

研究報告書 太陽光発電の発電効率に関する解析
太陽光パネルへの天空・直達日射遮蔽

2012/1/8

大阪市立大学 工学部 環境都市工学科
地域環境計画研究室
東レ建設株式会社

1 はじめに

太陽光発電システムは、太陽の日射エネルギーを利用したクリーンなエネルギーとして普及が進んでいる一方、外部要因による発電効率の低下も懸念されている。そこで、本研究では、太陽光発電の発電効率について以下の実測3を行う。

・実測3 太陽光パネルを部分的に日射遮蔽した際の、遮蔽面積と発電効率の関係について

太陽光パネルを建物に設置すると、周りの建物や障害物の影響により、一部に日影が落ちる場合がある。パネルの一部に日影が落ちると、セルは抵抗として働き、発電効率は低下する。また、抵抗が一定以上になったセルに電流が流れると、そのセルは発熱し、破壊される。このようにセルが破壊されるのを防ぐために、太陽光パネルは、セルの抵抗が一定以上になると、電流を他の回路にバイパスして流すように回路が組まれている。実測3では、太陽光モジュールを部分的に日射遮蔽し、その際の日射遮蔽の種類・範囲・面積と発電効率の関係により、日影の影響を解析する。

2 実測概要

2.1 実測期間・場所

2011年8月31日に、フジプレアム株式会社 播磨テクノポリス光都工場/研究所にて実測を行った。

2.2 実測設備

フジプレアム株式会社 播磨テクノポリス光都工場/研究所の駐車場に、太陽光発電モジュールを傾斜角 30 度、真南向きで3台並べて設置した(以下モジュール A、B、C)。太陽光発電モジュールは、156mm 四方のセル 54 枚で構成されており、最大出力は 195W である。それぞれのモジュールのセルには熱電対を対角線上(左下部、中央部、右上部)に3か所ずつ取り付けており、モジュール A、モジュール B の左下部には日射計を取り付けている。

表 1 太陽光発電モジュール設置概要

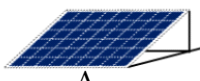
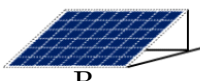
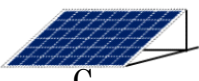
	モジュールA	モジュールB	モジュールC
傾斜角	30度		
モジュール表面方位角	真南向き		
熱電対取付位置	左下部・中央部・右上部		
日射計取付位置	左下部	左下部	—
その他	—	—	光触媒塗布
概要図	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> 西←  A  B  C →東 </div>		



図 1 太陽光発電モジュール設置状況

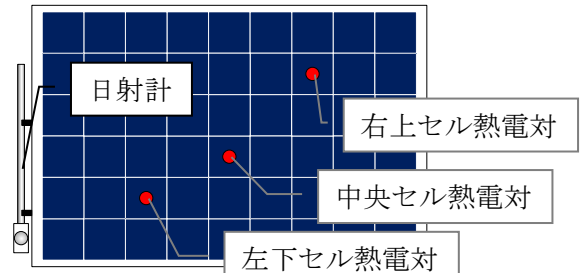


図 2 熱電対・日射計取り付け位置

2.3 実測方法 太陽光パネルを部分的に日射遮蔽した際の、遮蔽面積と発電効率の関係について

太陽光モジュールに、人為的に日影を落とし、日射遮蔽の種類・範囲・面積と、その際の発電効率との関係を解析する。日射遮蔽については、以下の2通りの方法で遮蔽する。

実測 3-1 ゴムシートを直接貼付して、全天日射を遮蔽

実測 3-2 白シートを用いて、直達日射のみ遮蔽

モジュール B を部分的に日射遮蔽し、モジュール A を比較対象用として用いる。

表 2 実測 3 測定条件

測定項目	測定機器	測定間隔
セル温度	熱電対	10秒間隔
発電量	IVトレーサー	—
遮蔽範囲・面積	—	—
モジュール表面温度	サーモカメラ	—
モジュール面日射量	日射計(モジュールA)	10秒間隔
モジュール直達日射遮蔽面日射量	日射計(モジュールB)	10秒間隔

