

福岡工業大学 学術機関リポジトリ

4kW太陽光発電システムの46ヶ月間の発電結果

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2021-02-09 キーワード (Ja): キーワード (En): solar energy, solar cell, photovoltaic system, clean energy, environmental pollution 作成者: 高橋, 学 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/11478/00001630

4 kW 太陽光発電システムの46ヶ月間の発電結果

高 橋 学 (電子工学科)

46 months Generation of Electricity with 4 kW Photovoltaic Power Generation System

Manabu TAKAHASHI (Department of Electronics)

Abstract

During the past few years the nationwide monitoring project of residential photovoltaic power generation system has been spread throughout the country. These are very nice to defend the earth from environmental pollution. During 46 months generation of electricity with 4 kW photovoltaic power generation system of the author was measured and confirmed the practicality. The system was helped by the national monitoring project in 1997. And the report about the PV-system was scribed in this paper. 15,346 [kWh] of electric energy were supplied from solar energy from January 1997 to October 2000. The electric energy was self-supported from the PV-system. The value of PV-power / global solar radiation of the system was about 0.86 [kWh / MJm⁻²]. That is the calculated average value of several years. But when the value was necessary to estimate the PV-system by the data in a short period, the value can be approximately express by the data in late March or in late September.

Keyword : *solar energy, solar cell, photovoltaic system, clean energy, environmental pollution*

1. はじめに

一般の個人住宅用太陽光発電システムはこの数年間に急速に普及してきた。1994年から始まった新エネルギー財団の個人住宅用太陽光発電システムのモニター制度への初年応募件数は1,066件、1995年には5,432件、1996年には11,192件¹⁾と言う具合に多くの希望者がいる。モニター事業開始時の補助金は太陽光発電システム設置に必要な額の2/3補助、97年の補助金は半額、98年の補助金は1/3という具合に

補助金の割合は年々減ってもシステムの価格が下がってきたために、設置者の負担額は日本の平均的な4人家族で消費される電力を自給するのに必要な4kW発電システムで、200万円程度に維持されてきた。

現代の文化生活に欠かせない電気エネルギーを供給する手段の内の一つである火力発電は石炭・石油・ガスなどの化石燃料を燃やしてその熱エネルギーを電気エネルギーに変えている。その燃料である化石燃料そのものが過去の太陽エネルギーで作られた「エネルギーの缶詰」であり、限られた資源であり、遠くない将来に枯渇する。また、枯渇時には化石燃料の価格が上がることを今から考えておかなければならない。また、その化石燃料の燃焼により大気汚染を引き起こし

てきたが、さらに、発生した炭酸ガスによる温室効果で地球温暖化現象を起こすことが問題になっている。この地球温暖化を防ぐためのCO₂などの排出抑制を決めた気候変動枠組み条約が1992年の国連総会で採択された。この条約を受けた、1997年の第3回締約国会議は日本が議長国を努めて「京都議定書」を採択した。日本は1990年比6%のCO₂などの排出抑制を義務づけられた。

原子力発電も核反応で得られた熱エネルギーを電気エネルギーに変えている点では火力発電と同じである。原子力発電では燃焼による炭酸ガスは出ないが、放射能汚染や使用済み核燃料の保管などの危険性が基本的に解決されていない。放射性廃棄物は行き場も無く貯められているだけである。解決の方法は基本的に無い。ソ連のチェルノブイリ原発事故、アメリカのスリーマイル原発事故や、日本のJCOの事故などの原子力発電に関わる重大事故は後を絶たない。台湾では原子炉建設を中止することを公約した候補者が総統選挙で勝利し、スウェーデンでは国民投票で原発推進を止めることが決まり、2010年までに原発を段階的に廃止することになった。スイスも国民投票で新規原発の建設を凍結、ドイツも1998年に原発廃止の方向を打ち出した。日本以外の国では、原子力発電への依存率を下げるのが世界の趨勢であることが報道されている。

太陽エネルギーは人類の生存の尺度で考える限りは、枯渇しないし、環境汚染がない。太陽電池を使って太陽エネルギーを直接電気エネルギーに変換する場合は、大気汚染やエネルギー源の枯渇の心配はしなくて良い。勿論良いことばかりではなく、価格が安くはないことや、エネルギー密度が高くないので、電力を一軒の家で自給するには屋根いっぱい太陽電池を貼らねばならないなどの問題や天候に左右されて太陽光発電システム単独では自由に使うことが難しいなどの問題はあ

