

国際協力事業団
シリア・アラブ共和国
大統領府科学研究調査センター

シリア・アラブ共和国
太陽光発電利用民生向上技術協力計画調査

最 終 報 告 書

(要約版)

平成13年3月

株式会社 四 国 総 合 研 究 所
財団法人 日本エネルギー経済研究所

目 次

1 . 調査の概要	1-1
1.1 調査の背景	1-1
1.2 調査の目的	1-1
1.3 調査の経緯	1-1
2 . シリア国の概況	
2.1 産業と経済	2-1
2.2 エネルギー事情	2-2
2.3 水事情	2-2
2.4 電気事業と電化状況	2-3
3 . 未電化村落の特徴とプロジェクト対象村落の概況	
3.1 シリア国内の未電化村落の特徴	3-1
3.1.1 山岳部村落の一般的特徴	3-1
3.1.2 平野部の村落の一般的特徴	3-1
3.2 システム設置4村落の概要	3-2
3.3 PV システムを導入した4村落の概況まとめ	3-4
4 . 太陽光発電による村落電化システム	
4.1 集中型太陽光発電システム	4-1
4.1.1 システム規模の決定	4-1
4.1.2 集中型太陽光発電システムの構成	4-2
4.1.3 電力需給状況	4-2
4.2 戸別型太陽光発電システム	4-3
4.2.1 各システムの規模の決定	4-3
4.2.2 戸別型太陽光発電システムの構成	4-4
4.2.3 電力需給状況	4-4
4.3 運転・保守	4-6

5 . 太陽光発電による揚水 / 淡水化システム

5.1 Zarzita 村の太陽光発電による揚水システム	5-1
5.1.1 揚水システム設置地点の選定	5-1
5.1.2 システムの概要と構成	5-1
5.1.3 給水状況	5-2
5.1.4 月別の揚水、給水量の変化状況	5-2
5.1.5 保守点検	5-3
5.1.6 システム設置後の水の需給状況	5-3
5.2 太陽光発電による淡水化システム	5-4
5.2.1 システムの概要と構成	5-4
5.2.2 日平均の淡水製造量	5-5
5.2.3 運転・保守	5-6
5.2.4 システム設置後の水の供給状況	5-6

6 . システム運営

6.1 導入システムの維持管理体制	6-1
6.1.1 同意書の骨子	6-1
6.1.2 電力公社による村落電化システムの運営管理	6-1
6.1.3 Aleppo 水公社による揚水 / 淡水化システムの運営管理	6-3
6.2 まとめ	6-4

7 . 太陽光発電システム導入による民生向上効果

7.1 集中型システムの余剰電力活用による地場産業 / 家内工業の育成	7-1
7.1.1 村落電化システムの地場産業への活用	7-1
7.1.2 市場調査と候補業種の選定	7-1
7.1.3 事業計画	7-2
7.2 太陽光発電システム導入による民生向上効果	7-4
7.2.1 生活様式の変化の調査	7-4
7.2.2 その他の影響およびシステム評価の調査	7-4
7.2.3 システム設置前後の関連費用の変化状況の調査	7-4
7.2.4 調査結果	7-4
7.2.5 その他の影響調査	7-5

8 . 太陽光発電システム利用の経済分析

8.1	2005年の単価想定	8-1
8.2	ケロシンランプ・バッテリー駆動TVと太陽光発電システムの経済性比較	8-1
8.2.1	照明 / バッテリーTVの場合	8-1
8.2.2	太陽光発電システムの場合	8-2
8.2.3	両者の比較	8-2
8.3	太陽光発電システム計画素材の提案	8-3
8.3.1	太陽光発電による村落電化	8-3
8.3.2	太陽光発電システムと配電線延長による電力供給との比較	8-6
8.3.3	太陽光発電システムとディーゼル発電機の内価比較	8-7
8.4	太陽光発電システム利用による揚水	8-9
8.5	太陽光発電システム利用による淡水化	8-11
8.5.1	淡水化設備の諸元想定	8-11
8.5.2	想定した淡水化設備の評価結果	8-13

9 . プロジェクトの総合評価

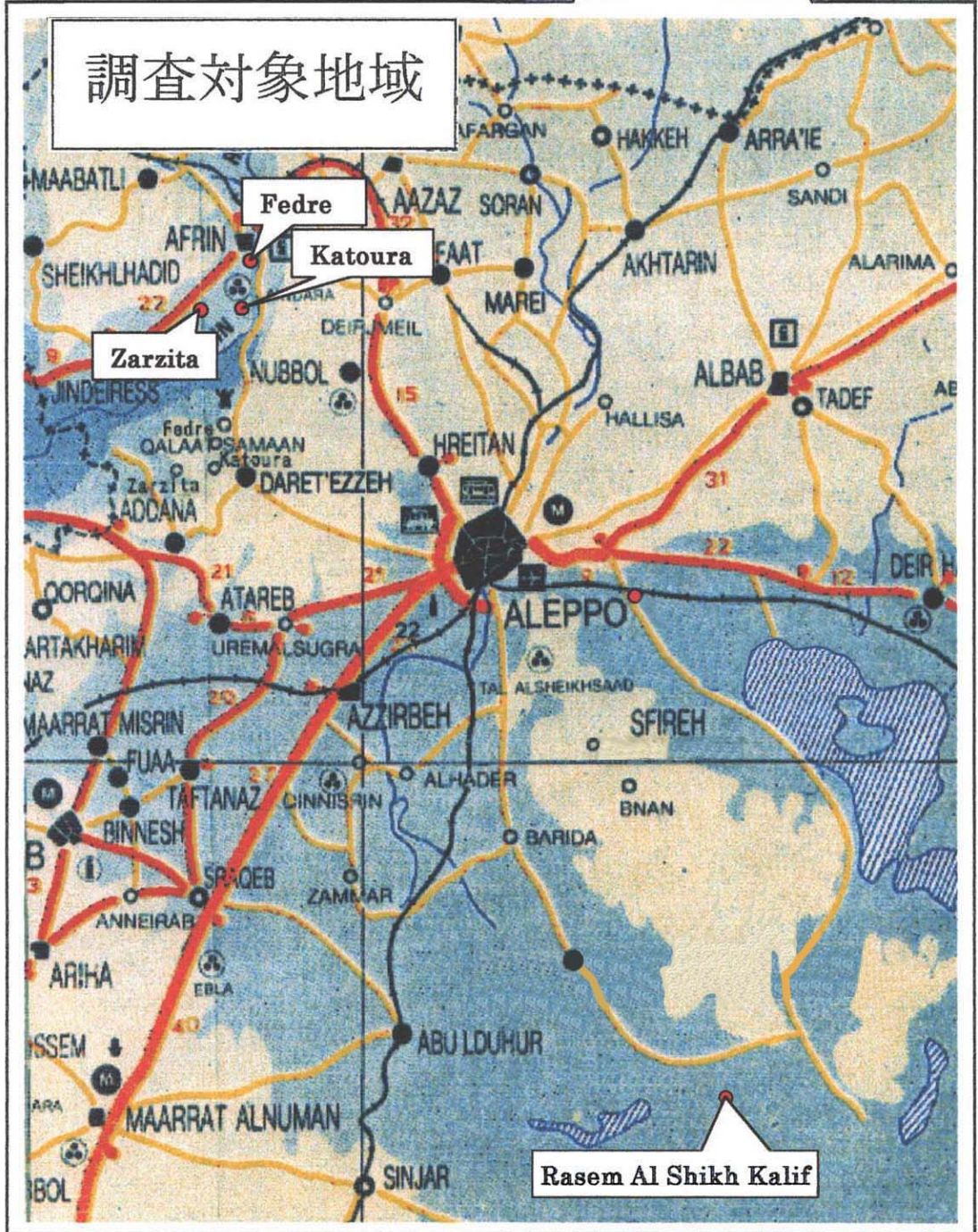
9.1	導入した各システムの技術的な評価	9-1
9.1.1	太陽光発電による電化システム	9-1
9.1.2	太陽光発電による揚水 / 淡水化システム	9-3
9.2	システム運営の評価	9-5
9.3	民生向上効果	9-7
9.3.1	地場産業 / 家内工業の育成	9-7
9.3.2	太陽光発電システム導入の影響	9-7
9.4	太陽光発電システム利用の経済性分析	9-8
9.4.1	太陽光発電システムの経済性分析	9-9
9.4.2	太陽光発電システム利用計画の素材提案	9-9
9.5	導入システムに関する今後の課題	9-10

10 . シリア国政府および関係機関に対する太陽光発電システム利用のための勧告

10.1	シリア国における太陽光発電システム利用に当たって配慮すべき事項	10-1
10.2	太陽光発電システム利用の対象地域	10-3
10.3	シリア国政府および関係諸機関への提案・勧告	10-4
10.3.1	シリア国政府の役割	10-4
10.3.2	各省や関係諸機関の役割	10-6

ABBREVIATION

AC	Alternating current
Ah	Ampere hour
DC	Direct current
GDP	Gross domestic product
HIAST	Higher Institute of Applied Science and Technology
Hz	Hertz
IEA	International Energy Agency
PV	Photovoltaic
SP	Syria Pound
SSRC	Scientific Studies and Research Center
UNDP	United Nations Development Program
S/W	Scope of Work



1 . 調査の概要

近年、炭酸ガスやフロンなどの排出が問題となって、地球温暖化やオゾン層の破壊など地球環境問題への関心が世界的に高まっている。こうした情勢を背景に、クリーンで再生可能なエネルギーを利用した太陽光発電システムは地球温暖化防止に大いに貢献する発電方式として、我が国をはじめとする先進諸国のみならず東南アジアや中東諸国等の開発途上国においても、普及促進に力を入れ始めた。

1.1 調査の背景

シリア国は、その南東部を中心にシリア砂漠を始めとする広大な乾燥・半乾燥地域を有し、豊富な太陽エネルギーが得られる。一方、この地域を含めて国内の遠隔地域では、約 12,000 村落のうち、約 4,000 村落が電気の恩恵に与っておらず、また、3,000 に近い村落が依然として水の供給を受けていない。こういった村落のほとんどは送配電線や井戸などから遠く隔たった小規模村落であり、膨大な投資のかかる送配電線設備や給水設備の設置は経済性の観点から期待できない。このような状況を背景に、シリア国大統領府科学研究調査センター(SSRC)との協議および現地調査を行った結果、シリア国側と全面的に合意に達し、1995 年 6 月 24 日「太陽光発電利用民生向上技術協力計画調査」にかかる実施細則(S/W)が締結され、1995 年 12 月「シリア国太陽光発電利用民生向上技術協力計画調査」調査団が現地に派遣された。

1.2 調査の目的

シリア国 Aleppo 周辺地域を対象として太陽光発電を利用した村落電化・地下水の揚水・かん水淡水化システムを導入し、これらの設置や運営管理及び地場産業/家内工業の育成等を通じ、遠隔地域の民生向上に資する事を目的とした調査を実施した。これにより、技術・経済・財務・社会・組織・運営および環境の各方面から太陽光発電システムのフィージビリティを確認するとともに、半乾燥・未電化地域の民生向上に波及・応用可能な太陽光発電システム利用遠隔地民生向上対策を確立することとした。併せて調査期間中にシリア国側カウンターパートに対し技術移転を図るとともに、地場産業育成やカウンターパートの技術力向上を支援するため、UNDP との連携もはかった。

1.3 調査の経緯

この調査は 1995 年 11 月から 2001 年 3 月までの 6 年間にわたって現地及び国内調査が実施され、調査終了時にはファイナルレポートを作成し提出した。概要を次に示す。

* 1996 年には、導入設備の設計や機材の手配を行うとともに、1996 年 7 月に Zarzita 村と SSRC 研究棟に気象観測装置を、SSRC 実験室にバッテリー評価装置を導入した。

- * 1997 年 5 月から 8 月にかけて、Zarzita 村集中型村落電化システムと Fedre 村及び Katoura 村の戸別型小規模システムを建設し、試験と試運転を行ったうえ 9 月から連続運転を実施し各村落へ給電を開始した。この連続運転開始に併せて、Aleppo 大学においてワークショップを開催した。また、集中型システムの運開に合わせ、地場産業 / 家内工業育成の一環として七宝焼の試作を開始した。さらに、1998 年 3 月に Zarzita 村の揚水システムの建設と試運転を行い、最終検査を実施した後連続運転を実施して給水を開始した。

- * 1998 年 7 月から 8 月にかけて Rasem Al Shikh Kalif 村 (Kalif 村と略称) の戸別型中規模システムと揚水 / 淡水化システムの建設と試運転を行った後連続運転へと移行した。また、1997 年に設備を導入した各村落について、導入後の住民生活の変化や電気に対する印象などの調査を行い民生向上の状況把握に努めた。さらに、Zarzita 村における地場産業 / 家内工業育成においては、UNDP 専門家の技術支援も得て七宝焼の本格生産に入り Zarzita 村近傍のシモン城での試験販売も開始した。

- * 1999 年 6 月から 9 月にかけての現地調査は、導入設備の運転管理と保守点検状況のフォロー調査を行うとともに、運営管理についての協議を行った。その結果、各村落電化システムは電力省、Zarzita 村揚水システムと Kalif 村の揚水 / 淡水化システムは Aleppo 水供給公社が運営管理の主体となった。最終的に、Aleppo 水供給公社とは 8 月に、Aleppo 電力公社とは 11 月に合意書にサインがなされ、保守点検や運転管理などの運営管理業務は Aleppo 水供給公社と Aleppo 電力公社とに移管された。これに伴って、SSRC/HIAST とともに、技術面や経済性評価などの成果をもとに、電力省や住宅省など関係諸機関と PV システムの優位性や適用可能地域などについて協議し、組織面や制度面なども含めた普及促進のための検討をおこなった。

- * 第 5 年次(1999 年度)中に実施できなかった料金徴収を含めた総合的な運営管理の状況を確認し、システム運営も含めたプロジェクトの総合評価と、将来の普及に向けて政策面や組織体制なども併せた包括的な検討提言を行うため、1 年間調査期間を延長し第 6 年次調査を実施した。この間に、Aleppo 水供給公社は 2000 年 4 月から料金徴収を開始し、また Aleppo 電力公社は 2001 年 1 月に暫定的に PV 用電気料金を設定し、料金徴収開始に至った。これにより両公社による総合的なシステム運営がスタートできることとなった。2001 年 2 月には Damascus の SSRC でセミナーを開催しプロジェクトの成果報告をおこなった。

各村落の導入設備概要を次に示す。

(1) 村落電化システム

Zarzita 村

Type of system	Quantity	Outline of main equipment
集中型システム (運転開始：1997年9月)	For 40 houses	PV array 35kW Inverter 40kVA Battery 336kWh 配電線設備, 屋内配線設備, プレハブ建屋 他

Fedre 村

Type of system	No. of system	Outline of one system
戸別型小規模システム (DC200W) (運転開始：1997年9月)	15	PV array 200W Controller 300W Battery 2,400Wh(1 x 12V-200Ah) 屋内配線設備 etc

Katoura 村

Type of system	No. of system	Outline of one system
戸別型小規模システム (DC300W) (運転開始：1997年9月)	24	PV array 300W Controller 300W Battery 2,400Wh(1 x 12V-200Ah) 屋内配線設備 etc

Kalif 村

Type of system	No. of system	Outline of one system
戸別型中規模システム (AC500W) (運転開始：1998年8月)	17	PV array 530W Controller 500W Inverter 500W Battery 7,200Wh(6 x 12V-100Ah) 屋内配線設備 etc

(2) 揚水 / 淡水化システム

Zarzita 村揚水システム

Type of system	No. of system	Outline of main equipment
Water pumping system (運転開始：1998年3月)	1	PV array 6kW Submergible Pump 2 x 0.55kW Transfer Pump 1 x 0.55kW Water reservoir tank x 2 Water transfer line etc

Kalif 村揚水 / 淡水化システム

Type of system	No. of system	Outline of main equipment
Water pumping system (運転開始：1998年8月)	1	PV array 1.9kW Inverter 1.5kW Submergible pump etc
Desalination system (運転開始：1998年8月)	1	PV array 8.6kW Controller for Desalination system Inverter 10kW Battery 24kWh(20 x 12V-100Ah) Desalination unit Raw water tank Desalinated water tank プレハブ建屋 etc

2. シリア国の概況

シリア国は、アラビア半島の北部北緯 32 度から 37 度付近に位置し、総面積約 18 万 5,180km² と日本の約半分の国土を持つ社会主義共和制の国で、1998 年の統計データによれば、全人口約 1,750 万人、首都 Damascus の人口は約 280 万人となっており、全人口のうち 90%以上がアラブ系住民である。気候は西部の地中海性から東部の乾燥砂漠型まで変化する。シリア国について経済及び電化の状況などその概要を述べる。

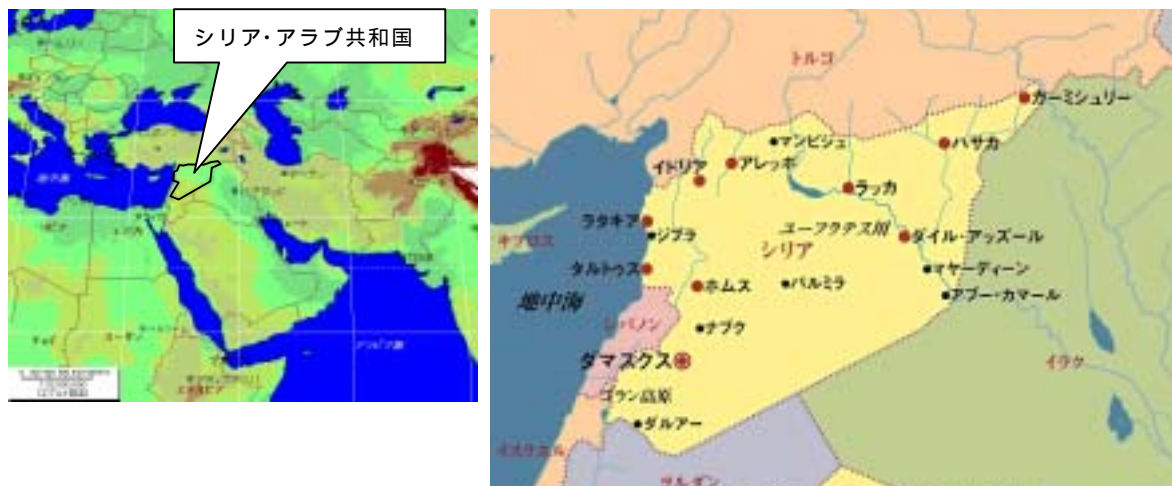
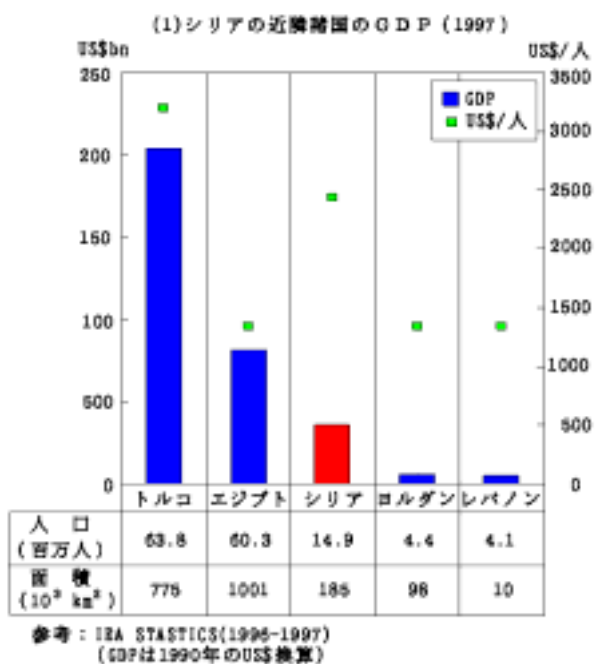


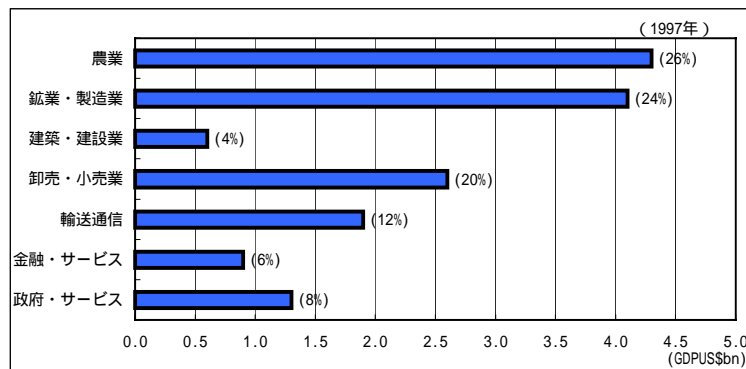
図 2.1-1 シリア国の全土地図

2.1 産業と経済

1997 年の統計データから、シリア国の GDP は近隣諸国の中でエジプト国の 1/2 程度を占め、1 人当りの GDP ではトルコ国に次ぎ大きい。部門別 GDP からみたシリア国の産業構造は農業が 26%、鉱業・製造業が 24%、ついで卸売・小売業が 20% の順となっている。主な農業生産物は小麦、大麦、シュガービート、綿、及び柑橘類のほか畜産を主体としたバターやチーズなどである。工業分野の生産では繊維・皮革を中心に金属製品や食品加工・化学製品の順となっている。工業生産のうち、食品、飲料や化学製品、繊維など重要部門は主として国営企業の生産高が大きく、その他の部門では民間企業によるものが大きい。将来の産



業の方向をみる上で重要な分野別投資額では相対的に非金属鉱業、食品加工そして陸上輸送の順に大きい。



出典：STATISTICAL ABSTRACT (1999)
(SYRIAN ARAB REPUBLIC Office of the Prime Minister Central Bureau of Statistics)

図 2.1-3 シリア国の部門別 GDP

2.2 エネルギー事情

シリア国の原油生産量は中東諸国のなかでは比較的少なく、生産された原油は主として輸出に向けられ、国内のエネルギーは主として国内で生産される天然ガスに依存している。今後地下資源の探査によって新規油田の開発が望まれる。

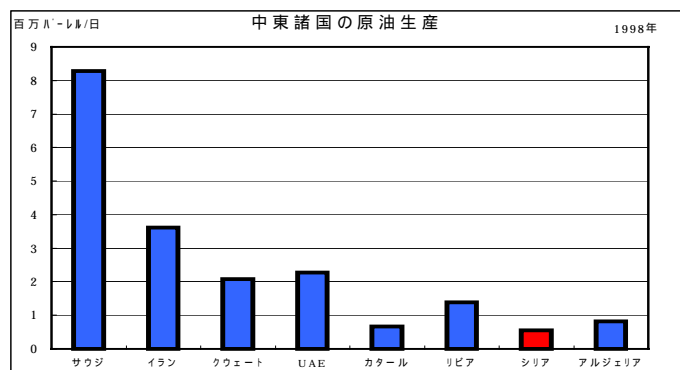


図 2.2-1 中東諸国の原油生産量

出典：OIL & GAS JOURNAL (March 8, 1999)
(1998 Hughes Christensen Company)

2.3 水事情

西部の沿岸地域を除いた大部分はステップ気候に属し国土の約 3/4 は Badia と呼ばれる土漠(土の沙漠)地帯となっている。沿岸地域は 500 ~ 1,000mm の雨量が得られ農耕も十分行えるが、山地を東に超えると急激に雨量が少なくなり、500mm 以上の雨量の得られる地域は Aleppo - Hama - Homs - Damascus を結ぶ線より西側までで、ここから東は北部の一部を除き殆どが Badia となる。この地域の大部分は雨量 200mm 以下で、降った雨は殆どがすぐ蒸発してしまうため、水資源としての利用は困難である。大きな水源としてはユーフラテス川があるが、これは国際河川であるため下流国への供給責任が有り無尽蔵に水を使える状況には無い。生活水準の向上ともあいまって水の消費量は急激に増加している。既に Damascus、Hama、Aleppo などでは水処理場を建設して処理水の農業への再利用をはかっている。一方地下水は海水の 1/10 程度の塩分を含んだかん水で、飲料水として

は適していないが、家畜などの飲み水として利用している。このようなかん水の地下水脈に混ざって淡水の地下水脈もある。水はシリア国では貴重な資源であり、将来の安定した供給の確保が重要である。表 2.3-1 に産業および家庭用を目的とした水の需要を、また同じ時期の灌漑用を目的とする水需要を表 2.3-2 に示す。

表 2.3-1 家庭用および産業用の水需要 (単位：千 m³)

