

釧路高専北方型実験住宅における 再生可能エネルギー活用に関する研究

川村 淳浩^{*}, 森 太郎^{**}, 千田 和範^{***}, 野口 孝文^{***}, 荒井 誠^{*}, 内海 洋^{****}

Study on Renewable Energy Utilization at Northern Experimental House of Kushiro National College of Technology

Atsuhiko KAWAMURA^{*}, Taro MORI^{**}, Kazunori CHIDA^{***}, Takafumi NOGUCHI^{***},
Makoto ARAI^{*} and Hiroshi UCHIUMI^{****}

Abstract: The purpose of this study is to reduce energy consumption in houses at higher northern latitudes using a renewable energy such as solar energy.

In this paper, the results of basic solar energy measurements taken at a northern experimental house, which was built at the Kushiro National College of Technology in the Doto area, are described. The average solar radiation in December and January was approximately 18 MJ/m²/day. Measurements confirmed that the percentage of sunshine in winter in the Kushiro area was relatively high, indicating that it was possible to generate the necessary electric power for the experimental house. However, it was revealed that the tilt angle of the existing photovoltaic panel was not optimal for power generation and not sufficiently steep to allow the panel to shed accumulated snow.

Key words: Solar energy, Solar radiation, Measurement, Utilization, Doto area

1. はじめに

北海道は、年間の真冬日が1.5～3か月に及ぶ厳冬期を有し、戸別住宅の割合が多いこともあって、全国と比べて世帯当たりの暖房・給湯に要するエネルギー消費量が多い¹⁾。この背景には、我が国の飛躍的な経済成長に連動して住生活の質の向上を追求してきた結果、住生活に多くのエネルギーを必要とするライフスタイルが定着したことが少なからず影響していると思われる。しかし、オイルショックの経験から、より少ないエネルギーで同等以上の快適さを目指す工夫も、大きな発展を遂げてきた。北海道の場合、前者の例として、高气密高断熱性能を持つ北方型住宅²⁾をあげることができる。ところが、後

者の代表機器であり、全国的に飛躍的な普及が進んでいるヒートポンプは、北海道太平洋沿岸東部地域(道東地域)のように-20℃を下回る厳冬地域では、機能的にも経済的にも困難が予測される。

一方、道東地域は、年間降雪量が他の道内地域に比べて少なく、関東地域に匹敵する日照時間が得られる³⁾。

本研究では、道東地域の住宅に適したエネルギー活用方法を確立するため、釧路高専が有する北方型実験住宅を用いて、住生活に欠かせない電力を確保する太陽光発電と、エネルギー変換効率の高い太陽熱を暖房や給湯の熱源として活用する取組をおこなっている。

本稿では、本研究の開始時におこなった再生可能エネルギー活用検討について述べる。

2. 釧路高専北方型実験住宅

この実験住宅は、高度な技術開発能力と研究開発

^{*} 釧路高専機械工学科
^{**} 北海道大学工学研究院建築環境学研究室
^{***} 釧路高専電気工学科
^{****} (株) アクト

能力を身に付けた創造的かつ実践的な技術者の育成を目的として、地域との協働によって平成 19 年度文部科学省ものづくり技術者育成支援事業下で建設された「北方型住宅」である⁴⁾。北方型住宅は、道内の気候風土に適し、北国らしい住生活像を踏まえた、質の高い性能や居住環境を有する住宅として、北海道が創始した住宅事業である⁵⁾。この認定を受けるために必須となる様々な基本性能の中から、本研究では省エネルギー性能に係る断熱性能と気密性能に着目している。具体的には、断熱性能は熱損失係数 $1.6 \text{ W/m}^2/\text{K}$ 以下、気密性能は相当隙間面積 $2.0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 以下と規定されている。

