

傾斜角と方位角の異なる PV システムにおける P-V 曲線を用いた発電量の予測

AE20079 荒井駿平

指導教員 藤田吾郎

1. はじめに^[1]

近年、「国連気候変動枠組条約締約国会議（通称COP）」で2015年にパリ協定が合意されるなど気候変動問題への対策として温室効果ガスの削減が要求されている。日本の中期目標は2030年までに2013年比で26%の削減をすることである。2021年10月22日に日本政府は「第6次エネルギー基本計画」を策定し、エネルギーミックス及び再生可能エネルギーの導入拡大を推進している。とりわけPVは2012年7月の固定価格買取制度（FIT制度）の開始以降、導入量が拡大しており2022年3月時点では560万kWから6610万kWまで増加している。

しかし、急拡大により様々な問題が生じておりその一つとして、環境や景観を保全しながら地域に適した方法で設置を推進する必要があることが挙げられる。その際、建造物の形状やビル影、「地上設置型」が可能な面積が限られていることから、従来の設置角度にとらわれない設置が期待される。

よって本稿では、傾斜角と方位角を変えた複数のPVパネルによって得られる想定発電量を算出し、最適な設置角度について検討する。

2. シミュレーション方法と条件

2.1 想定発電量の計算方法

太陽電池の等価回路は図1に示すシングルダイオードモデルが一般的であり、パラメータとして、光電流 I_{ph} 、ダイオード逆飽和電流 I_0 、ダイオード理想係数 A 、直列抵抗 R_s 、並列抵抗 R_{sh} がある。等価回路より、セル直列数 n_s を考慮した電流電圧特性は(1)式で表される。

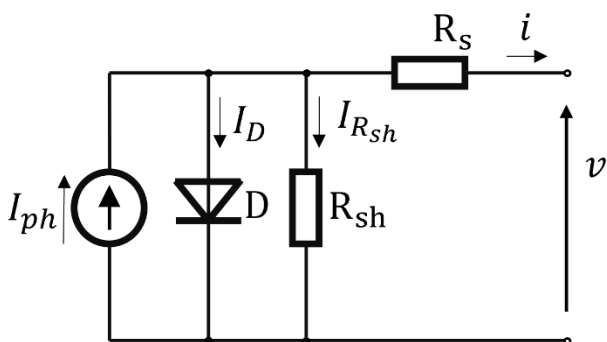


図1 太陽電池の等価回路

$$i = I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(\frac{q(v+iR_s)}{n_s k T} \right) - 1 \right) - \frac{v+iR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

「参照基準I-Vカーブの実用化に向けた統合型ソフトウェアの開発」^[2]より等価回路の標準試験状態パラメータを算出し、「PV panel model based on datasheet values」^[3]で日射量・セル温度補正を行うことで、任意の条件におけるパラメータを推定している。このパラメータを(1)式に代入し i についての繰り返し計算を行うことでI-Vカーブの導出が可能となる。

2.2 評価方法

NEDO日射量データベースシステムMETPV-20から東京都・東京エリアの1年間の斜面日射量を取得し、上記の式を数値計算ソフトウェアであるMATLABを用いて処理することでP-Vカーブを導出し、最大電力点から想定発電量の比較を行う。なお、2枚の太陽電池モジュール（シャープアメニティシステムズ、品名：太陽電池モジュール、型名：NQ-209LW）の使用を想定する。

(1) 任意の方位角におけるシミュレーション

方位角は南向きを 0° とし東西へ一様に 30° 、 60° 、 90° と変化させる。傾斜角はそれぞれの方角角において 0° から 90° まで 10° ずつ変化させる。

(2) 任意の傾斜角におけるシミュレーション

傾斜角を 30° 、 60° 、 90° と変化させる。このとき方位角は南向きを 0° とし東西へ一様に 180° まで 30° ずつ変化させる。

3. 試算結果

(1) 任意の方位角におけるシミュレーション

方位角 $0^\circ \sim 60^\circ$ はグラフの概形がおおよそ同じ形となったため、方位角 30° における月別の日間発電量を図2に、方位角 90° における月別の日間発電量を図3に示す。日間発電量とは当該月の合計発電量を日数で割った1日あたりの平均発電量を想定しており、横軸は傾斜角である。なお、AVEは年間の合計発電量を365日で割った1日あたりの平均発電量である。

今回の試算では晴れていない日も日数にカウントしているため晴れの多い12月～2月の発電量が多い傾向となった。方位角 $0^\circ \sim 60^\circ$ のときは以下のような結果となった。

- 12月～3月
傾斜角 $50^\circ \sim 70^\circ$ でピークとなり年平均よりも大きい。
- 4月～8月
傾斜角 $10^\circ \sim 30^\circ$ でピークとなり年平均よりも大きい。

● 9月～11月

傾斜角50°～60°でピークとなるがほとんどの傾斜角において発電量は年平均より小さい。

方位角90°のときは全ての月で傾斜角0°がピークとなり、3月～8月のみで年平均以上の発電量が期待できる。

以上より方位角0°～60°で設置するという制約がある場合、4月～8月に需要が多い建物であれば傾斜角10°～30°、12月～3月に需要が多い建物であれば傾斜角50°～70°で設置すると高効率な発電が可能であると考えられる。

