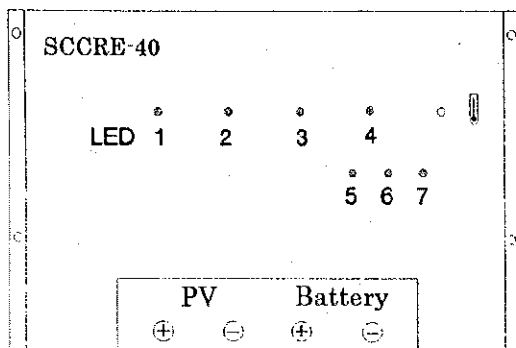
How the Battery Charge Station Works

- *Under sunshine, the solar panel generates.
- *The generated power is stored into the battery through the controller
- *The controller controls overcharging to protect your battery.



Equipment	Responsibility
(1)Solar panel, (2)Support structure, (3)Controller	HPO
(4)Breaker, (5)Clip, (6)Charge room, (7)Fence	Management
(8)Battery	User

Controller



Controller

- LED 1: Battery is low. (less than 12.5V)
- LED 2: Battery is in normal condition. (more than 12.5V)
- LED 3: Battery is almost fully charged.
- LED 4: Battery is during charging.
- LED 5: Solar panel connection is wrong.
- LED 6: Switch on (lighting five seconds)
Battery problem (lighting long time)
- LED 7: Battery connection is wrong.

for Battery Charge Station

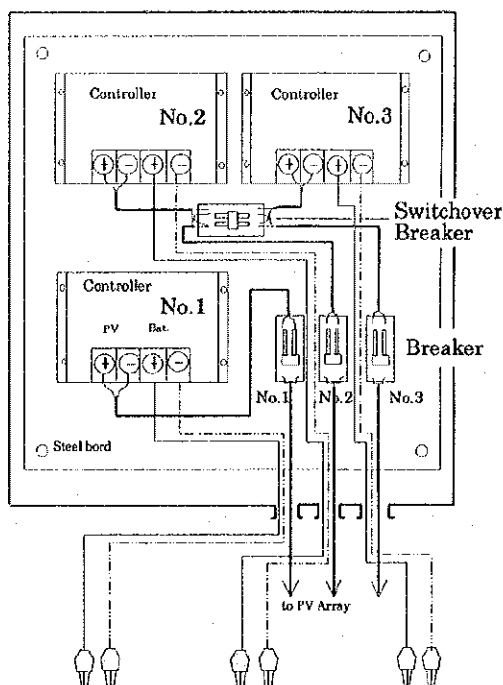
Charge Start (in case of using No.3)

Battery capacity: less than 80Ah

1. Connect battery.
2. Check LED 6 is on for five seconds, then LED 1 is on.
3. Check switchover breaker is neutral position
4. Move breaker (No. 3) to ON position.
5. Charge start

Battery capacity: more than 90Ah

1. Connect battery.
2. Check LED 6 is on for five seconds, then LED 1 is on.
3. Move switchover breaker to side B.
4. Move breaker (No. 3) to on position.
5. Charge start



Charge Stop

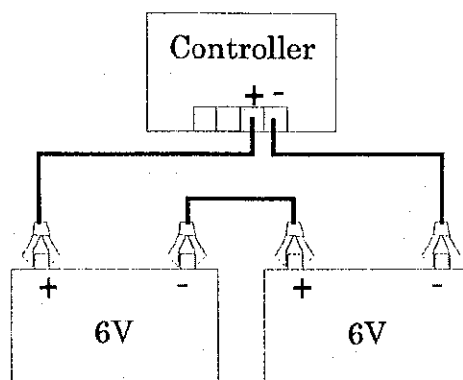
1. Check LED 3 is on continuously. This means battery is full charge.
2. Turn off breaker.
3. When switchover breaker is used, move it to neutral position.
4. Take off battery.

How to Charge 6V Battery

1. Connect two 6V batteries in series.
2. Connect batteries to controller.
3. Charge start according above order.

Caution

- *Don't connect batteries in parallel.
- *Don't connect different batteries together.
- *Batteries should be charged in the morning or in the evening.



**THE STUDY ON
RURAL ELECTRIFICATION PROJECT
BY RENEWABLE ENERGY
IN
THE LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC**

**Installation and maintenance manual
for Solar Home Systems**

1. Introduction

This manual provides installation and maintenance information on solar home systems. It focuses particularly on the systems installed by the Rural Electrification Division (RED) of the Ministry of Industry of Lao PDR, with assistance from JICA.

2. System Diagram

There are two types of solar home system, 50W and 100W. Basically, a solar home system consists of PV array, Controller, Battery, Breaker, Switch, Wall outlet and Lamp kit. Users can connect their own electrical appliances using the wall outlet. In Laos, many people use 6V batteries for various purposes. To allow people to charge these 6V batteries, and to allow charging of additional 12 volt batteries, the solar system has the option of extra-battery charging.

