

平成24年10月20日発行第574号  
年11回(8月を除く月の20日)発行  
昭和38年9月23日第3種郵便物認可

**MRA** Japan  
Metal Roofing  
Association



# 施 工 と 管 理

No.298 **2012.10**

**【特集】折板屋根、太陽光発電、天窓照明**



周辺の緑に際立つライトブルー  
—キャップ式嵌合屋根の軽快な縦のライン—



# 折板屋根、太陽光発電、天窓照明

株式会社 伊藤建築設計事務所  
取締役 設計監理総括 本間 篤

## 1. はじめに

折板屋根は軽量である上に、強度が高く、下地スパンを大きく取れること、水勾配を小さく出来ること(2~3%)、現地で成型すれば長さの制限はなく、工期が短い事が建築計画上の特徴である。非常に経済性が高いと言え換えられる。折板屋根は(幾何学上の)平面が基本で、ラジアル加工等により円弧状も可能であるが、複雑な形状に向かない為、意匠性に乏しいと考えられている。折板屋根部分では気密性は高いものの、外壁や間仕切り壁との取り合い部分は、気密性のある仕組みが提案されておらず、気密性があまり求められていない場合にのみ、折板屋根が使われているのが実情である。遮音性が低く、雨音が室内に響き、日射による伸び縮みによる音が気になる。断熱性が低いため、夏場の暑さ、冬場の寒さなど室内環境を求めない工場や倉庫に使用される例が多いが、経済性を追求する物品販売店舗にも多用されている。

後発の技術である二重折板屋根により、断熱性能が格段と向上し、雨音も気にならないものとなった。日射による伸び縮み音は残るものの、高断熱の外壁と空調設備を組み合わせることで折板屋根の使用範囲が広がる可能性がある。これがこれまでの折板屋根の状況であった。

再生可能エネルギーの固定価格買取制度が公表され、太陽光発電の買い取り価格が20年間 42円/kWh(消費税込み)と決定されてから、折板屋根の状況が大きく変化した。新設の屋根に太陽光パネルを設置したいとの建築主からの希望や既存の屋根へ設置したいと設計事務所に相談を持ちかける建築主、事業者が急増している。

一方では、折板屋根専用の天窓を改良して室内環境改善と省エネを実現する、どちらかという懐古的な技術が普及しつつある。太陽光を直射光と散乱日射に区分し、比較的変動が少ない散乱日射のみを照明光源として捉えるのが建築照明の立場であった。しかし、日射量で言えば、散乱日射は半分以下でしかない。この懐古的技術は日射全部を室内に拡散することができる天窓とその明るさをシミュレーションする技術から成り立っている。

建築設計者として建築計画の視点から、折板屋根にまつわるこれらの状況について概観するのが本稿の目的である。

## 2. 太陽光発電のあらまし

太陽光発電の最も重要な要素は太陽光発電パネルの変換効率である。現在の市販品では15~16%であ

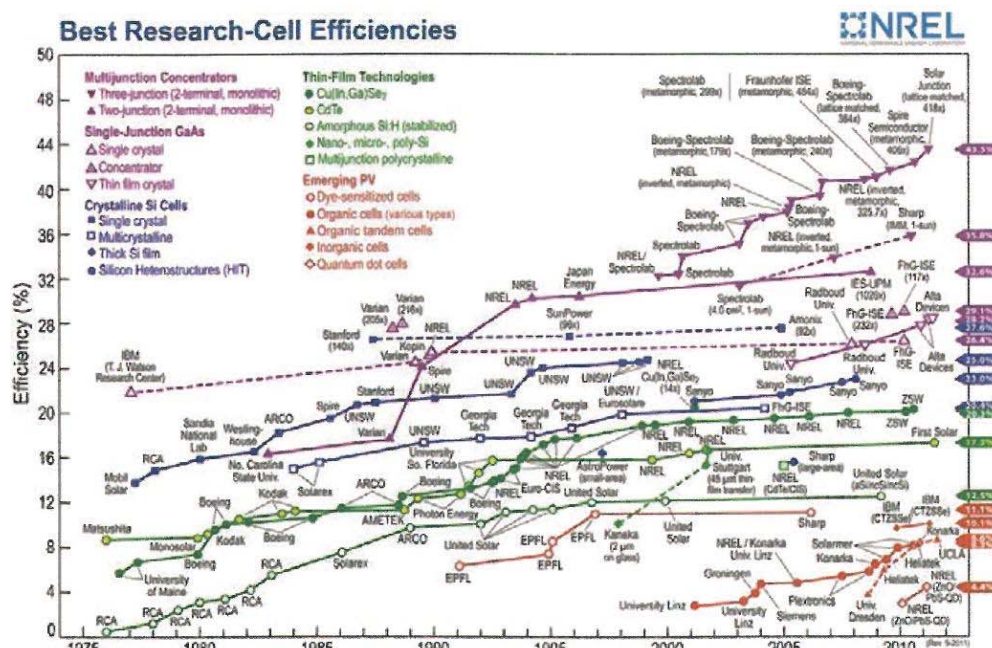


図2-1 太陽光パネル効率変遷



る。40%を超える化合物多接合型太陽電池も開発されている。今後とも効率の向上が見込まれる。

世界の太陽光発電では1位ドイツ、2位スペイン、3位日本である。現在1位のドイツは、2000年に固定価格買取制度を定めた再生可能エネルギー法を施行してから急激に太陽光発電が進んだ。ドイツでは非住宅用が80%を占めている。2012年5月には、2200万kWを発電した。これは原子力発電所20基分に当たると報道された。現在は設備容量で2700万kW、2016年には倍の5400万kWとなる見通しであるが、発電量に占める割合は3.3%と僅かである。さらに再生可能エネルギー法を2012年6月末に改定し、太陽光発電の買い取り価格を20~30%引き下げ、太陽光発電の累計設備容量が5200万キロワットに達した後は太陽光発電の買い取りを中止することを決めた。

