

シリア・アラブ共和国
鉍工業プロジェクト
形成基礎調査報告書

1994年11月

国際協力事業団
鉍工業開発調査部

鉍 調 計
CR(1)
94-146

JICA LIBRARY



1116885(3)

国際協力事業団

27035

シリア・アラブ共和国

鉍工業プロジェクト

形成基礎調査報告書

1994年11月

国際協力事業団

鉍工業開発調査部

目 次

I. 概要

1. 調査の目的	3
2. 調査の期間	3
3. 調査団の構成	3
4. 調査日程	3
5. 調査案件の背景と概要	4
6. 調査事項	5
7. 主要面会者	5
8. 協議及び視察概要	6
9. 総合所見	13

II. 作成資料

1. Study for the Introduction of Integrated P/V System	17
2. Design of Integrated P/V Sysyems	22
3. Estimated Electricity Demand at the Site	26
4. 質問状	28

III. 関係資料

1. 太陽光発電システムの概略設計	33
2. 太陽光発電システム設計支援エキスパートシステム	39

IV. 収集資料

1. 上記 II. 4. の質問状に対する回答	44
2. Conclusions regarding HIAST/Aleppo Division P/V Program	55
3. Observations, Conclusions and Recommendations regarding the HIAST	58
4. UNDP Solar Village Project	61
5. UNIDO Assistance to ASST/HIAST	66
6. 「シ」側追加提出資料	67

I . 概 要

1. 調査の経緯・目的

本年1月、「シ」国SSRC（科学研究調査センター）は、援助窓口機関SPC（企画庁）に、平成6年度開発調査要望案件として、「太陽光発電計画に係るF/S調査」を提出した。

本年1～2月、「シ」国・鉱工業プロジェクト選定確認調査団を派遣。その際に、「シ」側より、上記案件の要望背景及び内容等につき確認を行うとともに、我が国の協力の可能性等についても協議を実施した。その結果、「シ」国の電力事情、豊富な太陽エネルギー、技術を吸収する人材面の豊富さ等に鑑みると、今後の太陽光発電普及の優良モデルとなり得る国であり、日本側実施体制の確立も含めて検討し、早急に実施に移すべきとの結論に至った。

今次調査は、上記経緯を踏まえ、「シ」側と「太陽光発電利用半乾燥地域民生向上技術協力（仮称）」について、我が国の協力の可能性、その範囲等につき協議を行うことを目的とした。

2. 調査期間

1994年7月18日（月）～28日（木）（11日間）

3. 調査団の構成

団長・総括	： 榎下 信徹	国際協力事業団鉱工業開発調査部次長
技術協力行政	： 進藤 秀夫	通商産業省通商政策局技術協力課
太陽光発電計画	： 田村 厚雄	通商産業省資源エネルギー庁公益事業部技術課
施設・設計	： 湯川 元信	（財）日本品質保証機構 浜松ソーラーエネルギー研究所
調査企画	： 丸原 篤	国際協力事業団鉱工業開発調査部計画課

4. 調査日程

7月18日（月）：移動（成田→ローマ）
19日（火）：移動（ローマ→ダマスカス）
20日（水）：JICA事務所、日本国大使館との打合せ
SPC（企画庁）、SSRC（科学研究調査センター）との協議
21日（木）：SSRC（科学研究調査センター）との協議
22日（金）：移動（ダマスカス→アレppo）
集中電化・揚水システム候補地（ザルジータ、フィドレ）の視察
23日（土）：HIAST（高等科学研究所）及び揚水・淡水化システム候補地
（ジャバブヤド）の視察
24日（日）：移動（アレppo→ダマスカス）
UNDP協力サイトの視察
25日（月）：SSRC及びSPCとの協議
26日（火）：JICA事務所及び日本国大使館への結果報告

移動（ダマスカス→ウィーン→ロンドン）

27日（水）：JICAロンドン事務所への報告及び事務打合せ

移動（ロンドン→ ）

28日（木）：移動（ →成田）

5. 調査案件の背景・概要（「シ」側提出資料による）

（1）案件名：「太陽光発電計画に係るF/S調査」

（2）調査項目

①以下のサブ・システムからなるシステムのF/S調査

・各家（100戸）の電化（190W、毎日5～6時間供給可能）

ソーラー・セル・モジュール：6モジュール（300W）/戸

蓄電池：450Ah/システム

蛍光灯：20W×3/戸

・地方村落への電力供給（50戸）

ソーラー・セル・モジュール：35KW孤立型

蓄電池、DC/ACインバーター

電気製品（冷蔵庫、TV、照明、洗濯機等）への対応

・揚水システム（500t/日、灌漑・消費用）

ソーラー・セル・モジュール：30KW孤立型

DC/ACインバーター、揚水システム及びタンク

供給システム

・小規模揚水システム（10t/日、飲料水用）

ソーラー・セル・モジュール：2KW孤立型

DC/ACインバーター、揚水システム

・淡水化システム

ソーラー・セル・モジュール：5KW孤立型

淡水化規模：20t/日

②システム実行に関しての一般情報

・社会・経済状況、地質・環境状況、

・送配電状況

・土地・水の利用

③サイト状況

・社会活動、社会インフラ

・気象観測

・土地、水の利用

（3）実施機関

SSRC (Scientific Studies and Research Center) : 科学研究調査センター

（4）調査実施期間

2年3ヶ月

6. 調査事項

- (1) 先方政府及び実施機関の意向及び実施体制の確認
- (2) 要望案件の背景及び内容の確認
- (3) サイト候補地(複数)
- (4) 「シ」国における太陽光発電の取組み体制・現状
- (5) 他援助国・国際機関の協力動向
- (6) 関連情報・資料の収集
- (7) 現地踏査

7. 主要面会者

- (1) 在「シ」国日本国大使館
長谷川 Keiichi 参事官
山本 英昭 専門調査員
- (2) J I C A シリア事務所
田中 泉 所員
大沼 洋康 専門家(農業)
- (3) S P C (State Planning Commission)
Mr. B. Siba'i Director of Scientific & Technical Cooperation
- (4) S S R C (Scientific Studies and Research Center)
Mr. Abdul Kader Alnayyal Director of Scientific Cooperation
Dr. R. Sabouni Researcher in the field of P/V solar energy
Eng. Y. Chahid
Dr. Abdul hade Al-Zeen
Miss. Sheareen Mahamoud Scientific Cooperation Department
- (5) H I A S T (Higher Institute of Applied Science and Technology)
Mr. Hudo Sabouni Director of HIAST
Eng. Kevork Kahakesuan
Eng. Mohammed Dakkak
Dr. A. Bitar
- (6) I S S A T (Institute Superintendent Science Applications Technology)
Dr. M. Mrayati Director of ISSAT
- (7) J I C A ロンドン事務所
中村 三樹男 所長
橋本 忠夫 所員

8. 協議・視察概要

(1) 企画庁（7月20日（水））

- ・当方榎下団長より、今回調査の目的及びJICAの開発調査スキーム等について説明。
- ・先方シバイ局長より、本件に係る要請（TOR）がSSRCから上がってきているが、今回の協議結果を待って、必要な修正を施した後、正式要請を発出する予定であることを言及。JICAスキームとして、開発調査で実施すべきか（プロ技で実施すべきか）よく検討して欲しいとのことであった。

(2) SSRC（7月20日（水））

- ・当方榎下団長より、JICAの技術協力スキームに関し、プロ技と開発調査スキームの違いを説明した上で、開発調査においても大型事業の可能性（機材供与及び技術移転が可能）があることを言及したところ、先方サブニグループ長は、①P/Vシステムの経済性、②技術的信頼性、③社会の受容性及び④適切な普及システムの検討が可能である開発調査スキームが望ましく、併せて技術移転を受けられる大型事業として実施し、官民への啓蒙を図るパイロット・プロジェクトとして位置付けたい旨述べた。
- ・日本側提案について、先方は、調査の目的・項目については同意したが、サイトについては、一ヶ所で①電化、②揚水、③淡水化のニーズを満たすサイト候補地を捜すことは困難であり、他方、アレppoの近郊で2地点を選択し、1ヶ所で①電化及び②揚水（飲料用）を実施し、他の1ヶ所で③塩水の淡水化を行うのならば、サイトは存在する旨述べた。また、オペレーション、メンテナンスの面でも毎日通えることが必要であり、研究所の立地するアレppo近郊で行うことが重要である旨述べられた。
- ・先方は、シャヒー所員が調査したアレppo近郊（36km）のZARZITA村は、住宅が40軒程度あり、データもそろっているため、電化及び揚水サイトとして適当ではないか、また、アレppo南方30km程度のところに塩水を地下にもつ（3m深程度）村が多数あり、淡水化サイトとして選択可能と述べた。
- ・ZARZITA村の電化は、1家庭当たり5つのコンセント、3つの照明、TV（以上普及率100%）並びに冷蔵庫、半自動洗濯機（以上普及率50%）が将来姿（ニーズは十分あり、村人も自費でこれら機器を買うことが見込まれるとのこと）として望ましく、35kwpの太陽光発電により、3.5kwh/日を供給したらどうかとのことであった。
- ・電力貯蔵については、当方提示の簡易揚水発電は、技術的には興味を示したが、データがなく、良否を比較できないとのことで、明日改めて議論することとなった。しかしながら、もし、バッテリーを用いる場合、容量の大きさから、自動車用バッテリーよりも、太陽光発電専用バッテリーの方が望ましいとの意向を示した。
- ・当方より、バッテリーのメンテナンスについて、考え方を質したところ、深く検討されていないようであったが、①技術的にはSSRCが本プロジェクト間/後

ともに対応、②費用的にはパイロットプロジェクト分は政府出すべく努力、③普及を想定する際にはユーザーより費用を徴収することとなるが、徴収方法については、いろいろ考えられるとのことであった。

- ・なお、先方申し出により、アレppo視察は22、23日の2日間かけて行い、ダマスカスには24日午前に戻り、午後、ダマスカス近郊のUNDP協力プロジェクトサイトを視察する予定となった。
- ・過去の協力プロジェクトについて口頭で確認するとともに、シャヒー所員のレポート一式を先方より入手した。

(3) SSRC (7月21日(水))

- ・当方より、別添資料を提出し、揚水発電システムの説明を行った。ポイントとしては、蓄電池方式として初期投資額が高額になること、但し、蓄電池方式はメンテナンス・交換費用の面でコストが高額になることを説明したところ、先方より後者について驚きの意が表された。
 - ・先方は、揚水発電システムは、太陽光発電システムの弱点である高額なバッテリーの補充・交換解決できること、初期投資額は高額であるものの、ライフサイクル(20~30年)コストから見れば十分受入れ可能なシステムである旨述べられた。
 - ・当方から、この試算は、①規模・用途の仕様により大きく左右されること、②太陽光発電+揚水発電の組合せは経験が少ないこと、③規模が小さくなると効率が極端に悪化すること等があり、候補地とされるサイトを原案に両システムについて改めて検討・議論したい旨述べた。
 - ・当方より、プロジェクトの自立的成功が重要との観点から、メンテナンス・コスト、規模を考えること、並びに全体コストを軽減する観点から、①維持・管理経費の捻出方法、②夏場の余剰電力の有効利用の検討が重要な旨併せて述べた。
 - ・先方より揚水発電のサイト候補地であるZARZITA (アレppoの近郊)において、揚水発電を行う場合、当該地の地形上、2km離れた地点で行うことになる旨述べられた。その場合、2kmの送電を行う必要があるが、当方からは、現地視察の上、その可能性について検討したい旨述べた。
 - ・負荷電力について、①業務用の冷凍・冷蔵設備は夏場の余剰電力で対応する旨述べられた。(夏場と冬場の電力使用量は2:1であり、これは冷蔵庫の使用によるもの)、②候補地に集会所はないとのことであった。
 - ・淡水化システムの候補地については、複数あるため、その規模については、予算規模に応じてサイト選定も可能(例:501/日×50人=2.5m³/日)である。また、デモンストレーション効果が果たされれば良いとのことであった。
 - ・太陽光発電プロジェクトへの電力省の関与につきSSRCに問うたところ、現在電力省は「シ」国内の全体的な電力不足(特に都市部)、信頼度向上への対応に追われており、太陽光発電まで手がまわらない状況であり、電力省からは「ノーコメント」とのことであった。
- また、太陽光発電に関する全国的な将来計画も、今のところ無いとのことであった。

- た。しかしながら、太陽光発電の必要性については、政府部内の認識も高まっており、SSRCとしては、モデル事業として本パイロット・プロジェクトを実施し、これが成功すれば、全国的な導入計画への議論も高まり、また、電力省も関心を示し、パートナーとして体制を組むことも可能と考えている旨述べられた。
- 当方よりの質問状については、口頭でその内容を確認したが、調査団が在「シ」中に改めて書面で回答する旨発言あった。
- 当方より、何故アレppo近郊の候補地を選定したのか問うたところ、「サイト候補地については、幾つかの条件を基に20ヶ所の候補地の中から選定した。」旨の回答があったので、当方よりその過程等の資料提出を求めたところ、先方はこれを了解した。
- 電力料金について問うたところ、0.02US\$/kwh（コスト0.06－補助0.04）であった。

(4) SSRC（7月23日（土））

- 調査団が、アレppo近郊におけるサイト候補地視察の所感を述べ、今後の進め方について意見交換を行ったところ、概要次のとおり。
- まず、当初日本側の想定していた統合型のシステムを1ヶ所で構築可能な場所は存在しなかったが。例えば、主たる候補地としてSSRCが提出したZARZITA（アレppo北西35km）は、集中型電化（40戸）には適当であるものの、揚水用井戸は現在建設中であり、その他の水源もないことから現時点で揚水、淡水化及び揚水発電を組み込んだシステムを想定することは適当とは思われず、また、アレppo南方の地域は塩水が地下にあるという意味で、揚水及び淡水化は適当かもしれないが、調査団が視察した感じでは、将来、送電線がひかれそうな感じであり、ここで統合システムを行うことは適当とは思われない。（但し、同地域には電化村が多数あるということであり、今後の調査次第で適当な候補地が見つかる可能性は残されている。
- 従って、太陽光発電を通じた乾燥地域民生向上という目的に沿って、幾つかの要素技術を選択してプロジェクトを実施すべく、各要素技術のプライオリティを示して欲しい旨、当方より述べた。
- これに対して先方より、地域によって要素技術のプライオリティは変わるので、この場では決定できないとのことであった。また、できる限りの要素技術を盛り込んだシステムを構築してもらいたいとの要望を受けた。
- 結論としては、プロジェクト・システムは、サイトに応じて再検討するが、サイトは最大でも2ヶ所までとする。とりあえず、①集中電化＋揚水、②分散型電化＋淡水化のシステムを想定するが、今後のサイトの検討次第では変更もあり得ることを双方了解した。
- 続いて当方より、重要な留意事項として、バッテリーの取替コストの負担をどう低下させるかが、本プロジェクト成功の鍵であり、ローカル・インダストリーの検討またはバッテリー費用の低下を十分検討してもらいたい旨表明した。
- 他方、先方は、メンテナンスのみならず、デザイン段階から「シ」側も参画する

ことによって技術移転を裏切るものとしたいとの考え方を強調し、当方は開発調査スキーム上の制約があるので確約はできないが、「シ」側の強い希望を本邦に伝え、よく検討したい旨回答した。

・今後の進め方として、当方より、短期専門家（注：現地 J I C A 事務所にて平成 5 年度継続案件として要請が出ているとことが判明）なし、第 2 次プロジェクト形成調査団の派遣によって、上記デザインの大枠や双方の作業分担を検討するつもりである旨述べたところ、早期に派遣できるよう強い要望を先方より示された。

・なお、正式要請については、S P C で暫定的に保留扱いとなっているが、双方とも、正式に外交ルートを通じて正式要請提出の上で準備を進めていくことを確認した。

・揚水発電については、アレppo 北方の山岳地帯では水が少ないこと、南方の肥沃地帯では山がないことから、実現は困難と考えられるが、アイデアとしては先方の関心も高いので、今後、サイト検討の際に日本側派遣の短期専門家と「シ」側との検討が必要及び可能となれば、構成要素としてもいい旨当方より述べた。

・当方より、次の資料提出を要求した。

サイト候補地のリスト、アレppo 近郊の地形図、E E C からの供与機材の仕様、ZARZITA で掘っている井戸のボーリング機の仕様及び工期終了見込み、U N I D O コンサルタントによる P V システム導入を勧告するレポート

これに対し先方は来週初めには J I C A 事務所に提出する旨約した。

・最後に、当方榎下団長より、本調査団は、プロジェクト形成のために過ぎず、これら事項は変更もあり得ることを示し、先方はこれを了解し協議を終了した。

(5) S S R C (7月25日(月))

