

無落雪住宅向けフェンス状太陽光発電架台に関する研究

保科 秀夫, 白土 博康, 平野 繁樹

A Study on Fence-formed Solar Photovoltaic Panel for Flat Roof

Hideo HOSHINA, Hiroyasu SHIRATO, Shigeki HIRANO

キーワード：無落雪住宅，フェンス状，太陽光発電，架台

1. はじめに

太陽光発電は、化石燃料を消費しない新エネルギーの一つとして温暖化対策や経済発展に大きく貢献するものである。国の住宅用太陽光発電の導入目標は、2020年に2005年の約20倍を掲げており、その導入拡大は全国的に緊急を要する重要な課題となっている。そこで、(株)太陽光発電普及拡大センターでは、国からの委託を受け導入拡大のための補助制度を実施しているほか、2012年7月からは、電力事業者による固定価格買取制度もスタートしている。また、北海道においても、2010年6月にリーフレットを作成するなど、導入拡大のための事業を積極的に展開している。

このような中、北海道の住宅用太陽光発電の導入状況を見ると、2011年度までの合計件数は全国の約1%¹⁻⁴⁾で、住宅1戸当たりの導入割合は47都道府県中最下位となっており、ほとんど普及していないのが現状である。普及を阻害している原因として、北海道、とりわけ人口が密集する札幌市や旭川市などでは、傾斜がフラットあるいはM字形の無落雪屋根の住宅（以後、無落雪住宅）が約5割以上を占め⁵⁾、この屋根の上に太陽光発電パネルを設置する際に専用の架台が必要となる。そのため、一般の三角屋根に比べ、費用が嵩むことに加え、架台の集中荷重による屋根への負担や太陽光発電パネル上に積もった雪による落雪事故など、さらなる太陽光発電の普及に向けて解決すべき問題が山積している。

そこで本研究では、積雪寒冷地における住宅用太陽光発電の導入、とりわけ無落雪住宅への普及拡大を図るため、従来の架台の代替として、フェンス状の部材を無落雪屋根外周の四辺を利用して四角形に組んだ架台（以後 フェンス状太陽光発電架台）を提案し、そのシステム設計のための基礎データを蓄積した。

事業名：経常研究

課題名：無落雪住宅向けフェンス型太陽光発電システムに関する研究（平成23～24年度）

2. フェンス状太陽光発電架台の期待される効果

フェンス状太陽光発電架台の設置イメージを図1に示す。太陽光発電架台を図1のような形状とすることで、次の効果が期待できる。

- ① 最も荷重に強いと思われる、屋根外周部（壁との取り付け部）周辺に架台の荷重を分散することで、屋根への負担が低減
- ② 屋根への穴開けなどを必要としない簡易的な設置方法とし、屋根への負担や雨漏りなどの問題を回避
- ③ 無落雪屋根に発生する雪庇や太陽光発電パネル上に積もった雪による落雪事故の抑制

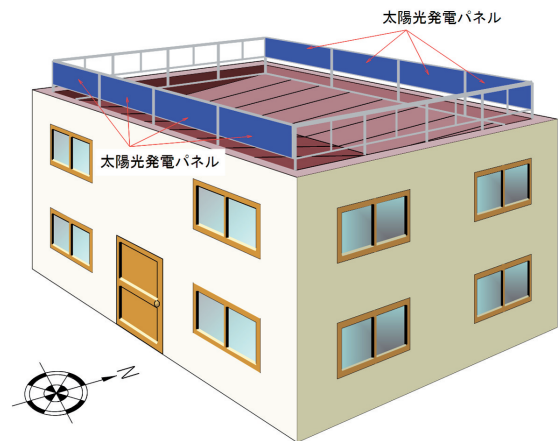


図1 フェンス状太陽光発電架台のイメージ

3. 研究の概要

本架台を図1のような方向で設置する場合、南辺に設置する太陽光発電パネルは発電量の予測が可能だが、北辺に設置するパネルは手前に無落雪屋根があることから、北の風が多い冬季は図2に示すようにパネル手前に発生する吹き溜まりや積雪による発電障害が懸念される。一方、夏季は屋根面の