日本では、1973年第4次中東戦争に端を発した第1次オイルショック、1979年イラン革命から始まる第2次オイルショックは、中東の石油に極端に依存する日本の状況への反省を強いた。中東以外での油田開発や原子力、風力、太陽光など非石油エネルギーの開発が進められることとなった。国内市場では、1980年に設立された新エネルギー財団による助成が功を奏

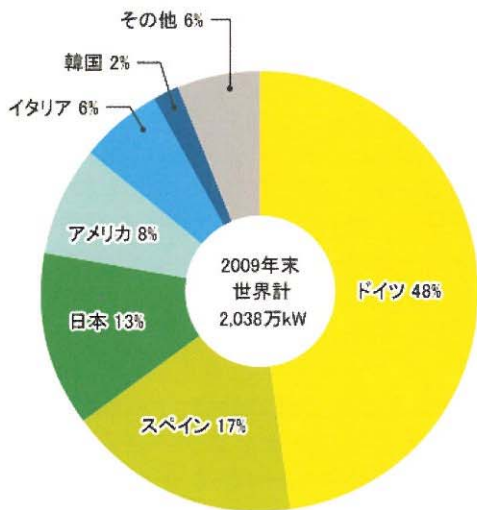


図2-2 太陽光発電割合

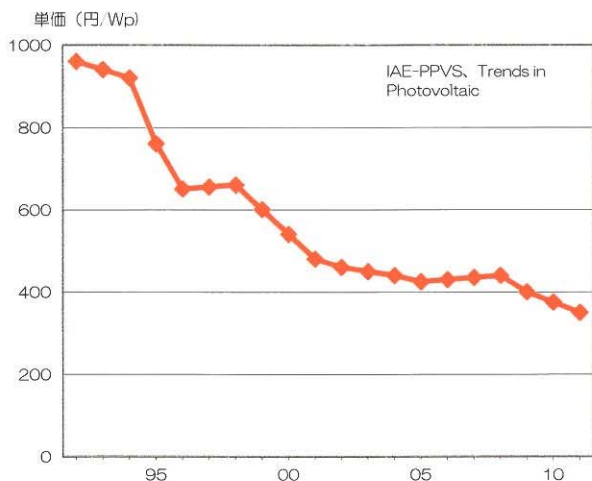


図2-3 モジュール単価

し、太陽光発電が指数関数的に伸びていった。その結果、太陽光発電パネルの生産量や導入量で長く世界一の地位を占めていた。2000年ごろまでは、欧州全体よりも日本一国での太陽光発電量が多いという状況であった。

2005年度で助成が打ち切られるとパネル生産は減少を始め、価格も下げ止まった。2008年から再度助成の強化が図られると生産が増加に転じるようになった。2012年からは固定価格買取制度が導入された。

これまで住宅を中心に助成制度が活用されてきたため住宅用が81%であったが、今回の固定価格買取制度は大規模な設備も対象となり、投資効果を期待したメガソーラー計画が数多く進められている。現在の計画発電量の合計は126万kWとなり、大飯原発3号機、4号機の出力118万kWと比肩しうる発電量となっている。原子力発電所は計画から稼働まで10年余りを必要とするのに比べ、3年ほどで達成する発電量としては大きいといえる。

しかし、耕作放棄された農地を安直に太陽光発電所とすることは、世界的な食料不足、気候変動(地球温暖化だけでなく、地球が氷河期に向かっているとの報告もある)に対しての不安が残る。土があればすぐに農地になるのではなく、作物の育成に適した成分、微生物や空隙は十数年の農民の労働から出来上がるものである。太陽光発電所として20年もの間、日光から阻害された土地が直ぐに農地に戻るものとは考えられない。長期の視点を持った立地が必要である。

### 3. 太陽光発電と折板屋根

固定価格買取制度が導入され、事業者による発電も対象となることが決定され、工場や倉庫、ショッピングセンターの屋根への設置が積極的に検討されている。特に郊外型のショッピングセンターでは、平屋建てが多く、折板屋根となっているケースが多い。太陽光発電の事業者が建築主へアプローチし、建築主に太

出力規模別ベスト10

発電所名	総出力 kW	所在地	事業者	運転開始日/現状
苫東地区	111,000	北海道 苫小牧市	ソフトバンク	2014年度予定 計画中
南相馬市	100,000	福島県 南相馬市	双日、大成建設、東芝	2014年度予定 計画中
大分臨海工業地帯	70,000~80,000	大分県 大分市	丸紅、昭和電工、日本陸軍	検討中
鹿児島市七ツ島 IHI 社有地	70,000	鹿児島県 鹿児島市	鹿児島メガソーラー発電	2013年秋 計画中
巨理町 沿岸部	60,000~100,000	宮城県 巨理郡巨理町	NTTファシリティーズ等	2012年予定 計画中
田原市緑が浜 三井化学所有地	50,000	愛知県 田原市	三井化学、三井物産、東亜合成、東芝、東レ、三井造船	2013年9月予定 計画中
木曾峠干拓地	40,000	三重県 木曾峠町等	三重県	計画中
米子市大崎・葦津 (崎津地区)	39,500	鳥取県 米子市	ソフトバンク、三井物産	2013年度予定 計画中
佐野生穂地区	30,000~40,000	兵庫県 淡路市	東京電力、豊田通商(ユースエナジー)	2013年度 計画中
銚路白糠工業団地	30,000	北海道 白糠郡白糠町	東京電力、豊田通商(ユースエナジー)	2013年予定 計画中