Year 1992		2000		2025	
Domestic	Industrial	Domestic	Industrial	Domestic	Industrial
761,000	237,804	1,277,500	480,906	282,366	1,292,835

出典：Summary about the situation of Water Resource in Syria
(Eng. Barakot Hadid Deputy Minister of Irrigation)

表 2.3-2 灌漑用の水需要 (単位：Mm³)

1992 年	2000 年	2025 年
10,998	15,367	19,429

出典：Summary about the situation of Water Resource in Syria
(Eng. Barakot Hadid Deputy Minister of Irrigation)

2.4 電力事情と電化状況

シリア国の電力需要の現状と将来の展望は、図 2.4-1 に示すように人口の急激な増加ともあいまって、最大電力は現状の 300 万 kW から 2010 年には約 800 万 kW に増加すると予測されている。これは、都市の近代化と電気の普及による生活文化の向上によるもので、年間負荷率も 20% から 50% にまで改善される見通しである。

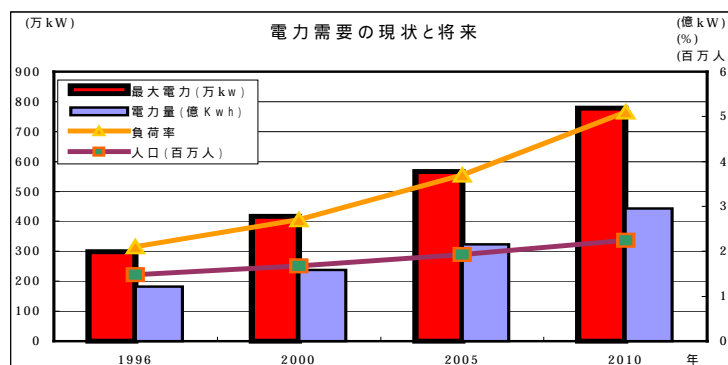


図 2.4-1 電力需要の現状と将来

出典：Electric Power Demand & Rural Electrification in Syria
(Eng. Suhyan Allow : Assistant Minister Electricity)

このため、電源開発および電力輸送設備などに多額の投資が必要となるものと考えられる。過去の電源開発の推移から電力供給の変遷をみると、約 20 年前には都市部近郊の火力発電を主体にディーゼルおよび水力が主要な供給力であったが、最近では最先端技術を活用したコンバインドサイクルや高温ガスタービンおよび新しい火力発電所など格段の効率化が図られている。今後も引きつづき新しい技術の導入をはかって、安定供給が確保されるものと思われる。このような供給力に見合って、輸送設備面

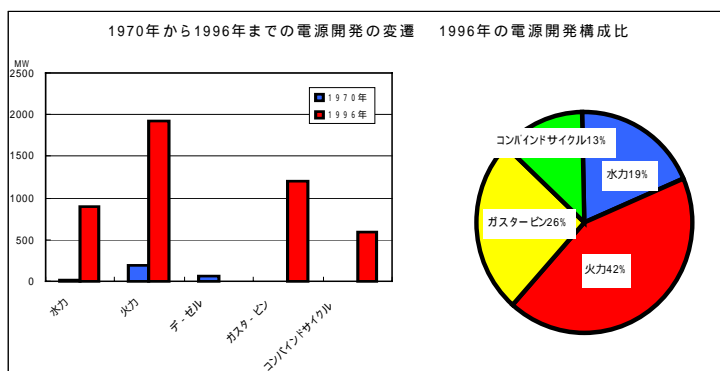


図 2.4-2 電源開発と電力供給

出典：Electric Power Demand & Rural Electrification in Syria
(Eng. Suhyan Allow : Assistant Minister Electricity)

については国内 400kV 送電線の整備に加えて、2000 年を目途にエジプト、ヨルダン、イラクおよびレバノン各国と国際送電系統連系をめざしており、その後更にヨーロッパの送電網とも連系する計画をもち、将来の電力融通による安定供給に期待が寄せられている。

シリア国は発展途上国であり、電力供給をはじめ道路網などインフラ整備に力を注いでいるが、特に地方電化については、広大な地域に点在する村落における電化率は地域により偏りがある。この経年的な電化状況を行政区割（ユニット）単位にみれば、図 2.4-3 のとおりで 1980 年代前半までは積極的に電化が進められてきたが、後半から現在まではその数は低位にある。この低下要因の一つは電源開発が重要な課題として突出し、電力不足の解消を優先させたことと、地域により概ね電化終了したことにによる。

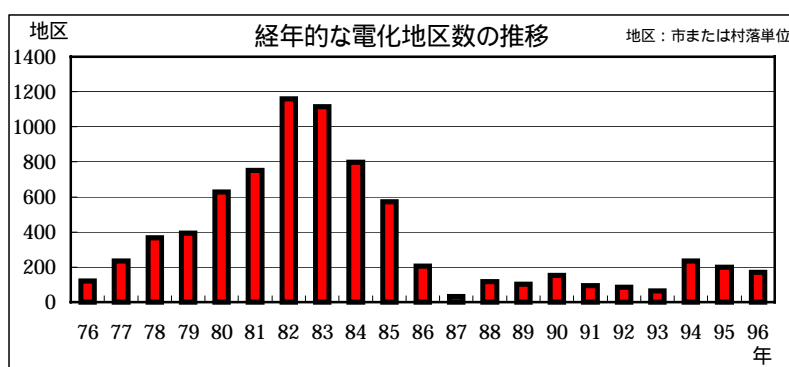
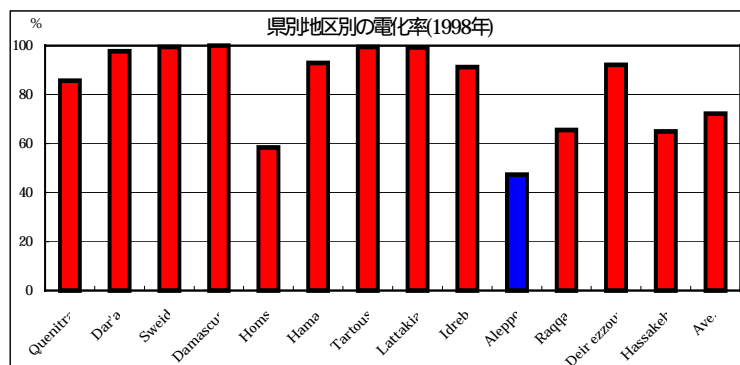


図 2.4-3 経年的な電化地区数の推移

出典：Electric Power Demand & Rural Electrification in Syria
(Eng. Suhyan Allow : Assistant Minister Electricity)

この結果、現状での地域別（都市，県単位）でみた電化状況は図 2.4-4 のとおりである。電化率は 100% に達している地域もあるが Aleppo 地域のように電化率 50% 程度のところもある。



出典：電力省内部資料

図 2.4-4 県別地区別の電化率

3 . 未電化村落の特徴とプロジェクト対象村落の概況

この開発調査プロジェクトの対象村落が含まれる Aleppo 地域について、対象村落が位置する山岳地域(Aleppo 北西側地域)と平野部(Aleppo 南側地域)の一般的な特徴を示しさらに、対象となる4ヶ村落についてその概況についてふれる。

3.1 シリア国内の未電化村落の特徴

3.1.1 山岳部村落の一般的特徴

Aleppo 周辺の山岳部では、オリーブ等果樹類の植林が完成しているところと、山肌が露出し殆どオリーブなどの成木が見られないところがある。山岳部村落を大きく分類すると、オリーブを主とする果樹栽培(アーモンドやピスタチオを含む)を行っている地区と、小規模の果樹栽培に穀物や野菜を栽培する農業と合わせて小規模の牧畜を営む地区に分けられるが、経済的にはオリーブを中心に果樹栽培の可能な地区の方が豊かである。

未電化村落であっても一部の家では TV を所有し、トラクターのエンジンを使ってバッテリーを充電して TV 用の電源としている家庭もみられた。また、燃料としては、炊事にブタンガス、暖房用に軽油が使われ、照明には灯油ランプと一部ブタンガスランプが利用されている。燃料の一部として、オリーブなどの枝を薪として利用しており、家畜の糞も乾燥させて燃料として用いている。

住居は切石を積み上げて壁とした方形のものが多く見られ、内部はモルタルで仕上げられている。メインとなる部屋は5 m x 10 m 程度と大きく、天井も3 m 程の高さがある。テラス、或いは屋上が農産物の処理作業上として用意されている。

3.1.2 平野部村落の一般的特徴

平野部で農業を行っている村落には、組織的な灌漑が行われている地区と、まだ灌漑設備が整備されず降雨だけに頼っている地区があるが、灌漑耕地と非灌漑耕地では単位耕地あたりの収量に大きな差があり収入面にも差を生じる。Aleppo 東部ではユーフラテス川からの灌漑水路が整備され、大規模な耕地が広がっている。一方南部には Jabal Al Hoss 周辺の開発地域のように地下水汲み上げによる灌漑を行っている地区と、さらにその外部の自然降雨と小さな井戸に頼っている地区がある。灌漑設備が整備されている地域や大規模なポンプ揚水が可能な地域では、小麦、綿やオリーブ、アーモンドなどの果樹、野菜の栽培が行われており、広い区画の耕地にはトラクター、スプリンクラー、コンバインなど農業用機械が導入されている。しかし、Jabal Al Hoss 開発地域やその周辺でも、牛の飼育には大量の飲み水と飼料が必要であり、水の少ない地域では飼育が困難であることから小規模の農業と羊、山羊を主とした牧畜に頼っている。

一般的に、山岳部の村落は、平野部の村落に比べて耕地面積が少なく、地下水位も深くなるため単位面積当たりの農作物の収穫が少なく、収入が低い傾向にある。また、村落面積も限られているため比較的家屋密度が高い。山岳部、平野部いずれの場合も 80～100 戸以上の比較的大きな村落は優先的に電化が進められているが、数十戸以下の村落は取り残されている場合が多く、2～3 km 近くまで電化されていてもその後 10 年以上も配電線が延長されていない地域もあり、電化に対する村民の要求は非常に強い。

3.2 システム設置 4 村落の概要

(1) Katoura 村

Katoura 村は道路の両側の丘陵地に石造りの住宅 25 戸が点在し人口 200 人である。この村の全面に広がる Katoura 盆地の西の一部が村の農地にあたる。ここは赤土の肥大な土地で高い収穫が予想される。住民は Aleppo に近いいため都市傾向が強く教育にも熱心で女子にも進学を期待している傾向にある。



(2) Zarzita 村

Zarzita 村は山頂部に当たり約 100 年前からオリーブプランテーション跡地のローマ時代の人工井戸を利用して定住している。この村は、石造りの住宅が比較的密集して建てられており、現在住宅数 40 戸、人口 400 人が住んでいる。

飲料水は、ローマ時代からの井戸や人工井戸に雨水や購入水を貯え利用している。この村の南および西側が大きい谷になっており農地とし



ては利用できないが Katoura、Fedre 村への道路脇は比較的平地が広がり農地として利用されている。農地は 1 戸当たり 1～30ha を所有しているが石灰岩が多く収穫は天候依存型である。一部の農家はトラクターを有している。

(3) Fedre 村

Fedre 村は地形的には Zarzita 村と似ている。この村は、ほとんどが石造りの住宅であるが、一部土造りの住宅もみられ、現在住宅数 13 戸、人口 50 人が住んでいる。飲料水は、Zarzita 村同様ローマ時代からの井戸や人工井戸に雨水や購入水を貯え利用している。農業は、耕作面積も小さく街との関係も薄く労働集約的なところがある。



(4) Rasem Al Shikh Kalif 村

Kalif 村は Aleppo 市の南部 Jabal Al Hoss 地域の最南端に位置する。Aleppo から直線に延びる道路を南下すると道路の両サイドには広大な機械農業が行われている。ここでは大豆、小麦の栽培が盛んで夏には水のあるところでは一部綿花が栽培されている。Kalif 村の前面には広大なステップ平原が広がっている。平地の家屋は主に土造りでこの村でも土造りの家が多い。村の戸数は 25 戸で人口 170 人である。ここでは、冬期の降雨量も少なく地下水がかん水であるため専業農家を営む 1 戸を除き、各農家は牧畜を専業に生活を営んでいる。牧畜農家は雨期には村落の近辺で放牧し、夏期には草が枯れるため Aleppo 市周辺まで家畜や家族を連れ北上しテント生活を行いながら放牧する。したがって、夏期の村落の人口は激減する。



3.3 PVシステムを導入した4村落の概況まとめ

PVシステムを導入した4村落の概要比較は次の表3.3-1のとおりである。

表 3.3-1 4村落の対比表 (平成10年為替レート : 1US\$ = 46SP)

	Zarzita 村	Fedre 村	Katoura 村	Kalif 村
所在地	Aleppo 市の北西 35km	同左	同左	Aleppo 市の南東 50km
地勢	山岳地帯	山岳地帯	丘陵地帯 + 平野部	平野部
戸数 (1997年)	40	13	25	25
最近の戸数	増加	減少	増加	増加
家族平均人数男	4.8	2.8	4.6	3.3
(1997年) 女	4.6	3.4	3.6	3.4
計	9.4	6.2	8.2	6.7
住民数	376	81	205	168
12歳以下 %	39	48	36	45
60歳以上 %	4	7	5	6
主な職業	1 農業・牧畜 2 労働作業	1 牧畜・農業 2 労働作業	1 牧畜・農業 2 労働作業	1 労働作業 2 牧畜・農業
主な作物	小麦/大麦/オリーブ	小麦/大麦/オリーブ	小麦・大麦	小麦・大麦
主な家畜	牛・羊/山羊・鶏	牛・羊/山羊・鶏	牛・羊/山羊・鶏	羊/山羊・鶏
飼育頭数 牛	2.8	5.3	3.5	0
羊/山羊	20	32	40	20
水の入手方法	雨水、井戸、 購入	雨水、井戸、 購入	雨水、井戸、 購入	井戸(かん水)、 購入(飲料水)
照明	灯油ランプ、 ガスランプ	灯油ランプ、 ガスランプ	灯油ランプ、 ガスランプ	灯油ランプ、
住居 壁/屋根	石壁/コンクリート平 面屋根	石壁/石ドーム コンクリート平面屋根	石壁/コンクリート 平面屋根	土壁/木平面屋根・土 ドーム屋根
部屋数	2 ~ 5	2 ~ 3	2 ~ 4	1 ~ 3
周辺道路	舗装道路	未舗装	舗装道路	未舗装
直近の町(km)	Dartazze(7km)	Dartazze(9km)	Dartazze(5km)	Abu AlZuhur(40km)
平均収入 SP/年	77,000	41,500	72,000	68,500
成人一人当たり	14,400	14,900	14,900	20,900
食費支出 %	61	53	57	未調査
燃料支出 %	6.1	6.8	9.0	4.4
照明支出 %	2.3	3.6	4.3	1.5

4 . 太陽光発電による村落電化システム

Zarzita , Fedre , Katoura および Kalif 村について、各村落の住宅配置や具体的な間取り、家族構成および所得状況を配慮して電気の需要想定を行い、この想定に基づきシステム設計のうえ、Zarzita 村には集中型を、その他の村落には戸別型の太陽光発電システムを設置した。

4.1 集中型太陽光発電システム

4.1.1 システム規模の決定

(1) Zarzita 村の需要の想定

太陽光発電システムの利用を前提として住民の要望にも配慮して昼間および夜間別に次のように電力需要と使用機器の想定を行った。

表 4.1-1 集中型システムの電力需要の想定

	負 荷	消費電力	機器台数	総消費電力(W)	効率	実消費電力(Wh)	運転時間	電力需要(kWh/day)
夜間	照明 家庭	20(W)	200	4,000	0.8	5,000	6	30.00
	モク	20(W)	6	120	0.8	150	2	0.30
	ラジオ	ラジオ :4(W)	40	160	0.8	200	3	0.60
	テレビ	テレビ :15(W)	40	600	0.8	750	2	1.50
日間	カー	カー :70(W)	25	1,750	0.8	2,200	6	13.20
	白黒	白黒 :40(W)	15	600	0.8	750	6	4.50
	街路灯	20(W)	10	200	0.8	250	13	3.30
夜間電力需要 合計								53.40
昼間	照明 学校	20(W)	10	400	0.8	500	1	0.50
	ラジオ	ラジオ :4(W)	40	160	0.8	200	2	0.40
	テレビ	テレビ :4(W)	1	4	0.8	5	2	0.01
	ラジオ	ラジオ :15(W)	40	600	0.8	750	2	1.50
	テレビ	テレビ :15(W)	1	15	0.8	19	2	0.04
冷蔵庫共用	1,000(W)	4	4,000	0.8	5,000	1.5	7.50	
洗濯機(40台)	160(W) (1回/週)	6	960	0.8	1,200	2	2.40	
昼間電力需要 合計								12.35

(2) 太陽電池およびバッテリー容量

上記の需要想定に基づき、年間最小日射月の平均日射量(3.3kWh/m²・day)を基準にシステム設計をおこなった結果、

太陽電池容量 (P): P = 35 (kW)

バッテリー容量 : 336(kWh) (12V-200Ah/バッテリー 20 直列 × 7 並列)

となった。

4.1.2 集中型太陽光発電システムの構成

Zarzita 村の集中型太陽光発電システムの構成は PV アレイ、太陽電池が発電する直流電力を蓄える バッテリーおよびこの直流電力を商用周波数の交流に変換する インバータおよび太陽光発電システムの運転を制御する コントローラと変換した交流電力を各家庭に給電するための 配電線設備からなる。

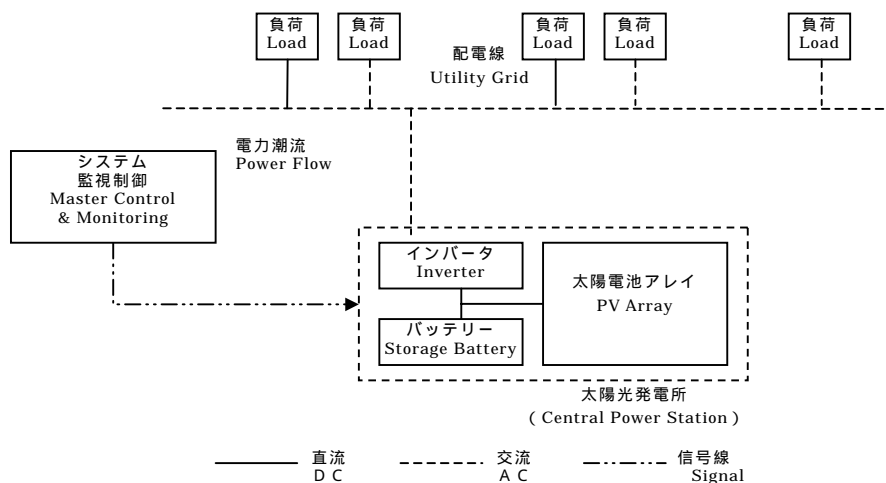


図 4.1-1 集中型システムの構成

4.1.3 電力需給状況

集中型太陽光発電システムの計測装置は制御室に設置された電圧・電流計および積算電力計と、各需要家に設置された積算電力計が主なものである。その他代表的な 4 戸の需要家には使用状況を計測できるデータロガーが設置されている。各計測器から収集したデータにより、システムが運転を開始してから 2000 年 10 月までの電力需給の推移を図 4.1-2 に示す。この図より、運転開始から 2 年後には当初計画(4000kWh/2 ヶ月)を越える電力需要となり、さらに 1999 年夏期には、一時的に従来に比べて大きく電力需要が増えた。しかし、日射量の少ない冬期でも夜間の電力需要をカバーできており、ほぼ当初の条件を満たしている。

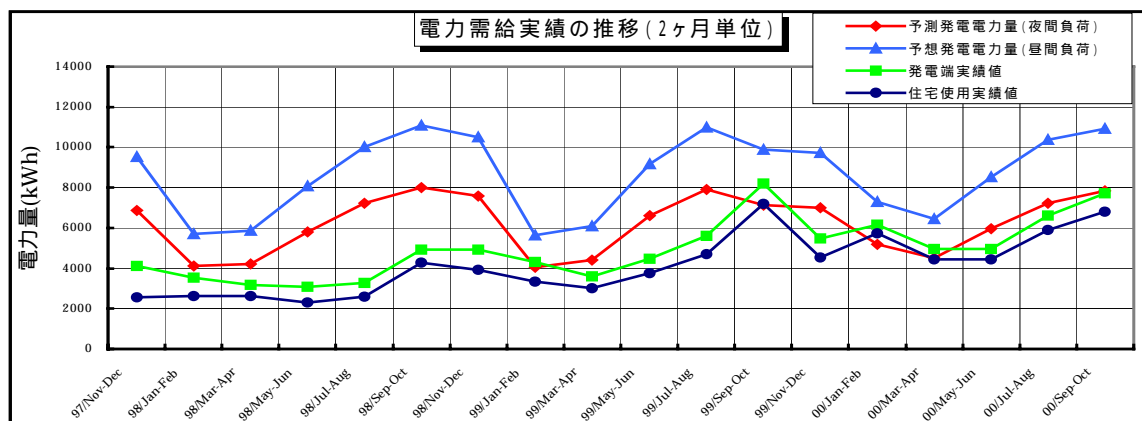


図 4.1-2 集中型システム電力需給実績の推移

4.2 戸別型太陽光発電システム

4.2.1 各システムの規模の決定

戸別型太陽光発電システムの設置村落は山岳部の Fedre 村（15 戸）、Katoura 村（24 戸）ならびに平野部の Kalif 村（24 戸）の 3 村落である。電気の需要は社会環境調査の結果や村の経済状況を反映して使用機器台数、容量および使用継続時間などを考慮して想定を行った。

表 4.2-1 Fedre 村電力需要の想定

	負 荷	消費電力 (W)	機器台数	総消費電力 (W)	効率	実消費電力 (W)	運転時間 (h)	電力需要 (kWh/day)
夜 間	照明	20	3	60	0.8	75	3	225
	ラジオ	4	1	4	0.8	5	3	15
	カセット	15	1	15	0.8	19	2	38
	テレビ	12	1	12	0.8	15	3	45
消費電力 合 計								323

表 4.2-2 Katoura 村電力需要の想定

	負 荷	消費電力 (W)	機器台数	総消費電力 (W)	効率	実消費電力 (W)	運転時間 (h)	電力需要 (kWh/day)
夜 間	照明	20	3	60	0.8	75	4	300
	ラジオ	4	1	4	0.8	5	3	15
	カセット	15	1	15	0.8	19	4	76
	テレビ	12	1	12	0.8	15	3	45
消費電力 合 計								436

表 4.2-3 Kalif 村電力需要の想定

	負 荷	消費電力 (W)	機器台数	総消費電力 (W)	効率	実消費電力 (W)	運転時間 (h)	電力需要 (Wh/day)
夜 間	照明	20	4	80	0.8	100	4.5	450.0
	ラジオ	4	1	4	0.8	5	3	15.0
	カセット	15	1	15	0.8	19	2	37.5
	テレビ	50	1	50	0.8	62.5	3	187.5
夜間電力需要 合 計								690.0
昼	洗濯機	160	1	160	0.8	200	2	400.0
昼間電力需要 合 計								400.0

この想定された需要に基づきシステムの設計をおこなった結果、それぞれのシステムの規模は次のように算出された。

	太陽電池容量	バッテリー容量
Fedre 村	: 200W	2.4kWh
Katoura 村	: 300W	2.4kWh
Kalif 村	: 500W	7.2kWh

4.2.2 戸別型太陽光発電システムの構成

今回導入した戸別型システムは、Fedre および Katoura 村への DC システムと Kalif 村への AC システムとの二つの異なる形式がある。それぞれのシステム構成は次の図のとおりである。