反射光による発電量の向上が期待できるが、その程度は図3に示すように、一般的に3/100から15/100の角度を持つ屋根勾配⁶⁾や、屋根面の塗料などの影響を受けるとされる。

以上のことから、本研究では図4に示すように、周囲に日射や風に影響を与えるものがない工業試験場の最上階屋上に、表1に仕様を示す太陽光発電パネルを用いた各試験モデルをほぼ南向きとなるよう設置し、次の内容を実施した。

<設置方法の検討>

積雪の影響や吹きだまりの発生を最小限とし、屋根への負担を最小限とする設置方法を提案する。

<屋根の塗料別発電特性の検討>

屋根に熱線高反射の機能性塗料を塗布することで発電量の向上を図る。

<屋根の勾配別発電特性の検討>

無落雪屋根の勾配が発電量に与える影響を把握し、設計の基礎データとする。

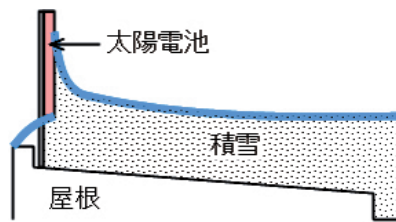


図2 冬季の積雪による発電障害のイメージ

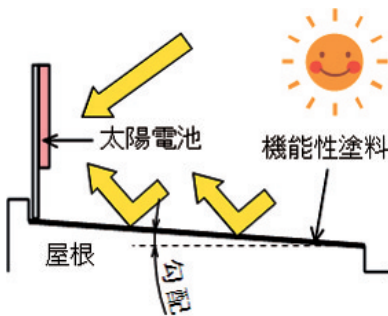


図3 夏季の反射光による発電量向上のイメージ

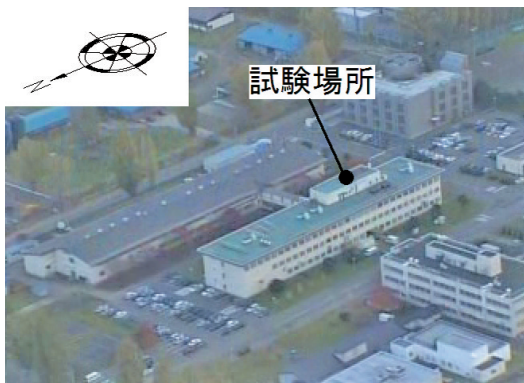


図4 各種試験の実施場所

表1 太陽光発電パネルの仕様

メーカー	三菱電機
型名	PV-MG134CF
公称最大出力	134W
公称最大出力動作電圧	19.4V
公称最大出力動作電流	6.91A
公称解放電圧	24.3V
公称短絡電流	7.43A
質量	12.5±1kg
外形寸法 (W×D×H)	1,248×803×46mm

4. 設置方法の検討

4.1 最適なパネル間隔や設置高さの検討

積雪の影響や吹きだまりの発生を最小限とする太陽光発電パネルの設置方法および本研究で提案するフェンス状架台の検討を行った。

4.1.1 平成23年度の試験方法

平成23年度は太陽光発電パネルの下辺と屋根面との隙間(以後 パネル下隙間)が積雪や吹き溜まりに与える影響を確認するため、太陽光発電パネルのパネル下隙間を0から720mmまで180mm刻みで5段階とした試験モデルを設置し、平成23年12月20日から平成24年2月20日にかけて冬季発電試験を行った。

図5に試験モデルのイメージを、図6に試験モデル設置の様子を示す。

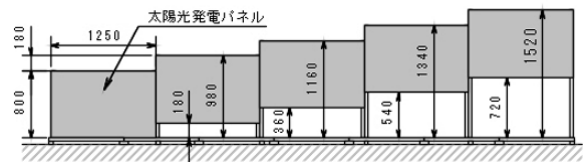


図5 平成23年度試験モデルのイメージ (mm)



