

奨励研究助成実施報告書

助成実施年度	2020 年度
研究課題（タイトル）	日射遮蔽ルーバーを用いた高効率太陽熱システムの開発
研究者名※	岡村 晃
所属組織※	信州大学大学院 総合理工学研究科 李研究室
研究種別	奨励研究
研究分野	その他
助成金額	80 万円
発表論文等	

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

（ ）は、報告書提出時所属先。

大林財団 2020 年度奨励研究助成実施報告書

所属機関名 信州大学大学院
申請者氏名 岡村晃

研究課題	日射遮蔽機能を用いた高効率太陽熱システムの開発
(概要) ※最大 10 行まで 本研究では中高層建築物に適用可能な新しい太陽エネルギー利用システムとして、太陽光発電、太陽熱回収、日射遮蔽の 3 つの機能を持つ「エアフロー太陽熱システム」を提案した。そして、開発システムの創エネルギー効果を明らかにすることを目的として、試作模型を用いた屋外実測を行った。 結果として、冬期においてエアフロー太陽熱システムによる発電量と熱回収量を考慮した総合的な創エネ量は通気を行わないルーバーと比較して約 1.7 倍であった。一方で、ルーバー内の通気による太陽電池モジュール冷却効果および発電効率向上効果は得られなかった。	

1. 研究の目的	(注) 必要なページ数をご使用ください。
本研究は、主に中高層建築物に適用可能な新しい太陽エネルギー利用システムとして太陽光パネル一体型の日射遮蔽ルーバーに適用可能なエアフロー太陽熱システムの開発を目的としている。特に本研究ではエアフロー太陽熱システムの試作模型を作成し、実測によりその発電効率向上効果・太陽熱回収効果を検討する。	

2. 研究の経過	(注) 必要なページ数をご使用ください。
2.1 システム概要 図 1 に本研究で提案する「エアフロー太陽熱システム」の概要を示す。エアフロー太陽熱システム（以下、エアフローシステム）は太陽光パネルと一体化された日射遮蔽ルーバーの内部に空気を流すことでパネルの熱回収を行うシステムである。ルーバー内部では太陽電池モジュール発電時の発熱によって空気温度が上昇する。そして、暖められた空気の浮力により上昇気流が発生する。夏期には空気を外部に排出することでパネルの温度上昇を抑制し発電効率の向上、冬期には熱回収を行った空気を室内に取り込むことで換気負荷の低減を行う。本システムは特に、パネルの熱回収に動力を用いず自然対流を活用する点、日射遮蔽と熱回収機能を併せたエネルギーシステムである点で独自性が高い。主に延床面積あたりの屋根面積が小さい中高層建築物に適用することで建物側面を活用した発電、熱回収および日射遮蔽を行う高効率な太陽エネルギー利用システムとして、建築物の ZEB 化の促進に貢献することが期待できる。	