都道府県ベスト10

都道府県	箇所数	総発電出力 kW
北海道	22	196,996
福島県	7	144,535
大分県	5	117,100
宮城県	11	107,000
鹿児島県	7	88,102
大阪府	11	72,800
三重県	5	72,210
兵庫県	10	65,460
愛知県	7	64,880
鳥取県	3	41,800

Wikipedia 『日本の太陽光発電所』より

図2-4 太陽光発電所ベスト10

太陽光発電システムを売り込む場合、建築主から屋根を借りて発電システムを設置し、売電して利益を得る場合などがある。建築主が設置する場合、8年程で投資回収が図れる試算が示されている。

新設の屋根に設置する場合は、太陽光パネルと付属する配線の重量18~20kg/m<sup>2</sup>程度を屋根の積載荷重に加えて構造計算することで支障なく設置できる。それでも元々が軽量の屋根であるので、18~20kg/m<sup>2</sup>を追加することで建物の骨組みの若干のコストアップは避けられない。

モジュール最大出力	150 W/枚
モジュール数	1,884 枚
設置屋根面積	2,761 m <sup>2</sup>
最大出力	282.6 kWh
方位角	南
傾斜角	2 度
気象データ	日本気象協会 METPV-3 (1990-2003)
気象サイト	日立 (茨城県)
方位・勾配損失係数	90.0 %
光照射効果	104.0 %
温度上昇損失	10.0~20.0 %
その他損失係数	95.0 %
PCS効率	94.5 %
計算方法	JIS C8907
総合出力発電量	277,965 kWh/年
単位面積発電量	101 kWh/年・m <sup>2</sup>
換算係数 (業界自主ルール (H22) による)	0.334 kgCO <sub>2</sub> /kWh
二酸化炭素削減量換算	33.6 kg/年
換算係数 (NEDO「太陽光発電導入ガイドブックH12」による)	0.974 t-c/ha
森林面積換算量	942森林面積/m <sup>2</sup>

太陽光発電設計施工会社A社から物品販売会社B社への提案 発電シミュレーション

図3-1 太陽光発電シミュレーション

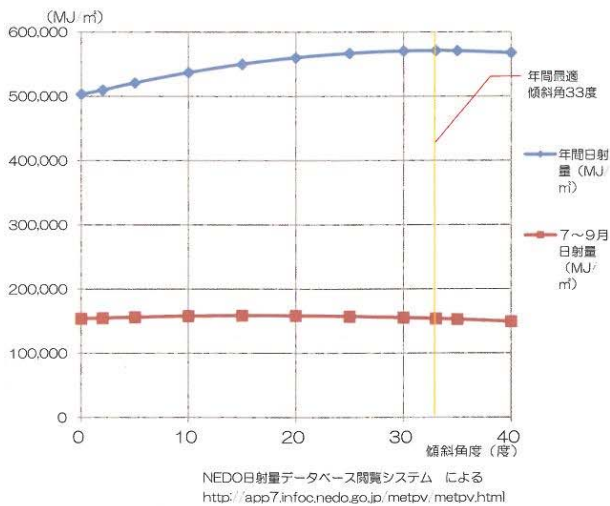


図3-2 斜面角度ごとの日射量(浜松市、方位角340度)

既設の屋根に設置する場合は、新設同様に18~20kg/m<sup>2</sup>を付け加えた構造計画を行い、乗せることが出来る範囲を特定する。これまでの当社の事例では、建物周囲の小梁の変形が大きくなりすぎる為、屋根の端部の太陽光パネルを減らすように進言した例がある。大梁や柱、基礎について補強が必要であったとした事例はない。当社の構造計算上の安全率が適切であった証明と考えている。全ての建物が構造的余裕を想定しているとは限らないので、必ず構造検討を行ってから設置すべきである。検討結果で適合しない箇所が発生することが分かった場合、太陽光パネルを一部取りやめる場合とそこの構造部材を補強する方法が考えられるが、一部取り止めで対応することがほとんどである。

次に検討されるのが太陽光パネルの設置傾斜角度、設置方位角度である。静岡県浜松市の既存工場で折板屋根に太陽光パネルを設置したときの計算事例では、折板屋根の角度(3%、方位340度)のままとした場合と年間最適角(真南向き)とした場合を比較し、1年間で10%の差があることが分かった。しかし夏季(7~9月)の差は僅か1%の差であった。電気需要が最大となる時期に年間最適角と同程度の発電量が見込めるため、ピークカットの使命を果たしている。