表 1 に、釧路高専北方型実験住宅の主な仕様を示した。地域の森林資源であるカラマツ材を活用した在来軸組工法と高気密・高断熱施工によって、高い省エネルギー性能が実測確認されている⁴⁾。また、公称発電出力 3 kW の太陽光発電システムを備え、システム端における公称の最大エネルギー変換効率率は、 13.5% である⁶⁾。

表 1. 釧路高専北方型実験住宅の主な仕様

住宅構造	
基礎	地盤置換工法
	在来軸組工法 (カラマツ材)
床面積	66.24 m^2 (20坪) 平屋
省エネルギー性能	
熱損失係数	$1.6 \text{ W/m}^2/\text{K}$
隙間相当面積	$1.1 \text{ cm}^2/\text{m}^2$
太陽光発電システム	
公称発電出力	3 kW (シャープNU-165AT)
蓄電池容量	$1,020 \text{ Ah}$

3. 再生可能エネルギー活用検討

3.1. 日射計測

釧路高専北方型実験住宅における冬期の日射の利用可能量を知るため、図 1 のように 3 台の全天日射計 (栄弘精機, MS-601F) を設置して、日射計測をおこなった。これらは、設置角度の影響と雪面反射 (アルベド) による効果を調査するため、(a) 傾斜設置 (釧路の冬至の南中高度 66.4°)、(b) 水平設置 (遮蔽なし)、そして(c) 水平設置 (遮蔽あり) とした。

図 2 に、2012 年 12 月～2013 年 2 月の毎日の積算日射量と 3 時間毎の天候を示した。日射量は、昼間時間が最も短く太陽高度も低い冬至 (2012 年 12 月 21 日) 以後、昼間時間と太陽高度の増加につれ

て増加した。傾斜設置の場合に、厳冬期の 1 月や 2 月に得られる日射量は、平均で $18 \text{ MJ/m}^2/\text{日}$ 程度、晴天時には $20 \sim 25 \text{ MJ/m}^2/\text{日}$ となった。これらの計測結果は、NEDO 日射量データベース閲覧システム METPV-11, MONSOLA-11 と比較すると、釧路地区における多照年と平均年の間のデータであった⁷⁾。同データベースシステムより、暖房を必要とする 10 月～3 月の最適な設置方位と平均傾斜角度を求めると、真南で傾斜角度 60.65° であることがわかった。(図 3)

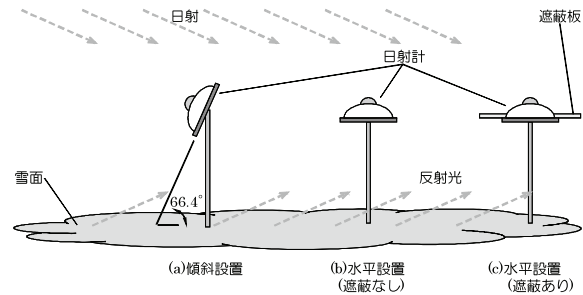


図 1. 日射計の設置状況

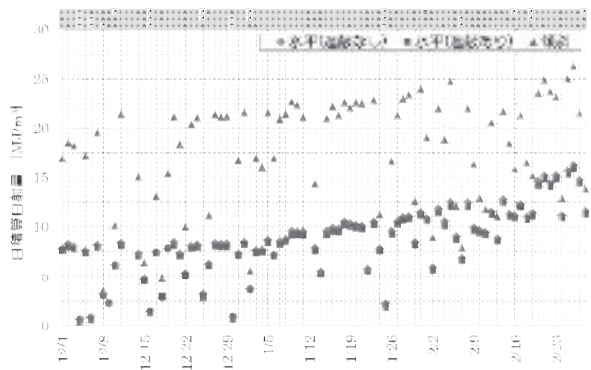


図 2. 日積算日射量の推移 (平成 24 年 12 月～平成 25 年 2 月)