図6 平成23年度試験モデル設置の様子

4.1.2 平成23年度の試験結果

試験結果の一例として、平成24年1月12日の様子を図7に、

各パネルの試験期間中における日発電量の平均値をまとめて表2に示す。

図7から、パネル下隙間が0以外はパネル手前の積雪が風によって排除され、パネルのほぼ全面が露出していることがわかった。

さらに表2から、パネル下隙間が0以外は全く積雪の影響を受けなかった720mmとほぼ同じ発電量であることから、試験期間を通してパネル下隙間が180mm以上は積雪の影響を受けず、パネル全面が露出していたことがわかった。



図7 冬季発電試験の様子（平成24年1月12日）

表2 平成23年度の試験結果

パネル下隙間 [mm]	日平均発電量 [Wh/日]
0	83.9
180	263.8
360	265.5
540	269.6
720	268.9

（試験期間：平成23年12月20日～平成24年2月20日）

4.1.3 平成24年度の試験方法

本研究で提案するフェンス状の部材を四角形に組んだ架台を、置くだけの簡易的な方法で設置し、このような構造に対する問題点を把握するため平成25年1月17日から平成25年2月27日にかけて冬季屋外試験を行った。

同時にパネル下隙間が180mm以下における積雪状況の変化を確認することを目的とした高さ別発電試験と、パネルの間隔が積雪や吹き溜まりに与える影響を確認することを目的とした間隔別積雪試験を行った。太陽光発電パネルのパネル下隙間を0から200mmまで50mm刻みで5段階とした高さ別発電試験モデルを上記架台の南辺に、模擬パネル（木製合板製）の間隔を0から240mmまで80mm刻みで4段階とした間隔別試験モデルを北辺にそれぞれ設置し試験を行った。さらに、南面のパネル下隙間200mmのパネル裏側に北向きのパネルを取り付け、両面タイプの太陽光発電パネルを想定した冬季の発電試験を行った。

各試験モデルの設置概要として、屋上の平面イメージと設置の様子を図8と図9に、高さ別発電試験モデルのイメージを図10に、間隔別積雪試験モデルのイメージを図11に示す。

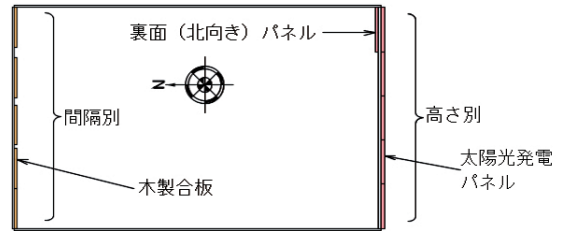


図8 屋上の平面イメージ



図9 試験モデル設置の様子

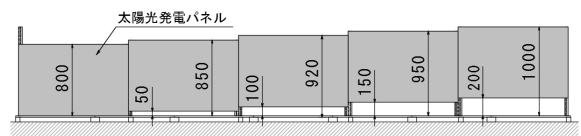


図10 高さ別発電試験モデルのイメージ (mm)

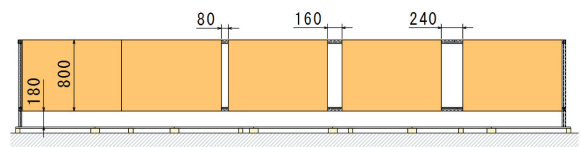


図11 間隔別積雪試験モデルのイメージ (mm)

4.1.4 平成24年度の試験結果

高さ別発電試験結果の一例として平成25年2月20日の様子を図12に、各パネルの試験期間中における日発電量の平均値をまとめて表3に、間隔別積雪試験結果の一例として平成25年2月20日の様子を図13に示す。