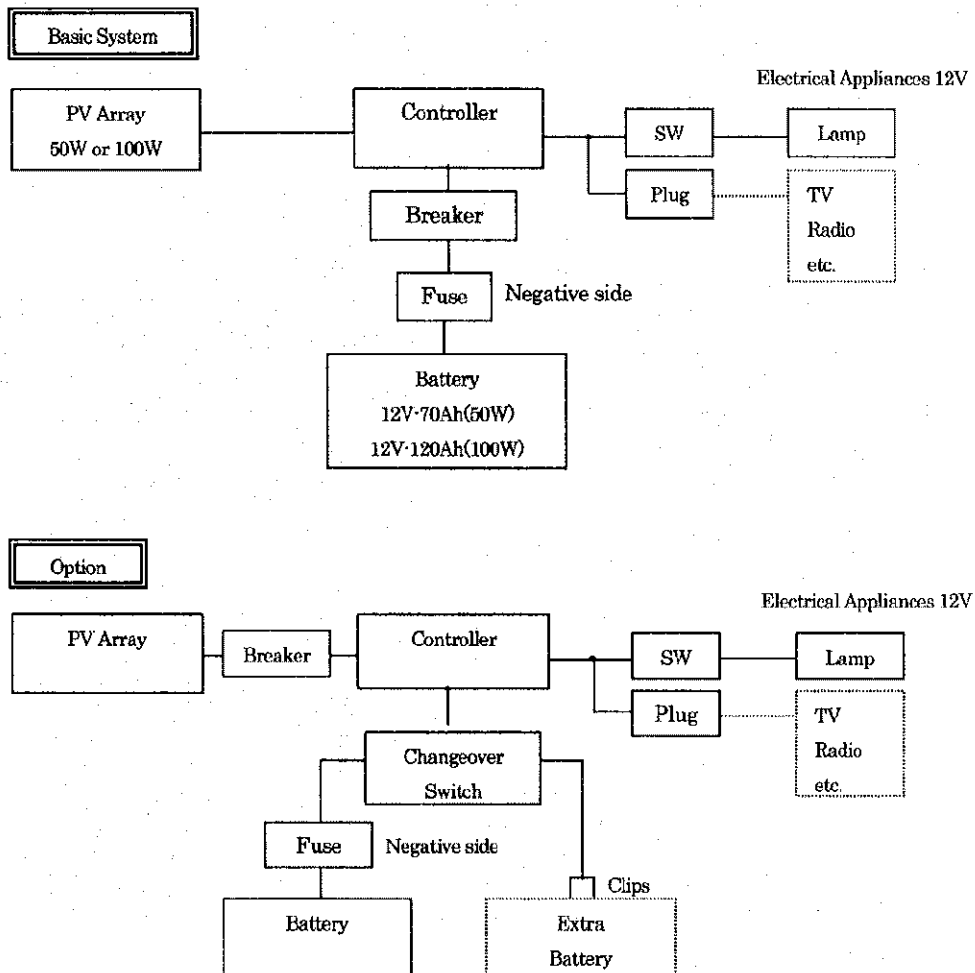


Figure 2-1 System diagram

Reference 2-1 Usable load for 50W system

Electrical Appliance	W	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-6	Case-6	Case-7
Florescent Lamp	8	12		10	6		5	
Florescent Lamp	20		5			3		3
Radio & Cassette	5			4			4	2
B/W TV 14"	18				3	2	2	2

Reference 2-2 Useable load for 100W system

Electrical Appliance	W	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-6	Case-6	Case-7
Florescent Lamp	8	24		11		8		6
Florescent Lamp	20		10		6		6	3
Radio & Cassette	5					6	5	4
B/W TV 14"	18			6	4	5	3	4

