

角度可変システムによる 積雪時の太陽光発電効率向上

橋田 太樹（きった・たいぎ）*
 神谷 裕二（かみや・ゆうじ）*
 中根 信行（なかね・のぶゆき）*

姉崎 徹（あねざき・とおる）**
 望月 三也（もちつき・みつや）*
 中山 紘一（なかやま・こういち）*

*株式会社トックス / **株式会社京浜トックス

1. はじめに

2012年7月から開始した固定価格買取制度により、太陽光発電システムの拡大が進み、今後もさらに導入が進むと考えられる¹⁾。

しかしながら、現状の太陽光発電の発電コストは他の電源に比べて割高であることに加え、太陽光発電システムに適した平坦地への導入余地が減少していることを鑑みると、太陽光発電の適用土地の拡大が必要である。従来、多雪地域は太陽光発電に不適とされてきた一方で、雪面の太陽光反射は太陽光発電電量増加に寄与すると報告があり^{2), 3), 4)}、積雪は特有の問題を解決することで導入拡大の候補地となる。

2. 多雪地域の太陽光発電の問題点

豪雪地帯は太陽光発電に不適とされており、太陽電池モジュールへの太陽光照射が雪により遮られると当然、発電量が低下する。また、特徴的な雪による負荷として、Fig. 1に示すように雪が解け太陽電池モジュールから滑り落ちる際に雪庇により偏荷重が掛かることで、破損が起こる例もある。一般的な多雪地域では、太陽光発電設備が雪に埋もれないように架台の高さをかさ上げし、かつ50度から60度程度の高角度に設置し雪が滑り落ちやすくすること、滑り落ちて溜まった雪は除雪する等の対策が取られるが、初期投資および除雪メンテナンス等の運転コストが割高であることに加え、雪庇による偏荷重の問題は残る。



Fig. 1 Breakage of frame part due to snowfall

3. 積雪が発電量に与える影響 および雪面反射効果

降雪の翌日の晴天時における設置角度50度および90度（垂直）の発電量についてFig. 2に示す。90度設置では太陽電池モジュールに積雪しない一方で、50度設置は前日からの積雪により午前中は大きく低下している。また、午後は50度設置の発電量は90度設置と比較してほぼ同等の発電量であり、太陽高度から50度設置よりも発電量が低い90度設置において、雪面反射光による発電量増加効果が生じて

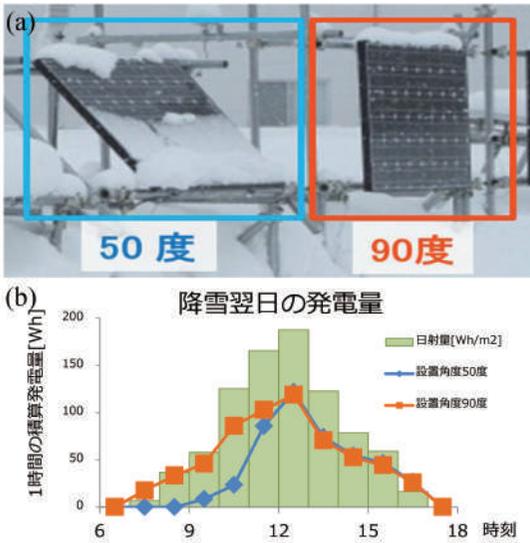


Fig. 2 The day after the snowfall day (a) photo and (b) Integrated power generation amount of 1 hour

いと推察される。

雪面反射効果の検証のため、晴天時に雪面に反射しない黒色シートを使用することで雪面反射がある状況と雪面反射がない状況による発電量比較を行った。Fig. 3に示すように、設置角度が高角度になるにつれ反射効果は増大し、90度設置における反射光による発電量増加効果は15%程度であることが確認された。また時間帯に依存しないことより、雪面反射は乱反射であり、冬季の晴天時においては太陽高度によらず雪面の反射光が期待できるという知見が得られた。

