

フィールドテストデータからの 地域発電特性の解析方法

学生員 ○杉山 尚 (東京農工大学)
会 員 大谷 謙仁 (電子技術総合研究所)
会 員 作田 宏一 (電子技術総合研究所)
会 員 大城 壽光 (日本品質保証機構)

学生員 内田 奈輔 (東京農工大学)
会 員 津田 泉 (電子技術総合研究所)
非会員 坂本 清 (日本品質保証機構)
会 員 黒川 浩助 (東京農工大学)

PERFORMANCE ANALYSIS IN JAPANESE FIELD TEST PROGRAM

Hisashi SUGIYAMA*, Daisuke UCHIDA*
Koichi SAKUTA**, Izumi TSUDA**
Kenji OTANI**, Kiyoshi SAKAMOTO***
Toshimitsu OSHIRO*** and Kosuke KUROKAWA*
*Tokyo University of Agriculture and Technology
**Electrotechnical Laboratory
***Japan Quality Assurance Organization
E-mail: sugiyama@etlq122a.etl.go.jp

Abstract

In this paper, the performance analysis of the data from Japanese Field Test Program is proposed. New Energy Development and Industrial Technology Organization (NEDO) installed 75 PV systems from 1992 to 1996. These systems have been monitored and all the field data have been collected to Japan Quality Assurance Organization (JQA). The loss factors and evaluation parameters estimated with the field data are presented. The average performance ratio of 75 PV systems was found to be 79 [%/year].

1.はじめに

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) では1992年よりフィールドテスト (FT) 事業を開始し、1996年までに75サイトが設置されている。本事業の目的は、公共性の高い各種施設に太陽光発電システムの実証を目的に設置し実負荷のもとで長期運転を実施、各種データの収集・解析を行うことにより、本格普及の素地形成を図ることにある。本報告では、フィールドテストデータからシステムの損失因子を推定し、運転特性を明らかにする解析方法を提案する。さらに、システム出力係数 K およびシステム等価稼働時間 Y_p によりFT事業75サイトにおける太陽光発電システムの発電特性を解析した。図1に1992年から1995年までに設置されたFT事業75

サイトの分布図⁽¹⁾を示す。

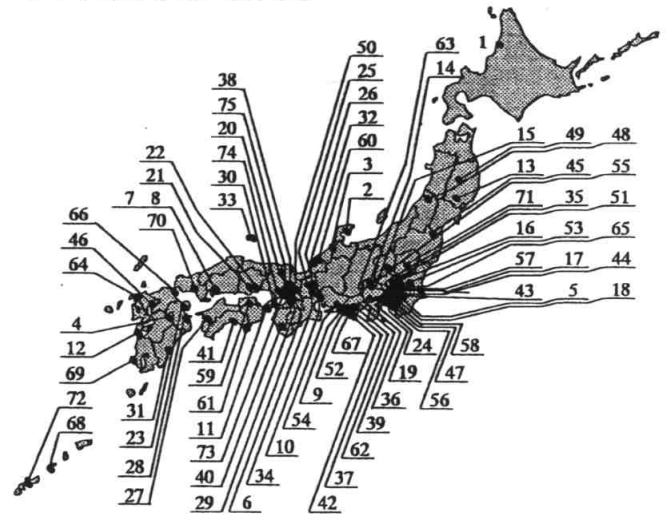


図1.FT事業75サイトの分布図

2.計測方法

2.1 計測点⁽²⁾

FT事業における計測点を図2に示す。

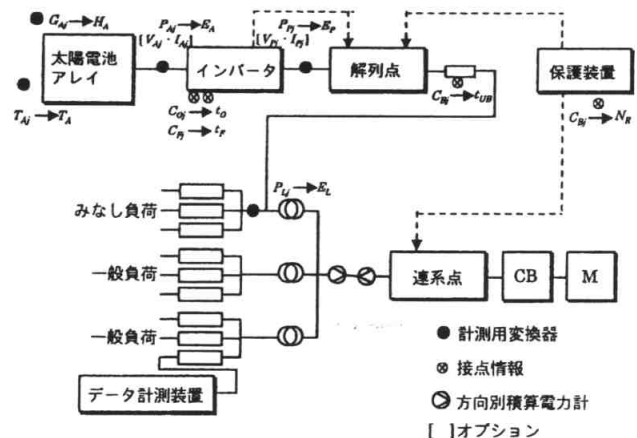


図2.FT事業における計測点

2.2 計測項目

F T 事業における計測項目を図 3 に示す。計測値のデータベース化は (財) 日本品質保証機構 (JQA) が行っており、各項目は 6 秒サンプリングで計測され、その平均・積算による 1 時間値を計測量として IC カードなどにより記録している。