る。それでも、太陽光発電システムの設置を希望する人が年々増加するのは、環境・資源・健康・安全などの問題に対する意識が年々高まっているからである。高価なシステムを設置するよりも、電力会社の電気を買うだけの方が安上がりであるにもかかわらずモニター制度への応募者は増加しており、2000年度は上期の応募が前年比3倍、下期は9月1日から募集開始したが、募集開始してすぐの、9月5日で枠が埋まってしまったということである。新エネルギー財団の補助金交付数は、1999年の17,396件（前年比3倍弱）に続

いて2000年にも2～3倍増²⁾になる見込みである。

環境問題などへの意識向上の他に、太陽光発電システムの価格がモニター制度発足時のキロワット当たり200万円から、本報告のシステムが設置された1997年には115万円、現在は90万円台に下がっていることもこのシステムの普及のための重要な要素である。

2. 光発電システムの概要

本報告に使われた太陽光発電システムは、そのユニットの発電容量が3.91kWである（本論文中では4kWと略記する）。太陽電池パネルは1120mm×971mm=1.088m²の面積で、最大電力145W（最大出力電圧19.9V×最大出力電流7.29A）の多結晶太陽電池27枚が使われている。このパネルとインバータ、供給電力用電力量計、余剰電力用電力量計などで構成された系統連系型光発電システムである。その回路図を図1に示す。太陽電池パネルの内、18枚は家の屋根に直置き方式、あとの9枚は車庫上の架台設置方式である。この9枚の太陽電池パネルは本学の学生の卒業研究に活用するために屋根上の18枚の太陽電池パネルとは別に設置して、これまで4年にわたって測定や観察に提供してきた。パネルの方角は南向きで、屋根の傾斜は22度。車庫上の架台の傾斜は30度である。1996年8月28日付で太陽光発電システムモニター事業補助金交付決定を受けて後、屋根上の設置は業者に依頼し、車庫上の卒業研究に活用する目的の部分は架台の基礎工事から自力で取り組んだ。

設置工事は1996年年末に終了し、九州電力との契約を完了して太陽光発電を開始したのは1997年1月13日である。設置費用の約半額は、新エネルギー財団の補助を受けた。住宅は、木造一戸建てで、延べ床面積は123m²である。屋根の形状は東西方向に棟がある切妻で、この屋根の南側の片面に太陽電池を設置した。設置場所は東経130度31.1分、北緯33度46.7分の位置（福岡県宗像郡福間町）である。*