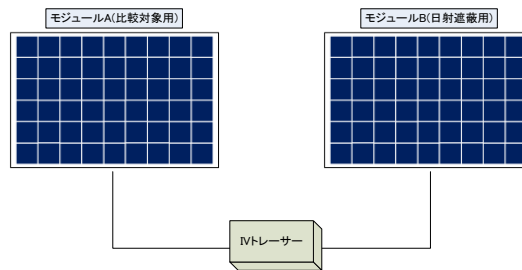


図 3 実測 3 概要図

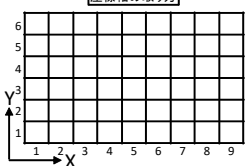
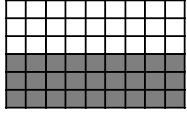
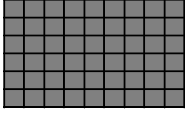
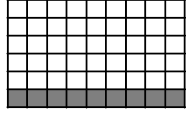
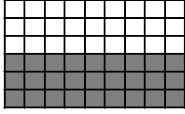
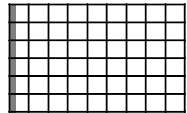
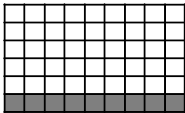
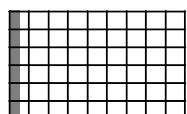
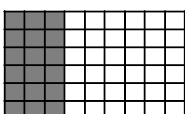
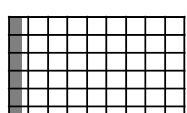

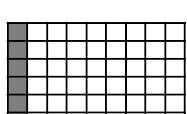
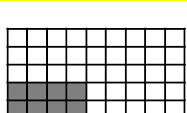


図 4 ゴムシート遮蔽の様子



図 5 白シート遮蔽の様子

表 3 日射遮蔽パターン

実測3-1 全天日射遮蔽	実測3-2 直達日射遮蔽
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">座標軸の取り方</div> 	
<p>パターンA2 (X1~9-Y1~3)</p> 	<p>パターンD1 (X1~9-Y1~6)</p> 
<p>パターンA3 (X1~9-Y1)</p> 	<p>パターンD2 (X1~9-Y1~3)</p> 
<p>パターンA4 (X1/3-Y1~6)</p> 	<p>パターンD3 (X1~9-Y1)</p> 
<p>パターンA4 (X1/2-Y1~6)</p> 	<p>パターンD4 (X1~3-Y1~6)</p> 
<p>パターンA4 (X2/3-Y1~6)</p> 	<p>パターンD5 (X1~3-Y1~3)</p> 
<p>パターンA4 (X1-Y1~6)</p> 	
<p>パターンA5 (X1~4-Y1~3)</p> 	

3 太陽光パネルを全天日射遮蔽した際の、遮蔽面積と発電効率の関係について

3.1 電流・電圧特性による発電系統の見極め

電流・電圧特性により、パターン A2 では系統 1(上部 1/3 系統)のみ、パターン A3 では系統 1・2(上部 2/3 系統)のみ、パターン A5 では系統 1(上部 1/3 系統)のみ発電することがわかった。

・パターン A2

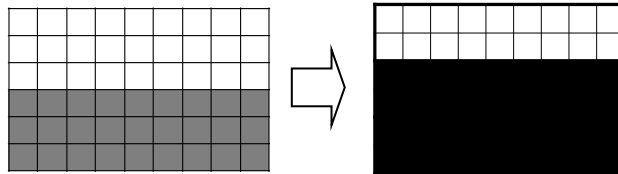
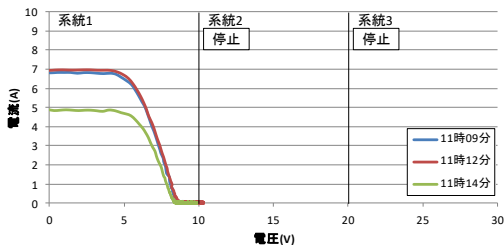


