

実用的 I-V カーブ作成法を使った 太陽光発電出力・発電量計算の活用

CALCULATION OF OUTPUT POWER AND AMOUNT OF POWER
GENERATED BY PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEM
USING THE "NEW I-V CURVE CONSTRUCTION METHOD"

山 本 博 隆^{*1}
Hirotaka YAMAMOTO

伊 賀 淳^{*1}
Atsushi IGA

石 原 薫^{*2}
Kaoru ISHIHARA

三 田 裕 一^{*2}
Yuuichi MITA

鈴 木 博 久^{*3}
Hirohisa SUZUKI

Abstract

We aimed in our research to develop a method by which photovoltaic output power and amount of power generated could be determined accurately for general applications. Through the research, we developed the "new I-V curve construction method," and confirmed the effectiveness of calculations made on the basis of this system. Since the effectiveness of the I-V curve construction method has been proven, we are using the method for the simulation of the amount of power generated annually. With the "new I-V curve construction method," once the basic characteristics of photovoltaic modules (I_{sc} , V_{op} , I_{op} , V_{oc} , α , β , R_s , K) are given, highly accurate I-V curves for specific amount of solar irradiance and module temperature can be constructed. Thus, we found that the method has a broader range of applications than we initially expected. This report presents an outline of the "new I-V curve construction method" and representative applications.

Key words : Solar energy, Solar irradiance, PV system, I-V curve, Photovoltaic module temperature.

1. 緒 言

住宅分野への太陽光発電システムの適用は、太陽電池とそのシステム価格の低減、逆潮流などに関する各電力会社受入体制の整備、国の助成措置などによりますます促進されてきている。太陽光発電システムの開発・計画などにおいては、発電量を正確・汎用的に予測計算できる技術が、また運用面ではそのシステムの発電出力・発電量を正確、簡単に評価できる技術が特に必要である。

そこで著者らは太陽電池の基本特性値を使い、各日射強度（ここでは以下「日射量」という…付録1）・太陽電池モジュール温度条件における I-V カーブが

作成できる「実用的 I-V カーブ作成法」を開発した⁽¹⁾⁽³⁾。この「実用的 I-V カーブ作成法」は実際に適用してみると年間発電量を正確に予測計算ができるほか、予想外に広い活用に結びつくことが明らかとなったので、3章、4章にその活用例を述べる。

2. 実用的 I-V カーブ作成法

任意の受光面日射量、モジュール温度における I-V カーブを作成する方法としては光照射状態での電圧-電流基本特性式を使用する方法が従来から試みられている。著者らは早期の実用化に重点を置いて、別の観点に立った「実用的 I-V カーブ作成法」を開発し、この方法によるプログラム（以下「実用的 I-V カーブ作成プログラム」という）を作成した。

「実用的 I-V カーブ作成方法」は次の2つの部分から構成されている。

①太陽電池の基本特性値から、基準状態（日射量

* 原稿受付、平成7年6月12日

* 1 関西国総合研究所（〒760-01 高松市屋島西町2109）

* 2 （財）電力中央研究所（〒201 東京都江東区岩戸北2-11-1）

* 3 昭和シェル石油㈱（〒384 長野県佐久市大字中込3295）

1 kW/m², モジュール温度 25℃) の I-V カーブを作成する。

②上記 I-V カーブから著者らの提案する計算式を使い、各種日射・モジュール温度における I-V カーブを作成する。

本章では①②の概要とその実証試験結果を述べる。なお著者らは、上記基本特性式を活用した I-V カーブ作成法についてもさらに検討をつけている。

2.1 基準状態の I-V カーブの作成方法^{(1), (2)}

2.1.1 概要

ここで述べるのは、太陽電池の基本特性値である短絡電流 (I_{sc}), 最大出力動作電圧 (最適電圧: V_{op}), 最大出力動作電流 (最適電流: I_{op}), 開放電圧 (V_{oc}) の値から I-V カーブを作成する方法である。図 1 に与えられた 3 点 P" (短絡電流の点), Q" (最適電圧の点), R" (開放電圧の点) を結び I-V カーブ (③) を作成する方法を示す。ここで、作成した③の曲線上の点 Q" は③の曲線上の最大電力の点となる必要があるため、もとの 3 点は近似曲線などで結ぶことはできない。そこで著者らは代表的な太陽電池 (ここでは「標準太陽電池」という) の I-V カーブ (①) 上の各点 (約 50 点) を移動する方法を考案した。この方法はさらに次の 2 つのステップから構成されており、また各点の移動は Q 点の左右に分けて出力比率, 電圧比率, 電流比率を使う方法となっている。

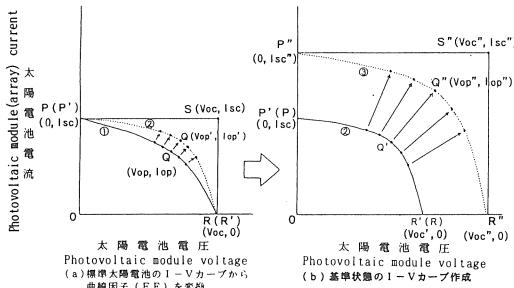


図 1 基準状態の I-V カーブの作成方法

Fig.1. Method for obtaining I-V characteristic curve (at 1 kW/m², 25℃).

