

## 0.0.0 大規模太陽光発電設備における日射量計算

大規模太陽光発電設備では連続してパネルを設置するため、南端のパネル以外は全て前方にパネルがあり、その影響で日射量が減少する。この影響を考慮するため次のことを計算する必要がある。

### 1. 1. 直達日射量及び順直達日射量の計算

季節により、パネル面の一部が前面アレイの日陰となる時間帯が発生する。この時の影響は次の関係となる。

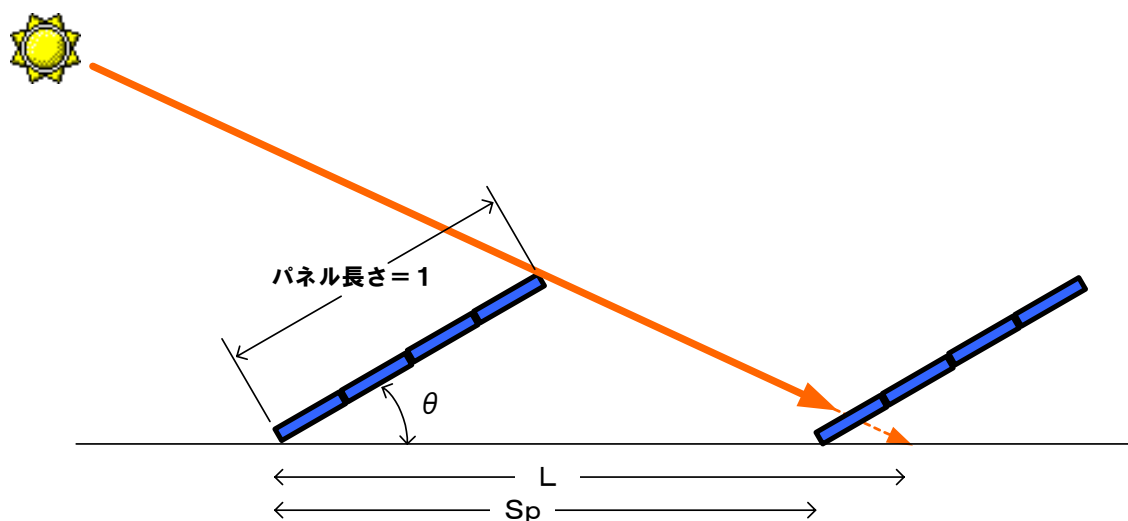


図 1 直達日射日陰イメージ

南向きに設置したアレイの傾斜面長さを 1、パネルの傾斜角を  $\theta$ 、太陽高度  $h$ 、太陽方位  $A$  とした場合、架台前面からの日陰長さ  $L$  は次の式で表される。

$$L = \sin \theta \times \frac{\cosh}{\sinh} \times \cos A + \cos \theta$$

パネル長さに対するパネル間隔を  $Sp$  とすると、パネル面に対する直達日射の当たる比率「直達入射率」は次の値となる。

$$\text{直達入射率} = \frac{Sp}{L} \quad \text{ただし、} L > Sp \text{ のとき、他は直達入射率} = 1$$

大規模太陽光発電設備では大容量 PCS を利用していることが多く、アレイに複数段パネルを施設した架台では変換効率を高めるため同一段を直列に接続した後、並列に接続して集電している。このような条件では、一部日陰となった列に合わせて最適電圧に調整することができないため、日陰がその列の一部でも陰ると発電しないとして扱う。

アレイのパネル付け段数を  $Dn$  として、有効発電率を求めると次の式となる。

$$\text{有効発電率} = \frac{\text{int}(\text{直達入射率} \times Dn)}{Dn} = \frac{\text{int}(Sp/L \times Dn)}{Dn} \quad \text{int()は端数切捨て}$$

