

# 姫路市内係争事例における太陽光パネルの反射光シミュレーション

2017年3月17日

NPO地域づくり工房

代表理事 傘木宏夫

太陽光発電所建設に伴う係争事例としてマスコミ等を通じて全国的に知られるところとなった姫路市内での事件（平成27年（ワ）第710号及び第956号）について、現地調査と裁判調書の閲覧を行い、争点となっている太陽光パネルからの反射光の挙動について私なりのシミュレーションを試みた。なお、この調査は平成28年度「地球環境基金」を利用させていただいた。

## 1. 太陽光の反射光の角度と方位の算出

### (1) 反射の法則：光が鏡で反射するとき入射角＝反射角となり、直進する（図1）

鏡などの反射面に対して、入射角（反射面に垂直な直線と入射光との角度）と反射角（反射面に垂直な直線と反射光との角度）は同じ角度となる。また、光は均一な物質中では直進する。たとえば、仰角 $60^\circ$ の太陽光の入射角は $30^\circ$ となり（仰角＋入射角＝ $90^\circ$ ）、反射光は太陽の方位から $180^\circ$ の方向へ（すなわち直進）、水平面から $60^\circ$ の角度（反射角 $30^\circ$ ）をもって反射していく。なお、説明を簡易化するために、「反射角」とのみ記した場合は、反射光の水平面に対する角度を指すこととする。

### (2) 太陽光パネルの斜度を加味した反射光の挙動

#### ①反射パターンA（図2）

一般的に太陽光パネルは南向きに斜度を与えて設置される。その場合、水平面に対する反射光の角度は、仰角と反射角を合わせた角度となる。たとえば、仰角 $60^\circ$ で南側から射し込む太陽光は、パネル斜度 $15^\circ$ の場合、水平面に対して北側に $75^\circ$ の角度をもって反射する。

$$\text{計算式A} : 60^\circ (\text{仰角}) + 15^\circ (\text{パネル斜度}) = 75^\circ (\text{北向き水平面に反射角})$$

#### ②反射パターンB（図3）

パネルの斜度が大きい場合は南側に反射する場合がある。たとえば、パネル斜度 $45^\circ$ の場合（雪国では多い設置方法）、仰角 $60^\circ$ で南側から射し込む太陽光は、斜度との合計が $90^\circ$ を超えて $105^\circ$ となるため、水平面に対して $75^\circ$ の角度をもって南側へ反射する。

$$\text{計算式B} : 180^\circ - [60^\circ (\text{仰角}) + 45^\circ (\text{斜度})] = 75^\circ (\text{南向き水平面に対する反射角})$$

#### ③反射パターンC（図4）

春分から秋分にかけては、日の出は真東より、日の入は真西より、それぞれ北側となる。この場合、太陽光が、真東または真西より北側にある間は、北側から差し込み、南側に反射する。この場合、反射光は、水平面に対してパネルの斜度から仰角を引いた角度分が低くなって反射する。たとえば、太陽光が仰角 $20^\circ$ で北側から斜度 $15^\circ$ のパネルに差し込んだ場合は、水平面に対して $10^\circ$ 低く、南側に反射していく。

$$\text{計算式C} : 0^\circ - 15^\circ (\text{斜度}) + [20^\circ (\text{仰角}) - 15^\circ (\text{斜度})] = -10^\circ$$

なお、パネルの斜度より低い仰角からの太陽光はパネルの裏面を照らす。

### (3) パネルの東西に対する傾きの影響

パネルが、真南に対して東向きないし西向きに傾いて設置された場合は、傾いた分の方位からの太陽光は反射しない。たとえば、真南に対して西向きに $15^\circ$ 傾いて設置された場合は、真東（ $90^\circ$ ）に対して $+15^\circ$ （方位 $105^\circ$ ）までの太陽光はパネルの表面に差し込まない。

## 2. 太陽光の反射光による影響が想定される範囲

### (1) パネルの北側の高い位置 (反射パターンA)

冬期は南からの低く入る太陽光が北側の高い方向に反射する。

そのため、パネル設置場所の北側に高い建物がある場合、その反射光が届く可能性がある。パネルの斜度が低い場合、影響の及ぶ範囲は広がる。

### (2) パネルの南側直近の高い位置 (反射パターンB)

パネルの斜度が高い場合、夏季の正午前後の高い仰角で射し込む太陽光は、南側に近接して高い建物がある場合、その反射光が届く可能性がある。

### (3) パネルの南東ないし南西の低い位置 (反射パターンC)

春分から秋分にかけて、真東ないし真西より北側の位置から差し込む太陽光は、パネルの南西ないし南東の低い方向に反射する。そのため、建物の屋上などにパネルがある場合、南東ないし南西側にある低い建物などに影響を与える可能性がある。