3. モニター報告

モニター期間前後の4kW太陽光発電システムの発電と売買電結果を表1に示す。

モニター期間の定期報告は1997年4月から2000年3月までの3年間、3ヶ月毎に表2のような内容に答えて報告書を財団法人新エネルギー財団会長あてに郵

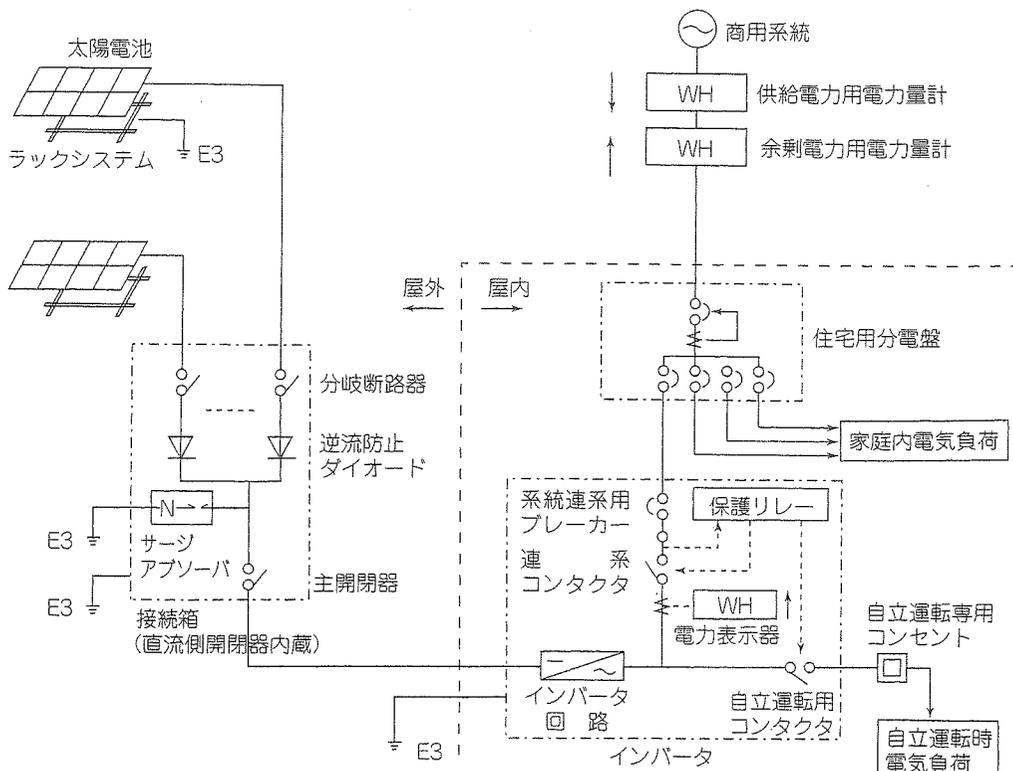


図1 システム連系型太陽光発電システムの回路 (京セラ・取扱説明書より)
 太陽電池パネルは2グループに分けた。図中の上のパネルは18
 枚を22度の傾斜で屋根に直置き、下のパネルは、30度の角度で
 車庫上の架台につけ。設置場所：130°31.1'E 33°46.7'N

送るものであった。

モニター事業による補助金を受けた者は、表2の10項目について回答を封書で送ることになっていた。その内の1～3項は3ヶ月ごとに報告することになっており、4～10項は年度末に報告することが求められていた。1から3項には、表1の発電量、売電量および買電量の値を3ヶ月毎に記入して送った。

モニター報告書の4から10項については表3のよ

うに記述した。回答は大部分が、数個の回答文の内から1つを選んで解答欄に○を記入するものであるが、一部、文章で記入できる形式である。表3の、[]内に回答内容を示す。

1999年4月と2000年4月にも同様の解答用紙を送ったが、6項について1998年の回答後解決して問題が起らなかったで、この項の記入は無く、その他の項も大きな変化はないので略す。*

表1 4 kW 太陽光発電システムの発電と売買電結果

年 月	インバータ出力		買電メータ		売電メータ		買電料金 [円]	売電料金 [円]	
	積算値 [kWh]	発電量 [kWh]	積算値 [kWh]	買電量 [kWh]	積算値 [kWh]	売電量 [kWh]			
1997	1	0	153	22	269	3	117	12795	
	2	153	309	292	324	119	197	10731	2671
	3	462	371	616	216	316	249	7449	4729
	4	833	384	832	212	565	280	5650	4944
	5	1217	431	1044	188	845	288	5661	5804
	6	1648	389	1232	167	1133	256	5068	5812
	7	2037	376	1399	199	1389	235	4579	5132
	8	2413	382	1598	205	1624	229	5376	4924
	9	2795	346	1803	181	1853	235	5525	4884
	10	3141	409	1984	207	2088	296	4912	4704
	11	3550	256	2191	216	2384	173	5557	6689
	12	3806	211	2407	364	2557	131	5781	3287
1998	1	4017	179	2771	315	2688	112	9598	3924
	2	4196	256	3086	192	2800	190	8271	2352
	3	4452	369	3278	179	2990	255	4986	3822
	4	4821	334	3457	180	3245	300	4615	4818
	5	5155	380	3637	134	3545	246	4639	5616
	6	5535	321	3771	167	3791	228	3570	4405
	7	5856	410	3938	182	4019	298	4337	4275
	8	6266	440	4120	151	4317	279	4686	5592
	9	6706	376	4271	175	4596	257	3964	5082
	10	7082	302	4446	194	4853	221	4510	4812
	11	7384	301	4640	174	5074	202	4950	4289
	12	7685	305	4814	231	5276	241	4486	3843
1999	1	8001	260	5045	213	5517	171	5796	4837
	2	8261	271	5258	211	5688	198	5380	3512
	3	8532	285	5469	198	5886	204	5334	3973
	4	8817	350	5667	192	6090	322	4998	3967
	5	9167	479	5859	123	6412	318	4860	5972
	6	9646	349	5982	159	6730	259	3276	5512
	7	9995	344	6141	163	6989	248	4089	4675
	8	10339	338	6304	173	7237	224	4181	4508
	9	10677	325	6477	156	7461	227	4408	4152
	10	11002	353	6633	132	7688	267	4034	4126
	11	11355	267	6765	152	7955	206	3482	4681
	12	11622	320	6917	201	8161	235	3941	3741
2000	1	11942	191	7118	232	8396	132	5080	4537
	2	12133	338	7350	172	8528	258	5818	2931
	3	12471	412	7522	162	8786	320	4391	4767
	4	12883	438	7684	124	9106	332	4704	6219
	5	13321	444	7808	121	9438	334	2998	5751
	6	13765	340	7929	126	9772	254	3155	5577
	7	14105	450	8055	136	10026	324	3570	4915
	8	14555	427	8191	140	10350	296	3430	5356
	9	14982	364	8331	111	10646	259	3709	5319
	10	15346		8442		10905		3089	4581