図 6 パターン A2 電流・電圧特性と発電系統

・パターン A3

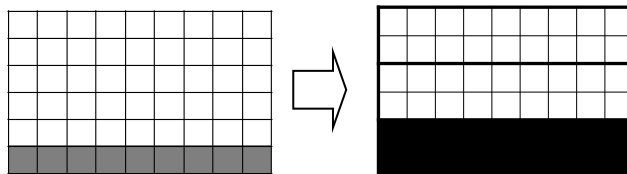
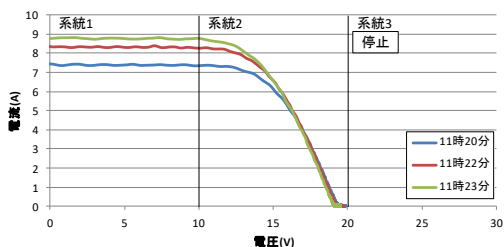


図 7 パターン A3 電流・電圧特性と発電系統

・パターン A5

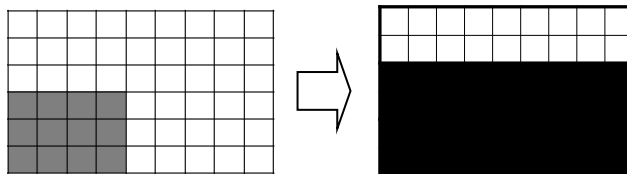
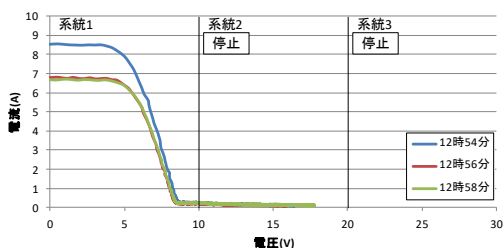


図 8 パターン A5 電流・電圧特性と発電系統

3.2 パターン A4 における遮蔽面積と発電停止の関係

パターン A4 において、X1/3-Y1~6 遮蔽、X1/2-Y1~6 遮蔽、X2/3-Y1~6 遮蔽の場合、全系統で発電し、X1-Y1~6 遮蔽の場合、全系統で発電が停止することがわかった。

