

太陽光発電システムの経年特性

学生員 大関 崇 (東京農工大学) 井澤 敏泰 (東京農工大学)
 山口 智彦 (東京農工大学) 会員 大谷 謙仁 (電子技術総合研究所)
 会員 黒川 浩助 (東京農工大学)

Secular variation of Photovoltaic systems

Takashi Oozeki*, Toshiyasu Izawa*,
 Akihiko Yamaguchi*, Kenji Otani,**
 and Kosuke Kurokawa*

*Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT)
 Naka-cho, Koganei, Tokyo, 184-8588 Japan
 E-mail:kurochan@cc.tuat.ac.jp, Phone:+81-42-388-7132,
 Fax:+81-42-385-6729

**Electrorechnical Laboratory (ETL)
 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045 Japan

ABSTRACT

We have developed the Sophisticated Verification (SV) method for easily evaluating the existing PV systems. Along with the study, the measurement data from Japanese Field Test Program (FT) has been collected by Japan Quality Assurance Organization (JQA) as the collaborator. In this study, in order to investigate a secular variation we evaluated the 33 sites out of FT which had been measured through four years. As a result, there was no languishment in system performance, however, it was worthy to focus on whether the measurement data was accurate and reliable.

1. はじめに

太陽光発電システムの普及が進むにつれ、システムのデータ収集も盛んにおこなわれてきた。同時にシステムの評価技術も進み確立されつつある。それにより、システムの継続的な解析・評価が可能となった。システムの耐用期間・信頼性を図る指標として、経年特性を評価することは、非常に重要なことである。

本研究室では、太陽光発電システムの評価アプリケーション、SV(Sophisticated Verification)法⁽¹⁾を開発してきた。また、フィールドテスト(FT)事業プラントにおいて、太陽光発電システムのフィールドデータが計測されており、日本品質保証機構(JQA)によって、1996年4月～1999年12月までがデータベース化されている。現在まで、FTにおける太陽光発電システムをSV法により継続して評価⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾をおこなっている。

本報告では、4年間継続して計測されているサイトを対象にして評価をおこない、太陽光発電システムの経年特性について報告する。また、SV法を用いた1999年のFTの評価結果を報告する。

2. SV (Sophisticated Verification) 法

本研究室では、簡易的な太陽光発電システムの評価アプリケーションとしてSV法を開発してきた。太陽光発電システムは、日射を入力として受けとり、電力を出力する過程において各種の損失がある。各過程での入力エネルギーに対する出力エネルギーの比を補正係数として定義する⁽⁵⁾。SV法では、4つの計測データから5つの補正係数を推定することが可能である。4つの計測データから推定する5つの補正係数は、以下のとおりである。

計測データ

- ・ 傾斜面日射量 [kWh/m²]
- ・ 太陽電池アレイ出力電力量 [kWh]
- ・ 太陽光発電システム出力電力量 [kWh]
- ・ 太陽電池モジュール温度 []

補正係数

- ・ 日陰補正係数 K_{HS}
- ・ 負荷整合補正係数 K_{PM}
- ・ 温度補正係数 K_{PT}
- ・ インバータ補正係数 K_C
- ・ その他(入射角依存, 汚れ, 劣化等) K_{PO}