太陽光パネルを年間最適角に合わせる場合は、設置架台が大きなものとなり設置費用が高む。また、風当たりが強くなるため、折板屋根や下地鉄骨への負担が

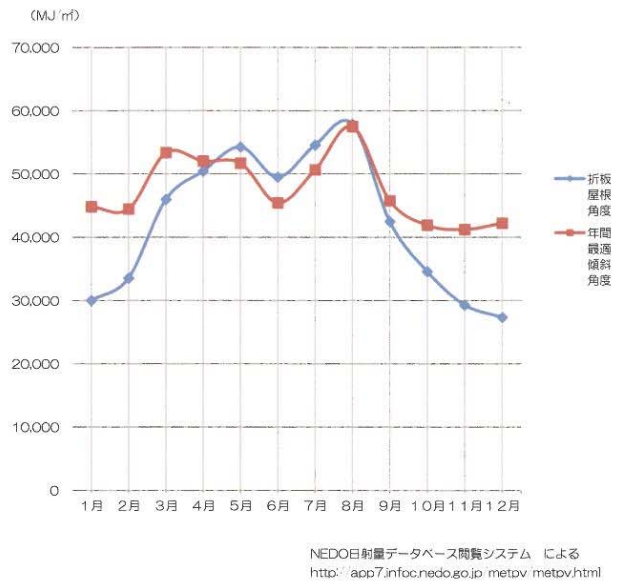


図3-3 折板屋根と年間最適傾斜角比較(浜松市、方位角340度)



増加する。また、太陽光パネルをノコギリ状に設置するので、パネル同士が朝夕や冬季に日影になり、発電効率が低下する。新設建物へ設置する場合でも、年間最適角(30度程度)に合わせて屋根を計画することは、建物の柱長さの増加、仕上げ面積の増加、重心位置が高くなることで地震荷重の増から起きる構造部材のサイズアップなどが考えられる。太陽光パネルの最適角設置することから発生する可能性としては、光害も念頭に置く必要がある。ほぼ水平な折板屋根では考えられないが、大面積の傾いたパネルであれば、短時間とはいえ問題視される可能性もある。2012年4月には住宅の屋根に設置した太陽光パネルの反射光を巡り近隣住民が撤去と損害賠償を求めた裁判で、原告の主張を認める判決が出されている。このように追加の設置コストやリスクをかけて年間最適角に合わせても、10%程度しか増加しない。まだ明らかではない事項として設置角度による雨水の洗い流し効果の相違で太陽光パネル面への埃等の付着による発電効率の低下がどの程度違うかという問題がある。この点を除外すれば明らかに折板屋根の水勾配のまま設置することが望ましいと言える。

#### 4. 天窓照明のあらまし

天窓は古くからある技術である。一番簡易なものはスレート波板屋根の一部をポリカーボネートの波板に置き換えたものが、工場などで採用されていた。そのほかには、白いアクリルのドーム状のもので排煙装置と兼用するもの、パンチレーターと兼用するもの、住宅の斜め屋根に設置したもの、折板屋根にフラットに設置したガラスのものなど(ホームセンターの半屋外部分、植物部分など)が多く見受けられる。

これまでの天窓は、晴天の場合は直射日光がそのまま室内の床や壁に当たり、明暗のコントラストが強く作業環境には適さず、夏には暑さとなり、いずれも照明器具に代わるものではなかった。設置したのはいが、すぐにヨシズや遮光シートで覆いをかける例が

多かった。

その中で折板屋根に設けた天窓を照明器具に代わるものとしたのは、(株)スカイプランニング、静岡県工業技術研究所、九州大学大学院の共同研究の成果である。

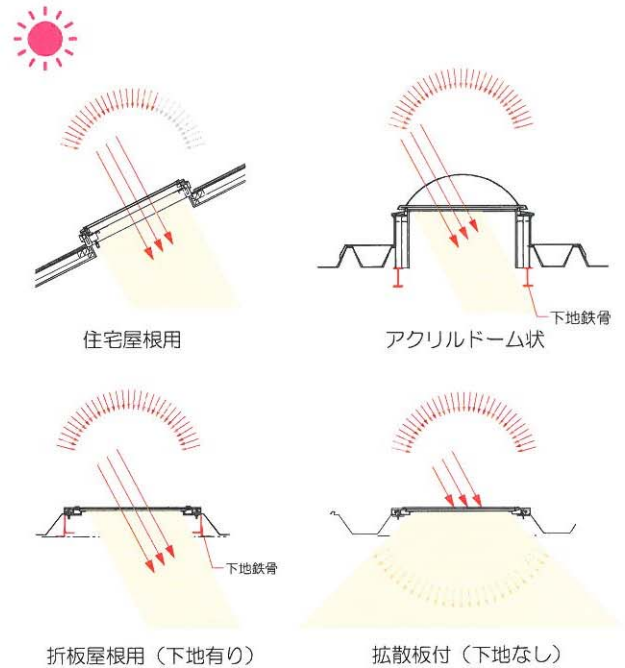
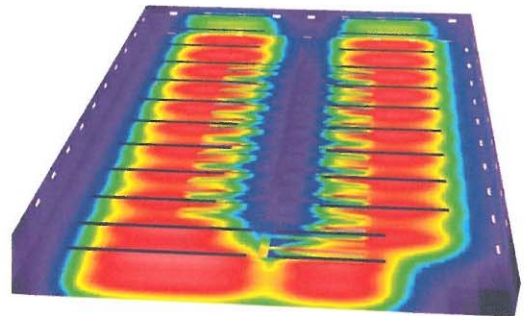


図4-1 各種の天窓



提供 静岡県工業技術研究所  
(株)スカイプランニング

図4-2 照度シミュレーション

まず(株)スカイプランニングは、下地鉄骨が不要の天窓の固定方法を開発し、継ぎ目の無い成型鋼板とガスケットの組合せにより、止水性能を格段と向上させた。さらに拡散板を付け加えることで直射日光を室内に広く拡散させ、明るさのムラをなくし、断熱性能を高めた。これにより折板屋根であればどんな用途の建物でも安心して天窓を採用できる下地をなした。商品としては、スカイトップライトと呼ばれる。

