

ヒートポンプの日中運転と太陽電池冷却システムの地域別省エネ効果

学校名 日本電子専門学校
所属学科 電気工学科 横山 鴻平

1. はじめに

FIT 制度の買取期間を終えた太陽光発電設備は年々増加し、今後電力の自家消費が増加する見込みです。一方で、太陽電池は温度上昇により発電効率が低下し⁽¹⁾、自然冷媒ヒートポンプ給湯器（以下ヒートポンプ）は外気温の低い夜間に運転するため、消費電力量が大きくなるという課題がありました。この問題に対する解決策として、日中にヒートポンプを運転し、その冷排気を太陽電池の冷却に活用するシステム⁽²⁾が提案され、夏季よりも冬季の方が省エネ効果が高いことが示されました。本論文では、気候の異なる北海道、関東、九州の3地点における省エネ効果を検証します。

2. シミュレーション条件

ヒートポンプを夜間に運転する場合、及び日中に運転し冷排気で太陽電池を冷却した場合の発電効率及び消費電力量を Simulink で解析した。図1に本研究の概念図を示す。

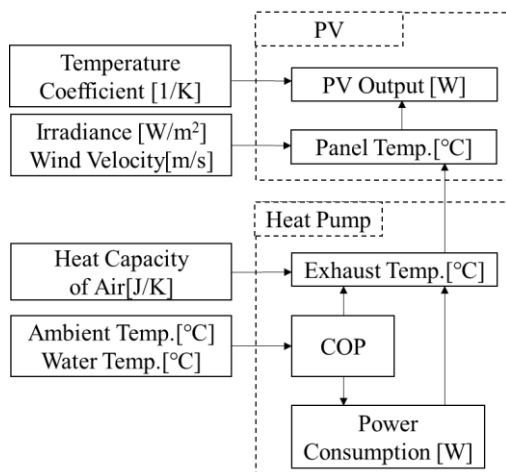


図1 本研究のモデル図

2-1. 太陽電池の発電効率

出力温度係数を $0.005[1/K]$ 、パネル温度を $T_p[°C]$ 、定格発電効率を 0.2 として(1)式から発電効率 η を算出した。

$$\eta = 0.2 \left(1 - 0.005(T_p - 25) \right) \dots (1)$$

パネル温度 $T_p[°C]$ は、JISC8907:2005 に規定される(2)式から算出した。

$$T_p = T_a + \frac{A}{B \cdot V^{0.8} + 1} I + 2 [°C] \dots (2)$$

A および B はパネルの設置方式に応じて変化する定数であり、本研究では架台設置形の数値を適用しました。推定に必要な環境データは、外気温 $T_a [°C]$ 、風速 $V [m/s]$ 、日射強度 $I [W/m^2]$ を利用した。

2-2. ヒートポンプ COP の推定

ヒートポンプの COP は、沸上温度 $65[°C]$ における中間期 COP を 5.0 、外気温 $T_a [°C]$ 、給水温 $T_w [°C]$ として(3)式より推定した⁽³⁾。

$$COP = 5[1 + 0.015(T_a - 16) - 0.017 \times (T_w - 17)] \dots (3)$$

2-3. ヒートポンプ運転時間

夏季・中間期・冬季における必要熱量をヒートポンプの加熱能力 $4.5[kW]$ で除する事で給湯に必要な運転時間を算出した。ヒートポンプの起動及び停止時刻は、パネル温度が最も高くなる正午が中間時刻となるように設定した。必要熱量は、M1 スタンダードモード:平日(大)の数値⁽⁴⁾に夏季 $10[\%]$ 、中間期 $15[\%]$ 、冬季 $20[\%]$ の保温ロスを加味した熱量とした。