・調査団が、今次調査の最終協議を行ったところ、概要次のとおり。

・先方は、当方提示案におけるスケジュールを確認し、その上でトレーニング（研修）の実施可能性について尋ねた。当方より、開発調査スキーム上、直接の対応枠はなく、別途、研修事業部と調整する必要があるが、即答できないが、本部の戻り相談する旨回答した。後日次期調査団においてその必要性の有無、規模等について検討できれば幸いである。日本での研修は、結果として不要になるかもしれないが、仮にシステムをデザインしていく上で真に必要が生じた場合のことを考えて本件を提起した旨述べた。

・次いで当方より、昨日視察したダマスカス近郊の U N D P との協力プロジェクトサイトに関し、U N D P プロジェクトは全体的な太陽光発電関連計画の中でどう位置付けられるか、また、両プロジェクトの関係はどうやって保つのか質問したところ、先方は、① S S R C では地域及び研究領域ごとにグループ分けをしており、一応、ダマスカス…太陽熱、風力…ダマスカス大学との協力

アレppo…太陽光 …アレppo 大学との協力

となっているが、U N D P の場合、ダマスカス大学に機材を供与する関係上、アレppo ではなく、ダマスカスにサイトを置いた。②この場合、地域的にダマスカ

スグループが管理しているが、アレポグループとは毎日のように連絡をとりあい、データを共有しているので、管理上の問題はない。③「シ」側としては、UNDPプロジェクトは、(イ) 小規模、(ロ) ヨーロッパ技術、(ハ) 電化の可能性について、幾つかの方策を検討するのに対し、日本プロジェクトは、(イ) 大規模、(ロ) 日本の技術、(ハ) 単純電化のみならず、揚水、淡水化等のアプリケーションとの組合わせの検討として整理したい旨述べた。また、太陽光導入関係のM/Pを作成するためにも複数地域、複数用途に係る技術的問題、社会的問題を洗い出していくことが必要であると考えている旨述べた。

・ 当方より、日本プロジェクトとUNDPプロジェクトの係強化及び位置付けの明確化は今後もきちんと留意されるべきであり、プロジェクト目的等の検討にも反映するべく、次期調査団訪問の際によく詰めて欲しい旨述べた。また、両プロジェクトを併せて是非M/P作成に取り組む道筋をつけて欲しい旨要望したところ、先方は、①UNDP及び日本プロジェクトを通じての太陽光電化の実現可能性の技術的・経済的検討に加え、②全国ベースでの市場調査的M/Pの作成も考えており、これは現在、UNIDOに依頼しており、前向きに取り組まれることになる旨述べた。

・ 最後に榎下団長より、今後変更はあり得るとしながらも、本調査団の総括として以下のとおり述べた。

①本調査団は、開発調査スキームとプロジェクト方式技術協力スキームの区別を説明することが1つの目的であり、この点で「シ」側の理解は十分得られたと考えており、今後、本案件を開発調査スキームで実施していくことで正式要請手続きを進めてもらいたい旨述べた。

②双方の強調事項として、(イ) 「シ」側はTOR案の検討の際のシステムの基本デザインに参画する。具体的には次に派遣されるであろう短期専門家（または第2次調査団）と打合わせていくことを強く希望した。(ロ) 日本側はプロジェクトのSUSTAINABILITY（プロジェクトの継続性及び成果の普及）の確保の重要性を強調しこの手段として太陽光発電の夏季余剰電力を利用したローカルインダストリーの育成やバッテリーの採用の可能性を示唆した。

③懸案事項として残っているのは、(イ) 具体的なサイト、(ロ) サイトに適合したPV（太陽光発電）システムの設定、(ハ) 「シ」国全体における本プロジェクトの位置付けであり、特に、あらゆる要素を統合したシステムを設置し得る条件を備えたサイトの選定は困難なことから、最大2ヶ所のサイトを想定してシステムを検討する。とりあえず、サイト1：集中電化+揚水、サイト2：分散電化+淡水化のシステムを想定するが、具体的に適当なサイトが発見された場合、必ずしもこの組合せにこだわらない。

④今後これからの課題を詰めるため、平成6年度中に短期専門家または第2次プロジェクト形成調査団を派遣し、サイトの選定、システム及び機材の基本設計、S/W時のTOR案を検討してもらう。

⑤7月23日に依頼した資料提出について、「シ」側の確認を願いたい。

⑥これに対しSSRCは、(イ) サイト候補地については、（統合システムを含め）

再度よく捜してみる。(ロ) 資料については、今ここで手交できるものもあるが、不足のものは後日 J I C A 事務所を通じて提出したいとのことであった。

(6) S P C (7月25日(月))

・調査団一行(J I C A事務所田中所員同行)が企画庁シバイ科学技術協力局長を往訪し、今次の調査結果につき報告更に同報告を踏まえ協議を行ったところ、概要次のとおり。

①当方榎下団長より、SSRCに対しJ I C Aの開発調査スキーム及び本プロジェクトのサステナビリティ等につき説明し、SSRCはこれを理解した。

②現在、貴庁において保留となっている本件の要請状を94年度の追加要請案件として外交ルートを通じて正式要請ありたい旨発言し、SPCはこれを了解した。

③サイト視察結果の印象については、当初日本側案では1ヶ所で村落電化、揚水、淡水化を行う計画であったが、今次の調査でこのようなサイト地を捜すことは困難であった。従って、電化+揚水と淡水化でそれぞれ候補地を捜す必要があり、また、技術システムとしても集中型化か分散型かをサイトに応じて検討する必要がある。しかしながら、そのサイト地は、日本側案では最大限2ヶ所であり、SSRCもこれを了解した。

④今後のスケジュールについては、本件の早期実現に向けてサイト候補地及びシステムの基本ラインの設計を行う短期調査団(または専門家)の派遣を行うことを検討せざるを得ない旨発言し、SSRCからも可能な限り早く派遣して欲しいとの要請を受けた旨併せて説明した。

⑤最後に、シバイ局長より、本調査団派遣の感謝と今後の展開を期待する旨の発言があった。

(7) サイト候補地等視察結果

(ZARZITA)

・アレポの北東約35kmの地点にあり、岩石の多い丘の上にある。幹線道路に添って配電線があるが、幹線道路からはずれて狭い道路を約6km山側に入った無電化村であり、将来的にも電化される計画はない。村の大きさは約200m四方で、ここに40戸の民家が散在している。農業により生計を立てているが、羊の放牧も行われている。乾燥地帯であることに加え、丘の上であるため水不足が深刻で、雨水を貯めて使用している。

・この村に太陽光発電システムを導入するとすれば、まず、住民の生活向上を計るための照明、TV、洗濯機といった一般的な電気製品を使用するための電力を供給することであり、次に地下からの水を汲み上げるためのポンプ電力である。

・太陽光発電のレイ設置サイトとしては、村のはずれに十分な広さの国有地があるが、同地は、南向きの斜面地であり、日射等の心配はないが、大きな岩がゴロゴロしたところであり、傾斜の強さからみても、建設工事には多少の困難を伴うものと思われる。車両の入れる道路から30~50m程度離れているが、サブーニ氏の説明では、現地住民が機材の運搬に協力するので問題はないとのことであった。

- ・村を少しはずれた所（約500～1000m）で井戸を掘っている。約150mに達した地点で若干の水が出たが、十分な水を得るために更に深く掘り進めていた。試掘の状況については注視する必要がある。
- ・全体的な所感としては、①電気に対する住民の要望は切実なものがあり、太陽光発電の導入により大きな生活向上が図れる。②集中電化と揚水が要望されている。③太陽光発電の候補地として有望である。

(JEBABYAD)

- ・アレppoの南西約70kmの地点にあり、一面の農地（平坦地）の中にある。現在は無電化であるが、数km離れた近在の村は電化されており、近い将来電化される可能性がある。
- ・ディーゼル・エンジン（85HP）により井戸水を汲み上げ灌漑を行っている。井戸の水位は乾季でも30m程度であり、24時間運転しても枯れることはない。少し塩分を含んでいる。40haの農地（西瓜畑）に水を供給しているが、油の消費量が450l/日、油の価格は6.5SL/l（0.42SL=円）である。
- ・村の規模は、約100m×200mの広さで、コンクリートブロック製の家が6軒土を盛り上げて作ったルームの家7軒、テント6張りであった。
- ・淡水化及び揚水の候補地として視察したが、現状では強い要望があるものの、近い将来電化される可能性があるため、太陽光発電の候補地としては優先度が低い。

(HIAST)

- ・太陽光発電の研究者9人、電気技術者2人、電子技術者2人、Doctor1人、アシスタント4人から構成されている。
- ・研究所の屋上に12モジュールのアレイを持ち、出力を研究室に引き込んでいる。電気技術グループは、主として蓄電池について電気特性や国産品の品質の調査を行っており、研究室内にはシリア製自動車用蓄電池12V240Ah、BPソーラー製太陽光発電用蓄電池12V58Ah、2V1100Ahのテストサンプルが置かれている。電子技術グループでは蓄電池の制御装置のハードについて開発を行っていた。
- ・キャノンランプによるモジュールと測定用ソーラーシュミレーターがあり、研究室で校正した基準セルにより1.0KWAM1.5に補正できるようになっている。室温はコントロールされておらず、温度補正は係数にたよっている。更に別室にはセル測定用のソーラーシュミレーターも設置されている。これは、連続光源タイプでI-V特性はX-Yレコーダーで記録している。
- ・水ポンプについても研究を行っており、地上に水タンクとポンプを、4階建ての屋上に受水用のタンクがあり、循環させる方式となっているが、現在は実験を行っていない。インバーターは日本製CVCFである。
- ・太陽光発電の研究はすでに5年を経過しているが、内容はごく初期的なものであり実証設備による経験が今後の課題と思われる。

(UNDP協力サイト：Abu Sorra)

- ・ダマスカス近郊にあるAbu Sorra 村では、350Wの分散型直流電源（各家庭の屋根の上に50WPVパネルを7枚敷設）を4家庭に設置するとともに、3.5kw pの集中型交流電源（5家庭に供給）を別途設置して、その後の経過をSSRCダマスカス・グループがフォローしていた。
- ・初めに見た3.5kw p集中型交流電源供給システムについては、区画仕切り、72枚のモジュール並びにバッテリー、インバーター、バッテリー制御装置及び負荷制御装置を設置していた。5家庭のうち、2家庭は羊の放牧のため家を空けていたが残りの3家庭は照明及び白黒TV（1台）に用いていた。本システムの設置は2ヶ月程度前とのことであり、TVは先月5000SL（約1万円）の物を市場で購入したともこと。SSRCによる各家庭への聞き取りによれば、羊の乳、ウール等の販売収入が手に入る秋頃より貯金し、TV、冷蔵庫、洗濯機の購入に充てたいとのことであった。
- ・分散型直流電源の家庭においては、多くが供給された照明器具のみを利用していた（直流仕様のTV専用のコンセントはあるが、市場では入手しにくいものと思われる）が、1家庭では自ら照明器具を購入し、今後もインバーターを購入の上、洗濯機、アイロン、縫製ミシン等に利用したいとの希望を述べていた。
- ・全体として、供給電源容量に対し消費量は少ないが、これはUNDPより実際に機材が届いたのが昨冬で、本年3月から少しずつ設置を進めたため、多くの家庭でまだ1～2ヶ月のPV使用実績しかないためである。今後は、電気製品の購入が進むものと思われる。

9. 総合所見

- (1) 「シ」国における太陽光エネルギーの利用は、明確な開発計画に裏付けられている現状にはないが、多数の過疎地が電気や水の恩恵を授かっておらず（「シ」国の14,000に至る村落のうち、約6,000が未電化）、しかも送電線等の設置は経済性の観点から期待できない村落が多い。

従って、同エネルギーの利用は試験的段階とは言え、「シ」国が置かれた自然的条件、社会・経済的条件に鑑みて、一定の必要性と評価が示されつつあるとの印象を今回の現地調査から得た

- (2) 本プロジェクトを遂行する場合、「シ」国のカウンターパート機関となるであろうSSRC（科学研究調査センター）は、プロジェクト方式技術協力案件の経験からそのスタッフ、技術レベル等カウンターパートとして適格であろうとの評価を得ているが、今回の調査でも同旨の確認を得ることができた。

但し、本プロジェクトが開発調査であり、その経済効率やサステナビリティ等についての理解を得ておく必要があるため、当方より意を尽くして説明した結果、その不安も一応解消できたものとの心証を得た。

- (3) 「日」側は、本プロジェクトの一技術体系として多目的・集中型システムを挙げ

たが、実際、候補地を調査した結果、その自然地理条件や居住状態等の社会環境条件が一樣ではなく、太陽光エネルギーへのニーズの多様性が感じられた。従って、多目的・集中型システムを一個所に設置する条件を備えた候補地にあえてこだわらず、多様なニーズを網羅するべく、2つ程度の候補地を想定し、これに適した技術システムを構想する必要性が感じられた。

- (4) 「シ」国における来年度の開発調査案件として本件を実施するには、プロジェクト・サイトの更なる調査、エネルギーの利用目的や技術システム等の基本構想を早急に詰める必要があり、既に「シ」側より要請提出されている短期専門家派遣等を可能な限り早く実施することが望まれる。

II . 作成資料

Study for the Introduction of
Integrated Photovoltaic Systems
into the Syrian Arab Republic

July, 1994

Japan International Cooperation Agency

1. Scope of Study

It is essential to better the daily lives of citizens to obtain a stable peace in the Middle East region. The improvement of living conditions in remote areas is as important as the industrialization of urban areas for economic and political stability.

Most of Syria consists of arid land with insufficient infrastructure. The electrification of villages in these areas is the first step towards the country's further improvement. However, power generating facilities do not have enough capacity to reliably supply electricity even to urban zones. To compensate for insufficient electricity, Syria is very aggressive in trying to find ways to utilize solar energy, which is abundant in this country.

Considering the geographic situation of Syria, we intend to demonstrate, under the Technical Cooperation program being implemented by the government of Japan, integrated photovoltaic systems with their ability to utilize abundant solar energy as an economical means of supplying electricity in rural areas.

2. Items of Proposed Study

The study includes a field survey, an investigation in Japan and an on-site test of the integrated systems to be provided. Through these activities we will facilitate the transfer of our technology related to photovoltaics and its applications to Syria. In addition, we will present to the Syrian government an extensive report on the effectiveness of photovoltaics and further steps to propagate this type of technology in Syria.

- (1) Technical and economic survey on the introduction of photovoltaics
- (2) Geographic and social survey of the site
- (3) Survey on needs of the people at the site
- (4) Construction, operation and maintenance of the systems
- (5) Technical assistance for operation and maintenance of the systems
- (6) Plan for future introduction of the systems

3. Photovoltaic Systems

The proposed integrated photovoltaic systems consist of the following subsystems:

- (1) Power generation and storage
- (2) Applications
 - a. House and community (lighting, TV, VTR, refrigerating)
 - b. Water pumping and distribution (drip irrigation)
 - c. Desalination of brine (drinking water for people and animals)
 - d. Industry (food processing, textile)

The general idea of the systems is depicted in figure 1 of the attached sheets.

