

晴天指数とセル温度を指標とした太陽電池モジュールの出力特性

(第1報)

Power Output of Photovoltaic Modules based on Clearness Index and Cell Temperature
(First Report)

近内 裕子^{*1}
Hiroko KONNAI

平田 陽一^{*2}
Youichi HIRATA

谷 春夫^{*3}
Tatsuo TANI

Abstract

The conversion efficiency of photovoltaic module changes with environmental factors such as cell temperature, solar irradiance and spectral solar radiation. The method to evaluate photovoltaic module output power based on clearness index and cell temperature was described in this paper. Clearness index C_i is defined F_g/F_{g0} . Where F_g is actual solar radiation and F_{g0} is ideal solar radiation on a horizontal surface in a day.

The correlation between photovoltaic modules output for amorphous and polycrystalline silicon and clearness index has been estimated by using the measured data from January, 1993 to December, 1994 in Tokyo.

As a result, the clearness index has effected the available spectral ratio of the photovoltaic modules. Their conversion efficiencies have also varied from about 2.8% to 5.9% with variation of clearness index from 0.2 to 0.6. The accumulated output power based on clearness index and cell temperature were calculated and those values are extraordinary precision with measured one in the less than 3.1%. It was found that the evaluating method based on clearness index is useful for estimating the output power of photovoltaic modules.

Key Words : Photovoltaic module, Output power, Conversion efficiency, Evaluation method, Clearness index, Environmental factors

1 緒論

筆者らは、太陽電池モジュールの変換効率が日射強度、セル温度、太陽光スペクトル分布の各環境因子に影響を受け変化することを定量的に測定し報告してきた¹⁾。また、同時に太陽電池の基本特性から時々刻々変化する上記の通年の環境因子を用いて太陽電池モジュールの変換効率を求める手法(スペクトル法と称している)を構築し、その有効性をも報告した²⁾。しかし、スペクトル法は設置場所の通年の日射量や外気温度とともに太陽光スペクトル分布のデータも必要であり、限られた地点以外でこれらのデータ入手するのは困難であるのが現状である。

一方、晴天指数³⁾は天候を表す指標であり、大気が透明であると仮定したときに地上で受ける水平面日射強度の計算値と実際に地上で受ける水平面日射強度の測定値との比で表される。晴天指数は日射強度や太陽光スペクトル分布などの各環境因子を含んでいると考えられ、この指数を導入して各種太陽電池モジュールの変換効率、年間発生電力量などを精度よく求めることができれば太陽電池モジュールの一評価法となりうる。しかもわが国では、気象庁や HASP データにより全国にわたり

日射量、外気温などの気象データが整備されており³⁾、晴天指数は水平面日射強度から容易に求められる。そのため、これらのデータを用いることで、晴天指数を用いた太陽電池モジュールの評価が可能となり幅広い利用が期待される。

本論文は、太陽電池モジュールの変換効率を晴天指数とセル温度を用いて評価し、出力積算量を求めたものである。本学神楽坂校舎(東京都新宿区)の屋上に設置した各種太陽電池モジュールの特性と(財)日本気象協会産業情報室の発行している気象データのうち東京都千代田区竹橋の日射量データから晴天指数を算出して比較検討した結果、晴天指数に対して太陽電池モジュールの変換効率が変化することが明らかとなった。そしてスペクトル法の簡易法として本方法が各種太陽電池モジュールの年間発生電力量予想など太陽光発電システムを

