

# 定格値を利用した発電電力低下簡易診断法

A Simple Diagnostic Method for Generating Power Lowering  
by Utilizing the Rated Value of a Photovoltaic Module

米倉典宏 \*<sup>1</sup>  
Norihiko YONEKURA

河村 一 \*<sup>2</sup>  
Hajime KAWAMURA

山中三四郎 \*<sup>3</sup>  
Sanshiro. YAMANAKA

大野英之 \*<sup>4</sup>  
Hideyuki OHNO

河村英昭 \*<sup>5</sup>  
Hideaki KAWAMURA

内藤克彦 \*<sup>4</sup>  
Katsuhiko NAITO

## Abstract

On a photovoltaic (PV) power system, diagnosis of generating power lowering is necessary. But, the diagnostic method of generating power lowering has not been established, yet. The authors are studying a diagnostic method of a PV generating system. In this paper, we described the relationship between rated value and generating power of a PV module on the influence of the environmental factors such as climate, season and so on, and proposed a simple diagnostic method for generating power lowering by utilizing the rated value of a PV module.

The experimented values of generating power of a PV module increased linearly with the increase of the irradiance without regard to the environmental factors. It was clear that the experimented values of generating power are higher than 75% Line (connected the origin of coordinates to 75% of the rated value of a PV module). From these results, it was suggested that the threshold line of diagnostic method for generating power lowering is 75% Line. The authors proposed a simple diagnostic method using the 75% Line.

キーワード：太陽電池, 簡易診断法, 定格値, 環境因子, 日射強度依存性

Key Words : Photovoltaic, Simple Diagnostic Method, Rated Value, Environmental Factor, Depend on Irradiance

### 1. はじめに

1994年度から3年間, 通商産業省(現在, 経済産業省)は, 住宅用太陽光発電システムの普及を目的として, 「住宅用太陽光発電システムモニター事業」による設備費の補助金交付事業を実施した。その後, 1997年度より, さらなる導入促進対策として, 「住宅用太陽光発電導入基礎整備事業」を打ち出している<sup>1)</sup>。これらの導入促進対策とそれとともなう設備のコスト低下により, 今後, 太陽光発電システム(以下, PVシステム)は, 急激に普及することが予想される。

PVシステムを構成している太陽電池(以下, PV)の出力は, 天候や設置条件などの環境因子<sup>2, 3)</sup>に大き

く左右される。また, PVシステムを長期にわたり運転している間に, PV自身の故障, 劣化<sup>4)</sup>およびPV表面の汚損による出力低下が懸念されている。さらに, 影<sup>5, 6)</sup>や最大出力追従制御(以下, MPPT)ミスマッチ<sup>6, 7)</sup>などの損失因子の存在も報告されている。もし, PVの出力低下が発見された場合, その損失因子を明らかにし, 迅速に対応することが要求される。例えば, 周囲の環境変化によりPVアレイの一部分が影で覆われることによる出力低下が生じた場合, PVアレイの設置場所の変更や出力低下を最小限に抑える結線方法に変更するなどの対応が, また, 長期間の運転によりPVアレイ内に故障, 劣化したPVモジュールが含まれることによる出力低下が生じた場合, そのPVモジュール

\*1 学生員 名城大学大学院理工学研究科 院生  
(〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口一丁目501番地)  
\*2 会員 名城大学理工学部電気電子工学科 講師  
\*3 会員 名城大学理工学部電気電子工学科 助教授  
\*4 非会員 名城大学理工学部電気電子工学科 教授  
\*5 会員 名城大学理工学部電気電子工学科 教授  
(原稿受付:平成13年3月1日)

Post Graduate Student, Science and Technology, Meijo University  
(1-501, Siogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya, Aichi, 468-8502, Japan)  
Assistant Prof., Dept. of Electrical and Electronic Eng., Meijo University  
Associate Prof., Dept. of Electrical and Electronic Eng., Meijo University  
Prof., Dept. of Electrical and Electronic Eng., Meijo University  
Prof., Dept. of Electrical and Electronic Eng., Meijo University

ルを交換するなどの対応が望まれる。しかし、現在までに、出力低下およびその原因の特定に至る明確な診断技術が確立されておらず、PVの出力低下が起きていても見逃してしまうことが多い<sup>6)</sup>。

筆者らは、これまでに損失因子の特定を含めた診断技術を提案してきた<sup>8, 9)</sup>。しかし、これらの診断技術は、特殊な計測器を使用し、あらかじめ正常なPVの発電特性を計測しておく必要がある。したがって、監視システムが不十分な一般家庭などを想定した場合、膨大なコストと時間を要するなどの問題が生じる。

そこで、筆者らは、PVシステムの発電状態を詳細に診断する前に、発電電力低下を簡単に診断することが、より効率的であると考えている。もし、この診断法によりPVの出力低下が確認されたならば、次の段階として、その原因の特定をする為の詳細な診断を行うなどの手順をとることで、無駄なコストと時間を省き、PVの発電状態を診断することが可能となる。したがって、これまでに提案した診断技術<sup>8, 9)</sup>とは異なり、より簡単な方法である必要がある。