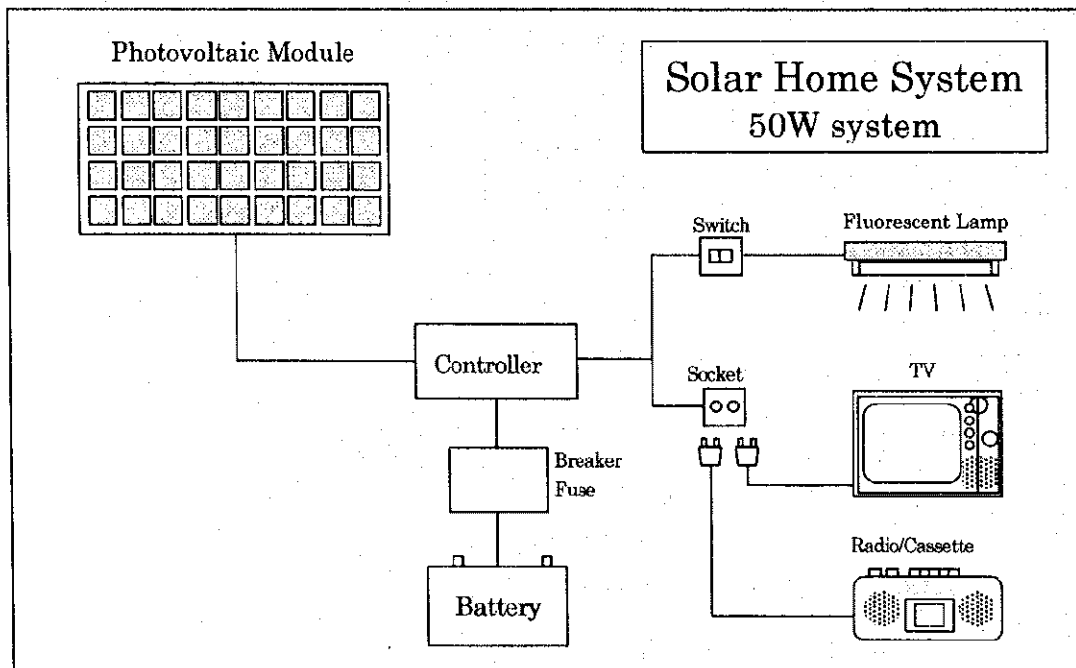


Figure 2-2 Image drawing

3. Equipment and materials

3.1 Main Materials

No.	Item	Specification	50W	100W
1	Photovoltaic module	Capacity : 50W Peak power voltage: more than 17V	1	2
2	Controller	Nominal voltage: 12V Through current: more than 10A (depend on current of peak load) Control: Overcharge & Over discharge	1	
3	Battery	Type: Lead-acid Nominal voltage: 12V	70Ah (60-100 Ah)	120Ah (100-140 Ah)
4	Breaker*3 (Battery)	AC 240V -- 30A 2P	1*1	
5	Fuse*4	Capacity : depend on controller	1	
6	Switch	AC 300V – 10A	1	
7	Plug	AC 300V – 10A	1	
8	Cable holder	Steel band & Nail	40	
9	Solderless terminal		2	
10	Protective cover		2	
11	Breaker (PV)	AC240V-30A 1P	1*2	
12	Changeover switch	AC300V-30A	1*2	
13	Clip	20A	2*2	

Notice *1: Basic system, *2: Optional system

*3: When the following conditions are satisfied, you may omit breaker.

- The breaker is provided with controller.

- A removable fuse is used.

*4: When a DC safety breaker is used, a fuse is not necessary.

3.2 Cable

No.	Location	Specification	Reference
1	PV array to Controller	Type : PVC/PVC 300V Size : 6mm ² x 2 cores (less than 10m)	3-1
2	Controller to Battery	Type : Flexible PVC 300V Size : 6mm ² x 2 cores (less than 3m)	3-2
3	Controller to SW & Plug	Type : Flexible PVC 300V Size : 2.5mm ² x 2 cores (less than 2m)	3-3
4	SW & Plug to Load	Type : Flexible PVC 300V Size : Depend on load current and distance	3-3

If controller senses battery voltage directly, the cable between controller to battery can be smaller.

Reference 3-1

System	Length of cable [m]														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
50W	1.25mm ²					2.5mm ²					4.0mm ²				
100W	1.25mm ²			2.5mm ²			4.0mm ²				6.0mm ²			8.0mm ²	

*Voltage drop is under 0.5V.

Reference 3-2

Current [A]	Length of cable [m]				
	1	2	3	4	5
5	1.25	2.5	4.0mm ²		6
10	2.5	4	6	8	
15	4	6	8		

*Voltage drop is under 0.2V.

Reference 3-3

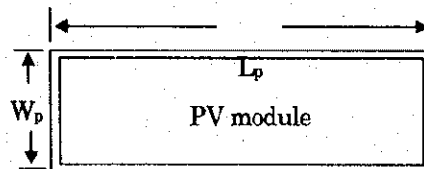
		Length of cable [m]														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Current [A]	1															
	2															
	3		1.25mm ²													
	4															
	5															
	6															
	7							2.5mm ²								
	8															
	9									4.0mm ²						
	10													6.0mm ²		

*Voltage drop is under 1.0V

3.3 Support Structure for PV modules

<Installation condition>

*Tilt Angle = Latitude of installing point * 1.1
(Reference 3-4)



*Direction = Face to south

(Recommendable range: ± 30 degrees from south in the case of roof top type)

Reference 3-1

System	Length of cable [m]														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
50W	1.25mm ²					2.5mm ²					4.0mm ²				
100W	1.25mm ²		2.5mm ²			4.0mm ²				6.0mm ²			8.0mm ²		

*Voltage drop is under 0.5V.

Reference 3-2

Current [A]	Length of cable [m]				
	1	2	3	4	5
5	1.25	2.5	4.0mm ²		6
10	2.5	4	6	8	
15	4	6	8		

*Voltage drop is under 0.2V.

Reference 3-3

		Length of cable [m]														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Current [A]	1															
	2															
	3		1.25mm ²													
	4															
	5															
	6						2.5mm ²									
	7									4.0mm ²						
	8															
	9															
	10													6.0mm ²		

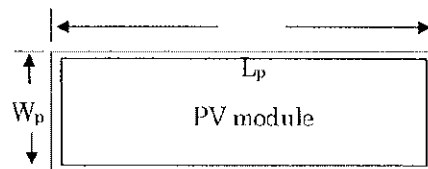
*Voltage drop is under 1.0V

3.3 Support Structure for PV modules

<Installation condition>

*Tilt Angle = Latitude of installing point * 1.1

(Reference 3-4)



*Direction = Face to south

(Recommendable range: ± 30 degrees from south in the case of roof top type)

Reference 3-4 Tilt angle of PV array

Tilt angle [degrees]	City
17	Pakxe, Saravan
18	Savanakhet
19	Muang Khammouan,
20	Vientiane, Paxan, Muang Phon Hong
21	Muang Xaignabouri, Xiangkhong
22	Louangphrabang, Xam Nua, Ban Houayxay
23	Moung Xay, Louang Namtha
24	Phongsali