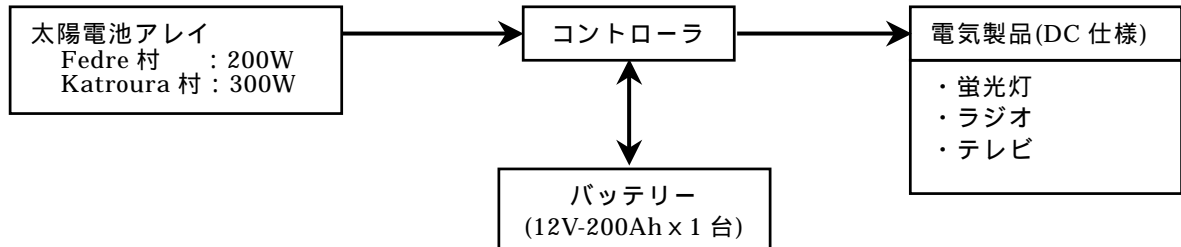


図 4.2-1 DC システムの構成

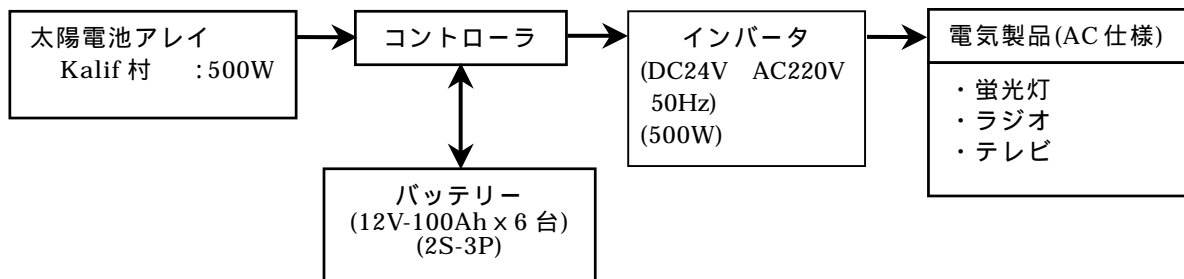


図 4.2-2 AC システムの構成

4.2.3 電力需給状況

戸別型システムには電力量計が設置されていない。但し、特定需要家にデータロガーを設置して計測し、この代表データによって需給状況を推定せざるを得ない。このデータロガー設置の各村落の需要家の需給状況は次の通りである。

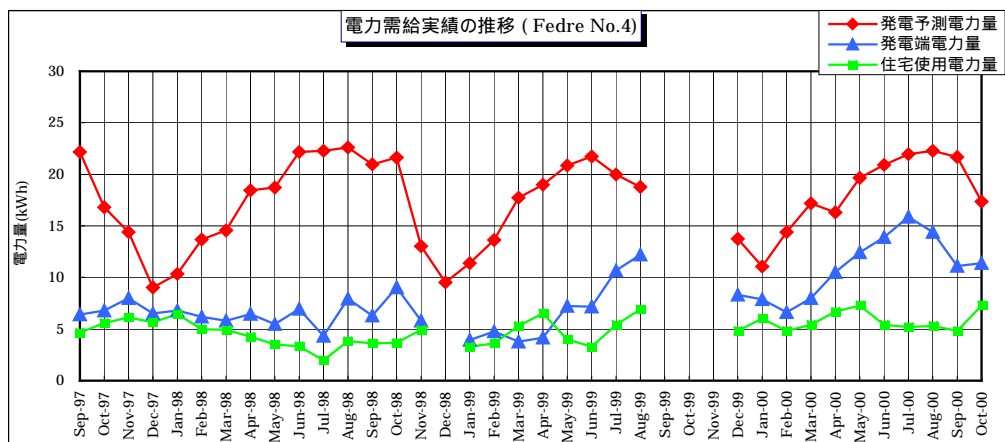


図 4.2-3 Fedre 村の電力需給状況

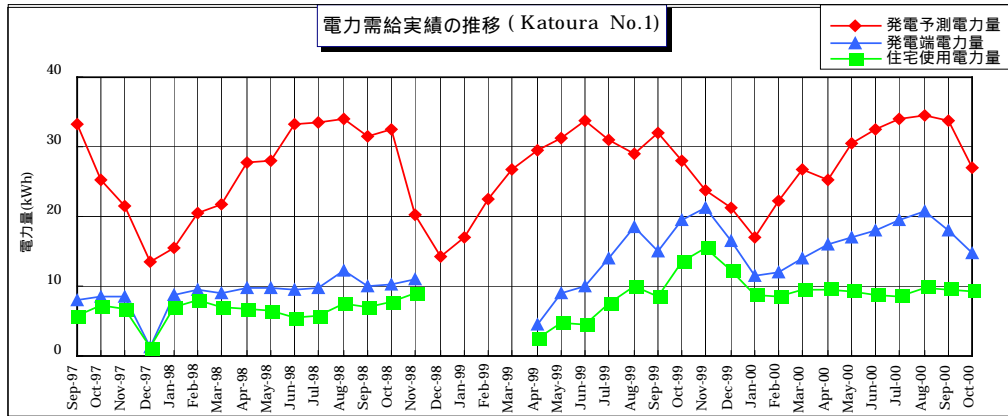


図 4.2-4 Katoura 村の電力需給状況

図からわかるように、各村落の戸別型太陽光発電システムの需給上の問題は集中型に比べて長期にわたり安定に運転できる余地を持っている。使用している電気製品も照明、ラジオ、テレビが主流を占めている。図中 Katoura 村の 12 月および Fedre、Katoura 村の 1998 年 12 月および 1999 年 1 ~ 3 月の間はデータロガーのバッテリーの出力低下のため記録が正確に取れていない。これらの月を除くと Fedre、Katoura 村の使用実績は発電予測値を大幅に下回り供給に余力があることがわかる。同様に AC220V を使用する Kalif 村の代表的な住宅の各電力量は図 4.2-5 のとおりである。

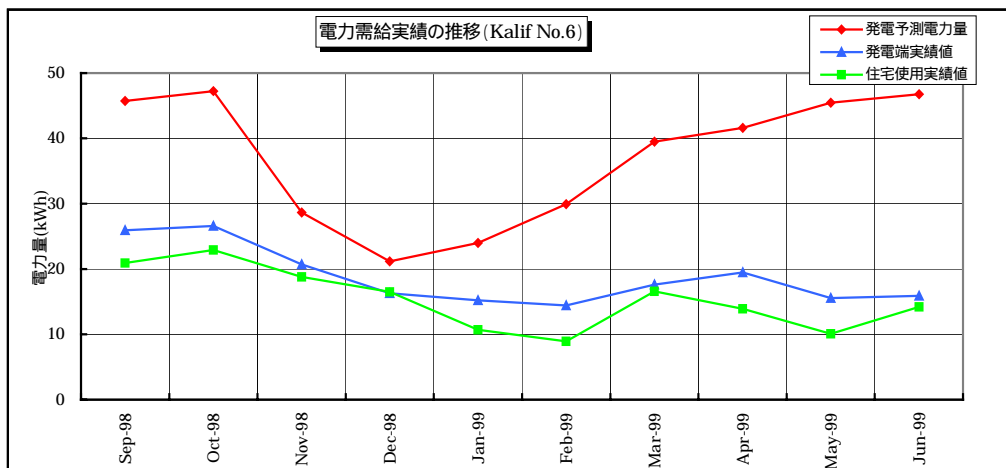


図 4.2-5 Kalif 村の電力需給状況

以上のように、戸別型は各村落のシステムには冬期を除き供給に余力があるので、これらを効率的に利用する方策を検討することが今後の課題である。

4.3 運転・保守

集中型および戸別型システムとも、設備の運転はコントローラの動作によってバッテリーの保護を維持しながら、自動運転ができる。また、保守点検は日常および定期点検からなり、

- ・ 日常点検は目視点検に重点をおき計測機器の動作状況、異音、異臭、発熱および汚れ除去などを重点に実施する。
- ・ 定期点検は日常点検では実施できない機器の動作試験などを実施する。

このような観点に立って集中型および戸別型の保守点検マニュアルを作業の実施状況を踏まえて作成し、チェックポイント、是正点など記録しながら実施している。この時、異常が認められた場合、早期に補修を施し、事故の波及や損傷を除去してシステム全体の機能維持を図る。この結果、いずれの設備も大きな問題もなく運転を継続している。

< 設備写真集 >



Zarzita 村集中型システム



Kalif 村戸別型 AC システム



Fedre 村戸別型 DC200W システム



Katoura 村戸別型 DC300W システム

5 . 太陽光発電による揚水 / 淡水化システム

太陽光発電システムを利用した揚水システムを Zarzita 村に、揚水および淡水化システムは Kalif 村にそれぞれ設置した。

5.1 Zarzita 村の太陽光発電による揚水システム

5.1.1 揚水システム設置地点の選定

Zarzita 村には地下水利用の井戸候補として、モスク前の打抜井戸と、村から Fedre 村に通ずる道路脇の深さ 500m の井戸があった。これらの井戸は水供給会社によって掘削されたが、いずれも水量が $10\text{m}^3/\text{hr}$ 未満で使用基準に満たない井戸であった。揚水テストの結果、モスク前の井戸は可能揚水量が $0.2\text{m}^3/\text{hr}$ と少なかった。一方、Fedre 村への進路脇の井戸は、 $1\text{m}^3/\text{hr}$ を 6.5 時間揚水しても水位が 160m を、 $2\text{m}^3/\text{hr}$ で 4 時間継続しても水位が 177m 以下とならず、かつ 3 時間程度で水位が回復することがわかった。従って、この Fedre 村への道路脇の井戸を設置地点とした。また水質検査の結果、飲料水として使用しても問題のないことがわかった。

5.1.2 システムの概要と構成

揚水ポンプ及び太陽電池は夏期に $10\text{m}^3/\text{day}$ の揚水が可能な能力にし、送水タンク、高架タンクは揚水量や使用量の変動に対して余裕をもってそれぞれ 10m^3 、 30m^3 とした。

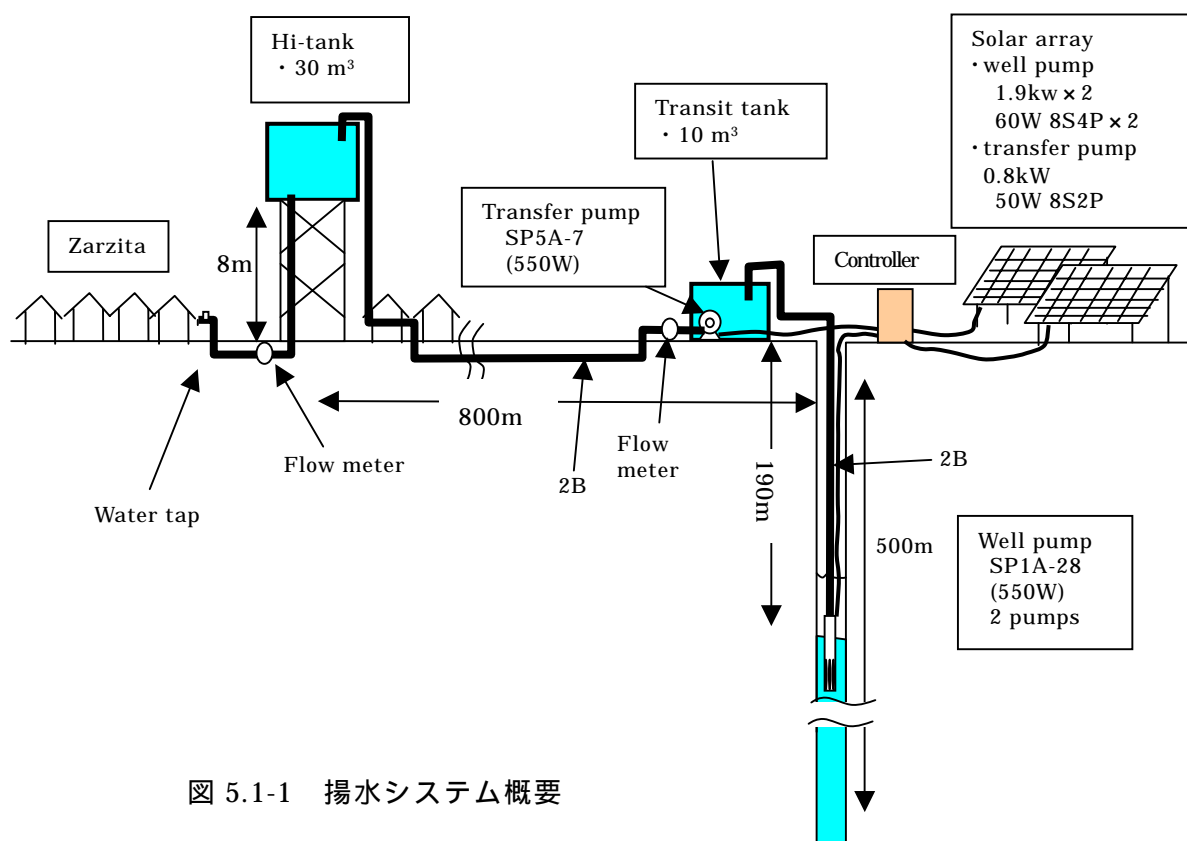


図 5.1-1 揚水システム概要

5.1.3 給水状況

Zarzita村のPV揚水システムは1998年4月からSSRC/HIASTのもとで試運転を行い、9月からは水供給公社が選任したオペレータによる運転に移行し、10月からは毎日の積算揚水量や井戸の水位の記録を行っている。図5.1-2は積算揚水量の翌日までの増分を1日の揚水量と見なし、その推移を示したものである。この図を見ると冬期は雨の影響で揚水量の少ない日が多く、平均的に4 m³/day程度の揚水量となっているが、他の時期は8～10m³/day得られており、当初の設計は満たされている。

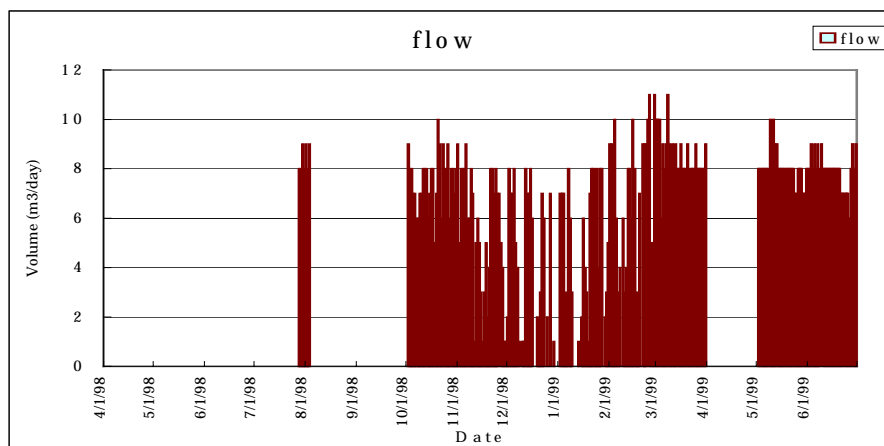


図 5.1-2 1日あたりの揚水量推移

5.1.4 月別の揚水、給水量の変化状況

月別の揚水量と給水量の変化を見ると、夏期は日射が多いため揚水量も250m³/月程度となり、冬期は160m³/月まで低下している。なお、2000年の春から夏にかけての揚水量が前年同期に比べて少ないのは、コントローラーの故障によりポンプ1台が停止していたためで、SSRC/HIASTが修理後正常に運転されていた。

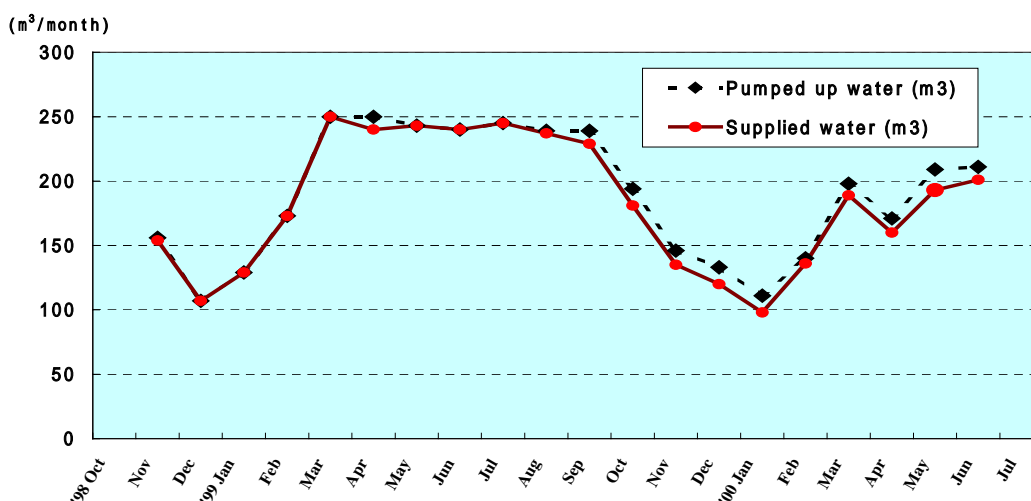


図 5.1-3 Zarzita村の揚水システムによる月別の揚水量と給水量の変化

5.1.5 保守点検

本システムは全てが自動的に運転されるため、運転のために操作する事項はなく通常点検は週2回程度実施し、太陽電池面の清掃や井戸水位およびタンク水位の測定記録等をおこなう。一方、定期的な保守点検は、水質試験(年1～2回)や揚水試験等を実施し揚水量のチェックやタンク内面への水溶物の析出状況(年1～2回)のチェックをおこなう。現状では、初期のバクテリア発生などがあったものの適切な処置を施した後は大きな問題は発生していない。

5.1.6 システム設置後の水の需給状況

この太陽光発電による揚水システムは、運転開始後順調に稼動しており、終日晴天の場合、8～10 m³/dayの揚水ができています。冬期の11月から3月の雨期においても晴天の場合、8 m³/dayの揚水が可能で、この期中の平均揚水量は4～5 m³/dayを確保している。特に、冬期は各戸あるいは共同の人工井戸に降雨を貯留しているため、十分な飲料水の確保ができる。このシステム運開後、村の住宅のうち14戸を無作為抽出して夏期水の購入量を調査した。購入量はシステム設置前に比べて半減しているが、夏期の14戸に相当する揚水量588 m³(8 m³/day × 7 months × 30day × 14 / 40(住宅比率))はシステム設置前の420m³をはるかに越えるので、水の需給は充分保てるものと考えられる。

< 設備写真集 >



揚水システム全景



村落内給水タンク



配水蛇口

5.2 太陽光発電による淡水化システム

当初太陽光発電による淡水化システムを設置する計画であった Rasem Al Shikh 村は、第2年次同村落の調査を実施した際、淡水井戸が確保されたことが判明した。従って、代替の設置地点の選定をおこなった結果、Kalif 村に揚水 / 淡水化システムを設置することとした。

5.2.1 システムの概要と構成

水の需要については Kalif 村の調査データはない。しかし、対象村が Kalif 村に変更になる前に Rasem Al Shikh 村で調査し、1人あたり 10 ℓ/day 程度であることがわかっており、Kalif 村もほぼ同様の水需要と見られる。従って人口 170 人程度の Kalif 村は、1日当たり 2 m³ 程度の淡水が所要水量と考えられる。一方、村落の東側で新規井戸を掘削して揚水テストを実施した結果、水深は 40 ~ 50m でほぼ淡水化に必要な原水約 20m³/day の揚水が可能ながわかった。

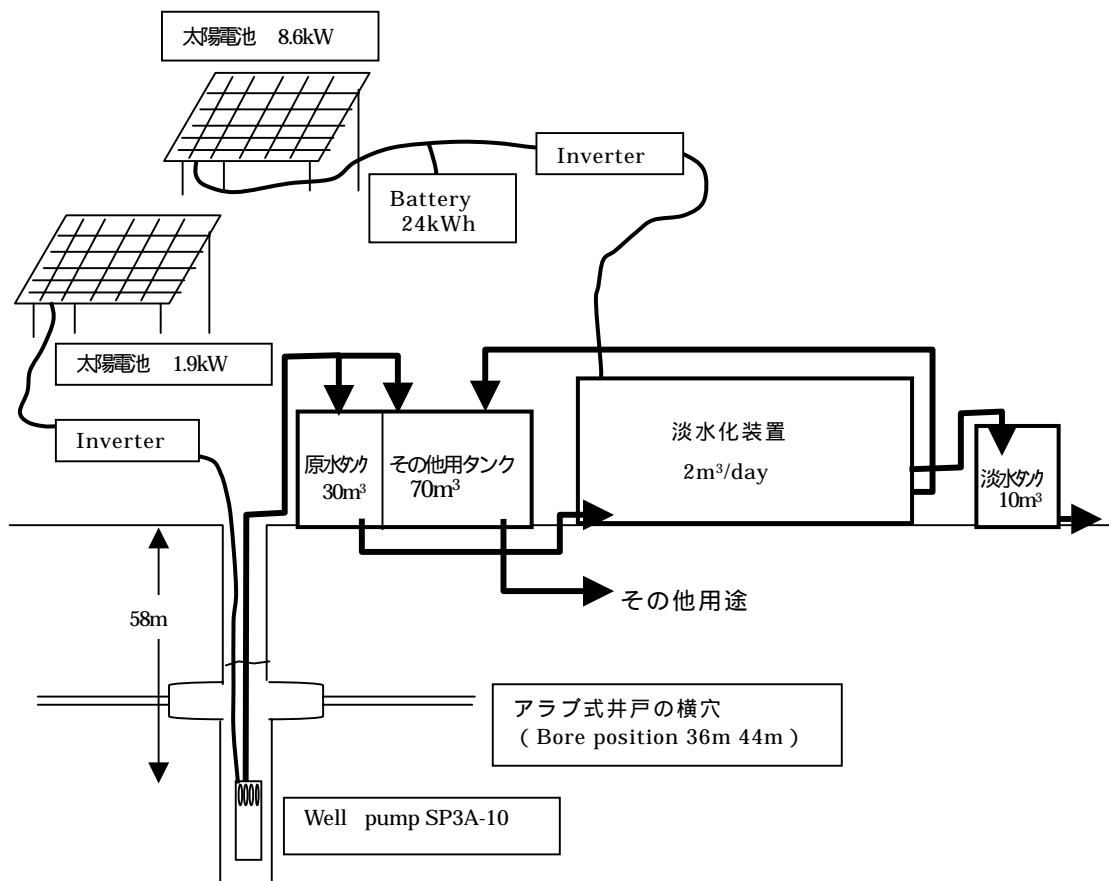


図 5.2-1 淡水化システム全体の構成

5.2.2 日平均の淡水製造量

Kalif 村淡水化システムの運転開始からの日平均の淡水製造量を図 5.2-2 に示す。これらより、夏期には 1 日当たり約 4 m³、冬期には約 1.5m³の淡水が製造されている。冬期に造水量が大きく低下するのは、曇天によりシステムの稼働率が下がるためと考えられる。

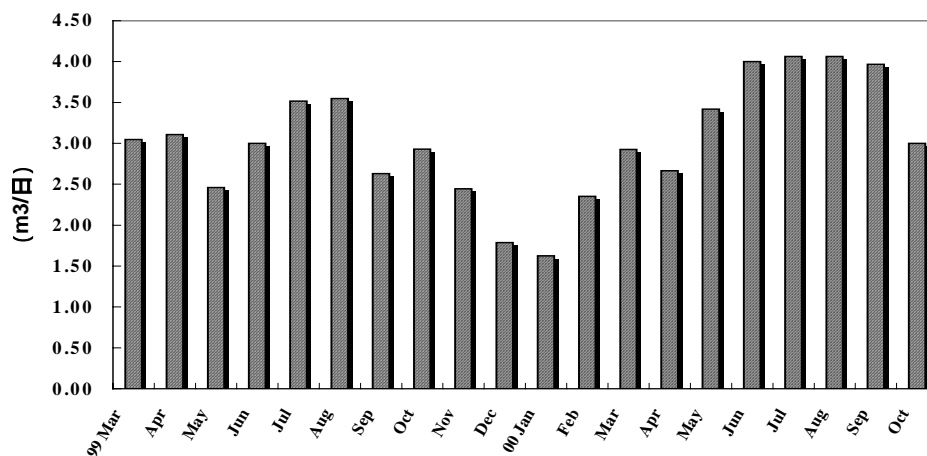


図 5.2-2 Kalif 村淡水化システムの日平均の淡水製造量

< 設備写真集 >



Kalif 村淡水化設備全景



淡水化装置



太陽電池アレイ



配水蛇口

5.2.3 運転・保守

淡水化装置の主要な交換機材は、逆浸透膜や高圧ポンプ類などをスペア部品としてカウンターパートに提供しており、10年余りは大きな支出なく運転・保守できるはずである。これらのスペアパーツ以外の薬品や消耗品について、シリア国の市場調査を行った結果、国産品や外国製品の購入により調達できることがわかった。運転保守についてはマニュアルを作成し、関係者に配布した。

5.2.4 システム設置後の水の供給状況

冬期の淡水造水量は1 m³/day が期待できる。人口約170人なので、一人あたり約6ℓの飲料水がこの造水から供給できる。夏期には5 m³/day 程度の淡水が作れるので、早めに地下タンクに溜めておくと、村民への供給量は増加する。但し、住民の約8割が夏期に羊を連れ遊牧に出かけるため、夏期の人口が極端に減少する。したがって多量の余った淡水は隣接村に配分し有効に活用することよう考慮している。

