「月別温度係数」を適用した年間太陽光発電量 推定計算精度の向上

正員 伊賀 淳* 正員 石原 好之**
正員 堀内 紀充* 正員 穂積 直裕***

Proposal of “Monthly Temperature Coefficient” and Improvement of the Calculation Accuracy of Annual Amount of Photovoltaic Power Generation

Atsusi Iga*, Member, Yoshiyuki Ishihara**, Member, Norimichi Horiuchi*, Member, Naohiro Hozumi***, Member

Generally the prediction value of the amount of annual power generation of the actually installed photovoltaic generation system is calculated as follows:
Multiply the rated capacity (kW) and the monthly fixed coefficient (Summer: 0.8, Winter: 0.9, Spring/Autumn: 0.85, etc.) by the monthly solar isolation on the receiving surface. Calculate the annual total of these values, and acquire the annual amount of power generation regarding the losses of the system. However, these temperature coefficients are rough values, so the prediction value of the amount of annual power generation cannot be so accurate.

Here, we propose the method to calculate “Monthly temperature coefficient” for each photovoltaic generation system as accurately as possible using the simulation calculation. It is shown that thus calculated “Monthly temperature coefficient” is quite corresponding to “Monthly temperature coefficient” calculated using the actually measured values of the 40 kW class photovoltaic generation system. We examined the influence on “Monthly temperature coefficient” caused by differences of regions, photovoltaic module characteristic values, and photovoltaic module frames using the simulation calculation.

キーワード：太陽光発電システム，年間太陽光発電量，温度補正係数，

Keywords: photovoltaic generation system, annual amount of photovoltaic power generation, temperature coefficient

1. まえがき

一般によく実施されている年間太陽光発電量の算出方法は、太陽電池受光面の月間日射量 (kWh/m²) に、基準状態における太陽電池アレイ出力 (kW) を乗じ基準状態の日射強度 (1kW/m²) で除し、そして各月の「温度補正係数 (夏: 0.8, 冬: 0.9, 春・秋: 0.85 など)」を掛けて年間積算した値に、効率 (「基本設計係数」) を掛けている。しかし、「温度補正係数」などが概数であるため、算出精度は低かった。一方、太陽電池の「最大出力温度係数」から「温度補正

係数」を求め、太陽光発電システムの年間発電量を推定する方法を JIS に定める動きもある。また、日本各地の傾斜面日射量の計算値では、(財)日本気象協会の METPV などの資料が公開されている⁽¹⁾⁽²⁾。そして太陽光発電システムの諸損失・設計・評価などに関する報告も多い^{(3)~(7)}。

これらを踏まえ、実際のシステムによく適合した新たな概念の「温度補正係数」(本報告では「月別温度係数」という)を使った太陽光発電システムの年間発電量を簡単正確に算出する方法を開発したので、次のように述べる。

- ① 「月別温度係数」の算出方法
- ② 「月別温度係数」の算出方法の個別部分の検証
- ③ 「月別温度係数」の計算結果の総合的な検証
- ④ 地域・太陽電池特性値・太陽電池架台の差による「月別温度係数」への影響の検討結果
- ⑤ 「月別温度係数」を使った年間発電量の算出

2. 「月別温度係数」の算出方法

著者らの提案する算出方法の基本は、月平均時刻別の日射強度・太陽電池温度と太陽電池の特性値から月・時間ごとに P-V カーブを描き⁽⁸⁾(付録 1), その最大電力 (Pmax)

* 高松工業高等専門学校
〒761-8055 高松市勅使町 355
Takamatsu National College of Technology
355, Chokushi-cho, Takamatsu 761-8055
** 同志社大学
〒610-0321 京田辺市多田羅都谷 1-3
Doshisha University
1-3, Tatara-Miyakodani, Kyotanabe 610-0321
*** 豊橋技術科学大学
〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1
Toyohashi University of Technology
1-1, Hibarigaoka, Tempaku, Toyohashi 441-8580

図1 「月別温度係数」の算出フロー図

Fig. 1. Flow chart for calculating “Monthly temperature coefficient”.

図2 NEDO による公開データの活用

Fig. 2. Application of data opened by NEDO.