図12から、パネル下隙間が200mm以外はパネルの一部が積雪に隠れており、その割合はパネル下隙間が小さいパネルほど大きいことがわかった。

さらに表3から、パネル下隙間が小さくなるほど発電量が少なく、積雪の影響を受け易いことがわかった。

平成23年度と24年度の冬季発電試験結果から、パネル下隙間は200mm以上が積雪や吹き溜まりの影響が少なく、風に対する強度などを考慮するとパネルの高さはなるべく低い方が望ましいことから、パネル下隙間は200mm程度が適当であることがわかった。

また、パネル下隙間が200mmの裏面（北向き）に設置し

た太陽光発電パネルについてはほとんど発電していないことから、架台を南向きで設置した場合、両面タイプの効果はほとんど期待できないことがわかった。

図13から、パネルの間隔が広いほど、パネル手前の積雪が排除されていることから、パネル数量と屋根の寸法から架台の端部に余裕がある場合は、可能な限りパネル間の間隔を空ける方が積雪や吹き溜まりの影響を低減できることがわかった。



図12 高さ別発電試験の様子（平成25年2月20日）

表3 平成24年度の試験結果

パネル下隙間 [mm]	日平均発電量 [Wh/日]
0	83.9
50	87.6
100	119.0
150	192.2
200	218.7
200(裏)	10.1

(試験期間：平成25年1月17日～平成25年2月27日)

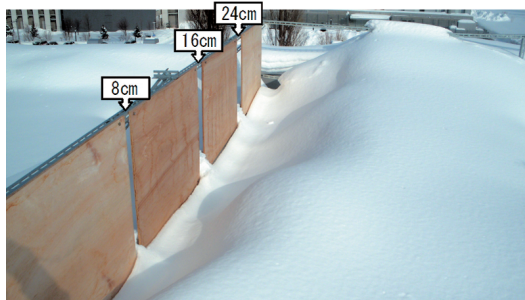


図13 間隔別積雪試験の結果（平成25年2月20日）

5. 屋根の塗料別発電特性の検討

5.1 試験方法（機能性の有無による比較）

パネル下の隙間が180mmとなるように設置した太陽光発電パネルの手前部分（幅：約1.8m、長さ：約2.7m）に、機能性塗料2種類と比較対象として一般塗料1種類の合計3種類の塗料を塗布した屋根用鋼板（ $t=0.27\text{mm}$ ）をそれぞれに貼り付けた試験モデルを3台設置し、平成24年7月13日から8月1日にかけて発電試験を行った。