(1) 標準太陽電池 I-V カーブの FF を変換…第 1 ステップ

標準太陽電池の曲線因子 ($\frac{V_{op} * I_{op}}{I_{sc} * V_{oc}}$): 以下フィルファクター (FF) という) と計算対象の太陽電池の FF とは通常は異なる。そこで第 1 ステップとして標準太陽電池の I-V カーブから計算対象の太陽

電池の FF と一致した I-V カーブ (図 1 (a) の②) を作成する。

(2) 基準状態 I-V カーブの作成…第 2 ステップ

次に第 2 ステップとして、上記の I-V カーブ (図 1 (b) の②すなわち図 1 (a) の②) から太陽電池の基準状態の I-V カーブ (③) を作成する。

2.1.2 実証試験結果

本方法により作成した I-V カーブの実証試験結果例を図 2 に示す。実線は本方法による作成カーブ、×印は I-V カーブトレサによる実測値である。両値はカーブの全範囲にわたってよく一致している。

2.2 各種日射量・モジュール温度条件下の I-V カーブの作成方法

2.2.1 概要

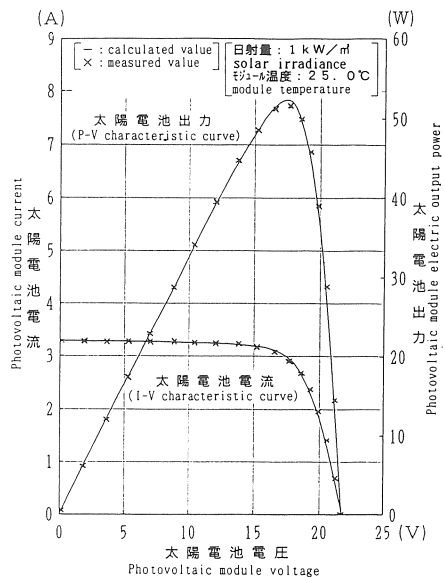


図 2 基準状態の特性カーブ作成結果の実証
Fig.2. Verification of I-V characteristic curves (at 1 kW/m², 25℃).

基準状態の I-V カーブ上の各点から測定時の日射・モジュール温度条件における I-V カーブ上の各点を求めるのに、IEE で発表された^(1,2)の適用範囲・適用方法などを見直し、発展させた次式を適用した (付録 2)。

$$I_1 = I_2 + I_{sc} \left[\frac{E_1}{E_2} - 1 \right] + \alpha (T_1 - T_2) \quad \dots (1)$$

$$V_1 = V_2 + \beta (T_1 - T_2) - R_s (I_1 - I_2) - K \cdot I_1 (T_1 - T_2) \quad \dots (2)$$

ここに基準状態での電圧値, 電流値, 日射量, モジュール温度をそれぞれ V_2, I_2, E_2, T_2 とし、また測定時 (各日射・モジュール温度の時) の電圧値, 電流値, 日射量, モジュール温度をそれぞれ V_1, I_1, E_1, T_1 としている。

また、 α : 温度が 1℃ 変化したときの I_{sc} の変動値 (A/℃)

β : 温度が1℃変化したときの V_{oc} の変動値 (V/℃)
 R_s : モジュールの直列抵抗 (Ω)
 K : 曲線補正因子 ($\Omega/^\circ\text{C}$)
 I_{sc} : 短絡電流
 (ここで各係数は基準状態の既知の値である)

2.2.2 実証試験結果

本節では上記 I-Vカーブ作成法による単結晶・多結晶太陽電池の実証試験結果を述べる。

(1) 単結晶太陽電池

単結晶太陽電池についてはソーラシミュレータおよび自然太陽光のもとで多くの実証試験を実施した。

本節ではそのこれら実証試験のなかから自然太陽光による次の試験結果を示す。

① 日射量別太陽電池出力の計算値と実測値の比較

② 代表的な日射量・モジュール温度において、計算で求めた I-Vカーブと実測値の比較

③ 直流集電線抵抗が大きい場合の日射量別太陽電池出力の計算値と実測値の比較

a. 日射量別太陽電池出力

ここで試験結果としては、日射量やモジュール温度の大きさにかかわらず計算値と実測値が一致する必要がある。図3に日射量が小さい場合から大きい場合までの日射量別の太陽電池出力の計算値と実測値を示す。なおこの太陽電池出力は最適電圧における出力(以下「 P_{max} 」という)である。

図3より日射量にかかわらず計算値と実測値はよく一致しており、著者らの方法は日射量に影響されず適用できることが確認できた。

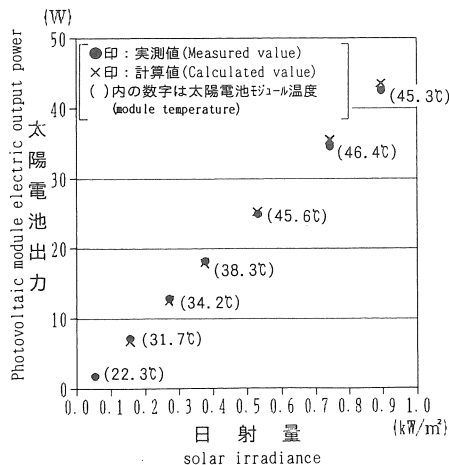


図3 日射量別太陽電池出力の実証試験結果
Fig.3. Output power for different levels of solar irradiance.