1) Roof Top Type

No.	Item	Specification	50W	100W
1	Timber	40*80mm	$L > W_p + 200$	$L > W_p * 2 + 300$
2	Bracket	Steel plate 80*40*4mm	4	8
3	Nail	No 8	4	6
4	Screw		4	8
5	Bolt & Nut	Hex Bolt M6 * 20 & Nut	4	8

2) Pole Mount Type

No.	Item	Specification	50W	100W
1	Pole	Steel pole ≈ 85 -- H 3 m,	1	1
2	Support structure	Assembled with L type angle	1 set	1 set
3	Panel frame	L type steel angle 30*30*5mm	$L = W_p$	$L = W_p * 2$
4	Bolt & Nut	Hex Bolt M6 * 20 & Nut	4	8
		Hex Bolt M10 * 20 & Nut	4	4
5	Concrete		$0.06m^3$	$0.06m^3$

3) Roof Pole Mount Type

No.	Item	Specification	50W	100W
1	Pole	Steel pole ≈ 85 -- H 2m,	1	1
2	Support structure	Assembled with L type angle	1 set	1 set
3	Panel frame	L type steel angle 30*30*5mm	$L = W_p$	$L = W_p * 2$
4	U type band	Steel ≈ 85	2	2
5	Bolt & Nut	Hex Bolt M6 * 20 & Nut	4	8
		Hex Bolt M10 * 20 & Nut	4	4
6	Nail	No 10	4	4

4. Installation of PV array

4.1 Mounting of PV array

1) Roof top type

Using this method, the PV module is installed on the roof.

- 1- Fix four brackets on the frame of PV module with bolts and nuts.
- 2- Install two timbers on the roof with nails.
- 3- (Connect two 50W PV modules to each other, in case of 100W system)
- 4- Check that the tilt angle is approximately correct, and if necessary modify the timbers to correct the angle.
- 5- Fix the PV modules on the timbers with screws.
- 6- Connect wire between PV module and controller.

Precautions:

- * The distance between the PV module and roof should be more than 10cm (to regulate temperature of the modules)
- * seal holes so that they are water-tight
- *strengthen mounting in windy areas
- *if the roof is not facing south, select the pole-type mount (recommendable range for roof mounting : ± 30 degrees from south)

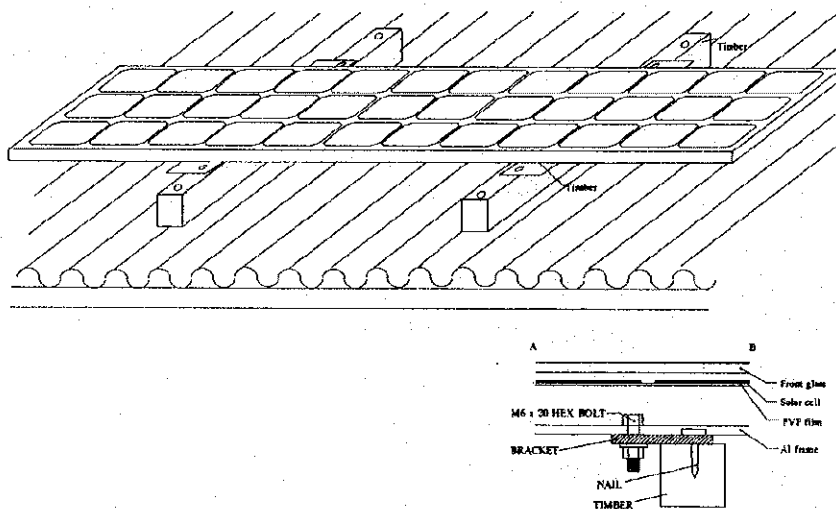


Figure 4-1 Drawing of roof mounted PV array2) Pole mount type

3) Roof-pole mount type

Using this method, the PV array is mounted on a pole which is mounted on a major structural member of the house, such as a cross-beam or support column.

- 1- Assemble PV support structure by bolts and nuts.
- 2- Mount panel frame to the PV support structure by bolts and nuts.
- 3- Fix PV support structure at the correct tilt angle (see table) on the top of steel pole with nuts and bolts.
- 4- Fix the pole to the column of house with U bands, but do not tighten until you have finished adjusting the direction of the array.
- 5- Adjust the direction of PV array to south and fix the pole firmly.
- 6- Connect wire between PV module and controller.

Precautions

- * seal holes for water-tightness
- *strengthen the installation in windy areas.