試験に用いた塗料をまとめて表4に、試験モデル設置の様子を図14に示す。

表4 塗料一覧

使用塗料	機能	色	樹脂系
機能性塗料E	遮熱・熱線高反射率	白	フッ素
機能性塗料B		茶	フッ素
一般塗料	—	茶	—

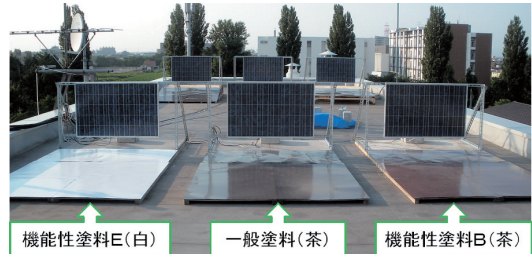


図14 試験モデル設置の様子

5.2 試験結果（機能性の有無による比較）

試験の結果として、各日の発電量を図15に、一般塗料（茶）の発電量を100%とした時の他の塗料の発電量の割合を図16に、発電量の平均値と割合をまとめて表5に示す。

これらの図表から、一般塗料（茶）と比較して機能性塗料B（茶）の発電量はほぼ同じだが、機能性塗料E（白）は発電量が7割程度大きいことがわかった。

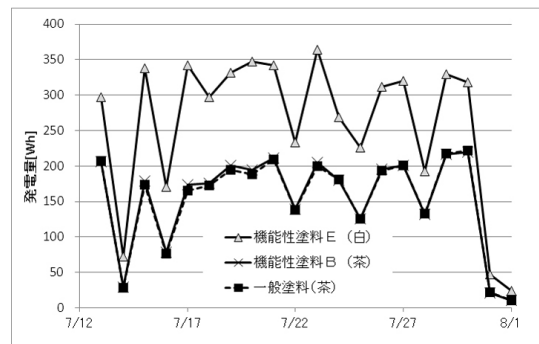


図15 塗料別発電量

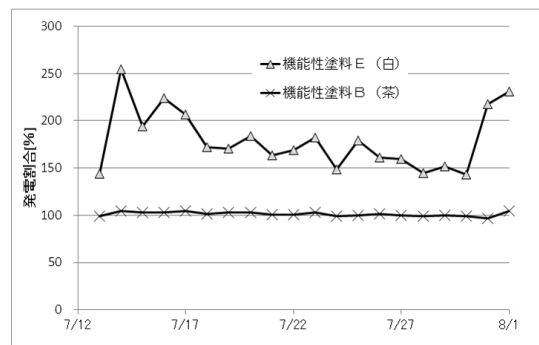


図16 塗料別発電量割合

表5 塗料別発電試験の結果

塗料	日平均発電量 [Wh/日]	発電割合 [%]
一般塗料(茶)	153.0	100.0
機能性塗料B(茶)	154.7	101.1
機能性塗料E(白)	258.6	169.0

(試験期間：平成24年7月13日～平成24年8月1日)

5.3 試験方法 (塗料の色による比較)

機能性塗料E(白)の発電量が一般塗料(茶)と比較して7割程度大きい結果となった理由として、塗料の機能性と色のどちらが大きく影響しているのかを確認するため、機能性塗料B(茶)を一般塗料(白)に変更して、引き続き平成24年8月3日から8月31日にかけて発電試験を行った。

試験モデル設置の様子を図17に示す。

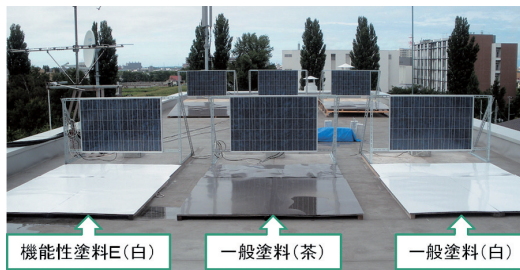


図17 試験モデル設置の様子

5.4 試験結果 (塗料の色による比較)

試験の結果として、各日の発電量を図18に、一般塗料(茶)の発電量を100%とした時の他の塗料の発電量の割合を図19に、発電量の平均値と割合をまとめて表6に示す。

これらの図表から、一般塗料(白)の発電量は機能性塗料E(白)とほぼ等しく、一般塗料(茶)より2割程度発電量が大きいことがわかった。

機能性の有無による比較結果と合わせて、機能性(熱線高反射率・遮熱)よりも塗料の色(明度)が発電量に大きく影響し、明度が高いほど発電量が大きくなることがわかった。

これは、機能性(熱線高反射率・遮熱)塗料が0.8μm以上の波長を持つ近赤外領域の反射や断熱を目的としたものであるのに対し、図20で示すように太陽電池の材料である結晶シリコンの吸収帯は0.3~1.1μm²、可視光の波長は0.4~0.8μmであることから、機能性よりも塗料の色(明度)が発電量に大きく影響したと思われる。