b. 代表的日射量・モジュール温度における I-Vカーブ

前節で示した結果のうち、日射量が 741 W/m^2 の

条件の I-Vカーブを図4に示す。

計算値と実測値はよく一致していることがわかる。

c. 直流集電線抵抗が大きい場合の I-Vカーブ

太陽電池に大きい直流集電線抵抗が接続されている場合の I-Vカーブの作成方法は既に発表している⁽⁴⁾。図5はこの方法を使い、代表的太陽電池モジュールに 1.8Ω の抵抗が直列に接続された場合の例を示す。

図5によると日射量の大きさにかかわらず計算値と実測値がよく一致していることがわかる。

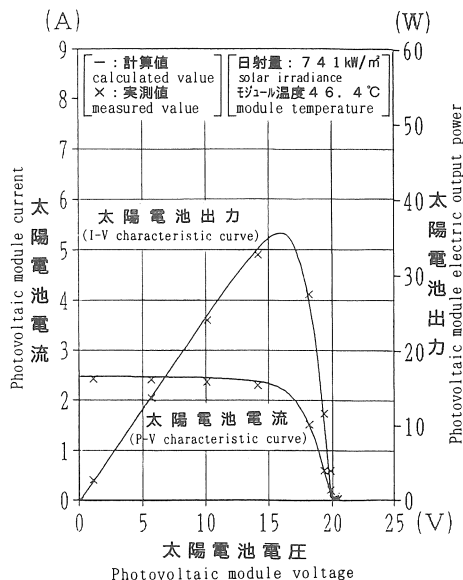


図4 太陽電池 I-Vカーブの実証試験結果
Fig.4. Verification of I-V characteristic curves (monocrystalline silicon photovoltaic device).

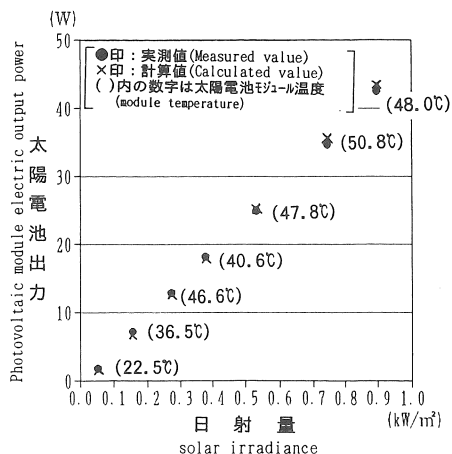


図5 日射量別太陽電池出力 (直流集電線抵抗が大きい場合)
Fig.5. Output power for different levels of solar irradiance.

(2) 多結晶太陽電池

多結晶太陽電池の実証試験結果例を図6に示す。この場合も単結晶太陽電池の場合と同様に、計算値と実測値はよく一致していることがわかる。

以上のとおり著者らの提案している実用的 I-Vカーブ作成法は、単結晶、多結晶にかかわらず結晶系太陽電池であれば精度よく適用できることがわかった。

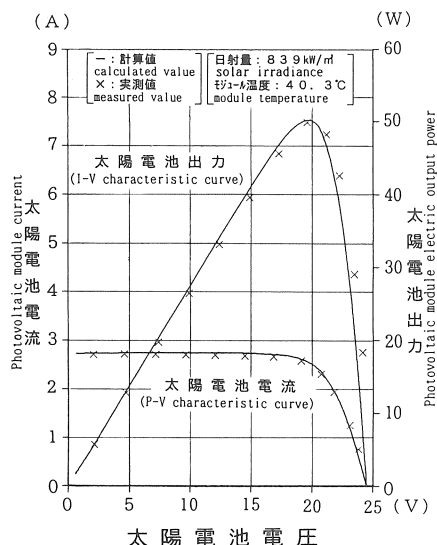


図6 多結晶太陽電池の実証試験結果 I
Fig.6.Verification of I-V characteristic curves
(Polycrystalline silicon photovoltaic device).

3. 既設太陽光発電システムの出力・発電量の評価への活用

本章では既に設置されている太陽光発電システムの太陽電池出力や月・年間などの期間発電量の値が適正であるかを、「実用的 I-Vカーブ作成法」を使い評価する方法について述べる。

3.1 太陽電池出力の評価

既設太陽電池の出力を評価する場合、各試験研究機関、太陽電池メーカーなどでは「I-Vカーブトレサ」を使うケースがよく見られる。そこで本節では、I-Vカーブトレサを使用する場合としない場合について、その評価方法について述べる。

3.1.1 I-Vカーブトレサを使用する場合

著者らが提案する方法は、まず既知の太陽電池基本特性値 (I_{sc} , I_{op} , V_{op} , V_{oc} , α , β , R_s , K) と測定時の日射量、モジュール温度から、「実用的 I-Vカーブ作成プログラム」を使い、I-V, P-V

カーブを作成し、 P_{max} 値、指定された直流運転電圧における太陽電池出力値をアウトプットする。一方 I-Vカーブトレサで実測値により I-V, P-Vカーブを作成する。これら2つのカーブや最大出力値などを比較し、評価する。この評価方法には次のような特長がある。

・測定時の日射・モジュール温度の条件にほとんど影響されず太陽電池の I-Vカーブや出力値が正確に評価できる。

このため、著者らは実際に「省エネ型電力有効利用住宅システム」実証棟（以下「実証棟」という）の南北面屋根に設置した太陽電池の出力評価などに活用し効果をあげている。

3.1.2 I-Vカーブトレサを使用しない場合

I-Vカーブトレサは高価な装置であるうえ測定時に太陽電池をシステムから切離す必要がある。そこで I-Vカーブトレサを使用せず太陽電池をシステムに接続したままでも評価する2つの方法を提案する。