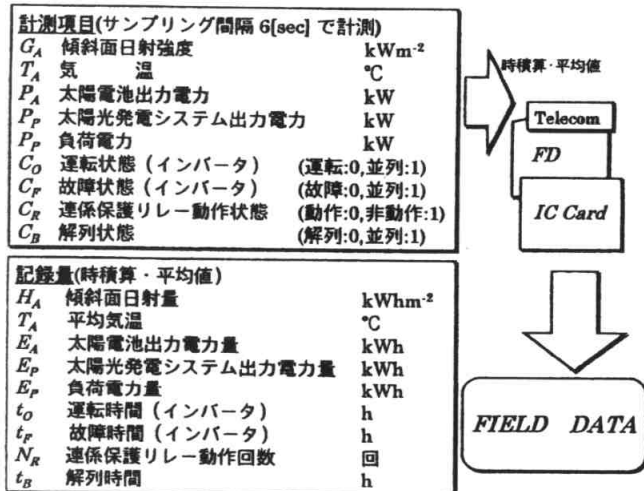


図 3. 計測項目とデータベース化

出力電力量の低下を分離する。図 4 に示すように PV アレイ出力電力量 (PV モジュール温度 $T_c=25^{\circ}\text{C}$ に換算) E_{AT} は日射量 H_A による最大出力電力量 ($T_c=25^{\circ}\text{C}$) E_{AS} から下方にばらついた出力となる。このばらつきによる電力量低下が陰と $P_{\max}$ 制御のずれによる影響である。ここで、 $P_{\max}$ 制御のずれによる電力低下は統計的に処理することができるので、その統計結果を図 5 に示す。

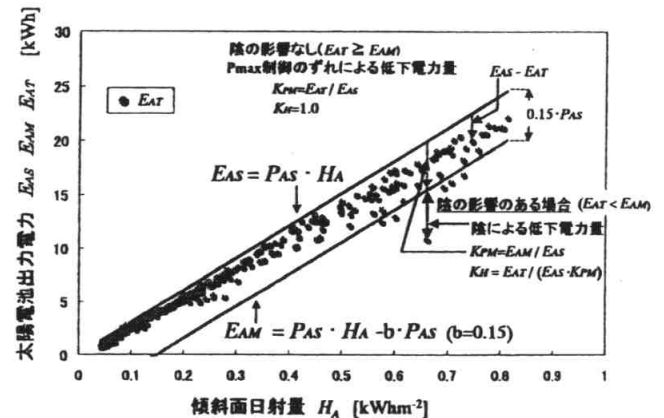


図 4. K_{PM} と K_H の分離方法

3. 評価方法

3.1 システムの損失因子

太陽光発電システムの評価は、日射変動、外気温などの気象条件、インバータ効率、さらには周囲の建造物などの陰の影響を考慮し、システム効率を低減させる損失因子を明らかにすることである。主要な損失因子を以下に示す。

- ① 陰の影響による損失
- ② 温度上昇によるモジュール効率低下による損失
- ③ $P_{\max}$ 制御のずれによる損失
- ④ 入力電力変動によるインバータ効率の低下

これらの損失因子を推定するために、特性パラメータを定義し、図 3 に示した 1 時間値の計測量の中から以下の計測量項目を用いて F T 事業における太陽光発電システムの運転特性を評価する。

H_A	傾斜面日射量	kWhm^{-2}
T_A	平均気温 (1 時間)	$^{\circ}\text{C}$
E_A	太陽電池出力電力量(DC)	kWh
E_P	太陽光発電システム出力電力量(AC)	kWh