4. Schedule

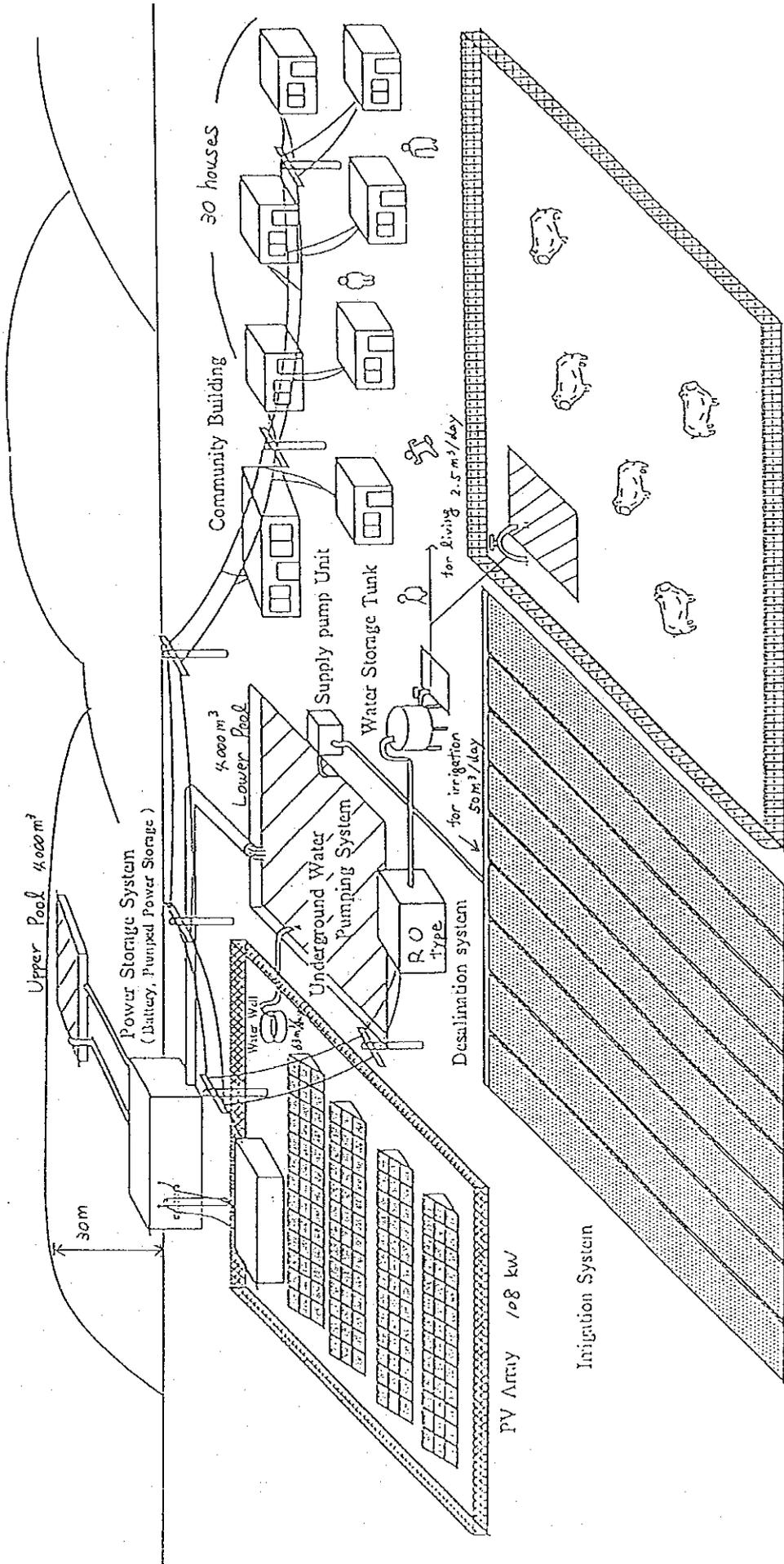
The project is scheduled to be completed in 5 years as shown in the following table.

	1	2	3	4	5
Site survey, social survey	_____				
Meteorological observation	_____	_____	_____	_____	_____
Photovoltaic system design	_____				
PV Plant construction		_____			
Applications design	_____	_____			
Applications construction			_____		
Plant operation, evaluation			_____	_____	_____

5. Works anticipated for 1995

- (1) Firming-up of details of the project through discussion between Syria and Japan
- (2) Undertaking field survey: to clarify the needs at the site and to assess the geographic and social impact of the project
- (3) Starting meteorological observation by installing measuring facilities at the site
- (4) Sending a survey team to collect information required for system design and plant installation
- (5) Designing appropriate photovoltaic systems of and their applications

Integrated Photovoltaic Systems



Design of Integrated Photovoltaic Systems

1. Design Specifications

(1) PV modules

capacity: 108 [kW]
array angle: 40 [degrees]

(2) Desalination System

Electricity is supplied from PV array directly.

plant type: RO (reverse osmosis) method
electricity: 3.9 [kW]
capacity: desalinating water 10 [m³/day/24hr]

(3) Irrigation System

Water is supplied from the lower pond.

(4) Underground water pumping system

Underground water pumped up from wells is supplied for sanitation, agriculture and desalination.

(5) Electricity storage system

To prepare for night-time electricity demand, electricity generated by the PV system is stored in batteries and/or as a form of elevated water.

(6) Direct electricity demands

community building: refrigerator, lighting (500W/24hr)
individual houses: lighting, (TV), (VTR) (100W/10hr)
dairy products stock room: freezer & refrigerator (2kW/24hr)

2. Daily available electricity from the 108kW PV system

From the solar irradiation data of Syria, daily available electricity is estimated as follows,

	solar irradiation	generated electricity
winter (January)	3.28 [kWh/m ² /day]	289 [kWh/day]
summer (June)	6.34 [kWh/m ² /day]	530 [kWh/day]

Electricity balance is calculated on the basis of electricity generated in winter.

3. Equipment operated by PV electricity directly

- The priority sequence is as follows:

- (1) Dairy products stock room (freezer & refrigerator)
- (2) Community building (refrigerator, lighting)
- (3) Desalination system
- (4) Pumping system for wells
- (5) Irrigation system (water distribution pump)
- (6) Pumping system for water elevation

- Output voltage from the PV array : 200 [V]

- All of the equipment is operated via a CVCF or a VVVF (efficiency: 0.9)

(1) Dairy products stock room

equipment spec. : freezer & refrigerator 2 [kW]
operating hours : 8 hours (9:00--17:00)
power consumption : 8 [hr] x 2.0 [kW]=16 [kWh/day]

(2) Community building

equipment spec. : refrigerator, lighting 500 [W]
operating hours : 8 hours (9:00--17:00)
power consumption : 8 [hr] x 500 [W] = 4.0 [kWh/day]

(3) Desalination system

equipment spec. : RO type 3.9 [kW]
desalinating water : 10 [m³/day/24hr]
operating hours : 6 hours (10:00--16:00)
power consumption : 6 [hr] x 3.9 [kW] = 23.4 [kWh/day]

(4) Pumping system for wells

equipment spec. : 80--100m, 0.15 [m³/min] 5.5 [kW]
pumped water : 63 [m³/day]
5.5 [m³] for RO, 7.5 [m³] for living, 50 [m³] for irrigation
operating hours : 7 hours (9:00--16:00)
power consumption : 7 [hr] x 5.5 [kW] = 38.5 [kWh/day]

(5) Irrigation system

equipment spec. : 1.5 [kW]
operating hours : 6 hours
power consumption : 6 [hr] x 1.5 [kW] = 9.0 [kWh/day]

(6) Pumping system for water elevation

equipment spec. : 30 [m], 0.95 [m³/min], 7.5 [kW]
power consumption : 260 [kWh/day] - 16 - 4 - 23.4 - 38.5, - 9
= 169.1 [kWh/day]
pumped water : 1285 [m³/day]

(7)-1 Battery capacity (with power generation system by elevated water)

Batteries are used only for the loads (1) and (2) as a back-up system of the hydraulic turbine.

capacity : 200 [V] - 400 [Ah] (17S-4P)

(7)-2 Battery capacity (replacing the system of power generation by elevated water)

capacity : 200 [V] - 3000 [Ah] (17S-4P)

4. Equipment operated with stored electricity

- To cover the night-time demands (dairy products stock room, community building and individual houses)

- The efficiency of hydraulic turbine : 80 %

- Generated electricity from this system is estimated as follows,

$$1285 \text{ [m}^3\text{/day]} \times 9.8 \times 26 \text{ [m]} \times 0.8 / 3600 \text{ [s]} = 72.8 \text{ [kWh/day]}$$

(1) Dairy products stock room

equipment spec. : freezer & refrigerator 2 [kW]
operating hours : 16 hours (17:00--9:00)
power consumption : 16 [hr] x 2.0 [kW]=32 [kWh/day]

(2) Community building

equipment spec. : refrigerator, lighting 500 [W]
operating hours : 16 hours (17:00--9:00)
power consumption : 16 [hr] x 500 [W] = 8.0 [kWh/day]

(3) Individual houses

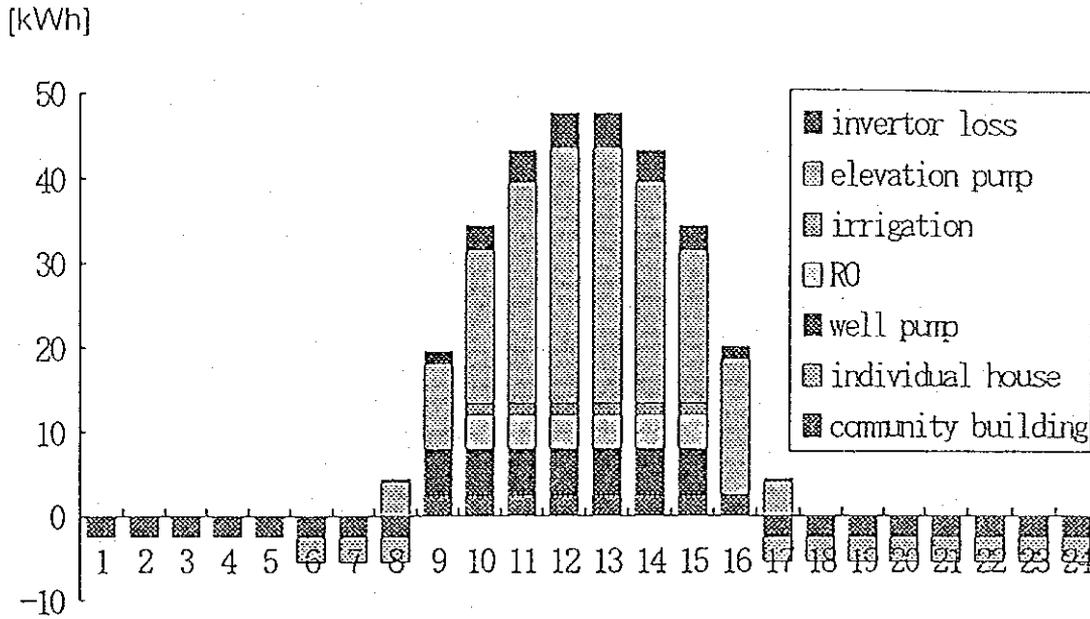
Excess electricity (72.8 - 32 - 8 = 32.8 [kWh/day]) is utilized by supplying it to individual houses in the night-time.

--example--

$$30 \text{ [houses]} \times 100 \text{ [W]} \times 10 \text{ [hr]} = 30 \text{ [kWh/day]}$$

5. System operation chart

The vertical axis : (+) PV direct, (-) stored electricity
 The horizontal axis : time (0--24 hours)



6. Capacity of upper and lower ponds

upper pool : 4000 [m³]
 lower pool : 4000 [m³]

7. Utilization of excess electricity in summer

(1) DC electricity (PV)

Excess DC electricity available in the day time during the summer season is as follows,

$$530 \text{ [kWh/day]} - 289 \text{ [kWh/day]} = 241 \text{ [kWh/day]}$$

(2) AC electricity (stored)

Should all the excess electricity be stored and converted to AC, the following electricity is available during the summer season, provided that additional storage and inverting facilities are installed.

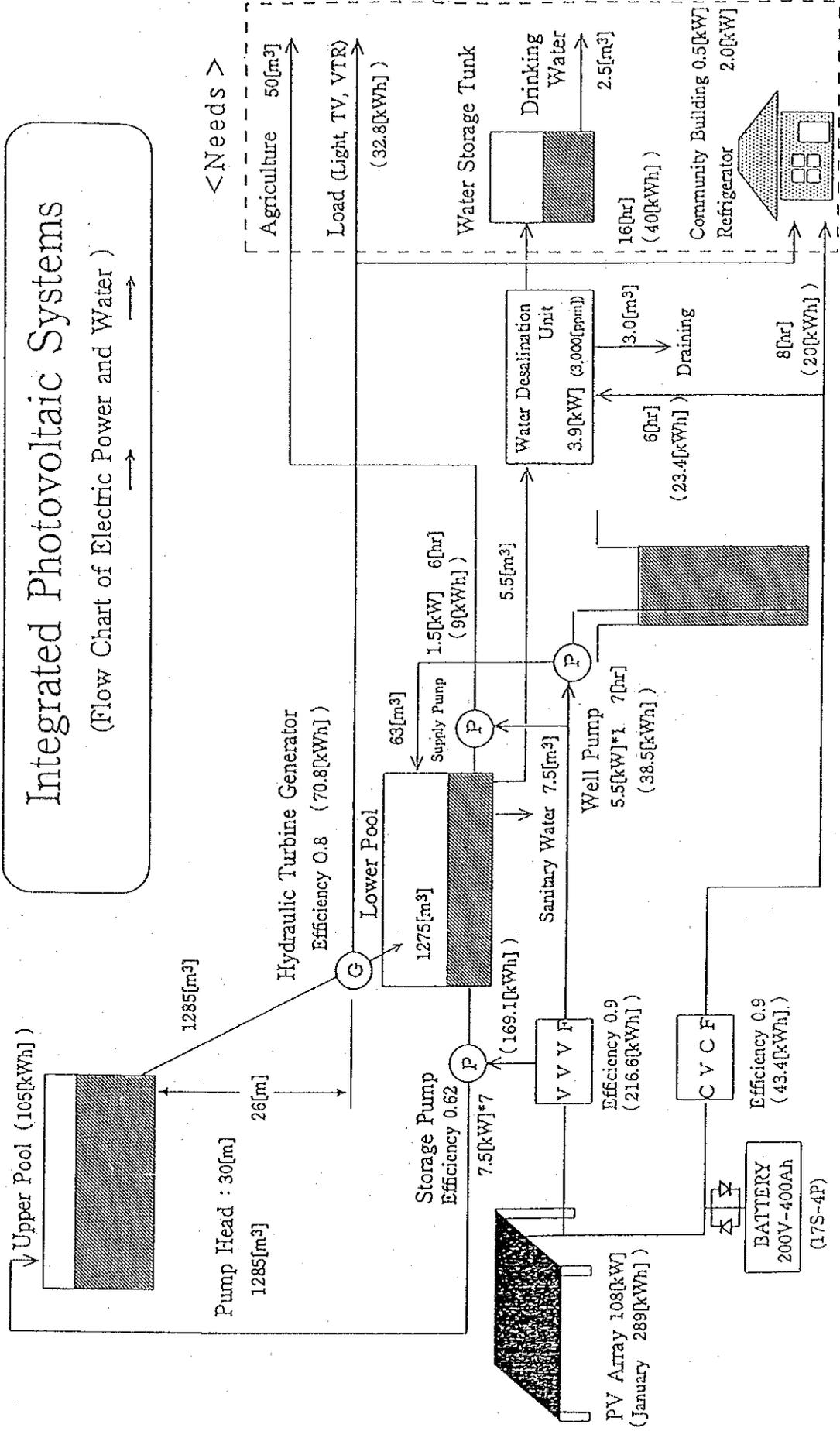
$$241 \text{ [kWh/day]} \times 0.62 \times 0.8 \times 26 / 30 = 104 \text{ [kWh/day]}$$

Estimated Electricity Demand at the Site

	Elec. Applied for	Elec. Load	Day-time Load	Night-time Load
Bettering Living Standard Individual House Community Building Drinking Water	Lighting, TV, etc. Lighting, TV, VTR, etc. Frig., Air Cond., etc. Desalination	100Wx10hrx30	4~16 kWh 30~60 kWh	30 kWh 8~32 kWh
		500W~2kW x24hr 5~10kWx6hr		
Fostering of Local Industry Agriculture Stock Farming Food Processing, Textile	Water Pumping and Distributing Water Supply Frig., Machines	3~16kWx8hr 2~6kWx6hr 10~50kWx8hr 2kWx24hr	24~128 kWh 12~36 kWh 80~400 kWh 16 kWh	
			86~256 kWh +80~400kWh	70~94 kWh
Total				

Integrated Photovoltaic Systems

(Flow Chart of Electric Power and Water)



QUESTIONNAIRE

1. Social Survey of Local Residents

(1) General items

- make-up of the community, family unit
- occupations (e.g. agriculture, livestock farming)
- incomes, expenditures (cash crops, livestock, dairy products, self-supporting goods, etc.)
- religions, education, recreation

(2) Water, energy, etc.