### 1. 2. 間接日射量

一様な間接日射  $I_s$  による傾斜面日射量  $I_k$  は前面にアレイが無い場合次の式で表される。

$$I_k = \frac{I_s(1 + \cos \theta)}{2}$$

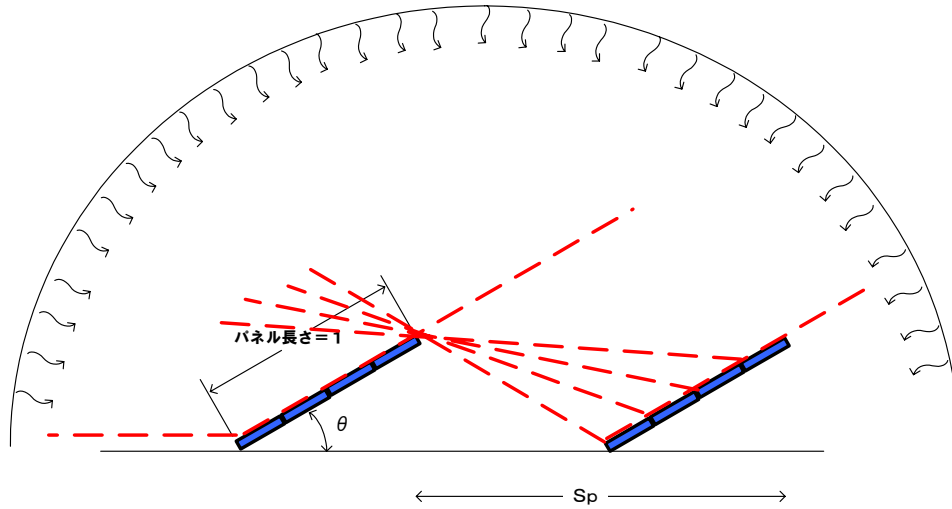


図 2 間接日射の到達イメージ

しかし図2に示すように前面アレイがある場合、間接日射が当たる範囲は下段のパネルほど少なくなる。アレイのパネル段数を  $Dn$  として、上から  $N$  段目の間接日射は次の式で表される。

$$I_{k_N} = I_s \times \frac{1 + \cos \left\{ \theta + \tan^{-1} \left[ \frac{\sin \theta \times N / Dn}{(Sp - \cos \theta \times N / Dn)} \right] \right\}}{2}$$

このため、複数段の総間接日射量は

$$I_k = I_s \times \frac{1 + \sum_{N=1}^{Dn} \left\{ \cos \left\{ \theta + \tan^{-1} \left[ \frac{\sin \theta \times N / Dn}{(Sp - \cos \theta \times N / Dn)} \right] \right\} \right\}}{2} / Dn$$

### 1. 3. 反射日射

地表面からの反射日射は、前方地表面のほとんどが前方アレイの日陰となることから「0」として扱う。

## 2. 1 大規模PV発電所における最適傾斜角と年間発電量予測

前記日射量の計算式で分かるように、大規模太陽光発電設備ではパネル長さに対するパネル間隔＝有効敷地面積／パネル面積とパネル段数により期待される発電量が変わるため、これら条件を決めた上で最適傾斜角度を決定する必要がある。

これまで流通している METPV や MONSOL 等の日射量計算ソフトの元となっている JIS C9807「太陽光発電システムの発電量推定方法」の計算式(「付属書 1 (参考)月平均日積算傾斜面日射量の算出」)の一部を大規模用に変更し、そのデータを活用しながら予測を行っていく必要がある。

この計算では、気象観測地点のデータから、月別の水平面全天日射量、水平面散乱日射量および積雪 10cm 以上の出現率を導き、そのデータから傾斜面日射量を求めている。

このうち積雪 10cm 以上の出現率は反射日射を求めるのに使っており、大規模太陽光では反射日射を無いものとして計算するため実際には月別の水平面全天日射量、水平面散乱日射量だけで求める。