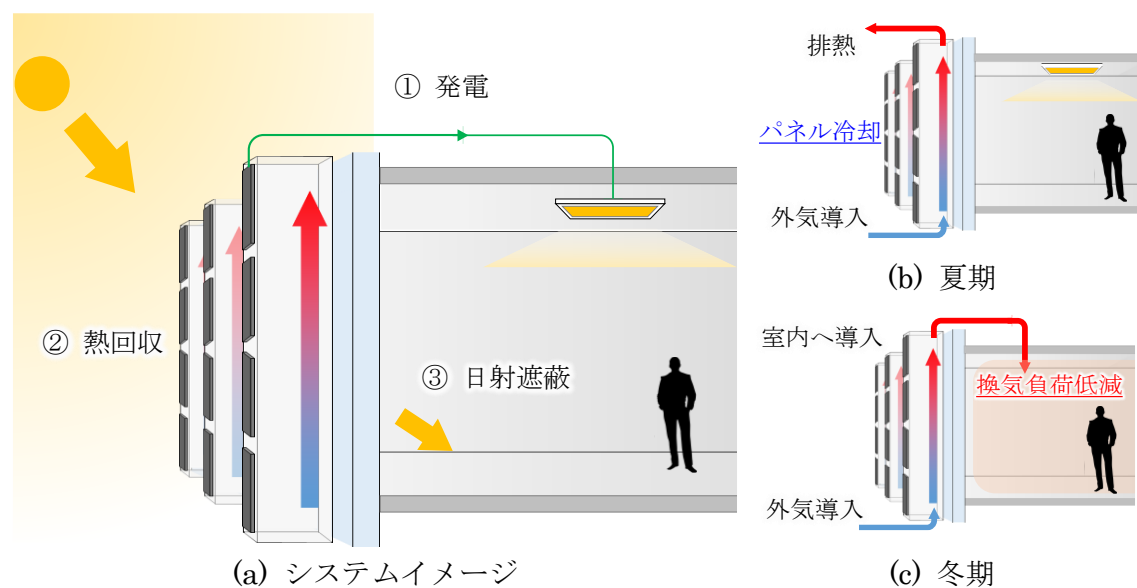


図 1 エアフロー太陽熱システム概要

2.2 試作模型の作成

本研究では実際にエアフローシステムを導入した日射遮蔽ルーバーの試作模型を作成した。図 2 に試作模型の概要を示す。ルーバー形状は垂直とした。アルミ材を曲げ加工したルーバー部の前面に $1,500\text{ mm} \times 192\text{ mm}$ の太陽電池モジュールを設置し 7 枚直列に接続することで一つのシステムとした。モジュールは Si 単結晶であり公称最大出力は 39 W (カタログ値より抜粋) であり試作模型の総モジュール面積は 2.016 m^2 である。ルーバーは軸を中心に回転が可能であり、パネル面が太陽を追尾するよう制御することが可能である。また、ルーバーの小口部分について、通常のふたとルーバー内部に空気を通すために自然対流孔を設けたふたの 2 種類を作成した。本研究では通常のふたを付けた模型と自然対流孔がある模型での比較を行うことでエアフローシステムの性能評価を行う。また、太陽追尾機能を使用して自動ルーバーについても同時に検討を行う。

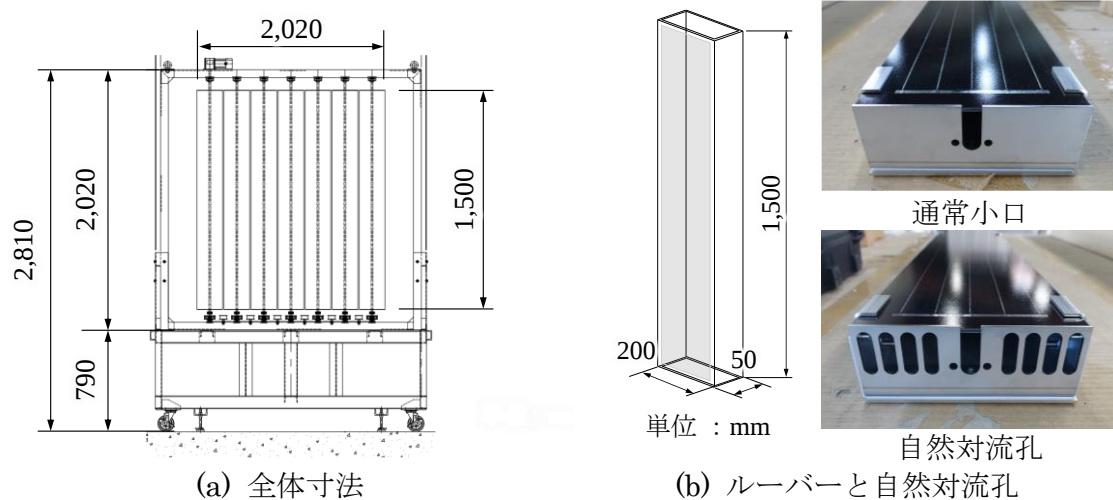


図 2 試作模型概要

2.3 実測方法

作成した試作模型を使用して屋外実測を行なった。図 3 に実測風景を示す。2022 年 1 月 11 日～1 月 21 日の間、直達日射がパネル面にあたる 7:30~16:30 の間で行われた。実測場所は静岡県静岡市で、測定期間中に良好な日射条件を得られた日を代表日とした。図 4 に測定項目を示す。測定項目は試作模型の発電量、エアフローシステムのルーバー内通気量、パネル表面およびルーバー内部空気温度である。発電量測定には I-V チェッカーを使用して最大出力（Pmax）を記録した。通気量測定は定常濃度法により測定を行った。測定期間中、マスフロメーターを使用して自然対流孔有りのルーバー 1 本の下部から CO₂ を 0.526 m³/min を注入しルーバー上部から出る空気の CO₂ 濃度を測定した。通気量はザイトルの式 (1) により算出した。

$$Q = \frac{M}{c - c_0} \quad (1)$$

ここで、 Q [m³/h]は換気量、 M [m³/h]は CO₂ 発生量、 c [ppm]はルーバー出口における CO₂ 濃度、 c_0 [ppm]は外気の CO₂ 濃度である。