(1) 温度補正係数による基準状態への出力換算
太陽電池出力を次式で求める簡易法がある。

$$P_2 = P_1 \frac{E_2}{E_1} \{1 - a(T_2 - T_1)\} \cdots (3)$$

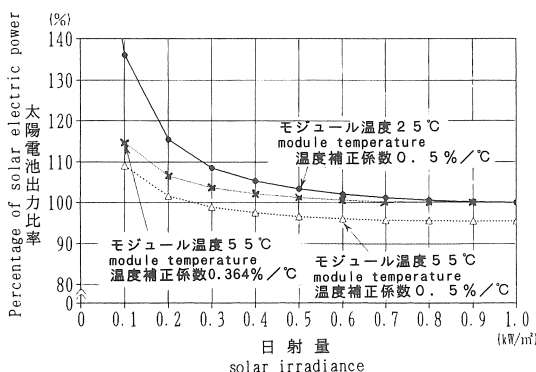
ここに基準状態での出力、日射量、モジュール温度を P_2 , E_2 , T_2 とし、測定時の出力、日射量、モジュール温度を P_1 , E_1 , T_1 とする。また太陽電池出力の温度補正係数を a とする。

この方法は簡便であり適用しやすいが誤差も大きい。

この(3)式を精度よく適用する方法を検討したので以下に述べる。図7は著者らの方法による太陽電池出力計算値を基準とし、(3)式による太陽電池出力計算値の比率を日射量ごとに示したものである。図7によると、温度補正係数0.5%の条件下でモジュール温度が25℃の場合は、日射量が0.8kW/m²以上であれば誤差が0.5%程度以内であるが日射量が0.5kW/m²になると4%程度の誤差が生じる。また、モジュール温度が55℃の場合は日射量が0.6kW/m²以上において4~5%程度の誤差がある。そこでモジュール温度が55℃のときの出力が著者らが提案している方法(1),(2)式による計算結果に等しくなるように温度補正係数を求め(0.364%/℃…脚注)この補正係数値を(3)式に適用し、上記の太陽電池出力比率を求めたのが図7の×印である。

モジュール温度を25~65℃の間で、日射量を変化させながら、 a を0.364として(3)式により出力を計算した結果は、日射量が0.8kW/m²程度以上であればモジュール温度にかかわらず(1),(2)式に

よる結果と比べ0.5%以内の差となることがわかった。そこで簡便法としてこの手法で求めた温度補正係数を(3)式に適用することを提案する。



(注) (1) 太陽電池出力比率 = $\frac{(3) \text{式による出力計算値}}{(1), (2) \text{式による出力計算値}} \times 100$
 (2) 太陽電池出力は最大出力動作電圧時出力 (P_{max}) である。

図7 温度補正係数を使った太陽電池出力比率の計算結果
 Fig.7. Percentage of solar electric power vs solar irradiance.

(2) 「実用的 I-Vカーブ作成法」による測定条件の特性カーブ作成

運転中の太陽光発電システム(太陽電池)の電圧・電流、モジュール温度、日射量は、一般に比較的簡単に測定できる。そこで測定時の日射量・モジュール温度における I-V, P-Vカーブを「実用的 I-Vカーブ作成プログラム」により描き、次にこのグラフ上に測定時の直流運転電圧における電流・電力値をプロットし、カーブ上の値と比較し評価する。この方法は日射量、モジュール温度条件に影響されず太陽電池出力を評価できる。実際に著者らは、この方法により前記の「実証棟」の太陽電池出力を随時評価し管理している。

3.2 太陽光発電量の評価

既設太陽光発電システム(太陽電池)の月・年間などの一定期間の発電量を上記の方法をベースに評価する方法である。すなわち、各日・各時刻の日射量・モジュール温度の測定値からそれぞれの I-Vカーブを、「実用的 I-Vカーブ作成法」を使い作成し、その時刻の直流運転電圧における出力を計算し、積算して月・年間発電量とする。この値と実際に電力量計などで測定した値と比較し評価する方法である。

(注) 最適温度補正係数の求め方
 モジュール温度が動作温度近くの高温(ここでは55°C)および大きい日射量(ここでは0.9 kW/m²)における太陽電池出力を2章の(1)、(2)式で述べた方法により計算し、その値が日射量0.9 kW/m²、モジュール温度55°Cにおける(3)式による出力と等しくなるようにaを求める。

4. 太陽光発電システムの出力・発電量の予測計算への活用

本章では、太陽光発電システムの出力と月・年間などの期間発電量を「実用的 I-Vカーブ作成法」を使い予測計算する方法の活用について述べる。

4.1 太陽電池出力の予測計算

「実用的 I-Vカーブ作成法」によれば、測定時の日射量、モジュール温度条件における I-Vカーブを作成し、各直流運転電圧における出力を計算できる。そこで日射量、モジュール温度などの変化による太陽電池出力の変化率を計算すると、種々の活用結びつく。本節では外気温の変化による太陽電池出力の変化率(影響)を検討した結果の例として「太陽光発電システムの夏期電力ピーク時のエネルギー効果」について述べる。