原稿受付 平成8年11月8日

*1 東京理科大学工学部 大学院

*2 東京理科大学講習短期大学 助手

*3 東京理科大学工学部 教授

設計するための重要な指針となることが明らかとなつた。

2 晴天指数

本研究では天候を表す指標として晴天指数⁹⁾を用いた。そこで晴天指数の求め方を説明する。晴天指数は、大気が透明であると仮定したとき地上の水平面が受け全天日射量に対する実際の水平面全天日射量との比で求められる。ここでは、大気が透明であると仮定したときに地上が受け全天日射量の1日の積算値を $Fg_0[\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{day}]$ 、実際の全天日射量の1日の積算値を $Fg[\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{day}]$ とすると、1日の晴天指数 Ci は(1)式で表され、この値は0.0から1.0まで変化する。また、 Fg_0 は(2)～(5)式より求められる⁴⁾⁵⁾。

$$Ci = \frac{Fg}{Fg_0} \quad (1)$$

$$Fg_0 = \int_{-h_0}^{h_0} F_{p0} \cdot \sin h dt \quad (2)$$

$$F_{p0} = I_{sc} [1 + 0.0033 \cos \{360(n-2)/365\}] \quad (3)$$

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega \quad (4)$$

$$\delta = \left(\frac{23.45^\circ}{360^\circ} \right) \cdot 2\pi \cdot \sin [2\pi \cdot (284 + n/365)] \quad (5)$$

ただし、

$F_{p0}[\text{kW}/\text{m}^2]$ ：大気外日射強度

$I_{sc}[\text{kW}/\text{m}^2]$ ：大気外日射強度の平均値で 1.370 kW/m²

これは太陽常数と呼ばれる⁴⁾。

$h [\text{rad}]$ ：太陽の高度角

$h_0 [\text{rad}]$ ：日没時の太陽の高度角

$\varphi [\text{rad}]$ ：設置地点の緯度、本学の緯度は 35.5°である。

$\delta [\text{rad}]$ ：設置地点の赤緯

$\omega [\text{rad}]$ ：太陽の時角

$t [h]$ ：時刻

n ：元日を1とした年間の日付の通し番号

(2)式は、全天日射量を1日の日照時間で積分したものである。また、(4)式で太陽の高度角を求めるのに必要となる赤緯は(5)式により求めた。

3 晴天指数とセル温度に基づく

太陽電池モジュールの評価手法

晴天指数とセル温度を評価指標とした太陽電池モジュールの出力特性評価手法の理論と実際について説明する。

3.1 評価手法の理論

3.1.1 分析方法

図1(a)に晴天指数を用いた分析方法について示す。大気が透明であるときの水平面全天日射量の計算値に対する水平面全天日射量の測定値から晴天指数を求める。そして、晴天指数と環境因子である日射強度と太陽光ス

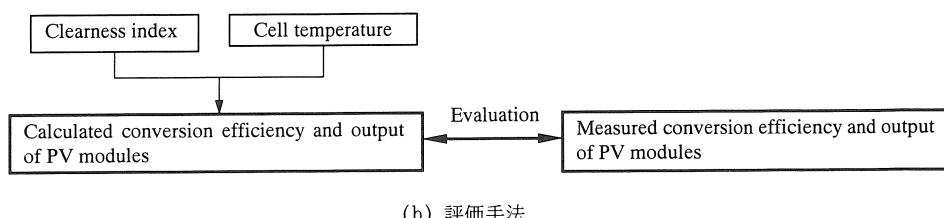
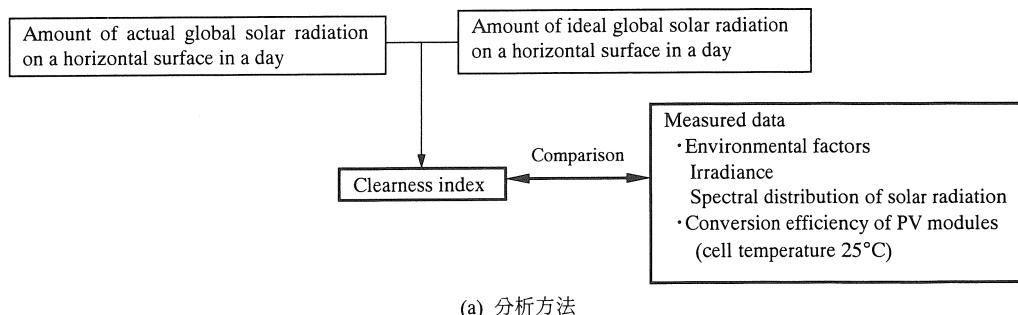