・ X1/3-Y1~6 遮蔽

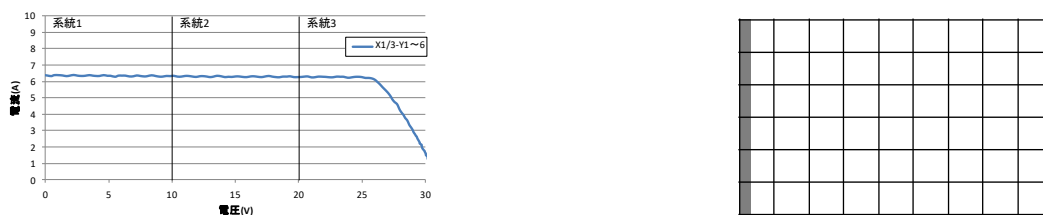


図 9 X1/3-Y1~6 遮蔽 電流・電圧特性

・ X1/2-Y1~6 遮蔽

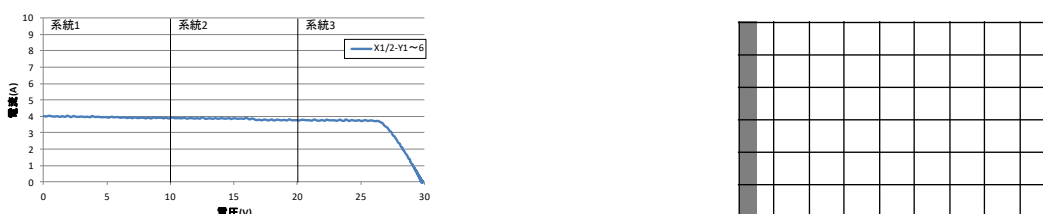


図 10 X1/2-Y1~6 遮蔽 電流・電圧特性

・ X2/3-Y1~6 遮蔽

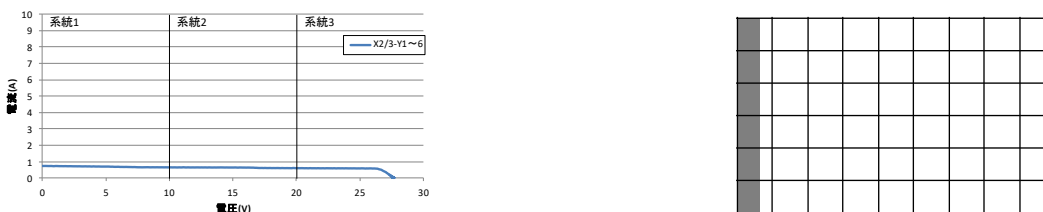


図 11 X2/3-Y1~6 遮蔽 電流・電圧特性

・ X1-Y1~6 遮蔽

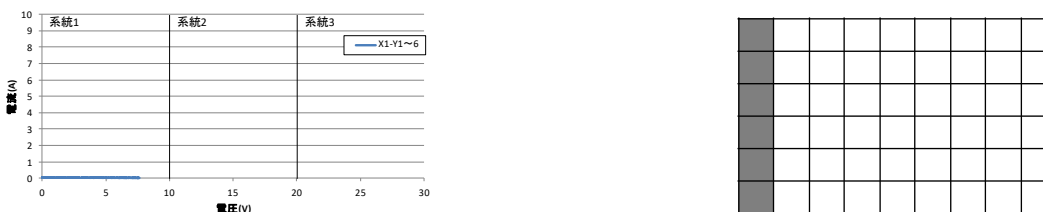


図 12 X1-Y1~6 遮蔽 電流・電圧特性

3.3 部分発電システムにおける発電効率

パターン A2、A3、A5 において、一部システムのみ発電している場合の部分発電効率は、全システムが発電している場合の発電効率に比べ、低下していることがわかった。部分発電効率の低下は、発電システムにおけるセル温度上昇によるものと考えられる。発電停止システム数が多いほど、発電システムにおけるセル温度上昇の割合が大きく、部分発電効率低下の割合も大きいことがわかった。

・パターン A2

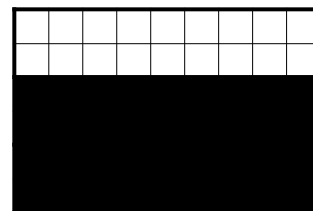
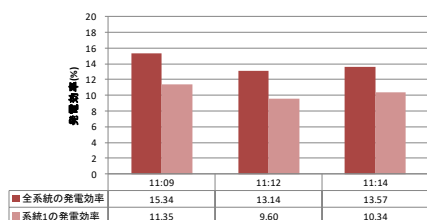


図 13 パターン A2 系統 1(上部 1/3 系統)の部分発電効率

系統 1 のみ発電

・パターン A3

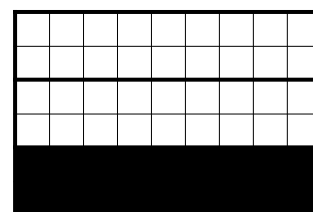
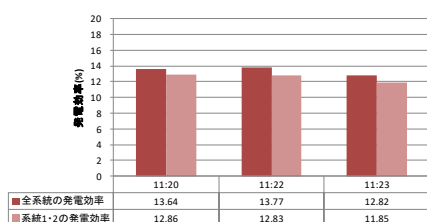


図 14 パターン A3 系統 1・2(上部 2/3 系統)の部分発電効率

系統 1・2 のみ発電

・パターン A5

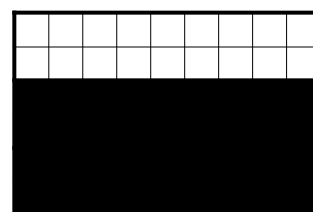
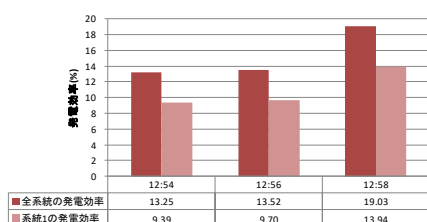