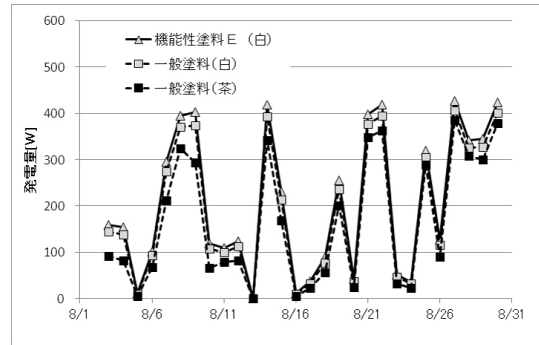


図18 塗料別発電量

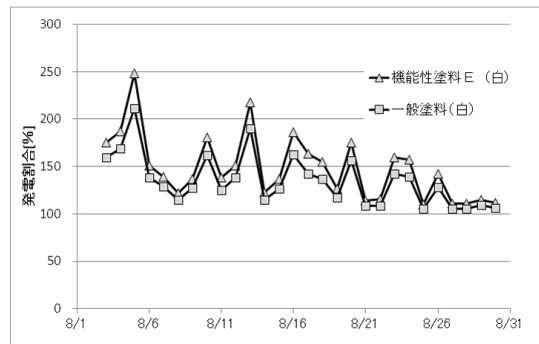


図19 塗料別発電量割合

表6 塗料別発電試験の結果

塗料	日平均発電量 [Wh/日]	発電割合 [%]
一般塗料(茶)	166.5	100.0
一般塗料(白)	195.5	117.4
機能性塗料E(白)	209.5	125.8

(試験期間：平成24年8月3日～平成24年8月31日)

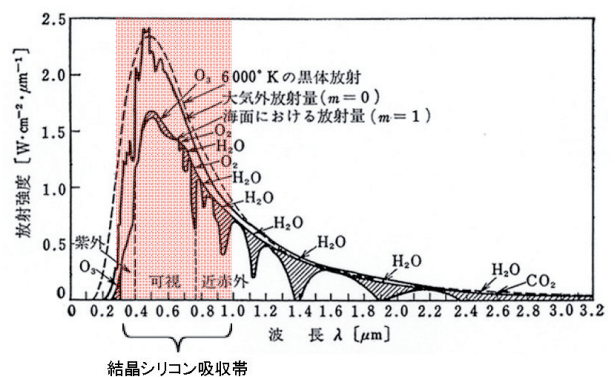


図20 シリコン系太陽電池の吸収帯

6. 屋根の勾配別発電特性の検討

6.1 試験方法

パネル下の隙間が180mmとなるように設置した太陽光発電パネルの手前部分(幅：約1.8m、長さ：約1.8m)に、15/100、10/100および5/100の勾配をつくり、一般塗料(茶)を塗布

