

家庭用太陽光発電システムの設置

Installation of a Home Solar Power Generating System

桑原 道夫*

KUWAHARA Mitio

The last August 2004, a solar power generating system was installed to the author's house. Polycrystal silicon cells are used in the solar module. Nominal dc output power of the single module is 175W and the 20-modules generate total output power of 3.5kW. The system is linked to the commercial ac power line through the power inverter. AC output power of the inverter system is 3kW. Configuration of the system and installation process is presented. This paper contains the report of generated power during the three-months period from September to December 2004.

太陽電池, 太陽光発電, エネルギーシステム, インバータ, 系統連系

1. はじめに

化石燃料資源, 特に石油の枯渇が現実になると懸念されている。また, 最近の大気中二酸化炭素濃度の増加速度が約 1.6ppm/年に達し¹⁾, 21 世紀末までの地表気温上昇が 5~6℃程度になるという温暖化シミュレーション予測も出ている¹⁾。2004 年, 我々は“長く暑い夏”や“強力な台風の連続襲来”を実際に経験した。既に大気中の二酸化炭素濃度増加が対応不可能なレベルまで達している。温暖化による気候変動が現実化しているのではないかと考えられる。二酸化炭素濃度の増加を抑え, 人類の生産・経済活動を今後も持続可能とするためには, 可能な限り化石燃料系エネルギーから自然系エネルギーへ, 特に太陽エネルギーにシフトし, エネルギー資源の持続性とエネルギー利用と環境との共生を高めることが必要だと言われて久しい。しかし, 現実には太陽光や風力などの自然系エネルギー利用はまだまだ普及していない。

2004 年 8 月に著者は自宅に太陽光発電システムを設置し運用を始めた。システムの概要, 設置工事関係の情報, 初期の運用結果などを報告する。この報告が太陽光発電への関心を

*環境材料工学科 kuwahara@toyama-nct.ac.jp

高め, 学校や個人住宅でのシステム設置が進むことを期待している

2. システム設置までの背景

これまで著者はエネルギー技術関係の科目や卒業研究を指導してきた。1991年から1996年まで本校・自動車部のソーラーカー活動にも参加していた。既にこの頃から, 自分でできる範囲でエネルギーシステムを設置し運用することを考えていた。

個人の範囲で家庭に設置・運用できるエネルギーシステムとして最も有力なものは太陽光発電である。居住環境によっては小型水力発電も可能だが, 都市部では水の利用が難しい。小型風力発電にも可能性はあるが, 一般家庭では出力規模が数10Wから100W程度にとどまり設置場所も限られる。システムとして考えても, 太陽光発電では一般家庭に設置しやすいものが開発されている。太陽電池の開発・生産も, 電気系の企業に加えて, 石油系や化学系企業にも広がり, 設置可能な面積や費用に合わせて選択の範囲が拡大している。どのシステムを選択するにしても, 自分で設置・運用す

れば、計画からシステムの選定、施工、運用までの内容を直接経験することができる。この経験を学生の指導に生かすこともと可能だと考え、計画を実行に移した。

3 システム構成

3.1 システム構成

図1にシステム構成を示す。京セラ製システムで、太陽電池アレイの公称最大出力(直流; DC)は 3.5 kW である。商用電源(交流; AC)系統連系システムとなっているが、災害などによる停電時でも自立運転できる。ただし、蓄電池を組込んでいないシステムなので、自立運転は太陽光入射があるときに限られる。

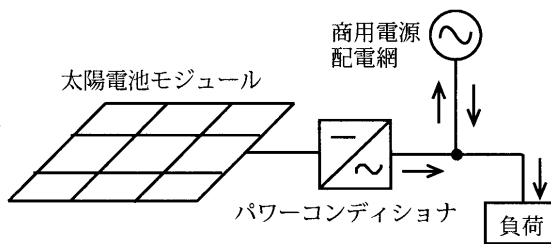


図1 太陽光発電システムの構成。

3.2 太陽電池モジュール²⁾

設置したモジュールは多結晶シリコン系の“ECONOROOT” R 175 - 02(京セラ)である。反応性ガスとプラズマ処理によってセル表面にミクロな凹凸構造が設けられている。この構造にはセル表面での太陽光反射損失を低減する効果があり、モジュール色調はダークブルーになっている。表面に単純な反射防止膜を付けたモジュールの色調は明るいブルーであり、表面構造の違いが色調に現れている。寸法は W1290 × L1012 × H36 mm、質量が 16.5 kg である。公称最大出力は 175 W(表面温度 25 °C、放射照度 1 kW/m²)、公称最大出力時の動作電圧と電流は 23.6V と 7.42A という特性をもっている。