図 15 パターン A5 系統 1(上部 1/3 系統)の部分発電効率

系統 1 のみ発電

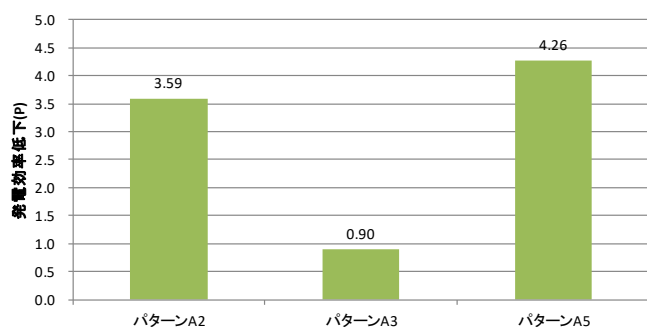


図 16 パターン A2・A3・A5
部分発電による発電効率低下

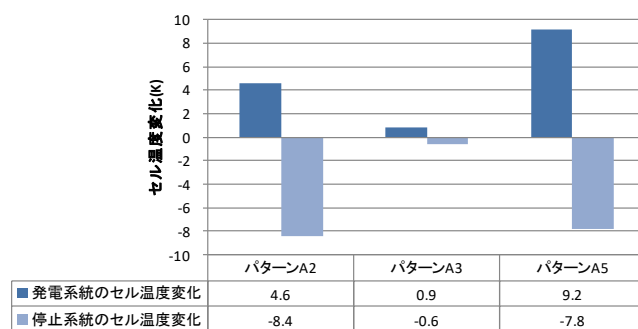


図 17 発電系統と発電停止系統のセル温度変化

3.4 パターン A4 における遮蔽面積と出力比の関係

パターン A4 において、X1/3-Y1~6 遮蔽で出力 80.49%、X1/2-Y1~6 遮蔽で出力 60.66%、X2/3-Y1~6 遮蔽で出力 35.27%、X1-Y1~6 遮蔽で出力 0% となり、遮蔽面積が大きくなるにつれて、出力比が低下することがわかった。遮蔽面積率と出力比に関する 2 次回帰式は、 $出力比 = -0.9244 \times (遮蔽面積率)^2 - 1.8694 \times 遮蔽面積率 + 100$ で表すことができ、X0.848-Y1~6(遮蔽面積率 9.43%)で出力比が 0% となり、発電が停止することがわかった。

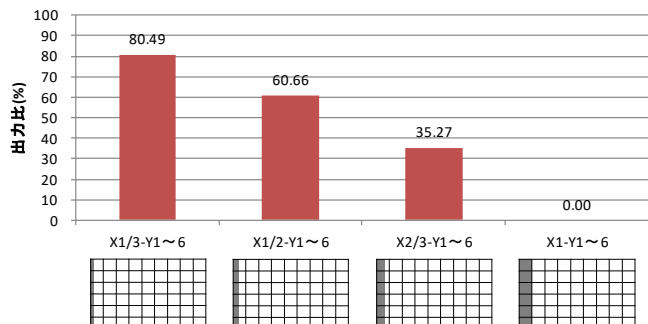


図 18 パターン A4 出力比

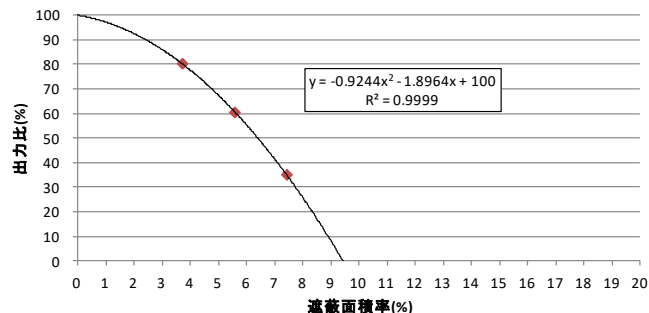


図 19 遮蔽面積率と出力比の回帰式

4 太陽光パネルを直達日射遮蔽した際の、遮蔽面積と発電効率の関係について

4.1 パターン D1 における日射量比と出力比の関係

パターン D1 において、直達日射を遮るのみではセルは発電を停止しないことがわかった。また、日射量比 30.55% に対して、出力比 26.35% であり、日射量と発電量には比例関係がみられず、日射量比に対して出力比の減少の割合が大きいことがわかった。

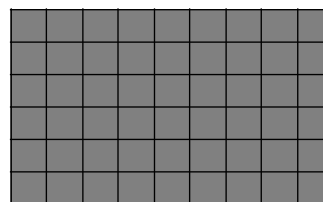
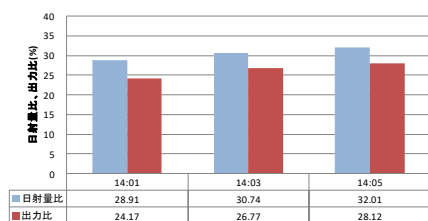