3.2 $P_{\max}$ 制御ずれの補正係数の推定方法

特性パラメータを算出するために、周囲環境による陰の影響 K_H と $P_{\max}$ 制御ずれの影響 K_{PM} による PV アレイ

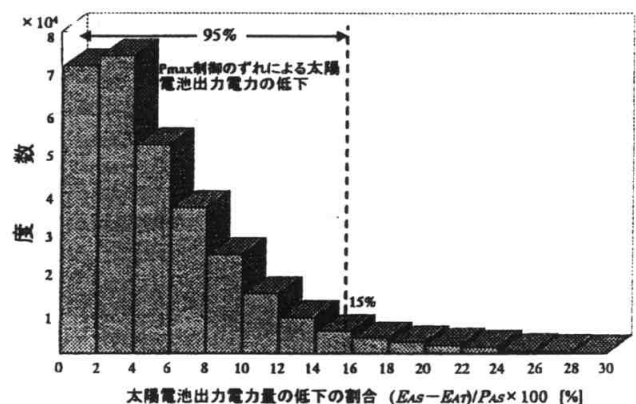


図 5. PV アレイ出力電力量低下の割合の度数分布

図 5 に示したのは、 E_{AS} と E_{AT} の差の P_{AS} に対する割合 $(E_{AS} - E_{AT}) / P_{AS}$ の度数分布である。陰の影響を除くために、システム出力係数が 70% 以上のサイトで太陽高度角が高い 7 月のデータを用いた。図 5 から 95% 区間 (3σ) で 15% 以下の電力量低下となることから、 P_{AS} に対して 15% 以上の PV アレイ出力電力量の低下は陰の影響であると推定できる。この統計分布は各サイトごとにおいても、ほぼ同様であった。したがって式 (1) に示す $P_{\max}$ 制御ずれと陰の影響の境界電力量にあたる E_{AM} により K_H と K_{PM} の影響を分離した。

$$E_{AM} = P_{AS} \cdot H_A - b \cdot P_{AS} \quad (b=0.15) \quad (1)$$

は年間を通じて 75%程度に低下していることを明らかにした。

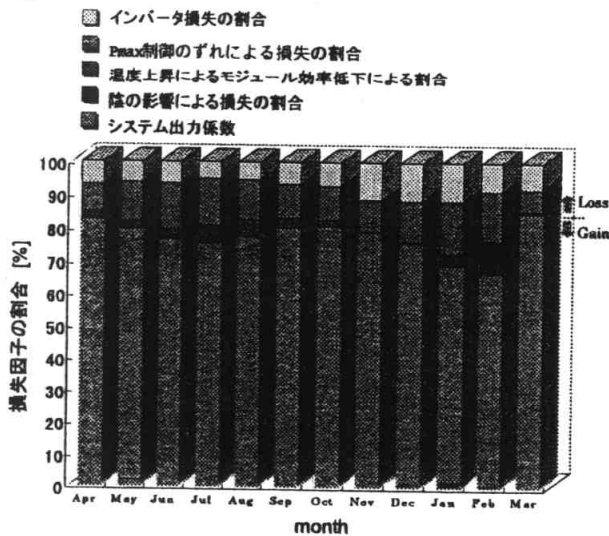


図7.損失因子の割合の解析例 (3.中央児童公園)

つぎに 75 サイトの解析結果としてシステム出力係数 K の度数分布を図8に示す。図8から FT 事業の太陽光発電システムのシステム出力係数は 70-80%が多いことがわかる。また、図9に示す K の日本における分布はほぼ均一であり、全国的に妥当なシステムの設計なされていることがいえる。しかし、図10から Y_p は西日本地域で大きくなる傾向があり、年間日射量の影響が大きいことが分かる。

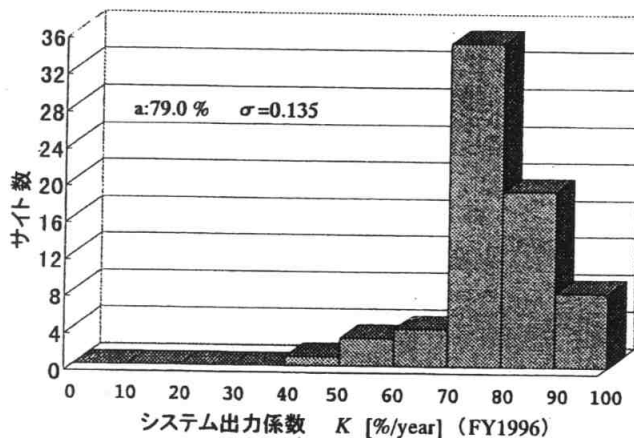


図8.システム出力係数 K の度数分布 (平成8年度)

5. おわりに

本論文は、太陽光発電システムのシステム効率の低減となる損失因子を推定する手法により、フィールドテストにおけるシステムの運転特性および地域発電特性の解析方法について検討したものである。その結果、フィールドテスト 75 サイトにおける年間のシステム出力係数

は 70-80[%]であり、妥当な設計がなされていることが分かった。本評価手法は、計測量として1時間値の積算傾斜面日射量、平均気温、積算太陽電池出力電力量、積算システム出力電力量を用いた簡便な手法であるため、フィールドテストに限らず、多くの太陽光発電システムの一般的な評価方法として応用できるものと考えている。