PVの出力は、先に述べたように、天候や設置環境などの環境因子<sup>2, 3)</sup>に大きく左右され、これらの環境因子による出力低下に対応することは非常に困難である。しかし、これらの環境因子を一次的要因とすると、一次的要因による影響を含んだ診断法を開発することで、それらと区別して、PV自身の故障、劣化やPV表面の汚損などの二次的要因による出力低下の診断が可能であると考えている。そこで、筆者らは、PVの定格値に注目し、この定格値からある一定の幅を持たせた診断のしきい値を設定することで、環境因子の影響をその幅に含ませた診断法を考案した。

本論文では、PVの定格値を利用した発電電力低下簡易診断法を提案し、これに関する検討を行ったものである。最初に、PVモジュールの定格値と発電電力の関係について検討を行った、次に、環境因子の影響を含んだ診断のしきい値について検討を行い、簡易診断法を提案している。最後に、実際にPVモジュール計測中に生じた発電電力が低下したデータから、簡易診断法による診断の一例を示すとともに、その妥当性について検討を行った。

## 2. 太陽電池と計測システム

本研究では、名城大学2号館屋上にPVモジュールおよびPVシステム計測システムを、次の条件で設置している。どちらの場合においても、午前4時から午後8時の間で自動計測を行っている。

### 2.1 太陽電池モジュール計測システム

多結晶シリコン太陽電池モジュール (SOLAREX 製 MSX-64 最大出力: 64W) と単結晶シリコン太陽電池モジュール (昭和シェル石油製 GL 144 N 最大出力: 65W) のI-V特性をI-Vカーブトレーサー (英弘精機製 MP-123B) を使用して、それぞれPVモジュールごとに約10分間隔で自動計測している。なお、本論文では、1998年5月から1999年4月の期間で得られたデータの中から無作為に抽出した100点のデータを使用している。ここで、無作為に抽出したデータについては、日射強度と発電電力の回帰分析により、その回帰直線が1年分のデータのそれとほぼ等しいことを確認し、無作為に抽出した100点のデータを使用することの妥当性を確認している。日射強度は、PVモジュールと同条件で設置した全天日射計 (英弘精機製 MS-801, MS-101) を使用し、PVモジュールの裏面温度は、日本工業規格 (JIS規格)<sup>10)</sup> に習って、PVモジュールの裏面中央付近に固定した熱電対を使用し、PVモジュールのI-V特性と同時に自動計測している。

### 2.2 太陽光発電システム計測システム

12枚の多結晶シリコン太陽電池モジュール (SOLAREX 製 MSXA-64 最大出力: 64W) を直列接続してPVアレイを構成した。このPVアレイの出力をインバータ入力側 (直流) と出力側 (交流) について、電圧、電流および電力を1秒間隔で自動計測している。また、日射強度については、PVアレイと同条件で設置した全天日射計 (英弘精機製 MS-601) を使用し、PVアレイの計測と同時に自動計測している。

なお、本論文における発電電力とは、PVモジュールのI-V特性から求めた最大出力、また、PVシステムのインバータの入力側で得られた出力のことである。

## 3. 実験結果および検討

### 3.1 太陽電池の発電電力

#### 3.1.1 日射強度と発電電力の関係

図1は、晴天日と曇天日における日射強度と発電電力の経時変化の一例である。PVモジュールは、設置方位角: 南、設置傾斜角: 35°の条件で設置している。晴天日のように日射強度が安定した経時変化を示す場合、PVモジュールの発電電力も同様に安定した変化を示している。しかし、曇天日のように日射強度が短時間に激しい変化を示す場合、PVモジュールの発電電力

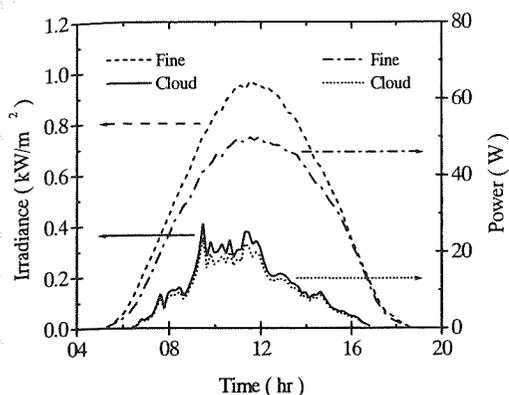


図1 日射強度と発電電力の経時変化

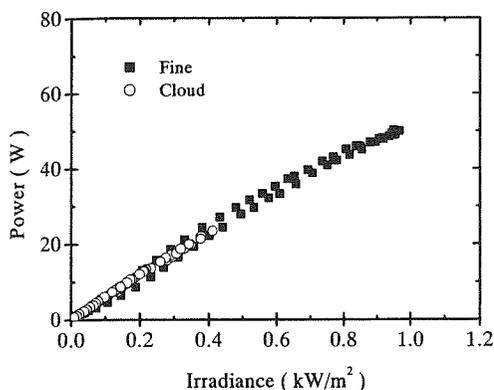


図2 日射強度と発電電力の関係

も日射強度の経時変化と同様に激しい変化を示している。このように、PVモジュールの発電電力は、天候の変化に大きく左右される為、単純に得られた発電電力からPVモジュールの発電状態の良否を判定することは困難である。しかし、PVモジュールの発電電力が、天候の変化に関わらず、日射強度に対応した変化を示している。そこで、図2には、図1で得られたPVモジュールの発電電力を日射強度に対して整理した結果を示す。図から明らかなように、PVモジュールの発電電力は、天候の変化に関わらず、日射強度に対してほぼ比例して増加している。