図 20 パターン D1 日射量比と出力比①

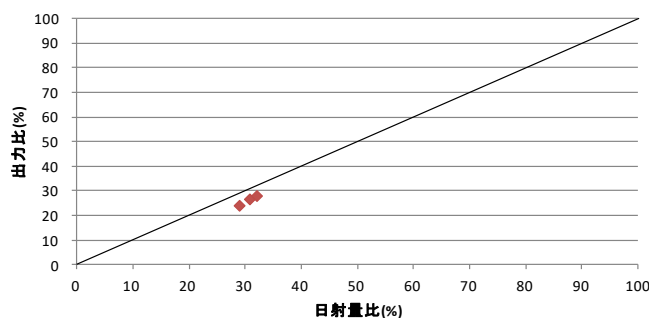


図 21 パターン D1 日射量比と出力比②

4.2 同一遮蔽面積における発電効率の比較

同一遮蔽面積であるパターン D3 とパターン D5 の比較により、複数の系統にまたがって遮蔽されると、複数の系統の抵抗が上がり、発電効率低下の割合が大きくなることがわかった。

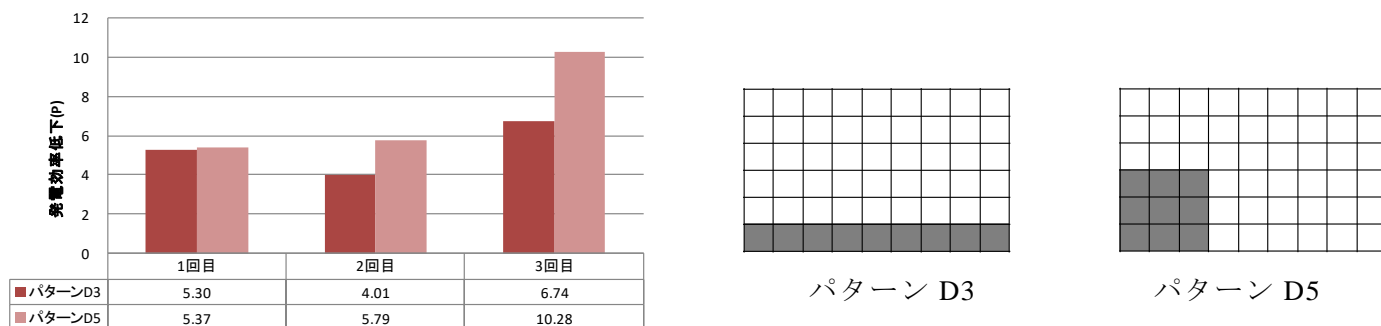


図 22 同一遮蔽面積における発電効率低下

4.3 遮蔽面積率・日射遮蔽率と発電量減少率の関係

部分遮蔽したパターン D2～D5 において、遮蔽面積率に対して発電量減少率が大きいことがわかった。また、遮蔽面積率に対する発電量減少率は、1 系統遮蔽(パターン D3)、2 系統遮蔽(パターン D2、D5)、3 系統遮蔽(パターン D4)の順に大きくなっており、影のまたがる系統数が多いほど、発電量減少の割合が大きくなると考えられる。また、日射遮蔽率に対する発電量減少率についても同様のことがいえた。