を積算して求めた月間発電量 (kWh/月) を, 太陽電池受光面の月間日射量 (kWh/m²/月) と太陽電池モジュールの定格容量 (kW/(kW/m²)) で除することである (図1)。図1のΣの部分, 月平均時間ごとの日射量, 発電量を集計し, 月間の受光面日射量, 月間発電量を算出することを表わしている。また図1で, 太い破線で囲んだ部分は「太陽光発電量シミュレーション計算プログラム」^{(8)~(11)}の「受光面日射エネルギー算出サブプログラム」を使っているが, 図2の太い破線で囲んだ部分のように NEDO ((財) 日本気象協会) の提供するデータ⁽¹⁾⁽²⁾の適用も可能である。

ここで, 月平均時刻別太陽電池温度の算出には, 類似し

たタイプの架台別の重回帰式を適用する。また, 月平均時刻別発電量の計算には上記シミュレーション計算プログラムの「太陽電池出力算出サブプログラム」⁽⁸⁾を適用する。

3. 「月別温度係数」算出方法の個別部分の検証

本章では, 算出方法の2つの部分的な検証結果を述べる。

3.1 月平均時刻別日射強度・太陽電池温度の適用 月平均時刻別の日射強度・太陽電池温度から算出した月間発電量が, 毎日の時刻別日射強度・太陽電池温度から算出した月間発電量とどの程度一致するかを日射量・太陽電池温度の実測データにより確認する。ここで月平均時刻別値を適用するのは計算を簡単にするためである。

高松高専の40kW級太陽光発電システム⁽¹²⁾の受光面日射量と太陽電池温度の測定値を使い, 代表的で確実な特性の太陽電池モジュール (昭和シェル石油 GT136) により検証した。図3は夏期 (平成14年7月), 図4は冬期 (平成15年1月) のデータ (日射量・太陽電池温度) を使い算出した時刻別の平均発電量 (太陽電池モジュール1枚当り1時間の発電量) と, 発電量比率 (%) (= (月平均時刻別の日射強度・太陽電池温度から算出した月間発電量) / (毎日

図3 月平均時刻別日射・太陽電池温度の適用(7月)

Fig. 3. Application of monthly averaged hourly data (July).

図4 月平均時刻別日射・太陽電池温度の適用(1月)

Fig. 4. Application of monthly averaged hourly data (Jan.).

の時刻別日射強度・太陽電池温度から算出した月間発電量) $\times 100$)を示す。これらの図から次のことがわかる。

(i) 月平均時刻別の日射強度・太陽電池温度から算出した場合の方が年間の総合で、1%程度(7月で2%弱、1月で1%弱)大きい。そして発電量の大きい時間帯にその比率が大きくなる傾向がある。この現象の原因は、日射強度が小さいとき日射強度と太陽電池出力の直線性が小さくなり、毎日の方が小さくなることなどが考えられる。

(ii) 本報告では月平均時刻別のデータを使うため、年平均は少し大きい(1%程度)ことを含むこととする。

(iii) 毎日の時刻別の値を使うことが、今後より望まれる。

3.2 月平均時刻別太陽電池温度の算出 ここでは、代表日の日射強度・外気温・風速データを使い作成した太陽電池温度の重回帰式により、算出した月平均時刻別太陽電池温度が、実測値とよく一致することを示す。太陽電池温度を算出する重回帰式(次式)の回帰係数は、季節・天気を考慮した代表日の多数のデータで算出した。

$$Y = A \times X1 + B \times X2 + C \times X3 + D \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 Y : 太陽電池温度($^{\circ}\text{C}$)、 $X1$: 日射強度(W/m^2)、 $X2$: 風速(m/s)、 $X3$: 外気温($^{\circ}\text{C}$)、 A 、 B 、 C 、 D : 重回帰係数

高松高専の場合は、

$$A = 0.019, B = -0.94, C = 1.06,$$

$$D = 0.68 (\text{相関係数 } R = 0.9946)$$

であった。

なお(1)式で、指数、対数を使った重回帰式も検討したが、明確な効果があらわれなかったため上式を適用した。

図5 月平均・時刻別太陽電池(2001年7月)

Fig. 5. Monthly average hourly cell temperature (July, 2001).