3.3 パワーコンディショナ

パワーコンディショナは DC - AC 変換(インバータ)および系統連系制御装置である。システムの発電量が家庭内の需要量を上回ると余剰電力を電力会社に売る、系統連系(“逆潮流あり”ともいう。)システムを構成している。図2にパワーコンディショナの回路構成³⁾を示す。インバータの動作はパルス幅変調スイッチング方式、系統連系は電圧型電流制御で行い、トランスレス絶縁方式で単相3線 200 V 配電網に連係接続する。組込んだパワーコンディショナは“エコライン” PVN - 302(京セラ)である。入力定格で DC225V(入力電圧範囲 DC100 ~ 300V)となっている。

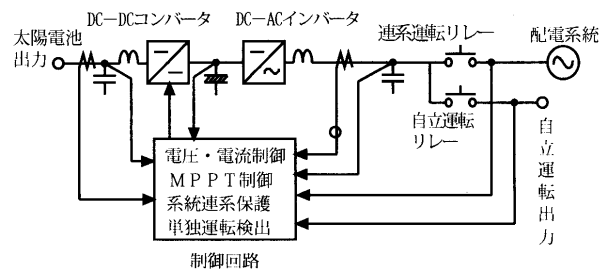


図2 パワーコンディショナの回路構成。

出力は定格容量 3 kW、AC200V(50/60 Hz)となっている。自立運転時には 1.5 kVA 定格で AC100V(50/60 Hz)が出力できる。電力変換効率率は 93.5 % (定格負荷)、出力力率が 0.95 以上、出力の高調波歪み率 5 % 以下(総合)という仕様である。外寸は W 460 × H 280 × D 135 mm、質量は 13 kg となっている。

3.4 発電・消費電力量モニタ

運転状態の表示や発電電力量と消費電力などのデータを記録するため、発電モニタ“エコナビット” PMD - 47A(京セラ)をシステムに付加している。パワーコンディショナの連系出力・入力部にデータ収集・送信ユニットを取付け、表示・記録部とは赤外線で接続

する。表示・記録ユニットには RS232C ポートがあり、コンピュータと接続してデータ収集することもできる。

4 システム設置

4.1 設置までの経過

自宅建設を検討し始めた頃から太陽光発電システムの設置を考えていた。システム設置まで考慮して住宅設計すべきだったとも言えるが、モジュールやシステム機器類を決めないと具体的な設計に取り入れできない。当時はシステム価格もまだ高かった。具体的に何年計画で実行するか明確に決めていなかったが、システム設置に対応できていた部分もある。2004 年度に実行したのは、外壁などの補修に合わせて施工可能だったためである。自宅建設から 8 年経過する間に、システム価格が低下した。また、モジュール効率は上がり、設置方式が簡易化され、コンディショナの小型・軽量化も進んでいた。

4.2 設置場所と周囲環境

二階建て自宅の南面屋根にモジュールを設置している。屋根傾斜角は 24° である。図 3 のようにモジュール 20 枚を配置し、モジュール占有寸法は東西方向 6,450 mm、南北方向 4,140 mm となっている。