表2 4 kW 太陽光発電システムのモニター定期報告

財団法人 新エネルギー財団 会長殿			
		住所 氏名 電話番号	
モニター定期報告			
住宅用太陽光発電システムモニター事業部補助金付規程第17条第1項のさだめるところにより、次のとおり報告します。			
1. 交付決定番号 (8100206401653)			
2. 家族構成 () 人			
3. 月々の発生電力量及び売買電力量 (年 月 ~ 年 月分)			
	発生電力 (インバータ交流側) (kWh)	電力会社へ売った電力量 (kWh)	電力会社から買った電力量 (kWh)
4 月分			
5 月分			
6 月分			
(注1) 発生電力量については、ご自身で、毎月、日を決めて電力量計を読んで記入してください。			
売買電力量については、電力会社の検針票、領収書に記載してある電力量を記入してください。ご自身で、毎月、日を決めてメーターを読んで記入して頂いても結構です。			
(注2) 報告書は、… (略) … 日までに提出してください。			
4. 太陽光発電システムの運転状況 (年度末)			
本年度中に、太陽光発電システムに不具合がありましたか： (有 [回] / 無)			
5. 定期的な保安費用 (年度末)			
6. 太陽光発電システムを使用した感想について (年度末)			
7. 家族のエネルギー節約意識の変化 (年度末)			
8. 安全性について (年度末)			
9. 近隣の評価 (年度末)			
10. その他、上記以外で気がついたこと (年度末)			

表3 1998年4月のモニター報告内容 (表1の4から10項)

4. 太陽光発電システムの運転状況 (年度末)
本年度中に、太陽光発電システムに不具合がありましたか： [有 [数回]]
不具合内容： [電力会社の電圧が既定値より高いために、日射量はあるのにインバータが停止した。]
問い合わせ先・依頼先： [K社 (設置業者), 九州電力 k.k]
点検・修理の内容： [電圧チェックをしてもらい、既定値内に電圧を下げてもらった。]
停止期間： [8月 (不連続), 正確な期間はわからない。(連続監視はしていないため)]
点検修理費： [無し]
5. 定期的な保安費用 [不要：空欄]
6. 太陽光発電システムを使用した感想について
6. 1 設置した太陽光発電に対する満足感： [満足]
価格・経済性について： [どちらかといえば満足] [不満ではないが、もっと下がることを希望する]
電気代の低減感： [大幅に減った]
6. 2 設置した太陽光発電システムに対する不満：
[電力会社の送電電圧が規定値より高くなった。これは連続データを取っていなければ気付かぬことになるので、(電圧が) 正常値に回復後も、途中で異常があればそのことを判断できるような表示をするべきである。]
その他： [環境・CO ₂ などの点で、設置時の補助だけでなく、設置者への減税もして欲しい。環境面で役立っているのだから、設置後も減・免税などをして欲しい。]
7. 家族のエネルギー節約意識の変化： [少しは意識するようになった]
[なるべく、使わない機器の電源を切る。]
8. 安全性について
太陽光発電システムについて、安全上気がついたことが有りましたか： [無]
9. 近隣の評価
太陽光発電システムを設置したことについて、近隣の人たちの評価が分かりましたら好評、不評にかかわらず、具体的に記載してください。
[見学者もあり、関心を読んでいる。私は大学の教員だが、研究室の学生の教育にも役立っている。]
10. その他上記以外で気づいたこと []

