

北海道における太陽光発電の課題



細川 和彦 (ほそかわ かずひこ)

北海道科学大学工学部都市環境学科 准教授

1973年北海道旭川市生まれ。北海道工業大学（現北海道科学大学）工学部建築工学科卒業。北海道工業大学大学院工学研究科博士後期課程建設工学専攻修了。博士（工学）。専門は、雪氷工学。雪氷防災を主に研究する傍ら、エネルギー分野の積雪による障害の克服など、広く雪氷に関わる諸問題の解決をテーマにしている。

はじめに

日本における太陽光発電は、1973年のオイルショック以降に注目され始めたものの非常に高価であったため普及には至らず、1990年代にようやく販売・導入が進み始め、1994年に住宅用の補助金制度が創設されて以降、技術革新も進み、コストも下がり、導入量も徐々に増えてきました。

2008年6月9日に発せられた当時の内閣総理大臣スピーチ、「「低炭素社会・日本」をめざして」（いわゆる「福田ビジョン」）では、太陽光発電を2020年に約10倍、2030年には約40倍を目標と定めていました。これを受け、総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会では、「新エネルギー政策の新たな方向性」と題する緊急提言案を発表し¹⁾、今後の普及に向けた具体的な方策を検討する段階に入りました。その後、太陽光発電分野の国内市場は、2005年の補助金終了、2008年以降の再強化、2011年からの固定価格買い取り制度などにより、紆余曲折しながらも成長し続け、2020年には8,700億円、2030年には1兆4,600億円になると見込まれていました（太陽光発電協会）。

北海道における太陽光発電・太陽熱利用は、私の記憶の限りでは、雪が少なく日照時間の比較的長いオホーツク地方や道東地方などで普及が進んでいました。2000年代に入り環境問題への注目や補助金制度、買取制度などが整備される中、広大な土地を有し、冷涼な気候である北海道は太陽光発電の適地として考えられ、メガソーラーの建設計画が盛んに行われたものの、需要と供給のバランスや、モジュール上の積雪対応として設置角度を45～60°に上げ、さらに地上積雪に対応して架台の嵩上げを行うなどコスト増に直結しているのが現状で事業者の思惑通りには進まなかったようです。

一方、2018年9月に発生した北海道胆振東部地震による北海道全域停電を機に、独立電源として太陽光発電への注目が再燃したように見えます。これまでの、「作って売る」の考え方から「作って使う」という自家消費の考えにシフトし、家庭用蓄電池の普及が後押ししてくれている気がします。折しも原油価格等エネルギー価格が高騰し、エネルギー需給は一段と厳しさを増している昨今、太陽光発電は、石油代替エネルギーとしても、厳冬期の災害への備えとしても無視できない存在となっています。

積雪地域と太陽光発電

前述の通り、北海道は広大な土地を有し、冷涼な気候であることは太陽光発電にとって非常に有利な点です。また、近年ではやや怪しくなっていますが、基本的に梅雨が無いことは最も日射量が強くなる6月に発電量を多く稼ぐことが可能になります。図1は、月平均傾斜面（30°）日射量の平年値について札幌と東京を比較したものです。図のように、6～7月にかけて東京とはずいぶん開きが出ています。年平均を見ても札幌で3.9kWh/m²、東京で3.7kWh/m²となりわずかながら札幌が有利になっています。

問題は、冬期間の積雪による発電障害です。モジュール上にわずか5mmでも降雪があると発電量に影響が発生します。そもそも、降雪が発生するような天候では日射は見込めず発電量^{うんぬん}云々ところではないのですが、