図1 晴天指数を用いた太陽電池モジュールの評価手法

ベクトル分布の関係を調べる。また、晴天指数に対する変換効率の関係を調べる。これより、晴天指数が各環境因子を含んでおり、変換効率を評価する指標になることを確認する。

3.1.2 評価手法

上述の結果をふまえ、出力評価を行う。図1(b)評価手法を示す。晴天指数とセル温度を用いて変換効率を求め、年間の出力積算量を計算する。そして、測定値と比較し、この評価法の有効性を確認する。

3.2 実際の評価手法

ここでは本研究で行った評価手法について使用したデータを交えて詳しく述べる。まず、(財)日本気象協会産業情報室が整備している千代田区竹橋(気象庁)の気象月報の日射量データ³を用いて1日の晴天指数を求める。一方、新宿区神楽坂(東京理科大学神楽坂校舎9号館屋上)において傾斜面全天日射量、傾斜面分光日射量、各種太陽電池モジュールのセル温度、発生電力量などが測定されている。本研究では千代田区竹橋の1日の水平面全天日射量が新宿区神楽坂の1日のそれと同じであると仮定する。それにより、千代田区竹橋の気象データより求めた各日の晴天指数を、新宿区神楽坂の各日の太陽電池モジュール出力特性に対応させることができる。そこでこれらのデータを用いて3.1節で述べた分析、評価を行う。測定データは1993~1994年の2年間のものを使用した。

4 本学の測定装置と測定データ

本学神楽坂校舎9号館屋上には、測定用の架台を傾斜角35.5°で真南に向けて設置している。この外観図を図2に示す。この架台には、全天日射計、分光日射計、多結晶シリコン、アモルファスシリコン太陽電池モジュール(以後、多結晶Si、アモルファスSiと略記する。なお、これらの太陽電池モジュールはそれぞれ国内のK社、S社製である。)が取り付けられている。これらの太陽電池モジュールの定格は表1のようになっている。

測定データは、傾斜面全天日射強度、傾斜面分光日射強度、各種太陽電池モジュールの裏面温度(本論文ではこれをセル温度とした)、外気温度であり、これらのデータは10秒ごとに計測され、さらにこれらのデータの30分間の平均値がFDライター(英弘精機(株)製MP-100)に自動記録されている。また、各種太陽電池モジュールの短絡電流、開放電圧、最大出力、曲線因子などの瞬時値もパソコン制御I-Vカーブトレーサで5分毎に計測され、これらのデータを30分毎に平均した値をデー

タ処理に用いた。また、図1に示した測定値の中で、太陽電池モジュールの変換効率は測定した傾斜面全天日射量と最大出力量から求めている。これを(6)式に示す。

$$\eta = \frac{\int_0^{\tau} P_{max} dt}{\int_0^{\tau} E dt} \quad (6)$$

ここで、 τ は1日の総日照時間である。

これらのデータを1993年1月1日~1994年12月31日の2年間にわたり、計測した。これらの太陽電池モジュールは屋上設置後5年を経過しており、特にアモルファスSiに見られるような大きな初期劣化は終了し、安定した状態にあるものとした。

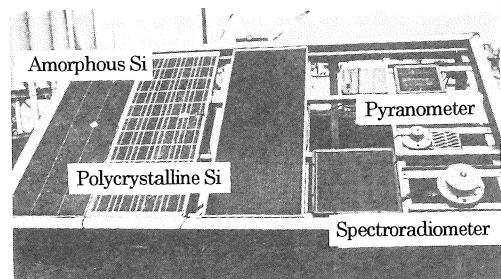


図2 測定装置概観図

表1 太陽電池モジュールの定格

PV modules	Polycrystalline Si	Amorphous Si
Maximum output P_{max} [W]	59.3	24.9
Short circuit current I_{sc} [A]	3.10	1.09
Open circuit voltage V_{oc} [V]	25.8	38.7
Area of PV module A [m ²]	0.544	0.494