また、方位角90°で設置するという制約がある場合、できるだけ傾斜角を小さくした方が発電量を多く得ることができると考えられる。

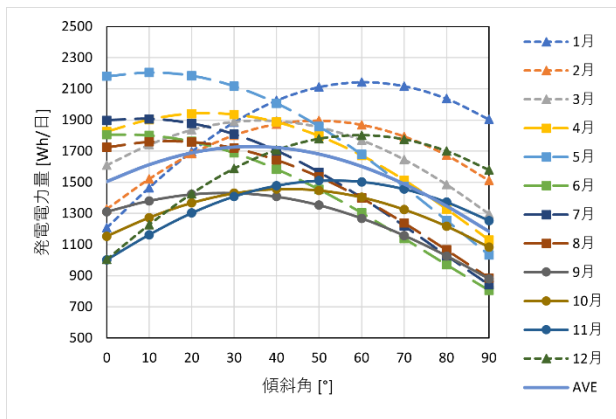


図2 方位角30°の月別日間発電量

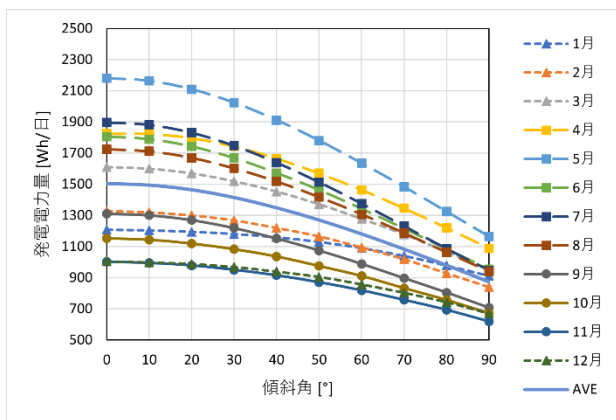


図3 方位角90°の月別日間発電量

(2) 任意の傾斜角におけるシミュレーション

代表して傾斜角30°における方位角と過積載率の関係および方位角とピーク発電量の関係を図4、図5に示す。

図4より方位角と大きくするとピーク発電量は小さくなるため、過積載率は大きく、つまり必要なPCS容量は小さくなるのが分かる。しかし、図5を見ると方位角が90°以降では月によりピーク発電量の大きさにばらつきがあるため、図4に示す過積載率で設計を行うと月によってはPCS容量の余剰が発生する。したがって、方位角が90°以降の場合はピーク発電量の下限で過積載率を設計すればピークカットは発生するが、年間を通して経済的な発電

を行うことが可能と考えられる。

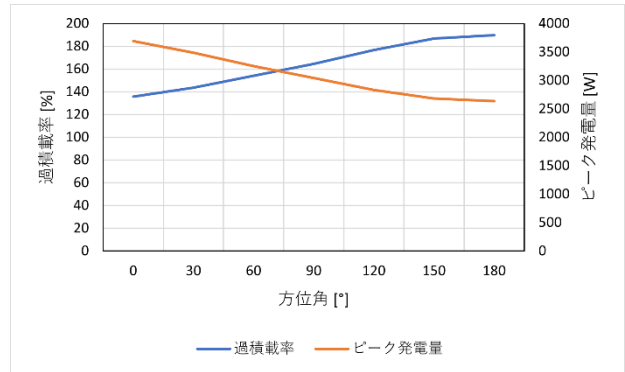


図4 方位角と過積載率の関係（傾斜角30°）

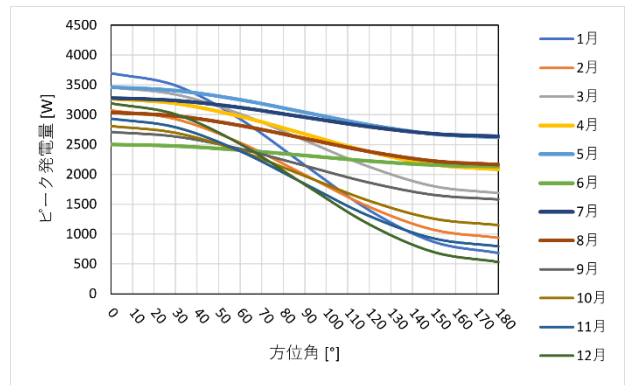


図5 方位角とピーク発電量の関係（傾斜角30°）

4. 今後の展望

本稿では、傾斜角と方位角の異なるPVシステムのP-Vカーブを用いた発電量の予測について検討した。しかし、実際に住宅用PVシステムを設置する際には、日射量などに依存するセル温度の予測が必要になる。また、シミュレーション条件に関しても、時間帯によっては建物の影が影響したり、汚れや傷によって発電量が低下したりすることが予想される。加えて、技術の進歩により結晶シリコン太陽電池以外にも薄膜型などの建材一体型の太陽電池の導入拡大が期待される。

したがって今後の展望としては、「日射量とセル温度を考慮した発電量の予測」、「部分影や劣化を考慮した発電量の予測」、「次世代型太陽電池を用いた発電量の予測」などを検討していく。

参考文献

[1] 経済産業省 資源エネルギー庁 太陽光発電について https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/082_01_00.pdf 最終閲覧日2023年11月5日

[2] 金成雄太, 植田謙 「参照基準I-Vカーブの実用化に向けた統合型ソフトウェアの開発」 令和5年電気学会全国大会, P.21~22 (2023)

[3] Dezso Sera, Remus Teodorescu, and Pedro Rodriguez "PV panel model based on datasheet values" 2007 IEEE International Symposium on Industrial Electronics. (2007)