図5は、上記代表日のデータを使い求めた係数 A 、 B 、 C 、 D を(1)式に適用し、実測した月平均時刻別の日射強度・風速・外気温を使い算出した太陽電池温度と、実測した月平均時刻別太陽電池温度を示した例である。図から、重回帰式により算出した太陽電池温度と実測した太陽電池温度はよく一致していることがわかる。また、冬期(2001年1月)にも同様の比較をし、よく一致していることも確認している。以上の結果から、月平均時刻別太陽電池温度が各季節・天気を考慮した代表日のデータを使い作成した重回帰係数により、精度よく推定できることが確認できた。

4. 「月別温度係数」のシミュレーション計算結果の検証

本章では、上記太陽光発電システムにおいて、シミュレーション計算プログラムによる図1で算出した「月別温度係数」が、太陽電池受光面日射強度・太陽電池温度の実測値より求めた「月別温度係数」とよく一致することを述べる。このことにより、図1の算出方法の妥当性を示す。

4.1 実証方法 「月別温度係数」のシミュレーション計算は、次の計算諸元を使い算出した。

- ・地点: 高松($\text{N}34^{\circ}19'$, $\text{E}134^{\circ}03'$)
- ・赤緯: 理科年表2002年版⁽¹³⁾の各月15日の値
- ・気象データ: 風速...年間1(m/s)

日射量...実測した月間日射量から月平均1日当りの水平面の全天日射量($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{日}$)を求めた値

気温...理科年表2002年版の高松の「日最高気温日最低気温の月別平年値」

月別直達比率...「太陽光発電システム実用化技術開発—発電量基礎調査—」⁽¹⁴⁾の地点・月別直達比率の高松

- ・太陽電池設置方位・傾斜角: 南向き傾斜角20度
- ・シミュレーション計算対象の太陽電池: 代表的な単結晶太陽電池である昭和シェル石油GT136($P_{\text{max}} = 54.7 \text{ W}$, $I_{\text{sc}} = 3.45 \text{ A}$, $I_{\text{op}} = 3.16 \text{ A}$, $V_{\text{op}} = 17.3 \text{ V}$, $V_{\text{oc}} = 21.6 \text{ V}$, $\alpha = 0.0023 \text{ A}/^{\circ}\text{C}$, $\beta = -0.0818 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$, $R_{\text{s}} = 0.539 \Omega$, $K = 0.005$)

次に、実測による「月別温度係数」は、下記条件により実測した値から、月平均時刻別日射強度・太陽電池温度を算

図6 「月別温度係数」の実証

Fig. 6. Proof of "Monthly temperature coefficient".

出し、太陽電池 I-V カーブを作成し、その最大電力 (Pmax) を積算して「月別温度係数」を求めた。

- 地点：高松（高松工業高等専門学校の校舎屋上）
- 測定条件：高松高専 40 kW 級太陽光発電システム（南向き傾斜角 20 度）の太陽電池受光面と同一面に設けた日射計（英弘精機（株）の MS601）で日射強度を、また、太陽電池裏面に設置した熱電対で太陽電池温度を測定
- 測定・解析期間：2002/6～2003/5
- 太陽電池：シミュレーション計算と条件を揃えるため、昭和シェル石油 GT136 とした。なお、実測値は太陽電池温度と日射強度のみを使用するため、計算に適用する太陽電池の種類が実際についている太陽電池と異なっても太陽電池温度にはほとんど影響はない。

4・2 検証結果 「月別温度係数」および月間発電量（太陽電池モジュール 1 枚相当分）の結果を図 6 に示す。この図などから次のことがわかる。

（i）シミュレーション計算による「月別温度係数」は、実測にもとづく値に各月および年総合でよく一致している。すなわち、年総合で 0.8% 程度の差であり、測定した時期と平年の外気温・風速の差、前記太陽電池温度推定の重回帰式の精度を考慮するとよく一致しているといえる。

（ii）発電量についても、シミュレーション計算結果と実測にもとづく値はかなりよく一致しており、特に年総合ではよく一致している。月ごとの差は上記と同様に、測定した時期と平年の外気温・風速の差、および上記太陽電池温度推定の重回帰式の精度によると考えられる。

以上のことから、本シミュレーション計算により精度の高い「月別温度係数」が得られることがわかった。あわせて、著者らの「太陽光発電量シミュレーションプログラム」⁽⁸⁾ の計算精度の高いことも再確認できた。

なお「月別温度係数」そのものの検証結果は別途報告する。

5. 地域・太陽電池特性・架台の差による「月別温度係数」への影響

本章では、地域の差・太陽電池特性値の差・太陽電池架台の差による「月別温度係数」への影響をシミュレーシ

図7 地域による「月別温度係数」への影響

Fig. 7. The influence on "Monthly temperature coefficient" caused by areas.