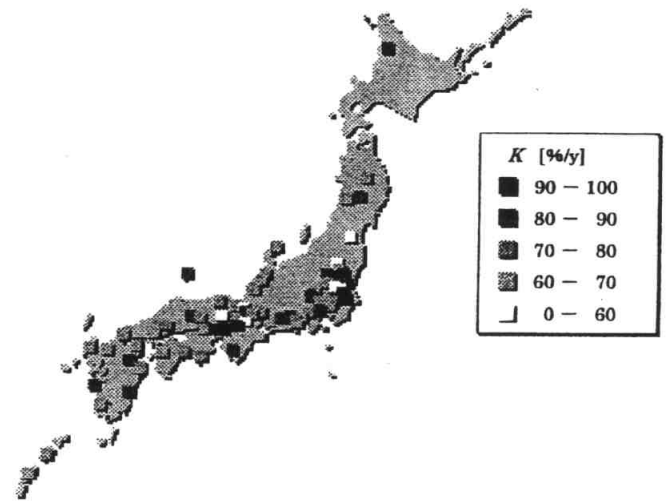


図9.システム出力係数 K の分布 (average = 79.0[%/y])

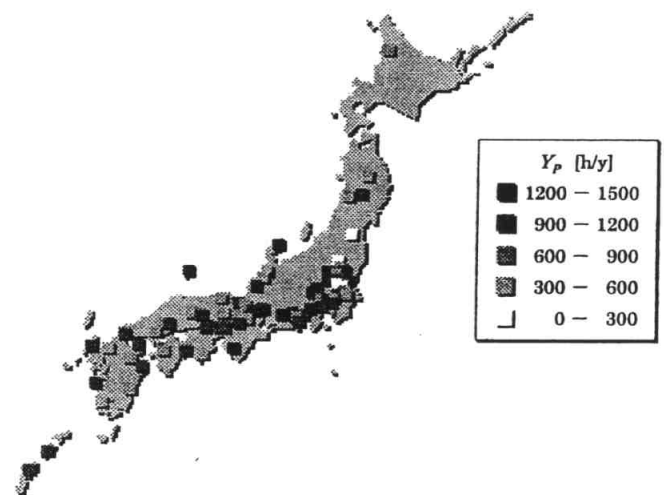


図10.等価システム稼働時間の分布 (average=908[h/y])

参 考 文 献

- (1) K. Kurokawa, H. Sugiyama et al: Extended system monitoring database and performance analysis in Japanese field test program, Proc. EU-PSEC-14, Barcelona, July 1997.
- (2) K. Kurokawa, H. Sugiyama et al: Extended performance analysis 70 PV systems in Japanese field test program 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference Anaheim, USA Sep.9-Oct.3, 1997
- (3) 杉山、黒川他「太陽光発電評価のための最適計測手法の検討」平成8年度日本太陽エネルギー学会講演論文集 (1996), 21

3.3 特性パラメータの定義式⁽³⁾

以下に特性パラメータの定義式を示す。

$$K = \frac{E_P}{P_{AS} \cdot (H_A / G_S)} = K_H \cdot K_{PT} \cdot K_{PM} \cdot K_C \quad (2)$$

$$K_C = \frac{E_P}{E_A} \quad (3)$$

$$K_{PT} = 1 + \alpha_{Pmax}(T_C - T_S) \quad (4)$$

Pmax 制御のずれの影響があり、陰の影響がない場合

$$\begin{cases} K_{PM} = \frac{E_{AT}}{E_{AS}} \\ K_H = 1.0 \end{cases} \quad (\text{条件: } E_{AT} \geq E_{AM}) \quad (5)$$

陰と Pmax 制御のずれの影響がある場合

$$\begin{cases} K_{PM} = \frac{E_{AM}}{E_{AS}} \\ K_H = \frac{E_{AT}}{E_{AS} \cdot K_{PM}} \end{cases} \quad (\text{条件: } E_{AT} < E_{AM}) \quad (6)$$