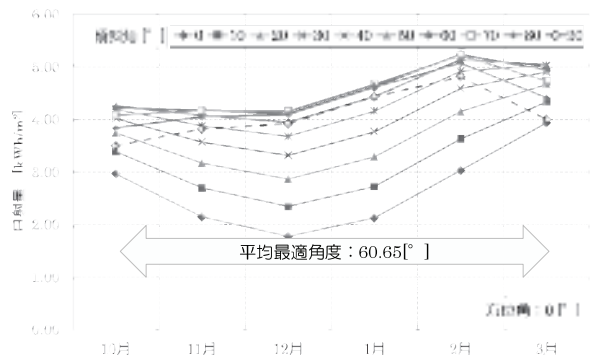


図 3. NEDO 日射量データベース閲覧システムを用いた日射受光面の冬期の最適傾斜角度

平成 24 年 12 月 16 日の降雪以後、日射計周辺の地表が完全に雪で覆われた。図 4 と図 5 に、この前後の典型日の計測データを示した。図 5 は、太陽高

度が低い冬至（2012 年 12 月 21 日）のデータであるが、傾斜設置した日射計の一日の最大日射強度に 1 割程度の増加が認められた。しかし、水平設置した 2 台の間では明確な増加が認められなかったため、今後、アルベドの効果を正確に定量化できるように、設置方法を工夫する必要があると思われる。

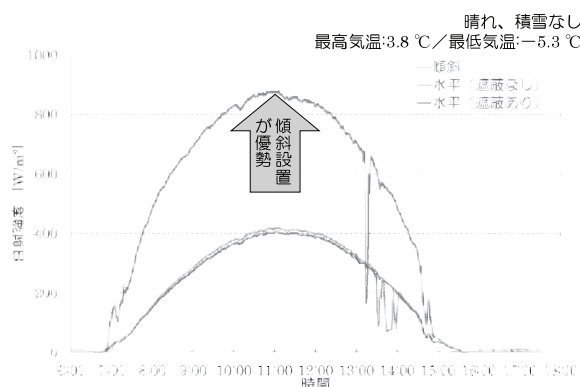


図 4. 積雪がない場合の時刻別日射強度の計測例
(平成 24 年 12 月 3 日)

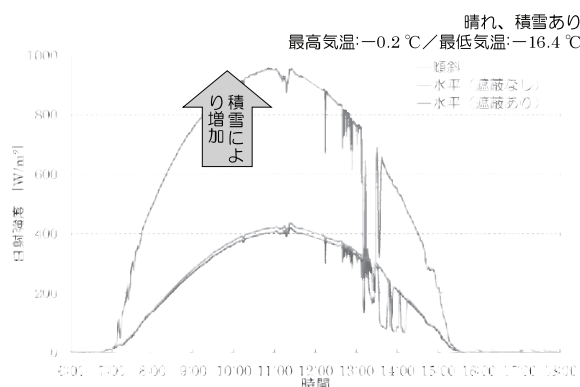


図 5. 積雪がある場合の時刻別日射強度の計測例
(平成 24 年 12 月 21 日、冬至)

3.2. 太陽熱の活用

釧路高専北方型実験住宅は、熱損失係数が $1.6 \text{ W/m}^2/\text{K}$ (表 1)、建物床面積が 66.24 m^2 であるため、外気温 -10°C の時に室温 20°C を確保するために必要な熱量（暖房負荷）は、 3.2 kW 程となる。これは、実験住宅の室内空間全体の室温を一定温度に保つ場合に必要となる熱量である。図 4 や図 5 より、日射強度の最大値は 1 kW/m^2 程度であるが、時間的に大きく変化するため、日射だけでは室内空間全体を所定の温度に保つことができないことがわかる。しかし、一般的な太陽熱供給システム（受熱面積 4 m^2 、変換効率 40%，そして貯湯量 200 リットル）を用いることにより、平均 29 MJ/日 の熱量を得ることが見込まれる（ 34°C の昇温が得られる試算とな