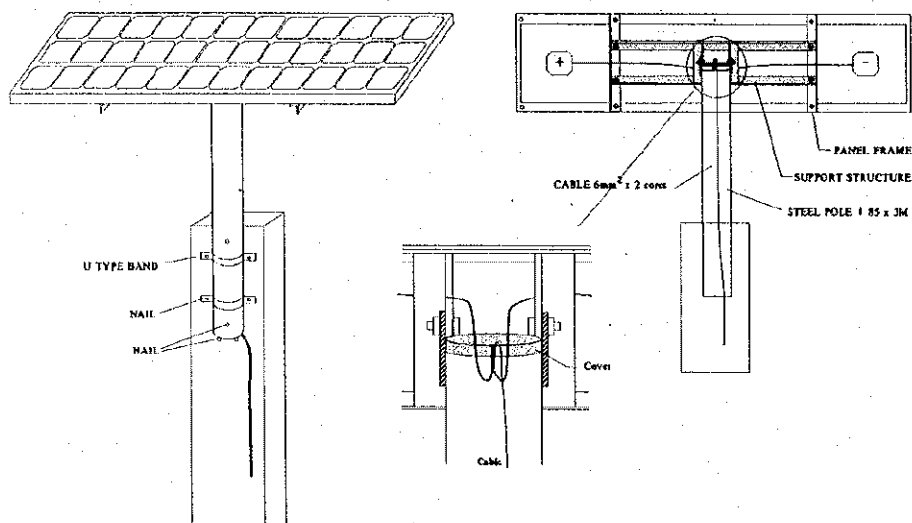


Figure 4-3 Drawing of PV array mounted (Roof pole type)

4.2 Wiring of PV array

1) Junction Box

There are one or two junction box(es) on the back of PV module. A cable should be connected to the terminal of junction box tightly.

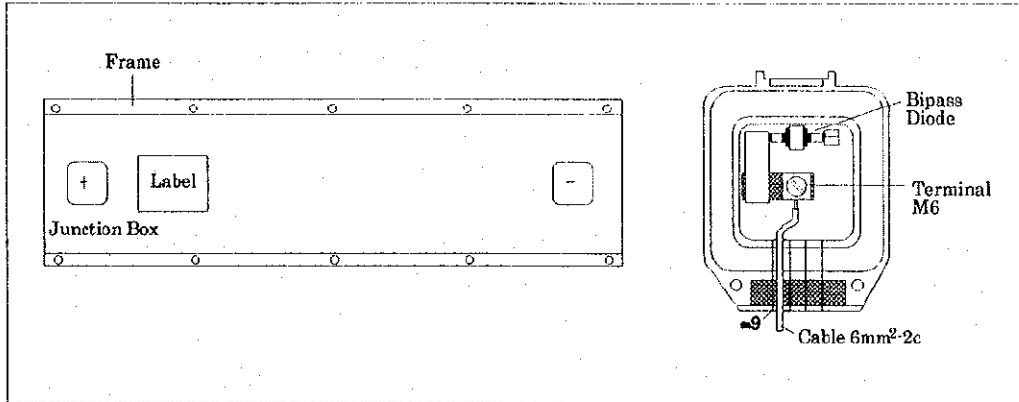


Figure 4-4 Junction Box (Example)

2) Module Connection

In case of 100W system, two PV modules are connected in parallel.

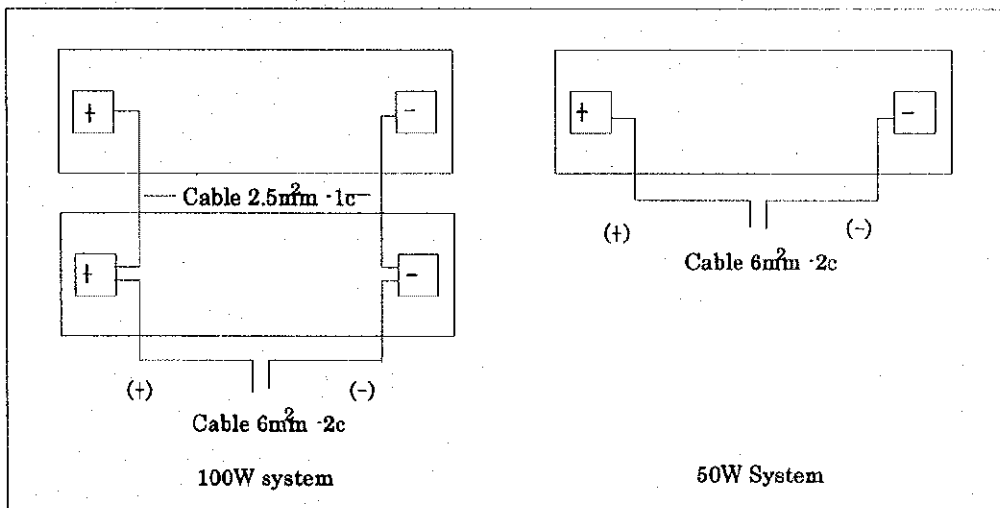


Figure 4-5 Connection of Modules

5. Indoor Wiring

5.1 Installation of indoor equipment

1) Controller

The controller should be installed firmly with screws or nails on a permanent major structural member of the house, such as a column or crossbeam. If it is impossible to install the controller directly on the column or crossbeam, a strong wooden back-board should be prepared and mounted firmly on a column or cross-beam.

2) Fluorescent lamp

The fluorescent lamp should be installed on the crossbeam or ceiling in the center of room with screws or nails.

3) Breaker, switch and wall outlet

The breaker, switch and wall outlet should be assembled on a wooden back-board. This board should then be installed on a column with nails.

4) Fuse

The fuse should be connected between the negative terminal of the battery and the switch. The fuse can be either be a box fuse mounted on the wood back-board or it can be an in-line fuse connected near the battery terminal.