多雪地域の年間を通した気温の低さを鑑みると、太陽電池モジュール上の積雪を回避し太陽光を効率よく取り込むことで、多雪地域は十分に太陽光発電

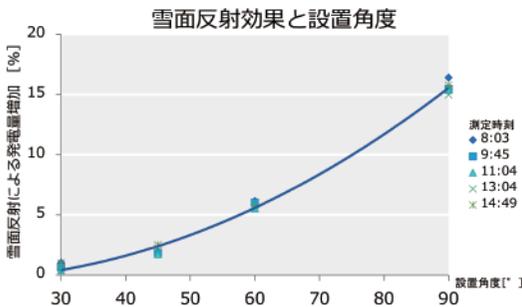


Fig. 3 Effect of increase of power generation by snow surface reflection

に適した土地となることが期待される。

4. 冬季の発電量評価

4.1 設置角度による発電量比較

積雪の実証実験は、気候の違いによる比較のため山形県新庄市、および北海道深川市の2か所にて実施した。北海道深川市の1月の最低気温は -25°C であり高積雪、かつ寒冷的な地域を想定した。設置角度の検討のため、単結晶シリコンモジュールを使用し、発電量の比較を実施した。山形、北海道共に、設置角度10度から90度の固定角度架台を設置した。

固定角度架台について、12月から2月における山形の冬季3か月間の積算発電量をFig. 4および北海道の冬季3か月間の積算発電量 Fig. 5に示す。山形および北海道共に、高角度設置の発電量が高く、90度設置において最大となった。これは、90度設置では太陽電池モジュール上に積雪がないことに加え、90度垂直設置では雪の反射光効果により発電量が増加していると推察される。

太陽高度から推察される冬季の最も発電効率のよい設置角度（北海道で60度、山形で50度）と比較して雪面反射効果が期待できる90度設置は、山形では13%、北海道では50%の発電量増加を確認した。

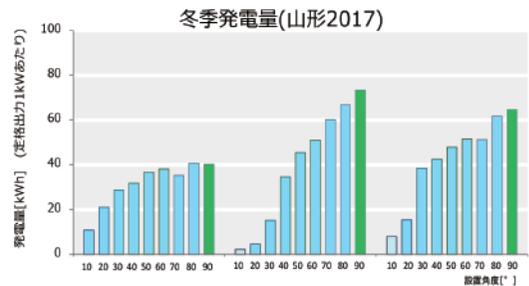


Fig. 4 Cumulative power generation amount for 3 months in winter (Ymagata)

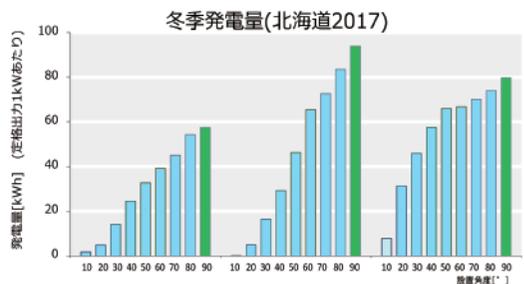


Fig. 5 Cumulative power generation amount for 3 months in winter (Hokkaido)

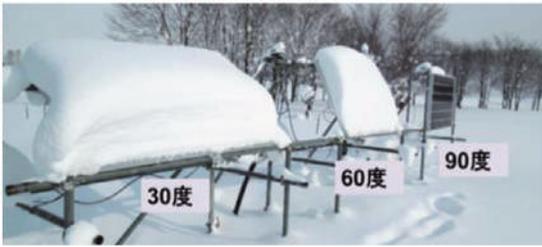


Fig. 6 State of the snow accumulation in Hokkaido Fukagawa City

Fig. 4 の山形における発電量より 40 度以下では太陽電池モジュール上の積雪が落下しにくく、積雪による遮光により発電量が得られない時間帯が多いが、50 度以上の高角度側では降雪が起こりやすいことが確認された。

一方で、北海道については気温の低さが降雪を遅らせる要因となる。Fig. 6 のように晴天時においても気温が常に氷点下の環境では高角度に設置しても降雪せず 90 度設置以外の角度においては発電量が大幅に低下する。

4.2 AI (学習機能) による南北可変システムの発電量

発電量最大化の検討として、角度可変式の太陽光自動追従制御架台を設置し比較を行った。追従動作は Fig. 7 に示すように南北方向追尾の可変架台にて 5 分毎に角度を制御した。

自動可変シーケンスは、経度と緯度を考慮した天文シミュレータ、各種センサーおよび学習機能を用いて発電量が最大となる雪面反射光を考慮した最適角度探索制御を導入した。冬季期間 3 か月について最も発電量が高い固定角度 90 度架台を基準として発電量比較を実施した。