6 . システム運営

このプロジェクトで設置した太陽光発電を利用したシステム(電気供給、水供給)について、プロジェクト終了後も安定してサービスを供給できる維持運営体制を確立する事は重要である。導入したシステムの維持管理に関しては、シリア国における電気・水の供給および料金の徴収は、それぞれの県の電力公社および水供給公社のみが実施できるとの原則に従って、Aleppo 電力公社と Aleppo 水供給公社が担当することとなった。

6.1 導入システムの維持管理体制

本プロジェクトで設置した村落電化システムおよび揚水 / 淡水化システムについては、SSRC/HIAST の技術的支援のもと、シリア国における電気、水等の公共サービス提供機関である、電力公社と水供給公社にその維持管理を委託する事とし、同意書の交換を行った。その結果 Aleppo 水供給公社とは 1999 年 7 月、Aleppo 電力公社とは 2000 年 1 月に同意が成立した。

6.1.1 同意書の骨子

SSRC/HIAST と両公社とのシステム維持管理に関する同意書の骨子は以下のとおり。

- ・ SSRC/HIAST と両公社はシステムの維持管理に関する管理委員会をそれぞれ設立する。
- ・ 管理委員会はシステムの運営および運転データの解析に責任を持ち、既存システムの拡張や予備品の使用の承認、このシステムの運営から得られた経験に基づく該当技術の普及に努める。
- ・ 両公社はシステムの運転および保守に全責任を負う
- ・ 料金は両公社で検討のうえ設定し、需要家と契約のうえ速やかに徴収する
- ・ 新規需要家に対する電気・水の供給は管理委員会の意見を反映して決定する

6.1.2 電力公社による村落電化システムの運営管理

(1) システム管理委員会

システム管理委員会の構成は Aleppo 電力公社と SSRC/HIAST よりなる。

管理委員会のメンバー

- | | | |
|------|---------------------|--------------------------------------|
| 委員長： | Eng.Mohamad SAAD | Aleppo 電力公社 総裁 |
| 委員： | Dr.Riad SABOUNI | SSRC/HIAST 太陽光発電研究室長 |
| 委員： | Eng.Yasel SHAHEED | SSRC/HIAST 太陽光発電研究室 |
| 委員： | Eng.Jamal Haj BAKRI | Aleppo 電力公社 Dartazze Economy Unit 所長 |

委員会は Aleppo 電力公社から 2 名、SSRC/HIAST から 2 名で構成され電力公社総裁が委員長となり、調査団が設置した 4 村落の PV 電化システムの運転や保守作業状況のデータ解析を通じてシステムの長期間安定した維持管理を図る。

新規需要家への対応についてはこの委員会で対応を決定した後、必要と認めた場合は Aleppo 電力公社が費用を負担し、SSRC/HIAST が資機材を調達してシステムを設置又は増設することとなっている。

(2) 電力公社のシステム運営組織

今回導入したシステムの運営を Aleppo 電力公社に移管するにあたって、シリア国における配電事業を管轄する送・配電公社 PEDEEE(Public Establishment for Distribution & Exploitation of Electrical Energy) の了解を得る必要があり、PV システムから供給される電気料金の決定なども PEDEEE の権限事項である。Aleppo 電力公社では 4 カ村落のシステムをすべて Dartazze にある Aleppo 電力公社の Economy Unit が担当することとしており、担当する Engineer と Technician が、SSRC/HIAST の指導でトレーニングを受けた。

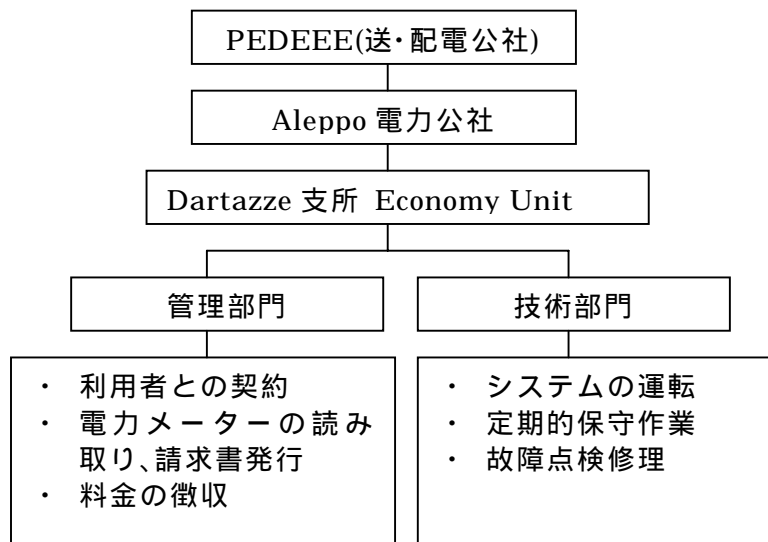


図 6.1-1 電力公社のシステム運営チャート

(3) 電気料金の設定

このプロジェクトで設置された村落電化システムから徴収する電気使用料金については、当初 PEDEEE で検討することとしていたが、その後 Aleppo 電力公社に検討が移管され、SSRC/HIAST とともに検討した結果が 2000 年 9 月に答申された。これを受けて PEDEEE で更に検討を加えた結果、村落電化の料金は一律 0.75SP/kWh とすることが 2001 年 1 月に決定された。この結果、Zarzita 村は電力量計があるのでこの読みを使用量とし、電力量計の使用料金を附加する。Fedre, Katoura, Kalif 村については固定料金とし、発電可能量を日照時間 10 時間として算出し、料金単価を 0.75SP/kWh で計算し請求する。

6.1.3 Aleppo 水供給公社による揚水 / 淡水化システムの運営管理

(1) システム管理委員会

システム管理委員会の構成は水供給公社と SSRC/HIAST よりなる。組織構成は電力公社の場合と同様である。

(2) 水供給公社の揚水 / 淡水化システム運営チャート

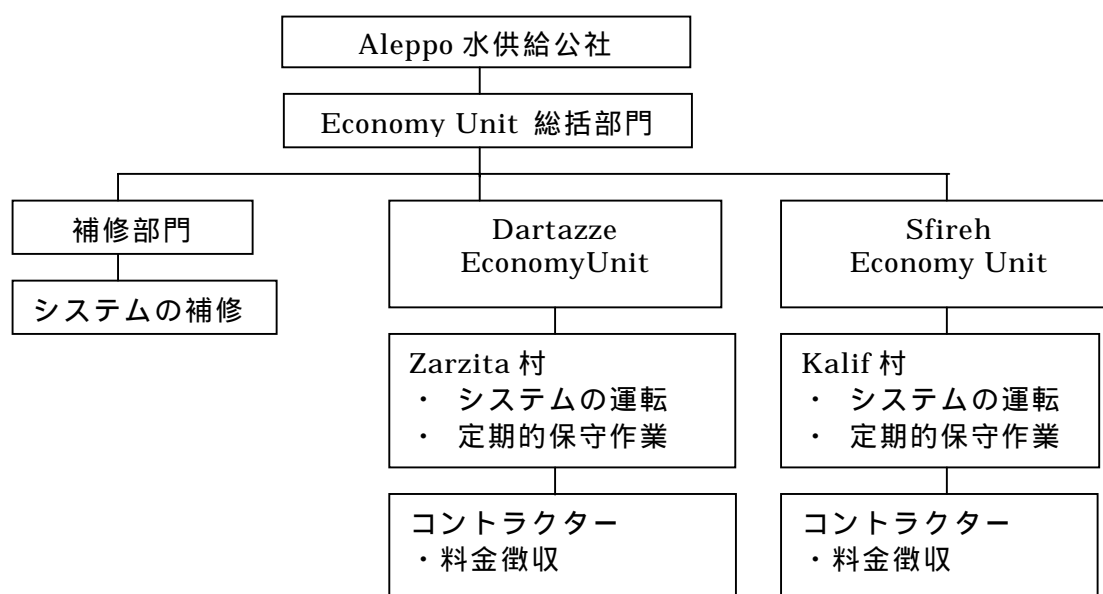


図 6.1-2 水供給公社のシステム運営チャート

(3) 移管に伴う技術者の教育訓練

Dartazze の Economy Unit の 2 名に対する訓練は 1999 年 7 月に終了し、1 名は専任者として運転と保守作業を実施している。Sfireh の Economy Unit の 3 名に対する訓練は 2000 年 2 月に実施、うち 1 名は Kalif 村在住の人間で淡水化システムの試運転時からトレーニングを受けており、専任者としてシステムの日常運転管理を行っている。

(4) 料金設定と徴収

Zarzita 村および Kalif 村では料金徴収にかかるコントラクターが選任された。まず、コントラクターは利用者に対し水料金単価を $7.0\text{SP}/\text{m}^3$ として使用量に応じて徴収する。さらに、コントラクターは、供給した水量に対して料金単価を $6.5\text{SP}/\text{m}^3$ として水供給公社に入金する。Zarzita 村では Economy Unit からコントラクターに対し料金の請求書が出された後、請求金額を利用者の家族の頭割り計算して徴収することとしている。Kalif 村では現在水の供給は近隣の村から借りたタンク車を利用して各家庭に給水しており、タンク車に給水したときに計量し、利用者の貯水槽に入れた時点で $7\text{SP}/\text{m}^3$ の水料金+タンク車の使用料を徴収している。

6.2 まとめ

(1) 運営組織

4つの村落に設置したシステムはSSRC/HIASTの技術的な指導のもとに、電化はAleppo電力公社、水はAleppo水供給公社がそれぞれ保守維持管理の担当者を任命して運営管理を行うことになった。直接の担当部門は、Zarzita村他Kalif村を含む村落電化システムはAleppo電力公社のDartazze支所Economy Unit、Zarzita村の揚水システムはAleppo水供給公社のDartazze支所Economy Unit、Kalif村の淡水化システムはAleppo水供給公社のSfireh支所Economy Unitが担当する。水供給システムにはそれぞれコントラクターが選任されて料金の徴収にあたる。

(2) 電気および水料金収入

電気料金

電気料金はZarzita村が電力量計による使用量に対し、Fedre, Katoura, Kalif村の戸別型には10時間/日の発電電力量に相当した定額制の電気料金として、0.75SP/kWhを適用し徴収する。予想される料金収入を次の表に示す。但し、Zarzita村の場合利用者によって消費量は大きく異なり実際の徴収額は利用者によって異なる。

表 6.2-1 電気の価格と平均月間支払い金額

	Zarzita村	Fedre村	Katoura村	Kalif村
供給電力量 (kWh/年)	24,090	1,534	4,293	5,970
電気の価格(現行料金) (SP/kWh)	1.26*	4.58	5.09	3.39
平均月支払額 (SP/利用者/月)	62	45	67.5	62.5
電気の価格(20年予測平均)(SP/kWh)	1.56*	5.68	6.31	4.20
平均月支払額 (SP/利用者/月)	77.2	55.8	83.7	77.5

*Zarzita村の電気価格にはメーター使用料金(25SP/月)を含む

水料金

コントラクターが住民から徴収する水料金を7SP/m³とし、このうち水供給公社へ入金する料金単価を現行の料金と同じ6.5SP/m³に設定した。供給予想水量と現行料金による水供給公社の年間収入は、

$$\text{Zarzita村: } 2,640\text{m}^3/\text{年} \times 6.5\text{SP}/\text{m}^3 = 17,160\text{SP}/\text{年}$$

$$\text{Kalif村: } 900\text{m}^3/\text{年} \times 6.5\text{SP}/\text{m}^3 = 5,850\text{SP}/\text{年}$$

$$\text{合計} \quad 23,010\text{SP}(500\text{US\$})(\text{供給水量あたりの価格 } 0.14\text{US\$}/\text{m}^3)$$

(3) システムのサステナビリティ

将来の維持管理については、技術的には問題なく対応できる。また、料金徴収額と実質の維持管理費には差額が発生し、この差額については両公社で責任を持って補填する事となった。従って、導入したシステムのサステナビリティは両公社により確保される事となった。

7．太陽光発電システム導入による民生向上効果

Zarzita 村に導入設置された集中型システムの夏期余剰電力を利用した地場産業/家内工業の育成による村落への影響と、Zarzita 村, Fedre 村, Katoura 村, Kalif 村に導入された太陽光発電を利用した村落電化、地下水揚水、かん水淡水化システムの約 3 年間にわたる利用と運用を通じて、それぞれのシステムが村民の生活に及ぼした効果(影響)を調査し、村落住民の生活に対する民生向上効果の評価を行う。

7.1 集中型システムの余剰電力活用による地場産業 / 家内工業の育成

7.1.1 村落電化システムの地場産業への活用

Zarzita 村に設置された集中型システム (35kW) から生じる夏期の余剰電力を利用して事業を興し、村民の所得を増加させて生活水準の向上に役立てようというのが地場産業育成のねらいである。

7.1.2 市場調査と候補業種の選定

新規事業を行う場合にはどのようなモノが作れるのか、どのようなモノが売れるのか、材料は確保できるのか、競争力があるのかといった点を評価しながら業種選定を行う必要がある。また、社会的な制約条件の確認も必要である。いくつかの有力なアイデアについて検討した結果、工芸品 (みやげ品) 製造を採用することとした。多くの観光資源に恵まれているシリア国であるが、現在のところ観光地での土産品は非常に限られている。増加しつつある観光客向けの工芸品の潜在的市場規模は大きく、今後大いに伸びるものと予想される。観光客を対象にした工芸品製作は利益率 (付加価値) も他の品物よりも相対的に高く設定することが可能であり、食品と違って在庫を持つことが容易で作業時間の設定も比較的自由である。このような性格から農村での副業には最適である。Zarzita 村は Aleppo 近郊では最も著名な観光地であるシモン城遺跡に近いという土産品の製造・販売には非常に有利な立地条件を有している。

シリア国政府としても現在、観光産業の育成に努めつつあるところであり、観光省 (Ministry of Tourism) や Aleppo 市観光局で確認したところ、このような土産品製造は是非推進したいとの意向を示している。土産品製造の分野は我が国としても技術移転しやすいテーマであり、また観光振興という政策目標にも合致するものであり、経済的、社会的波及効果も他の案よりは大きいと考えられる。



図 7.1-1 シモン城遺跡

7.1.3 事業計画

(1) 事業実施の条件

シリア国では遺跡区域内での商業活動について考古総局（General Directorate of Museums and Antiquities）による規制があり、商品ごとに許可を得ないと販売はできない。このような事情から Zarzita 村で生産した商品を直接観光客に販売することはできず、この免許を有する商店に委託して販売することになる。遺跡入口にある唯一の店舗では、魅力的な商品であれば Zarzita 村の製品を売ることに積極的であった。

1998 年 9 月に、UNDP コンサルタントの協力により、遺跡内で販売を行うための考古総局の販売許可が取得でき、Zarzita 村で生産された製品は、とりあえず考古総局に納品し、その後は同局傘下の販売店(Aleppo 博物館、シモン城遺跡、Aleppo 城の 3 ヲ所)からの注文によって各販売店に発送されるというルートで取引される。なお、同時に合計 40% の販売手数料(30%が総局、10%が販売店)の納付も規定された。

(2) 商品内容

観光客用のみやげ品として適した商品のアイデアを検討した結果、七宝焼と石粉加工の 2 案にしぼり、その内容、工法などを具体的に検討した。

七宝焼

七宝焼はイラン国やインド国などを中心に中東地域でも行われており、この技法を使った装飾品は Damascus や Aleppo の貴金属店でもよく見受けられる。簡単な製造方法としては、あらかじめデザインを型押しした銅製の台にガラス質の絵の具をのせ、800 以上の高温となる窯の中に入れて焼成するものである。電気はこの小型電気炉（電力消費量約 2 kW）に用いられる。この七宝焼に必要な機器は Aleppo 市内で調達可能である。（その後の検討により絵の具はガラス質から樹脂系に変更し、焼付け温度も 150 に低下した）

石粉の成型加工

Zarzita 村周辺は石灰岩が大量に存在し、石材生産地となっている。また、シモン城遺跡は石灰石の建造物であり、石灰石の風合いを生かしたみやげ品は遺跡訪問の記念として好適であると考えられた。シリコンゴムで型を作り、それにポリエステル樹脂と石灰石の微粉を混ぜて固まらせて様々な形を作るという方法を採用することとし、デザインと原型をやはり日本国内で製作した。将来はシリア国でいろいろなデザインの品物を作り、それを同様の手法で商品化することが期待される。



図 7.1-2 七宝焼によるキーホルダー



図 7.1-3 石粉加工による壁掛け

村民が製作したキーホルダーは 1998 年 11 月から 12 月にかけてシモン城遺跡の販売店において試験販売を行った。この時期は観光客の少ない時期であったが、価格が 200SP(= 4 (US\$))と比較的高めであること、また展示用のスタンドがないといった悪条件にかかわらず堅調な販売実績を示し、2 週間あまりで 30 個が販売できた。その後 1999 年 7 月には展示用のケースも完成し、観光シーズンとも相まって非常に好調な売れ行きとなっている。

これに対し、石粉加工品については 1999 年 3 月以降に試験販売を開始した。ここでは試作品についても関係者の間では非常に好評であることから、相当数の販売が期待できる。1999 年 7 月の段階では化粧ケースも完成し、一個 300SP という比較的高い値段であるが、その後、予想通り堅調な売れ行きを示している。

7.2 太陽光発電システム導入による民生向上効果

7.2.1 生活様式の変化の調査

システム設置前後において主として電気の利用によって個人の生活がどのように変化したかに重点を置き 98 年 3 月から 4 月にかけて Zarzita 村、Fedre 村および Katoura 村の 3 村落で男性 54 名、女性 41 名を無作為に抽出して実施した。

7.2.2 その他の影響およびシステム評価の調査

この調査は 4 ヶ村 105 世帯数のうち概ね半数の世帯数を対象にアンケート用紙により個人面接によって実施したものである。

また、家族構成別（世帯主、配偶者、息子、娘）についても配慮して実施した。

7.2.3 システム設置前後での関連費用の変化状況の調査

- ・水費用については 99 年 6 月 Zarzita 村の 14 戸について、Kalif 村は 98 年 9 月の訪問調査時に聞き取り調査を行った。
- ・照明関連の費用については 97 年 3 月と 98 年 9 月に聞き取り調査を行った。

7.2.4 調査結果

(1) PV 電化による生活様式の変化

生活の大きい枠組みとなる起床と食事および就寝の各時刻がシステム設置前後でどのように変化するか調査した結果は次のとおりである。

表 7.2-1 起床、食事および就寝時刻の変化

		起床	朝食	昼食	夕食	就寝
男性	設置前	05:15	07:01	12:57	18:44	21:08
	設置後	05:13	07:01	12:57	18:47	22:31
女性	設置前	05:23	07:03	12:53	18:37	20:38
	設置後	05:19	07:03	12:53	18:42	21:49

この結果、男性および女性ともに起床と食事をとる時刻には変化が見られないが就寝時刻については男性が 1 時間 23 分、女性が 1 時間 11 分システム設置後遅くなった。これはテレビ、ラジオや照明の照度などに起因している。

(2) 電気利用による生活の変化

システムの導入前後におけるその他の生活時間変化を調べた結果大きく変化が見られたのは次のとおりである。

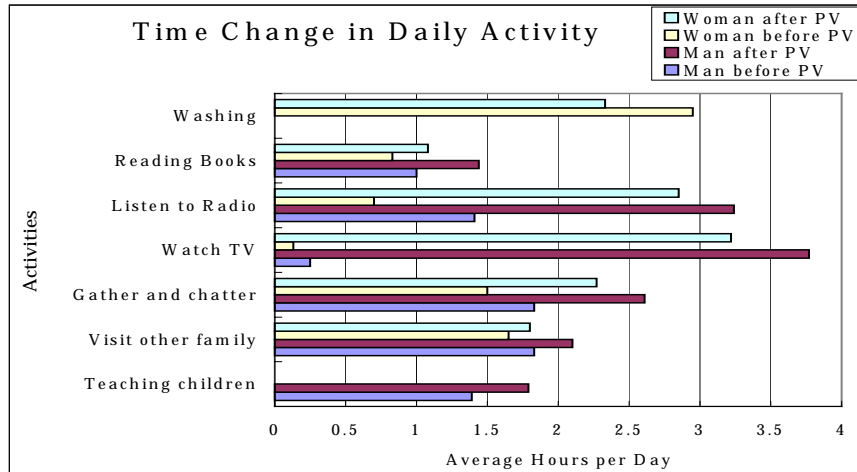


図 7.2-1 PV システム導入前後の日常活動時間の変化

最も大きい変化はテレビを見る時間が男女とも平均して1日3時間程度増加したことである。次にラジオを聴く時間となりおり村落住民の受け取る情報量が急速に増加したことを示している。この情報の増加に伴ってか、家族の話し合いも設置前に比べ増加している。一方部屋の照明が明るくなって、読書や子供の勉強時間の延長も見られる。

7.2.5 その他の影響調査

(1) 家庭環境の改善

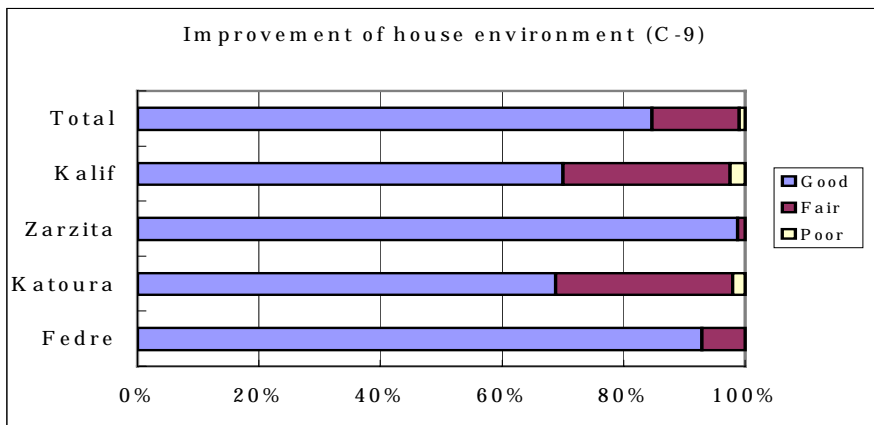


図 7.2-2 家庭環境の改善

ケロシンランプから蛍光灯への照明の切り替えは、その照度差やランプを用意する婦女子の手間およびすすの発生などから解放されるので各村落ともに改善効果があったことを認めている。

(2) TV やラジオの視聴

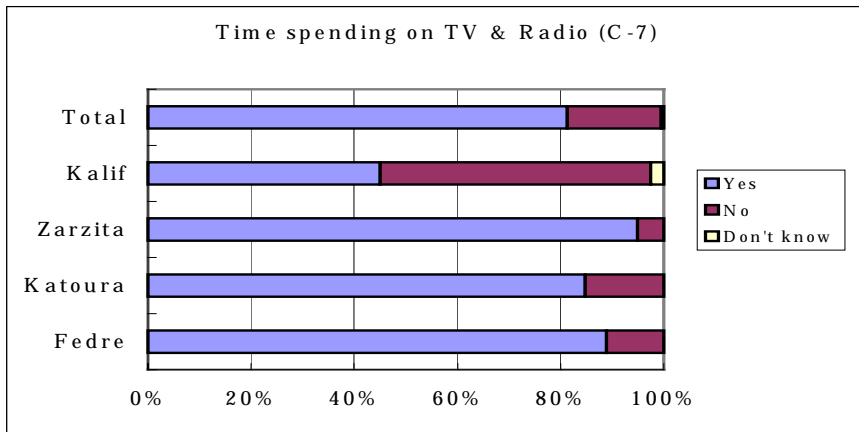


図 7.2-3 TV やラジオに対する効果

電化による TV やラジオの視聴についても各村落ともに満足している。

(3) 期待の事項の現実度

このような調査を実施して、電化による電気および水供給のもたらす期待事項についてアンケートした結果を集約すると次のようになる。屋内外の照明による安全性の向上や利便性さらに TV、ラジオによる情報量の増加が格段に改善された。また、水供給については水供給公社の設定料金が水供給業者の価格より安いことから支出の低減効果が非常に大きい。