- energy utilization such as fuel, lighting, etc.
- ways electrical apparatus are used
- present state of drinking water

2. Survey of Residential Needs

(1) Improvements

- supply of electrical power to communities (lighting, TV, VTR)
- supply of electrical power to meeting facilities (lighting, TV, VTR)
- drinking water supply

(2) Fostering local industry

- tree planting (justification of cash crops and vegetable gardens)
- drinking water for livestock
- storage for things such as dairy products
- agro-industry (production of edible oils, for example)

3. Survey of Natural and Meteorological Conditions

(1) Sources of water, environmental conditions

- condition of water supply, water quality
- finding suitable sites for pump storage power/PV (enumeration of proposed site)
(areas lacking electricity, isolated by hills, abundant ground water, good water quality)
(suitable sites: portion of residual evaporation [TDS] 1,000-1,200mg/l)
- whether there is drainage for effluent from desalination

(2) Meteorological conditions

- quantity of solar radiation, precipitation
- ambient temperature, humidity, wind direction, wind velocity
- occurrence of earthquakes, lightning, salt damage, hurricanes

4. Electricity supply in Syria

(1) Electricity supply

- power generation capability and supply load
- distribution to areas lacking electricity
- electrical development planning

(2) Methods of supplying electrical power

- distribution voltage and transmission voltage
- types of electrical generation
- reliability of supply

(3) Present types of existing surveys

5. Gauging system and present state of photovoltaic power generation

6. Outline of cooperation from other nations and international organizations

7. Others

- possibility of securing a labor force
- possibility of leasing (such as heavy machinery and vehicles)
- personnel expenses per unit cost
- working hours
- holidays
- currency value (dollars)
- cooperating organizations

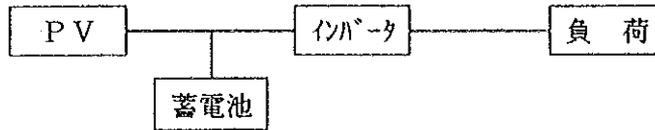
III . 關係資料

太陽光発電システムの概略設計

1. システム構成

(1) 村落電化システム

① システムブロック図



② 計算条件

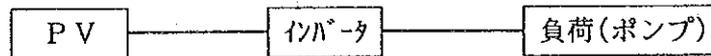
- 年間の平均負荷 140 kWh/Day (3.5 kWh/Day × 40軒)
(冬期 80 kWh/Day, 夏期 171 kWh/Day)
- 民家の数 40 軒

③ 構成機器容量概算

- 太陽電池 53 kW
- モジュール面積 465 m²
- インバータ 30 kVA
- 蓄電池 844 kWh

(2) 深井戸ポンプシステム

① システムブロック図



② 計算条件

- 井戸の深さ 300 m (水面まで 250 m)
- 井戸地点から村までの高低差 30 m
- 井戸地点から村までの距離 1,000 m
- 必要水量 20 m³/Day (夏期)
- 有効日照時間 6 時間 (必要流量 0.056 m³/min)

③ 構成機器容量概算

- ポンプ容量 7.5 kW (ポンプ定格)
- 太陽電池 13 kW
- モジュール面積 114 m²
- インバータ 10 kVA

$$\begin{aligned}
 \text{ポンプ kW} &= 9.8 \cdot Q \cdot (\text{揚程} + \text{高低差} + \text{配管ロス}) / \text{モータ効率} / \text{揚水効率} \\
 &= 9.8 \cdot 0.056 / 60 \cdot (250 + 30 + 13) / 0.85 / 0.4 \\
 &= 7.88
 \end{aligned}$$

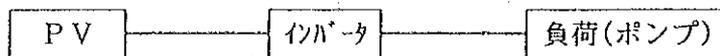
揚水効率：例. ヲSP-5A, 揚程300m, 周波数低下による減少を考慮し20%の余裕を見込む。

配管ロス：パイプ内径 75mm で計算。

吐出水量：20・(7.5/7.88) = 19 m³/Day 程度が見込まれる。

(3) 灌漑用ポンプシステム

① システムブロック図



② 計算条件

- 井戸の深さ 60 m (水面まで 30 m)
- ポンプ定格 22 kW
- 有効日照時間 6 時間

③ 構成機器容量概算

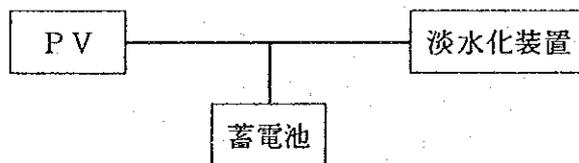
- 太陽電池 38 kW
- モジュール面積 333 m²
- インバータ 30 kVA
- 概算吐出量 447 m³/Day

$$Q = (\text{ポンプ kW} \cdot \text{揚水効率} \cdot \text{モータ効率} \cdot \text{時間}) / (9.8 \cdot (\text{揚程} + \text{配管ロス}))$$
$$= (22 \cdot 0.39 \cdot 0.85 \cdot 6 \cdot 3600) / (9.8 \cdot (30+6))$$
$$= 447$$

- 注.) ○ 揚水効率：例. ヲミTOS-110BS2, 揚程35m, 周波数低下による減少を考慮し, 25%の余裕を見込む。
○ 配管ロス：6m の配管ロスを見込む。
○ 3mmの散水を仮定すると 約15ha の農地に供給できる。

(4) 淡水化システム

① システムブロック図



② 計算条件

- 井戸の深さ 60 m (水面まで 30 m)
- 必要水量 1.5 m³/Day

③ 構成機器容量概算

- 太陽電池 10 kW
- モジュール面積 88 m²
- 蓄電池 29 kWh
- 淡水化装置 一式

(参考) NEDOプラント海水淡水化システム(逆浸透法)。
塩分濃度等の差異はあるが概略比例配分で計算した。

2. 超概算価格

(価格単位：百万円)

構成機器	シ ス テ ム							
	村落電化		深井戸ポンプ		灌漑用ポンプ		淡 水 化	
	規 模	価 格	規 模	価 格	規 模	価 格	規 模	価 格
PVモジュール	53 kW	53.0	13 kW	13.0	38 kW	38.0	10 kW	10.0
モジュール架台	465 m ²	21.2	114 m ²	5.2	333 m ²	15.2	88 m ²	4.0
インバータ	30kVA	24.0	10kVA	8.0	30kVA	24.0		?
蓄電池	844kWh	84.4	—	—	—	—	29kWh	2.9
工 事		?		?		?		?
淡水化装置	—	—	—	—	—	—		?
そ の 他		?		?		?		?
小 計	182.6 + ?		26.2 + ?		77.2 + ?		16.9 + ?	
合 計	302.9 + ?							

参 考 資 料

(村落電化システムの計算)

1. 計算方法

パラメータ法に基づき、以下の式により太陽電池容量及び蓄電池容量を計算する。

① 太陽電池容量 P_{AN}

$$P_{AN} = \{E_L / ((H_A / G_S) \cdot K)\} \cdot R$$

E_L	: 一日当りの負荷電力量	
H_A	: 月平均傾斜面日射量	
G_S	: 標準状態の日射強度	1.0
K	: 総合設計係数	
R	: 設計余裕係数	1.2

② 蓄電池容量 B_{kWh}

$$B_{kWh} = (E_L \cdot N / (\delta_{BD} \cdot U_B \cdot M_B)) \cdot R_B$$

E_L	: 一日当りの負荷電力量	
N	: 連続不日照日数	
δ_{BD}	: 蓄電池放電時の電圧低下率	0.98
U_B	: 蓄電池の利用できる放電範囲	0.5
M_B	: 保守率	0.8
R_B	: 設計余裕係数	1.1

③ 総合設計係数 (設計パラメータ) K

$$K = K_{H'} \cdot K_{HD} \cdot K_{P'} \cdot K_{PT} \cdot K_B \cdot K_C$$

$K_{H'}$: 入射量補正係数 (日射量年変動補正係数を含まず)
K_{HD}	: 日射量年変動補正係数
$K_{P'}$: 太陽電池変換効率補正係数 (温度補正係数を含まず)
K_{PT}	: 温度補正係数
K_B	: 蓄電池回路補正係数
K_C	: パワーコンティン्यूア回路補正係数

2. 計算条件

- ① 日射データ : シリア側資料 (調査団持ち帰り) による。
- ② 負荷データ : $3.5 \text{ kWh/Day/House} \times 40 \text{ House} = 140 \text{ kWh/Day}$ をもとに、シリア側資料に基づいて各月に配分。
夏期の平均負荷電力量は、 171 kWh/Day 、冬季の平均負荷電力量は、 80 kWh/Day となった。
- ③ 気温データ : シリア側資料による。

3. 設計パラメータ

① 年間コンスタントな設計パラメータ

設計パラメータ		階層		
入射量補正係数 (日射量年変動補正係数を含まず)	K_H'			1.0
日影補正係数	K_{HS}		1.0	
日射寄与係数	K_{HC}		1.0	
放線面直達日射係数	K_{HCD}	1.0		
平板追尾ゲイン係数	K_{HCT}	1.0		
太陽電池変換効率補正係数 (温度補正係数を含まず)	K_P'			0.919
経時変化補正係数	K_{PD}		0.99	
汚れ補正係数	K_{PDS}	0.99		
劣化補正係数	K_{PDD}	1.0		
光発電応答変動補正係数	K_{PDR}	1.0		
アレイ回路補正係数	K_{PA}		0.977	
アンバランス補正係数	K_{PAU}	0.997		
アレイ回路損失補正係数	K_{PAL}	0.98		
負荷整合補正係数	K_{PM}		0.95	
蓄電池回路補正係数 K_B	$(1-\gamma_{BA}) \cdot \eta_{BD} + \gamma_{BA} \cdot \eta_{BA}$			0.873
蓄電池寄与率	γ_{BA}		0.8	
バイパス回路の効率	η_{BD}		1.0	
エネルギー貯蔵効率	η_{BA}		0.842	
蓄電池スタック試験効率	η_{BTS}	0.85		
蓄電池運転効率総合補正係数	$K_{B,OP}$	0.99		
自己放電低減係数	$K_{B,SD}$	(0.99)		
アンバランス補償(均等充電)低減係数	$K_{B,UR}$	(1.0)		
補機動力低減係数	$K_{B,AU}$	(1.0)		
充放電制御装置の効率	η_{BC}	(1.0)		
パワーコンティン्यू回路補正係数 K_C	$\gamma_{DC} \cdot K_{DD} + (1-\gamma_{DC}) \cdot K_{IN}$			0.81
直流取り出し率	γ_{DC}		0.0	
DC/DCコンバータ回路補正係数	K_{DD}		1.0	
DC/DCコンバータ出力回路補正係数	K_{DCC}	1.0		
DC/DCコンバータエネルギー効率	η_{DDO}	1.0		
インバータ回路補正係数	K_{IN}		0.81	
インバータエネルギー効率	η_{INO}	0.853		
インバータAC回路補正係数	K_{ACC}	0.95		
インバータ出力に対するインバータ補助回路	K_{INAU}	(1.0)		
変圧器エネルギー効率	K_{ACTR}	(1.0)		
フィルタエネルギー効率	K_{ACFT}	(1.0)		
交流線路エネルギー電送効率	K_{ACLN}	(0.95)		
インバータ出力に対する補助電源の	K_{ACSA}	(1.0)		

② 月間で設定される設計パラメータ

月	日射量年変動補正係数 K _{HD}	平均気温 T _a [°C]	温度補正係数 K _{PT}	連続日照日数 N _D
1	0.94	6.3	1.02	3
2	0.96	7.6	1.01	2
3	0.97	10.7	1.00	2
4	0.99	15.7	0.98	2
5	1.00	21.2	0.95	1
6	1.00	25.9	0.93	1
7	1.00	28.4	0.92	1
8	1.00	28.1	0.93	1
9	1.00	25.5	0.94	1
10	0.99	19.4	0.96	2
11	0.97	11.7	0.99	2
12	0.94	7.3	1.01	3
平均	0.98	17.3	0.97	—
最大	—	28.4	—	—

③ 計算表

月	平均傾斜面日射量 [kW/m/D]	負荷電力量 [kWh/Day]	総合設計係数 K	太陽電池設置容量 [kW]	蓄電池容量 [kWh]
1	3.3	88	0.62	52	744
2	4.2	109	0.63	50	612
3	5.0	130	0.63	50	728
4	5.5	150	0.63	53	844
5	6.3	171	0.62	53	480
6	6.6	171	0.61	51	480
7	6.7	171	0.60	51	480
8	6.8	171	0.60	51	480
9	6.5	171	0.61	52	480
10	5.7	150	0.62	52	844
11	4.7	109	0.62	45	612
12	3.3	88	0.62	52	744
平均	5.4	140	0.62	51	627
最大	6.8	171	—	53	844

4. 計算結果

- 太陽電池設置容量 53 kW
- 蓄電池設置容量 844 kWh

太陽光発電システム設計支援エキスパートシステム

正員 遠藤 栄一 (電 総 研)

正員 黒川 浩助 (電 総 研)

非会員 林 正明 (エー・アイ・ソフト)

Design-Aid Expert System for Photovoltaic Systems

Eiichi Endo, Member (Electrotechnical Laboratory), Kosuke Kurokawa, Member (Electrotechnical Laboratory), Masaaki Hayashi, Non-member (A. I. Soft Inc.)

The purpose of this paper is to establish a design process of photovoltaic (PV) systems and to develop a system which gives comprehensive support to design PV systems in Japan.

In this paper, first of all, a knowledge about a design process of PV systems is acquired from existing PV systems and supplemented by interviews with expert engineers. Secondly, the knowledge is systematically represented as a knowledge base and incorporated into an expert system on a personal computer.

The expert system covers various configurations of PV systems. Data bases and programs which are necessary for designing PV systems are incorporated into it. This makes a design of PV systems possible, when no climate data are observed at the place where a PV system will be installed.

Several examples confirm that the expert system is effective in the design of PV systems. It should contribute to a wide spread of PV systems in the future.

キーワード：太陽光発電システム，設計支援，エキスパートシステム，気候データベース，斜面日射量計算プログラム，パーソナルコンピュータ

1. はじめに

太陽エネルギーを効率的に利用するためには、太陽光発電システムを日射や負荷、利用できるバックアップなどの条件にあった適切なシステム構成、適切な容量に設計する必要がある。しかし、太陽光発電システムは、設計条件に応じて多様なシステム構成をとり、容量などの値の範囲も広い。したがって、これを適切に設計するためには専門技術者が不可欠である。ところが、電気工事会社など、実際に設計を担当すると考えられるところには、通常は専門技術者はいない。このことは、太陽光発電システムの将来の普及の妨げになると懸念される。

この点を解決する方法として、太陽光発電システムの設計を支援し、担当者の設計能力を向上させることが考えられる。そして、このような設計支援をめざしたものに、文献(3)のエキスパートシステムがある。しかし、後述するように、採用している設計方法上の制約から、多様なシステム構成には対応できないため、実用上、十分なものにはなっていない。

以上の背景から、本論文では、わが国において太陽光発電システムを導入する場合の基本設計に必要な包括的支援

を行う計算機上のシステムを提案する。

すなわち、まず、既存の設計事例⁽⁵⁾からの抽出や、専門技術者へのインタビューを通して、太陽光発電システムの設計に関する知識を獲得するとともに、この知識と手引書⁽⁵⁾⁽⁶⁾にまとめられている基本的な設計手順に関する知識とを合わせて、整理・体系化する。

次に、この設計手順に基づいて設計する場合、設計に関する知識の記述が容易で、かつ、設計が対話的に行えることが望ましい。そのため、設計手順に関する知識を知識ベースとして組み込むことによって、パーソナルコンピュータ上のエキスパートシステムとして実現する。

本論文で提案するエキスパートシステムによる包括的な設計支援方法は、本論文で採用する設計方法に関しては新しい試みである。この設計方法は、多様なシステム構成に対応できる点が特徴である。さらに、使いやすさに十分配慮するために、気象官署における日射量をはじめとする気候データや斜面日射量を計算するプログラムを組み込んでいる。これによって、国内に設置する場合であれば、設計条件とともに、太陽光発電システムの設置場所の地方自治体を特定するだけで、気象官署の気候データを用いた適切な設計が容易にできる。

2. 太陽光発電システムの設計

〈2.1〉設計方法 太陽光発電システムの設計方法は、シミュレーションによる方法と解析的方法に大別できる。シミュレーションは、設計手順が確立されていない場合にも適用できるが、設計を適切なものにするための試行錯誤は避けられない。本論文では、基本設計には解析的方法を用いるものとし、詳細設計が必要な場合に、シミュレーションによる方法を用いるものとする。

解析的方法は、以下の三つに大きく分けられる。

- (a) LOLP(loss of load probability)に基づく方法
- (b) 負荷と日射量に基づく方法
- (c) 設置可能面積に基づく方法

(a)は、太陽電池アレイとバッテリーで構成される独立形システムの設計に適用できる方法で、LOLPとよばれるシステムの停電確率を設定値以下にする太陽電池アレイとバッテリーの容量の組み合わせが求まる。文献(3)は、この方法に基づくもので、求めた組み合わせの中から、さらにシステムコストを最小にする容量を与えるように改良されている。

(c)は、主に逆潮流のある連系形システムで用いられる方法で、太陽電池アレイ容量を屋根などの設置可能面積で規定する方法である。

適用できるシステム構成が限られている(a)、(c)に対し、(b)は、ハイブリッドを含む独立形システム、および連系形システムを含む多様なシステム構成に対応が可能である。このことは、太陽光発電システムの設計支援においては重要であり、本論文では、(b)と(c)を組み合わせた方法を採用する。

この方法を用いれば、独立形では、システムの定性的な停電の頻度に応じた必要最小限の規模に近いシステムが設計できる。一方、連系形では、コストの最小化が無意味な場合や設置可能面積に制約がない場合でも、負荷に見合った適切な規模のシステムが設計できる。

〈2.2〉設計手順 この設計方法による太陽光発電システムの設計手順は、おおむね確立されており、既存の設計事例も多く、システム構成もさまざまである。また、それらの運転実績に基づいて、より適切な設計ができるように設計手順の改善もはかられている。そして、基本的な設計手順は手引書⁽⁵⁾⁽⁶⁾にまとめられている。

なお、文献(4)も、(b)の方法に基づく手引書で、ハイブリッドを含む独立形システムを設計の対象としている。しかし、設計手順を独立形と連系形で一貫したものとすること、および設計事例が豊富なことから、独立形に関しては文献(5)の方式を採用する。

ただし、文献(5)に示されている設計手順もすべてのシステム構成や設計項目を網羅しているわけではない。そのため、これを補うものとして、既存の設計事例⁽⁹⁾が示されているが、それらからの設計手順の抽出はなされていない。

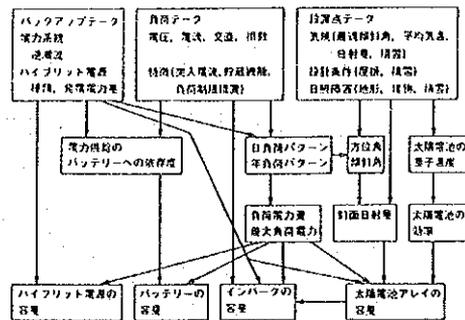


図1 太陽光発電システムの設計の流れ
Fig. 1. Flow of PV System design.