5 晴天指数に対する環境因子

ここでは、晴天指数と環境因子である日射強度と太陽光スペクトル分布との関係を調べ、晴天指数が各環境因子を含む指標であることを確認している。

5.1 加重平均日射強度

太陽電池モジュールの変換効率に影響を与える環境因子には、日射強度、セル温度、太陽光スペクトル分布がある。環境因子は、日射強度が大きいときの値が、それだけ大きく出力積算量に影響している。そこで、環境因子の値を日射強度で重み付けした平均値を求め、それを環境因子の代表値とした²。本論文では日射強度、セル温度の代表値を、加重平均日射強度 E_t 、加重平均セル温度 T_t と名付け、次のように定義し、加重平均日射強度および加重平均セル温度の値を日射強度、セル温度の値として用い

た。

$$E_{\tau} = \int_0^{\tau} E \cdot E dt / I_{\tau} \quad (7)$$

$$T_{\tau} = \int_0^{\tau} T \cdot E dt / I_{\tau} \quad (8)$$

ただし、ここで E は傾斜面全天日射強度、 T は太陽電池のモジュールのセル温度、 τ は 1 日の総日照時間である。また、 I_{τ} は 1 日の傾斜面積算全天日射量 [$\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$] で、(9)式で表される。

$$I_{\tau} = \int_0^{\tau} E dt \quad (9)$$

図 3 に晴天指数と加重平均日射強度との関係を示す。図より、晴天指数が増加するにつれて加重平均日射強度が増加していることがわかる。

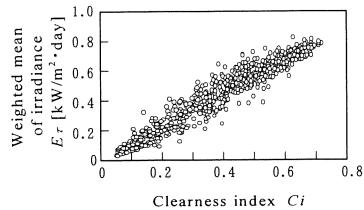


図3 晴天指数に対する加重平均日射強度

5.2 有効スペクトル比

太陽電池はそれぞれ固有の分光感度特性をもっている。表 2 は多結晶 Si, アモルファス Si の分光感度帯を示したものである。多結晶 Si 太陽電池の分光感度帯とアモルファス Si 太陽電池のそれを比較すると、アモルファス Si 太陽電池は多結晶 Si 太陽電池に比べ、分光感度帯が短く、太陽光スペクトル分布の変化により多く影響を受けると思われる。

筆者らは太陽電池の分光感度帯に入射する 1 日の積算日射量を有効スペクトル量とした。ただし、有効スペクトル量について波長毎に分光感度特性による重み付けは行っていない。また、1 日の積算全天日射量に対するこの有効スペクトル量の比率を有効スペクトル比 R と定義した¹⁾。この関係を(9)式に示す。

$$\text{有効スペクトル比 } R = \frac{\text{有効スペクトル量}}{\text{全天日射量}} \quad (10)$$

多結晶 Si, アモルファス Si の有効スペクトルは、次式より求めた²⁾。

$$E_{\lambda} = \sum_{n=1}^5 E_n + 0.561 \cdot E_6 \quad (11a)$$

$$E_{\lambda} = \sum_{n=1}^4 E_n + 0.849 \cdot E_5 \quad (11b)$$

ここで、 $E_n (n=1 \sim 6)$ は表 3 に示す分光日射計の $CH_n (n=1 \sim 6)$ の波長帯別の日射強度である。ここで、太陽電池モ

ジュールの分光感度帯は、分光感度特性の最大値の 0.1%以上の値をとる波長の範囲としている。また、多結晶 Si の分光感度帯は表 3 に示した CH1 から CH6 の波長帯の途中まで、アモルファス Si については CH1 から CH5 の途中までにあたるので、それぞれの波長帯に占める有効スペクトルの割合を基準光スペクトル分布⁷⁾を用いて求め、それぞれの係数とした。