表 7.2-2 期待事項の実現状況

導入システム	期待される効果	実現度(注 1)
太陽光発電システムの設置による影響 Zarzita 村 Fedre 村 Katoura 村 Kalif 村	生活環境の改善、衛生状況の改善(ランプから蛍光灯へ)	中 (注 2)
	街路照明の設置 / 夜間における安全性の向上	大
	屋内における安全性・利便性の向上	大
	家族内、家族間の交流 / 外部情報量の流入増加	大
	教育時間の増加 / 識字率、進学率の向上	小 (注 3)
	電気製品の利用 / 女性の労働軽減 (自由時間の増加、子供との接触時間増加)	中 ~ 小 (注 4)
水供給システム(揚水 / 淡水化システム)による影響 Zarzita 村 Kalif 村	村民衛生環境の改善(生活用水の確保)	中
	農業及び畜産生産性の向上(収穫、飼育頭数の増加等)	小
	食事(料理)の多様化(庭先農産物の増加)	小
	女性や子供労働力の軽減化(水汲み作業の軽減化)	中
	市販購入水代金の節約(村民支出額の低減)	大

(注 1 : 実現度 大 : 住民の 90 ~ 80% 中 : 79 ~ 50% 小 : 49%以下 が満足の表示

(注 2 : 照明は電気が変わったが暖房と炊事のため燃料は従来の灯油、薪、家畜排泄物などが利用されている

(注 3 : 識字率、進学率の向上が効果として現れるには時間がかかる

(注 4 : 交流 220V が使用可能である村落と、直流 12V の電気しか利用できない村落で異なる。

(4) 住民によるシステム評価

4 村落の村別住民のシステム全体に対する評価を「満足 / ほぼ満足 / やや不満」の 3 項目につき調査した結果はつぎのとおりである。

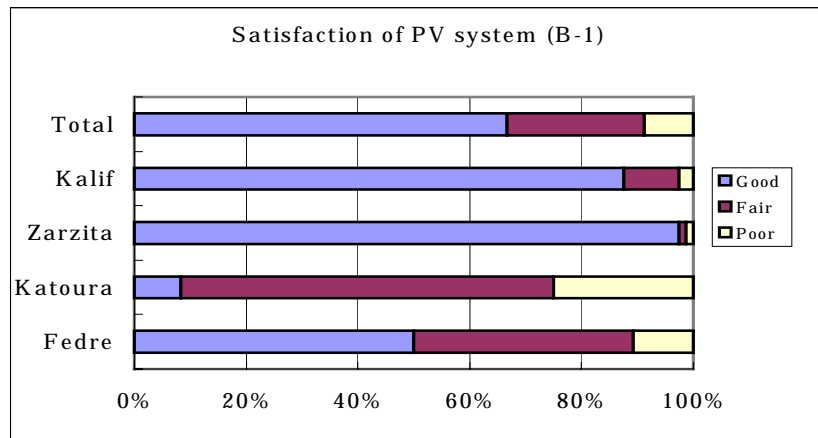


図 7.2-4 村別住民によるシステム全体の評価

この結果から 4 村落全体では満足が約 70%、やや満足を含めると 90%強を占め、システムは概ね所期の目的である民生向上に貢献しているものと思われる。

8．太陽光発電システム利用の経済性分析

ここでは、『太陽光発電システム』と『各種太陽光発電システム利用の計画素材』のそれぞれについて、経済性を中心に検討した。検討の概要は次の通りである。

8.1 2005 年の単価想定

経済計算を実施するうえで PV システム構成機器の単価をそれぞれ次のように想定した。

表 8.1-1 太陽光発電システム諸元の想定値

	耐用年数	現状（参考）	2005 年	備考
モジュール	20	4.1 (US\$/W)	2.2(US\$/W)	120W 以上
		4.25 (US\$/W)	2.6(US\$/W)	60W
コントローラ	10	4.81(US\$/A)	3.3(US\$/A)	12V
		3.92(US\$/A)	2.25(US\$/A)	24V
バッテリー	8	0.48(US\$/Ah)	0.38(US\$/Ah)	
インバータ	10	0.29(US\$/W)	0.21(US\$/W)	
諸資材	20	以上のシステム価格の 5 (%)	積上げ	
労務費	20	"	"	

< 出典 > Renewable Energy Review Issue 2000-2001 Vol3 No.4

8.2 ケロシンランプ・バッテリー駆動 TV と太陽光発電システムの経済性比較

未電化住宅における夜間の照明は、一般的にはケロシンランプが用いられている。このランプは部屋数にもよるが、かなり大型の据え置きのもので常夜灯の小型のものを使用している。このように、未電化村落の家庭を対象に、ケロシン照明とバッテリー駆動 TV の使用を前提にして、それらに係る費用と仮に同程度の規模の太陽光発電システムを設置したときの費用との相互比較を行う。

8.2.1 照明 / バッテリー TV の場合

照明 / TV に係る費用を金利 6.5%のもとで算定した結果、20 年間の照明 / TV に係る現価総費用は年経費 (US\$118.7) に金利 6.5%の現価係数(1/資本回収係数)を乗じて、 $US\$118.7/0.090756=US\$1,307$ として求められる。照明(20W × 1 灯 × 5hr/日 + 5W × 1 灯 × 8hr/日)およびテレビ(12W × 5hr/日)の等価電気使用量は年間 73kWh に相当する。この結果については、未電化村落の住宅において、ケロシン照明およびバッテリー駆動 TV に毎年 US\$118.7 , 20 年間に US\$1,307 の費用をかけていることになる。逆に、この費用は未電化村落において、容易に調達可能なケロシン照明やバッテリー駆動 TV の便益に相当するともいえる。

8.2.2 太陽光発電システムの場合

8.2.1 項の未電化村落におけるケロシン照明やバッテリー駆動TVに代わるものとして太陽光発電システムによる電化が考えられる。照明/バッテリーTVは等価電気出力では37Wに相当する。この電気出力に供給できる具体的な太陽光発電システムとして、60W太陽光発電システムを検討する。8.1 項の前提条件を用いて、60W戸別型太陽光発電システムに係る費用は、金利6.5%のもとで、均等化した費用ではUS\$32.0、20年間のこれらの現在価値費用はUS\$353となる。

8.2.3 両者の比較

ケロシン照明/バッテリー駆動TVと60W戸別型太陽光発電システムの全ての費用が出そろったので、両者の経済性比較を行う。

(1) 費用の整理

これまで検討してきた費用を整理すると次の通りである。ここでの年費用は、金利6.5%のもとで耐用年数間均等化した費用である。

ケース	年費用	20年間の費用	備考
照明・TV	118.7	1,307	現価係数=11.017
60WPVシステム	32.0	353	

(2) 両者の経済性比較

まず、比較の前提となる等価電力使用量を確認する。照明・TV使用の場合、1日当たり照明には $20W \times 5hr + 5W \times 8hr = 140Wh$ 、そしてTVには $12W \times 5hr = 60Wh$ で合計200Whを使う。一方、60Wの太陽光発電システムは設備利用率が約10%であるので $24hr \times 0.1 \times 60W = 144Wh$ の電気が使えるので供給力はほぼ等しい。未電化村落において、照明にはケロシンランプを、TVにはバッテリーを一般的に使用するケースは、どこでも実現可能と考えられる。従って、照明やTV使用の便益は月間US\$118.7であり、20年間でUS\$1,307に相当する。一方、60W太陽光発電システムは月間US\$32.0であり、20年間でUS\$353に相当し、当然照明・TV使用の代替案になりうる。

8.3 太陽光発電システム計画素材の提案

このプロジェクトで導入した村落電化や揚水/淡水化システムについて、将来シリア国がこれらシステムの導入を計画する際の素材を提供するため、それぞれのシステムの経済性分析や代替システムとの比較評価をおこなった。

8.3.1 太陽光発電による村落電化

Zarzita 村の集中型システムは 35kW と規模が大きく、インバータや制御装置には汎用品が適用できなかった事などを踏まえて検討を行った結果、規模の大きい集中型システムは技術的には可能であるが経済的にはまだ見合わないことが判明した。一方、Zarzita 村はオリーブ搾油場遺跡の井戸周辺の狭い場所に住宅が密集した特殊な村落で、その他に類似の村落は少ない。これらを総合的に評価した結果、電化システムとして Fedre 村や Katoura 村のような戸別型と汎用品の適用が可能でありコストダウンが期待できる Kalif 村のようなミニ集中型を対象に検討をおこなった。具体的な規模としては、次のように考えた。

戸別型	:	60W	120W	240W	360W	480W
ミニ集中型	:	960W	2,040W	3,000W		

(1) 電力需要の想定

各村落電化システムによって得られた運転データの実績等をもとに、使用が期待される電気製品の機種に基づき電力需要の想定を行った。その結果、戸別型では夜間の設備利用率は年間平均で約 6 %、また昼間では TV などの利用で年間設備利用率が向上し約 7 % になるものと想定した。また、ミニ集中型は、昼間の揚水などに電力利用が約 3 % 見込めるので、年間の設備利用率は 9 % まで高めることができると想定した。

$$\text{設備利用率} = \frac{\text{システムの発電電力量(Wh)}}{\text{システム定格出力(W)} \times 24(\text{hr}) \times \text{運転日数(日)}} \times 100(\%)$$

(2) 太陽光発電システムの発電原価の計算結果

これまでの前提条件をもとに算出した戸別型およびミニ集中型の太陽光発電システムのコストを次の表に示す。ただし、バッテリーは次の 3 ケースを想定した。

- ・通常の太陽光専用の海外製バッテリーを使用した場合 耐用年数 : 5 年
- ・海外製乾式 10 年の耐用年数保証付のバッテリー - を使用した場合
- ・シリア国改良バッテリーを使用した場合

またミニ集中型の場合、太陽光発電システム設置個所から各住宅までの平均直長を「30m」と「60m」の 2 ケースについて検討を行った。

表 8.3-1 戸別型太陽光発電システムの発電原価

1) バッテリー：太陽光発電専用、寿命 = 5 年

		60W	120W	240W	360W	480W	備考
モジュール	(US\$)	136	262	523	785	1,046	
コントローラ	(US\$)	17	34	67	101	135	
インバータ	(US\$)	0	0	0	0	0	
バッテリー	(US\$)	17	35	70	105	139	
輸送費	(US\$)	9	17	34	51	68	
材料費	(US\$)	50	50	78	95	152	積上げ
労務費	(US\$)	17	17	19	20	25	積上げ
合計	(US\$)	246	414	791	1,156	1,565	
電力量	(kWh)	53	105	210	315	420	
発電原価							
20年	(\$/kWh)	0.540	0.466	0.448	0.438	0.444	物昇 = 0%
30年	(\$/kWh)	0.483	0.419	0.404	0.396	0.400	物昇 = 0%
物昇 = 3%	(\$/kWh)	0.576	0.499	0.481	0.471	0.477	

2) バッテリー：乾式、寿命 = 10 年

		60W	120W	240W	360W	480W	備考
モジュール	(US\$)	136	262	523	785	1,046	
コントローラ	(US\$)	17	34	67	101	135	
インバータ	(US\$)	0	0	0	0	0	
バッテリー	(US\$)	25	80	160	240	321	
輸送費	(US\$)	9	20	39	57	77	
材料費	(US\$)	50	59	78	95	152	積上げ
労務費	(US\$)	17	18	19	20	25	積上げ
合計	(US\$)	253	472	886	1,299	1,756	
電力量	(kWh)	53	105	210	315	420	
< 発電原価 >							
20年	(\$/kWh)	0.640	0.507	0.480	0.470	0.476	物昇 = 0%
30年	(\$/kWh)	0.583	0.460	0.517	0.428	0.433	物昇 = 0%
物昇 = 3%	(\$/kWh)	0.702	0.540	0.511	0.501	0.507	

3) バッテリー：シリア製、寿命 = 3 年

		60W	120W	240W	360W	480W	備考
モジュール	(\$)	136	262	523	785	1,046	
コントローラ	(\$)	17	34	67	101	135	
インバータ	(\$)	0	0	0	0	0	
バッテリー	(\$)	25	50	100	151	201	
輸送費	(\$)	9	16	32	47	63	
材料費	(\$)	50	59	78	95	152	積上げ
労務費	(\$)	17	18	19	20	25	積上げ
合計	(\$)	253	439	820	1,199	1,622	
電力量	(kWh)	53	105	210	315	420	
< 発電原価 >							
20年	(\$/kWh)	0.640	0.575	0.547	0.538	0.543	物昇 = 0%
30年	(\$/kWh)	0.583	0.527	0.504	0.495	0.602	物昇 = 0%
物昇 = 3%	(\$/kWh)	0.702	0.635	0.607	0.596	0.500	

表 8.3-2 ミニ集中型太陽光発電システムの発電原価

1) バッテリー：太陽光発電専用、寿命 = 5 年

	巨長 = 30m			巨長 = 60m			備考
	960W	2,040W	3,000W	960W	2,040W	3,000W	
モジュール (US\$)	2,093	4,447	6,540	2,093	4,447	6,540	積上げ 積上げ
コントローラ (US\$)	102	218	320	102	218	320	
インバータ (US\$)	161	343	504	161	343	504	
バッテリー (US\$)	279	592	871	279	592	871	
輸送費 (US\$)	139	295	435	144	304	447	
材料費 (US\$)	681	1,366	2,048	1,105	2,219	3,328	
労務費 (US\$)	76	154	232	76	154	232	
合計 (US\$)	3,532	7,415	10,950	3,960	8,277	12,243	
電力量 (kWh)	841	1,787	2,628	841	1,787	2,628	
< 発電原価 >							
20年 (\$/kWh)	0.491	0.486	0.488	0.543	0.535	0.537	物昇=0%
30年 (\$/kWh)	0.441	0.437	0.438	0.485	0.479	0.481	物昇=0%
物昇 = 3% (\$/kWh)	0.526	0.520	0.522	0.579	0.571	0.573	

2) バッテリー：乾式、寿命 = 10 年

	巨長 = 30m			巨長 = 60m			備考
	960W	2,040W	3,000W	960W	2,040W	3,000W	
モジュール (US\$)	2,093	4,447	6,540	2,093	4,447	6,540	積上げ 積上げ
コントローラ (US\$)	102	218	320	102	218	320	
インバータ (US\$)	161	343	504	161	343	504	
バッテリー (US\$)	641	1,363	2,004	641	1,363	2,004	
輸送費 (US\$)	157	334	491	157	342	504	
材料費 (US\$)	681	1,366	2,048	1,105	2,219	3,328	
労務費 (US\$)	76	154	232	76	154	232	
合計 (US\$)	3,912	5,224	12,139	4,335	9,085	13,432	
電力量 (kWh)	841	1,787	2,628	841	1,787	2,682	
< 発電原価 >							
20年 (\$/kWh)	0.523	0.518	0.520	0.572	0.567	0.570	物昇=0%
30年 (\$/kWh)	0.473	0.469	0.471	0.515	0.511	0.513	物昇=0%
物昇 = 3% (\$/kWh)	0.556	0.551	0.553	0.606	0.601	0.604	

3) バッテリー：シリア製、寿命 = 3 年

	巨長 = 30m			巨長 = 60m			備考
	960W	2,040W	3,000W	960W	2,040W	3,000W	
モジュール (US\$)	2,093	4,447	6,540	2,093	4,447	6,540	
コントローラ (US\$)	102	218	320	102	218	320	
インバータ (US\$)	161	343	504	161	343	504	
バッテリー (US\$)	402	854	1,256	402	854	1,256	
輸送費 (US\$)	129	274	404	129	283	416	
材料費 (US\$)	681	1,366	2,048	1,105	2,219	3,328	
労務費 (US\$)	76	154	232	76	154	232	
合計 (US\$)	3,645	7,655	11,303	4,068	8,517	12,596	
電力量 (kWh)	841	1,787	2,628	841	1,787	2,628	
< 発電原価 >							
20年 (\$/kWh)	0.591	0.586	0.588	0.640	0.635	0.637	物昇=0%
30年 (\$/kWh)	0.541	0.537	0.548	0.582	0.578	0.581	物昇=0%
物昇 = 3% (\$/kWh)	0.651	0.646	0.538	0.701	0.696	0.699	

8.3.2 太陽光発電システムと配電線延長による電力供給との比較

村落電化に用いられる太陽光発電システムの代替として、配電線延長による電力供給が考えられる。ここでは、シリア国配電公社(PEDEEE)の機材費や工事費などをベースに発電原価を算出し太陽光発電システムとの経済性の比較を行った。想定した緒元は本文を参照されたし。

(1) 配電線延長による発電原価

シリア国配電公社(PEDEEE)から得られた機材費や工事費などを用いて、配電線の延長距離、電力供給住宅数や使用負荷機器の容量および負荷率などをパラメータにして、配電線原価を算定し太陽光発電システムの発電原価とを比較した結果を表 8.3-3 および表 8.3-4 に示す。

(2) 太陽光発電との比較結果

太陽光発電システムは供給力に制約があるものの、表 8.3-1 と表 8.3-2 により発電原価は約 US\$0.6/kWh になる。この原価に視点をおき、配電線延長の場合の原価と比較すると次のことが言える。

- ・ 既設送電線から村落までの距離が短いときでも、村落の戸数が少ないところでは、配電線原価は高くなる。更に距離が増大すると、距離に比例して原価は上昇する。
- ・ 村落までの距離が 5km の場合でも需要家数が 40 戸程度で、しかも使用電力が大きくならなければ太陽光発電の原価に見合わない。
- ・ 各需要家の使用電力が大きくなるにつれて、当然配電線原価は低下してくる。しかし住宅用電力の場合負荷率は悪く、30%を超えることは稀である。この結果未電化村落の電化に当たっては、電化対象住宅数が大きいのか、各需要家の使用電力および使用電力量が大きくなければ原価は高くつき経済性は発揮できない。
- ・ 村落の住宅数が少なく、かつ送電線からの距離が長い場合には、当然配電線の延長よりも太陽光発電を導入するのが有利となる。

表 8.3-3 配電線による電力原価

☐ : 太陽光発電が有利

(1)使用電力 100W

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	50.45	96.72	143.01	189.31	235.60
	6	25.67	48.82	71.97	95.11	118.26
	9	17.46	32.85	48.28	63.71	79.14
	12	13.30	24.87	36.44	48.02	59.59
	15	10.82	20.08	29.34	38.60	47.85
	30	5.87	10.50	15.13	19.76	24.39
	40	4.63	8.10	11.58	15.05	18.52
%	50	3.89	6.67	9.44	12.22	15.00
	60	3.39	5.71	8.02	10.34	12.65
	70	3.04	5.02	7.01	8.99	10.98

(2)使用電力 300W

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	16.85	32.38	47.71	63.14	78.57
	6	8.60	16.31	24.03	31.74	39.46
	9	5.85	10.99	16.13	21.28	26.42
	12	4.47	8.33	12.19	16.04	19.90
	15	3.65	6.73	9.82	12.90	15.99
	30	2.20	3.54	5.08	6.62	8.17
	40	1.58	2.74	3.90	5.50	6.21
%	50	1.33	2.26	3.19	4.11	5.04
	60	1.17	1.95	2.72	3.49	4.26
	70	1.06	1.72	2.38	3.04	3.70

(3)使用電力 500W

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	10.13	19.39	28.65	37.91	47.17
	6	5.18	9.81	14.44	19.07	23.70
	9	3.53	6.62	9.70	12.79	15.88
	12	2.71	5.02	7.33	9.65	11.96
	15	2.21	4.06	5.91	7.77	9.62
	30	1.22	2.15	3.07	4.00	4.92
	40	0.98	1.67	2.37	3.06	3.75
%	50	0.83	1.38	1.94	2.49	3.05
	60	0.73	1.19	1.65	2.12	2.58
	70	0.68	1.08	1.48	1.87	2.27

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	25.24	48.39	71.54	94.68	117.83
	6	12.87	24.44	36.01	47.58	59.16
	9	8.74	16.46	24.17	31.89	39.60
	12	6.68	12.46	18.25	24.04	29.82
	15	5.44	10.07	14.70	19.33	23.96
	30	2.96	5.28	7.59	9.91	12.22
	40	2.34	4.08	5.82	7.55	9.29
%	50	1.97	3.36	4.75	6.14	7.53
	60	1.73	2.88	4.04	5.20	6.36
	70	1.55	2.54	3.53	4.52	5.52

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	8.45	16.17	23.88	31.60	39.31
	6	4.33	8.18	12.04	15.90	19.76
	9	2.95	5.52	8.10	10.67	13.24
	12	2.26	4.19	6.12	8.05	9.98
	15	1.85	3.39	4.94	6.48	8.02
	30	1.03	1.80	2.57	3.34	4.11
	40	0.82	1.40	1.98	2.56	3.13
%	50	0.70	1.16	1.62	2.08	2.55
	60	0.62	1.00	1.39	1.77	2.16
	70	0.56	0.89	1.22	1.55	1.88

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	5.09	9.72	14.35	18.98	23.61
	6	2.62	4.93	7.25	9.56	11.88
	9	1.79	3.34	4.88	6.42	7.97
	12	1.38	2.54	3.70	4.85	6.01
	15	1.13	2.06	2.99	3.91	4.84
	30	0.64	1.10	1.56	2.03	2.49
	40	0.52	0.86	1.21	1.56	1.91
%	50	0.44	0.72	1.00	1.28	1.55
	60	0.39	0.62	0.86	1.09	1.32
	70	0.37	0.57	0.77	0.97	1.16

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	16.85	32.28	47.71	63.14	78.57
	6	8.60	16.31	24.03	31.74	39.46
	9	5.85	10.99	16.13	21.28	26.42
	12	4.47	8.33	12.19	16.04	19.90
	15	3.65	6.73	9.82	12.90	15.99
	30	2.00	3.54	5.08	6.62	8.17
	40	1.58	2.74	3.90	5.05	6.21
%	50	1.33	2.26	3.19	4.11	5.04
	60	1.17	1.94	2.71	3.48	4.26
	70	1.05	1.71	2.37	3.04	3.70

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	5.65	10.80	15.94	21.09	26.23
	6	2.90	5.48	8.05	10.62	13.19
	9	1.99	3.70	5.42	7.13	8.85
	12	1.53	2.81	4.10	5.39	6.67
	15	1.25	2.28	3.31	4.34	5.37
	30	0.70	1.22	1.73	2.25	2.76
	40	0.57	0.95	1.34	1.72	2.11
%	50	0.48	0.79	1.10	1.41	1.72
	60	0.43	0.69	0.94	1.20	1.46
	70	0.39	0.61	0.83	1.05	1.27

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	3.42	6.50	9.59	12.67	15.76
	6	1.77	3.31	4.85	6.39	7.94
	9	1.22	2.24	3.27	4.30	5.33
	12	0.94	1.71	2.48	3.25	4.03
	15	0.78	1.39	2.01	2.63	3.24
	30	0.45	0.75	1.06	1.37	1.68
	40	0.36	0.60	0.83	1.06	1.29
%	50	0.31	0.50	0.68	0.87	1.05
	60	0.28	0.44	0.59	0.74	0.90
	70	0.27	0.40	0.53	0.66	0.80

表 8.3-4 配電線による電力原価

(1)使用電力 500W (物昇 = 0%, 耐用年数 = 20年)

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	10.13	19.39	28.65	37.91	47.17
	6	5.18	9.81	14.44	19.07	23.70
	9	3.53	6.62	9.70	12.79	15.88
	12	2.71	5.02	7.33	9.65	11.96
	15	2.21	4.06	5.91	7.77	9.62
	30	1.22	2.15	3.07	4.00	4.92
	40	0.98	1.67	2.37	3.06	3.75
%	50	0.83	1.38	1.94	2.49	3.05
	60	0.73	1.19	1.65	2.12	2.58
	70	0.68	1.08	1.48	1.87	2.27

(2)使用電力 500W (物昇 = 3%, 耐用年数 = 20年)

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	10.68	20.44	30.21	39.97	49.73
	6	5.46	10.34	15.22	20.10	24.99
	9	3.72	6.97	10.23	13.48	16.74
	12	2.85	5.29	7.73	10.17	12.61
	15	2.33	4.28	6.23	8.19	10.14
	30	1.28	2.26	3.24	4.21	5.19
	40	1.03	1.76	2.49	3.22	3.96
%	50	0.87	1.46	2.04	2.63	3.21
	60	0.76	1.25	1.74	2.23	2.72
	70	0.72	1.14	1.56	1.97	2.39

(3)使用電力 500W (物昇 = 0%, 耐用年数 = 30年)

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	8.84	16.92	24.99	33.06	41.13
	6	4.53	8.56	12.60	16.63	20.67
	9	3.09	5.78	8.47	11.16	13.85
	12	2.37	4.38	6.40	8.42	10.44
	15	1.93	3.55	5.16	6.78	8.39
	30	1.07	1.88	2.69	3.49	4.30
	40	0.86	1.46	2.07	2.68	3.28
%	50	0.73	1.21	1.70	2.18	2.67
	60	0.64	1.05	1.45	1.85	2.26
	70	0.60	0.95	1.30	1.64	1.99