問題は一度積もった雪がいつ落雪するのかです。降雪後、なるべく早い時期に落雪し、次の日射に備えることができれば何ら問題は無いのですが、現状はそうはなっていません。写真 1 は、同勾配（45°）の住宅で左は太陽電池搭載の住宅、右は塗装鋼板の横葺き屋根です。降雪終了一定時間後の写真となりますが、明らかに太陽電池搭載の住宅では、モジュール下部に積雪が溜まっているのがわかります。この現象は、結晶系モジュールの特徴でもある額縁様のアルミフレームが原因となっています。図 2 の模式図に示すように、モジュールのガラス面で発生した融雪水が、フレーム部分にシャーベット状に溜まり、再凍結すると氷堤となります。アルミフレームとガラスの隙間にも食い込んだ状態で一体となり凍結し、上部からの落雪を阻害し、結果として長期の積雪状態となるため発電障害が発生します。

これまでさまざまな対策が検討されてきましたが、根本的には解決に至っていないのが現状です。

垂直設置の試み

(1) 90°日発電量に対する45°、60°の関係

一般的な太陽電池モジュールは、設置する地域の年間を通じた太陽高度に最適な角度とするため傾斜設置をします。しかし、前述の通り冬期間は積雪による発電障害が発生するため、設置角度を45°、60°および90°とした場合の発電状況を検討しました。

積雪期（12～3月）および非積雪期（4～11月）における太陽電池モジュールの設置角度90°の日発電量に対する45°および60°の関係を図 3 に示します。

図のように、積雪期においてはモジュール上の積雪による影響のため設置角度45°および60°は設置角度90°の日発電量に達することが少なく、観測期間中の総発電量は、設置角度90°に対して45°では88%、60°では90%となりました。次に、非積雪期においては太陽高度が積雪期に比べ高いことと、モジュール上の積雪による遮蔽がないため、観測期間中の総発電量は、設置角度90°に対して45°では107%、60°では101%となります。