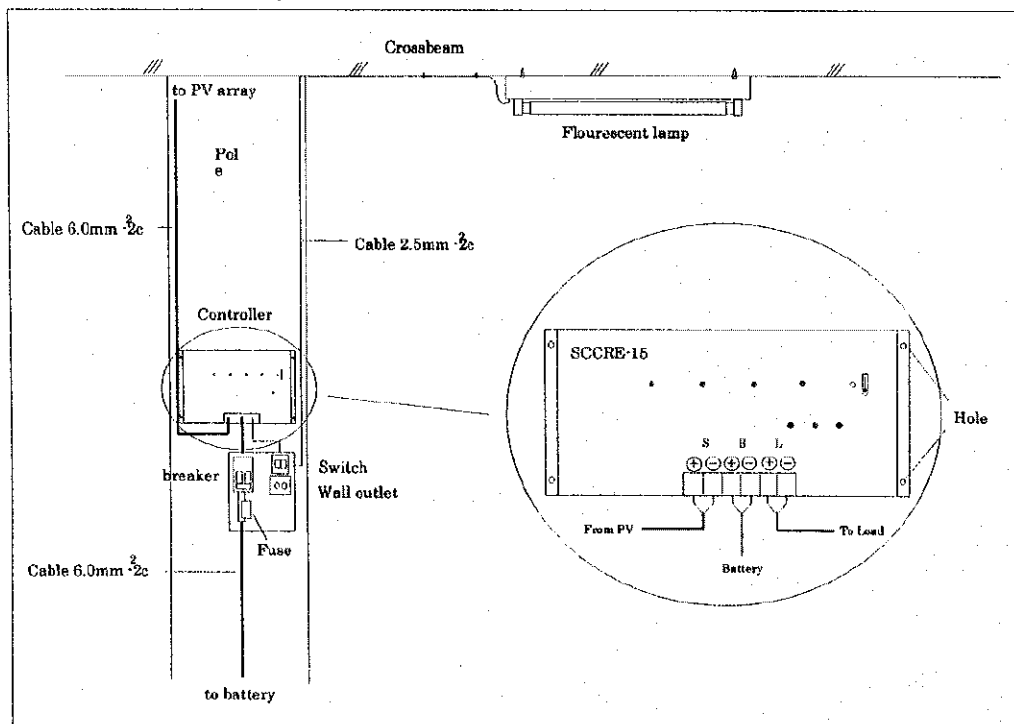


Figure 5-1 Installation drawing of the controller and other indoor equipment(Example)

5) Battery

The battery should be put on a flat floor. It requires good ventilation.

The controller and other indoor equipment should be installed following the advice given in the installation manual.

Item	Precautions
Controller	<ul style="list-style-type: none">* install in a high place where children can't reach it and where the user can observe the indicator lamps* avoid any place where water is used or where it is likely to get wet from rain leaks, etc* avoid any place which receives direct sunlight or which experiences a high temperature* install on a place which is strong enough such as a pillar or crossbeam
Indoor equipment (Breaker, Switch, Outlet, Lamp, Fuse)	<ul style="list-style-type: none">* install in places which are convenient for the user* avoid any places where water is used or which are likely to get wet from rain leaks
Battery	<ul style="list-style-type: none">* install the battery on a floor strong enough to support it* avoid a place receiving direct sunlight or rising to a high temperature* ensure ventilation is good* lay cloth or paper underneath the battery* place the battery near to the controller

5.2 Wiring

Each cable should be laid out in the wiring route of shortest distance. The cable should be fixed with clips to the wall. The battery should be connected using solderless terminals. The terminals of the battery should be protected with covers. It is recommended to protect the terminals also with grease.