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	5.09	9.72	14.35	18.98	23.61
	6	2.62	4.93	7.25	9.56	11.88
	9	1.79	3.34	4.88	6.42	7.97
	12	1.38	2.54	3.70	4.85	6.01
	15	1.13	2.06	2.99	3.91	4.84
	30	0.64	1.10	1.56	2.03	2.49
	40	0.52	0.86	1.21	1.56	1.91
%	50	0.44	0.72	1.00	1.28	1.55
	60	0.39	0.62	0.86	1.09	1.32
	70	0.37	0.57	0.77	0.97	1.16

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	5.37	10.25	15.13	20.01	24.90
	6	2.76	5.20	7.64	10.08	12.52
	9	1.89	3.52	5.14	6.77	8.40
	12	1.45	2.67	3.89	5.11	6.34
	15	1.19	2.17	3.15	4.12	5.10
	30	0.67	1.16	1.65	2.13	2.62
	40	0.54	0.91	1.27	1.64	2.01
%	50	0.46	0.76	1.05	1.34	1.64
	60	0.41	0.66	0.90	1.14	1.39
	70	0.39	0.60	0.81	1.02	1.22

戸数		距離 [km]				
		5	10	15	20	25
年 負 荷 率	3	4.45	8.49	12.52	16.56	20.60
	6	2.29	4.31	6.33	8.35	10.36
	9	1.57	2.92	4.26	5.61	6.95
	12	1.21	2.22	3.23	4.24	

(1) ディーゼル発電原価の算出条件

発電機から各戸への供給は一般配電線と同様の設備として 12,000(US\$/km) , 引込線も同じく 20(US\$/戸)を適用した。また、発電機と住宅との平均離隔距離は 50(m)、配電線の耐用年数は 20 年とし、耐用年数 30 年の場合も同じ条件で計算した。また、配電ロス率はグリッド延長と同様の 8 %を想定した。

(2) 太陽光発電との比較


これまでに述べたディーゼル発電機の諸元を用いて、供給戸数、各戸の平均使用電力量および年負荷率をパラメータに発電原価を算出すると次のようになる。表中、 の部分は太陽光発電が有利となる領域である。

表 8.3-5 ディーゼル発電機の発電原価

1) 耐用年数：20 年 金利：6.5% 物昇：0 % (単位：US\$/kWh)

使用電力	負荷率	電力消費量 (kWh/戸・年)	供給戸数					
			3	6	9	12	15	18
100W	10%	87.6	3.48	2.08	1.62	1.39	1.25	1.15
	20%	175.2	1.77	1.07	0.84	0.73	0.66	0.61
200W	10%	175.2	1.77	1.07	0.84	0.73	0.66	0.61
	20%	350.4	0.92	0.57	0.45	0.40	0.36	0.34
300W	10%	262.8	1.20	0.74	0.58	0.51	0.46	0.43
	20%	525.6	0.63	0.40	0.32	0.29	0.26	0.25
500W	10%	438.0	0.75	0.47	0.38	0.33	0.30	0.27
	20%	876.0	0.41	0.27	0.22	0.20	0.18	0.17

2) 耐用年数：20 年 金利：6.5% 物昇：3 % (単位：US\$/kWh)

使用電力	負荷率	電力消費量 (kWh/戸・年)	供給戸数					
			3	6	9	12	15	18
100W	10%	87.6	3.82	2.26	1.74	1.48	1.33	1.22
	20%	175.2	1.95	1.17	0.91	0.78	0.71	0.65
200W	10%	175.2	1.95	1.17	0.91	0.78	0.71	0.65
	20%	350.4	1.02	0.63	0.50	0.43	0.40	0.37
300W	10%	262.8	1.33	0.81	0.64	0.55	0.50	0.46
	20%	525.6	0.71	0.45	0.36	0.32	0.29	0.27
500W	10%	438.0	0.83	0.52	0.42	0.36	0.33	0.31
	20%	876.0	0.46	0.30	0.25	0.22	0.21	0.20

3) 耐用年数：30 年 金利：6.5% 物昇：0 %

表(1)に同じ

8.4 太陽光発電システム利用による揚水

シリア国では、最近生活レベルの向上による生活用水の増加や農業生産のための灌漑需要が一段と増加して水需要は非常に増加している。平野部の村落には古井戸があるが、枯渇した井戸が多く、水道施設のない村落は定期的にタンクローリーで水を購入している。このように、地下水量が少ないうえ大量の汲み上げを継続すると、早期に水脈の枯渇に繋がるので、灌漑省も井戸の掘削については許認可制をとっている。最近大都市の周辺では水処理装置を設置し、水の再利用の実施を開始している。このような状況のもと、太陽光発電利用の揚水は、遠隔地域での水資源確保などに大変有効であるが、その経済性が大きいファクターとなる。ここでは、揚水規模をパラメータに、一般的に多用されているディーゼル発電の場合と経済性を比較検討する。

(1) 太陽光発電とディーゼル揚水の経済比較の前提

ディーゼル揚水の場合、燃料を補給して運転を継続すると揚水量は運転時間に応じて変えることができるが、太陽光発電の場合は日射量のある昼間にしか揚水ができない。このため、井戸の揚程をパラメータにして、太陽光発電の揚水量に見合うディーゼル揚水量で揚水原価を比較する。また、太陽光発電利用の揚水として信頼性の高い汎用性のあるのは、AC2kW 程度のポンプまでであるので、この容量までの規模を対象に検討する。

(2) PV 揚水とコスト比較

諸元をベースに揚水コストを算定した結果を表 8.4-1 に示す。今後 PV 揚水の導入対象となる村落は人口が 500 人以下で水需要も 1 人 1 日当たり 20～30 \square になることを考えると、生活用水だけの場合、村全体で 10～15 m³/日揚水できれば充分である。従って揚程 40～50m 程度であれば物価上昇 0%でも 2005 年価格で太陽光発電の方がディーゼルより経済的に有利であることが判る。この表中で物価上昇が 3%の場合は更に PV 揚水の適用可能範囲は揚程 70m 程度まで広がってきている。Aleppo での淡水井戸は水位が-50～-60m 程度のものが多く (Aleppo 水供給公社ヒアリング) 大部分の井戸に対して PV 揚水が適用できると見られる。この結果から、2005 年頃から本格的に PV 揚水の導入を行なうことは充分経済的に見合う方法であり、より経済性をよくするためには当初は比較的浅い井戸(揚程 50m 以下)から展開すれば良いと考えられる。

表 8.4-1 PV 揚水システムの水コスト

(単位：US\$/m³)

1) 太陽電池耐用年数 20 年、物価上昇 0% の場合

		Water Quantity(m ³ /day)							
		5	10	15	20	25	30	35	40
Total head (m)	10	0.69(0.19)	0.39(0.09)	0.29(0.06)	0.24(0.05)	0.21(0.04)	0.19(0.03)	0.18(0.03)	0.17(0.02)
	20	0.69(0.19)	0.39(0.09)	0.29(0.06)	0.24(0.05)	0.21(0.04)	0.19(0.03)	0.20(0.05)	0.19(0.04)
	30	0.69(0.19)	0.40(0.09)	0.29(0.06)	0.24(0.05)	0.21(0.04)	0.22(0.05)	0.20(0.05)	0.19(0.04)
	40	0.70(0.19)	0.46(0.09)	0.34(0.11)	0.28(0.08)	0.24(0.06)	0.22(0.05)	0.22(0.06)	
	50	0.70(0.19)	0.47(0.16)	0.34(0.11)	0.28(0.08)	0.24(0.08)	0.24(0.07)		
	60	0.71(0.19)	0.47(0.16)	0.34(0.11)	0.31(0.11)				
	70	0.84(0.32)	0.47(0.16)	0.34(0.11)					
	80	0.85(0.32)	0.47(0.16)	0.39(0.15)					
	90	0.85(0.32)	0.48(0.16)						
	100	0.86(0.32)	0.54(0.22)						
	110	0.87(0.32)							
	120	0.87(0.32)							
	130	0.87(0.32)							
	140	0.88(0.32)							
	150	0.88(0.32)							

2) 太陽電池耐用年数 20 年、物価上昇 3% の場合

		Water Quantity(m ³ /day)							
		5	10	15	20	25	30	35	40
Total head (m)	10	0.70(0.20)	0.40(0.10)	0.30(0.07)	0.25(0.06)	0.22(0.05)	0.20(0.04)	0.19(0.04)	0.18(0.03)
	20	0.70(0.20)	0.40(0.10)	0.30(0.07)	0.25(0.06)	0.22(0.05)	0.20(0.04)	0.21(0.06)	0.20(0.05)
	30	0.70(0.20)	0.41(0.10)	0.30(0.07)	0.25(0.06)	0.22(0.05)	0.23(0.06)	0.21(0.06)	0.20(0.05)
	40	0.71(0.20)	0.47(0.10)	0.35(0.12)	0.29(0.09)	0.25(0.07)	0.23(0.06)	0.23(0.07)	
	50	0.71(0.20)	0.48(0.17)	0.35(0.12)	0.29(0.09)	0.25(0.09)	0.25(0.08)		
	60	0.72(0.20)	0.48(0.17)	0.35(0.12)	0.32(0.12)				
	70	0.85(0.33)	0.48(0.17)	0.35(0.12)					
	80	0.86(0.33)	0.48(0.17)	0.40(0.16)					
	90	0.86(0.33)	0.49(0.17)						
	100	0.87(0.33)	0.55(0.23)						
	110	0.88(0.33)							
	120	0.88(0.33)							
	130	0.88(0.33)							
	140	0.89(0.33)							
	150	0.89(0.33)							

3) 太陽電池耐用年数 30 年、物価上昇 0% の場合

		Water volume(m ³ /day)							
		5	10	15	20	25	30	35	40
Total head (m)	10	0.67(0.17)	0.38(0.08)	0.29(0.06)	0.24(0.04)	0.21(0.03)	0.21(0.03)	0.19(0.02)	0.17(0.02)
	20	0.67(0.17)	0.38(0.08)	0.29(0.06)	0.24(0.04)	0.21(0.03)	0.21(0.03)	0.19(0.04)	0.18(0.03)
	30	0.67(0.17)	0.48(0.08)	0.29(0.06)	0.24(0.04)	0.21(0.03)	0.21(0.05)	0.19(0.04)	0.18(0.03)
	40	0.68(0.17)	0.49(0.08)	0.33(0.09)	0.27(0.07)	0.23(0.06)	0.23(0.05)	0.21(0.06)	
	50	0.68(0.17)	0.44(0.14)	0.33(0.09)	0.27(0.07)	0.23(0.06)	0.23(0.06)		
	60	0.69(0.17)	0.45(0.14)	0.33(0.09)	0.30(0.10)				
	70	0.80(0.28)	0.45(0.14)	0.33(0.09)					
	80	0.81(0.28)	0.45(0.14)	0.37(0.13)					
	90	0.81(0.28)	0.45(0.14)						
	100	0.82(0.28)	0.50(0.19)						
	110	0.83(0.28)							
	120	0.83(0.28)							
	130	0.83(0.28)							
	140	0.84(0.28)							
	150	0.84(0.28)							

注) 色の部分は PV が有利となる範囲

8.5 太陽光発電システム利用による淡水化

Hama 南東部の Badia 地域の飲料水確保を前提におき、具体的地点として、次の 2 カ所を取り上げた。Athnea, Hama 郡(A 地点)の周辺には通常数千人のベドウィンが居住しており、配電線からも遠く離れているため、PV システム利用によるかん水淡水化システムを導入するには適した条件を備えている。一方 Moukhlef, Aleppo 郡(B 地点)は、井戸水の塩分濃度が A 地点よりかなり高く、将来の高い塩濃度への適応を考えるべく候補地として選定した。製造水の塩分濃度を 500 μ S/cm に設定し装置調達価格等を仮定する事により逆浸透膜法および電気透析法による経済性検討を行った。

8.5.1 淡水化設備の諸元想定

(1) A 地点での淡水化

表 8.5-1 A 地点での淡水化装置導入検討のための諸元

項目	単位	逆浸透膜法			電気透析法			
		A1-1	A1-2	A1-3	A2-1	A2-2	A2-3	
装置仕様	原水供給量	m ³ /hr	20	10	5	20	10	5
	脱塩水製造量	m ³ /hr	13.2	7	3.3	14	7	3.5
	回収率	%	50	50	50	70	70	70
	脱塩水の電気伝導度 (設計値)	μ S/cm	50	50	50	500	500	500
	電力消費量	kWh/m ³	1.89	2.8	3.0	0.85	0.85	0.85
	最大電力消費量	kW	25.7	16.5	9.0	15.8	8.2	4.4
	原水混合率	m ³ /hr	3	1.5	0.75	0	0	0
	製造水量	m ³ /hr	13	6.5	3.25	14	7	3.5
	工事費	淡水化装置工事費	US\$	141,505	85,497	56,693	116,130	99,442
土木工事・据付費		US\$	76,000	53,200	44,600	76,000	53,200	44,600
工事費計		US\$	217,505	138,697	101,293	192,130	152,642	127,354
運転費	消耗品	\$/m ³	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03
	スペア - パ - ツ	\$/m ³	0.80	0.81	0.90	0.79	1.06	1.27
	労務費	\$/m ³	0.20	0.04	0.09	0.02	0.04	0.09

(2) B 地点での淡水化

A 地点よりも塩分濃度が高い B 地点に、逆浸透膜法と電気透析法それぞれを用いて、脱塩水製造能力が約 10(m³/hr)の淡水化装置を設置することを想定した。表 8.5-2 に検討のための諸元を示す。

表 8.5-2 B地点での淡水化装置導入検討のための諸元

項 目		単位	逆浸透膜法		電気透析法	
			B-1		B-2	
装置仕様	原水供給量	m ³ /hr	20		13.3	
	脱塩水製造量	m ³ /hr	10		10	
	回収率	%	50		75	
	脱塩水の電気伝導度 (設計値)	μ S/cm	500		500	
	電力消費量	kWh/m ³	1.89		2.9	
	最大電力消費量	kW	3		0	
	原水混合率	m ³ /hr	11		10	
	製造水量	m ³ /hr				
工事費	淡水化装置工事費	US\$	89,452		79,914	
	土木工事・据付費	US\$	76,000		61,000	
	工事費計	US\$	165,452		140,914	
運転費	消耗品	\$/m ³	0.08		0.05	
	スペア - パ - ツ	\$/m ³	0.80		1.75	
	労務費	\$/m ³	0.02		0.03	

(3) PV システム

淡水化装置を駆動する PV 電源部設備は、日射量が比較的減少する 11 月の代表日を抽出し、淡水化装置の運転時間や造水量等を考慮して、それぞれのケースに応じた規模を想定した。また、設備費や工事費については Zarzita 村集中型や Kalif 村淡水化設備の PV 電源部実績を参考に想定した。これら諸元は表 8.5-3 の通りである。

表 8.5-3 PV システムの工事費

項 目		単位	逆浸透膜法				電気透析法			
			A1-1	A1-2	A1-3	B1	A2-1	A2-2	A2-3	B2
設備規模	太陽電池	kW	48	36	18	48	31	16	8.4	74.4
	インバータ	kW	30	20	10	30.0	20	10	5	40
	コントローラ	A	200	200	100	200	170	90	50	310
	バッテリー	kWh	96	72	36	96	72	36	21.6	144
	ポンプ	kW	2.2	1.5	1.1	2.2	2.2	1.5	1.1	2.2
工事費	太陽電池	US\$	144,000	108,000	54,000	144,000	91,800	48,600	25,200	223,200
	インバータ	US\$	15,000	10,000	5,000	15,000	10,000	5,000	2,500	20,000
	コントローラ	US\$	1,000	1,000	500	1,000	850	450	250	2,550
	バッテリー	US\$	4,000	3,000	1,500	4,000	3,000	1,500	900	6,000
	ポンプ	US\$	5,050	4,040	3,670	5,050	5,050	4,040	3,670	4,640
	工事費	US\$	11,790	9,489	6,309	11,790	7,881	5,022	4,187	20,432
	合 計	US\$	180,840	135,529	70,979	180,840	118,581	64,612	36,707	276,822

8.5.2 想定した淡水化設備の評価結果

(1) A地点における製造水コスト

逆浸透膜法と電気透析法それぞれの淡水化装置について、規模をパラメータに月別の製造水量とこれを前提に年間の製造水コストを検討した。結果は次のとおりである。

- ・月別の製造水量は、逆浸透膜法と電気透析法の方式にはよらず、同規模であればともに同じと見ることができる。製造水量は日照時間が長くなる2月から8月にかけて増加するが、短くなる9月以降次第に低下する傾向にある。なお、日照時間が更に短くなる冬期には、降雨が期待でき天水の利用によって生活用水の補給ができるものと考えた。
- ・シリア国で飲料水の確保が最も難しいのは乾期の終わる10月頃と考えられる。この10月の造水量について、飲料水の必要量を1人当たり15(ℓ/日)とすると月別の製造水量から飲料水が供給できる人数は表8.5-5のとおりとなる。

表 8.5-4 飲料水供給人数(10月)

規模 供給	A 1 - 1	A 1 - 2	A 1 - 3	備 考
人数(人)	7,920	3,987	1,862	1人当たり 供給量 15ℓ/日

これら条件の下に年平均値の製造水コストをみると表8.5-6のとおりであり、次のようなことが明らかになった。

- ・装置規模が大きいほど安くなり、製造水量約10(m³/hr)の場合には電気透析法が1.50(US\$/m³)、逆浸透膜法が1.72(US\$/m³)と電気透析法が逆浸透膜法よりも約US\$0.2/m³程度安くなる。
- ・造水コスト特性としては、逆浸透膜法の方が規模の増大につれ安くなる傾向があるが、電気透析法はほぼコンスタントな値をとる。
- ・物価上昇率3%の場合、製造水コストへの影響は約15%程度余り上昇する。耐用年数が20年から30年に延長可能と考えた場合、製造水コストは約10%程度低下する。

表 8.5-5 A 地点における水のコスト

逆浸透膜法

ケース			A 1 - 1			A 1 - 2			A 1 - 3		
			造水能力 13.2 [m³/h] 造水量 39,546 [m³/年]			造水能力 6.5 [m³/h] 造水量 19,989 [m³/年]			造水能力 3.25 [m³/h] 造水量 9,350 [m³/年]		
条 件	項 目	単 位	PV	淡水化	計	PV	淡水化	計	PV	淡水化	計
耐用年数 20年 物価上昇率 0%	固定費	US\$	12,997	19,740	32,737	9,776	12,588	22,364	5,259	9,193	14,452
	可変費	US\$	396	34,623	35,019	298	18,129	18,427	159	9,825	9,984
	年経費計	US\$	13,393	54,363	67,756	10,074	30,717	40,791	5,418	19,018	24,436
	固定費単価	\$/m³	0.33	0.50	0.83	0.49	0.63	1.12	0.56	0.98	1.54
	可変費単価	\$/m³	0.01	0.88	0.89	0.01	0.91	0.92	0.02	1.05	1.07
	単価計	\$/m³	0.34	1.38	1.72	0.50	1.54	2.04	0.58	2.03	2.61
耐用年数 20年 物価上昇率 3%	固定費	US\$	13,336	19,740	33,076	10,027	12,588	22,614	5,412	9,193	14,605
	可変費	US\$	530	46,334	46,864	399	24,261	24,660	212	13,149	13,361
	年経費計	US\$	14,585	66,074	80,659	10,426	36,849	47,818	5,624	22,342	28,286
	固定費単価	\$/m³	0.34	0.50	0.84	0.50	0.63	1.13	0.58	0.98	1.56
	可変費単価	\$/m³	0.01	1.17	1.18	0.02	1.21	1.23	0.02	1.41	1.43
	単価計	\$/m³	0.35	1.67	2.02	0.52	1.84	2.36	0.60	2.39	2.99
耐用年数 30年 物価上昇率 0%	固定費	US\$	11,346	19,740	31,086	8,528	12,588	21,116	4,613	9,193	13,806
	可変費	US\$	396	34,623	35,019	298	18,129	18,427	159	9,825	9,984
	年経費計	US\$	11,742	54,363	66,105	8,826	30,716	39,543	4,772	19,018	23,790
	固定費単価	\$/m³	0.29	0.50	0.79	0.43	0.63	1.06	0.49	0.98	1.47
	可変費単価	\$/m³	0.01	0.88	0.89	0.01	0.91	0.92	0.02	1.05	1.07
	単価計	\$/m³	0.30	1.38	1.68	0.44	1.54	1.98	0.51	2.03	2.54

b) 電気透析法

ケース			A 2 - 1			A 2 - 2			A 2 - 3		
			造水能力 14 [m³/h] 造水量 40,198 [m³/年]			造水能力 7 [m³/h] 造水量 20,376 [m³/年]			造水能力 3.5 [m³/h] 造水量 10,584 [m³/年]		
条 件	項 目	単 位	PV	淡水化	計	PV	淡水化	計	PV	淡水化	計
耐用年数 20年 物価上昇率 0%	固定費	US\$	8,691	17,437	26,128	4,834	13,853	18,687	2,884	11,558	14,443
	可変費	US\$	261	33,956	34,217	144	23,178	23,322	84	14,839	14,923
	年経費計	US\$	8,952	51,393	60,345	4,978	37,031	42,009	2,968	26,397	29,366
	固定費単価	\$/m³	0.22	0.43	0.65	0.24	0.68	0.92	0.27	1.09	1.36
	可変費単価	\$/m³	0.01	0.84	0.85	0.01	1.14	1.15	0.01	1.40	1.41
	単価計	\$/m³	0.23	1.27	1.50	0.25	1.82	2.07	0.28	2.49	2.77
耐用年数 20年 物価上昇率 3%	固定費	US\$	8,958	17,437	26,395	4,993	13,853	18,846	2,996	11,558	14,554
	可変費	US\$	349	45,442	45,791	193	31,018	31,211	113	19,859	19,972
	年経費計	US\$	9,828	62,879	72,186	5,496	44,871	50,367	3,109	31,417	34,735
	固定費単価	\$/m³	0.22	0.43	0.65	0.25	0.68	0.93	0.28	1.09	1.37
	可変費単価	\$/m³	0.01	1.13	1.14	0.01	1.52	1.53	0.01	1.88	1.89
	単価計	\$/m³	0.23	1.56	1.81	0.26	2.20	2.46	0.29	2.97	3.26
耐用年数 30年 物価上昇率 0%	固定費	US\$	7,633	17,437	25,070	4,262	13,853	18,115	2,566	11,558	14,124
	可変費	US\$	261	33,956	34,217	144	23,178	23,322	84	14,839	14,923
	年経費計	US\$	7,894	34,217	59,287	4,406	37,031	41,437	2,650	26,397	29,047
	固定費単価	\$/m³	0.19	0.43	0.62	0.21	0.68	0.89	0.24	1.09	1.33
	可変費単価	\$/m³	0.01	0.84	0.85	0.01	1.14	1.14	0.01	1.40	1.41
	単価計	\$/m³	0.20	1.27	1.47	0.22	1.82	2.03	0.25	2.49	2.74

- (注) 1. 金利は、6.5%
2. 耐用年数 30 年は PV, 装置およびコンクリート構造物

(2) B地点における造水コスト

A地点よりも塩分濃度が高いB地点で逆浸透膜法と電気透析法の2つの方法による造水コストを同規模の淡水化装置を考え比較検討した。

- ・逆浸透膜法の製造水能力は10.7(m³/hr)で、電気透析法は10(m³/hr)のため、上記の月別造水量は電気透析法が若干低い。
- ・この設備による飲料水の供給人数は10月の製造水量から判断すると、逆浸透膜法で約6,420人、電気透析法で約6,270人となる。
- ・塩分濃度が高くなると造水コストは逆浸透膜法が電気透析法よりも有利で耐用年数20年、物価上昇率0%の場合、逆浸透膜法が1.79(US\$/m³)に対し、電気透析法が2.88(US\$/m³)と約5割程度高くなる。