表1 「大創玄」の主な特徴
Table 1. General features of "Dai-Sogen".

オペレーティングシステム	MS-DOS
知識表現形式	プロダクションルール (if...then...else...)
推論方式	述語論理、フレーム 後向き推論、論理型推論、前向き推論
外部プログラムとのリンク	BASIC, C

MS-DOSはマイクロソフト社の商標

そこで、本論文では、既存の設計事例⁽⁵⁾を分析し、設計に関する知識を獲得、追加する。そのうえで、設計事例のないシステム構成や設計事例が少ない周辺機器に関しては、必要に応じて専門技術者にインタビューして、設計に関する知識を補足する。そして、これらの設計手順を整理体系化する。

このようにして得られた太陽光発電システムの設計の流れを図1に示す。まず、電力系統やハイブリッド電源(ディーゼル発電、ローカルエネルギー)の利用可能性、負荷の特徴などに基づいて、各周辺機器の必要性で、システム構成を決定する。また、設置場所や負荷の特徴に基づいて、太陽電池アレイの傾斜角、方位角を決定する。次に、負荷電力量、斜面日射量などに基づいて、太陽電池アレイや周辺機器の容量などを決定する。

前述の手順で得られた太陽光発電システムの設計手順のうち、主要要素機器の容量に関する設計式をフローチャートとともに、付録1に示す。

3. 設計支援方法

この設計手順に基づいて太陽光発電システムを設計する場合、手引書を参照しながら設計することは、文献(4)で採用されているワークシート方式でも、容易ではない。設計者にとっては、必要事項に関する質問に回答するだけで設計できることが望ましい。また、パーソナルコンピュータで実現できれば、取り扱いも容易になる。

ここでは、上記の理由、および設計に関する知識の記述が容易なことを重視し、文献(3)と同様、設計手順に関する知識を知識ベースとして組み込むことによって、パーソナルコンピュータ上でエキスパートシステムとして実現す

る方法を選択する。また、エキスパートシステムの構築を効率化するために、市販のエキスパートシェルを活用する。

いくつかの市販エキスパートシェルを比較検討した結果、パーソナルコンピュータ(NEC PC-9801シリーズ)用として、エー・アイ・ソフト社製の「大創玄」⁽¹²⁾を採用する。「大創玄」の主な特徴のうち、本システムに関連のあるものを表1に示す。

4. 本システムの特徴

〈4.1〉 基本構造 太陽光発電システムの設計には、日射量などの気候データが不可欠であり、気象官署での観測データを利用するのが一般的である。しかし、これらのデータは、個別には報告書など⁽⁸⁾⁽⁹⁾に掲載されてはいるものの、利用しやすい形式には整備されていない。

本システムでは、気象官署の気候データの利用を容易にするために、図2に示すとおり、基本構造を以下の四つの部分から構成されるように定める。

- (a) 「大創玄」の推論エンジン
- (b) 地方自治体の包含関係、設計手順、および要素機器の標準仕様からなる知識ベース
- (c) 地方自治体の経緯度、日射気候区のデータおよび気象官署の経緯度、標高、日射気候区、最適傾斜角、気温、日射量、積雪の気候データからなるデータベース
- (d) データベースのデータ検索、地方自治体と気象官署との距離計算、および斜面日射量の計算のためのプログラム

〈4.2〉 知識ベース 本システムにおける知識ベースは、地方自治体の包含関係、設計手順、および要素機器の標準仕様に分けられる。

(a) 地方自治体知識ベース 設置場所の地方自治体を「大創玄」の入力画面上で特定できるようにするための知識ベースである。都道府県、特別区・指定都市・市・郡・支庁、指定都市の区・町・村の3階層を設定し、個々の地方自治体の階層的な包含関係を文献(10)に基づいて、フレーム形式の知識ベースで記述している。

「大創玄」上で設置される地方自治体を特定すると、距

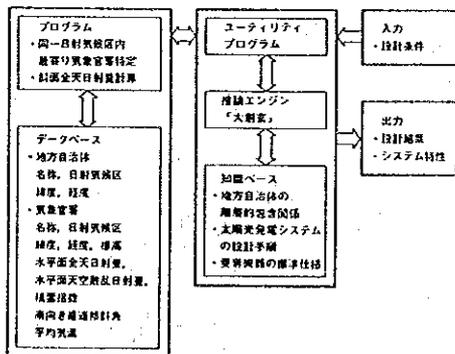


図2 本システムの基本構造
Fig. 2. Configuration of the expert system.

離計算プログラムによって、その地方自治体と同一日射気候区内の最寄りの気象官署が選択され、その気候データが利用できる。

(b) 設計手順知識ベース 本システムの主要部分であり、主にプロダクションルールで記述している。周辺機器の要・不要のような事象変数を決定するためのルール、および要素機器の容量のような数値変数を決定するためのルール(数式)に分けられる。付録1の設計式は、後者の数値変数決定ルールに相当する。

本システムを構成するルールは500程度である。ルールは、保守を容易にするために、要素機器ごとにまとめている。

(c) 標準仕様知識ベース 要素機器のうち、バッテリーは、市販品の標準的な仕様⁽⁵⁾をフレーム形式の知識ベースとしており、その中から適切なものが選択される。なお、太陽電池モジュールは、付録1に示すように、仕様を特定しており、選択できるようなになっていない。

〈4.3〉 データベース 本システムにおいては、太陽光発電システムの設計に必要ないくつかのデータを予めデータベースとして用意している。

(a) 地理データ 気候、特に日射に関するデータは、設置場所のものがあるとは限らない。そのため、気象官署の気候データを容易に利用できるようにしておくことが望ましい。

ところで、日射には地域特性があり、最寄りの気象官署であっても特性が異なっている場合がある。そのため、必要な気候データがそろっている全国225地点の気象官署のうち、同一日射気候区内の最寄りのものを特定できるようにしておく必要がある。

気象官署の日射気候区は文献(8)で与えられているが、全国の日射気候区は、500万分の1程度の地図⁽⁸⁾上でのみ与えられている。そこで、これを利用しやすくするために、全国の3400程度の地方自治体(特別区、市、指定都市の区、町、村)に対して、各地方自治体は一つの日射気候区内にあると仮定したうえで、地形などを考慮しながら、日射気候区を地方自治体の境界で再定義することによって、データベースとしている。

筆者らが作成した地方自治体の日射気候区データベースは、日射気候区を計算機上で取り扱う場合には不可欠であり、太陽光発電システムの設計には、きわめて重要なものである。

一方、気象官署と設置場所の距離 S (km) は、気象官署の緯度 ϕ_1 、経度 λ_1 、設置場所の緯度 ϕ_2 、経度 λ_2 、地球の半径 R (6,370 km) とすると、式(1)で与えられる。ここで、 $\delta(^{\circ})$ は、地球の中心から見た2地点間の角度で、式(2)で表わされる⁽¹¹⁾。

$$S = R \cdot \delta(\pi/180) \dots\dots\dots (1)$$

$$\delta = \arccos(\sin \phi_1 \cdot \sin \phi_2 + \cos \phi_1 \cdot \cos \phi_2 \cdot \cos(\lambda_1 - \lambda_2)) \dots\dots\dots (2)$$

気象官署の経緯度は、文献(8)をもとに、データベース

化している。また、設置場所の経緯度が得られていない場合にも、気象官署を特定できるようにするために、文献(11)の地方自治体の役所・役場の経緯度データベースを利用できるようにしている。ただし、地方自治体の区域に役場がないなど、設置場所と役所・役場が離れている場合には、設置場所の経緯度を与えることが望ましい。

プログラムで役所・役場と同一日射気候区内の最寄り気象官署をそのつど特定する方式の採用によって、両者の対応関係をデータ化していた場合⁽¹¹⁾⁽¹²⁾と比べ、双方のデータを独立に保守できるよう改善されている。

(b) 気候データ 文献(8)には、気象官署の各月の月平均斜面全天日射量日積算値が、傾斜角10°、方位角15°ごとに示されている。しかし、これをそのままデータベースとしたのでは、量がぼう大で、通常の取り扱いには不向きである。また、任意の傾斜角、方位角に対しては補間が必要となる。そのため、ここでは、もともになっている緯度、経度、月平均水平面全天日射量日積算値、月平均水平面天空散乱日射量日積算値、および月間積雪指数をデータベースとし、それらから月平均斜面全天日射量日積算値を計算する方法を採用する。この計算手順は付録2に示す。

この計算を実行するプログラムは、「大創玄」で気象官署、傾斜角、方位角が指定されると、データベースから必要なデータを読み込み、斜面日射量を計算する。本システムでは、計算された気象官署での斜面日射量を設置場所での値とみなして利用する。このプログラムによって、任意角の斜面日射量の計算が容易になるとともに、データベースの量を圧縮できる。なお、月間積雪指数は、積雪による太陽電池アレイ面での斜面日射量の減少率の決定にも用いる。

気象官署の月間および年間の南向き最適傾斜角⁽⁸⁾もデータベースとしている。これによって、太陽電池アレイの設置角に制約がない場合の傾斜角の設定が容易になる。一方、任意方位角における最適傾斜角は、その方位角における異なる三つの傾斜角に対する斜面日射量を計算し、傾斜角に対する斜面日射量の変化を二次曲線で近似することによって、斜面日射量を最大にする傾斜角として計算することができる⁽⁸⁾。しかし、ここでは、より簡単な近似式による方法を提案する。

すなわち、文献(8)によれば、傾斜角に対する斜面日射量の変化は、最適傾斜角付近では小さく、各方位角における最適傾斜角は、南(方位角0°)で最大で、東西(方位角±90°)で水平となっている。また、その間の変化の形状は、二次曲線に近い。このことから、任意方位角における最適傾斜角 $\beta(^{\circ})$ を、南向き最適傾斜角 $\beta_s(^{\circ})$ 、方位角 $\gamma(^{\circ})$ として、式(3)で近似する。

$$\beta = \beta_s \cdot \{1 - (\gamma/90)^2\} \quad (3)$$

太陽電池素子温度を与えるために必要な月(年)平均日照時外気温度は、データがある地点が少ないので、付録1に示した計算式で、気象官署の月(年)平均気温から求める。

ただし、この値は、気象官署の標高と設置場所の標高で更正する必要があるため、気象官署の平均気温と標高をデータベースにしている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。更正は、次式による。

$$t_2 = t_1 + 0.006 \cdot (h_1 - h_2) \quad (4)$$

ここで、 t_1, h_1 はそれぞれ気象官署の平均気温(°C)と標高(m)、 t_2, h_2 はそれぞれ設置場所の平均気温(°C)と標高(m)である。

なお、文献(8)のデータは、文献(9)の10年前の平年値に基づいている。そのため、小笠原(父島、南鳥島)のデータはなく、日射気候区も特定されていない。この結果、本システムでは、利用者が斜面日射量を直接入力する必要がある。

〈4・4〉基本機能 本システムは、太陽光発電システムの基本設計、すなわち、システム構成の決定、要素機器の容量などの決定、コストの計算などを対象としており、これ以外の結線、機器配置、設置工事、運転保守に関しては別に定める必要がある。

本システムが設計の対象としている太陽光発電システムの構成を図3に、本システムを用いて設計できる要素機器の項目を図4に示す。

本システムでは、利用者の利便性の改善にも配慮している。負荷および設置場所に関するものを除いて、入力が必要なほとんどの値には、付録1にも示すとおり、あらかじめ

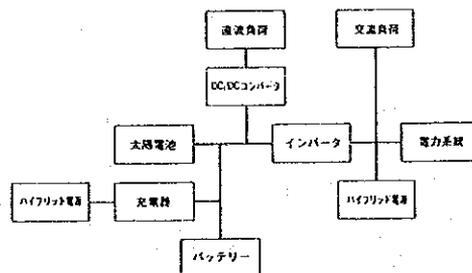


図3 本システムで設計できる太陽光発電システムの構成

Fig. 3. Configuration of PV systems which can be designed by the expert system.

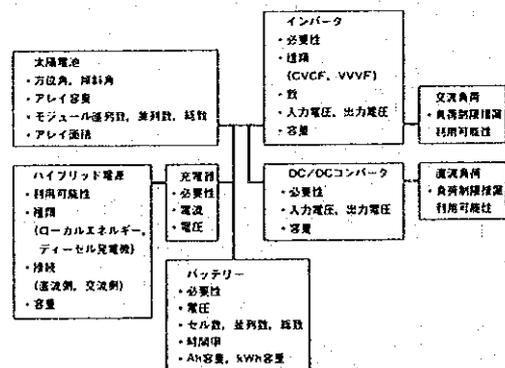


図4 本システムで設計できる要素機器の項目
Fig. 4. Items of PV system components which can be designed by the expert system.

め標準値を与えている。これによって、標準的な場合には、利用者の回答の負担は大幅に軽減されている。

本システムによる設計は、通常は1回の計算で終了する。しかし、負荷と斜面日射量との関係から太陽電池アレイ容量を最小にする傾斜角が決まる場合には、本システムを繰り返し適用し、適切な傾斜角を求めることになる。また、仮定した設計条件と設計結果が矛盾する場合にも、修正のための再実行が必要になる。

さらに、太陽電池アレイを複数個に分割する場合には、一連の実行中には各1個の設計しかできないため、本システムを繰り返し適用する。例えば、設置可能面積の不足で太陽電池アレイを傾斜角、方位角の異なる複数の面に設置する必要がある場合には、単位面積当たりの発電電力量が最も多い面の全面を利用し、負荷から発電電力量を差し引いたものを改めて負荷として、再度、設計するという手順を繰り返す。

基本設計が終了し、要素機器の容量が決まると、発電電力量、送電・受電電力量を計算する。また、文献(5)、(7)のコスト見直しおよび計算方法に基づいて、現状および将来の設備費、発電コストを計算する。これらから、太陽光発電システムの導入効果を知ることができる。

表2 負荷データ
Table 2. Load data.

月	4~9	10~3	年間計
負荷電力量	6.0 kWh/日	5.7 kWh/日	2135.4 kWh
最大負荷電力	0.76 kW		

表3 本システムによる太陽光発電システムの設計例

Table 3. Example of PV system designed by using the expert system.