次いで、静岡県工業技術研究所、九州大学大学院が技術協力することで、そのスカイトップライトの性能を数値化し照度計算が可能なものとした。日時、天候から室内の照度をシミュレーションできるものとした功績である。これにより、天井高さ、部屋の大きさ、天窓の幅、長さ、設置間隔を決めれば、照度、均斉度がシミュレーションできる。また、照明器具を点灯しなくてもよい時間を推定できるようになった。この段階で筆者は、スカイトップライトと出会った。

天窓を設置しても夜間や雨天等では必要照度が得られない為、照明器具の設置が必須である。天窓と照明器具を組合せ、シームレスで必要照度を確保し、省エネ、省コストを図るシステムを「天窓照明」と呼ぶことにする。

## 5. 天窓照明

天窓照明は、シミュレーション可能な光拡散型天窓、照明器具、制御装置から構成される。

シミュレーション可能な光拡散型天窓で現在知ら

床面積(天窓照明対象部分)	2,359.30 m <sup>2</sup>
天窓幅	0.5 m
// 長さ	184.5 m
// 面積	92.3 m <sup>2</sup>
// 割合	3.91%
設計照度	500 lux
蛍光灯 器具形式	86W×2
// 1台消費電力	172 W/台
// 台数	162 台
// 全体消費電力	27,864 W
年間使用日数	300 日
平均消灯時間	7 時間
年間消灯時間	2,100 時間
年間削減電気量	58,514 kWh/年
天窓 1 m <sup>2</sup> 当りの削減電気量	634 kWh/年・m <sup>2</sup>
換算係数	0.334 kgco <sub>2</sub> /kwh
二酸化炭素削減量換算	211.9 kg/年・m <sup>2</sup>
換算係数(NEDO「太陽光発電導入ガイドブックH12」による)	0.974 t-c/ha
森林面積換算量	5,932 森林面積m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>

弊社設計事例より

図5-1 天窓照明シミュレーション

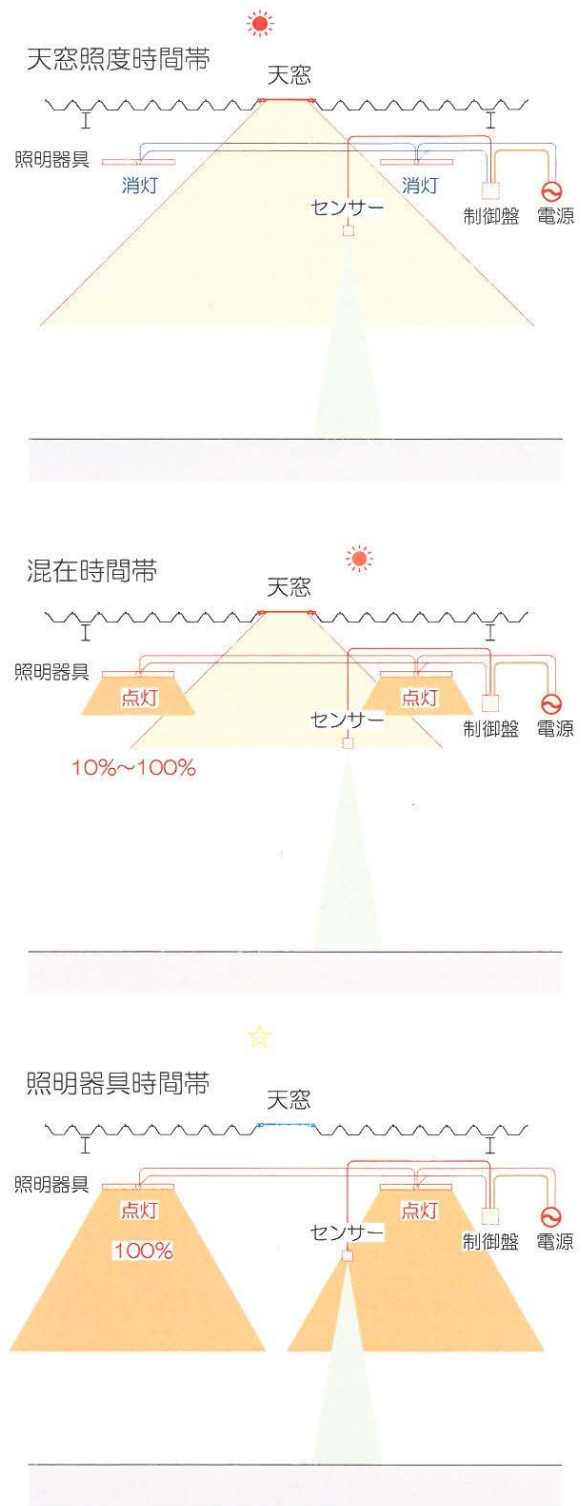


図5-2 天窓照明



れているのは、折板屋根専用である(株)スカイプランニング スカイトップライトのみである。折板屋根専用といっても、折板屋根は広く普及しており、大空間に向き、工場や倉庫など省エネ、省コストを追求する施設に多く採用されているので、天窓照明の指向と合致している。折板屋根に限定する訳ではないが、天窓照明は当面は折板屋根を中心に進展していくものと考えられる。