一般に太陽光発電量は日射量につれて大きくなるため、太陽光発電システムによる夏期冷房時の電力ピークカット効果が期待できる。しかし一方、夏期外気温が高いときは日射量が大きくなっても、モジュール温度が高くなり発電効率が落ちるため、効果は期待できないのではないかという疑問も指摘されている。そこで著者らは「実証棟」の太陽光発電システムの実測値を使って、夏期電力ピーク発生時間帯に得られるエネルギー効果について直接解析した。しかし実際の測定値を使った解析では、太陽電池電流電圧の完全な最適電圧制御(以下「 P_{max} 制御」という)ができにくいなどの諸要因のため、データにバラツキが多く評価が困難であった。そこで実用的 I-Vカーブ作成法を活用し、その計算によりピーク時の効果を評価する方法をとった。

すなわち、外気温の上昇にともなっておこるモジュール温度の上昇による太陽電池出力の減少、および外気温の上昇にともなっておこる日射量の増加による太陽電池出力の増加について、シミュレーション計算を実施し、総合的に評価した。

図8は外気温が1°C上昇した場合の出力の低下割合(ここでは「温度出力変化率」という)を日射量をパラメータとして外気温ごとに示したものである。すなわち温度出力変化率は次のとおりである。

$$\text{温度出力変化率}(\%) = \frac{(\text{各外気温} + 1^\circ\text{C}) \cdot \text{各日射量における太陽電池出力} - \text{各外気温} \cdot \text{各日射量における太陽電池出力}}{\text{各外気温} \cdot \text{各日射量における太陽電池出力}} \times 100$$

ここで各外気温・日射量における太陽電池出力は、各外気温・日射量、風速(ここでは2 m/sに設定)

の値から重回帰式(付録3)を使い太陽電池モジュール温度を求め、次にこのモジュール温度とそのときの日射量を使い実用的I-Vカーブ作成法によりI-Vカーブを作成し、最適電圧 V_{op} のときの太陽電池出力(P_{max})を算出した。また図9は日射量が 100 W/m^2 増加した場合の太陽電池出力の増加割合(ここでは「日射出力変化率」という)をパラメータとして外気温度ごとに示したものである。すなわち日射出力変化率は次による。

$$\text{日射出力変化率} = \frac{\text{各外気温度} \cdot (\text{各日射量} + 100\text{ W/m}^2) \text{ における太陽電池出力} - \text{各外気温度} \cdot \text{各日射量 における太陽電池出力}}{\text{各外気温度} \cdot \text{各日射量 における太陽電池出力}} \times 100$$

ここでも各外気温度・各日射量における太陽電池出力の算出方法は図8の場合と同様である。図8, 9により次のことがわかる。

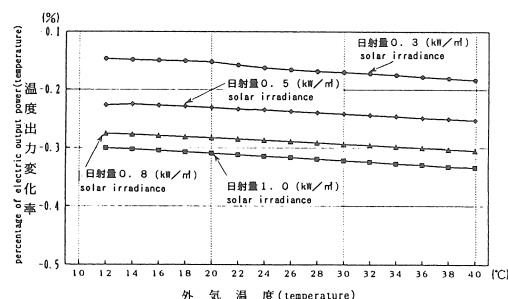


図8 外気温度変化による太陽電池出力変化率
 Fig.8. Percentage of electric output power(temperature)

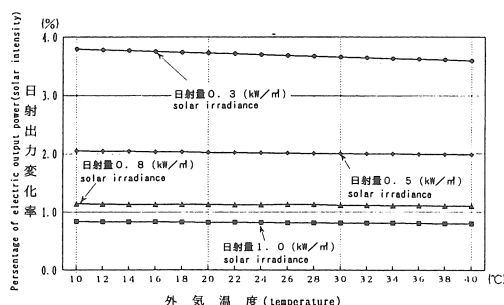


図9 日射量変化による太陽電池出力変化率
 Fig.9. Percentage of electric output power(solar irradiance)

①夏期ピーク時の気象条件が、日射量で $800 \sim 1000\text{ W/m}^2$ 、外気温 30°C とすると、太陽電池モジュール温度 1°C の上昇による出力低下は、図8により 0.3% 程度である。また図9より、日射量 $800 \sim 1000\text{ W/m}^2$ 、外気温 30°C の条件では、日射量が

10 W/m^2 増加すると 1% 程度の出力増加であることがわかる。

②一方外気温度と日射量の関係は一般にはばらつきが大きいので、夏期、日射量の大きい日の昼時間間帯限定して、外気温度と「実証棟」南面屋根の受光面日射量の回帰分析を実施した。その結果、外気温度 1°C の上昇により概略 20 W/m^2 程度の日射量の増加がみられた。

③これらより、夏期ピーク発生時(日射量 $800 \sim 1000\text{ W/m}^2$ 、外気温 30°C 程度)には、外気温 1°C の上昇によるモジュール温度上昇に起因する太陽電池出力低下が 0.3% 程度であるのに対して、日射量 20 W/m^2 の増加による出力増加が 2% 程度であるため「電力ピークカット効果は期待できる」といえる。

④外気温度が高くなるにつれ、同一外気温上昇による出力低下率は少しずつ大きくなり(図8)、また同一日射量上昇による出力比率は外気温度上昇とともに少しずつ低下する傾向にある(図9)。一方外気温度が高い(例えば 30°C)場合には、日射量が大きくなるにつれ、同一外気温度上昇による出力低下率(および出力低下)が大きくなり(図8)、また同一日射量上昇による出力上昇は小さくなる傾向にある(図9)。したがって夏期ピーク発生時などの条件のもとでは太陽電池出力を増加させるための工夫(モジュール温度低下のための太陽電池設置構造、日射量を多く集めるための構造、直流電圧を P_{max} 点に近づける方法など)が必要となってくると考える。