野立て式であっても、斜度が高い場合は、パネルの上部は高い位置となるため、隣接する道路を通行する自動車の運転手の視野に反射光が入る可能性がある。その場合は、一瞬であっても、自動車運転にとっては危険な状態となるため、特段の配慮が必要となる。

## 3. 姫路事例のシミュレーション

### (1) 前提条件

裁判で、原告は「詳細な設計図面がないとシミュレーションができない」として設計図面の証拠提出を求めている (第7回弁論、2017.1.16)。しかし、Google Earth で得られる画像は2016年5月2日付で、すでに発電所が存在し、原告らの家々に面して新たな植樹が施されている (図5)。この画像から得られる情報の範囲内でシミュレーションを試みる。なお、本事案は公判が行われており、実名報道もあるが、詳細な位置情報は伏せる。

①位置 北緯：34° \*\*:\*\*\* 東経：134° \*\*:\*\*\*

標高：44m (誤差範囲なので計算上は無視)

②パネルの斜度 15°

※パネルは、架台に乗っていることと斜度があることで高さが生じる (下辺約0.3m、上辺約2.0m)。パネルの高さを計算に入れると、原告宅2階軒下を超えて反射光が届く時間帯を狭めることに作用するが、計算を簡易化するために無視した (原告に有利な設定)。

③パネルの向き 西向きに約15°傾けて設置

④原告の建物

- ・2階建。2階軒下の高さを7mに設定 (平均的な設計よりは高め)
- ・直近のパネルからの距離は少なめに見積もって約6mである。



写真：パネル設置状況 (右手が原告宅) 筆者撮影

### (2) 本事案における反射光の挙動 (表1、図5)

上記を前提条件とした場合、本件の現地における反射光の挙動は以下になると考えられる。なお、光の強さや明るさは無視し、反射光の届く範囲についてのみ言及する。

①北から1～5列目までのパネル列からは原告宅に反射光を及ぼさない。

※パネル列は真南に対して15°西向きで、5列目の下辺の延長線が原告宅の北側となるため、反射光が到達することはない。15°西向きにしているのは、発電所東側に標高114mの小山があり、太陽光が遮られることを考慮したものとする (図6)。

②北から6～8列目のパネル列が反射光を及ぼす（図7）

※これら3列のパネル列からの反射光は、2月2日から3月5日の間で、時間帯は午前6時50分から午前8時の間で、1日のうちで最も長くても2時間40分程度になる。

③北から9列目より南はパネル列からの反射光は及ばない。

※9列目より南側のパネル列は、計算上の反射角が15°を超えるため、斜度15°のパネルからの反射光は及ばない。

(3) まとめ

原告宅に太陽光の反射光を及ぼしているのは北から6～8列目のパネル列で、その期間は2月2日頃から3月5日頃の午前6時50分頃から午前8時頃であると考えられる。

4. 対策のシミュレーション

Google Earthの画像（図6）によれば、パネル列は縦6×横12（5m×16m）のパネルからなるブロックを1単位として、北から6～8列目は3つのブロックが連結されている。反射光が原告宅に及ばないようにするためには、パネル列の斜度を、aブロックは反射パターンBを考慮して30°に、b～fの6ブロックは35°に設定する方法が考えられる。

5. 感想

この分析が正しければ、原告宅への反射光の差し込みは確認できるものの、「日の出から午後2時まで、眩しくて東側に目が向けられない」や6月～8月にかけて室内が40℃～50℃超の暑さとなり熱中症になったという原告の主張には誇張が感じられる。とはいえ、被告が開発に先立って簡易なシミュレーションとそれに基づく住民との対話（自主簡易アセス）を行っていれば、係争を未然に防ぐことができたであろう。

以上

表1：パネル列別の太陽光反射光の挙動

※1 列番	地点	計算値※2			太陽高度に伴う数値※3					
		距離※4	反射角	方位	距離	反射角	仰角	方位	月日	時刻
6	最遠	34m①	15.0°	105°	34m	15.05°	0.05°	105.11°	02/16	06:50
	最短	6m②	49.4°	124°	6m	48.97°	33.97°	128.13°	03/05	09:30
7	最遠	34m③	15.0°	105°	34m	15.05°	0.05°	105.11°	02/16	06:50
	最短	13m④	28.3°	107°	13m	28.18°	13.18°	107.75°	03/03	07:40
8	最遠	34m⑤	15.0°	109°	34m	15.61°	0.61°	108.45°	02/08	07:00
	最短	15m⑥	25.0°	118°	15m	25.51°	10.51°	118.95°	02/02	08:00
9	最遠	27m⑦	15.0°	122°	該当なし					
	最短	25m⑧	15.6°	129°	該当なし					