①太陽高度の追尾のみと②最適角度探索制御を比較すると山形および北海道共に最適角度探索制御による発電量増加効果が確認された (Table. 1)。

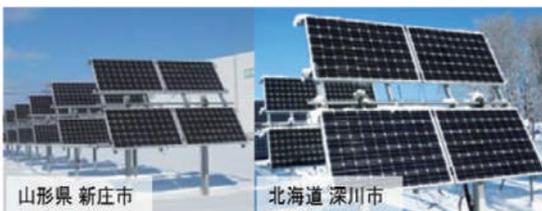


Fig. 7 Power generation amount comparison by solar automatic follow-up control

Table 1 Effect of photovoltaic power generation increase by automatic variable control

発電量比 [%] 対 90 度設置	① 太陽追尾のみ	② 最適角度探索
山形	+3.3	+11.4
北海道	-4.1	+4.2

また、低気温により地面に積雪が残りやすく日射量が比較的多い北海道では 90 度設置よりも①の太陽高度追尾の発電量が低い。雪面反射光の効果により、太陽高度シミュレータから計算される角度よりも高角度側に発電量が最大となる最適角度があると推察される。

5. 今後の展開・太陽光発電自動追尾システム

南北可変システムでは学習機能による雪面反射効果を含めた発電量最大化を検討した。今後、より発電量の効率化が期待できるシステムとして(株)ファインテックと太陽光発電自動追尾システム (AI PV Tracker) の実証実験を開始した (Fig. 8)。

豪雪地帯でのシステム評価および雪面反射光の効果を取り入れたシステム開発を進める。

6. まとめ

多雪地帯での太陽光発電普及の検討として、角度可変架台を開発した。角度を変更しない固定角度においては、冬季は 90 度設置が最も発電量が高く、これは太陽電池モジュール上に積雪が生じないこと、および雪面からの反射光により発電量が増加するためである。

今後 1 軸追尾南北方向可変システムおよび太陽光発電自動追尾システムの比較検証を行う予定。



Fig. 8 Solar power generation automatic tracking system (AI PV Tracker)

謝 辞

本研究成果は、国立研究法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト」プロジェクト管理番号 14101082-0 における共同研究開発により得られたものです。

参考文献

- 1) NEDO 太陽光発電開発戦略 (NEDO PV Challenges)
- 2) 中原乾志, 由井尚正, 片岡照栄: “太陽電池の雪面反射日射の効果”, 応用物理, 12-55, p.1182, 1986
- 3) K.HOSOKAWA, T.TOMABECHI: “Research on development of the various functions type photovoltaic system in a snowfall region (Part 5)” JSSI & JSSE Joint Conference, 2008
- 4) Y.ICHINOHE, M.YAGAMI, K.MISAWA, M.UOZUMI: “The effect of solar radiation reflected from snow surface on vertically installed photovoltaic” Bulletin of Hokkaido University of Science, 40, 2016
- 5) NEDO 日射量データベース (METPV-11 および MONSOLA-11)

IDE TOKYO ドローンソリューション&技術展 2019

無線による遠隔操作やコンピュータによる飛行自動制御、GPS やセンサーによる機体制御など、機体の性能や安全性が高まり、ビジネスとしてのドローン市場が拡大しています。

本展示会はより高性能なドローン及び最新のロボット技術や、最新の無線技術を使ったソリューションの提案などを行い、無線、航空機との関係、対人物安全確保など国内外のルール作りの最新情報を提供しながら、ドローンのビジネス利用方法、機体性能向上技術をセミナーと展示会から取り上げます。

同時開催：「ワイヤレスジャパン 2019 / ワイヤレス IoT EXPO 2019」

「ワイヤレス・テクノロジー・パーク(WTP) 2019」 「運輸・交通システム EXPO 2019」

概 要

日 時： 2019年5月29日(水)～31日(金)
会 場： 東京ビックサイト 西3・4ホール
主 催： IDE TOKYO ドローンソリューション & 技術展実行委員会
入場方法： 公式ウェブサイトからの事前登録で入場無料

※詳細は運営事務局へ直接お問い合わせください。

U R L : <http://www.dronesolution-expo.com>

お問合せ

運営事務局
TEL : 03-5981-9913