した屋根用鋼板 (t=0.27mm) をそれぞれに貼り付けた試験モデルを3台設置し、平成24年7月13日から8月31日にかけて発電試験を行った。

試験モデル設置の様子を図21に示す。

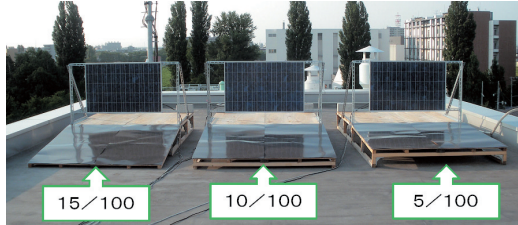


図21 試験モデル設置の様子

6.2 試験結果

試験の結果として、各日の発電量を図22に、15/100の発電量を100%とした時の他の勾配の発電量の割合を図23に、発電量の平均値と割合をまとめて表7に示す。

これらの図表から、太陽光発電パネルとの角度が小さいほど発電量は大きい、最も発電量が大きい5/100でもその割合は15/100の5%程度であることがわかった。

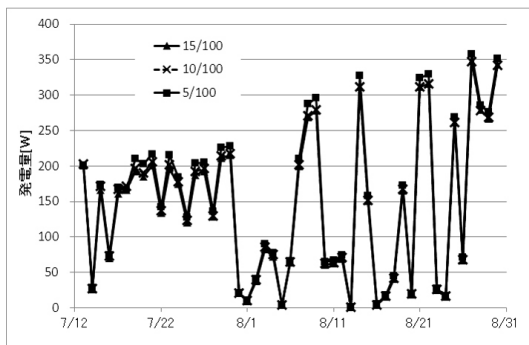


図22 勾配別発電量

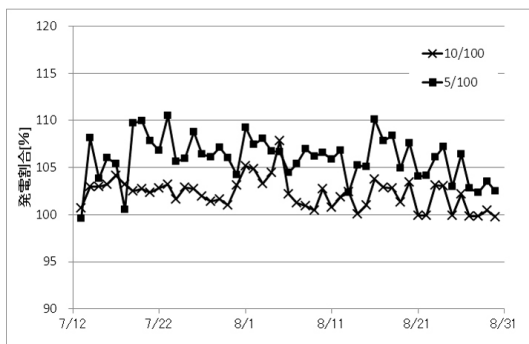


図23 勾配別発電割合

表7 勾配別発電試験の結果

勾配	日平均発電量 [Wh/日]	発電割合 [%]
15/100	145.1	100.0
10/100	147.1	101.4
5/100	152.8	105.3

(試験期間：平成24年7月13日～平成24年8月31日)

7. まとめ

積雪寒冷地における住宅用太陽光発電の導入、とりわけ無落雪住宅への普及・拡大を図るため、従来の架台の代替として、フェンス状の部材を無落雪屋根外周の四辺を利用して四角形に組んだ架台(フェンス状太陽光発電架台)を提案し、システム設計に向けた基礎データの蓄積を目的として、設置方法の検討、屋根の塗料別発電特性の検討、および屋根の勾配別発電特性の検討を行い、以下の知見を得た。

- ・冬季屋外試験から、置くだけの簡易的な設置方法に問題はなく、発電パネルを設置高さ200mm以上で、より広い間隔で設置することにより、積雪の影響を最小限に抑えられ、フェンス状架台に実用化の可能性を確認した。
- ・二種類の機能性(熱線高反射率・遮熱)塗料および一般塗料を塗布した模擬屋根での発電試験により、機能性よりも塗料の色(明度)が発電量に大きな影響を与えることがわかった。
- ・無落雪屋根の勾配を模擬した角度別発電試験を行い、各勾配の発電量にほとんど差がないことを確認した。

なお、本研究で得た知見は平成23年度と24年度に工業試験場の屋上で行った試験の結果のみであることから、積雪寒冷地全域への展開に向けて、今後は最終モデルの通年発電試験による従来架台と比較したデータ蓄積などを行う予定である。

謝辞

太陽光発電パネルの使用に際し、サンエス電気通信(株)の池田英明氏と伊藤貴史氏より多大なるご協力を賜りました。ここに記して感謝いたします。

引用文献

- 1) 新エネルギー導入促進協議会：調査報告等(3.住宅用太陽光発電システム導入状況に関する調査)、<http://www.nepc.or.jp/topics/pdf/0900817.pdf>、(参照2013年6月8日)
- 2) 太陽光発電普及拡大センター：都道府県別申請件数集計データ(平成20・21年度住宅用太陽光発電補助金交付決定件数・設備容量データ)、http://www.j-pec.or.jp/information/doc/pdat_h20-21koufu_20110106.pdf、

(参照2013年6月8日)

- 3) 太陽光発電普及拡大センター：都道府県別申請件数集計データ（平成22年度住宅用太陽光発電補助金交付決定件数・設備容量データ），〈http://www.j-pec.or.jp/information/doc/pdat_h22koufu_20110707.pdf〉，（参照2013年6月8日）
- 4) 太陽光発電普及拡大センター：都道府県別申請件数集計データ（平成23年度住宅用太陽光発電補助金交付決定件数・設備容量データ），〈http://www.j-pec.or.jp/information/doc/pdat_h23koufu_20120424.pdf〉，（参照2013年6月8日）
- 5) 住宅金融支援機構：フラット35住宅仕様実態調査報告（平成19年度），〈<http://www.jhf.go.jp/files/100526472.pdf>〉，（参照2013年6月4日）
- 6) 北海道建築指導センター：無落雪（M形）屋根設計施工基準，〈http://www.hokkaido-ksc.or.jp/06_warranty/pdf/sekou_kijun.doc〉，（参照2013年6月4日）
- 7) 佐藤勝昭：太陽電池のキホン，ソフトバンククリエイティブ，192PP.，（2011）