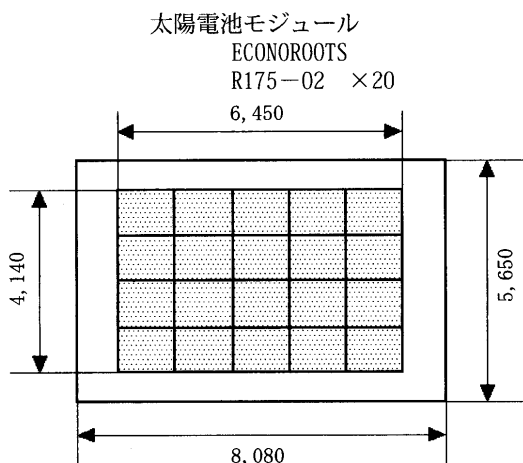


図 3 太陽電池モジュールの配置。

設置場所は第 1 種低層住居専用地域にあり、近隣の住宅も二階建てなのでモジュール面が隣家の影に入ることには無い。しかし、西南西方向へ約 40 m 離れた所に神社があり境内の大木が数本保存樹に指定されている。樹高は 15 ~ 20 m 程度である。冬至前後の時期、15:00 頃以降の時間帯には、太陽高度が低くなって樹木の影に入ってしまう。この時期には時雨や曇天が多く、日没時刻も早いので積算発電量への日陰の影響は小さいと考えている。

4.3 屋外工事

(1) モジュール設置

自宅建設から 8.5 年を経過し、外壁と屋根の補修時期に合わせてシステムを設置した。モジュール取付け工事や屋根への荷重を考慮して、屋根材にはスレート系の平坦なものを選択しておいた。モジュールと取付け金具類で 360 kg 程度の荷重が加わっている。

モジュール設置工事に先立って屋根材表面に保護塗料を塗った。次回の屋根補修時にはモジュール設置部を除いて保護塗料を塗ることになる。

(2) モジュール出力の引込み

モジュール出力は接続函を経てコンディショナに送られる。住宅建設に合わせてシステムを設置していれば、出力ケーブルを屋根から直接屋内に引込み、ケーブルが見えず接続函が屋内に入ることになっていた。既設住宅では屋根裏工事が面倒なので、ケーブルを屋外で引回し接続函も屋外に出しておく。本システムでは、出力ケーブルが北面屋根の中央から庇を通過して北側壁に降りる形になった。接続函も屋外に出ている。自宅は企画型住宅で、基本図面は残っている。基本図面では構造壁や構造柱の位置は判るが、補補助柱などの位置は各戸の内部仕様で変わっている。細部図面を残さなかったため、屋内引込み位置の決定に手間取った。

(3) 売電力量計の取付け

余剰電力を電力会社に売渡すので、売渡し用の積算電力量計が必要になる。既設の積算電力量計では買取り電力量が表示される。既設の電力量計と隣合わせに売渡し電力量計を設置した。買取り電力料金と売渡し電力料金の差額で支払額または収入額が決まる。

4.4 屋内工事

コンディショナと発電モニタ用データ収集・送信ユニットを屋内分電盤と隣接して配置した。分電盤の周りにスペースを残していたこと、自宅建設後にコンディショナの小型化が進んだことが幸いした。実際に施工されているシステムでは分電盤とコンディショナを離すこともある⁴⁾。設置スペースに制約があるか、大出力システムでコンディショナの運転音が気になる場合だと考えられる。離れていても通常のシステム運用では全く問題がない。しかし、トラブル発生時には、負荷を部分的に強制切断して動作状態を調べることもあり得る。スペースの制約を受けないのであれば、一般にはコンディショナと分電盤を隣接して配置することになる。

4.5 工事の時期と所用日数

外壁・屋根補修に合わせてシステムを設置したので、工事は8月になった。モジュール設置と屋内機器の取付けは1日で完了した。しかし、納入遅れのため売電メータだけは後日の取付けとなった。すべての機器が揃っていれば、特別な事が無い限り工事は1日で終わる筈である。工事完了後、電力会社の立会いで系統連系運転の動作試験を行った。連系試験のあと、電力受給と系統連系に関する契約を結び運転開始となる。