ン計算により検討した結果を述べる。

5・1 地域の差による影響 A 社の①の太陽電池モジュール（単結晶）と一般架台 A（後述）のもとで、全国主要地点の「月別温度係数」をシミュレーション計算した結果を図 7 に示す。シミュレーション計算条件は、太陽電池傾斜角が 30° で風速が 2 m/s および、それぞれの地域の水平面全天日射量を使った外は 4・1 節のシミュレーション計算条件と同じである。図 7 より次のことがわかる。

（i）全般的には、夏期に低く冬期に高い傾向があり、地域的な差では年総合で最大 2% 程度、同じ月では最大 3% 程度の差がみられる。また、札幌の「月別温度係数」は、それ以外の地域（東京、大阪、高松、福岡、鹿児島）に比べて、全般的に高い傾向がある一方、鹿児島は全般に少し低い値を示している。すなわち、北海道や南九州など外気温が他に比べて差がある地域ではある程度の差が生じる。

5・2 太陽電池特性の差による影響 地域が高松で、一般架台 A（後述）の条件のもとで、3 つの代表的な太陽電池モジュール（A 社の①（単結晶）、B 社の①（単結晶）、C 社の①（多結晶））について、「月別温度係数」をシミュレーション計算で算出したのが図 8 である。なお、太陽電池特性値の I_{sc} , I_{op} , V_{op} , V_{oc} はメーカーから確実な値が得やすいが、 α , β , R_s , K はメーカーから得られ難い。そのため、メーカーからの提示値と文献 (3) を基本的に使用したが、提示された I-V カーブから推定した値も含まれている。図 8 より次のことがわかる。

（i）同じ結晶系の太陽電池であっても、月別および年総合の「月別温度係数」に大きい差（年総合で最大 6% 程度）がある。この大きい差は年間発電量の差にもなるため、太陽電池特性値はできるだけ正確な値を得るように、そしてできるだけ正確な I-V カーブを描くように努める必要がある。例えば、太陽電池特性値として日射強度 1 kW/m^2 で 25°C の値のほか、日射強度 1 kW/m^2 で 40°C , 55°C などの温度の特性値を入手し、また太陽電池温度・日射強度の

図 8 太陽電池特性による「月別温度係数」への影響

Fig. 8. The influence on “Monthly temperature coefficient” caused by photovoltaic module.

図 9 架台による「温度補正係数」への影響

Fig. 9. The influence on “Monthly temperature coefficient”.

異なる I-V カーブをメーカーから得て、「理論式による I-V カーブ作成法」⁽¹⁵⁾（付録 2）を適用することなども必要であると考えられる。なお、この I-V カーブ作成法は結晶系以外の太陽電池など、広い適用が見込まれるため期待される。

5.3 架台による影響 地域が高松で、A 社の①の太陽電池の条件のもとで、次の 4 種類の太陽電池架台について「月別温度係数」をシミュレーション計算で算出したのが図 9 である。

- (a) 一般架台 A：地上設置の太陽電池パネル（実験用設備の架台）
- (b) 一般架台 B：地上設置の太陽電池パネル（NEDO の西条太陽光発電所のシステムで適用した架台）
- (c) 屋根一体架台（南）：屋根一体型太陽電池パネル（（株）四国総研内の実験棟の南面屋根）
- (d) 校舎屋上架台：校舎屋上設置の太陽電池パネル（高松工業高専の校舎屋上の架台）

図 9 などより次のことがわかる。

(i) 校舎屋上架台 (d) 以外はよく似た傾向があり、特に日射量の大きい夏期にはよく一致している。年総合での差は 1% 程度以内である。一方、(d) の架台は他よりも年間総合で 3% 程度高い値となっている。校舎屋上架台が高い値となるのは、建物の屋上に設置され、裏側が開放されているため、風の冷却効果が大きいと考えられる。またこの校舎北側が直接に山に近いことも影響したと考える。

以上から、太陽電池温度を推定する重回帰式は何種類かにグループ分けをし、最も適合するタイプの回帰式を選択する方法が適切と考える。

6. 「月別温度係数」を使った年間発電量の算出

正確な年間太陽光発電量を推定計算するには、著者らの開発した「太陽光発電量シミュレーション計算プログラム」⁽⁸⁾などをそのまま活用すればよいが、より簡単に年間発電量を算出するには、前記図 1 で算出した月別温度係数を使い次のようにすればよい（図 1 の細い破線部分参照）。