### 3.1.2 太陽電池モジュールにおける定格値と発電電力の関係

本研究の目的は、PVの発電電力低下簡易診断法を開発することである。このためには、多少の診断精度を犠牲にしても、より簡単であることが望ましい。した

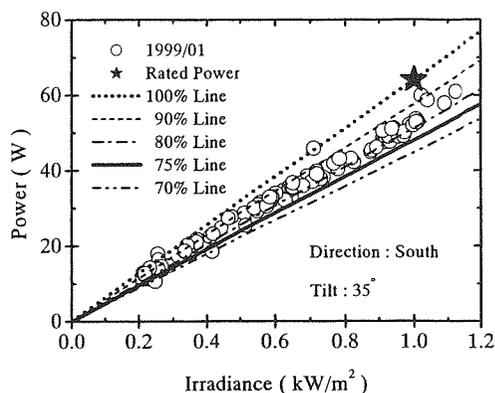


図3 多結晶太陽電池モジュールにおける日射強度と発電電力の関係と定格値

がって、図2で示された程度の変化であれば、PVの発電電力が日射強度に比例するものと見ることができ。そこで、日射強度と発電電力の比例関係に注目し、PVの定格値と発電電力の関係について検討する。

図3は、設置方位角：南、設置傾斜角：35°の条件で設置した多結晶PVモジュールで1999年1月に得られた発電電力を日射強度に対して整理した結果である。図中の★印は、多結晶PVモジュールの定格値(64W)を示している。図2から明らかなように、PVの発電電力が日射強度に比例することから、PVの定格値と原点を直線で結ぶことができ、この直線を、多結晶PVモジュールの発電能力の100%ライン(点線)と呼ぶことにする。同様にして、図中には、発電能力の90%(定格値の90%と原点を結んだ直線)、80%、75%および70%ラインも示してある。図から明らかなように、実際の設置条件下での多結晶PVモジュールの発電電力は、100%ラインより低い値を示したものの、90%ラインと80%ラインの範囲にほぼ集中しており<sup>11)</sup>、すべての発電電力が75%ラインより高い値を示している。

ただし、この場合、0.2 kW/m<sup>2</sup>以下の日射強度領域のデータについては、PVの発電電力が小さく、しかも、バラツキが大きいことから、誤差が相対的に大きくなる為、0.2 kW/m<sup>2</sup>以下のデータは対象外とした。

### 3.1.3 発電電力に及ぼす環境因子の影響

PVの発電電力は、日射強度のみで決定されるのではなく、季節、温度および設置条件などの環境因子<sup>2, 3)</sup>の影響も受けることが知られている。そこで、PVの発電電力に及ぼすそれらの影響の程度について検討する。

図4は、設置方位角：南、設置傾斜角：35°の条件

で設置した多結晶 PV モジュールの発電電力に及ぼす季節の影響を検討する為に、1998年7月、10月、1999年1月および4月に得られた発電電力を日射強度に対して整理した結果である。図中には、定格値、100%ラインおよび75%ラインも示してある。季節の影響を考慮しても、それぞれ発電電力は、100%ラインと75%ラインの範囲に収まることが明らかとなった。

図5は、多結晶 PV モジュールの発電電力に及ぼす設置方位角の影響を検討する為に、設置傾斜角： $35^\circ$ で一定とし、設置方位角：東、南東、南、南西および西に設置することで得られた発電電力を日射強度に対して整理した結果である。図中には、定格値、100%ラインおよび75%ラインも示してある。設置方位角の影響を考慮しても、それぞれ発電電力は、100%ラインと75%ラインの範囲に収まることが明らかとなった。

図6は、多結晶 PV モジュールの発電電力に及ぼす

設置傾斜角の影響を検討する為に、設置方位角：南で一定とし、設置傾斜角： $0, 15, 25, 35, 45$ および $55^\circ$ に設置することで得られた発電電力を日射強度に対して整理した結果である。図中には、定格値、100%ラインおよび75%ラインも示してある。設置傾斜角の影響を考慮しても、それぞれ発電電力は、100%ラインと75%ラインの範囲に収まることが明らかとなった。

図7は、設置方位角：南、設置傾斜角： $35^\circ$ の条件で設置した2枚の単結晶 PV モジュールを直列接続した、いわゆる、単結晶 PV サブアレイにおいて、図4と同時期に得られた発電電力を日射強度に対して整理した結果である。図中の★印は、2直列の単結晶 PV サブアレイの定格値 ( $65\text{W} \times 2 \text{枚} = 130\text{W}$ ) であり、さらに、前者と同様にして求めた、100%ラインと75%ラインも示してある。単結晶 PV サブアレイについても、前者の場合と同様に、季節の変化に関係なく、そ