照明器具に求められる事は、効率が高い事は当然であるが、調光可能で、頻繁な点滅に耐えられるもので無ければならない。大空間では、これまで水銀灯、HIDなどが主流であったが、調光や頻繁な点滅が困難なので、蛍光灯も多く使用されるようになった。それは蛍光灯の効率向上や耐久性の向上によるものである。蛍光灯の弱点は、点灯に伴う劣化である。メーカーカタログでは、1回の点灯で1時間の寿命短縮とある。電球交換費用を考慮すると1時間に6回点滅を繰り返すと点けっ放しと費用は同等となるという試算がある。最近急激に普及してきたLED照明は、点滅に関する劣化がないので、点滅を多く行う場合に向いている。天窓照明では、蛍光灯又はLED照明を用いる。

制御装置は、調光センサー、場合によっては人感センサー・タイマーにより制御する。折板屋根に設置した光拡散型天窓は、太陽を光源としており、室内のどの場所も同じ条件が得られるのが特徴である。このため照度センサーで一つの天窓の照度を捉えることが出来れば、全ての天窓の照度が把握できる。大空間であっても簡単な制御システムとすることが出来る。

## 6. 天窓照明の事例

筆者が関わった天窓照明を2例紹介する。カインズ矢板流通センター（2011年竣工）、カインズ太田流通センター（2012年竣工）である。

矢板センターは、通過型倉庫（トランスファーセンター：TC）である。早朝入荷した商品を小売店舗ご

とに仕分けして夕方にはトラックに積み込むのが毎日の作業である。基本的には商品在庫をしない倉庫である。ソーターという仕分け機械で、入荷した商品のバーコードを読み取り、店舗ごとのシュートに仕分けする。シュートに溜まった商品をトラック荷台に積み込みやすいようにロールパレットと言われるカゴ台車に積み込む。ロールパレットは、店舗の方面毎のトラックに夕方まとめて積み込む。トラックは、道路がすいている時間帯に各地へ散っていく。

矢板センターの竣工と東日本大震災が重なり、矢板センターとしての稼働は遅れたが、災害緊急物資の保管出荷を担った。天窓照明があったため停電時も物資の輸送に支障をきたすことはなかった。

また、照明電力消費量の計測を行ったところ、4月から8月の消費電力は、天窓がない場合と比較して67%の削減が出来た。

太田センターは、在庫保管型倉庫（ディストリビューションセンター：DC）である。主に大量・多品種に仕入れられた商品を、一旦保管して、必要に応じて少量多頻度に出荷出来るように整備された倉庫である。矢板センターは、全域で満遍なく作業が行われるのに対し、太田センターでは、海外から大型コンテナで届いたまとまった数量の商品をラック倉庫へパレット単位で入荷し、出荷時は広範な商品をラック

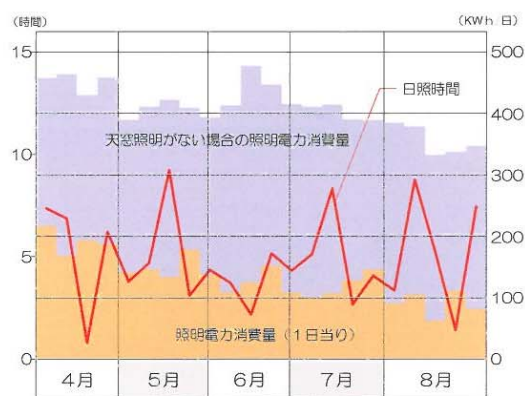


図6-1 照明電力消費量(実測値)



施設名称	カインズ矢板流通センター
所在地	栃木県矢板市
竣工年月	2011年3月
構造規模	鉄骨造平屋一部2階
延面積	16,023 m <sup>2</sup>
天窓対象面積	12,116 m <sup>2</sup>
設置天窓	
幅(呼称)	1.0 m
長さ	773 m
面積(呼称)	773 m <sup>2</sup>
取付ピッチ	10.8 m
天窓面積率	0.064 m <sup>2</sup> /床m <sup>2</sup>
照明器具	
形式	蛍光灯 86W2灯
台数	159 台
消費電力	27,348 W/時
設計照度	200 lux
消費電力率	2.257 w/時・床m <sup>2</sup>
照明制御	センサーによる25%~100%照度制御

施設名称	カインズ太田流通センター	
所在地	群馬県太田市	
竣工年月	2012年6月	
構造規模	鉄骨造2階	
延面積	49,487 m <sup>2</sup>	
天窓対象面積	21,957 m <sup>2</sup>	
設置天窓	Aエリア 19,598 m <sup>2</sup>	Bエリア 2,359 m <sup>2</sup>
幅(呼称)	0.5 m	0.5 m
長さ	2,076 m	198 m
面積(呼称)	1,038 m <sup>2</sup>	99 m <sup>2</sup>
取付ピッチ	5.6 m	5.6 m
天窓面積率	0.053 m <sup>2</sup> /床m <sup>2</sup>	0.042 m <sup>2</sup> /床m <sup>2</sup>
照明器具		
形式	LED 35W2灯	LED 35W2灯
台数	620 台	189 台
消費電力	43,400 W/時	13,230 W/時
設計照度	200 lux	500 lux
消費電力率	2.215 w/時・床m <sup>2</sup>	5.608 w/時・床m <sup>2</sup>
照明制御	照度センサーによる 0%、10%~100%照度制御	
	Aエリアのみ + 人感センサー	

図6-2 天窓照明設置事例

倉庫からパレット単位で出し、手作業で小分けしてコンベアに乗せる作業である。ラック倉庫は、特定の短時間しか使われないため、狭い範囲を人感センサーで点滅制御を加えた。頻繁な点滅制御のため蛍光灯での寿命劣化を考慮しLED照明を設置した。