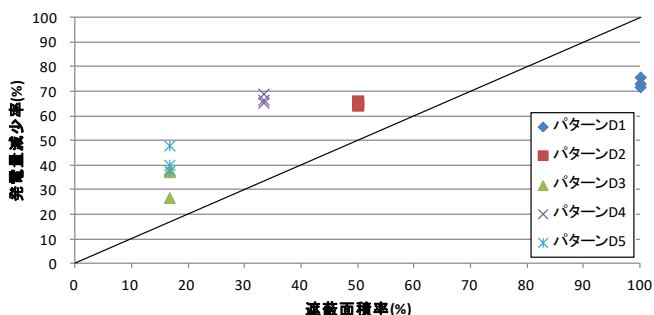


図 23 遮蔽面積率と発電量減少率

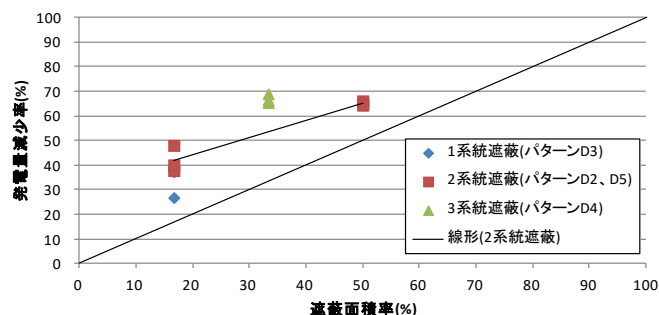


図 24 遮蔽系統別の遮蔽面積率と発電量減少率

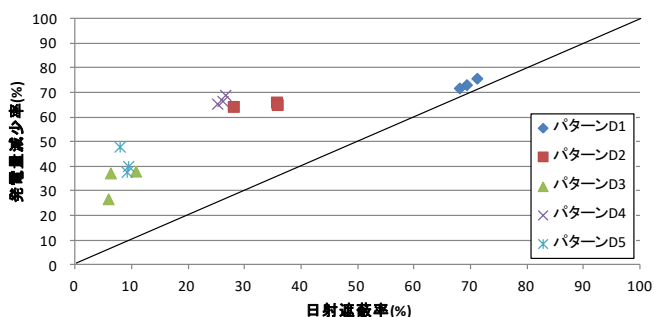


図 25 日射遮蔽率と発電量減少率

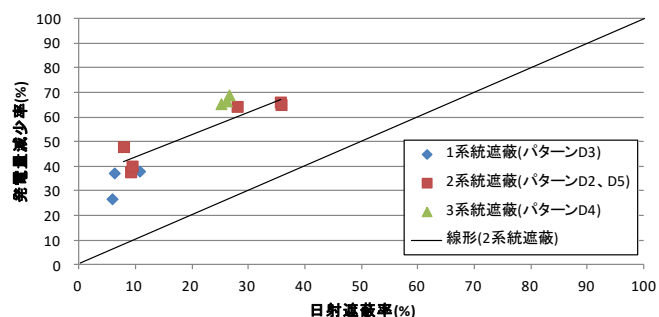


図 26 遮蔽系統別の日射遮蔽率と発電量減少率

5 今後の展望

- ・日影が、太陽光パネルの複数の系統にまたがって落ちないように、太陽光パネルの設置場所、周りの障害物の位置を調整する必要がある。

式の定義

$$\text{発電効率(\%)} = \frac{\text{発電量(W)}}{\text{モジュール面日射量(W/m}^2\text{)} \times \text{モジュール面積(m}^2\text{)}} \times 100 \quad \text{式 1}$$

$$\text{遮蔽面積率(\%)} = \{ \text{遮蔽面積(m}^2\text{)} / \text{モジュール全面積(m}^2\text{)} \} \times 100 \quad \text{式 2}$$

$$\text{部分発電効率(\%)} = \frac{\text{発電系統発電効率(W)}}{\text{モジュール面日射量(W/m}^2\text{)} \times \text{発電系統面積(m}^2\text{)}} \times 100 \quad \text{式 3}$$

$$\text{出力比(\%)} = \{ \text{遮蔽あり発電量(W)} / \text{遮蔽なし発電量(W)} \} \times 100 \quad \text{式 4}$$

$$\text{日射遮蔽率(\%)} = \{ 1 - (\text{遮蔽モジュール面日射量(W)} / \text{モジュール面日射量(W)}) \} \times 100 \quad \text{式 5}$$

$$\text{日射量比(\%)} = \left\{ \frac{\text{遮蔽ありモジュール面日射量(W)}}{\text{遮蔽なしモジュール面日射量(W)}} \right\} \times 100 \quad \text{式 6}$$

$$\text{発電量減少率(\%)} = \left\{ 1 - \frac{\text{遮蔽あり発電量(W)}}{\text{遮蔽なし発電量(W)}} \right\} \times 100 \quad \text{式 7}$$

以上