2-4. 太陽電池パネル冷却モデル

Panasonic の MS240 α を 4×5 枚で配置し、 $4.8[kW]$ の定格出力を有するパネルに対して冷却モデルを構築した。ヒートポンプ排気量を $34[m^3/min]$ とし、ダクトを介してパネルに供給する構成とした。ダクト吹出口の開口部は、パネル短手方向の寸法 $3120[mm]$ 幅で開口面積を狭める事でパネル面を流れる排気の平均風速を $3[m/s]$ とし、冷却時のパネル周囲温度は排気温と外気温の平均値とした。排気温 $T_c [°C]$ は、空気の熱容量を $C_a [J/s \cdot K]$ 、ヒートポンプの消費電力を $P [W]$ 、冷媒の放熱ロスを $5[\%]$ とし、(4)式より算出した。

$$T_c = \frac{(COP - 1)1.05P}{C_a} [°C] \dots (4)$$

3. 結果

本実験では、気候の異なる札幌、東京、那覇の3地点における、晴天時の気象データ(1分値)を用いて、HPを夜間運転したケースと、HPを日中運転し冷排気でPVを冷却したケースでシミュレーションを行った。気象データは、各地点ごとに夏季・冬季・中間期のデータを気象庁から提供頂いた。

図2に示す通り、昼夜気温差が大きい程、HPの消費電力は大きく削減出来ることが示された。これは、外気温が高い程HPが効率良くお湯を作ることが出来ることによるものであり、当然昼夜の温度差が大きい程日中に稼働するメリットがある。そのため、昼夜気温差が大きい札幌に優位性があることが示された。

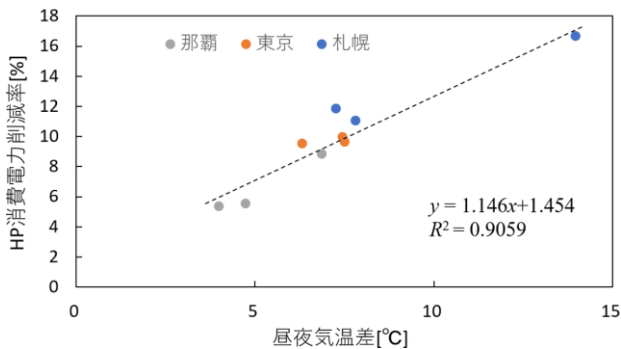


図2 気温差と消費電力削減率の関係

また、図3に示す通り、平均風速が大きい程太陽電池の発電量増加が低くなることが示された。これは、平均風速が大きい場合、HPの冷排気で冷却せずとも、太陽電池の温度が低く保たれるためである。

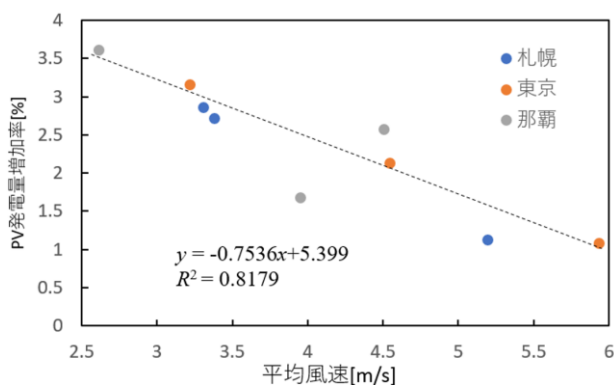


図3 平均風速と発電量増加率の関係

以上より、本システムが最も省エネ効果を得られるのは、昼夜の気温差が大きく、平均風速が低い地域であると結論付けることができた。

4. 所感・これからの展望

一般に、盆地では昼夜気温差が大きく平均風速が低い事が知られている。例えば、岐阜県黒川では、年間の平均風速が0.5m/s、昼夜の平均気温差が11度を超えており、より省エネ効果が期待出来る地域と言える。今後、実機での省エネ効果を検証できる機会があれば東京と岐阜県黒川で実施し、その費用対効果についても検証をしたいと考えています。

〈参考文献等〉

- (1)湯川元信・浅岡正久・高原景滋・大城壽光・黒川浩助, 電気学会論文誌 116 巻 9 号, 1101~1110, (1996)
- (2) 西村慶太・高橋将人・山田一心・永井 淳, 令和5年電気学会全国大会(2023)
- (3)横山良平・清水猛・竹村和久・伊藤弘一, 日本機械学会論文集 71 巻 707 号, 153~160, (2005)
- (4)藤縄剛史・前真之, 日本建築学会環境系論文集 第 86 巻第 789 号, 840~851, (2021)

〈キーワード〉 太陽電池, ヒートポンプ