太陽光パネル表面温度については、裏面の上部・中部・下部の三点を計測し、平均値を算出した。また、ルーバー上部の空気温度を測定し、外気温度との差によりルーバーを通る空気の温度上昇を検討した。それぞれの項目は 1 分おきに測定を行った。測定期間中、気象条件として外気温度、水平全天日射量、風向風速を測定した。計測パターンは、ルーバーを動かさず通気を行わない固定ルーバー、ルーバーを動かさず通気を行うエアフローシステム、通気を行わずルーバーを自動制御する自動ルーバーの 3 パターンであり、エアフローシステムと自動ルーバーについてそれぞれの性能を固定ルーバーと比較する形で検討を行った。



(a) 試作模型

(b) 設置状況

図 3 実測風景



(a) 発電量

(b) ルーバー内通気量

(c) 各点温度測定

図 4 測定項目

3. 研究の成果

(注) 必要なページ数をご使用ください。

計測を行った2日間について全天日射量、外気温度とともに同等な気象条件が得られた。以下に各パターンの結果を示す。

3.1 固定ルーバー vs. エアフローシステム

図5に各パターンのパネル面の全天日射量、パネル表面温度、発電量の経時変化を示す。最も日射量の大きかった12:00でのパネル面日射量は 956.1 W/m^2 、固定ルーバーのパネル表面温度は最大で 49.0°C 、エアフローシステムで最大 46.9°C まで上昇した。発電量は固定ルーバーで 237.5 W 、エアフローシステムで 243.7 W であり、エアフローシステムによるパネルの冷却効果および発電量の変化はあまり見られなかった。これは、測定期間が冬季であったため外気温度が低く、パネルの表面温度上昇が小さかったためと考えられる。図6にルーバー内空気温度、ルーバー1本あたりの通気量、システムの熱回収量を示す。日射がパネルにあたる時間帯においてルーバー内で平均 $4.53 \text{ m}^3/\text{h}$ の通気量が測定された。一方で、通気量の最大値は $12.9 \text{ m}^3/\text{h}$ であった。これはルーバー内通気量が外部風速により激しく変動したためと考えられる。測定日の平均風速は 1.68 m/s であったが、風速が極端に高い場合ルーバー内部で空気が上方向に流れなくなる可能性が考えられる。熱回収量はルーバー内の通気量とルーバー出口と外気の温度差から算出したものであり、ルーバー7本の通気量、温度差が同じと仮定しルーバー7本分の総熱回収量を示している。結果として、12:00におけるルーバー出口の温度は 25.0°C 、外気温度との差は 14.0°C となった。また、一日を通じた最大温度は 26.8°C 、外気温度との差は最大で 16.6°C となった。また、12:00における熱回収量は 203.6 W 、平均で 135.2 W の熱回収を行った。この結果から、自然対流によるパネル面の熱回収が可能であり、エアフローシステムの熱回収効果が確認された。