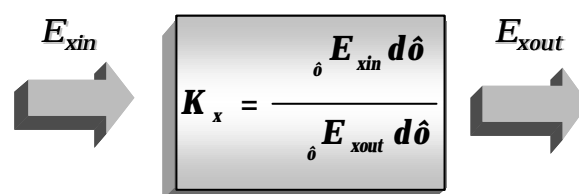


図1. 補正係数の定義

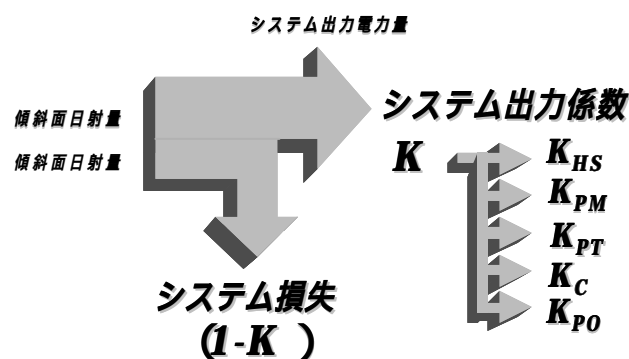


図2. 補正係数の分離

3. 計測データ

3.1. フィールドテストデータ

FT事業プラントにおいて、太陽光発電システムのフィールドデータが計測されており、JQAによって1996年4月～1999年12月までのデータがまとめられている。データは、6秒サンプリングで計測され、平均・積算による1時間値がデータベース化されている。計測データは以下の項目である。

- ・水平面全天日射量 [kWh/m²]
- ・傾斜面日射量 [kWh/m²]
- ・太陽電池アレイ出力電力量 [kWh]
- ・平均外気温度 []
- ・太陽光発電システム出力電力量 [kWh]
- ・負荷電力量 [kWh]
- ・システム運転時間 [h]
- ・システム故障時間 [h]
- ・連係保護リレー動作回数 [回]
- ・連係解列時間 [h]

1996年4月～1999年12月まで継続してデータが収集されている33サイトを対象にした、計測データの収集率を表1にまとめた。データ項目は、SV法の評価に必要な以下の主な3つの1時間値データである。モジュール温度については、現在外気温度から推定するモデルを用いているため、データの収集率からはずした。

- ・傾斜面日射量 [kwh/m²]
- ・太陽電池アレイ出力電力量 [kw/m²]
- ・太陽光発電システム出力電力量 [kw/m²]

3.2. データの簡易品質チェック

データの判断基準は、1時間値データを日積算し、日積算値が0より大きいデータを有効、0以下を無効とした。また連続不日照日を5日と想定し、5日未滿の連続した無効データは除外した。また、1996年4月1日から連続して無効であるデータは、データ収集が開始されていないと判断しこれも除外した。初期期間とは、データ収集開始からの連続有効日数である。また、復帰日数とは、無効期間の平均値で、一度無効データとなってから再び有効データにもどるまでの期間をあらわしている。

3つのデータとも無効日数は、全データの1割とやや多いことがわかる。最大で739日というサイトもみられた。復帰期間が40～60日と1ヶ月以上と長い、連続して無効となる回数は3・4回であり、年に1度程度であった。データが無効になってからの発見、修理が遅いため全体の無効期間が長くなっているのがわかる。

正しく評価をおこなうためには、信頼性の高い計測データが必要である。今回使用している計測データの収集

率では、多くのシステムを1つとみなして、長期間評価するには良いが、個別のサイトを評価するには、信頼が高いとはいえない。システムの経年変化を検討するためには、信頼のおけるデータを用いる必要がある。

表1. データ収集率

	傾斜面日射量	アレイ出力電力量	システム出力電力量
有効日数[日]	1179.2	1140.4	1070.7
無効日数[日]	180.6	163.7	165.2
初期期間[日]	294.5	423.3	356.1
無効回数[回]	3.5	3.9	3.9
復帰日数[日]	55.3	43.9	45.6
全日数[日]	1343.73	1296.82	1228.21

3.3. FT1999年評価結果

SV法による、主な評価結果を図3に示す。評価期間は1999年1月～1999年12月、対象サイトは全135サイトとした。K [%]はシステム出力係数、各_xは、それぞれの影響による損失量の全損失量に対する割合である。その他の損失が12 [%]と若干大きな結果となった。

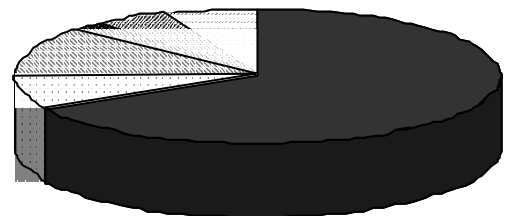
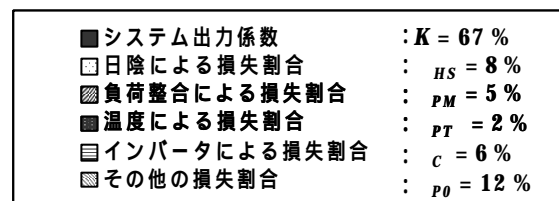