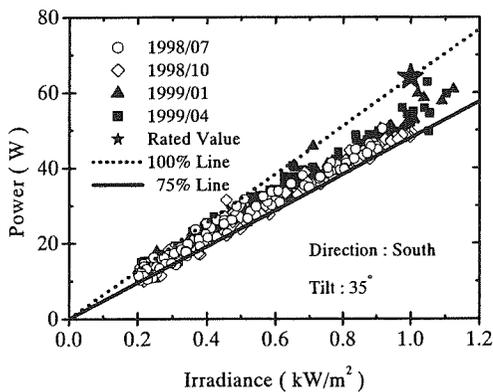


図4 多結晶太陽電池モジュールの季節を考慮した日射強度と発電電力の関係と75%ライン

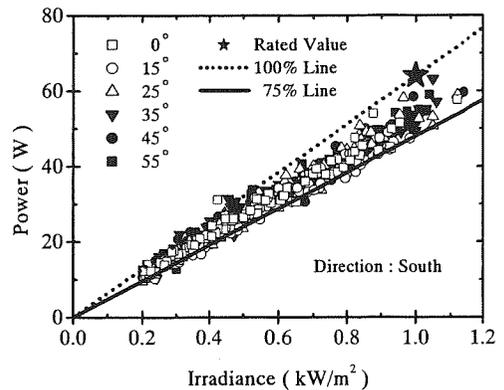


図6 多結晶太陽電池モジュールの設置傾斜角を考慮した日射強度と発電電力の関係と75%ライン

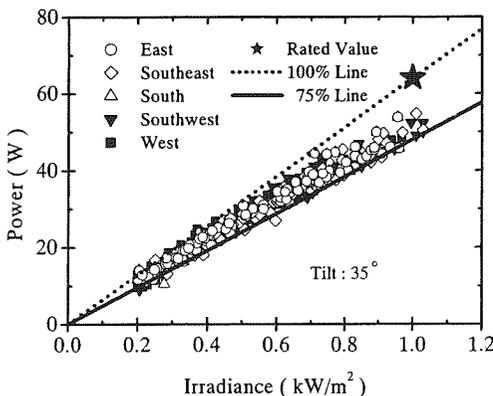


図5 多結晶太陽電池モジュールの設置方位角を考慮した日射強度と発電電力の関係と75%ライン

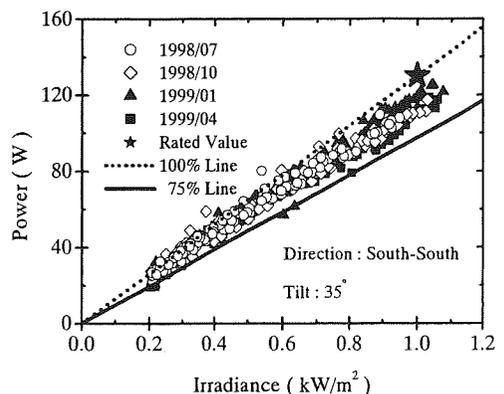
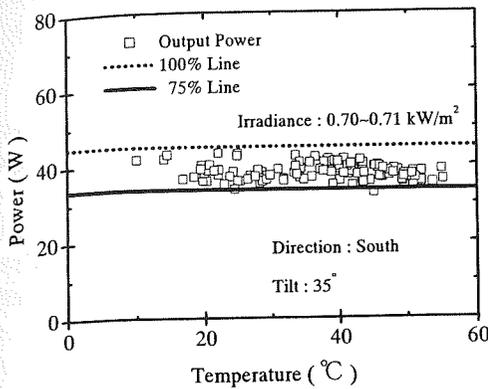
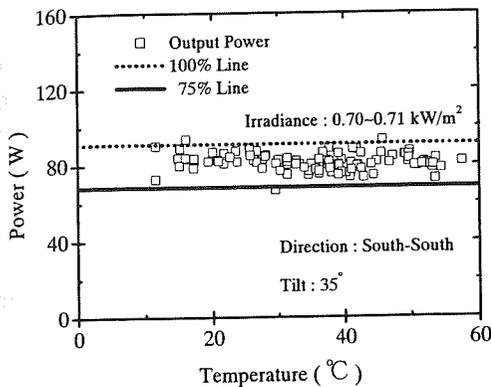


図7 単結晶太陽電池サブアレイの季節を考慮した日射強度と発電電力の関係と75%ライン



(a) 多結晶太陽電池モジュール



(b) 単結晶太陽電池サブアレイ

図8 裏面温度と発電電力の関係と75%ライン

の発電電力は、100%ラインと75%ラインの範囲に収まることが明らかとなった。

図8は、PVの発電電力に及ぼす温度の影響を検討する為に、日射強度：0.70~0.71 kW/m<sup>2</sup>の範囲で得られた発電電力をPVの裏面温度に対して整理した結果である。図8(a)、(b)は、それぞれ多結晶PVモジュール、単結晶PVサブアレイの結果である。どちらの図中にも、100%ラインと75%ラインが示してある。PVの発電電力に及ぼす温度の影響は小さく、しかも、その発電電力は、100%ラインと75%ラインの範囲に収まることが明らかとなった。