① 地域別・太陽電池種類別・架台別および太陽電池設置傾斜・方位角別（傾斜・方位角による係数への影響は年総合で最大でも 1% 程度以内で小さい）に、図 1 のフロー図によりあらかじめ「月別温度係数」を計算し、「月別温度係数」の一覧表を作成しておく。

② 上記「月別温度係数」の一覧表から、該当システムの係数を選び、次式により各月の値を積算して年間発電量を算出する。

年間発電量（kWh/年）

$$= \sum \{ (\text{太陽電池アレイ定格出力 (kW/(kW/m}^2)) \times (\text{月間日射量 (kWh/m}^2)) \times (\text{月別温度係数}) \times (\text{温度以外の諸損失の係数}) \}$$

ここで「温度以外の諸損失の係数」（「基本設計係数」）は、発表された資料⁽³⁾⁽⁴⁾の他、最近 JIS でこの推奨値を決める動きもある。

7. むすび

本報告で述べた事項を要約すると次のとおりである。

(1) 個々の太陽光発電システムごとに適合した、新しい概念の「月別温度係数」を算出・適用することにより、年間発電量の推定計算精度の向上をはかる研究を実施した。

(2) 本方法では、「月別温度係数」の算出に、各日の時刻別日射強度・太陽電池温度に代え、月平均時刻別のこれらの値を使った方法が可能なことを示した。また、太陽電池温度を想定する重回帰式に、各季節・天気を考慮した代表日の測定データで求めた重回帰係数を使うことにより、太陽電池温度の推定が年間を通じて可能なことも示した。

(3) 上記シミュレーション計算による「月別温度係数」は、実際の 40 kW 級システムで実測した日射強度・太陽電池温度を使い求めた「月別温度係数」と年間で 0.8% 程度の差でよく一致していることを確認した。すなわち、著者らのシミュレーション計算による方法などの信頼性が確認できた。またこの差は上記太陽電池温度推定の重回帰式の回帰係数の精度向上によりさらに小さくなることもわかった。

(4) 地域・太陽電池特性値・太陽電池架台などをパラメータとして、「月別温度係数」をシミュレーション計算した結果、次のことが明らかになった。

(i) 地域差による影響は年総合で最大 2% 程度あり、北

海道と南九州などでは差が大きいことがわかった。

(ii) 太陽電池メーカー型式の違い, すなわち太陽電池特性値による「月別温度係数」への影響は大きい(年総合で最大6%程度)ことがわかった。したがって, できるだけ正確な太陽電池特性値(短絡電流(I_{sc}), 最適動作電流(I_{op}), 最適動作電圧(V_{op}), 開放電圧(V_{oc}), α , β , R_s , K)を得ること, およびこれを使って正確にI-Vカーブを作成する方法が必要であることがわかった。

(iii) 太陽電池架台による「月別温度係数」への影響は, 年総合で最大3%程度とかなり大きい。

(iv) 太陽電池設置傾斜・方位角の変化による影響は少ない。

今後の実施事項として, 次のことが考えられる。

(1) 本方法の汎用性を増すため, 「理論式によるI-Vカーブ作成法」⁽¹⁵⁾などの研究をさらに進める。

(2) 太陽電池架台による「月別温度係数」への影響はパターン化できるため, さらに多くの架台で検討を実施する。

(3) 温度以外の諸損失(「基本設計係数」)を正確に把握するため, 太陽光発電システム評価の研究をさらに進める。

なお, 本研究は太陽光発電システムの発電量をより簡単かつ正確に推定できる方法であるため, さらに広く高い立場からの組織的な研究の推進が望まれる。

最後に, 本研究の推進にご協力いただいた方々, 特に(財)日本気象協会, 太陽電池メーカー, 計測メーカーの方々に感謝いたします。

(平成16年3月25日受付, 平成16年12月24日再受付)