表 2 太陽電池モジュールの分光感度帯

PV modules	Wavelength band of spectral response [nm]
Polycrystalline Si	305 ~ 1212
Amorphous Si	305 ~ 819

表 3 分光日射計の測定波長帯

CH	Wavelength band	unit
01	305~395nm	W/m^2
02	395~495nm	W/m^2
03	495~590nm	W/m^2
04	590~695nm	W/m^2
05	695~850nm	W/m^2
06	850~2800nm	W/m^2

図 4 は、多結晶 Si, アモルファス Si の各日の有効スペクトル比と晴天指数との関係を示したものである。両太陽電池モジュールともに、晴天指数が増加するにつれ有効スペクトル比は指数関数的に減少しており、晴天指数が小さい 0.2 付近と 0.6 付近との有効スペクトル比を比較すると、0.2 付近の有効スペクトル比が大きい。また、アモルファス Si の有効スペクトル比の変化は多結晶 Si のそれより大きいことがわかる。これについて考察する。晴天指数が小さくなるにつれ、全天日射成分に占める散乱日射成分が多くなる傾向がある⁸⁾。一般に散乱日射成分は直達日射成分に比べ、短波長成分が多い⁹⁾。水蒸気などにより、長波長成分が吸収されることが原因として考えられる¹⁰⁾。そのため、晴天指数が小さくなるにつれ短波長成分が増加していると思われる。多結晶 Si に比べ、アモルファス Si は短波長側に分光感度帯があるため、晴天指数が小さくなるにつれ有効スペクトル比が大きく増加していると考えられる。

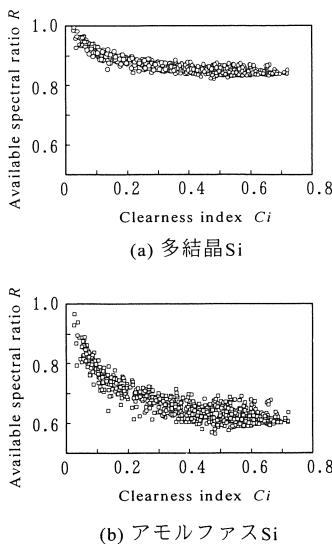


図4 晴天指数に対する有効スペクトル比

6 晴天指数に対する太陽電池モジュールの変換効率の変化

図5に晴天指数と1日あたりの各種太陽電池モジュールの変換効率 $\eta_{25}(Ci)[\%]$ との関係を示す。ただし、この値は変換効率の測定値をセル温度とともにセル温度25°Cのときの値に換算したものである¹¹⁾。セル温度 T_c [°C]のときの出力 P_c を25°Cのときの出力 P_{25} に換算する方法は(12)式に従った。

$$P_c = P_{25} [1 + \alpha(T_c - 25)] \quad (12)$$

ここで、 P_{25} は T_c が25°Cのときの太陽電池モジュールの出力である。また α は太陽電池モジュールの温度係数であり、多結晶Siでは-0.37%/°C、アモルファスSiでは-0.05%/°Cを用いた²⁾。これは、本学の測定データに基づいて算出した値である。

ここで、測定期間中の $Ci=0.05$ 以下の積算日射量の占める割合は全積算日射量に対し5%程度であるので、 $Ci=0.05$ 以上で関係式を求めて出力評価を行っても誤差は少ないと仮定した。そこで、 $Ci=0.05$ 以上の部分に回帰分析を用い、一次式を求めた。その関係式を(13a)、(13b)式に示す。

多結晶Siに対して

$$\eta_{25}(Ci) = 10.04 - 0.67 \cdot Ci \quad (13a)$$

アモルファスSiに対して

$$\eta_{25}(Ci) = 4.38 - 0.59 \cdot Ci \quad (13b)$$

また、 $Ci=0.2$ 、 $Ci=0.6$ の2点における変換効率の比較を(14)式によって行い、これを変換効率の変化率 $D_\eta[\%]$

とした。

$$D_\eta = \left(\frac{\eta_{25}(0.2)}{\eta_{25}(0.6)} - 1 \right) \times 100 \quad (14)$$