4.2 太陽光発電量の予測計算

「実用的I-Vカーブ作成法」の活用の中で最も効果的なのは月・年間などの期間発電量を計算する「太陽光発電量シミュレーションプログラム」の中に組み込み、例えば次のように活用することと考える。

①個々の太陽光発電システムの月・年間発電量を計算し、太陽光発電システムの設計・運用に役立てる。

②太陽光発電システムの設置環境、設備・システムの構成、運転方法などの条件(設置方位・傾斜角、周辺の風速、太陽電池特性値、太陽電池接続の直流集電線抵抗、太陽電池直流運転電圧など)が月・年間発電量におよぼす影響のシミュレーション計算を実施し、太陽光発電システム・機器の開発、設計・運用に役立てる。

③太陽光発電量のシミュレーション計算プログラムの総合的な計算精度の確認

著者らは独自に「太陽光発電量シミュレーション計算プログラム」を既に開発し、各種条件が年間発電量

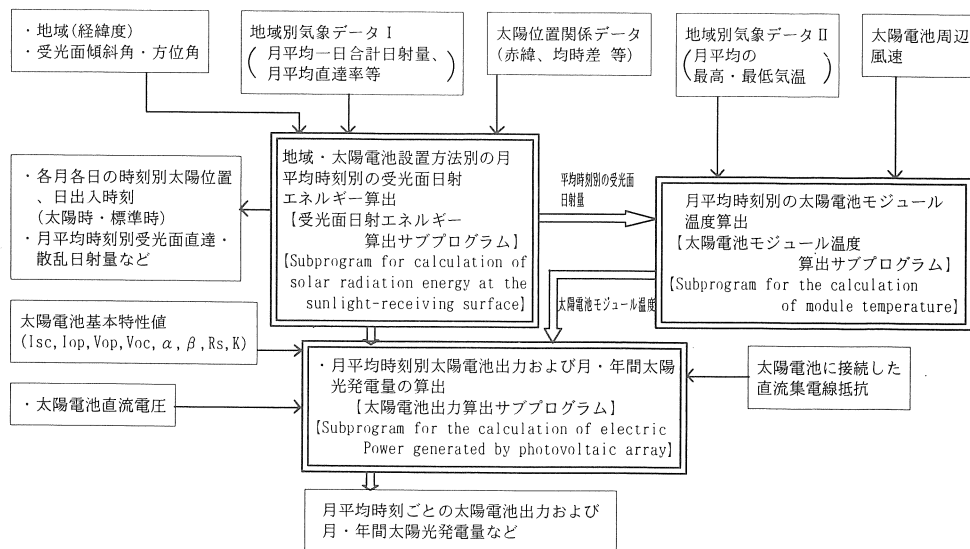


図10 太陽光発電量シミュレーション計算プログラムのブロック図
Fig.10. Block diagram of simulation program for calculation of the amount of electric power generated by PV system.

におよぼす影響の解析などを実施している。①、②の内容については他の報告書に譲り、本報告は③の概要を述べる。

4.2.1 シミュレーション計算プログラムの総合的な計算精度の確認

上記のとおり著者らは種々の工夫をした「太陽光発電量シミュレーション計算プログラム」を開発した。本プログラムは図10に示すように、①受光面日射エネルギー算出、②太陽電池モジュール温度算出、③太陽電池出力算出の3つのサブプログラムより構成されている。そして前述の「実用的I-Vカーブ作成法」は③の太陽電池出力算出サブプログラムの中核部分を構成している。

「太陽光発電量シミュレーション計算プログラム」の総合的な計算精度を確認するには、実際の実証設備を使い正確な実証試験を実施することが最も望ましい。しかし現実には次のような困難な点がある。

①正確な実測値を得るには、実規模の太陽光発電システムを使い、少なくとも1年間にわたる太陽電池直流電圧の完全な一定電圧制御、または P_{max} 制御運転を実施する必要がある。しかし完全な P_{max} 運転の実施は実際には難しく、またその P_{max} 運転状態を確認することもできない。

②太陽電池の汚れ・劣化、異特性太陽電池の直並列ロス、電力変換器の精度などの面での影響や誤差の全

くない太陽光発電システムによる実証試験が必要である。

実際にはこのような条件を完全に満たした実証試験は難しい。そこで著者が提案している方法は、太陽電池基本特性値および毎日・時刻ごとの受光面日射量、モジュール温度の実測値を使い毎日・時刻ごとにI-Vカーブを描き各直流運転電圧値における太陽電池出力を求め、この値を月・年間積算した値を「実測値」として使用する方法である。一方「計算値」は上記期間の、外気温の月平均最高・最低温度、年平均風速、月平均一日合計水平面日射量を使い上記プログラムにより計算した値である。この方法によると上記のような難しい課題にも影響されずに完全に近い実証試験を実施することができる。この方法により著者らの作成した「太陽光発電量シミュレーションプログラム」の総合的な実証試験に活用したので次に述べる。