る）ため、換気導入される外気の昇温などに役立てることができると考えられる。

以上により、冬期間における晴天日の多さに起因する釧路地域の日射利用の優位性が確認された。

3.3. 太陽光発電

寒冷地の住宅におけるエネルギー消費の大部分は熱供給に関するものであり、多くが燃焼式熱源を使用している。これらは、燃料の燃焼によって熱エネルギーを発生させるが、不完全燃焼を防ぐ燃焼安全制御やセントラル暖房の機能のために、稼働させるためには僅かであるが安定した電力が不可欠である。また、すべての居室への設置が義務付けられた 24 時間常時換気が可能な機械換気設備の運転にも電力が必要である。そこで、実験住宅の既設太陽光発電システムにおいて、これらの要求に応えられるかどうかを計測調査した。図 6 に、釧路高専北方型実験住宅の既設太陽光発電システムの構成と電力計測ポイントを示した。太陽光発電システムは、発電パネル（公称最大出力 $153 \text{ W} \times 20$ 枚）、パワーコンディショナ、インバータ、充電コントローラ、そして蓄電池で構成される。電力計測は、日置電機株式会社製遠隔計測監視システム 2300 シリーズを用い、校内 LAN を介してデータ収集をおこなった。なお、太陽光発電パネルは、真南に向けたこう配 $3/10$ の片流れ屋根上に設置されている（設置角度 17° ）。

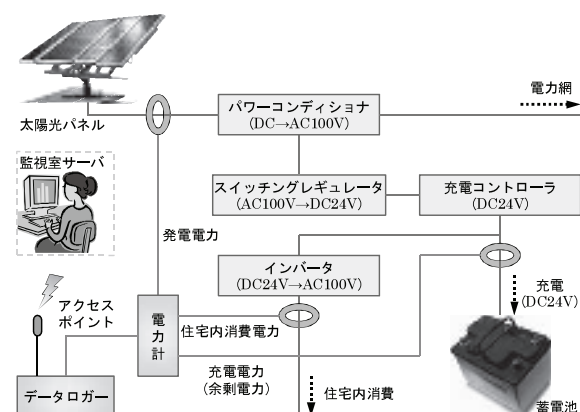


図 6. 太陽光発電システムの構成と電力計測位置

図 7 と図 8 に、平成 24 年 12 月～平成 25 年 2 月の毎日の各種電力量、気温、降雪量、そして 3 時間毎の天候を示した。

図 7 より、実験住宅の消費電力量は、概ね 7 kWh/日 であったことがわかる。昼間時間が短く太陽高度も低い 12 月の発電量が、消費電力量とほぼ同じであった。そして、昼間時間と太陽高度の増加につれて発電量も増加し、2 月下旬の晴天時には 15 kWh/日 ほどになった。これは、 $2.7 \text{ MJ/m}^2/\text{日}$ に相当し、

先の日射計測では晴天時に $20 \sim 25 \text{ MJ/m}^2/\text{日}$ の日射エネルギーが計測されていたため、メーカー公表の変換効率(モジュール変換効率 $14.3\% \times$ パワーコンディショナ変換効率 $94.5\% = 13.5\%$) よりも若干低めであることがわかった。また、12月と1月に認められる大きな消費電力は、別の実験のために使用された電気ヒータ(暖房)によるものであり、本研究では住宅の暖房を次節の太陽熱供給システムで賄うため、その部分のデータは考察から除外することとした。集計の結果、平成25年1月は1割程度、平成25年2月は3割余りの余剰発電量が得られた。

一方、太陽光発電パネル上への積雪のために、発電電力量が何度かゼロとなった。特に、平成24年12月16日～30日の期間は、ほぼ真冬日で平均気温もマイナス10度を下回ったために、太陽光発電パネル上の積雪が無くならなかった。それ以外の例では、平均気温が比較的高かったために、すぐに積雪が無くなって発電が回復した。