### 3.1.4 太陽光発電システムにおける定格値と発電電力の関係

図9は、設置方位角：南、設置傾斜角：35°の条件

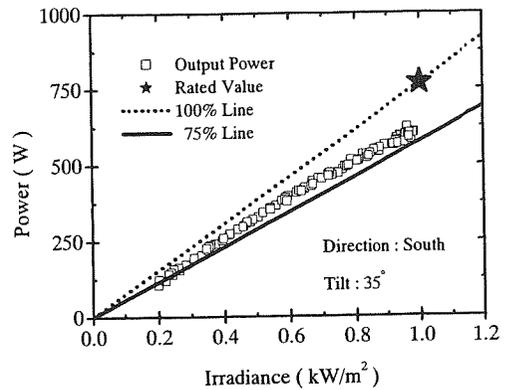


図9 太陽光発電システムにおける日射強度と発電電力の関係と75%ライン

で設置した12枚のPVモジュールを直列接続したPVアレイを含むPVシステムのインバータ入力側(直流)で得られた発電電力を日射強度に対して整理した結果である。図中のデータは、晴天日であった2000年9月18日のものである。図中の★印は、PVアレイの定格値(64W×12枚=768W)を示している。さらに、図中には、100%ラインと75%ラインも示してある。PVアレイの発電電力は、PVモジュールの場合と同様に、100%ラインと75%ラインの範囲に収まることが明らかとなった。

### 3.2 太陽光発電システムの発電電力低下診断の為に“簡易診断法”とその実験的検証

#### 3.2.1 “簡易診断法”の提案

PVシステムは、如何に効率よく発電するかを目指して、天候や設置条件などの環境因子<sup>2,3)</sup>を考慮して設置している。しかし、PVシステムを長期にわたり運転している間に、PV自身の故障、劣化<sup>4)</sup>およびPV表面の汚損による出力低下、また、影<sup>5,6)</sup>やMPPTミスマッチ<sup>6,7)</sup>による出力低下も考えられる。これらが原因となる出力低下と、環境因子が原因となる出力の変動を区別することは、非常に困難である。したがって、PVシステムを効率よく運転させる為には、いかなる損失因子による出力低下であるかを、迅速に診断し、対応することが必要である。その第一段階として、これら損失因子を特定する前に、PVシステムの発電状態をより簡単に診断する必要がある。

3.1節で述べたように、実際の設置条件下でのPVの発電電力は、日射強度に対して比例して増加し、しか

も、規格表に表記されている定格値より低い値を示すものの、75%ラインより高い値を示すことが明らかとなった。また、季節、裏面温度および設置条件などの環境因子の影響を考慮しても、PVの発電電力が、75%ラインより高い値を示していた。ここに、この“75%ライン”をPVの発電電力低下診断のしきい値(Threshold Line)とする“簡易診断法”を提案する。

### 3.2.2 太陽電池モジュールの一部分を覆う影による発電電力低下の診断

PVモジュールの一部分でも影で覆われると発電電力が低下する<sup>5)</sup>。しかし、一概に影と云っても、建造物や木などによる時間的に変化のある影やPVの白濁現象<sup>4)</sup>などによる半永久的なものなど、その状態や程度は千差万別である。本節では、PVモジュールの一部分が完全に遮光された影を例にとり、このような発電電力低下に対する簡易診断法の有効性を検討する。

図10は、設置方位角：南、設置傾斜角：35°の条件で設置したPVモジュール(セル：36枚)の中の1枚のセルを影で覆うことで得られた発電電力を日射強度に対して整理した結果である。図中の1、1/2および1/4は、それぞれ1枚のセルを覆う影の面積を表したものである。すなわち、1枚のセルの1、1/2および1/4の大きさに切断したアルミ板を貼り付けることで、太陽光を完全に遮光している。また、0とは、影で覆わない状態、すなわち、通常のPVモジュールの発電電力を示している。さらに、図中には、定格値、100%ラインおよび75%ラインも示してある。図から明らかのように、1枚のセルの1/2以上に影が存在する状態での発電電力は、75%ラインより低い値を示し、影による発電電力低下を診断可能であることが明らかとなっ

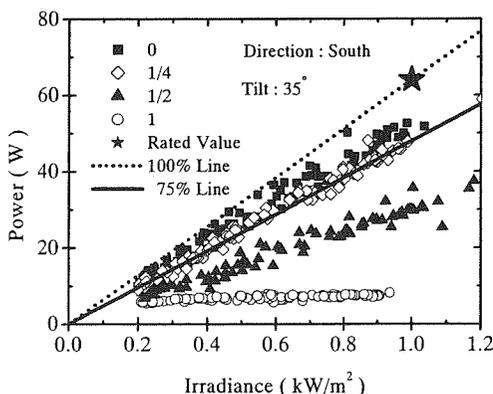


図10 影による発電電力低下の診断結果

た。しかし、1/4程度の影が存在する状態の発電電力については、75%ラインをまたいで存在している為、十分な診断ができないものと思われる。

### 3.2.3 発電電力に差が生じた太陽電池モジュールにより構成された太陽電池サブアレイにおける発電電力低下の診断

PVアレイを構成しているPVモジュールの1枚でも発電電力が低下すると、PVシステム全体の発電電力が低下する。この原因を少しでも緩和する為に、一般的には、バイパスダイオード(以下、ダイオード)がPVモジュール単位に並列接続されている。このような発電電力低下に対する簡易診断法の有効性を検討する。