5 電力受給と系統連系に関する契約

太陽光発電システムを設置して商用配電網

と連系運転するためには、電力会社との間で電力受給契約と系統連系に関する契約を結ぶことが必要である。以下、契約の内容を紹介する。

5.1 電力受給契約

発電設備、受給地点、電気方式、周波数、受給最大電力、標準電圧を規定している。契約上、発電出力はパワーコンディショナの定格出力3 kWに規定されている。受給地点は自宅敷地内に設置した受電柱の支持点端子負荷側の電線接続点、電気方式は交流単相3線式、周波数60 Hz、受給最大電力3 kW、標準電圧100 Vおよび200 Vである。受給地点はシステム所有者と電力会社との責任分界点を示すものである。さらに受給電力量の計量と料金計算方法なども規定している。

5.2 系統連系に関する契約

この契約の目的は、太陽光発電システムを配電網に連系したときの電力品質および配電網の保安を確保することである。まず、システムの太陽電池モジュールとインバータについて、製造者、定格出力、端子電圧、出力電圧と方式を規定している。モジュールとインバータそれぞれの製造者は京セラ(株)、太陽電池モジュール定格出力は3.5 kW、モジュール端子電圧は236.00 Vと規定されている。インバータについては、定格出力3 kW、電圧202 Vの交流単相2線式となっている。さらに変電所と支線名で連系線を規定している。運用に関しては、システムで無効電力制御を行い、力率が85%以上、100%以下になることを規定している。保護装置としては、過電圧・不足電圧保護継電器および周波数低下・上昇保護継電器と自動連系遮断装置、DC流出防止装置の設置を定めている。実際に、パワーコンディショナの機能・仕様は系統連系技術要件ガイドラインに従って設定されすべての保護装置・機能が備わっている。

3.3 で紹介したように、パワーコンディショナ出力力率は0.95以上となっていて規定を満足している。なお、本契約には、運用を円滑に行うことを目的として、連系運用に関する申合せ事項が付随し、電力受給契約で規定した責任分界を示す配電系統図が添付されている。

6 初期運用結果

システム設置から3ヶ月間余り、2004年8月末から11月までの期間について運用結果を報告する。

6.1 発電電力量と消費電力量

運用開始は8月末になった。8月末の約5日分も合わせて、月間の発電電力量 P_c と消費電力量 P_c の推移を図4に示す。期間中の P_c の総計は865 kWh、 P_c の総計は1,015 kWhであった。太陽光エネルギーと日照時間の減少という季節要因によって P_c が低下したと考えられる。 P_c の増加も、照明や暖房へのエネルギー需要という季節要因による。

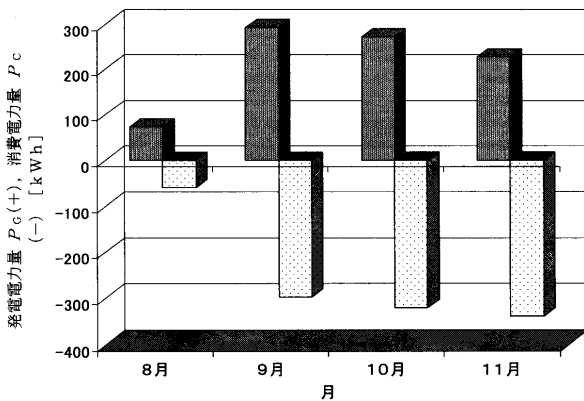


図4 運用開始から3ヶ月間の発電電力量 P_c と消費電力量 P_c の推移。

6.2 最大発電出力

図5は10月の1ヶ月間について、日間最大発電出力の推移を示す。運用開始から現在までの日間最大出力は3.1 kWだった。この値を記録した日数は、9月に8、10月に6、11月に