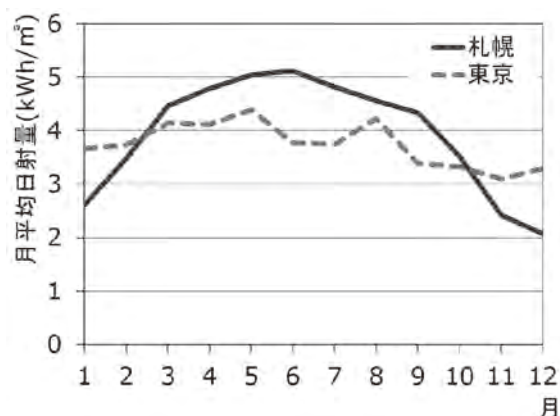


図 1 月平均傾斜面（30°）日射量



写真 1 太陽電池搭載屋根（左）と塗装鋼板屋根（右）

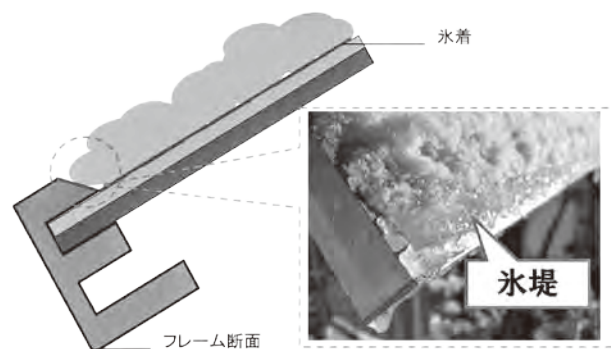


図 2 氷堤の発生模式図（モジュール下部フレーム付近の断面）

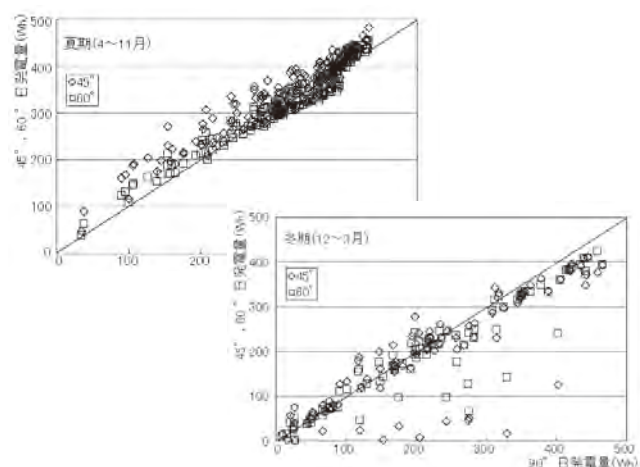
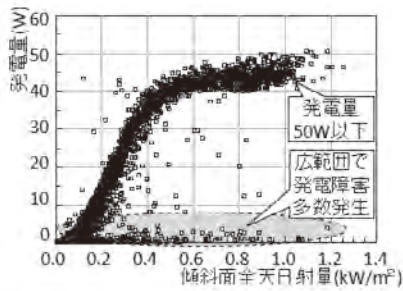
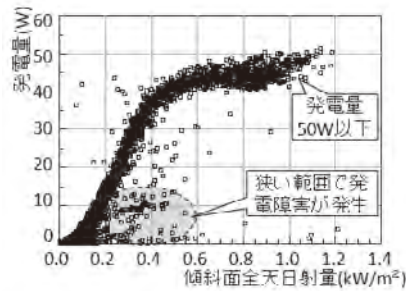


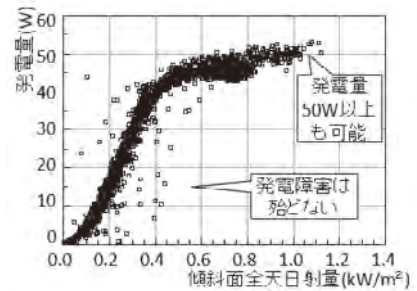
図 3 90°日発電量に対する45°、60°の関係



(a) 設置角度45°



(b) 設置角度60°



(c) 設置角度90°

図4 設置角度別日射量と発電量の関係

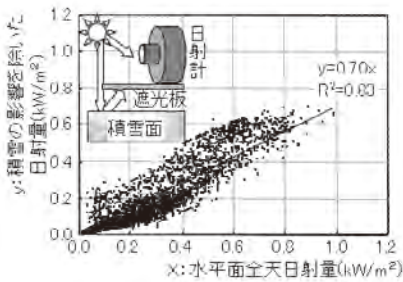


図5 全日射量に対する垂直面直達日射量

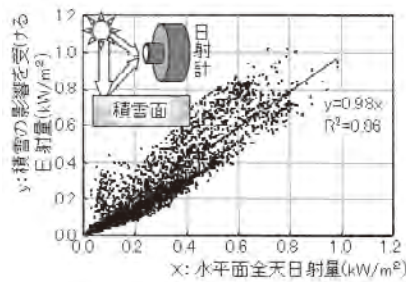


図6 全日射量に対する垂直面全日射量

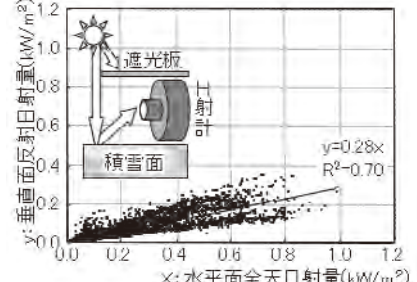


図7 全日射量に対する垂直面反射日射量

しかし、9月以降徐々に太陽高度が低くなるため設置角度90°の日発電量に達しない場合があります。また、全観測期間における総発電量の比は、設置角度90°に対して45°では102%、60°では98%となりました。

以上のことから、モジュール設置角度を90°とすることで、積雪による発電量の減少を回避することが可能となり、また、通年においても他の設置角度とほぼ同等の発電量を得ることが可能となると言えます。

(2) 設置角度別にみた日射量と発電量の関係

積雪期間における設置角度別の日射量と発電量の関係を図4に示します。図のように、検討に用いた各太陽電池モジュール（定格出力70W）における最大出力は、50W前後となっています。各設置角度における日射量に対する発電量の関係をみると、日射量が0.4kW/m²のとき45°および60°で30～40W、90°で35～45Wを変曲点として、その後は、出力特性の関係から50W前後まで漸増する傾向を示しています。また、45°および60°において日射量の増加に伴う発電量の増加がみられない場合が多数存在するが、90°ではほとんどなく、バラツキが少ないことがわかります。設置角度45°お