2枚のPVモジュールを設置傾斜角：35°で一定とし、異なる設置方位角：北と南とすることで、意図的に2枚のPVモジュールの発電電力に差を生じるようにし、直列接続することでPVサブアレイを構成した。図11は、日射強度：0.7kW/m<sup>2</sup>におけるPVサブアレイのI-V特性の一例を示す。発電電力に差が生じた2直列のPVサブアレイ全体のI-V特性は、2段の階段形状を示した。このI-V特性の形状変化は、通常のPVモジュールのI-V特性と発電電力が低下したPVモジュールのI-V特性との合成として説明することができる<sup>13)</sup>。また、15~20V付近の電圧に存在している電流急減領域は、ダイオードに起因するものとして説明が可能である<sup>13)</sup>。そこで、電流が日射強度に強く依存する特性に着目し、通常のPVモジュールの短絡電流(I<sub>SCO</sub>、電圧：0V)と発電電力の低下したPVモジュールの短絡電流(I<sub>SCL</sub>、電圧：19V付近)の比(I<sub>SCL</sub>/I<sub>SCO</sub>)をパラメータとして、日射強度と発電電力の関係を検討する。その結果を図12に示す。ただし、日射強度は、設置方

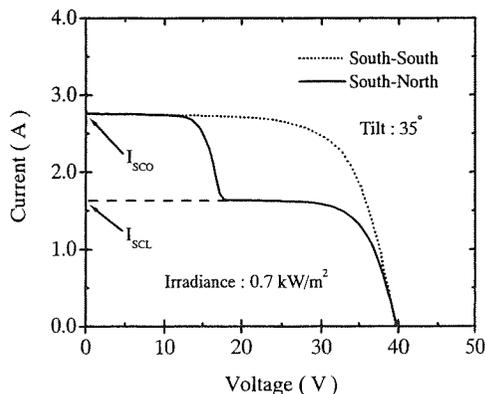


図11 バイパスダイオードを含む太陽電池モジュールの2直列の太陽電池サブアレイのI-V特性

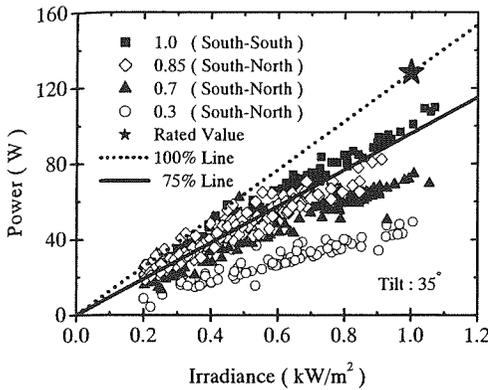


図 12 発電電力に差が生じた太陽電池モジュールにより構成された 2 直列の太陽電池サブアレイにおける発電電力低下の診断結果

方位角：南，設置傾斜角： $35^\circ$  の条件のものである。図中の 0.85, 0.7 および 0.3 は、 $I_{scL} / I_{scO}$  の値であり、2 枚の PV モジュールの発電電力に差が生じていることを表している。また、1.0 とは、発電電力に差が生じていないことを表している。さらに、図中には、定格値、100%ラインおよび 75%ラインも示してある。図から明らかなように、2 枚の PV モジュールの発電電力に大きな差が生じている 0.7 以下の場合においては、75%ラインより低い値を示し、PV サブアレイの発電電力低下が診断可能である。しかし、0.85 程度の発電電力の差では、75%ラインをまたいで存在している為、十分な診断ができないものと思われる。

### 3.2.4 太陽電池モジュール計測中に生じた発電電力低下の診断

前節までは、意図的に発電電力低下を起こし、簡易診断法の有効性について検討を行ってきた。本節では、実際の計測中に偶然に発見した一時的に発電電力低下が生じたデータを使用し、簡易診断法の有効性を検証すると同時に、その損失因子の特定までの経緯を記述する。

図 13 は、設置方位角：南，設置傾斜角： $35^\circ$  の条件で設置した PV モジュールの 1999 年 1 月 5 日の発電電力を日射強度に対して整理した結果である。この日は晴天日であり、その発電電力は、図 2 に示したように、日射強度に対して比例して増加し、75%ラインより高い値を示すはずである。しかし、この場合、7~9 時における発電電力が、75%ラインを下回っており、何らかの影響で発電効率が下がったことを示唆している。