は7だった。3ヶ月間で日間最大出力の最低値は0.3 kWとなっていた。また日間最大出力が1 kW未満となった日数は、9月で4、10月で6、11月では2となった。

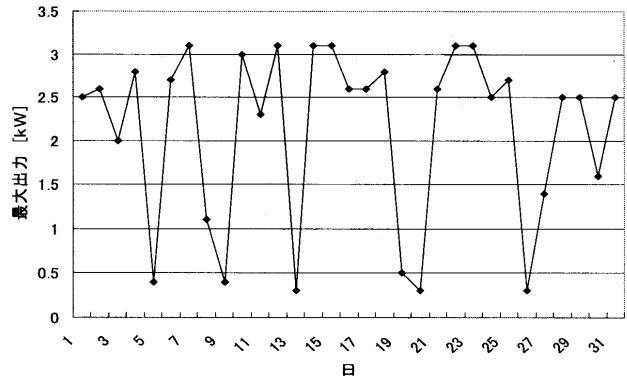


図5 2004年10月の日間最大出力。

6.3 月間発電量の予測と実績との比較

システム設置に先立って発電電力量のシミュレーションデータが提供されていた。9月から11月までの期間について、月間発電電力量の実績値とシミュレーションとの比較を図6に示す。シミュレーションは次の条件で行われている。

- (1)モジュールR 175 - 02, 20枚を使用する。
- (2)屋根傾斜角は24°で真南向きに設置する。
- (3)日射量は「全国日射関連データマップ」((財)日本気象協会, 1998年3月)掲載データによる。
- (4)9月から11月の期間については、モジュール温度の上昇による損失を約20%とする。
- (5)配線, 受光面の汚れ, 逆流防止ダイオードなどによる損失を8%とする。
- (6)パワーコンディショナの電力変換効率は93.5%で計算する。

2004年9月から11月の実績値はシミュレーション結果を上回っていて、特に11月には約21%多くなっていた。この期間には台風や発

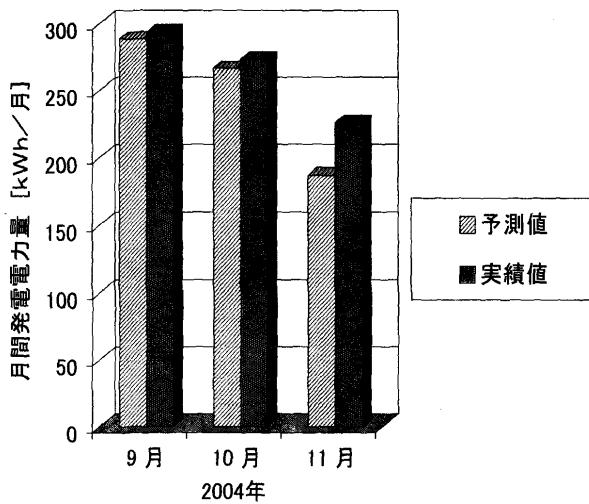


図6 2004年9月から11月の月間発電電力量実績値とシミュレーションとの比較。

達した低気圧の通過などによる悪天候の日があった。しかし、11月の月間平均気温が観測史上最高を記録したことからも判るように、例年と比べて好天日が多かったことが影響したと考えられる。今後、気温と風速、日射量、モジュール表面または屋根表面の温度などを測定し、発電量との関係を調べることを検討したい。

7 結言

まだ運用開始から経過日数が少ないので、今後も長期にわたって発電電力量の計測を行う予定である。特に、季節的な変動要因、例えば日射量が多い時期での温度上昇に注意して計測を続けたい。また、降雪期の発電量やモジュール面の積雪状態にも注目している。これらの結果については続報する。

この報告が太陽光発電への関心を高め、本校に大規模システムが導入される先魁となることを期待している。

参考文献

- 1) 北野 大, 及川 紀久雄, 久保田 正明: 「資源・エネルギーと循環型社会」, pp. 23 - 24 (三共出版, 2003).
- 2) (株)京セラコーポレーション: 「住宅用ソーラー発電システム総合カタログ」, p.10 ((株)京セラコーポレーション, 2004).
- 3) 太陽光発電協会(編): 「太陽光発電システムの設計と施工」, p.39 (オーム社出版局, 2000).
- 4) (株)京セラコーポレーション: 「住宅用ソーラー発電システム総合カタログ」, pp. 3 - 4 ((株)京セラコーポレーション, 2004).

上記のほか、全体にわたって次の文献を参考にした。

西澤 義昭: 「太陽光発電の初歩と住宅への応用」, (理工図書, 1998).

(2004. 11. 24 受理)