表 8.5-6 B地点における水コスト

ケース			逆浸透膜法			電気透析法		
			造水能力	10.7 [m ³ /hr]		造水能力	10 [m ³ /hr]	
			造水量 32,056 [m ³ /年]			造水量 31,551 [m ³ /年]		
条件	項目	単位	PV	淡水化	計	PV	淡水化	計
耐用年数 20年 物価上昇率 0%	固定費	US\$	12,997	15,016	28,012	19,707	12,789	32,496
	可変費	US\$	396	28,993	29,389	607	57,854	58,461
	年経費計	US\$	13,392	44,009	57,401	20,314	70,643	90,957
	固定費単価	\$/m ³	0.41	0.47	0.88	0.62	0.41	1.03
	可変費単価	\$/m ³	0.01	0.90	0.92	0.02	1.83	1.85
	単価計	\$/m ³	0.42	1.37	1.79	0.64	2.24	2.88
耐用年数 20年 物価上昇率 3%	固定費	US\$	13,336	15,016	28,352	20,148	12,789	32,937
	可変費	US\$	530	38,801	39,331	813	77,424	78,237
	年経費計	US\$	14,586	53,817	67,683	21,982	90,213	112,195
	固定費単価	\$/m ³	0.42	0.47	0.89	0.64	0.41	1.05
	可変費単価	\$/m ³	0.02	1.21	1.23	0.03	2.45	2.48
	単価計	\$/m ³	0.44	1.68	2.12	0.67	2.86	3.53
耐用年数 30年 物価上昇率 0%	固定費	US\$	11,346	15,016	26,361	17,108	12,789	29,897
	可変費	US\$	396	28,993	29,389	607	57,845	58,461
	年経費計	US\$	11,741	44,009	55,751	17,715	70,643	88,358
	固定費単価	\$/m ³	0.35	0.47	0.82	0.54	0.41	0.95
	可変費単価	\$/m ³	0.01	0.90	0.91	0.02	1.83	1.85
	単価計	\$/m ³	0.36	1.37	1.73	0.56	2.24	2.80

(注) 1. 金利は6.5%

9 . プロジェクトの総合評価

このプロジェクトでは、太陽光発電を利用した村落電化や地下水揚水 / かん水淡水化システムを導入し、これらの設置や運営管理及び地場産業/家内工業の育成等を通じ、遠隔地域の民生向上に資する事を目的とした調査を実施してきた。ここでは、この調査結果を踏まえ、太陽光発電システムについて、技術，運営，社会，経済性および環境等の各方面から評価を行う。

9.1 導入した各システムの技術的な評価

集中型システム及び戸別型小規模システムは 1997 年 9 月から ,Zarzita 村の揚水システムは 1998 年 3 月からまた、Kalif 村の戸別型中規模システム及び揚水 / 淡水化システムは 1998 年 8 月末から運転を開始した。このプロジェクトを通じて得られた運転データの解析結果や保守点検の状況及び問題点と実施した対策などを踏まえ、導入したシステムについての技術的な評価を行った。

9.1.1 太陽光発電による電化システム

(1) 集中型システム

需給状況

運転開始当初は、白熱球等の増設が目立った。ある程度電気の利便性が村落住民の間に浸透してくると、今度はラジカセやテレビといった娯楽用途の電気製品が増え始め、続いて洗濯機，冷蔵庫や扇風機など比較的電力を消費する電気製品が増加してきた。この結果、運転開始当初は電力需要が設計値の 70(%)程度であったものが、2 年後には「約 4,700(kWh/2ヶ月)」と当初計画を越えるまで増加した。しかも、1999 年夏期の 7 ~ 8 月には、一時的ではあるが「約 7,200(kWh/2ヶ月)」と、大きく電力需要が増えた。しかし、システムは日射量の少ない冬期でも夜間の電力需要をカバーできており、ほぼ設計条件を満たしている。

バッテリーの容量

電力需要の実績値をもとに、ピーク電力値等から、総消費電力量の割合を「昼間:20(%) , 夜間:80(%)」と仮定して、集中型システムのバッテリー運用についての検討を行った。電力需要が「バッテリー放電深度:20%」程度以下であれば、日常の充放電サイクル使用としては特に問題のない放電深度であり、7 年程度の寿命が期待できる。しかし、「放電深度:20%」を越えると、日常のサイクル使用の放電深度としてはやや深い。特に 1999 年 7 ~ 8 月の 2 ヶ月間は、容量に対しての放電深度が約 28.6%と最高値を記録している。バッテリーの管理はその寿命に大きく影響を及ぼす。従って、特性を十分に把握しできるだけ長期にわたってバッテリーの寿命を維持できるよう配慮する必要がある。

インバータの容量

集中型に導入したインバータ容量は 35(kW)で、現時点での電気製品の容量総計約 20.5(kW)に対してやや余裕のある値となっている。しかし、Zarzita 村の電気製品の傾向としては、冷蔵庫や洗濯機など回転機器を含む製品が増加しており、これら電気製品は回転機を駆動するため、インバータは電源投入時の瞬時突入電流に耐えられなければならない。一方、このインバータが将来系統との連系運転を実施するときには、太陽電池の発電電力量を最大限有効に活用するため、太陽電池容量と同程度のインバータを備えておくと、消費電力量より多く発電電力量が得られたときにはこれを系統に送電することができる。こういった観点から見ると、現状では設備容量にやや余裕がある様に見えるが、将来の拡張性を考慮するとほぼ妥当な容量と考えられる。

(2) 戸別型システム

需給状況

- ・ Fedre 村の電気製品の所有状況を見ると、けい光灯やラジカセ及び白黒テレビが中心で、所有台数にはほとんど変化が見られずこれ以外の製品も導入されていない。従って、村落住民は、適切に負荷を使用していると推測されるとともに、一部洗濯機などの使用要求はあるものの、照明やラジオ、テレビなどが主流になっている。
- ・ Katoura 村ではラジカセや白黒テレビの所有台数にやや増加が見られるが、特に 18(W)級のけい光灯の増設が著しく、主に家畜小屋の照明として使用されている。運転開始以降の運転状況の推移から、今後さらに電気製品の導入と電力需要が増加することが予想され注意して監視していく必要がある。
- ・ Kalif 村は交流システムではあるが、Zarzita 村のように電気製品の増加もほとんどなく、わずかに 5(W)白熱球が増えたのみである。しかし、夏期に不在となる村人が多く約半数は留守家庭となり、この間常にバッテリーは充電状態となり、液の減少を加速してしまう。現状では留守家庭について、点検インターバルを夏期のみ 1 ヶ月に 1 回とし、かつ充電回路を切り離して対処している。

システム運用上の留意点

いずれの戸別型システムも、冬期に停止することなく運転が継続されている。従って、導入したシステムの規模は妥当であるが、次のような点に留意すれば、今後このシステムが一層有効活用できる。

* 戸別型小規模システム

冬期にはほぼ需給バランスがとれているが、夏期の昼間に発電電力が需要を上回るケースがある。従って、小型のインバータを導入し洗濯機を使用できるようにするなど発電電力の効果的な活用方法を導入すれば、より民生向上に役立つ。

* 戸別型中規模システム

電力の需給バランスから見て、導入設備の規模はほぼ妥当であった。しかし、Kalif村の約半数は、年間のうち半分は家を留守にする。従って、設備の一部を切り離して可搬型にする等、より有効な将来対策を検討すれば、パディア地域のペドウィン用の電化システムとして充分活用できる。

(3) 技術移転の実施状況

これまで、SSRC/HIAST が実施してきた保守点検を含めた維持管理の状況を調査した結果、設計から建設工事、試運転を通じて実施した技術移転の成果が十分に活かされ、点検や収集データの解析等がスムーズに実施されている。従って今後保守点検を含めたシステム運営全般が電力省 / 電力公社に移管しても、SSRC/HIAST の支援のもと、関係諸機関が充分連携して維持管理がおこなわれ、将来にわたってサステナビリティは確保できる。

(4) 今後の太陽光発電システム導入に向けて

配電線による電化村落に比較的近い村落では、すでに電気の利便性が十分浸透しており、使用したい電気製品が多岐に亘るため電力需要が大きい。このような条件下にある未電化村落では、住民の需要をコントロールすることは極めて困難であり、太陽光発電システムによる電化で対応する場合には、住民のデマンドを十分に調査し、太陽光発電の特徴を説明した上で、システム設計をおこない導入するのが望まれる。

一方、比較的配電線から遠くかつ配電線で電化された町との交流も比較的少ない Fedre 村では、プロジェクトを通じて電気製品の増加もなく電力需要もほとんど増加しておらず、このような状況下でも一部住民から洗濯機などの使用希望があるものの、ほとんどの村落住民の基本的なニーズは満たしている。今後も、経過を慎重に見守る必要はあるが電気製品や需要が飛躍的に増加するとは考えにくい。

シリア国では国の施策の一つとして未電化村落の電化を推進し、すでに全国平均でみて70%を越える電化率となっており、乾燥地域の村落や配電線からかけ離れて遠い小規模村落などが残されているのが現状である。このようなケースでは、戸別型システムなど経済的に太陽光発電の有意性が認められる地域があり、今後このような小規模未電化村落に積極的に太陽光発電システムの導入を検討し、基本的な住民の要望を満たしていくのが一つの方向と考えられる。

9.1.2 太陽光発電による揚水 / 淡水化システム

(1) 揚水システム

システムの規模

通常、システムの規模は揚水量と揚程によって決まる。揚程は井戸によって決まり、

揚水量は一人当たりの水需要と人口の積で決まるため、規模設計において重要なのは1人当たりの水需要である。乾燥地などで生活に最低必要な1人1日当たりの水需要は9ℓ程度と言われているが、Zarzita村では都市に近く生活レベルがやや高いため、水需要も多めの20ℓ/人に設定した。現状では予想よりもやや多めの水消費量であるが、PVによる揚水量を実感して行くに従い本来の消費量に定着していくと見られる。

設計方法

設計に際して重要なパラメータは上記の水需要とともに、日射量があげられる。冬期には日射量が少ない反面、雨水が得られるため設計の制約要因とはならない。むしろ、乾期の終わりの日射量がやや少なくなってきた時に水需給が逼迫するので、その需要を賄うだけの揚水能力を持たすことが必要となる。この意味では秋期の5 kWh/m²程度の日射条件を用いるのが良いと見られる。同時に井戸水位の季節変動や動水位レベルを考慮する必要がある。これらの値を用いてメーカーの提供する設計方法により太陽電池容量を決めることができる。SSRC/HIASTはこの設計手法を習得したので、今後の普及のためには水供給公社などの関連組織に徐々に技術普及させていくことが望まれる。

給水方法

本プロジェクトで考え出されたビニールホースでの時間給水による水配分やコントラクターによる給水管理は、今後他の村落の給水体制にも参考になる。このプロジェクトでは試験データ採りなどのため、コントラクターとは別に運転管理のオペレータを置いたが、コントラクターとオペレータは兼任するほうが望ましく、水料金についてはコントラクターへの報酬分を考慮して決定する必要がある。

(2) 揚水 / 淡水化システム

技術の妥当性

太陽光発電を揚水 / 淡水化装置の電源として用いると、日照の状況により非連続運転となるが、これによって淡水化システムが悪影響を受けることはない。しかし、淡水化装置に供給する電力を安定化しかつ、非常操作に対応するため、最小限のバッテリーを設置した。淡水化システムによるかん水の除塩率は、当初99%以上と設計どおりの性能を示していたが、運開後1年未満で脱塩性能が3～4%低下した。これは活性炭タンクに漏水がみられた際に装置を約2週間完全停止状態にしたこと、さらにその後新しいタンクに取り替えるまでの間、断続的に運転した際化学薬品による逆浸透膜の洗浄が適切でなかったことが原因となったものと考えられる。淡水化装置は定期的なメンテナンスを的確に行いさえすれば安定的な運転が行えるはずであり、運転・保守体制が確立した後は淡水化装置が長期間に亘って使用できると考える。

規模の妥当性

当初計画では、1日当りの日照時間を約5.5時間として造水量を2.3m³/日と設定していた。しかし、シリア国の飲料水水質基準がわが国より緩やかであることを背景として、現地の淡水需要の実情により適合するために、淡水化システムのプロセスを変更することによって造水量を約20%増加させた。これまでのシステム運転実績によれば、平均造水量は夏期において約4m³/日、冬期では約1m³/日であった。淡水需給は季節的に大きく変動するが、需給が逼迫する冬期においても一人当たり6ℓ/日の淡水分配量を確保している。この量は飲料および調理用としての必要最低限度に近いと考えられるので、資金的に余裕があればもう少し大きい規模の淡水化システムが望ましい。

社会環境及び自然環境への影響

- ・淡水化システムではかん水中の塩分等の不純物を分離して脱塩水が製造される一方で、塩分の高い濃縮水も排出されることになる。Kalif村のシステムでは、この濃縮水を井戸水原水と混合した上で多目的水として利用することにしている。この多目的水の塩分濃度は季節的な変動が激しく年間を通じて約3,000μS/cm～7,500μS/cmであるが、Kalif村の降水量が年間約300mmあるので、この多目的水を灌漑水として使用しても雨水による塩分の希釈効果がある程度見込めるため、土壌の塩害はほとんど無いと判断される。しかし降雨量の少ない状況で、この水を灌漑に用いようとする場合には、塩分濃度が高くなり過ぎないように原水との混合率を工夫する等の配慮が必要である。
- ・逆浸透膜は化学薬品による洗浄を定期的に行う必要がある。洗浄廃液はほとんどが酸とアルカリの水溶液でありその他に危険物質は含まれていないので、中和されている限り環境に対する影響はない。そのためKalif村の淡水化システムでは洗浄排水をピットに落とし込み、土中で中和するようにしている。ただし、より大型の淡水化システムの場合は排水の混合槽を設けるのが望ましい。

9.2 システム運営の評価

システム運営の目的は設置された村落電化および揚水/淡水化システムについて、維持管理を的確に行って、できるだけ長期にわたってシステムのサステナビリティを達成することである。このためには、必要な料金徴収や的確な運転保守管理がなされなければならない。このため、SSRC/HIASTは電力公社と水供給公社の双方とシステム運営移管に関する同意書を交わし、村落電化は電力公社が、揚水/淡水化は水供給公社がそれぞれシステム運営をおこなうこととなった。この結果、水供給公社は2000年4月から料金徴収を開始し、一方、電力公社は料金設定の検討に時間を要したが、2001年1月に徴収料金を設定し、両公社ともに本格的なシステムに取り組むこととなった。

(1) 運営組織

4 つの村落に設置したシステムは、村落電化は Aleppo 電力公社が、揚水 / 淡水化は Aleppo 水供給公社がそれぞれ維持管理の担当者を任命して運営管理を行うことになった。直接的には、Zarzita 村, Fedre 村, Katoura 村, Kalif 村の村落電化システムは Aleppo 電力公社 Dartazze 支所 Economy Unit が、Zarzita 村揚水システムは Aleppo 水供給公社 Dartazze 支所 Economy Unit が、Kalif 村淡水化システムは Aleppo 水供給公社 Sfireh 支所 Economy Unit がそれぞれ担当する。水供給システムについては、それぞれコントラクターが選任されて料金の徴収にあたる。

(2) システム運営移行に伴うトレーニング

システム運営の同意書が結ばれると、電力公社および水供給公社の技術者を SSRC/HIAST に派遣させ、必要な教材による教育をおこなうとともに、SSRC/HIAST 技術者の指導により、システム現場での実習・教育訓練を実施した。SSRC/HIAST のトレーニング終了後は、電化システムは電力公社の技術者が、また揚水 / 淡水化は水供給公社の技術者がそれぞれ中心となって運転保守点検を実施し、SSRC/HIAST は技術的な支援をおこなっている。これらの状況を調査した結果、保守点検などの実施状況には何らの問題もなく、SSRC/HIAST の指導も適切であった。

(3) 設定料金と直接運営費の関係

電気料金の設定

電力公社の料金設定は、電気供給規定によると戸別型太陽光発電システムは直流供給であり規定がないことや使用電力量の計量はメータによっているが、Zarzita 村以外にメータがないことおよび太陽光発電による電気は風力発電など共に新エネルギー料金の一環として、設定する必要があることから設定が遅れたが、PEDEEE の推奨する現行電気料金の 3 倍程度(0.75SP/kWh)に設定された。料金の徴収に対しては、Zarzita 村が電力量計による使用量に対し、またその他の Fedre, Katoura, Kalif 村の戸別型には 10 時間/日の発電電力量に相当した定額制の電気料金を、0.75SP/kWh を適用して徴収する。

水料金の設定

PV 揚水や淡水化からの水料金も、水供給公社が供給している一般の水料金と同程度(6.5SP/m³)に設定されている。

設定料金と運営費

淡水化設備については、逆浸透膜は予備も含め約 20 年使用可能であり、その他機器の修繕やほとんどの化学薬品などの調達も現地市場で可能である。しかし、シリア国の

場合、電気や水など公共料金は国の支援のもと非常に低く設定されているため、この設定料金による収入ではシステムの直接費用、即ちバッテリーをはじめコントローラやインバータの取り替えができない。従って、今後この暫定料金の見直し、適正化をはかる必要がある。

(4) 今後の対応

SSRC/HIAST は設置された太陽光発電の経年劣化や事故など技術的課題の分析検討に加えて、両公社ではシステムに発生する問題に助言を行うことになっている。

両公社ともに、システムの信頼性や保守・点検が容易なためそれらの一部を村民に技術教育を行い自主管理させる方向で取り組んでいる。

Katoura 村は街に近く、しかも送電線が村の前の道路を走っている。電力公社で電化計画があれば実施し、PV を他の村落に移設活用の検討が必要である。

9.3 民生向上効果

具体的な民生向上効果として、Zarzita 村集中型システムの夏期余剰電力利用による地場産業 / 家内工業の育成をとりあげる。次に、太陽光発電システムを利用した村落電化ならびに揚水 / 淡水化を導入した村落住民にとってどのような影響を及ぼしたかを評価した。

9.3.1 地場産業 / 家内工業の育成

シリア国の観光地の土産物としては絵葉書や寄せ木細工などが一般的で、必ずしも豊富ではない。従って、わが国で趣味の工芸として人気のある七宝焼と石粉加工製品の製造・販売を提案した。カウンターパートや Zarzita 村住民は七宝焼や石粉加工製品の製造・販売は未経験分野であったが製造技術の移転を行うとともに、聖シモン城遺跡他で製品の販売と販路の確保に努めた。地場産業育成事業を実施した Zarzita 村は、近くに年間数万人の観光客が訪問する Simeon 城遺跡があり、これを対象に成果品の販売が考えられるという立地条件に恵まれた村落であった。従って、キーホルダーや石粉加工といった工芸品として人気の高い製品を提案し、UNDP の協力も得て製品の販売に好調な成果が得られた。しかし、今後こういった産業育成という観点からとらえた場合、今回のように条件のそろった地点を抽出することは困難と考えられ、それぞれの地域の特性を活かしていけるような展開を考える必要がある。

9.3.2 太陽光発電システム導入の影響

(1) PV 電化による生活様式の変化

起床、食事及び就寝時間の変化

生活の大きい枠組みとなる起床と食事および就寝の各時刻がシステム設置前後でどの

ように変化したか調査した結果、男性および女性ともに起床と食事をとる時刻には変化が見られないが、就寝時刻については男性が 1.5 時間、女性が 1.2 時間システム設置後遅くなった。これはテレビ、ラジオや照明の照度などに起因している。

その他の生活時間の変化

システムの導入前後におけるその他の生活時間変化を調べた結果、最も大きい変化はテレビを見る時間が男女とも平均して 1 日 3 時間程度増加したことである。次にラジオを聴く時間となっており村落住民の受け取る情報量が急速に増加したことを示している。

- ・この情報の増加に伴ってか、家族の話し合いも設置前に比べ増加している。
- ・一方部屋の照明が明るくなって、読書や子供の勉強時間の延長も見られる。

(2) その他の影響調査

調査団が用意したシステム導入による期待事項ごとに、その実現状況について「大・中・小」の評価を受けた。また、システム使用の満足度を住民に評価してもらうとともに機器の使用状況についても合わせて調査した。この結果を次表に集約した。

表 9.3-1 期待事項の実現状況

導入システム	期待される効果	実現度(注 1)
太陽光発電システムの設置による影響 Zarzita 村 Fedre 村 Katoura 村 Kalif 村	生活環境の改善、衛生状況の改善(ランプから蛍光灯へ)	中(注 2)
	街路照明の設置 / 夜間における安全性の向上	大
	屋内における安全性・利便性の向上	大
	家族内、家族間の交流 / 外部情報量の流入増加	大
	教育時間の増加 / 識字率、進学率の向上	小(注 3)
	電気製品の利用 / 女性の労働軽減(自由時間の増加、子供との接触時間増加)	中～小(注 4)
水供給システム(揚水 / 淡水化システム)による影響 Zarzita 村 Kalif 村	村民衛生環境の改善(生活水の確保)	中
	農業及び畜産生産性の向上(収穫、飼育頭数の増加等)	小
	食事(料理)の多様化(庭先農産物の増加)	小
	女性や子供労働力の軽減化(水汲み作業の軽減化)	中
	市販購入水代金の節約(村民支出額の低減)	大

(注 1: 実現度 大: 住民の 90~80% 中: 79~50% 小: 49%以下 が満足の表示)

(注 2: 照明は電気に変わったが暖房と炊事のため燃料は従来の灯油、薪、家畜排泄物などが利用されている)

(注 3: 識字率、進学率の向上が効果として現れるには時間がかかる)

(注 4: 交流 220V が使用可能である村落と、直流 12V の電気しか利用できない村落で異なる。)

9.4 太陽光発電システム利用の経済性分析

今回の各種太陽光発電システム利用の実証調査や最近の太陽光発電の技術開発動向を踏まえて、今後、シリア国で太陽光発電の普及・促進を行ううえで、参考となるよう 2005 年を目標におき 太陽光発電システムの経済性分析と 太陽光発電システム利用計画素材の提案を行った。

9.4.1 太陽光発電システムの経済性分析

未電化村落で一般的に利用されているケロシン照明およびバッテリー駆動 TV と、代替として 60W 戸別型太陽光発電システムを設置した場合の双方の経済性を分析比較した。

ケロシンランプ照明 / バッテリー駆動 TV に要する費用は、電力料金に比べて非常に割高である。このため、都市生活者はもとより都市近傍の電力公社による電気利用の家庭に比べ生活環境が悪い上に大きい負担が強いられている。

この代替として、太陽光発電システムを利用すると、2005 年の価格想定のもとに、太陽光発電システムの利用をケロシンランプ照明 / バッテリー駆動 TV の費用と比較すると、1/4 程度でより安定した電気が使えることになる。

したがって、太陽光発電システムの導入は電力公社にとっても重要な課題である。

9.4.2 太陽光発電システム利用計画の素材提案

シリア国における太陽光発電システム普及促進の開始を、2005 年を目標としておき、各種太陽光発電利用について、発電原価や水原価を算出して代替案との経済性の比較検討を行った。

(1) 太陽光発電利用による村落電化

戸別型太陽光発電システム 規模 5 ケース

ミニ集中型太陽光発電システム 規模 3 ケース

につき、配電線延長やディーゼル発電との発電原価比較を行ったほか、ミニ集中型の場合余剰電力利用の揚水コストについても併せて検討した。

(2) 太陽光発電利用による揚水

これについては、揚程や揚水量をパラメータにして、太陽光発電利用による揚水とディーゼル揚水との揚水コストを比較し、太陽光発電利用による揚水が経済的に有利となる領域を明らかにした。

(3) 太陽光発電利用による淡水化

Hama 南東部の Badia 地域と他のもう 1 地点における飲料水の確保のため、太陽光発電利用によるかん水揚水と逆浸透膜法および電気透析法による造水コストの検討を行った。

その結果シリア国における太陽光発電利用分野としては次が推奨できる。

未電化村落の電化

- ・既設送電線から村落までの距離が 5km 以上の場合、村落戸数が 40 戸程度ならば太陽光発電による電化が経済的である。配電線電化は村落規模が大きく、かつ各戸の電力需要が大きくなると、太陽光発電に比べ経済性は出ない。

- ・村の住宅が9戸程度隣接しているところでは、ミニ集中型を適用すると、一般の家電機器が使用出来るほか、一例として余剰電力の利用によって経済的に飲料水の揚水が出来る。
- ・Badiaに住むベドウィンの住宅の電化には、太陽光発電利用が最適である。太陽光発電システムの一部を可搬式に組み替え遊牧地で利用できる。配電線電化の場合、夏の遊牧期間中設備が使われない。

飲用水やその他の揚水

- ・一例として、揚程60mで、揚水量20m³/日の場合ディーゼル揚水よりも太陽光発電揚水が経済的となる。太陽光発電の場合、殆どメンテナンスフリーであるが、ディーゼルの場合油の補充や起動・停止および定期点検などに手間が必用となる。
- ・過度な揚水を行わないため、地下水脈の保全に役立つ。
- ・点滴農法との併用により遠隔地でも夏期に農業を行うことができ、農家の生産性向上に結びつく。