図3. 1999年FT(135サイト)の平均解析結果

4. 太陽光発電システムの経年特性

4.1. はじめに

本研究室では、FTにおける太陽光発電システムをSV法を用いて、1996年～1999年12月まで全158サイトの評価をおこなってきた。しかし、1サイトの計測期間は、4年間が限度とされており、年度により評価対象となるサイトが異なる。そこで、4年間継続して計測されている33サイトを対象にした経年特性について検討をおこなった。

4.2. 検討項目・方法

全国各地域に分散して設置されているシステムの平均と、個別のシステムについて、信頼のおけるデータのみ用いた評価結果より、それぞれの経年特性について検討をおこなった。

検討方法は、以下のとおりである全体のシステムについては、1996年は6ヶ月以上、1997～1999年において評価有効月数が8ヶ月以上である条件に該当する14サイトを対象とした。また、1996年のデータが4月からであるため、すべての年において期間を4月～12月とした。

次に個別のシステムについては、システムごとに月別での評価をおこなった。4年間継続して有効日数が25日を越える月のみを対象とした。有効日数とは、SV法で評価に必要である4つの計測データが、1日の間にエラーフラグが2個以下、また時間値の日積算データが0より大きい日とした。条件に該当する22サイト、119月を対象とした。各補正係数の経年特性を検討する指標として、

$$\text{年較差} = (4 \text{ 年間の最大値}) - (4 \text{ 年間の最小値})$$

を用いた。更に、経年特性が比較的大きなサイトを検討するために、システム出力係数の年較差が0.4以上で、目視で概ね傾向のみられた5サイトを抽出して検討をおこなった。以下の2つの処理より、周囲環境の年較差による影響をなくし、年ごとに同条件のもとで評価した。ここで、年較差0.4以下は周囲環境の年較差による影響のみであると判断し、対象から除外した。

- ・温度補正：システム出力係数を温度補正係数で除す
- ・日射補正：日射量の年較差指標として以下を定義し、

$$1 - \frac{(4 \text{ 年間の日射量平均}) - (\text{日射量})}{4 \text{ 年間の日射量平均}}$$

システム出力係数を日射量年較差指標で除す

また、日射補正処理後も較差が大きなサイト(沖縄県国頭郡)について、更に詳細に調べるために、計測データに異常がないかのチェックをおこなった。チェック項目として日射データに着目し、方法としては、サイトの最近地の気象官署におけるMETPVデータとの比較によっておこなった。1ヶ月間の時間ごとの最大値を抽出して、各月の最大日射パターンを比較する方法を用いた。この方法の目的は、最大日射パターンは、ほとんど年較差がないと考え、10年間の平均データであるMETPVデータを一定の比較対称とし、日射量データに経年的な異常があるかをチェックするためである。

4.3. 検討結果

全体のシステムの検討結果として、システム出力係数の経年特性を図4に、各補正係数の経年特性を図5に示す。システム出力係数の差は、最大64[%]・最小52[%]であり、10[%]の格差がみられる。しかし、各補正係数に関しては、どの補正係数に関しても年較差は約3[%]程度であった。経年特性については、一貫した劣化・増加傾向はみられなかった。システム個別の検討結果とし

て、各サイト評価可能月で平均した結果を表2にまとめる。表2よりシステム出力係数Kは、最大で年較差10[%]程度であった。各補正係数についても、最大でK_{PO}の11[%]であり、他の補正係数に関しては10[%]以下であった。突出した年較差はなく、4年間一貫して劣化・増加傾向といった経年特性のサイトもなかった。

経年特性が比較的大きなサイトの検討結果として、処理前を図6に、温度補正処理後を図7、日射補正処理後を図8に示す。図7より、温度年較差はほとんどなく傾向に影響がなかった。図8より、沖縄県国頭郡のサイトを除いて、ほとんどシステム出力係数の年較差はなくなり、傾向もみられなくなった。