太田センターではLED照明の調光制御を行い、天窓の照度で必要照度に足りる場合は出力0%、天窓で照度が不足した場合は、10%~100%での制御を行っている。

## 7. 太陽光発電と天窓照明

太陽光発電の単位面積当たりの発電量は、101kWh/年・m<sup>2</sup>という試算がある。二酸化炭素削減量換算33.6kg/年・m<sup>2</sup>、森林面積換算941森林m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>となる。(図3-1 参照)

一方天窓照明は、屋根面積の4~6%の面積で設計照度200~500luxを実現する。弊社の設計事例では、500luxを照明器具で実現する為に、27.8kWの電力を必要とする。年間使用日数300日とした場合、平均7時間を天窓照明により消灯すれば、58.5kWh/年の節電効果がある。しかも天窓面積は床面積の3.9%である

から、天窓の面積あたり634kWh/年・m<sup>2</sup>の節電効果があることになる。二酸化炭素削減量換算211.9kg/年・m<sup>2</sup>、森林面積換算5,932森林m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>となる。これは太陽光発電の発電量の6.3倍である。(図5-1 参照)

太陽光発電の単位面積当たりの費用は、30,000円/m<sup>2</sup>~40,000円/m<sup>2</sup>である。天窓の費用は50,000円/m<sup>2</sup>である。

再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始さ

モジュール最大出力	150 W/枚
モジュール数	1,884 枚
設置屋根面積	2,761 m <sup>2</sup>
最大出力	282.6 kWh
総合出力発電量	277,965 kWh/年
売電単価	42 円/kWh
年間売電額	11,674,530 円/年
運転経費	554,610 円/年
年間収入	11,119,920 円/年
単位面積年間収入	4,027 円/m <sup>2</sup> ・年
工事費	100,275,000 円
補助金	9,550,000 円
実質負担額	90,725,000 円
単位面積工事金額	32,859 円/m <sup>2</sup>
投資回収年(簡易)	8.2 年

太陽光発電事業運営商社C社から物品販売会社B社への事業提案

図7-1 太陽光発電投資シミュレーション



床面積（天窓照明対象部分）	2,359.30 m <sup>2</sup>
天窓幅	0.5 m
// 長さ	184.5 m
// 面積	92.3 m <sup>2</sup>
設計照度	500 lux
蛍光灯 器具形式	86W×2
// 1台消費電力	172 W/台
// 台数	162 台
// 全体消費電力	27,864 W
年間使用日数	300 日
平均消灯時間	7 時間
年間消灯時間	2,100 時間
年間削減電力量	58,514 kWh/年
電力量単価（年平均）	16.1 円/kWh
電力量料金	940,912 円/年
単位面積削減電力量料金	10,200 円/年・m <sup>2</sup>
基本料金（月額）	1,638 円/契約kWh
削減契約電力	27.9 kWh
削減基本料金	547,695 円/年
単位面積削減基本料金	5,937 円/年・m <sup>2</sup>
削減金額合計	1,488,606 円/年
単位面積削減金額	16,137 円/年・m <sup>2</sup>
天窓照明工事金額	4,095,000 円
単位面積工事金額	44,390 円/m <sup>2</sup>
投資回収年（簡易）	2.8 年

弊社設計事例より

図7-2 天窓照明投資シミュレーション

れ、前出の発電量では、4027円/年・m<sup>2</sup>の売電が可能である。太陽光発電の設置費用32,859円/m<sup>2</sup>を売電金額で割算した簡易の投資回収年は、8.2年である。

天窓照明の場合、電力会社からの電力削減という形になる。夏季のピーク時間帯に天窓照明の最大の効果が発揮されるので、契約電力低減に効果がある。基本料金については5,937円/m<sup>2</sup>削減可能である。使用料金については、10,200円/m<sup>2</sup>削減可能である。合計16,137円/m<sup>2</sup>となる。天窓の設置費用44,390円/m<sup>2</sup>を削減金額で割算した簡易の投資回収年は2.8年となる。

固定価格買取制度の価格が維持されたとしても、天窓照明が省エネ的にも投資的にも優れていることが分かる。新築の建物に限って言えば、天窓照明を設置した上、残る部分に太陽光発電パネルを設置することが最善の選択となる。ここで、折板屋根を太陽光発電80%、天窓照明5.0%の比率で利用した場合の試算を提案する。床面積=折板屋根面積=10,000m<sup>2</sup>とした場合、発電/節電量合計1,053メガWh/年、二酸化炭素量に換算すると351トン/年、東京ドーム21個分の森林面積に相当する。設備投資額は285百万円、簡易の投資回収年は、7.4年となり、太陽光発電だけを設置した場合よりも期間が短くなる。

これまで単体施設として考察してきたが、全国レベ

床面積＝屋根面積	10,000 m <sup>2</sup>
太陽光発電	太陽光発電屋根 8,000 m <sup>2</sup>
	モジュール数 5,459 枚
	最大出力 818.8 kWh
	総合出力発電量 805,404 kWh/年
天窓照明	天窓面積率 5.0 %
	// 面積 500 m <sup>2</sup>
	蛍光灯 器具形式 86W×2＝172W
	// 台数 687 台
	// 全体消費電力 118 kW
	年間消灯時間 2,100 時間
	年間削減電力量 248,016 kWh/年
年間電力収支	1,053,420 kWh/年
電力～CO2換算係数	0.334 kgCO2/kWh
CO2削減量	351.8 トン/年
CO2～森林換算係数	0.974 t-c/ha
森林面積換算量	99 ha
// 東京ドーム換算	21 個分
工事費関係	工事費 290,547 千円
	補助金 27,671 千円
	実質負担額 262,876 千円
	天窓照明工事金額 22,183 千円
	工事関係合計 285,059 千円
収入関係	年間売電額 33,827 千円/年
	運転経費 1,607 千円/年
	年間収入 32,220 千円/年
	削減電力量料金 3,988 千円/年
	削減基本料金 2,321 千円/年
	削減額合計 6,310 千円/年
	収入+削減額 38,530 千円/年
	簡易投資回収 7.4 年