### 2. 1. 1 係数の算出

係数の算出は JIS C9807 に示す(1.1)式～(1.7)式までは変更なし。

ただし、南中時を中心に日射量を計算するため、平均時差(ET)を求める(1.3)式は使わない。

### 2. 1. 2 各毎時間のアレイ設置面への日射量算出式

ここからの計算は、JIS C9807 計算式にミスプリント部分の訂正も含め次のように計算する。

#### ・(1-8)式の変更箇所

JIS C9807 では日本標準時間や東経から時角( $\omega$ )を求めているが、南中時を中心とした 1 時間ごとの積算値を求めるため、時角( $\omega$ )は次の式となる。

$$\omega = 15 \times H \quad H: \text{南中時からの時間差}(-\omega \text{ s} \sim +\omega \text{ s} \text{ まで計算})$$

#### ・(1-9)式の変更箇所

印刷ミスにより散乱日射量時間配分率(rd)は次のように変わる。

$$rd = \frac{\left(\frac{\pi}{24}\right) \times \left(\frac{24}{\pi} \times \sin \frac{\pi}{24} \times \cos \omega - \cos \omega_s\right)}{\sin \omega_s - \frac{\pi}{180} \times \omega_s \times \cos \omega_s}$$

#### ・(1-10)式は変更なし

#### ・(1-11)式の変更箇所

印刷ミスにより太陽高度(sin*h*)は次のように変わる。

$$\sinh = \sin \delta \times \sin \phi + \cos \delta \times \cos \phi \times \cos \omega$$

#### ・(1-12)式、(1-13)式は変更なし

・(1-14)式の変更箇所

(1-14)式は印刷ミスにより次の式が正しい。

$$H_{SI} = H_D \times rd \left[ \left\{ \frac{(H_G \times r_t - H_D \times r_D) \times \cos \theta}{\left[ I_{SC} \times \left\{ 1 + 0.033 \times \cos \left( (n-2) \frac{360}{365} \right) \right\} \right] \times \sin^2 h} \right\} + \left\{ \frac{1 - (H_G \times r_t - H_D \times r_D)}{\left[ I_{SC} \times \left\{ 1 + 0.033 \times \cos \left( (n-2) \frac{360}{365} \right) \right\} \right] \times \sinh} \right\} \times \frac{1 - \cos \beta}{2} \right]$$

このうち散乱日射の順直達成分率を  $k$  として表すと

$$H_{SI} = H_D \times rd \left\{ k \times \frac{\cos \theta}{\sinh} + (1-k) \times \frac{1 - \cos \beta}{2} \right\}$$

$$k = \frac{H_G \times r_t - H_D \times r_D}{\left[ I_{SC} \times \left\{ 1 + 0.033 \times \cos \left( (n-2) \frac{360}{365} \right) \right\} \right] \times \sinh}$$

となる。

この計算式を分解し散乱日射光の内、傾斜面に入る準直達成分を  $I_{SD}$ 、天空の完全散乱成分を  $I_S$  とすると次の式となる。

$$I_{SD} = H_D \times rd \left( k \times \frac{\cos \theta}{\sinh} \right) \quad I_S = H_D \times rd (1-k)$$

## 2. 1. 3 傾斜面の各日射量の積算

傾斜面の各日射量は先に述べた大規模太陽光発電所用の日射量計算式と組み合わせて次通りとなる。

・(1-15)式は次の通りとする。

$$I_{DIM} = \sum [(H_{DI} + H_{SD}) \times \text{有効発電率}]$$

・(1-16)式は次の通りとする。

$$H_{SIM} = \sum I_S \times \frac{1 + \sum_{N=1}^{Dn} \left\langle \cos \left\{ \theta + \tan^{-1} \left[ \frac{\sin \theta \times N/Dn}{(Sp - \cos \theta \times N/Dn)} \right] \right\} \right\rangle / Dn}{2}$$

・(1-17)式は反射日射のため削除する。

ここで、 $\Sigma$ は、日の出から日の入りまでの南中時を中心とした1時間ごとの積算値で、 $-\omega s$  から  $+\omega s$  までの整数値の間を計算す。

なお、有効発電効率を求めるには太陽方位(A)を求める必要があるが、JIS C9807 では太陽方位の計算式が無いため次の式を示す。

$$A = \tan^{-1} \left\{ \frac{\cos \phi \times \cos \delta \times \sin \omega}{\sin \phi \times \sinh - \sin \delta} \right\}$$