日射補正後も較差が大きかった、沖縄県国頭郡のサイトについて検討した結果を図9に示す。図より明らかにように、このサイトでは、年を追うごとに計測データの時間がずれるといった、異常がみられた。

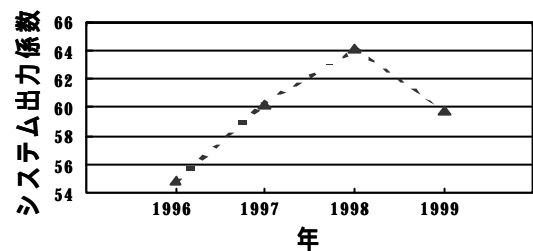


図4. システム出力係数の経年特性

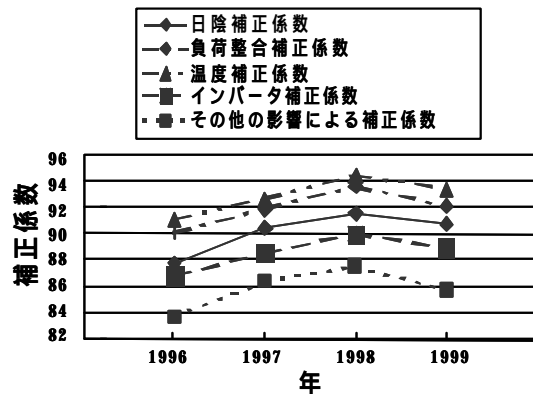


図5. 各補正係数の経年特性

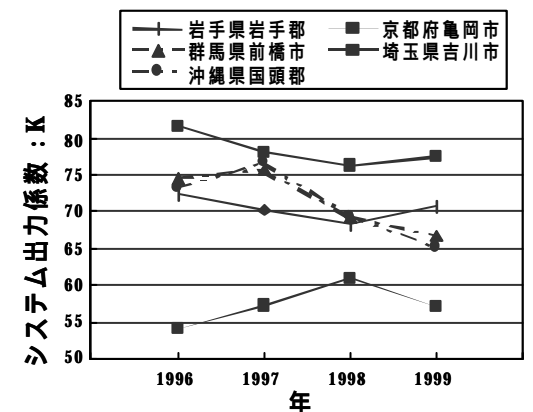


図6. 傾向のあるサイト(処理前)

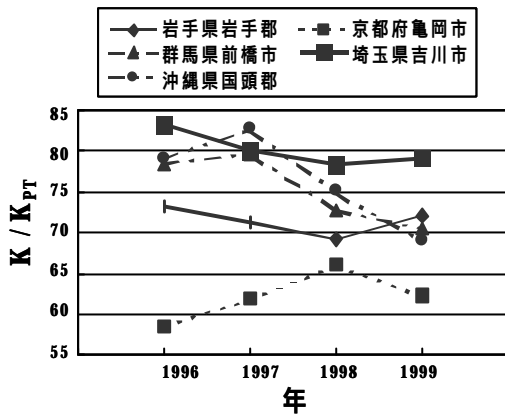


図7. 傾向のあるサイト(温度補正後)

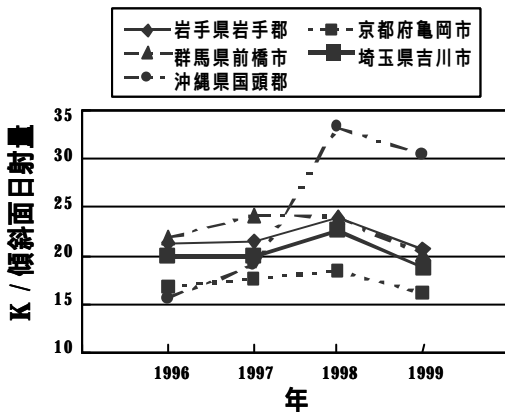


図8. 傾向のあるサイト(日射量補正後)