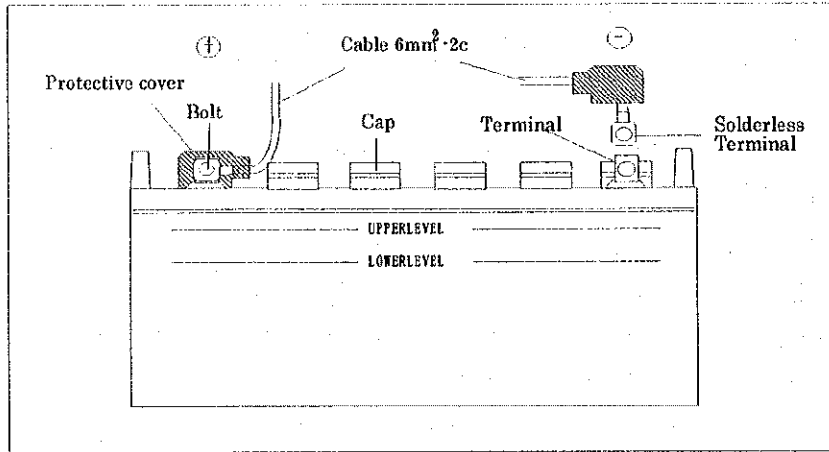


Figure 5-2 Connection of battery

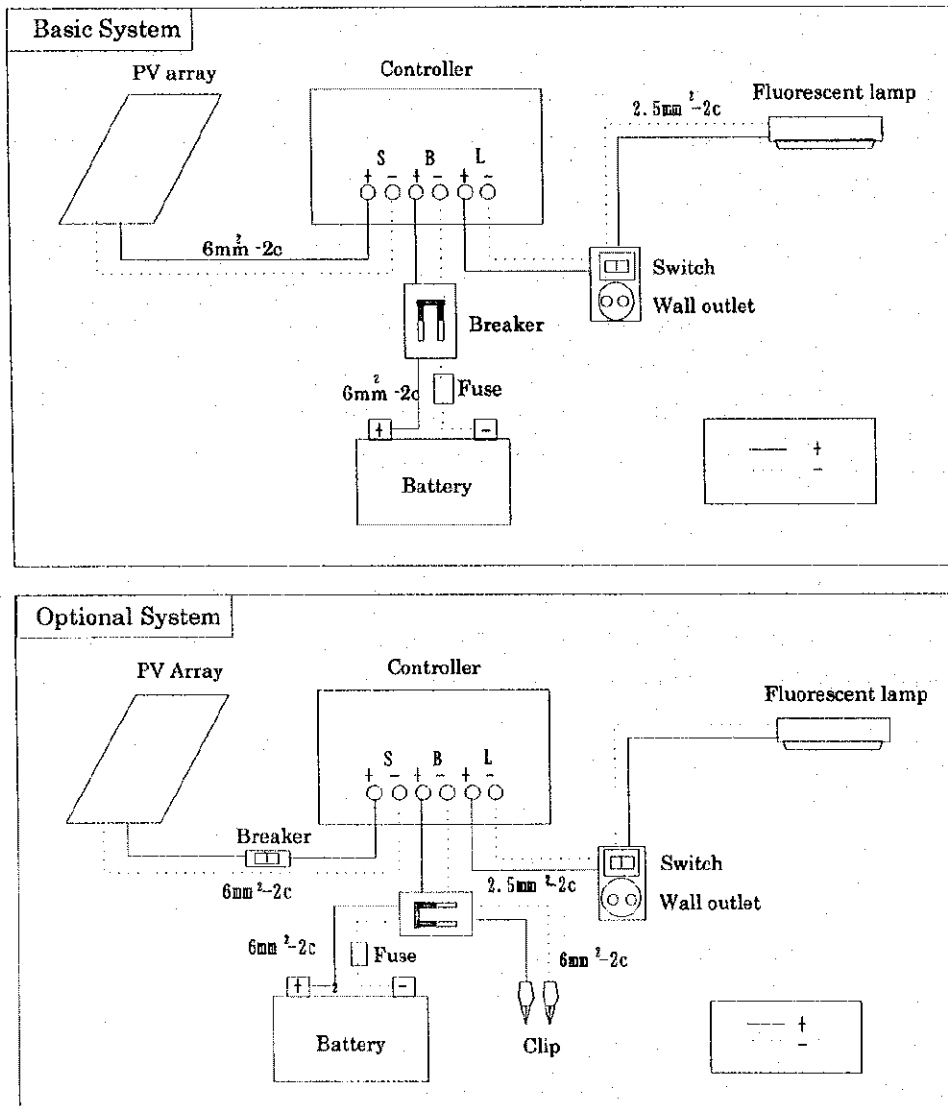


Figure 5-3 Wiring Diagram

5.3 Initial charge

1) Filling battery acid

When first charging a new battery with acid, fill to the lower level. *(The reason for doing this is that when the battery receives its initial charges the level in some cases rises due to trapped gas. If the battery is filled to the upper level initially, this rise in level causes the electrolyte to be blown out of the ventilators which can damage surroundings and cause anxiety. After a week or two this problem disappears).* After two or three weeks of operation of the battery, check the level and if necessary top it up with pure water to half way between the lower level and higher level.

2) Initial charge

To charge the battery for the first time, connect it to the PV system and allow it to charge from the solar panel without using any loads (household lights etc) until it gains full charge status. Usually two days of good sunshine is enough. If you are starting in a cloudy or rainy period, continue to charge for longer without loads, until full charge is indicated by the controller indicators or by a voltmeter check.

6. Inspection and maintenance of PV system

Regular inspection and maintenance of a PV system is needed to find problems early and to ensure system performance. Inspection and maintenance tasks as listed below should be carried out regularly by both the user and by the village electrification committee (VEC). If any problem is found, then in all cases appropriate measures must be taken immediately. If the user cannot fix the problem, he should report immediately to the VEC. If the VEC cannot fix the problem, they should report immediately to the authorized technician.

6.1 Weekly user inspection

The user should do a visual inspection every week, attending to every inspection point listed below. If any problem is found, user should undertake the maintenance tasks described in the table.

Inspection point	Maintenance task
Surface of PV module	*If the surface of the PV modules is dirty, wipe with wet cloth or wash with clean water. *If small articles such as leaves are on the PV module, they should be removed immediately.
Shading of PV module	*Check that there is no shading between 10 am and 3 pm. *Remove origin of shade (trim trees lightly, not heavily)
Battery liquid level	*Keep the liquid level between the upper and lower range. *Top up with distilled or pure water if necessary. NEVER add acid.
Battery terminal	*Keep the terminals clean. When the grease gets dirty, remove it, clean the terminals and dry them, then add new clean grease *Check for loose connections and if necessary tighten firmly.
Controller	*Keep the controller clean. * Check for loose connections and if necessary tighten firmly.
Fuse wire	*Ensure 10A fuse wire is in place.