設計項目	仕様
太陽電池アレイ方位角、傾斜角 容量	0°, 50' 3.7 kW
モジュール直列数、並列数 アレイ面積	14, 5 27.9 m ²
バッテリー電圧 セル数、並列数 時間率 容量	178 V 89, 1 48 hr 177 Ah, 31.5 kW
インバータ種類 数 入力電圧 出力電圧 容量	CVCF 1 169~231 V 100 V 4.1 kVA
ディーゼル発電機接続 容量	直流側 2 kVA
充電器電流 電圧	5 A 200 V
太陽電池アレイ発電電力量 ディーゼル発電機発電電力量	3202 kWh/年 98 kWh/年
設備費 発電コスト	421 万円 268 円/kWh

なお、本システムによる設計は、利用する気候データの制約から、付録1に示すように、月間値に基づいている。そのため、送電・受電電力量は月単位の収支である。

このとき、本システムで求まるコストは、明示的に最小化しているわけではないが、太陽電池アレイや周辺機器の容量決定に関する経験的知識を反映することによって、必要最小限に近いものになっていると考えられる。

5. 適用例

本システムの有効性を示すために、より高度な設計能力が必要な独立形システムの一つである山小屋システム⁽⁵⁾に、本システムを適用する。表2の最大負荷電力、負荷電力量に対して、設計された要素機器の仕様およびコスト諸元を表3に示す。文献(7)に基づいて変更したコストを除いて、専門技術者による設計と同様の値が得られている。

6. おわりに

開発した太陽光発電システム設計支援エキスパートシステムについて述べた。本論文の成果は、以下のようにまとめられる。

(1) 太陽光発電システムの設計手順の確立、および整理・体系化。

(2) 関連するデータベース、プログラム等の整備、および太陽光発電システム設計支援エキスパートシステムの構築。

本システムは、実際の設計に適用することによって、専門技術者と同等の設計能力を有し、有効であることを確認している。本システムは、今後の太陽光発電システムの広範な普及に寄与するものと期待される。

本システムでは、負荷に関するデータとして、負荷電力量、最大負荷電力などを入力する必要がある。これらの値を求めるためには、負荷機器の定格、数量、使用時間帯、使用頻度などのデータから、日負荷パターンを作成し、さらに年負荷パターンを作成する必要がある。このような負荷の入力に関する利用者の負担の軽減をはかるため、家庭用電化製品に関しては、標準的な使用パターンや特性を、フレーム形式の知識ベースとする作業を進めている。これによって、家庭での標準的な使用であれば、負荷の名称を選択し、数量を入力するだけで、負荷パターンを作成できるようになる。

また、本システムでは、太陽電池モジュールの仕様は特定している。これを、市販品の中から選択できるようにし、屋根などの形状に合わせた設計もできるようにしたいと考えている。

本研究をまとめるにあたり、斜面日射量の計算に必要なデータを提供いただいた、(財)日本気象協会の吉田作松氏、篠木哲一氏に謝意を表す。また、研究の機会を与えていただいた当所エネルギー部エネルギー情報技術研究室前室長伊原征治郎氏に深謝する。

(平成5年4月23日受付、同年12月13日再受付)

文 献

- (1) 遠藤・黒川・林:「太陽光発電システム最適設計支援エキスパートシステムの構築」,平成4年電気学会産業応用部門会大講演論文集, p.676, (平4-8)
- (2) E. Endo, K. Kurokawa & M. Hayashi: "Design-Aid Expert System for Photovoltaic Power Generation System", Renewable Energy, 1, p.260, Pergamon Press, (September 1992)
- (3) J. J. Duffy & S. L. Frye: "An Expert-System-Based PV Sizing Method for Minimum Cost", Proceedings of the ASES Annual Meeting, (1989)
- (4) Canada Centre for Mineral and Energy Technology, Energy Mines and Resources Canada: Photovoltaic Systems Design Manual, (March 1991)
- (5) 電源開発(株): 独立分散型等太陽光発電システム導入手引書, (平2-3)
- (6) 電源開発(株): 住宅用太陽光発電システム導入手引書, (昭62-3)
- (7) 太陽光発電システム技術開発の今後の進め方について(中間報告), 産業技術審議会新エネルギー技術開発部会政策分科会, (平元-8)
- (8) (財)日本気象協会: 太陽光発電システム実用化技術開発発電量基礎調査, (昭61, 62-3)
- (9) 気象庁: 日本気候表その1月別平年値・極値, (財)日本気象協会, (平3-3)
- (10) 自治省編: 全国地方公共団体コード, 第一法規出版, (平4-4)
- (11) 建設省国土地理院: 日本の市区町村役所・役場経緯度一覧, (財)日本地図センター, (平3-12)
- (12) エー・アイ・ソフト(株): 大研玄チュートリアルマニュアル・リファレンスマニュアル, (平元-6)

付 録 1

主な要素機器の容量に関する設計式

太陽電池アレイおよび主な周辺機器の容量に関する設計式を以下に示す。これらは一般的な場合のもので、負荷制限措置ではなく、ピーク負荷と常時負荷の差は大きくない場合である。また、太陽電池アレイは一つの面だけに設置し、ローカルエネルギー発電機は、直流側に接続されているものとする。得られる容量は必要最小限の値であり、市販品を利用する場合には、これより大きいものを選択する必要がある。変数の値は、本システムがもつ標準値である。図5に、これらの設計式による設計手順をフローチャートにして示す。

(a) 太陽電池

$$P_D = 0.001 \cdot PM \cdot N_0 \dots\dots\dots (付1)$$

$$N_0 = N_s \cdot N_p \dots\dots\dots (付2)$$

$$N_s = \begin{cases} \text{ceil}(V_{PL}/V_{OP}) & (\text{直流負荷がある場合}) \\ \text{ceil}(V_{PI}/V_{OP}) & (\text{直流負荷がない場合}) \end{cases} \dots\dots\dots (付3)$$

$$V_{PL} = \begin{cases} V_{OH} \cdot N_B & (\text{直流負荷がある場合}) \\ V_{OP} \cdot N_s & (\text{直流負荷がない場合}) \end{cases} \dots\dots\dots (付4)$$

$$N_B = \begin{cases} \text{ceil}(V_{OC}/V_O) & (\text{直流負荷がある場合}) \\ \text{ceil}(V_{PL}/V_{OH}) & (\text{直流負荷がない場合}) \end{cases} \dots\dots\dots (付5)$$

$$V_{OP} = V_{OP} \cdot K_{Tn} \dots\dots\dots (付6)$$

$$K_{Tn} = 1 - K_{T1} \cdot (t_{cc} - 25) \dots\dots\dots (付7)$$

$$V_{PI} = f(V_{AC}) \dots\dots\dots (付8)$$

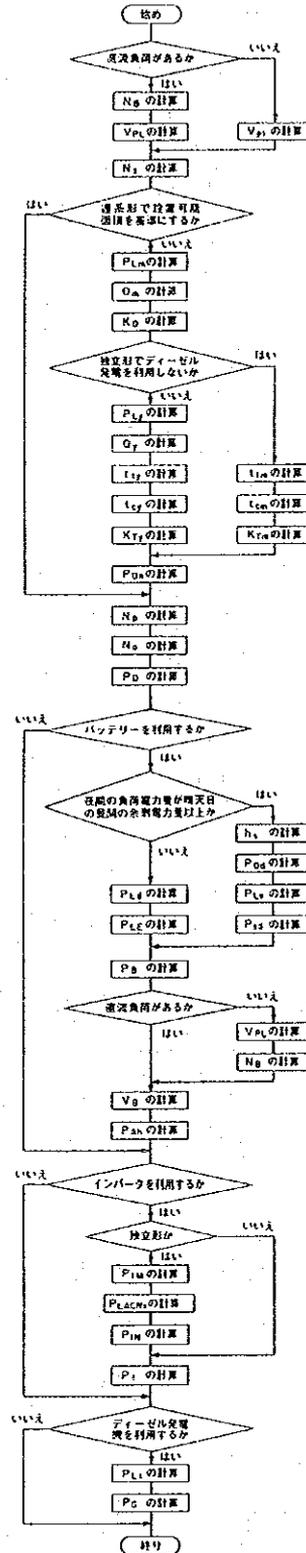


図5 太陽光発電システムの主な要素機器の容量の設計手順
Fig. 5. Design process for PV system components.

$$N_p = \begin{cases} \text{coil}(1000 \cdot P_{lm} / (P_M \cdot N_s)) & (\text{下記以外の場合}) \\ \text{int}(S / (K_A \cdot S_M \cdot N_s)) & (\text{連系形で設置可能面積を基準にする場合}) \end{cases}$$

.....(付 9)

$$P_{Dn} = \begin{cases} P_{Ly} / (Q_y \cdot 1 / A \cdot K_{Vy} \cdot K_S \cdot K_{Ty} \cdot K_D \cdot \eta_{BAT}) & (\text{下記以外の場合}) \\ \max_{m=1}^{12} (P_{Lm} - P_{Cm} \cdot \eta_{CHA} \cdot \eta_{BAT}) / (Q_m \cdot 1 / A \cdot K_{Vm} \cdot K_S \cdot K_{Tm} \cdot K_D \cdot \eta_{BAT}) & (\text{独立形でディーゼル発電機を利用しない場合}) \end{cases}$$

.....(付 10)

$$P_{Ly} = \sum_{m=1}^{12} P_{Lm} \dots\dots\dots(\text{付 11})$$

$$P_{Lm} = P_{LDCm} / \eta_{CON} + P_{LACm} / \eta_{INV} \dots\dots\dots(\text{付 12})$$

$$P_{LDCm} = P_{LDCx} \cdot d_m \cdot 24 \dots\dots\dots(\text{付 13})$$

(直流負荷が年間一定の場合)

$$P_{LACm} = P_{LACx} \cdot d_m \cdot 24 \dots\dots\dots(\text{付 14})$$

(交流負荷が年間一定の場合)

$$Q_y = \sum_{m=1}^{12} Q_m \dots\dots\dots(\text{付 15})$$

$$Q_m = K_{Sm} \cdot Q_{dm} \cdot d_m \dots\dots\dots(\text{付 16})$$

$$K_{Ty} = 1 - K_{T1} \cdot (t_{cy} - 25) \dots\dots\dots(\text{付 17})$$

$$K_{Tm} = 1 - K_{T1} \cdot (t_{cm} - 25) \dots\dots\dots(\text{付 18})$$

$$t_{cy} = t_{1y} + t_{2y} \dots\dots\dots(\text{付 19})$$

$$t_{cm} = t_{1m} + t_{2m} \dots\dots\dots(\text{付 20})$$

$$t_{1y} = t_y + 2 \dots\dots\dots(\text{付 21})$$

$$t_{1m} = t_m + 2 \dots\dots\dots(\text{付 22})$$

$$K_D = K_{D1} \cdot K_{D2} \cdot K_{D3} \dots\dots\dots(\text{付 23})$$

(b) バッテリー

$$PB = \begin{cases} P_{LE} / U & (\text{下記以外の場合}) \\ P_{sd} \cdot V_b / (V_{bn} \cdot U) & (\text{ディーゼル発電機を利用して昼間の余剰電力 8 夜間に使い切る}) \end{cases}$$

.....(付 24)

$$P_{LE} = P_{La} \cdot N_{day} \dots\dots\dots(\text{付 25})$$

$$P_{La} = \max_{m=1}^{12} P_{Lm} / d_m \dots\dots\dots(\text{付 26})$$

$$P_{sd} = P_{Da} - P_{La} \dots\dots\dots(\text{付 27})$$

$$P_{Da} = P_D \cdot 1 / (K_{Vy} \cdot K_S \cdot K_{Ty} \cdot K_D \cdot h_f) \dots\dots\dots(\text{付 28})$$

$$h_f = Q_f \cdot 1 / A \dots\dots\dots(\text{付 29})$$

$$P_{La} = P_{Ly} / (365 \cdot 2) \dots\dots\dots(\text{付 30})$$

$$P_{La} = 1000 \cdot P_b / V_b \dots\dots\dots(\text{付 31})$$

$$V_b = V_b \cdot V_b \dots\dots\dots(\text{付 32})$$

(c) インバータ

$$P_I = \begin{cases} P_{IM} + P_{IN} & (\text{独立形の場合}) \\ P_D & (\text{連系形の場合}) \end{cases} \dots\dots\dots(\text{付 33})$$

$$P_{IM} = P_{LACm} \cdot R_{el} / (F_{m1} \cdot O_c) \dots\dots\dots(\text{付 34})$$

$$P_{IN} = P_{LACm} \cdot K_{pi} / F_{ni} \dots\dots\dots(\text{付 35})$$

$$P_{LACm} = P_{LACx} - P_{LACm} \dots\dots\dots(\text{付 36})$$

(d) ディーゼル発電機

$$P_G = P_{Lx} \cdot K_{np} / (F_G \cdot \eta_{CHA}) \dots\dots\dots(\text{付 37})$$

$$P_{Lx} = P_{LDCx} / \eta_{CON} + P_{LACx} / \eta_{INV} \dots\dots\dots(\text{付 38})$$

ここで、

- P_D : 太陽電池アレイ容量(kW)
- P_{Dn} : 必要太陽電池アレイ容量(kW)
- P_B : バッテリー容量(kWh)
- P_{Ah} : バッテリー Ah 容量(Ah)
- P_I : インバータ容量(kVA)
- P_{IM} : モータ負荷用インバータ容量(kVA)
- P_{IN} : 通常負荷用インバータ容量(kVA)
- P_C : ディーゼル発電機容量(kVA)
- P_{Ly} : 年間負荷電力量(kWh)
- P_{Lm} : 月間負荷電力量(kWh)
- P_{LDCm} : 月間直流負荷電力量(kWh)
- P_{LACm} : 月間交流負荷電力量(kWh)
- P_{Ld} : 最大月平均日負荷電力量(kWh)
- P_{Lx} : 最大負荷電力(kW)
- P_{LDCx} : 最大直流負荷電力(kW)
- P_{LACx} : 最大交流負荷電力(kW)
- P_{LACmx} : 最大交流モータ負荷電力(kW)
- P_{LACnx} : 最大交流通常負荷電力(kW)
- P_{La} : 年平均昼間負荷電力量(kWh)
- P_{LE} : バッテリー依存電力量(kWh)
- P_{sd} : 晴天日貯蔵可能電力量(kWh)
- P_{Dd} : 晴天日太陽電池アレイ発電電力量(kWh)
- P_{Cm} : 月間ローカルエネルギー発電電力量(kWh)
- Q_y : 年間斜面日射量(kWh/m²)
- Q_m : 月間斜面日射量(kWh/m²)
- Q_{dm} : 月平均斜面日射量日積算値(kWh/m²)
- Q_f : 晴天日斜面日射量(kWh/m²)
- A : 標準太陽光入射量 1 kW/m²
- K_{Sm} : 月間積雪補正率
- K_{Vy} : 年平均日射量変動係数 0.96
- K_{Vm} : 月平均日射量変動係数 0.9
- K_S : 日影補正率
- K_{Ty} : 年平均温度補正係数
- K_{Tm} : 月平均温度補正係数
- K_{Tn} : 温度補正係数最小値
- K_{T1} : 太陽電池出力温度特性定数 0.004~0.005/°C
- t_{cy} : 年平均太陽電池素子温度(°C)
- t_{cm} : 月平均太陽電池素子温度(°C)
- t_{cx} : 太陽電池素子温度最高値 60°C
- t_{1y} : 年平均日照時外気温度(°C)
- t_{1m} : 月平均日照時外気温度(°C)
- t_y : 年平均気温(°C)
- t_m : 月平均気温(°C)
- t_{2y} : 年平均太陽電池動作時温度上昇値 12°C
- t_{2m} : 月平均太陽電池動作時温度上昇値 5月~10月 15°C, 11月~4月 10°C

K_D : 直流補正係数 0.8~0.9
 K_{D1} : 太陽電池アレイ面汚れ低減係数
 K_{D2} : 太陽電池モジュール直並列直流損失係数
 K_{D3} : 太陽電池モジュール最適動作点ずれ係数
 η_{CON} : DC/DC コンバータ効率 0.9
 η_{INV} : インバータ効率 0.9
 η_{BAT} : 電力貯蔵効率 0.8
 η_{CHA} : 充電器効率 0.95
 F_{ml} : モータ負荷力率 0.75~0.9
 F_{nl} : 通常負荷力率 0.75~0.9
 F_G : ディーゼル発電機電源力率 0.8
 N_S : 太陽電池モジュール直列数
 N_P : 太陽電池モジュール並列数
 N_O : 太陽電池モジュール総数
 P_M : 太陽電池モジュール最大出力 53 W
 V_{PL} : 太陽電池アレイ年間最低電圧(V)
 V_{PI} : 太陽電池アレイ直流電圧(V)
 V_{OP} : 太陽電池モジュール動作電圧(V)
 V_{OP} : 太陽電池モジュール最適動作電圧 17 V
 V_{DH} : バッテリー単セル充電時電圧 2.3 V
 V_b : バッテリー単セル公称電圧 2 V
 V_{DC} : 直流負荷電圧(V)
 V_{AC} : 交流負荷電圧(V)
 V_B : バッテリー回路公称電圧(V)
 N_B : バッテリーセル数
 N_{day} : バッテリー電力貯蔵日数 1~7
 U : バッテリー放電深度 0.7
 R_c : 突入電流倍率 7
 O_c : 過負荷耐量 1.5
 K_{pi} : 最大負荷電力変動係数 1.8
 K_{np} : 逆相電流相当分係数 1.5
 S : 太陽電池アレイ設置可能面積(m²)
 S_M : 太陽電池モジュール面積 0.399 m²
 K_A : 太陽電池アレイ面積余裕係数 1.1
 h_f : 標準太陽光入射量相当晴天日照時間(h)
 m : 月 1~12
 d_m : 各月の日数 28~31
 $f(\)$: V_{AC} から V_{PI} を与える関数
 例えば $V_{AC}=100$ V のとき $V_{PI}=200$ V
 \max : 最大値
 $\text{ceil}(x)$: x より小さくない最小の整数
 $\text{int}(x)$: x より大きくない最大の整数

付録2

月平均斜面全天日射量日積算値の計算

文献(8)には、月平均全天日射量日積算値、月平均天空散乱日射量日積算値、および月間積雪指数から、月平均斜面全天日射量日積算値を推定する方法が示されている。しかし、専門家にとつての常識と思われる(付58)、(付59)式、日積算の具体的方法、および物理的な意味を考慮する