4. 日射量と発電量の関係

太陽光発電量は日射量に依存するので表1に示した毎月の積算発電量とその月の全天日射量との関係を調

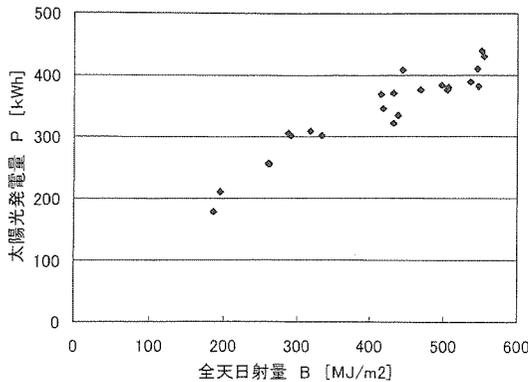


図2 日射量と発電量の関係

べた。発電量と全天日射量の関係を図2に示す。全天日射量は福岡管区気象台(東経130度22.6分, 北緯33度34.8分的位置)を用いる。全天日射量Bと光発電量Pの間に比例関係が見られる。その関係を

$$P = \alpha B \quad (1)$$

の比例式であらわすことにすると, 実測値より,

$$\alpha = 0.864 \text{ [kWh/MJm}^{-2}] \quad (2)$$

となった。ただし, 太陽電池パネルは水平面に対して22度または30度の傾きを付けて設置しているのに, 全天日射量を測る日射計は水平に設置される関係から季節の変化によって太陽光線の入射角が変化するので, 厳密には簡単な比例式では表わせない。また, 季節による温度の影響を強く受け27℃のシリコン太陽電池素子を120℃にするとその電力は50%減少する³⁾。真夏の炎天下で太陽光にさらされた太陽電池の温度上昇により α の値は減少し, 快晴の寒い冬に太陽高度は低いのに α の値は大きくなる。 α の値を月別に計算して年間の α 値の変化を表4に示す。この変化から春分の日や秋分の日前後の値は年平均値に近いので, この時期の値を採って α の値やシステムの効率を判定することが適している。春分の日や秋分の日前後の日射量, 気温, 太陽高度が真夏と真冬の間であり, 四季の変化の大きい日本で, 「少ない測定回数で光発電システムの設置場所や年間の発電量などを算出し, 評価や設計をする場合に, 春分の日または秋分の日前

表4 $\alpha = \text{発電量} / \text{全天日射量}$ の年間の変化

月	平均
1	0.958
2	0.971
3	0.874
4	0.769
5	0.765
6	0.734
7	0.749
8	0.748
9	0.817
10	0.912
11	1.008
12	1.067
平均	0.864

後1週間以内のデータを重視して設計や評価をする」ことを提唱する。

日射量と光発電量の間には比例関係がある。その面白い例として, 1997年3月9日に観測された日食の時の発電量とその前日の発電量とを図3に示す。3月7, 8日も9日も快晴だったので日食が無ければ1日か2日違いの日射量には大差ないのであるが, 日食の間に日射量の減少がはっきりと現われており, 興味深く観測した。

この光発電システムで年間を通して光発電量が電力会社からの買電量を上回り電力自給を実現している。このシステムの負荷としては照明器具, パソコン, テレビ, 冷蔵庫, エアコンなどの一般家庭で使われている電気器具を用いており, 平均的な電力消費をしている。この他に, 軽自動車仕様の14 [kW] モータ駆動の電気自動車の充電も行っており, これも含めて電気エネルギーは自給できている。表1の積算値を見ると, 2000年10月までの発電量の積算値が15,346 [kWh]あり, 売電量が10,905 [kWh]で夜間の光発電ができない間に電力会社から購入した買電量が8,442