$$Y_P = \frac{E_P}{P_{AS}} \quad (7)$$

$$T_C = h_w \cdot H_A + T_A \quad (8)$$

$$E_{AS} = P_{AS} \cdot H_A \quad (9)$$

$$E_{AT} = \frac{E_P}{K_{PT}} \quad (10)$$

図 6 に特性パラメータ算出のフローチャートを示す。

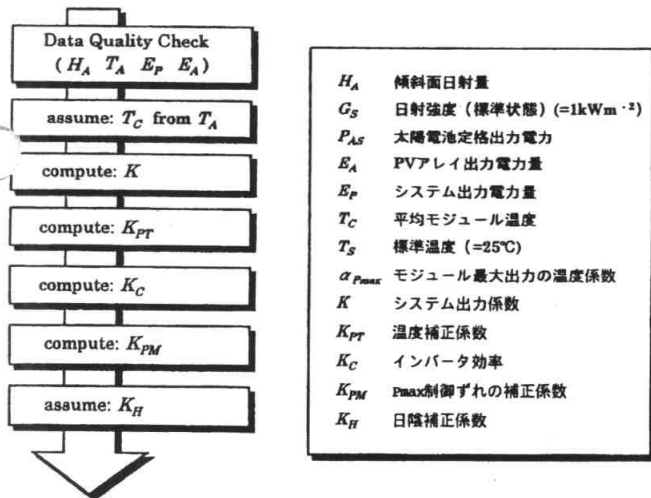


図 6. 評価パラメータ算出フローチャート

ここに、

H_A	時積算傾斜面日射量	kWhm^{-2}
T_C	平均 PV モジュール温度 (1 時間推定値)	$^{\circ}\text{C}$
E_A	時積算 PV アレイ出力電力量(DC)	kWh
E_P	時積算 PV システム出力電力量(AC)	kWh

E_{AT}	PVアレイ出力電力量 ($T_C=25^{\circ}\text{C}$ に換算)	kWh
E_{AS}	最大 PV アレイ出力電力量 ($T_C=25^{\circ}\text{C}$)	kWh
E_{AM}	Pmax 制御ずれと陰の影響の境界電力量	kWh
K	システム出力係数	
K_H	日陰補正係数	
K_{PT}	温度補正係数	
K_{PM}	Pmax 制御ずれの補正係数	
K_C	インバータ出力補正係数	
Y_P	等価システム稼動時間	h
T_S	標準状態の PV モジュール温度($=25^{\circ}\text{C}$)	
P_{AS}	PV アレイ 定格出力電力	kW
G_S	標準状態日射強度 ($=1\text{kWm}^{-2}$ AM1.5)	
α_{Pmax}	PV モジュール最大出力の温度係数	
h_w	PV モジュール熱伝達定数 ($=30[^{\circ}\text{C}/\text{kWhm}^{-2}]$)	

3.4 損失量の定義式

式(1)~(10)の定義式から、システム出力係数を低減させる損失量および損失因子の割合の定義式を示す。

$$L_H = P_{AS} \cdot H_A (1 - K_H) \quad (11)$$

$$L_{PT} = P_{AS} \cdot H_A \cdot K_H \cdot (1 - K_{PT}) \quad (12)$$

$$L_{PM} = P_{AS} \cdot H_A \cdot K_H \cdot K_{PT} \cdot (1 - K_{PM}) \quad (13)$$

$$L_C = P_{AS} \cdot H_A \cdot K_H \cdot K_{PT} \cdot K_{PM} \cdot (1 - K_C) \quad (14)$$

$$\lambda_H = L_H / (H_A \cdot P_{AS}) \quad (15)$$

$$\lambda_{PT} = L_{PT} / (H_A \cdot P_{AS}) \quad (16)$$

$$\lambda_{PM} = L_{PM} / (H_A \cdot P_{AS}) \quad (17)$$

$$\lambda_C = L_C / (H_A \cdot P_{AS}) \quad (18)$$

ここで、次式が成り立つ。

$$K + \lambda_H + \lambda_{PT} + \lambda_{PM} + \lambda_C = 1 \quad (19)$$

ここに、

L_H	陰による損失	kWh
L_{PT}	温度上昇による効率低下分の損失	kWh
L_{PM}	Pmax 制御のずれによる損失	kWh
L_C	インバータ損失	kWh
λ_H	陰の影響による割合	
λ_{PT}	PV モジュール温度上昇の影響による割合	
λ_{PM}	Pmax 制御のずれによる損失の割合	
λ_C	インバータ損失による割合	

である。

4. 結 果

一例として、図 7 に平成 8 年度 (1996.4~1997.3) における石川県立中央児童公園 20kW システム (図 1 に示す 3) の解析結果を示す。図 7 から分かるようにシステムは夏期の温度上昇によるモジュール効率の低下の影響が大きく、冬期には陰の影響があり、システム出力係数