※1 太陽光パネル列を北から数えたもの

※2 パネルと原告宅との位置関係から計算した反射角とその方位。

・最遠距離は、最小反射角15°（＝パネル斜度）と原告宅2階軒下7m（高さ）から算出

・最短地点の反射角は、原告宅2階軒下7m（高さ）と当該パネル列の最短距離（底辺）から算出した角度（θ）からパネル斜度15°を引いたもの。

※3 CASIO「計算サイト：太陽高度（一日の変化）」及び本会「自主簡易アセス支援サイト」を利用して分析した。それぞれの数値は以下のように相互に関連しあっている。

a. 最遠地点は、東経105°以上、かつ仰角15°未満で最も0°に近い太陽光が差し込む地点

b. 最短地点は、計算値上の反射角（θ－15°）に最も近い仰角で太陽光が差し込む地点

c. 反射角は、原告宅2階軒下に差し込む最遠地点からの最小角度と最短地点からの最大角度

d. 日時は、上記の条件等をみたく仰角と方位に太陽がある時間で、2017年のもの

※4 図6の太陽光パネル上に示した番号

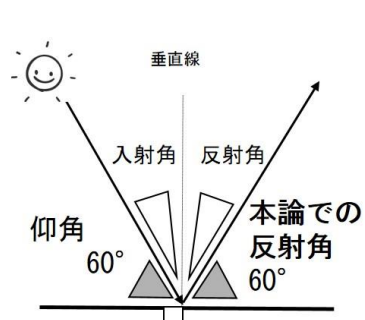


図1 反射の法則

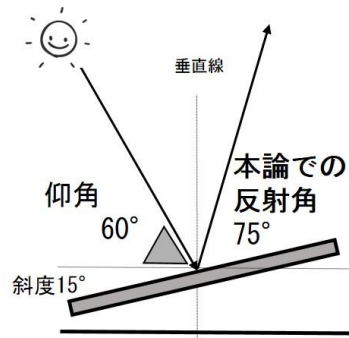


図2 反射パターンA

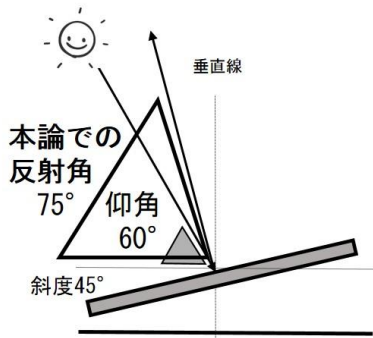


図3 反射パターンB

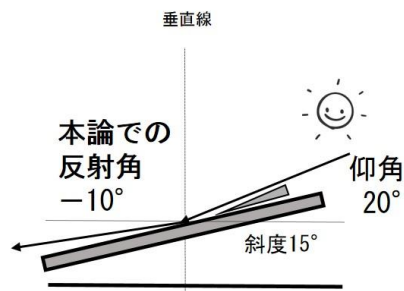


図4 反射パターンC



図5 現場における太陽光の挙動

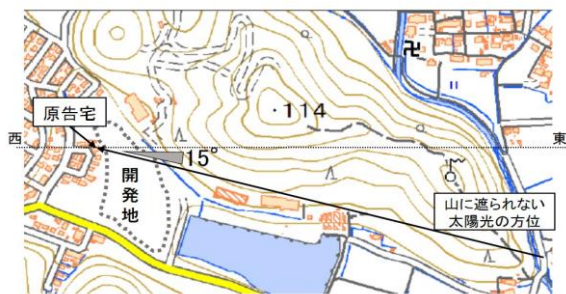


図6 東側の小山との位置関係

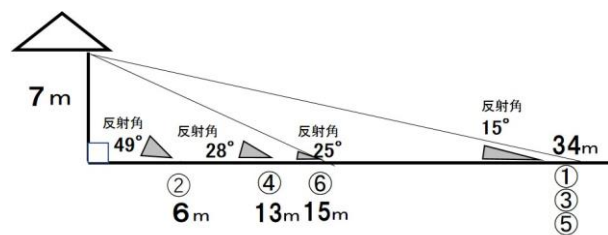


図7 太陽光の反射光の挙動(断面)

この調査は平成 28 年度独立行政法人環境再生保全機構「地球環境基金」の助成により実施しました。