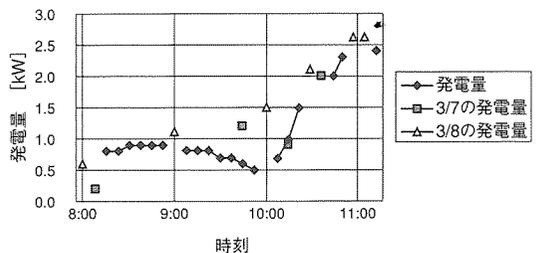


図3 光発電システムの出力に現れた1997年3月9日の日食の影響

[kWh] だから、電力使用量より多くの発電をして残りがあることになる。

5. 結 論

4ヶ月間の実測結果から、4 kW 太陽光発電システムで3～4人家族の平均的な電化生活は可能である。即ち、一般の民家の屋根に設置するシステムで電気エネルギーの自給ができることを示している。この期間の発電量と全天日射量の比は0.864 [kWh/MJm⁻²] であり、3月下旬または9月下旬の値に近い。従って、3月下旬または9月下旬の短期間の測定でも1年間の発電量を推定することができる。

おわりに

光発電システムの普及のための提案

1996年以降のモニター応募状況から考えて、光発電システム設置に要する費用は一人当たりの負担額が電力自給できる4 kW システムで150～200万円程度であれば、光発電システムを設置したいと考える人は多い。今後、補助金なくともこのシステムが普及するためには、現在の電気代が変わらないとして、総額で200万円以下に収まるくらいに安くなる必要がある。無利子または低利の貸し付けや、光発電システム設置者への税金の減免処置がとられることなども考えられれば効果的であろう。

サンシャイン計画設定時の太陽電池価格の目標値は数百円/Wであったが、現在は1999年6月購入例で、79,000円/145W≒545円/Wであり、物価上昇率を考慮すれば、太陽電池自体の価格低下の目標はすでに達成されているといえる。さらに太陽電池とその周辺機器の価格が安くなれば普及が進む。普及すると価格低下にはずみがつく。この良い循環を加速するために環境問題、クリーンエネルギーへの関心を高めることが必要である。

1997年の京都会議で決まったCO₂規制に関する世界への約束を果たすためにも、太陽光発電装置はプラスに働くことを考えて太陽光発電への補助金支出や税金の減免をすることは長期的に見て、国にとっても得なことである。また、日本の民家の多くが太陽光発電装置を置くことが普通になること、高速道路の遮音壁が太陽電池と一体構造になって高速道路などの空間が有効に光発電に使われること、太陽電池で屋根をつ

くって「雨が降っても濡れない道路」を各地に作ることも等々やれば効果のあることは沢山ある。

筆者は1980年以来アマチュア無線局 (JA 6 DMB : 空中線電力10W 及び50W) の電力は電力会社の電力を用いないで太陽電池と蓄電池の組み合わせの独立電源として運用してきた。この独立電源式の太陽光発電も当研究室の卒業研究などに活用した。また、1998年5月以後、600W モータ駆動の一人乗りソーラーEV^{4,5)}の充電は本システムとは別の独立型太陽光発電システムとして使用し、卒業研究にも活用している。今後も、太陽電池を色々な使い方で活用し教育にも役立つことができる。

21世紀明け早々に本学の社会環境学部が発足するにあたり、太陽光発電で環境汚染の無いクリーンエネルギーの利用を教育に取り入れることは効果的である。新しく建設中のA棟の屋上には太陽電池パネルが設置されることになっている。その電力を有効に利用すること自体素晴らしいことであるが、学生にも太陽光発電システムの発電量を情報として流し、そのデータも教育と研究に役立てるために使うことを提唱する。例えば、リアルタイムで、「現在の日射量は△△MJ/m²で、発電量は○○kWです。また、これまでの積算電力は□□kWhです。」という表示をA棟や図書館、モノづくりセンターなどで表示し、このデータを保存し、これを活用することを希望する学内・学外の研究室やクラブなどに提供することを提案する。このデータを蓄積し研究や教育に役立て、社会に貢献するならば、A棟の光発電システムが社会環境学部の発足に相応しい看板設備のひとつになるであろう。

参 考 文 献

- 1) 電波新聞1996年9月12日。
- 2) 日刊工業新聞2000年10月18日。
- 3) 高橋学：反射集光式太陽光発電 福岡工業大学研究論集第11号 (1979) 89。
- 4) 高橋学、高橋定：ミニソーラーカーの試験走行と充電 福岡工業大学研究論集第32巻第2号 (2000) 277。
- 5) 高橋学、高橋定：600W モータ駆動ソーラーEVの走行試験 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2000) 525。