ことによる計算値の補正についての記述がない。

日積算は、中央標準時を1時から24時まで1時間ごとに變化させ、合計すればよい。実際には、わが国において最も早い日の出と最も遅い日の入りの時間を含む5時から20時までの時間帯で十分である。計算値の補正は、非負のパラメータが負になったとき0で置き換える操作、および合計が1のパラメータが1にならない場合に正規化する操作である。

$$H_{DT} = H_{ODT} + H_{SDT} + H_{CDT} \quad \text{.....(付 39)}$$

$$H_{ODT} = \sum_T I_{ODT} \quad \text{.....(付 40)}$$

$$I_{ODT} = (I - I_d) \cdot r_o \quad \text{.....(付 41)}$$

$$I = H \cdot r_t \quad \text{.....(付 42)}$$

$$I_d = H_d \cdot r_d \quad \text{.....(付 43)}$$

$$r_o = \cos \theta / \cos \theta_z \quad \text{.....(付 44)}$$

$$\cos \theta_z = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega \quad \text{.....(付 45)}$$

$$\cos \theta = (\sin \phi \cdot \cos \beta - \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma) \cdot \sin \delta + (\cos \phi \cdot \cos \beta + \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \quad \text{.....(付 46)}$$

$$\delta = (180/\pi)(0.006918 - 0.399912 \cos x + 0.070257 \sin x - 0.006758 \cos 2x + 0.000908 \sin 2x) \quad \text{.....(付 47)}$$

$$x = (360/365)(n-1) \quad \text{.....(付 48)}$$

$$\omega = -(360/24)\{12 - (T-0.5) - (24/360)\lambda + 9 - E_t\} \quad \text{.....(付 49)}$$

$$E_t = (0.0172 + 0.4281 \cos x - 7.3515 \sin x - 3.3495 \cos 2x - 9.3619 \sin 2x)/60 \quad \text{.....(付 50)}$$

$$r_d = (\pi/24)\{((24/\pi) \sin(180/24) \cdot \cos \omega - \cos \omega_s) / (\sin \omega_s - (\pi/180)\omega_s \cdot \cos \omega_s)\} \quad \text{.....(付 51)}$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan \delta \cdot \tan \phi) \quad \text{.....(付 52)}$$

$$r_t = r_a \cdot (a + b \cdot \cos \omega) \quad \text{.....(付 53)}$$

$$a = 0.4090 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60) \quad \text{.....(付 54)}$$

$$b = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60) \quad \text{.....(付 55)}$$

$$H_{SDT} = \sum_T I_{SDT} \quad \text{.....(付 56)}$$

$$I_{SDT} = I_d \{ (I - I_d) / I_0 \cdot r_o + [1 - (I - I_d) / I_0] \cdot (1 + \cos \beta) / 2 \} \quad \text{.....(付 57)}$$

$$I_0 = I_{on} \cdot \cos \theta_z \quad \text{.....(付 58)}$$

$$I_{on} = I_{sc} \cdot (1 + 0.033 \cos\{(360/365)(n-2)\}) \quad \text{.....(付 59)}$$

$$H_{CDT} = H \cdot \rho \cdot (1 - \cos \beta) / 2 \quad \text{.....(付 60)}$$

$$\rho = 0.2(1 - n_s) + 0.7n_s \quad \text{.....(付 61)}$$

ここで、

H : 月平均水平面全天日射量日積算値(MJ/m²)

1 kWh=3.6 MJ

H_d : 月平均水平面天空散乱日射量日積算値(MJ/m²)

n_s : 月間積雪指数

1ヵ月のうちの積雪10 cm以上の日の割合

ϕ : 緯度(°)

λ : 経度(°)
 β : 斜面の傾斜角(°)
 γ : 斜面の方位角(°), 東-, 南0, 西+
 I_{sc} : 太陽定数 1.382 kW/m²
 n : 各月の平均日の元日を1とする年間の通し日付
 $n=17, 47, 75, 105, 135, 162, 198, 228, 258, 288, 318, 344$
 T : 中央標準時(h) $T=1, 2, \dots, 24$
 H_{jt} : 月平均斜面全天日射量日積算値(kWh/m²)
 H_{bst} : 月平均斜面直達日射量日積算値(kWh/m²)
 H_{sbt} : 月平均斜面天空散乱日射量日積算値(kWh/m²)
 H_{rbt} : 月平均斜面地面反射日射量日積算値(kWh/m²)
 I_{bst} : 月平均斜面直達日射量時間積算値(kWh/m²)
 I : 月平均水平面全天日射量時間積算値(kWh/m²)
 I_d : 月平均水平面天空散乱日射量時間積算値(kWh/m²), $I - I_d \geq 0$
 r_b : 大気外全天日射量に対する斜面日射量の比率, $r_b \geq 0$
 θ : 斜面への太陽光入射角(°), $\cos \theta \geq 0$
 θ_z : 水平面への太陽光入射角(°), $\cos \theta_z \geq 0$
 δ : 太陽赤緯(°)
 ω : 太陽時角(°), 午前-, 南中時0, 午後+
 E_t : 均時差(h)
 r_d : 天空散乱日射量の時間配分率, $r_d \geq 0, \sum_T r_d = 1$
 ω_s : 地平線に対する日没時の時角(°)
 r_t : 全天日射量の時間配分率, $r_t \geq 0, \sum_T r_t = 1$
 I_{sbt} : 月平均斜面天空散乱日射量時間積算値(kWh/m²)
 I_0 : 月平均大気外全天日射量時間積算値(kWh/m²), $I_0 \geq 0$
 I_{0n} : 月平均大気外法線面直達日射量時間積算値

(kWh/m²)

ρ : 地表面のアルベド

遠藤 栄一 (正員) 昭和29年10月9日生。昭和55年九州大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年電子技術総合研究所入所。エネルギー技術評価、太陽光発電システムの設計に関する研究に従事。現在、同所エネルギー部エネルギー情報技術研究室主任研究官。



黒川 浩助 (正員) 昭和17年8月16日生。昭和40年早稲田大学第一工学部電気工学科卒業。同年、電気試験所(現電子技術総合研究所)入所。太陽光発電の研究などに従事。NEDO 出向などを経て現在、同所エネルギー部エネルギー情報技術研究室長。工学博士。



林 正明 (非会員) 昭和37年12月21日生。昭和61年山梨大学工学部計算機科学科卒業。同年セイコーエプソン株式会社入社。同年イー・アイ・ソフト株式会社出向。「大創玄」を用いたエキスパートシステムの開発に従事。現在、同社AI事業部VAR 推進課課長代理。



IV . 收集資料

QUESTIONNAIRE

1. Social Survey of Local Residents

(1) General items

- * Family unit consists of :
Father, mother, children, grandfather and grandmother
- * Occupations :
10 % Teachers and clerks
90 % Farmers, livestock farming, Dairy production building workers
- * Incomes, expenditures (cash, crops, livestock, dairy products, self-supporting goods, etc.)
- * Family incomes (Syrian Pound/Yr)

Crops	30000
Livestock	15000
Dairy	30000
Others	15000
- * Expenditures (goods, clothes, healthcare... etc.) = 75000
- * Religions : Islam
- * Education 10% educated
90% illiterate & Semiliterate
- Recreation : non

(2) Water, energy, etc.

- * Energy utilization: Energy will be used for.
 - Lighting
 - Domestic appliances (TV. frige, VTR, washing machine etc...)
 - Small dairy machines and in-house industry
 - Fuel for trucks, heating ...
- * Present state of drinking water.

There is a small well by each house to collect water during rainfall times, or refill it by tankvan .

Total drinking water quantity required for domestic use is 20 m³ / day.

2. Survey of Residential Needs

(1) Improvements

- Supply of electrical power to communities
Average 3 Kwh/day/house
- /20m³/of water for a village of 40 houses/day

(2) Fostering Local Industry

- wheat and grain mills
- Storage for dairy products
- Olive oil-mill (production)
- Chicken farming
- In-house Industries

3. Survey of Natural and Meteorological Conditions

(1) Sources of water, environmental conditions

- * Collecting of rainfall water for domestic uses and livestock, underground water pumping
- * Condition of water supply : collecting in a small well or tank
- * Quality : suitable for livestock only
- * Possible sites: a number of possible sites near Aleppo were examined out of 6000 villages not connected to the grid.

(2) Meteorological conditions

- * Latitude : 36.11
- * Longitude : 37.13 East
- * Solar radiation: 4.8 kwh/m²/day on horizontal plane .
- * Average ambient temperature : 17.3 C
- * Average minimum temperature: 6.3 C in Jan
- * Average maximum temperature : 28.4 C in July
- * Wind direction : western
Average wind velocity : 4.3 m/Sec.
- * Earthquakes : very rare
- * Lightning : rare
- * Hurricanes : non

4. Electricity supply in Syria

(1) Electricity supply

- * Production in 1993 was 12700 M kwh
- * Demand > 15000 M kwh /1993 with deficit about 15 %
- * 6000 villages without connecting because it is considered uneconomical for the following reasons . Too far from the grid. Number of connections is very small

(2) Methods of supplying electrical power in Syria

- * 220/66/20/6 kv between cities and villages
- 1 Phase 220 Volts 50 Hz to houses
- * Types of electrical generation
Hydro power, thermal stations (fuel, diesel, and gas)
- * Reliability of supply : unreliable, there is a high voltage drop more than 10 % of the nominal value, there are self losses on the transmission network

(3) Present types of existing surveys

1. CISE Report No. 30 54 Milan, Italy 1986, Solar Energy Manufacturing study in Syria
2. Atlas of Solar irradiance in Syria 1993
3. Production & consumption of electricity
4. Recommendations of UNIDO

5. Gauging system and present state of photovoltaic power generation

1. 3.3 Kw peak experimental water pumping system near Damascus
2. 6 X 60 W peak DC System for lighting
3. 7 X 350 W peak DC System for lighting
4. 3.5 kW AC for domestic uses.
5. 10 X 50 W Peak DC for light houses along the sea coast
6. 3 Kw Peak scattered

6. Outline of cooperation from other nations and international organizations

1. Cooperation with UNIDO & received 3.5 KW Peak a stand-alone centralized System, and a number of individual lighting systems. They are installed in villages near Damascus. Received UNIDO consultant on thermal & PV systems.
2. Cooperation with EEC resulting in supplying testing equipment which are :
 - Cell Tester
 - Solar simulator

7. Others

- * Possibility of securing a labour force : Sure
- * Possibility of leasing (such as heavy machinery and vehicles) :
Yes
- * Personnel expenses per unit cost :
 - 250 SP/d unskilled
 - 500 SP/d skilled
- * Working hours : 8 hours /d
- * Holidays : 30 d/year weekend on Fridays
- * Currency value (dollars)
42 SP = 1 US\$
- * Cooperating organizations
Scientific Studies and Research Centre (SSRC/HIAST)

Aleppo, July 17, 1992

Conclusions regarding HIAST/Aleppo Division PV-Program

The following conclusions are an outcome of intensive discussions conducted between Mr. R. Sabouni/HIAST Aleppo Division and Mr. H. Hertlein/UNIDO Consultant in the time July 14-17, 1992:

1. Considerations should be given to bias the programmatic approach towards demonstration of the services which PV-Systems can render in stand-alone (and possibly grid-connected) applications.

Reason: - the need to make involved national agencies and user communities alike aware of what PV-Systems are and what they can do;

- to provide, at the earliest possible time, hands-on experience to HIAST for being put into a position of becoming a center of excellence in the PV engineering field.

2. A preliminary assessment of the application potential of stand-alone PV systems in Syria indicates a total volume of about 12 MWp, of which about 1 MWp could be needed immediately to provide essential services in off-grid rural areas -- if funding for such installations can be found.

However, a comprehensive market assessment study for PV systems in Syria should be undertaken as a priority task.

Reason: Outcome of the study is the underpinning of all future systematic planning in the PV sector.

3. Consideration should be given to implement the following PV systems for intensive testing at HIAST Aleppo Division -- including the indispensable instrumentation for measurement, data acquisition and data storage -- for intensive testing and evaluation:

No.	Type	Wattp
10	Home lighting systems 10x50=	500
5	NiCd Battery chargers 5x10=	50
5	Portable PV Lamps	60
5	PV pump system	2.500
2	vaccine refrigeration systems 2x150=	300
2	traffic hazard warning system	160
1	House electricity supply system	1.000
		4.570

(cost for PV Systems: about 110.000 US-\$
for instrumentation about 40.000 US-\$)

In addition, the HIAST test center should be in the possession of PV modules from different manufacturers -- augmented periodically with panels of new type or construction -- for long-duration testing.

4. The PV system test elements at HIAST Aleppo Division should be established as soon as possible and funded, if no other short-term alternative is possible, by HIAST.

Reason: - gaining actual operating experience with PV systems as soon as possible is considered very important for establishing essential know-how and experience in the PV group at HIAST Aleppo Division.

- the process of obtaining funds from intl. organizations may be too time-consuming considering the pressing needs for implementing PV technology in various fields of applications in general and in rural areas in particular.

5. The effort to establish expertise in PV module assembly at HIAST -- as a means for training or as an initial local production for alleviating foreign currency shortages -- should be postponed until the application potential for PV systems in Syria has been established and evaluated.

Reason: manufacturing-related R&D activities at HIAST need justification on the basis of a national need for local production of PV components in Syria

6. Key personnel of HIAST responsible for PV activities should be given the opportunity to periodically visit European institutions active in the PV manufacturing, testing and system design field (e.g. PV manufacturers, test sites in other countries), and to attend international conferences (e.g. 11th European Solar Energy Conference, Oct. 12-16, 1992, Montreux).

Reason: - knowledge of of the latest status in operating experience with stand-alone PV systems is a prerequisite for incorporating lessons-learned into the test activities at HIAST.

- establishing contact with counterparts is essential to keep abreast with the intl. standard

7. PV activities in the framework of the UNDTCD project should be coordinated closely with those at HIAST Aleppo Division.

Reason: System design and monitoring/evaluation approaches should be the same for future comparative performance evaluation.

Most of the a.m. recommendations can be considered belonging to a first, near-term oriented phase of an integral PV Program Plan at HIAST. Such integral plan should address also the second and next phases, even if realizable only in the medium term.

8. The effort to expand at HIAST the equipment for PV cell characterization and PV module Standards tests should be supported as a learning and teaching tool (cost to be determined later).

Reason: competence can emerge from this effort to be recognized and to become established as a regional Standards Testing Laboratory for modules (similar to ESTI/Italy).

9. Facilities for routine performance testing of different types of PV systems -- and of electrical and electronic PV system components -- should be established at HIAST Aleppo Division (prelim. cost estimate: 200.000 \$-US, incl. 2.5 kWp PV-panel).

Reason: - performance testing of PV systems is an indispensable integral part of a PV test laboratory;

- provisions must exist to comparatively assess the performance of the different, and from different sources procured, PV systems for accumulating competence to advise public and private users.
- a PV systems laboratory is a most valuable teaching tool (testing, analysis, engineering modifications, etc.)

As implementation of the second program phase is considered not time-critical at this time; it is reasonable to count on support for the investments of this program phase from international agencies and sponsors (e.g. UN agencies).

Concluding remark:

HIAST Aleppo Division should formulate a comprehensive Program Plan for the introduction into and the development of PV Technology in Syria. This Plan could help to explain the rationale and justification for the strategic approach taken, and can serve as valuable checking tool to periodically update program objectives and goals in response to rather rapid international developments in the PV sector.

Addendum:

In the course of the discussion, HIAST Aleppo Division proposed an UNDP/UNIDO-sponsored effort for improving the industrial production processes of lead-acid batteries manufactured in Syria. The locally produced products are claimed to be quite inferior to many of those procured from abroad.

As batteries are an integral key component in many PV systems, PV technology in Syria would benefit from improved local batteries

It is recommended that this suggestion is substantiated by HIAST with the objective to formulate a project proposal for the upgrading of battery manufacturing technology in Syria.

Damascus, July 20, 1992

(Preliminary)

Observations, Conclusions and Recommendations
regarding the HIAST/Damascus Division Solarthermal Program

The following comments are an outcome of the discussions held between Mr. A.H. Zein, Mr. S. Soulayman, Mr. A. Nahhas and Mr. H. Hertlein/UNIDO Consultant at HIAST Damascus in the time of July 18-20, 1992:

1. The request for equipment to manufacture DHW absorbers is justified, at least for the production in sample quantities.

Reasons: - absorbers cannot be locally produced even in sample quantities

- absorber test specimens are needed to verify the designs developed by the HIAST R&D Division (performance; corrosion resistance, etc.) prior to go-ahead of volume production

- a volume production process needs prior optimization (in terms of complexity, cost and quality assurance) before volume production can commence

2. The pilot production line for flat plate absorbers should be established at HIAST Damascus Division and funded by UNDP/UNIDO on the condition that a detailed Project Plan for absorber production, manufacture of collectors and commercialization of DHW systems in Syria is prepared prior to actually committing UNDP/UNIDO funds.