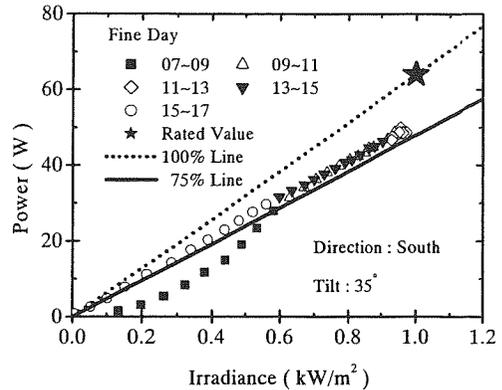


図 13 簡易診断法による太陽電池モジュール計測中に生じた発電電力低下の診断結果

また、曇天日に同様の検討を行って見たが、75%ラインを下回るデータは現れなかった。したがって、この発電電力低下は、晴天日にのみ現れることが判明した。また、発電電力低下は、時間の経過とともに回復し、その損失因子は、時間とともに変化していることが推測される。次に、この損失因子を明らかにする為に、I-V 特性の形状変化からの推測も試みた。図 14 は、測定時間ごとの I-V 特性を示す。図 14 (a) は、発電電力が低下している 7~9 時の結果である。図中には、図 13 において損失因子の影響が無くなったと思われる 9 時台の I-V 特性 (破線) も示してある。同図 (b) は、(a) とほぼ日射強度が等しい 15~17 時における I-V 特性である。図 14 (a) と (b) を比較するとき、I-V 特性の形状が明らかに変化している。図 14 (a) に見られる I-V 特性の形状変化は、筆者らが検討してきた影の影響による I-V 特性の形状変化<sup>14)</sup>と非常に類似している。また、9 時台の I-V 特性は、図 14 (b) とほぼ同じ形状を示し、時間の経過とともに損失因子が消失していることを示唆している。この発電電力低下は、晴天日の早い時間帯のみに存在し、時間の経過とともに回復することから、PV モジュールの東側に存在する何らかの要因によるものと推測される。そこで、7~9 時の時間帯に PV モジュールの目視観察を行った。その結果を図 15 に示す。図から明らかなように、PV モジュールの一部を建造物の影 (図中の丸の中) が覆い、それが損失因子となり、PV モジュールの発電電力低下を引き起こしていることが判明した。

以上の結果から、筆者らが提案した発電電力低下簡易診断法が、実際の発電電力低下に対しても、精度よ

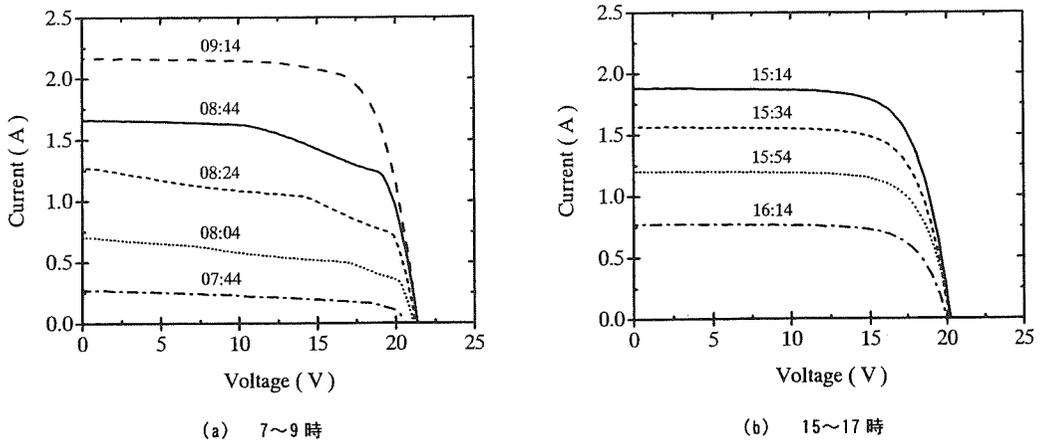


図14 I-V特性の形状変化からの損失因子の推定

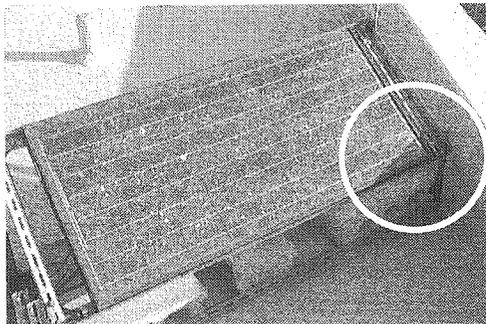


図15 太陽電池モジュールの目視観察

く診断が可能であることが判明した。

### 3.2.5 簡易診断法の適用範囲に関する一考察

前節までにおいて、太陽電池モジュールの定格値を利用した発電電力簡易診断法を提案し、その診断の一例を示してきた。この簡易診断法は、100%ラインから75%ラインまでの幅を持たせることで、その幅に環境因子が原因となる出力変動の影響を含ませることができる為、PV自身の故障、劣化<sup>4)</sup>およびPV表面の汚損などの二次的要因による出力低下を区別して診断することができる。また、環境因子の影響をその幅に含んでいる為、設置環境ごとに新しいしきい値を設定する必要がなく、非常に適用範囲の広い簡易診断法となった。

この簡易診断法は、新たにPVシステムを設置した

場合に、そのPVシステムの初期診断法としても利用することができる。PVシステムの初期診断を行うことは、発電性能の悪いPVモジュールを初期段階で発見でき、さらには、結線不良などの初期不良をいち早く知ることができ、より効率よくPVシステムを運転することができる。