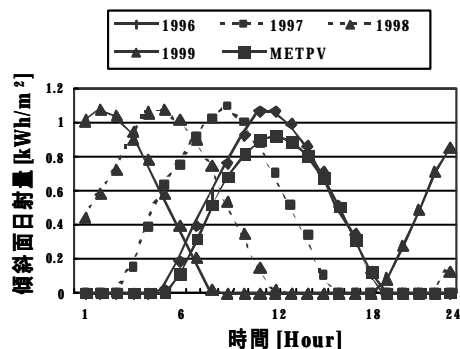


図9. 最大日射パターン経年特性(沖縄県国頭郡・6月)

表2. 各サイトの年較差

サイト地点	有効月数	K[%]	K _{HS} [%]	K _{PO} [%]	K _{PT} [%]	K _{PM} [%]	K _C [%]
岩手県岩手郡	6	4	4	2	0	2	3
茨城県結城郡	5	1	2	2	1	1	0
埼玉県吉川市	2	5	1	0	0	5	0
山形県酒田市	7	2	3	4	0	1	0
神奈川県横浜府	8	2	2	4	1	2	0
神奈川県鎌倉市	8	3	2	5	0	1	1
群馬県前橋市	8	9	4	10	1	3	1
山梨県北巨摩郡	3	2	3	5	0	1	8
静岡県島田市	2	1	1	0	0	0	1
静岡県掛川市	8	2	3	3	1	3	1
静岡県袋井市	8	1	2	1	0	1	1
愛知県豊橋市	2	2	1	4	0	3	0
京都府亀岡市	7	6	2	11	2	7	1
兵庫県神戸市	5	4	3	4	1	1	0
兵庫県神戸市	6	1	3	4	0	2	3
高知県室戸市	1	3	3	1	1	1	0
香川県香川郡	9	2	3	1	1	2	0
福岡県北九州市	7	4	3	4	0	2	0
佐賀県佐賀市	8	0	1	2	1	1	0
長崎県北松浦郡	1	0	0	1	0	1	2
鹿児島県大島郡	2	7	7	3	1	1	0
沖縄県国頭郡	6	11	5	8	3	5	5
合計・平均	119	4	3	4	1	2	2

4.4. 考察

SV法でのシステム出力係数の年較差は、周囲環境の年較差、特に日射量の影響、計測データの異常による評価誤差による影響であった。これらの影響を除外した、実際のシステムでは、多くのシステム全体の平均、システム個別で考えたときも、3・4年でのシステムの劣化はみられないと考察できた。また、一貫した経年特性もみられなかった。

5. まとめ

太陽光発電システムの経年特性について検討をおこなってきた。地域に分散されたシステムの平均、個別のシステムともに、経年劣化はみられなかった。太陽光発電システムの3・4年での年較差は、周囲環境・データ異常の影響であり、システムには劣化・異常はなかった。

今回、システムに劣化・異常はみれなかったが、計測データの信頼性の問題が浮上してきた。今回取り上げなかったが、データの時間のずれの他に、日射計の劣化・日射計にかかる日陰の影響などによるデータの異常も考えられ、データの信頼性は高くない。今後は、データの異常値の発見・補正のできる評価方法として、SV法を更に改善をおこない、継続して太陽光発電システムの長期間の経年特性を評価していく。

参考文献

- (1)杉山,黒川他:「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」平成9年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー共同研究発表会(豊橋技術科学大学 1997.11.28-29)
- (2)太陽光発電技術研究組合,東京農工大学:「太陽光発電地域発電特性に関する基礎的問題の解明」平成10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 51-68 (1999.3)
- (3)D.Uchida, K.Kurokawa: "EVALUATION OF EFFECTIVE SHADING FACTOR BY FITTING A CLEAR-DAY PATTERN OBTAINED FROM HOURLY MAXIMUM IRRADIANCE DATA", PVSEC-11th Sapporo, Hokkaido, Japan, 1999.9. 20-24, Session 22-C-1
- (4)太陽光発電技術研究組合,東京農工大学:「太陽光発電地域発電特性に関する基礎的問題の解明」平成11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 45-86 (2000.3)
- (5)黒川,若松:「太陽光発電システム設計ハンドブック」オーム社(1994)