写真2 建物外壁に設置した太陽電池モジュール

よび60°における発電量のバラツキは、前述したモジュール上の積雪による発電量の低下によるものです。

以上のように、積雪期間においては、太陽電池モジュールの設置角度が90°の場合、他の設置角度と比べ積雪による影響を受けにくいことから、発電量が安定すると言えます。さらに、日射量に対する発電量の関係をみても比較的高い発電量を得ることが可能であると言えます。写真2に示すように、太陽電池モジュールと建材を一体化させ建物の外壁として使用することも一案です。

(3) 両面受光型太陽電池と積雪地域の相性

住宅の屋根などに設置する太陽電池は、片面タイプのもものが当然のように採用されます。しかし、メガソーラーをはじめ、架台設置型いわゆる野立てタイプのアレイでは、両面受光型という選択肢もあります。写真3に設置例を示します。

両面受光型の主な特徴は、片面タイプに見られる白色のバックシートが透明のフィルムシートもしくはガラスでできているため、従来の片面タイプと同じ数のセルを用いた場合でも、セルの裏面からも発電が可能となる分、発電量が約20%程度増加するということです。

冬期間では、地上の積雪による反射光がモジュールの裏面に当たることにより、さらに発電量が増すことになります。一方、積雪直後は、片面タイプでは発電障害のため発電量が見込めないところ、両面受光型では、裏面のみでも雪からの反射光を用いて発電が可能となります。

太陽電池セルは、発電時に熱を帯びる特性があります。雪の反射光による裏面だけの発電量は、直射日光の当たる表面と比較すると小さいものの、発電時の発熱は、表面の積雪を融かすだけの力があります。これにより落雪が促進され、早期に発電障害を解消することが可能となります。また、発生した融雪水は、モジュールごとに隙間から落下するため、アレイ全体としては落雪量が減少するという特徴もあります。写真4に示す通り、同勾配の片面モジュールが地上の積雪と接続してしまっているのに対し、両面受光型では接続していないことがわかります。筆者らが過去に行った実証試験では、片面33°アレイに対し、両面33°アレイの発電量は約1.5倍にもなる結果が得られました。

これらのことから、両面受光型のモジュールを使用することは、積雪対策としても有効であり、雪との相性は非常に良いと言えます。また、前述の垂直設置に両面受光を採用すると写真5のようになり、方位を選ばずに設置することも可能となることから、より自由度が高まると言えます。

積雪地域の特性を理解し、上手に利用していきたいものです。



写真3 両面受光型太陽電池を使用したアレイ



写真4 各アレイの落雪状況

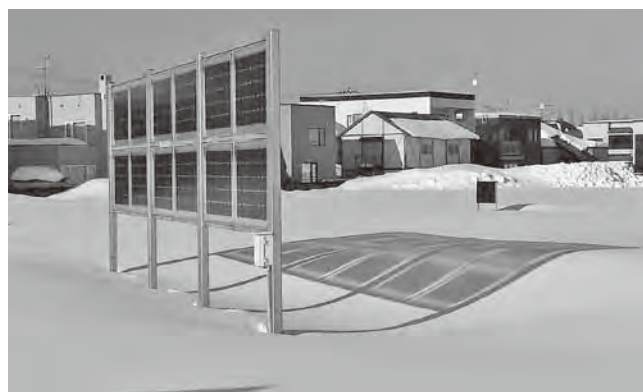


写真5 両面受光型モジュールを垂直設置した例

【参考文献】

1) 総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会（2008）：新エネルギー政策の新たな方向性、第26回新エネルギー部会資料

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3486530/www.meti.go.jp/committee/materials/g80624aj.html>