図7-3 折板屋根最適化シミュレーション

で考えても、天窓照明は消費電力の平準化につながり、発電設備の効率的利用が可能となる。天窓照明は推進すべき技術であるといえる。

## 8. 天窓照明のこれから

スーパーマーケットやホームセンターなどの大規模商業施設では、照度を1000lux、1200luxとするように勧められる。欧米のスーパーマーケットと比較して異常に明るい。外から店内を見たときに暗く感じるのを防ぎ心理的に入りやすくする為、暗順応に対応する為と考えられる。昨年は東日本大震災を受けての節電により店内の照度をどこでも低く設定していた。客としてそれを見ても違和感無く利用できたと思う。しかし商売は競争であり、少しでも他店より見栄え良くしたいという思いは強い。その照度の点に関しては、天窓照明に可能性があると感じている。店頭で天窓照明を設置すれば、快晴の日、曇りの日、それぞれに比例した明るさが得られ、雨天や夜間は照明器具で通常明るさを確保する。これにより照明器具の設置数を飛躍的に削減可能である。店舗の照度が



JISの示す800luxであれば1200luxに比べて2/3の照明器具の台数で賄える。ランニングコストだけでなく、イニシャルコストへも波及するものである。

天窓照明に採用しているスカイトップライトは、紫外線をほぼ完全に遮断するので、日射による褪色はほとんどない。また、外と同じ光源なので、衣料品の色の相違も全く無い。多くの植物にとっても良好な光環境であり、見る側も美しく見えるであろう。このように、商業施設との相性はよく、折板屋根も商業施設で多用されていることから、商業施設への展開も始まっている。内装との調整、空調設備との兼ね合いが克服されれば、さらに多くの商業施設で積極的に採用される。

筆者はまた、天窓照明に関連して、自立型エコ照明システムの開発、実用化に取り組んでいる。平成23年



図8-1 褪色調査パネル

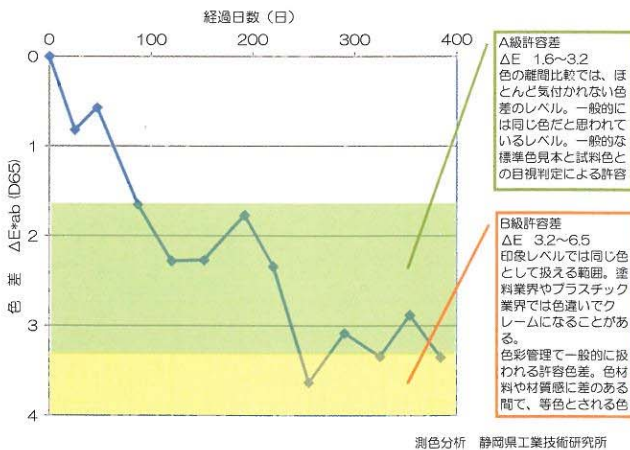


図8-2 褪色測色分析

24年静岡県 新エネルギー活用研究開発事業に採択され、静岡県工業技術研究所の支援を受けて実施しているもので、平成24年度日本照明学会全国大会でその概要について発表した。天窓照明と太陽光発電設備、蓄電池設備、LED照明器具を組み合わせるもので、東日本大震災での長期間の停電を教訓に、電力供給が絶たれても2日間は明かりと情報機器への電力を確保しようという試みである。まずは避難所となる小学校の体育館などへの設置を目指している。そのシステムの中では蓄電池が最もコストのかかる部位である。蓄電池のローコスト化や性能向上が重要であるが、蓄電池メーカーでは無い我々に出来ることは、消費電力の低減である。

消費電力低減のために、超省エネ照明器具としてのLED照明器具開発、直流交流変換ロスをなくす為の直流給電システム開発を行った。本年9月からは既存工場にそれらを設置して実証試験を開始した。年度内には実証試験を終え、来年度での販売を目指している。

## 9. 終わりに

折板屋根は、元々構造的に優れた経済性を有している。工場、倉庫など産業分野で重要な役割を担ってきた。カラー鋼板からアルミ亜鉛めっき鋼板へ、ボルト折板からハゼ折板へ、一重葺きから二重葺きへと進化をつづけてきている。今回ここで見たように太陽光発電や天窓照明と組み合わせることで更に省エネ、環境配慮が可能となる。

今後さらに折板屋根の新たな技術の開発、例えば外壁接合部の気密性・水密性向上などにより、使用される建物用途が拡大し、それらの建物も優れた省エネ、環境配慮が可能となることが望まれる。

## 謝辞

天窓照明の意義を理解していただき天窓照明を両センターへ設置され、竣工後の調査への協力をいただいた株式会社カインズ様、株式会社アイシーカーゴ様、そしてセンター長として矢板センター、太田センターの両センターを立ち上げ、深夜早朝の調査に力を貸していただいた岩崎様に感謝いたします。

天窓照明、自立型エコ照明システムなどにおいて協力いただいている、静岡県工業技術研究所様、(株)スカイランニング様、(株)中遠電気様、東芝ライテック様、パイフォトニクス(株)様に感謝いたします。