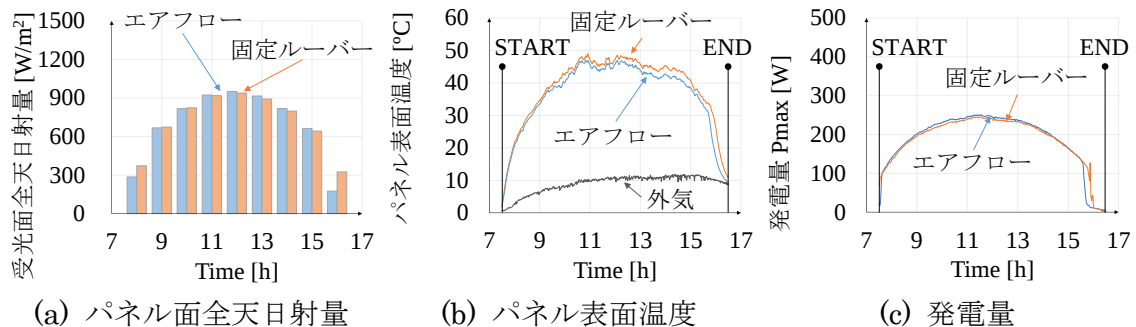


図5 システムのパネル冷却効果と発電量

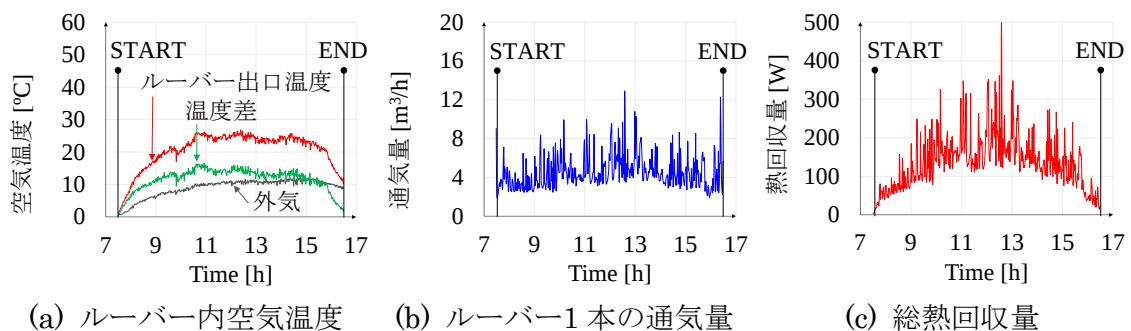


図6 システムの熱回収効果

3.2 固定ルーバー vs. 自動ルーバー

図7に各パターンのパネル面の全天日射量、パネル表面温度、発電量の経時変化を示す。12:00におけるパネル面の日射量は $1,015.2 \text{ W/m}^2$ であった。一方で、7:00~11:00 および 13:00~15:30 頃の間、自動ルーバーの受ける日射量が固定ルーバーと比較して高くなり、最大で 547.6 W/m^2 高くなった。ルーバーの角度を制御することでパネル面に効率よく日射を当てることが可能である。発電量について、12:00 付近の発電量は2パターンの差は見られなかった。一方で、7:00~11:00 および 13:00~15:30 の間では自動ルーバーの発電量が高くなり、最大で 38.6 W の差が生じた。

3.3 各パターンの創エネ量

図8に各パターンの創エネ量の積算値を示す。結果として、固定ルーバーによる発電電力量は $1,683 \text{ Wh}$ であり、エアフローシステムによる発電電力量は $1,690 \text{ Wh}$ であり大きな差は得られなかった。自動ルーバーは $1,833 \text{ Wh}$ であり、固定ルーバーと比較して約 8.9% の創エネ向上効果が得られた。また、エアフローシステムについて熱回収効果を含めた総合的な創エネ量を考慮した場合、 $2,908 \text{ Wh}$ となり約 1.73 倍の創エネ向上効果が得られた。

3.4 まとめ

- 1) 冬期においてエアフローシステムによるパネル冷却効果、発電量の変化は見られなかった。
- 2) エアフローシステムについて熱回収効果を含めた総合的なエネルギー創出量を考慮した場合、固定ルーバーの約 1.7 倍の創エネ向上効果が得られた。

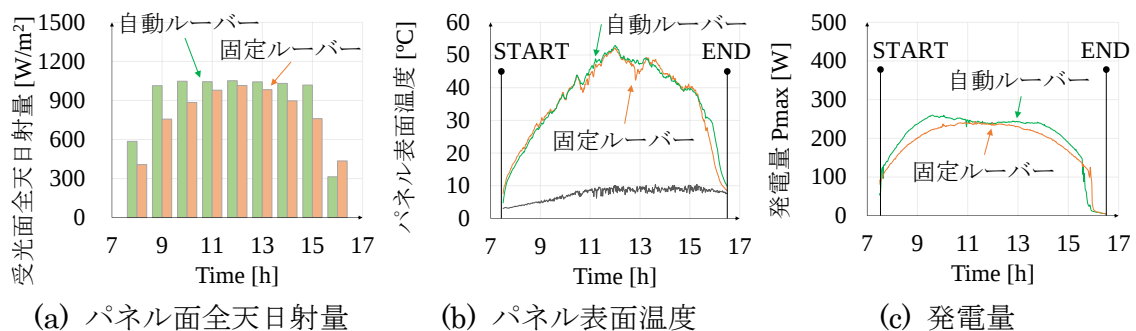


図7 システムのパネル冷却効果と発電量

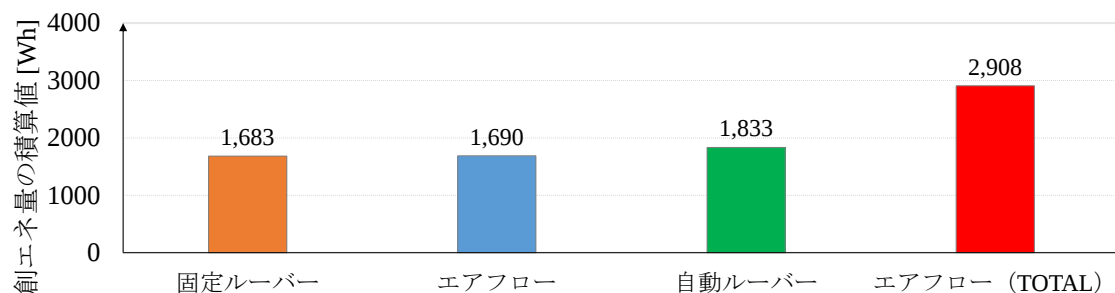


図8 各パターンの創エネ量積算値

4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

今後、夏期における熱回収およびパネル冷却効果の検討と共に数値解析による最適設計手法を提案する予定である。また、開発システムの日射遮蔽効果についても検討を行う。