また、この簡易診断法は、PVシステムの定格値を知ることによって診断のしきい値である75%ラインを決定することができる。また、日射強度と発電電力の1点の測定データと75%ラインの比較から、PVシステムの発電電力低下を診断することができる。すなわち、これまでのように、大量のデータの変化から診断をする必要がなく、より簡単に、より早く診断することが可能である。しかし、この簡易診断法は、発電状態が正常か低下しているかの二者択一の答えしか持っておらず、発電電力低下を引き起こしている損失因子の特定をすることができない。

### 4. まとめ

PVの発電電力が、日射強度に対して、比例して増加することに注目し、定格値の75%と原点を結んだ直線、すなわち、“75%ライン”をPVの発電電力低下を診断する為のしきい値とした“簡易診断法”を提案した。この75%ラインには、天候や設置条件などの環境因子に起因する出力変動が、75%ラインまでの幅に含まれており、より簡単な診断法のしきい値である。実際にPVモジュールが部分的に影で覆われたことによる発電電力低下と、発電電力の異なるPVモジュールで構

成された PV サブアレイの発電電力低下が、この簡易診断法により十分に診断可能であることが明らかとなった。さらには、実際に PV モジュール計測中に生じた発電電力低下を、この簡易診断法により、その発電電力低下を明らかにできた。

この診断法を開発したことによって、発電電力低下を簡単に診断することができ、さらには、PV システム設置直後の初期不良による発電電力低下を診断することも可能となる。しかし、この診断法では、発電電力低下を引き起こしている損失因子の特定はできない。一方、発電電力の経時変化と 75% ラインの関係から、損失因子が、影などのように時間的に変化するものか、故障、劣化などのように永久的なものなのかの判断は可能である。

今後、この簡易診断法により、発電電力低下が発見された場合の、その損失因子の特定を含めた診断技術の開発について検討を進めるとともに、その他の設置環境下でのこの簡易診断法の診断精度についても検討を進めていく。

#### 謝辞

この研究の一部は、名城大学平成 12 年度学術研究助成費（特定研究）によって行われたことを付記し、関係各位に謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 財団法人 新エネルギー財団 (NEW ENERGY FOUNDATION) ホームページ, <http://www.nef.or.jp>
- 2) 山下裕介・谷辰夫, 環境因子を考慮した太陽電池モジュールの出力計算法, 太陽エネルギー, 23-3 (1997), 54-61.

- 3) 中村洋之・杉浦忠敏・山田隆夫・作田宏一・黒川浩助, 姿勢設置された太陽電池モジュールの発電特性の評価, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (1999-11), 61-64, 京都.
- 4) 守田賢吾・菱川義博・阪本貞夫・大城壽光, 結晶系太陽電池モジュールの屋外暴露による外観変化と出力低下の関係, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2000-11), 287-290, 金沢.
- 5) 米倉典宏・小島厚・浅野克憲・山中三四郎・河村一・大野英之・河村英昭・内藤克彦, 太陽電池モジュールの発電電力に及ぼす影の影響, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (1999-11), 21-24, 京都.
- 6) 大谷謙仁・作田宏一・加藤和彦・杉浦忠敏・内田奈輔・山口智彦・黒川浩助, 住宅用太陽光発電システムの運転特性評価, 電気学会研究会資料 新エネルギー・環境研究会, FTE-00-5 (2000), 27-35.
- 7) 奥石浩吉・黒川浩助, 太陽光発電システムにおける最大電力点追従制御の評価, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2000-11), 97-100, 金沢.
- 8) 河村一・山中三四郎・浅野克憲・小島厚・大野英之・河村英昭・内藤克彦, 太陽電池の影による発電能力低下診断に関する研究, 電気学会論文誌 B, 120-B-10 (2000), 1323-1329.
- 9) 鎌田竜治・米倉典宏・中一人・河村一・山中三四郎・河村英昭・大野英之・内藤克彦, 影と太陽電池モジュールの曲線因子との関係 (II), 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2000-11), 363-366, 金沢.
- 10) 日本工業標準調査会, JIS C 8914 結晶系太陽電池モジュールの出力測定方法 (1998), 日本規格協会, 東京.
- 11) CHARLES E. CHAMBERLIN・PETER LEHMAN・JAMES ZOELLICK AND GIAN PAULETTO, EFFECTS OF MISMATCH LOSSES IN PHOTOVOLTAIC ARRAYS, Solar Energy, 54-3 (1995), 165-171.
- 12) 米倉典宏・中一人・河村一・山中三四郎・河村英昭・大野英之・内藤克彦, 定格値を利用した発電電力低下判定法 (II), 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2000-11), 315-318, 金沢.
- 13) 松川洋・塩谷政樹・山田隆夫・杉浦忠敏・黒川浩助, 建築設計のための太陽電池アレイシミュレーション手法に関する検討～I-V カーブ合成法の検討と単セルモジュールを用いたアレイ実験による日影損失分析～, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (1999-11), 57-60, 京都.
- 14) 米倉典宏・中一人・浅野克憲・河村一・山中三四郎・大野英之・河村英昭・内藤克彦, 部分影が存在する太陽電池モジュールの I-V 特性, 平成 12 年度電気学会全国大会講演論文集, 7 (2000-3), 3442, 東京.