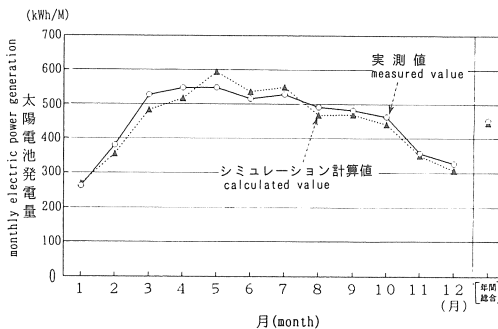
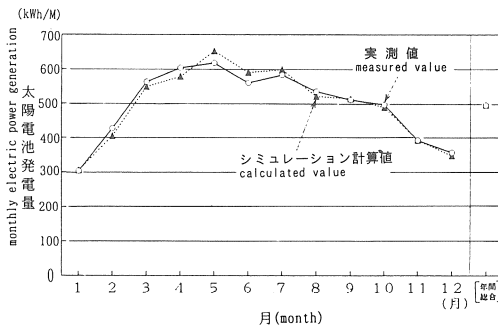
4.2.2 プログラムの総合的な実証試験結果

上記評価方法による実証試験結果を図11、12に示す。なお実証に使った実証棟南面屋根太陽電池であり、基本諸元を表1に示す。図11は1年間にわたって直流運転電圧を P_{max} 制御した場合、また図12は200Vの直流定電圧で年間運転した場合である。

各図の計算値と実測値はよく一致しており全体プログラムの総合的な実証ができたといえる。

表 1 シミュレーション計算の基本条件
 Table.1. Basic conditions for simulation calculation.

太陽電池の 特性値	太陽電池モジュール	種類	単結晶
		基本特性	$I_{sc}: 3.3(A)$ $V_{oc}: 20(V)$ $P_{max}: 48(W)$ $V_{op}: 16(V)$ $I_{op}: 3(A)$
	太陽電池アレイ	構成	モジュール16枚直列を6並列に接続
		基本特性	$I_{sc}: 19.8(A)$ $V_{oc}: 320(V)$ $P_{max}: 4,608(kW)$ $V_{op}: 256(V)$ $I_{op}: 18.0(A)$ $\alpha: 0.0118(A/^{\circ}C)$ $\beta: -1.023(V/^{\circ}C)$ $R_s: 1.067(\Omega)$ $K: 0.00125(1/^{\circ}C)$
太陽電池の 設置状況	設置方法	傾斜角	26.5°
		方位	真南
	状況	屋根一体型	
	場所	高松市 (N34.32', E134.06')	


 図 11 南面太陽電池発電量 (Pmax制御)
 Fig.11. Monthly electric power generation (Pmax control).

 図 12 南面太陽電池発電量 (200V定電圧制御)
 Fig.12. Monthly electric power generation (200V control).

5. むすび

本報告で述べた事項を要約すると、次のようである。

(1) 開発した「実用的 I-V カーブ作成法」は次の 2 つの部分より構成されている。

① 太陽電池基本特性値から標準状態の I-V カーブの作成

太陽電池の既知の基本特性値である短絡電流 (I_{sc})、最大出力動作電圧 (V_{op})、最大出力動作電流 (I_{op})、開放電圧 (V_{oc}) のデータから、標準的な太陽電池の I-V カーブを活用しながら標準状態 (日射量 $1 kW/m^2$ 、モジュール温度 $25^{\circ}C$) の I-V カーブを作成する方法であり、実証試験結果も示した。

② 各種日射量・モジュール温度条件での I-V カーブの作成

標準状態の I-V カーブから著者らの (1), (2) 式を使い各種日射量・モジュール温度条件での I-V カーブを作成する方法。単結晶、多結晶の太陽電池を使った多くの実証試験により、計算値と実測値が低日射量から高日射量までよく一致することを確認した。

また太陽電池に抵抗値の大きい直流集電線が接続されている場合についても、同様に実証試験により、よく一致することを確認した。

(2) 「実用的 I-V カーブ作成法」の活用方法を次の 4 つに分類し、それぞれについて述べた。

① 既設太陽光発電システムの太陽電池出力の評価

既設太陽電池の出力は I-V カーブトレーサを使って評価する場合も多い。そこで、この場合「実用的 I-V カーブ作成法」を使い、測定値の日射量、モジュール温度条件にほとんど影響されず太陽電池出力を評価する実用的な方法を提案した。

次に I-V カーブトレーサを使わず、また回路を切離すことなく太陽電池出力を評価する 2 つの方法を提案した。この方法は今後特に実用化が期待できる分野と考えているため、具体化を進めている。

② 既設太陽光発電システムの期間発電量の評価

既設の太陽光発電システムの月・年間などの一定期間の発電量を正確に評価する方法として、「実用的 I-V カーブ作成法」を使った精度の高い方法を示した。

③ 太陽電池出力の予測計算

「実用的 I-V カーブ作成法」の各種日射量・モジュール温度における時刻ごとの出力が予測計算できる機能を活用し、夏期電力ピーク時に太陽光発電から効果的なエネルギーが得られることを示した。

④ 太陽光発電量の予測計算

「実用的 I-V カーブ作成法」は太陽光発電量シミュレーション計算プログラムの中に組込むと大きい活用結びつが、一方「実用的 I-V カーブ作成法」を応用すれば、一般的な太陽光発電量シミュレーション計算プログラムの総合的な計算精度の確認にも利用できることを述べた。

本研究推進に関して、(財) 四国総合研究所、(財) 電力中央研究所、昭和シェル石油㈱の関係各位にお礼申し

上げます。また(株)四国総合研究所、(財)電力中央研究所、昭和シェル石油(株)、(株)ミサワホーム総合研究所が共同して建設した「実証棟」のデータも実証試験の一部に使っております。関係各位にお礼申し上げます。