Reasons: - the industrial infrastructure in Syria is inadequate for producing a quality absorber

- HIAST can provide facilities and infrastructure for absorber production, and can provide qualified workshop, scientific and managerial manpower

- potentially, HIAST is in a position to produce and to sell absorbers at cost to the solar industry sector in Syria (as a Government measure to stimulate the DHW systems market)

3. The cost for the equipment to produce absorbers must be reviewed.

Reason: - the aggregate figure of 200 k\$ quoted by HIAST for UNDP/UNIDO contribution seems low

4. The objective to produce storage tanks should be deleted from the HIAST proposal.

Reasons: - local industry is reasonably qualified (in fact

is producing already) storage tanks for cold water and for DHW systems

5. However, HIAST should define an activity to optimize storage tank and DHW system design incorporating absorbers/collectors produced at HIAST

Reason: - the DHW systems presently available on the local market are suboptimal

- the industrial sector needs (replicable) examples of an optimal system

6. A Program/Project Plan for the manufacture of flat plate absorbers, the production of solar collectors, and for the commercialization of DHW systems in Syria should be developed.

This plan should be broken down to the level of individual activities, timetable, milestones (including progress reviews), and resourced required. The plan should be agreed to by all parties involved in the project (R&D-, Industrial Engineering- and Management/Commercialization Departments of HIAST, manufacturing industry, marketing entities, etc.).

Reasons: - clear understanding and consensus of goals, objectives and responsibilities must exist between all parties sharing responsibility in the project

- time-critical activities need to be identified and focussed on in the project

- periodic reviews enforce commitment and allow to adapt the project plan to circumstances if these should change

7. HIAST should be supplied with a selection of proven DHW collectors/systems, including storage collector systems, which are available outside Syria for immediate performance testing and design analysis.

These systems should be funded by UNDP/UNIDO as a small companion activity within the Program/Project Plan (see above), alternatively by HIAST.

Reasons: - DHW collectors from reputable manufacturers still sold on the market are mature designs, incorporating multi-year experience to reach the present quality and reliability level; the HIAST design efforts should benefit from these lessons learned to the maximum extent possible.

8. Key individuals responsible at HIAST for the solar-thermal activity should be provided the opportunity to visit DHW system manufacturers in other countries.

Reasons: - key individuals must be familiar with the latest status in manufacturing practice of DHW

collectors and systems

- a visit to foreign manufacturers and R&D/development laboratories provides the chance to establish scientific/technical contacts

9. In view of recent developments, the HIAST R&D department should reconsider the option of a storage collector as the preferred DHW collector/system option for Syria.

Reasons: - a one-tank storage collector with translucent aperture insulation permits a two-terminal one-loop system requiring a minimum of effort for installation

- quality of the entire DHW system can be factory-controlled.

10. A technical cooperation with a reputable foreign manufacturer should be considered in the early program phases.

Reasons: - speeding-up of the process to arrive at a proven and high-quality absorber and system design optimal for Syrian applications

11. HIAST should request and seek agreement by responsible ministries (Electricity; Mineral Resources) and the Syrian Government to adopt measures which support the commercialization of DHW systems in Syria to the same amount as the subsidization of fossil fuels and electricity.

Reasons: - electricity tariffs and the cost for liquid fuels are subsidized by the Government -- on a national scale and as a measure of national policy -- to about 1/4th of world market level.

- commercialization of solar energy systems in Syria needs the same support as the established energy supply alternatives enjoy.

UNDP, SYR /88/007
Renewable Energy Development
Solar Village Project

Introduction :

This project commenced in January 1990 with the aim of developing renewable energy technologies in Syria . The project document calls for a 10 kWp village pv power system . For demonstration and monitoring purposes the village should be within reasonable distance of Damascus .

Two suitable villages , Abu Sorra and El Mucherfeh which are about 35 km , from Damascus have been identified . Abu Sorra comprises 12 houses , four of them are abandoned during 1994 due the lack of water . The population is approximately 275 but only about 120 live actually in this village .

El Mucherfeh comprises 6 houses . The houses are generally larger than those in Abu Sorra , and they are closer together . The population is approximately 110 .

Objectives :

- To encourage and accelerate the introduction of photovoltaic (pv) technology in Syria .
- To form specialists and technicians and to train existing ones .
- To conduct research and development activities .
- To test and evaluate pilot plants with the objective of promoting the use of pv applications for rural areas in syria .
- To aid in choosing the suitable pv systems for applications in remote and isolated areas .
- To determine the optimal (economic and technical) mini and large stand alone pv systems for different grade requirements .
- To participate in the exchange of experience in this field within Syria, the neighbouring countries and elsewhere .

Project Description

In order to achieve the practical solution for implementing pv technology to generate electrical energy , the project is based on small packaged systems for lighting or other specific end-uses and on larger centralized system serving a limited number of households .

After considering several alternative options the decision has been taken to implement the following :

1- Simple pv lighting for six houses in El Mucherfeh village (A single pv module off 50 Wp and a single battery 50 Ah capacity) . The cost of 6 pv lighting systems is 2,750 £ .

2- Individual pv system for seven houses in Abu Sorra village (7 modules, 50 Wp each and). The battery capacity is 600Ah (6 batteries , 2V each) .
The cost of 7 pv systems is 19,175 £ .

3- A central system for six houses in Abu Sorra village . The pv array rated at 3.6 kWp (72 modules , 50 Wp each) . The battery capacity is 1100Ah (24 batteries , 2V each) . Two inverters are included so that distribution is by alternating current (220V , 50Hz) .

The cost of central system is 26,875 £ .

The total size of these pv systems is 6350 W .

The installation of all systems is undertaken by solar energy staff at HIAST .

The installed systems in Abu Sorra are the following :

- 4 systems of 350 Wp in the following houses :

- Ali Mufleh house (3 wives , 15 children)
- Hussein Mufleh house (1 wife , 8 children)
- Mohammed Aiche house (1 wife , 14 children)
- Zaher Massoud house (1 wife , 8 children)

The remaining systems will be installed in El Mucherfeh .

- Central system connected to the following houses :

- Ali Abed house (2 wives , 8 children)
- Ali Awad (1 wife , 7 children)
- Alian Awad (1 wife , 9 children)
- Jasem Shreiteh (1 wife , 15 children)

There are 5 systems of 50Wp which are installed in El Mucherfeh . The sixth system is maintained in HIAST for testing purpose .

Monitoring :

The monitoring of this project will be undertaken by HIAST in order to evaluate the technical performance of pv systems . The data to be collected will relate to : solar radiation , pv array output and electricity consumption.

05/04 '93 17:18

0222 237401



UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION
P.O. Box 300
A-1400 Vienna, Austria

PLEASE DELIVER IMMEDIATELY TO ADDRESSEE

To: Dr. A.W. Chahid
President General Director
Scientific Studies & Research Centre
Damascus
Syria

Facsimile No. (00963-11) 223 771

القسم
الرقم
التاريخ
UNIDO/AREA PROG.
24/2/93

UNIDO/002
السيد
عبد الوهاب
المراد

FACSIMILE TRANSMISSION

IN CASE OF INCOMPLETE TRANSMISSION, PLEASE CALL THE CONTACT PERSON BY PHONE OR BY FAX LISTED BELOW

Drafted by/Contact person M. Al-Hafedh /shb	Authorized by D.E. Chozali /Head PPD/ANSA/ARAD
Telephone/Extension 211 31 / 3596	Facsimile No. 237 401
Our reference	Your reference 108/1253/SCD
Date 22 March 1993	Account to be charged GFEA
TRANSMISSION No. 6117	This page No. 1 of 2 pages

D. Al-Hafedh for D. Al-Hafedh, M. Hayat from Mergal Al-Hafedh re UNIDO assistance to ASST and HIAST in solar energy and yr telex ref 108/1253/SCD of 19/1/93.

UNIDO appreciating your kind request to assist ASST/HIAST in solar energy activities, after in-house substantive consultations, wishes to bring to your kind attention following:

(AAA) Solar water heating systems: to implement recommendations reflected in Hertlein's report following steps needed (111) to clearly define the potential size of the future market and based on that the annual quantity of systems to be produced, it is necessary to elaborate the "Master Programme" including the marketing strategy as stated in the report. We understand from Hertlein's report (ref. page 12 para 3) that prior any steps HIAST has to prepare Master Programme Plan for solar thermal system technology development. Therefore we would appreciate receiving the draft of the "Master Programme" elaborated by HIAST (based on the discussions with and recommendations of the consultants: see report page 12 para 3). UNIDO would be prepared to review the draft to be received and based on that to formulate the project document, ensuring thus the proper reflection of the approach recommended. Should, however, draft of master programme have not been finalized yet, UNIDO ready to assist. Kindly inform as soon as possible. (222) In order to successfully implement the "Master Programme" a preliminary clear indication of the project counterpart (ASST/HIAST) is needed as to their readiness to provide and mobilize the necessary industrial infrastructure mentioned in Hertlein's report.

(BBB) Photovoltaic Systems: (111) To clearly define the potential size of the future market and based on that the annual quantity of systems to be produced, it is necessary to elaborate the "Master Programme" as stated in the report. We understand from Hertlein's report (Ref. page 13) that prior any steps HIAST has to prepare Master Programme plan for Photovoltaic system technology development. Therefore we would appreciate receiving the draft of the "Master Programme" elaborated by HIAST (based on the discussions with and recommendations of the consultants: see report page 13). UNIDO would be prepared to review the draft received and based on that to formulate the project document, ensuring thus the proper reflection of the approach

recommended. Should however, draft of Master Programme have not been finalized yet, UNIDO ready to assist. Kindly inform as soon as possible. (222) In order to get more acquainted with manufacturing and assembling technologies involved and to identify suitable products for the local market it is also recommended to implement the recommendations given (see page 13), i.e. to purchase the PV-equipment listed on page 14. (333) In case ASST/HIAST are at present not in the position to purchase above equipment, UNIDO could assist through a project to be formulated and approved. As a result of the test and identification activities, follow-up measures in respect of local production/assembling should be defined at a later stage. In this case, however, the source of finance for this project could be perhaps indicated by ASST/HIAST.

(CCC) Storage Batteries: The feasibility of the local production of lead-acid batteries should be investigated (as recommended by Hertlein). In that case UNIDO would be prepared to field an international consultant for a preparatory assistance to formulate the relevant project document according to the lines indicated (see report page 11, para 6). If this approach is acceptable to your good offices, we would appreciate receiving a corresponding official request as well as related background information.

Many thanks and best regards.

(LATORTUE/UNIDO/VIENNA)

cc: Mr. Seidel
Mr. Kaulfersch

FAB2203E
22 March 1993

تسليم البريد

Attn. Dr. MEHDI AL-HAFEDH
Senior Program Officer
For Arab Regional Activities

TRANSMITTED

ON ٤-٥-٩٣

Title : UNIDO Assistance to ASST/HIAST in solar energy

Dear sir,

Thank you for your positive reply (FAX dated 22 March 1993) regarding suggested assistance to ASST/HIAST in the field of solar energy.

- 1) ASST/HIAST request assistance from UNIDO to formulate Master Programs, also we are gathering necessary data to elaborate two Master Programs in solar thermal energy and photovoltaics.
- 2) In order to get more acquainted with manufacturing , assembling and monitoring of PV systems in various applications . HIAST is preparing a draft project document to be submitted to UNIDO in due time with a request for financial support.
- 3) As suggested by UNIDO , ASST/HIAST very much welcome receiving an international consultant to formulate a project document regarding supplying test and characterization equipment for lead -acid batteries and technical assistance to improve local production in order to produce batteries suitable for PV applications.

Best regards
SSRC P.G.D
A.W CHAHID

A.W. Chaheed

القسم : تسليم البريد
الرقم : ٤٩٩٠٠ / ١
التاريخ : ٩٣ / ٥ / ١٨

SYRIAN ARAB REPUBLIC
SCIENTIFIC STUDIES AND RESEARCH CENTRE (SSRC)

Your Ref. XP/RAB/92/030/11-54
Our Ref. 10859/SCD
Damascus, 20/6/1994

Dear DR. Kamel,

We had a pleasant meeting with you in January 1994, and we look forward to having further opportunities to meet you.

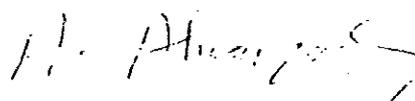
As you may recall, we discussed during our meeting our request for UNIDO expert to assist our staff in the assessment of the current situation and draft recommendations for adoption of solar thermal collectors and photovoltaic technology for its application in the region. The need for an expert was also discussed to formulate a project document regarding supplying test and characterization equipment for lead-acid batteries and technical assistance to improve local production in order to produce batteries suitable for PV application. (For your ease reference we enclose herewith a copy of our letters dated 19.1.1993, 2.5.1993, and our telex dated 21.1.1993).

We would be grateful to you if you could inform us about UNIDO's decision concerning our requests cited in the above our letters .

Thank you in advance for your cooperation, hoping to receive your reply soon.

Sincerely Yours

Dr. A.W. CHAID
SSRC President general Director



Dr. Wafa Kamel
Acting Head
Arab Country Programme Division
UNIDO
P.O. BOX. 400
A- 1400 - VIENNA, AUSTRIA

Damascus, Syria, P.O. Box 4470, Fax.223771, Tlx.412130 SY-411374 SY, Tel.772603.4.5



Handwritten signature in Arabic script at the top of the page.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION
P.O. Box 300
A-1400 Vienna, Austria
PLEASE DELIVER IMMEDIATELY TO ADDRESSEE

FACSIMILE TRANSMISSION

IN CASE OF INCOMPLETE TRANSMISSION, PLEASE CALL THE CONTACT PERSON BY PHONE OR BY FAX LISTED BELOW

To: Dr. A. W. Chahid President General Director Scientific Studies and Research Center (SSRC) Damascus Syria Fax: 00963 11 223 771	<i>Drawn/Contact person</i> K. Liebl/sg	<i>Authorized by</i> W. Kamel, Act. Head
	<i>Telephone/Extension</i> 21131 / 3780	<i>Facsimile No.</i> 237401
	<i>Our reference</i>	<i>Your reference</i>
	<i>Date</i> July 7, 1994	<i>Account to be charged</i> GFEA
	<i>TRANSMISSION No.:</i> 0287	<i>No. 1 of 1 pages</i>

UNIDO assistance to ASST/HIAT in the field of solar energy activities

Dear Dr. Chahid,

I acknowledge with many thanks receipt of your letter dated 20 June 1994 requesting UNIDO assistance to ASST/HIAT in the field of solar energy activities.

With reference to the above, and as you are aware, I would like to note that previous discussions took place on the subject. However, in view of the substantial restructuring which took place in UNIDO at the beginning of this year, I would like to kindly ask you to redefine the nature of your request in detail in order to enable us to explore the most appropriate modality for our cooperation in respect to your above request.

Given UNIDO's priorities for technical cooperation, I am kindly requesting you to explore also from your side the possibilities for financing UNIDO's assistance.

With best regards,

Yours sincerely,

W. Kamel
Wafa I. Kamel

Acting Head
Arab Countries Programme
Country Strategy and Programme Development Division

Handwritten box containing Arabic text and numbers: ٥٤٤٩, ١٩٩٤, ٧/٥

Handwritten box containing Arabic text: مديرية التعاون لبلات, القسم, الرقم, التاريخ, التعاون العربي

Handwritten notes in Arabic: مشتقاً السيد الدكتور ريان صديقي, مع الإفادة من, وجهاً لطلب وبيان الأبي, معارضة التقاوت العربي

Handwritten signature: السيد ولي

SYRIAN ARAB REPUBLIC
SCIENTIFIC STUDIES AND RESEARCH CENTRE (SSRC)

Your Ref. XP/RAB/92/030/11-54
Our Ref. 12979/SCD
Damascus, 20.7.1994

UNIDO assistance to ASST/HIAST in the field of solar energy activities.

Dear Dr.. Kamel,

Thank you for your fax of July 7, 1994, on the above cited subject.

As you may know, our requests were made in response to your fax of March 22,1993, expressing UNIDO's readiness to assist in the elaboration of the Master programmes for solar thermal system technology development and for photovoltaic system which had been recommended by Mr. Hertlein,

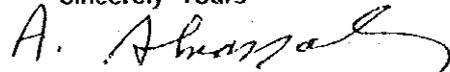
It was also recommended by Mr. Hertlein that the local production of lead-acid batteries should be investigated, for which UNIDO expressed preparedness to field an international consultant.

For your ease reference we enclose herewith a copy of the above-mentioned fax.

We look forward to hearing from soon.

With best regards.

Sincerely Yours



SSRC President general Director

Dr. Wafa Kamel
Acting Head
Arab Country Programme Division
Country Strategy and Programme
Development Division
UNIDO
P.P. BOX. 400
A- 1400 - VIENNA, AUSTRIA

Damascus,Syria, P.O. Box 4470, Fax.223771, Tlx.412130 SY-411374 SY, Tel.772603.4.5

JICA