これより、晴天指数に対する両太陽電池モジュールの変換効率の関係を一次式で定め、その変化率を求めた。その値は多結晶Siで2.8%、アモルファスSiで5.9%となり、変換効率の変化率はアモルファスSiのほうが大きいことがわかった。これについては7.2節で考察する。これより、晴天指数が変換効率を評価する指標となることがわかる。

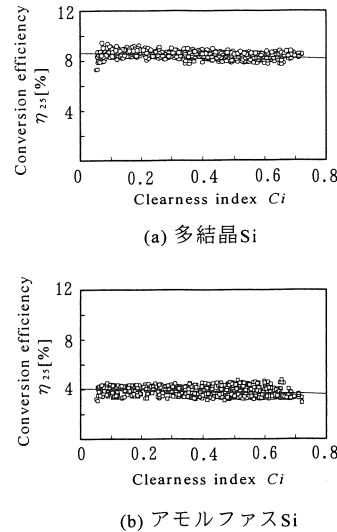


図5 晴天指数に対する変換効率

7 晴天指数に対する各環境因子の影響の変化

7.1 各環境因子の影響

晴天指数に対する変換効率の変化に各環境因子が与える影響を定量的に評価した¹²⁾。変換効率に与える日射強度のみの影響を V_E 、セル温度のみの影響を V_T 、太陽光スペクトル分布のみの影響を V_s とし、これらを(15a)～(15c)式によって求めた。その結果を図6に示す。

$$V_E = P_{E0}/P_0 \quad (15a)$$

$$V_T = P_{TE0}/P_{E0} \quad (15b)$$

$$V_s = P_{STE0}/P_{TE0} \quad (15c)$$

ただし、 P_0 は標準状態²⁾(標準光スペクトル、日射強度1kW/m²、セル温度25°C)での1日あたりの定格出力積算量、 P_{E0} は日射強度の影響のみを考慮した出力積算量、 P_{TE0} はセル温度、日射強度の影響を考慮した出力積算量、 P_{STE0} は太陽光スペクトル分布、セル温度、日射強度の影響を考慮した出力積算量で、(16)～(19b)式によって求め

た。

$$\begin{aligned} P_0 &= \int E \cdot \eta_0 dt \\ &= \eta_0 \int E dt \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} P_{E0} &= \int E \cdot \eta(E) dt \\ &= \eta_0 \int E \cdot \phi(E) dt \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} P_{TE0} &= \int E \cdot \eta(E, T) dt \\ &= \eta_0 \int E \cdot \phi(E) \cdot k(T) dt \end{aligned} \quad (18a)$$

$$k(T) = 1 + \alpha(T - 25) \quad (18b)$$

$$\begin{aligned} P_{STE0} &= \int E \cdot \eta(E, T, S) dt \\ &= \eta_0 \int E \cdot \phi(E) k(T) \gamma(S) dt \end{aligned} \quad (19a)$$

$$\gamma(S) = \frac{\int R(\lambda) \cdot E(\lambda) d\lambda}{\int R(\lambda) \cdot E_0(\lambda) d\lambda} \quad (19b)$$

ここで、 E ：日射強度 [kW/m^2]、 η_0 ：規格効率(標準状態での変換効率)²⁾、 $\phi(E)$ ：日射強度による影響を考慮した係数で $\phi(1.0)=1$ 、 $k(T)$ ：温度補正係数 α を用いたセル温度の影響を考慮した係数、 $\gamma(S)$ ：太陽光スペクトル分布による影響を考慮した係数、 $R(\lambda)$ ：波長に対する分光感度特性、 $E_0(\lambda)$ ：標準光スペクトル分布、 $E(\lambda)$ ：太陽光スペクトル分布であり、 P_0 、 P_{E0} 、 P_{TE0} 、 P_{STE0} の単位は [$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{day}$]である。