以上の各種結果より、釧路地域の冬期間の日照率が寒冷地において比較的高く、日射利用の優位性が確認され、住宅の必要電力を確保できる可能性があることが示唆された。しかし、既設太陽光発電パネルの現状の設置角度(17度)は、日照時間での発電

量の確保や積雪後の機能回復の面から緩やかであるとの結論に至った。冬期間における発電量の向上(余剰電力の向上)と、積雪障害回避のために、既設の太陽光発電パネルの設置角度を大きくする改造が必要であることがわかった。

4. まとめ

道東地域の住宅に適したエネルギー活用方法を確立するため、釧路高専が有する北方型実験住宅を用いて、日射エネルギーや太陽光発電などの計測を中心とした検討をおこなったところ、下記のような結論が得られた。

- (1) 釧路地域は、冬期に平均 $18 \text{ MJ/m}^2/\text{日}$ 程度、晴天時には $20 \sim 25 \text{ MJ/m}^2/\text{日}$ 程度の日射量が得られることが確認された。
- (2) 実験住宅の既設太陽光発電システムは、積雪障害回避のために発電パネルの設置角度を大きくする必要があることがわかった。

今後、太陽光発電パネルの設置角度を大きくするとともに、太陽熱供給システムを設置して、暖房や給湯に役立てるための基礎データを取得していく予定である。

謝辞

本研究は、総務省平成24年度戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)・地域ICT振興型研究開発に係る研究開発課題の成果の一部である。また、研究当時、釧路高専第5学年に在籍していた服部匠真君と堀敦壽君には、データの収集にあたって多大な協力をいただいた。ここに深く謝意を表する。

参考文献

- [1] 日本建築学会住宅内のエネルギー消費に関する調査研究委員会、住宅におけるエネルギー消費量データベース, <http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/database/index.htm>
- [2] 北海道建設部建築指導課 web サイト, <http://www.kita-sumai.com/>
- [3] NEDO 日射量データベース閲覧システム, <http://app7.infoc.nedo.go.jp/metpv/metpv.html>
- [4] 荒井誠他、産学連携による実践型人材育成事業の成果と今後、釧路高専紀要 44, p5-8, (2010)
- [5] シャープ(株)住宅用太陽光発電システム太陽電池モジュール NU-165AT 取扱説明書, <http://www.sharp.co.jp/support/taiyo/supplement.html>

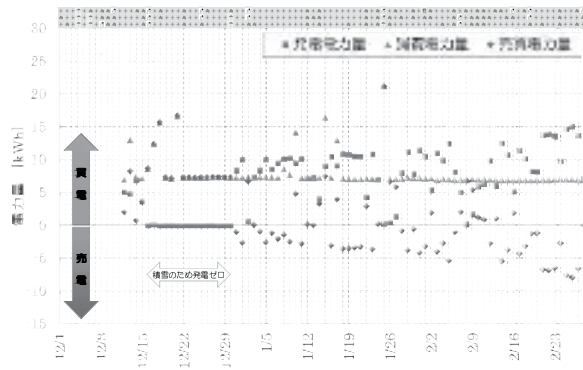


図7. 天候と電力量の推移(平成24年12月～平成25年2月)

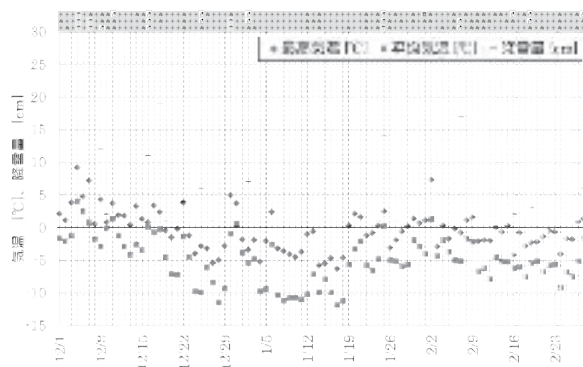


図8. 天候と降雪量の推移(平成24年12月～平成25年2月)