If the following problems are found by the user during his weekly inspection, he should immediately report them to the VEC:

Inspection	Potential problems
PV array	Damage to PV module, support structure, or cable connections
Controller	Abnormal operation (wrong display, making noise, bad smell, high temperature, etc) Damage to controller
Fuse	Fuse blows. The reason must be found.
Cable	Damage to cable, use of incorrect cable sizes
System operation	"Battery isn't charged fully." "System stops often." etc.

6.2 Monthly VEC inspection

The VEC should inspect and maintain all the systems in the village every month. If any problems are found, the VEC should undertake the maintenance task listed in the table immediately. Also, the VEC should keep a record of problems and maintenance activities. The VEC should help the user to understand maintenance and guide him in taking care of his system.

1) Inspection and maintenance

Inspection point	Maintenance task
PV array	<ul style="list-style-type: none"> *If the direction or angle is changed, put back as before. *If the PV module is damaged, report to technician. *If the support structure is damaged, repair it, keeping the correct tilt angle the southward direction of the panel
Controller	<ul style="list-style-type: none"> *Check for loose connections and tighten firmly *If the controller operates abnormally, report to technician. *If the controller is damaged, report to technician.
Breaker	* Check for loose connections and tighten firmly
Fuse box	*If the fuse is blown, find out what caused it to blow, and take measures to avoid this happening again. Replace with correct type (standard 10A).
Cable	*If the cable is damaged, repair or replace.
User tasks	*Make sure the user is doing all tasks listed in 6.1.

See list of maintenance tools (Reference 6-1)

Reference 6-1 Maintenance tools

Description	
Hammer	Metric spanner (8, 10,13 mm)
Screwdrivers – large, medium, small	Pliers
Multi-meter	Insulation tape

2) Maintenance record

For effective system management, it is important that the VEC keeps a record of maintenance problems and activities. There must be a record of the following items kept for each house:

Battery liquid addition	*Date of liquid addition and a note as to how much added
Problem	<ul style="list-style-type: none"> *Date of problem and its details *Details of measures taken
Electrical appliance	*Type and power consumption (W) of electrical appliances

3) Guidance

Depending on the inspection and maintenance record, the VEC should help the users to understand inspection and maintenance tasks, and guide them in carrying out maintenance.

6.3 Troubleshooting by the VEC

If problems occur, the VEC should troubleshoot following the guidance in the table below. If a problem cannot be fixed immediately, the VEC should report to the authorized technician.

1) System stops often

Cause	Corrective action
1. Over-consumption, or bypassing of the controller	Guide user to reduce consumption. Explain that he must not bypass the controller. Bypassing damages the battery and causes frequent system stoppage due to low voltage
2. Bad weather	When it is rainy or cloudy, the user should use the system less. This is because there is less sunshine to charge the battery and therefore there is less power.
3. The battery is too small (its AH rating is lower than recommended)	Change to a battery with the recommended AH rating
4. There is a problem with the load (the load is everything connected to the output of the controller)	Check wire, switches, and appliances, and see if they are damaged or faulty. Repair them or replace them with good units.

2) No power from controller

Cause	Corrective action
1. The Battery voltage is too low (the controller over-discharge cut-off is operating))	Wait to recharge. Do not use loads until solar power brings the battery back up to full charge voltage
2. One of the wires is disconnected.	Check the cables between PV panel, controller and battery. Repair or replace.
3. Fuse blown or trip off	Find and remove the source of the fault, and then replace fuse or reset trip
4. A corroded or a loose connection	Clean the connecting parts. Re-connect and tighten securely with screwdriver.
5. Controller fault	Connect a good controller. If this test shows that the original controller was faulty, give it to the technician as he may be able to replace it.
6. Old or faulty battery	Connect a good battery. If this test shows the original battery was faulty, change to a good battery.

3) Power available for shorter period

Cause	Corrective action
1. Over-consumption, or bypassing of the controller	Guide user to reduce consumption. Explain that he must not bypass the controller. Bypassing damages the battery and causes frequent system stoppage due to low voltage
2. Battery may be at the end of its life.	After charging, check if battery voltage drops quickly. If so, replace battery.

4) Battery is not charged fully

Cause	Corrective action
1. Dust or small article on PV module	Guide user to clean PV module surface
2. Shade	Remove origin of shade.
3. Damage to cable	Repair or change
4. A corroded or a loose connection	Clean the connecting parts. Re-connect and tighten securely with screwdriver.
5. Over-consumption, or bypassing of the controller	Guide user to reduce consumption. Explain that he must not bypass the controller. Bypassing damages the battery and causes frequent system stoppage due to low voltage
6. Controller fault	Connect a good controller. If the controller was faulty, report to technician.
7. Fitting of a battery which is too big (AH rating higher than recommended)	Change to a battery of recommended size
8. Damage to PV module	Report to technician

5) Frequent addition of battery water

Cause	Corrective action
1. Over-consumption, or bypassing of the controller	Guide user to reduce consumption. Explain that he must not bypass the controller. Bypassing damages the battery and causes frequent system stoppage due to low voltage
2. Battery is too hot due to exposure to sun light or poor ventilation	Move battery into shade and ensure good ventilation. Explain to user that poor ventilation is dangerous due to trapping explosive gas
3. No power consumption for long time	When the system is not in use, the battery should be disconnected from the controller by switching the breaker off.
4. Battery may be at the end of its life.	After charging, check if battery voltage drops quickly. If so, replace battery.