7.2 晴天指数に対する各環境因子の影響の変化

両太陽電池モジュールについて、 $Ci=0.2$ と $Ci=0.6$ のときの各環境因子による影響の値を(20a)～(20c)式によって比較し、これを晴天指数に対する $V_E(Ci)$ 、 $V_T(Ci)$ 、 $V_S(Ci)$ の変化率 D_E 、 D_T 、 D_S [%]とした。

$$D_E = \left(\frac{V_E(0.2)}{V_E(0.6)} - 1 \right) \times 100 \quad (20a)$$

$$D_T = \left(\frac{V_T(0.2)}{V_T(0.6)} - 1 \right) \times 100 \quad (20b)$$

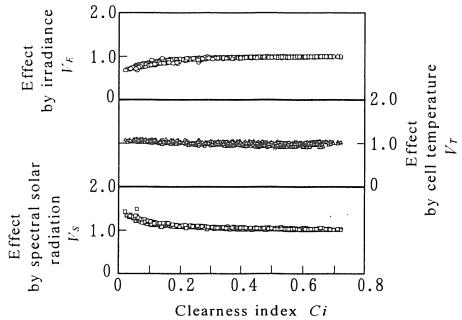
$$D_S = \left(\frac{V_S(0.2)}{V_S(0.6)} - 1 \right) \times 100 \quad (20c)$$

この計算結果を変換効率の変化率と併せて表 4 に示す。多結晶 Si では日射強度の影響の変化率と太陽光スペクトル分布の影響の変化率が大きいが打ち消しあっているため、変換効率の変化率が小さくなっている。アモルファス Si では太陽光スペクトル分布の影響の変化率が大きいため変換効率の変化率も大きくなっている。

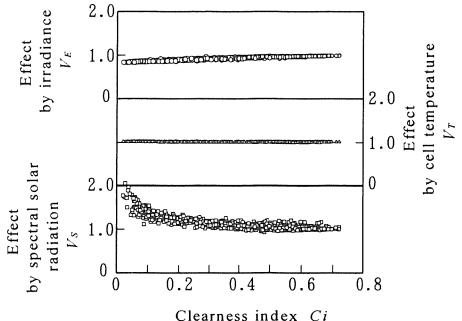
表 4 晴天指数に対する変換効率と

各環境因子の影響の変化

	Polycrystalline Si	Amorphous Si
D_E	2.8%	5.9%
D_T	-7.4%	-0.8%
D_S	4.2%	0.5%
	7.3%	18.0%



(a) 多結晶Si



(b) アモルファスSi

図6 晴天指数に対する各環境因子の影響

8 晴天指数を用いた太陽電池モジュールの出力評価

これまでの分析で、晴天指数が各環境因子を含んでおり、変換効率を評価する指標となることが明らかとなつた。そこで、1993年、1994年の晴天指数とセル温度に基づいて太陽電池モジュールの出力積算量を求め、その計算値と実測値とを比較した。出力積算量の算出は次のように行った。(13)式によって各日の晴天指数から変換効率を求め、この変換効率の計算値と日射量より出力量を試算し、(12)式によりセル温度による補正を行つた。

また、実測値を基準とした計算値の精度を次式によつて求めた。

$$\text{精度} = \left(\frac{\text{計算値の出力積算値}}{\text{実測値の出力積算値}} - 1 \right) \times 100 \quad (21)$$

これらの計算結果を表5に示した。これより、実測値を基準とした計算値の精度は、各年、各太陽電池モジュールにおいて±3.1%以内に収まっている。晴天指数による出力評価が有効であると考えられる。

表5 各種太陽電池モジュールの出力量の
実測値と計算値

(a) 1993年

PV modules	Polycrystalline Si	Amorphous Si
Measured values [kWh/m ² ·year]	114.7	47.4
Calculated values [kWh/m ² ·year]	112.1	48.1
Accuracy of calculated values	-2.3%	2.1%

(b) 1994年

PV modules	Polycrystalline Si	Amorphous Si
Measured values [kWh/m ² ·year]	124.9	52.4
Calculated values [kWh/m ² ·year]	121.0	53.2
Accuracy of calculated values	-3.1%	1.6%