文 献

- (1) 山本, 伊賀, 石原, 三田, 鈴木: 「I-Vカーブ作成法を用いた太陽光発電量シミュレーション計算プログラムの開発」, 電学論D, 115巻6号, (1995)
- (2) 山本, 伊賀, 鈴木, 石原, 三田: 「実用的I-Vカーブ作成方法を使った年間発電量シミュレーション計算プログラムの開発」, 平成6年電気学会全大, 1685, (1994)
- (3) 山本, 伊賀, 鈴木, 石原, 三田: 「実用的I-Vカーブ作成法の特徴と活用」, 平成7年電気学会 電力・エネルギー部門大会, (1995)
- (4) 山本, 伊賀, 石原, 三田, 鈴木: 「太陽光発電量シミュレーション計算結果の評価とプログラムの活用」, 電学論D, 115巻7号, (1995)
- (5) 伊賀: 「太陽電池温度変化による年間発電量への影響」, 平成5年電気学会全大, 1674, (1993)
- (6) 山本, 伊賀: 「太陽電池温度変化による年間発電量への影響」, 平成5年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.281, (1993)
- (7) 山本, 伊賀, 石原, 三田, 鈴木: 「太陽電池直流電圧値が年間発電量におよぼす影響のシミュレーション計算」, 平成6年電気学会全大, 1684, (1994)
- (8) 山本, 伊賀, 鈴木, 石原, 三田: 「実用的I-Vカーブ作成法を用いた太陽光発電量評価方法」, 平成6年電気学会電力・エネルギー部門大会, 26, (1994)
- (9) H.Yamamoto, A.Iga, H.Suzuki, K.Ishihara, Y.Mita: "Development of Simulation Program of Electric Power Generated by PV System Using New I-V Curve Construction Method", 1994 JIASC Japan Industry Application Society Conference, 13/PE, (1994)
- (10) 山本, 伊賀, 石原, 三田, 鈴木: 「実用的I-Vカーブ作成法による太陽光発電量シミュレーション計算プログラムの開発と活用」, 四国電力(株)・(株)四国総合研究所 研究情報, No.62, (1994)
- (11) 瀬川, 藤田, 木田, 石原, 戸高: 「太陽光発電システムのシミュレーション」, 太陽エネルギー, Vol.15, No.5, 太陽エネルギー学会, (1989)
- (12) J.D.Sandstrom: "A Method for Predicting Solar Cell Current-Voltage Curve Characteristics as a Function of Incident Solar Intensity and Cell Temperature", IEEE, VOL.1 199, (1967)
- (13) 伊賀: 「省エネ型電力有効利用住宅システム」, 第9回太陽光発電システムシンポジウム予稿集, P4-23, 太陽光発電懇話会, (1992)
- (14) 山本: 「太陽光発電の住宅利用」, IEEC, No.74 (1993年1月号), (1993)
- (15) 伊賀, 石原, 鈴木: 「太陽光発電の住宅への適用システム」, 太陽エネルギー, Vol.19, No.2, 太陽エネルギー学会 (1993)
- (16) 山本: 「太陽光発電の住宅への利用」, 第10回太陽光発電シンポジウム予稿集, 6-33, (1993)

付 録

1. 日射強度についてはIECでは標準太陽電池セルを使った短絡電流で測定することが決められている。本論文の実証試験における日射測定では、日射計による測定をベースに、適宜標準太陽電池セルによる短絡電流の測定値を参考に、正確を期した測定とした。
2. IEEで1967年に発表された式の見直し内容:
 - (1)適用範囲

IEE式の適用範囲はもとも宇宙空間などを想定し、日射量500~3000W/m²、太陽電池モジュール温度20~130℃の範囲で適用できることを述べているが、著者は地上に設置された太陽電池を念頭におき、日射量50~1000W/m²、モジュール温度20~70℃の範囲を中心に、自然太陽光、ソーラーシミュレーターを

使用した多くの実証試験を実施して式の適用性を検討した。また、太陽電池の種類としても、単結晶のみならず、多結晶の太陽電池も対象とした。

(2)適用方法

IEEの式においては、 α 、 β などの値は日射・モジュール温度により変化するものとしているが、どのような日射・モジュール温度条件の値を使うか、またどのように適用・応用していくかが明確には示されていない。著者はこの点を中心に式の実際的な適用方法を示した。すなわち、この式の適用方法として

①基準状態の(日射量1kW/m²、モジュール温度25℃)⇔各種

日射・モジュール温度条件

②各種日射・モジュール温度条件⇔基準状態

の2つに大別し、それぞれについて具体的な活用方法を検討した。

また α 、 β などの値は基準状態の即知の値を使うことにより、実際的な適用方法とした。

3. 太陽電池モジュール温度を求める重回帰式

「実証棟」南面屋根に設置した太陽電池(屋根一体型太陽電池)について、各月ごとに種々の天気の日、数日を選び、これらの日のデータを使い算出した次の重回帰式を適用した。

$$Y = 4.1X_1 - 2.9X_2 + 0.75X_3 + 1.1 \quad \dots\dots\dots (付1)$$

(重回帰係数R=0.84)

ここに、Y: 太陽電池モジュール温度(℃), X_1 : 日射量(kW/m²), X_2 : 風速(m/s), X_3 : 外気温度(℃)