文 献

- (1) (財)日本気象協会:「太陽光発電システム実用化技術開発—太陽光発電利用システム・周辺技術の研究開発(平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書)」(2001)
- (2) (財)日本気象協会:「太陽光発電技術研究開発—大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発—(標準日射データの地理的分解能力向上に関する調査研究)」(2002)
- (3) 黒川浩助・若松清司:太陽光発電システム設計ガイドブック, オーム社(1994)
- (4) 黒川浩助:「太陽光発電システムの評価測定に関する研究」, 電総研研究報告, No.947 (1993)
- (5) A. Iga and T. Kaneko: "Research of an Evaluation Method of Photovoltaic Output and Generated Energy Connected in the field", 13th Annual Conference of Power Energy Society, IEE Japan, Vol. A, No.22, pp.146-150 (2002-8) (in Japanese)
伊賀 淳・金子知之:「フィールドにおける太陽電池の出力・発電量評価方法の研究」, 平成14年電気学会電力・エネルギー部門大会, Vol.A, No.22, pp.146-150 (2002-8)
- (6) A. Iga, T. Kaneko, and Y. Ishihara: "Research of an Evaluation Method of Photovoltaic Output and Generated Energy Connected with a Power Grid", IEEE/PES T&D Conference 2002, Vol.3, pp.1641-1646 (2002-10)
- (7) A. Iga, T. Kaneko, and Y. Ishihara: "Evaluation Method of Generated Energy of Photovoltaic Power System", 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 7P-B3-06 (2003-5)
- (8) A. Iga, H. Yamamoto, K. Ishihara, Y. Mita, and H. Suzuki: "Development of Simulation Program of Electric Power Generated by PV System Using New I-V Curve Construction Method", *T. IEE Japan*, Vol.115-D, No.6, pp.702-711 (1995-6) (in Japanese)
伊賀 淳・山本博隆・石原 薫・三田裕一・鈴木博久:「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, 6, pp.702-711 (1995-6)
- (9) A. Iga, H. Yamamoto, K. Ishihara, Y. Mita, and H. Suzuki: "Evaluation

of Calculation Results from Simulation Program of Electric Power Generated by PV System and Application of Program", *T. IEE Japan*, Vol.115-D, No.7, pp.874-883 (1995-7) (in Japanese)

伊賀 淳・山本博隆・石原 薫・三田裕一・鈴木博久:「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, 7, pp.874-883 (1995-7)

- (10) A. Iga, H. Yamamoto, K. Ishihara, Y. Mita, and H. Suzuki: "Calculation of Output Power and Amount of Power Generated by Photovoltaic Power Generation System Using New I-V Curve Construction Method", *J. JSES*, Vol.22, No.1, pp.24-32 (1996-1) (in Japanese)
伊賀 淳・山本博隆・石原 薫・三田裕一・鈴木博久:「実用的I-Vカーブ作成法を使った太陽光発電出力・発電量の活用」, 太陽エネルギー, 22, 1, pp.24-32 (1996-1)
- (11) A. Iga, H. Yamamoto, H. Suzuki, K. Ishihara, and Y. Mita: "Development of Simulation Program of Electric Power Generated by PV System Using New I-V Curve Construction Method", 1994 Japan Industry Application Society Conference, PE-11, pp.91-96 (1994)
- (12) A. Iga: "A Study on 40 kW Photovoltaic Generation System", 2000 National Convention Record IEE Japan, No.7-215, (2000-3) (in Japanese)
伊賀 淳:「40 kW 級太陽光発電システムの教育・研究面への活用」, 平成12年電気学会全国大会, No.7-215 (2000-3)
- (13) National Astronomical Observation, Rika Nenpyo, Chronological Scientific Tables 2003 (2003) (in Japanese)
国立天文台:「理科年表(2003)」
- (14) (財)日本気象協会:「太陽光発電システム実用化技術開発—周辺技術の研究開発『発電量基礎調査』」, 昭和61年度新エネルギー総合開発機構委託業務成果報告書(1987)
- (15) A. Iga: "Construction and Application of I-V Curves Using Voltage—Current Characteristic Equations under Irradiated Conditions of Photovoltaic Cells", *T. IEE Japan*, Vol.116-D, No.10, pp.1001-1009 (1996-10) (in Japanese)
伊賀 淳:「太陽電池の照射状態での電圧—電流特性式を使ったI-Vカーブ作成法とその活用」, 電学論 D, 116, 10, pp.1001-1009 (1996-10)

付 録

1. 実用的I-Vカーブ作成法⁽⁸⁾⁻⁽¹¹⁾

この方法は, 太陽電池モジュールの特性値から, 基準状態(日射強度 $1[\text{kW}/\text{m}^2]$, 太陽電池温度 $25[^\circ\text{C}]$ の状態)および任意の日射強度と太陽電池温度条件におけるI-Vカーブ(電流—電圧曲線)とP-Vカーブ(電力—電圧曲線)を描く方法である。まず, 正確に測定された標準太陽電池のI-Vカーブ(付図1(a)の①)を用いて, 曲線因子FFを対象太陽電池のFFに変換する(付図1(a)の②)。