淡水化

現状では造水単価は高くつき、経済的に飲料水供給はできない。しかし、例えば、逆浸透膜法の場合、逆浸透膜を除き全ての機器や薬品などは現地調達可能であるので、試作し改良を重ねると、シリア国のかん水に見合った経済的なものができる。これが実現すると適用箇所は多い。

9.5 導入システムに関する今後の課題

4村落における村落電化システムや揚水/淡水化システムは、運開後3年が経過しその間に社会的な環境の変化やシステム利用の経験から住民の意識にも変化がみられた。これらを含めて、調査実績に基づき今後のシステム運営を中心に以下の課題について検討した。従って、SSRC/HIASTをはじめ電力公社や水供給公社に今後の適切な対応を図って貰いたい。

(1) 村落電化システム関係

- ・Katoura村の住民の苦情

Katoura村の住民は、プロジェクト開始時、今後10年間程度電化はないものと判断しシステム設置を強く要請してきた。設置の事前説明を了承し、かつ点灯直後は満足していたが、最近システム運営が電力公社に移行しても冷蔵庫や洗濯機が使えないとの苦情が寄せられている。Katoura村の1km前面の道路には送電線が走っているため、今後電力公社はこの村の電化計画があれば配電線延長を行い、設備の他の遠隔未電化村落への移設やSSRC/HIASTと協議し配電線連系について検討して欲しい。

- ・ Zarzita 村の新築住宅の急増

Zarzita 村は 40 戸 400 人の村落であったが、35kW 集中型システムの導入と 8m³/日の飲料水が太陽光発電で揚水出来るようになったこと 2 年間余りに 13 軒の住宅が新築され、更に増加傾向にある。太陽光発電の規模は当初の住宅を対象に需要の自然増を見込んだものであるため、今後の電力需給の維持が難しくなる。従って、適当な時期に電力公社は配電線延長を行い、SSRC/HIAST と協議のうえ、わが国からの専門家派遣も視野に入れて既存システムの系統連系運転を実施して欲しい。

- ・ Kalif 村の太陽光発電設備の有効利用

Kalif 村は、住民の一部を残し夏期には遊牧に出かけ留守になるため、太陽光発電システムは未使用のままである。設備の有効利用を図るため、SSRC/HIAST は電力公社と協議のうえ、設備の一部を移動用に組み替え移動先で使用できるよう改造することを勧める。

- ・ 住民の協力によるシステム管理の効率化

電力省は太陽光発電システムの信頼性が高いことを考慮して、戸別型システムのバッテリー液の補充その他を住民の協力のもとに推進しコストの低減を図っている。この場合、技術や安全性確保の指導のもとに、その範囲の拡大を図って欲しい。

- ・ 太陽光発電の電気料金の適正化

現行料金は未だ暫定的なものであると聞いている。早急に新エネルギー料金を検討設定し運営管理の効率化を図って欲しい。

(2) 太陽光発電利用による揚水 / 淡水化システム

揚水関係

Zarzita 村揚水システムの管理には、水供給公社は最大限配慮し専任一人を当て万全を期しているが、水料金が安く設定されているので管理費も出ない。システムの特性把握のうえ、電力公社におけるよう住民の協力を得て効率化を検討することも考えて欲しい。

淡水化関係

- ・ 淡水化装置は既に経験したように、一度長期間停止させると、適正な措置をとらない限り膜が急速に劣化する。従って、事故その他トラブルに適切に対処するための情報連絡を密にして欲しい。

- ・ 淡水化装置の運営管理技術の習得

今後の生活レベルの向上や人口の増加を考え、如何に効率良く飲料水を確保するかは重要な課題である。従って、導入設備のサステナビリティを確保しつつ淡水化技術を習得する事は将来に備えて非常に需要である。このため運転・保守マニュアルを厳守しシステムの所期の目的を達成してほしい。

(3) その他

Zarzita 村においては、集中型太陽光発電の夏期余剰電力を利用して、七宝焼や石粉加工の土産物を製造し近くのシモン城遺跡の外人観光客に販売している。現在のところ数種類の製品があるが、魅力的な新製品を逐次製造販売しないと、事業の継続性が保てない。従って、Aleppo 大学美術部他の協力のもと、新製品の開発に取り組んで貰いたい。

10．シリア国政府および関係機関に対する太陽光発電システム利用のための勧告

再生可能エネルギー利用の一環として、太陽光発電はエネルギー確保の多様化を図るうえで有力な技術手段である。このため、先進工業国においては、環境問題の緩和と化石燃料の消費節減を目的に風力発電とともにそれらの普及促進に積極的に取り組んでいる。

このような状況の中にあつて、シリア国政府とわが国政府の間で、シリア国の未電化 4 村落において各種太陽光発電システム利用の実証研究が実施されたことは時宜を得たものである。ここでは、今回の成果の一部である太陽光発電利用にあたって配慮すべき事項や将来の普及促進について、シリア国政府および関係機関に勧告を行う。

10.1 シリア国における太陽光発電システム利用に当たって配慮すべき事項

今回のプロジェクトでは太陽光発電を利用した村落電化ならびに揚水 / 淡水化システムを導入し運用してきた。この調査から得られた成果をもとに村落電化および揚水 / 淡水化のそれぞれについて、今後円滑に普及促進するための配慮すべき事項を次に示した。

(1) 太陽光発電による村落電化

太陽光発電システム設置時における住民への事前説明の徹底

一般住民は太陽光発電による電気も配電線供給による電気も同じであると考え易い。設置後、使用電力量に大きい違いがあり冷蔵庫や洗濯機が使えないと苦情が出やすい。従って、システムの設置規模に応じた合理的な使用を徹底説明し納得を得ることが重要である。

太陽光発電による電化の適地

太陽光発電の導入を検討するうえで、代替となる配電線延長やディーゼル発電との経済性の比較評価や村落の形態に合わせた最適な PV システムや適地の検討をおこなった。その結果、

・送電線から遠隔で小規模村落

送電線近傍の未電化村落に太陽光発電システムを設置することは、配電線延長の効果がでないばかりでなく、両者の電気機器の使用差による住民の納得が得られにくい。従って、電力公社の送配電計画と整合をとったうえで、送電線から遠隔地域で規模の小さい村落が適地となる。例えば、既設送電線からの距離が 5km 以上で、戸数が 40 戸程度ならば太陽光発電による電化が経済的である。また、ミニ集中型を導入すれば、余剰電力を活用して飲料水を揚水する事などが考えられる。

・Badia に住むベドウィン住宅の電化

Badia にはベドウィン住宅が点在している。配電線延長よりも太陽光発電で電化すると、遊牧時に移動式に組み替え移動先でも利用出来るので非常に効率的である。

太陽光発電による電化後の需要対応

太陽光発電による電化時、設備規模は需要想定に基づき決定されるが、この需要には当然自然増が考慮される。しかし、ミニ集中型を設置した場合には、新築住宅の建設などが予想される。この様な場合に備えた設備の増設や配電線延長などを考慮しておく必要がある。

電力会社の供給規定の改定による太陽光発電システムの普及促進

SSRC/HIAST から電力会社へのシステム運営移管時、電力会社の供給規定によると、戸別型太陽光発電システムのように電力量計がないものは取り扱えないとの判断が一時示された。今後、早急に供給規定を改定して、太陽光発電等を含めた再生可能エネルギーシステムが円滑に導入できる措置を講ずる必要がある。

再生可能エネルギー料金の早期設定

システム運営における今回の電気料金は、PEDEEE が再生可能エネルギー料金検討の一環として設定を行う意向であったが、概ね配電線供給の場合の3倍程度と設定された。しかし、この料金は暫定的な料金であり、かつ太陽光発電システムの資本費を除く運営費も賄えない。従って、早期に再生可能エネルギー料金を設定し導入して円滑な運営の実施が必要である。このことは、配電線供給の場合にも当てはまり、今後約10%程度の需要の伸びが予想されるので、財政圧迫に結びつかない配慮が必要である。

(2) 太陽光発電利用による揚水 / 淡水化

太陽光発電利用による水資源の有効利用

シリア国における水需要は、生活水準の向上と相俟って急速に増大している。更に、所によって地下水がかん水のため、未電化村落での飲料水確保は必ずしも容易でない。一方、農業用に井戸水をディーゼル揚水し灌漑しているところが多い。ディーゼル揚水を使用する場合、適切な操作が実施できない場合が多く揚水量の管理が困難である等が発生し、結果として過度な揚水によって地下水脈を破壊し、井戸をますます深く掘削する必要が出てきている。

水料金の適正化

今回実施した2村落における揚水 / 淡水化の水料金は現行の水供給公社の水料金程度に設定されている。このため、水料金が安く設定されているので、これではシステムの運営費が賄えない。従って、電気料金の場合と同様に適正化を図ることが肝要である。さらに、飲料水を購入している住民は多額の運搬費を払っているので格差が大きい。

淡水化技術開発の促進

水供給公社は淡水化に大きい関心を寄せ、供給域内の未使用かん水井戸の淡水化に期待を持っている。2005年の淡水化コストの予想はまだ高く導入することは難しい。ただし、逆浸透膜を除くと、造水を行うための機器や薬品は現地調達が可能である。従って、淡水化装置を試作・改良してコストダウンをはかることはシリア国にとって重要課題であるので淡水化技術開発の更なる促進を希望する。

(3) 住民参加によるシステム維持管理

電力公社や水供給公社から太陽光発電利用による電化や揚水/淡水化システムは信頼度が高いと評価されている。将来の太陽光発電利用に当たっては、システムの維持管理コスト低減のため、電力公社で実施しているように住民参加の協力のもとにシステムの維持管理が実施出来るような体制を取って貰いたい。

(4) 技術開発の推進とコスト低減

PVシステム普及にはコスト低減が重要である。モジュールや充放電制御装置の技術開発およびバッテリー製造技術向上等国内の国営および民間企業とも連携を密にし、極力国産化を図ることによりシステム全体のコスト低減をめざす必要がある。さらに、常に新しい技術情報の収集につとめ技術レベルの向上を図ることも重要である。一方、当面主な資機材は輸入に頼らざるを得ない状況にあるため、PV関連機材への輸入関税の見直しや手続きの簡略化等をおこない、輸入が促進できるよう制度面への配慮も必要である。

10.2 太陽光発電システム利用の対象地域

太陽光発電システムの利用方法として、村落電化システムについては戸別型、ミニ集中型を想定し、配電線延長およびディーゼル発電と発電原価を比較し太陽光発電の望ましい供給対象を検討した。また、太陽光発電利用による揚水については、揚程および揚水量をパラメータにディーゼル揚水との水原価を比較し、経済的に太陽光発電利用の揚水ができる領域を明確にした。最後に、太陽光発電利用による淡水化については、具体的2地点を選定のうえ、逆浸透膜および電気透析法による造水コストの分析を行った。これらの結果を踏まえて、太陽光発電システム利用対象地域を特定すると、次の通りである。

(1) 電化（電力省関係）

電力省においては、電化状況を行政単位のユニット(村落)をベースに電化率を測定している。1998年の12,121ユニットこのうち8,751ユニットが電化され電化率は72%である。未電化ユニットを多く持つのはAleppo県(電化率=53%、未電化ユニット=1448)、Homs(59%,412)、Hassake(65%,850)、Raqqa(66%,433)となっており、全国では約4,000ユ

ユニットが未電化として残されている。これらのユニットを対象に送電電線からの遠隔地であつ村落規模が小さいところほど太陽光発電利用の電化が経済的となる。

(2) 飲料水揚水（住宅省）

一例として、Aleppo 水供給公社の場合、管内に多くの未使用井戸を持っている。Zarzita 村近傍の井戸(10m³/hr 以下で未使用)のように淡水であつ未電化村落に近いところが対象となる。その他、太陽光発電の特性を考慮した新規井戸の検討も対象とする。

(3) 家畜の飲料水揚水および点滴農業の適地（農業省）

- ・家畜は農家の近傍のかん水井戸や広い放牧地のかん水井戸の揚水が対象になる。この場合個人農家が対象となるので、農業省は契約して実施する必要がある。この対象地域としてはシリア国東部の Hassake が考えられる。
- ・点滴栽培については、最初は試験的に実施し付加価値の高い作物を対象にし、逐次その分野を拡大する必要がある。この対象地域は地下水が比較的浅く水量に恵まれた地域が適正である。

(4) 淡水化（住宅省）

地下水がかん水であり、とくに水事情が厳しいシリア国東南部の Badia 地域周辺において少なくとも生活用水を確保するのは大変重要である。ただし、現状では淡水化コストが高いので、逆浸透膜法や電気透析法に加えて、太陽熱利用の蒸発法など技術開発状況の調査と試作・改良などの技術開発に重点をおきコストダウンをはかる事が望まれる。一方、実施地点の調査を行い、データを整備し将来の普及に備え万全を期す必要がある。

10.3 シリア国政府および関係諸機関への提案・勧告

2000 年 4 月にシリア国首相の提案によって『Higher Committee for Energy』が設立され、世界エネルギー会議などの課題に対応するほか、第 1 回の会議で国立エネルギーセンター構想による石油、ガス、原子力や再生エネルギー部会などの設置が検討されている。

このような状況を踏まえて、今後の実証システム運営に関する経験の蓄積や関係者に対する太陽光発電の啓蒙などのための期間を考慮し、普及促進の開始時期を 2005 年頃と想定して、太陽光発電を含めた再生可能エネルギーについて以下のように提案・勧告を行う。この提案がこれらの会議で充分検討され、再生可能エネルギー利用を国家プロジェクトとして推進できる措置を講ずるようお願いしたい。

10.3.1 シリア国政府の役割

電源開発は長期間を要するうえ、多額の設備投資が必要である。したがって、将来の工

エネルギーの多様化を図るため、シリア国では風力発電や太陽光発電など再生可能エネルギー利用の実証研究を進めているが、これらの開発は、一度に多額の投資を必要としないので、速く政策を確立して推進することが肝要である。また、再生可能エネルギー利用は各省にまたがるので、新しい組織を作り一元的に開発・運営することが望まれる。このため、政府は『新エネルギー利用の普及促進』についての法案を早期に成立させ、国家プロジェクトとして実施する必要がある。この法案の概要は次の通りである。

(1) 再生可能エネルギーの開発目標の設定

再生可能エネルギーを含めた国のエネルギー総合需給計画の策定を行い、その中で合理的な再生可能エネルギー開発目標を設定する必要がある。この再生可能エネルギーの対象には、太陽光発電をはじめ風力発電、太陽熱温水器などが含まれる。これらの審議・決定には『Higher Committee for Energy』があたると効率的である。

(2) 目標設定検討の諮問機関の設置

政府が効果的に目標設定を行うためには、Higher Committee for Energy の部会で事前検討を行うことも考えられる。即ち、

- ・ 総合エネルギーの需給計画
- ・ 再生可能エネルギーの開発計画
- ・ 技術開発計画

(3) 実施のための組織

開発目標が設定されると、これを一元的に運営・実施する再生可能エネルギー開発機構を設置する。但し、開発目標等を検討する Higher Committee for Energy や部会と密接に連携をとりつつ重複しないよう効率よく導入を進めることが重要である。

< 再生可能エネルギー開発機構 >

再生可能エネルギー開発機構は次の4つの事項を実施する。

- ・ 太陽光発電、風力発電、太陽熱温水器などの具体的開発計画の作成、委託実施、評価
政府によって毎年の再生可能エネルギーの開発や関連技術の開発目標を具体化し、国営企業などが希望する計画（電力公社 ミニ集中型など村落電化対象計画、水供給公社 村落対象揚水/淡水化計画、農業省 地域の灌漑対象計画）を検討のうえ、目標枠内で効果的に実施する
- ・ 関連の技術開発(効率の改善、国産化率向上)の実施計画策定、委託実施、評価、適応
再生可能エネルギー関連の技術開発課題を設定し、特命、または公募(例えば、SSRC/HIAST, 大学、電力公社、水供給公社や農業省更には民間企業からの応募を審

査のうえ、委託するなど)を行い、効率的に実施し、その成果を評価する。また、効果的な技術は導入・活用する。

- ・再生可能エネルギーの啓蒙普及

太陽光発電、風力発電や太陽熱温水器等再生可能エネルギーの利用促進について、このプロジェクトから得られた PV システムの優位性も踏まえ、環境問題や地域開発要素等も含め、政府機関のみならず地方自治体などに対しても広く PR や啓蒙活動をおこなう。これらの活動を通じ、再生可能エネルギー利用システムの導入に関する情報を収集し、政府機関や地方自治体等が所有するものと併せて計画策定に反映する。

- ・関係諸機関の相互連携

再生可能エネルギー利用システムの導入は、関係省庁のみならず地方自治体などとも連携をとって推進する必要がある。また、研究開発や運転維持管理等技術面と計画策定や運営管理および料金徴収などのソフト面とが混在している。一方、将来の普及を見据えて、関係省庁のみならず地方自治体などにも、維持管理が行える技術者や導入計画の企画立案担当者を養成し配置しなくてはならない。従って、これら多岐にわたる業務を関係諸機関が円滑に効率よく実施できるよう、計画策定や人材育成などについてのとりまとめと支援をおこなう。

(4) 予算措置

- ・再生可能エネルギー機構に必要となる資金は、特別税として例えば、電気税ないしは石油税に再生可能エネルギー税を上乗せして徴収し、再生可能エネルギー関連事業のみに引き当て、事業の継続を図る。
- ・外貨が不足する場合には、世界銀行や円借款などの利用も視野に入れた検討を行う。

以上のような措置をとりつつ普及促進を図ることにより、特に技術進歩が著しい太陽光発電はコマーシャルベースに乗る日が近いものと思われる。

10.3.2 各省や関係諸機関の役割

各省はすでに電気技術者を擁し、太陽光発電の設置や運営に十分な対応ができる。一方、遠隔地域の村落と直接接触し情報収集をおこなうのは地方自治体の場合が多い。ここでは、各省と再生可能エネルギー開発機構との連携等も視野に入れ、それぞれの組織における導入に向けての役割を述べる。

(1) 電力省の役割

太陽光発電による電化は、配電線延長による電化と競合するのではなく、投資抑制の補完的技術と考え、未電化村落を対象に、村落の形態により複数のミニ集中型や戸別型での

電化を検討し、配電投資よりもより経済効果の上がる村落の電化計画を申請して次により実施する。

太陽光発電計画情報の収集

電力省は各地の電力公社に呼びかけ、地方自治体等とも協力のうえ、未電化村落のうち当分配電線延長が期待されない村落を調査し、太陽光発電設置が配電線延長よりもどの程度の経済効果あるか定量的に分析・検討のうえ、計画を提出させて、それらを分析集約する。

計画の策定と提出

電力省は各電力公社の太陽光電化計画から全国的にどのように太陽光発電を導入すれば効果的か再検討して、再生可能エネルギー機構に電力省としての計画を提出する。

計画実施

再生可能エネルギー開発機構の計画審査決定に基づき、各電力公社に対して、対象村落への太陽光発電の設置と運営を指示し、地方自治体等とも連携して導入を遂行する。

その他の事項

* 再生可能エネルギー開発機構からの計画を受け、SSRC の支援のもと、具体的な人材育成計画の作成と、省内だけでなく各電力公社や地方自治体等に、運転維持管理等に当たる技術者と計画立案 / 運営管理等に当たる担当者の養成配置をおこなう。

* 各電力公社を通じて次の事柄を実施する。

a. 電気工事業者の教育・訓練

将来の太陽光発電の進展を考慮して必要な地域ごとに電気工事業者に太陽光発電の設置・運営について、教育訓練を実施する。

b. 個人が戸別型太陽光発電を設置する時の支援

個人が戸別型太陽光発電を設置する時、個人の要望に応じて、業者の斡旋や施工を実施する。また、安全確保を目的に屋内配線工事の検査を実施する。

c. 太陽光発電の導入実施後、環境変化により配電線延長により電化する必要が生じたとき、太陽光発電施設の有効利用をはかるため、系統連系や他の未電化村落へ移設を行う。

(2) 住宅省の役割

住宅省傘下の各地の水供給公社においては、飲料水確保のため各地でたくさんの井戸を掘削している。これらの井戸の内、揚水量が少ない井戸は未使用のまま放置されている。例えば、Zarzita 村の井戸もこれに該当し、10m³/hr 以下で使われていなかった。

太陽光発電揚水計画情報の収集

住宅省は各地の水供給公社に呼びかけ、地方自治体等とも協力して既存淡水井戸の内、揚水量が少なく、かつ未電化村落で太陽光発電利用の揚水が、村落住民に役立つ地点調査と計画（案）情報を収集して分析・検討する。

計画の策定と提出～実施

これは電力省の場合に準じる。

その他の事項

- * 再生可能エネルギー開発機構からの計画を受け、SSRC の支援のもと、具体的な人材育成計画の作成と、省内だけでなく各水供給公社や地方自治体等に、運転維持管理等に当たる技術者と計画立案／運営管理等に当たる担当者の養成配置をおこなう。
- * Aleppo 水供給公社は地下水(かん水)の揚水／淡水化に深い関心を持っている。このようなところを対象に、淡水化の調査・研究開発費を再生可能エネルギー機構に申請し、SSRC/HIAST と共同研究を実施することは、将来の飲料水確保に必ず役立つものと期待できる。

(3) 農業省の役割

調査団が接触した農業省関係者は太陽光発電利用に深い関心を持ち、これを活用し、農村住民の生活向上を図ることに期待していた。ここでは、太陽光発電利用を農業分野に絞って、事例について提案する。

太陽光発電揚水と点滴農法の計画情報の収集

各地の農業事務所や地方自治体等に呼びかけ、標記の具体的計画情報を収集し分析検討のうえ、農業省として最も望ましい計画に集約整理する。この場合、太陽光発電揚水の対象となる農場、作付け品種や生産額が大きいファクターとなる。直接、実施できない場合は委託実施を行う。

計画の策定と提出～実施

これは電力省の場合に準じる。

その他の事項

- * 再生可能エネルギー開発機構からの計画を受け、SSRC の支援のもと、具体的な人材育成計画の作成と、省内だけでなく Jabal Al Hoss 事務所のような各現地事務所や地方自治体等に、運転維持管理等に当たる技術者と計画立案／運営管理等に当たる担当者の養成配置をおこなう。

(4) SSRC/HIAST の役割

SSRC/HIAST は国営企業の技術開発や技術課題の対応の役割を担っているので、太陽光発電の各種技術開発についても全般にわたり積極的な取り組みが望まれる。具体的には今後の『再生可能エネルギーの国家プロジェクト』によって示されるが、当面は、次の課題への取り組みが必要と考えられる。

国際的な技術情報の収集

太陽光発電技術は先進工業国で素子の効率向上や薄膜化による価格の低減、更には、量産化も積極的に進められているので、特に価格動向に着目し、関係機関に周知・反映する必要がある。

太陽光発電システム周辺機器の国産化の推進

コントローラ、インバータ等の周辺機器やバッテリーの改良および太陽電池モジュールのラミネータ処理の効率化/品質向上等について更に技術開発を推進し、国営や民間企業および大学などとも連携をとりつつ、効率的に国産化を図る。また、シリア国に最適な太陽光発電システムの架台などの標準化を進め、コスト低減を図る。

淡水化システムの国産化率向上の技術開発

水供給公社などと共同で淡水システムについて技術開発を推進し、国産化率を高め、一層のコスト低減を図る。

その他事項

再生可能エネルギー開発機構の人材育成計画に関する総合プラン作成を支援するとともに、各省の具体的な計画の作成等に対して指導と支援をおこなう。また、実際のトレーニング実施に当たってはこれを支援しつつ、各省の技術者に対する周期的な教育と技術レベルの向上などについても計画し実施する。

(5) 地方自治体の役割

情報収集と整備

それぞれの自治体が管轄する地域における配電線による電化計画や未電化村落の数、村落の規模、水や電力の需要および水供給の現状などについて情報の収集と整理分析をおこない、導入に向けてのデータベースを構築しておく。

導入計画の立案

収集した村落のデータを用いて、その地域にある電力公社や水供給公社の出張所の支援も得ながら、村落に応じた PV システムや揚水システムの形態や規模等を検討し導入

計画を立案し、関係諸機関に提出する。この時、このプロジェクトで実施したような地場産業育成など PV システム導入により、その地域の特性が活かせる社会開発的な要素があれば、これも視野に入れて導入検討を行う。

運営維持管理業務の支援

電力会社や水供給会社の出張所が実施する設備の導入設置や保守点検，料金徴収など維持管理業務を技術面やソフト面から支援する。

その他事項

維持管理業務の支援や導入計画の企画立案をおこなうため、各省や SSRC の協力を得てこれらに携わることのできる人材の育成をはかる。

再生可能エネルギー普及・促進体制（提案）