9 結論

晴天指数は、太陽電池モジュールの変換効率に影響を与える日射強度、太陽光スペクトル分布の因子を含んでいる。したがって、この指標を導入して太陽電池モジュールの変換効率、年間出力積算量などを精度良く求めることができれば、スペクトル法に代わる評価法として、太陽電池モジュールの最適設計に大きく寄与することができる。

本研究では、晴天指数を指標として多結晶Si、アモルファスSi太陽電池モジュールの変換効率、出力積算量を求めた。その結果、次のようなことが明らかになった。

- (1) 両太陽電池モジュールとも、晴天指数が増加すると有効スペクトル比は指数関数的に減少する。これは晴天指数が小さくなると全天日射量にしめる散乱日射成分が多くなり、水蒸気などにより長波長成分が吸収されるため、晴天指数が小さくなると有効スペクトル比は大きくなると考えられる。また、多結晶Siに比べアモルファスSiのほうが短波長側に分光感度帯があるのでアモルファスSiの有効スペクトル比のほうが多結晶Siのそれより大きくなる。

(2) 晴天指数に対する変換効率の変化率を一次式で近似したところ、晴天指数に対する変換効率の変化率は多結晶Siでは2.8%、アモルファスSiでは5.9%となり、アモルファスSiの変換効率の変化率は多結晶Siのそれに比べて3倍程度大きい。これはアモルファスSiでは有効スペクトル比の影響が大きいためである。

- (3) 両太陽電池モジュールの1993年、1994年の晴天指数とセル温度に基づいて算出した出力積算量と同期間の実測値を比較し、実測値に基づいた計算値の精度を求めたところ、各年、各太陽電池モジュールにおいて±3.1%以内に収まっている。これより、本学において晴天指数とセル温度に基づく太陽電池モジュールの評価手法が有効であることがわかった。
- (4) 本評価手法には、季節による太陽電池モジュールの変換効率の変化、異なる環境条件における特性などの検討が残されている。そこで、今後は1時間毎の晴天指数を測定し、より詳細な考察を行う予定である。

文献

- 1) 平田・谷「太陽光スペクトル分布を考慮した太陽電池モジュールの出力評価」、平成5年度電気学会論文誌D、Vol.113-D-No.9、(1993.9)
- 2) 平田・亀山・谷「太陽電池の変換効率を評価する際の基準状態と環境因子(日射強度に対する変換効率の変化)」、平成7年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会講演論文集、pp65~67(1995)
- 3) 日本気象協会発行「気象月報 1993年1月~1994年12月
- 4) 池田「日射観測について」、太陽エネルギーvol.4 No.1 通巻12(1978年)p18
- 5) 太陽エネルギー利用ハンドブック編集委員会編「太陽エネルギー利用ハンドブック」、日本太陽エネルギー学会、p1, p7(1985)
- 6) 横内・湯川・黒川「太陽光発電システムの代表温度と温度補正係数」、平成6年電気学会全国大会講演論文集[12], No1679, p12-216(1994.3)
- 7) 浜川圭弘・桑野幸徳「アバンストエレクトロニクスシリーズ『太陽エネルギー工学(太陽電池)』」、培風館、pp47~48(1994.5)
- 8) 太陽エネルギー利用ハンドブック編集委員会編「太陽エネルギー利用ハンドブック」、日本太陽エネルギー学会、pp17~18(1985)
- 9) 電気学会太陽電池調査専門委員会「太陽電池ハンドブック」、電気学会 p209(1985)
- 10) 電気学会太陽電池調査専門委員会「太陽電池ハンドブック」、電気学会 p212(1985)
- 11) 平田・谷「太陽電池モジュールの出力分析」、平成6年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会講演論文集、p58(1994)
- 12) 亀山・平田・谷「各環境因子に対する太陽電池の変換効率の評価」、平成7年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会講演論文集、p69(1995)