次に付図1(a)②のI-Vカーブ(=付図1(b)②のカーブ)から太陽電池モジュールの基準状態の特性値(I_{sc} , I_{op} , V_{op} , V_{oc})を用いて基準状態のI-Vカーブを描く(付図1(b)③)。最後に, このI-Vカーブ上の各点を次の(付1), (付2)式により測定時の日射強度と太陽電池温度条件の電圧—電流点に変換して, I-Vカーブ, P-Vカーブを描く。

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

$$V_2 = V_1 + \beta (T_2 - T_1) - R_s (I_2 - I_1) - K I_2 (T_2 - T_1) \quad \cdots \cdots \cdots \text{(付2)}$$

α : 温度が $1[^\circ\text{C}]$ 変化した時の I_{sc} の変動値 $[\text{A}/^\circ\text{C}]$

β : 温度が $1[^\circ\text{C}]$ 変化した時の V_{oc} の変動値 $[\text{V}/^\circ\text{C}]$

R_s : 太陽電池モジュールの直列抵抗値 $[\Omega]$

K : 曲線補正因子 $[\Omega/^\circ\text{C}]$ I_{sc} : 基準状態の短絡電流 $[\text{A}]$

ここで, I_1 , V_1 , E_1 , T_1 は, 基準状態の電流 $[\text{A}]$ 電圧 $[\text{V}]$,

付図1 基準状態のI-Vカーブの作成

app. Fig. 1. Method for obtaining characteristic curve.

日射強度 [kW/m^2], 太陽電池温度 [$^{\circ}\text{C}$] である。また, I_2 , V_2 , E_2 , T_2 は, 任意 (測定時) の日射強度と太陽電池温度条件の値である。

2. 理論式によるI-Vカーブ作成法

既に開発している方法⁽¹⁵⁾の次の点に改良を加えた。

(i) 基本特性値 (I_L , C_o , n , R_{sh}) はすべての係数について温度による修正指数曲線を使った曲線補間を実施した。

(ii) 非線形連立方程式の解法には, 今後の発展性を考慮して連立でのニュートン・ラプソン法を適用した。

(iii) プログラムの一般化とデータ処理の効率化などを考慮して, EXCEL・VBA のプログラムも活用可能にした。

伊賀 淳 (正員) 1968 年 3 月岡山大学工学部電気工学科卒業。同年 4 月四国電力 (株) 入社。配電・計算機関係の業務に従事。1977 年より四国電力 (株), (株) 四国総合研究所でビル空調システム, CV ケーブル活線劣化診断装置, 太陽光発電システム, 省エネルギー住宅システムなどの研究開発に従事。1998 年 9 月より高松工業高等専門学校電気情報工学科教授。工学博士。

石原 好之 (正員) 1964 年同志社大・工・電気卒。同年岡山大学大・工・助手, 講師, 助教授を経て, 1981 年同志社大学助教授, 1985 年同大教授, 現在に至る。工博。主として, 電気機器鉄心の磁気特性に関する研究及び太陽光発電システムに関する研究に従事。

堀内 紀充 (正員) 1946 年 5 月 22 日生。1972 年 3 月福岡大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程終了。同年 (株) 東芝入社。モータ応用技術, 一般および電力用機器の制御保護監視回路の設計に従事。1993 年 1 月高松工業高等専門学校助手。2001 年 3 月徳島大学工学研究科システム工学専攻博士後期課程修了現在に至る。博士 (工学)。可変速風力発電システムに関する研究に従事。

穂積 直裕 (正員) 昭和 32 年 4 月 2 日生。昭和 58 年 3 月早稲田大学大学院電気工学専攻博士前期課程修了。同年 4 月 (財) 電力中央研究所入所。平成 11 年 4 月豊橋技術科学大学電気・電子工学系助教授。現在に至る。工学博士。主として電気絶縁材料の劣化・破壊現象の解明, 電力設備・小型電子部品の絶縁診断および絶縁性能向上, 環境・医療診断用機器における信号計測と処理に関する研究に従事。平成元年, 平成 11 年電気学会論文賞, 日本音響学会, IEEE 会員。