

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

Development of high-efficiency solar thermal system with solar shading louvers

信州大学工学部建築学科 助教 李 時桓

(研究計画ないし研究手法の概略)

1. 研究目的

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. 研究手法

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。

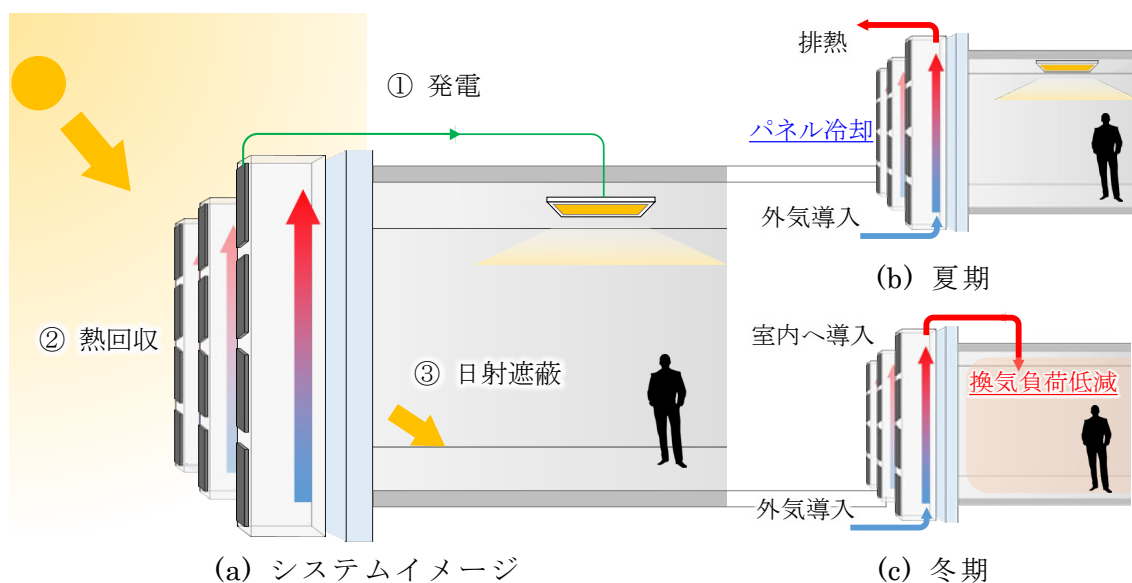


図1 エアフロー太陽熱システム概要

2.2 試作模型概要

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。アルミ材を曲げ加工したルーバー部の前面に1,500 mm×192 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 m²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に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。

2.3 実測方法

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。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（P_{max}）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、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、それぞれの測定間隔は1分である。計測パターンは固定ルーバー、エアフローシステム、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。表1に実測条件の詳細を示す。

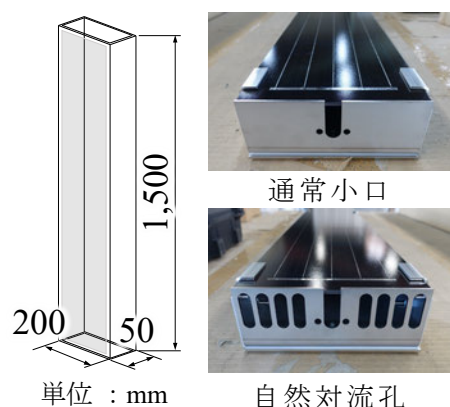


図2 試作模型概要



図3 測定風景

表1 実測条件詳細

測定期間	2022年1月11日～1月21日
実測時間	7:30～16:30
実測場所	静岡県静岡市
測定項目	発電量 MP-170 (EKO, 図3-右上)
	ルーバー内通気量 Multi-gas monitor (INNOVA, 図3-右中)
	各店温度 LR8400 (HIOKI, 図3-右下)
測定パターン	固定ルーバー vs. エアフローシステム
	固定ルーバー vs. 自動ルーバー

(実験調査によって得られた新しい知見)

3. 実測結果

計測を行った2日間について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4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 $49.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ，エアフローシステムで最大 $46.9 \text{ }^\circ\text{C}$ 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5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 $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ，外気温度との差は $14.0 \text{ }^\circ\text{C}$ となった。また，一日を通じた最大温度は $26.8 \text{ }^\circ\text{C}$ ，外気温度との差は最大で $16.6 \text{ }^\circ\text{C}$ となった。結果から日射がパネル面に当たる間では，ルーバー内部で空気が暖められて上部へ移動することが分かる。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。

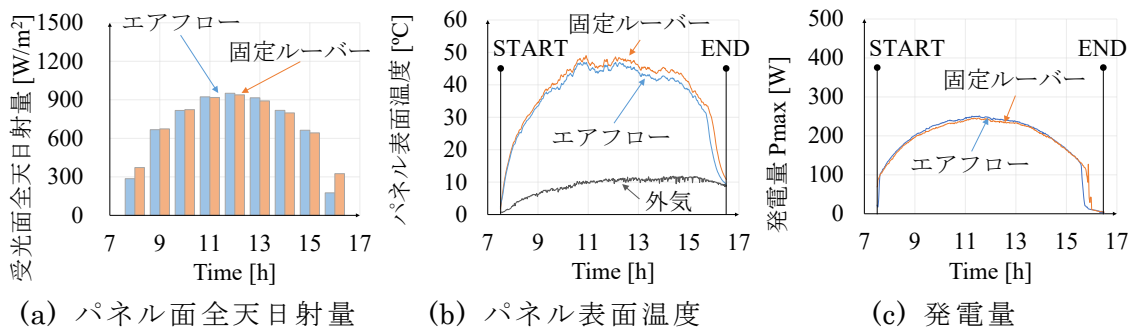


図4 システムのパネル冷却効果と発電量

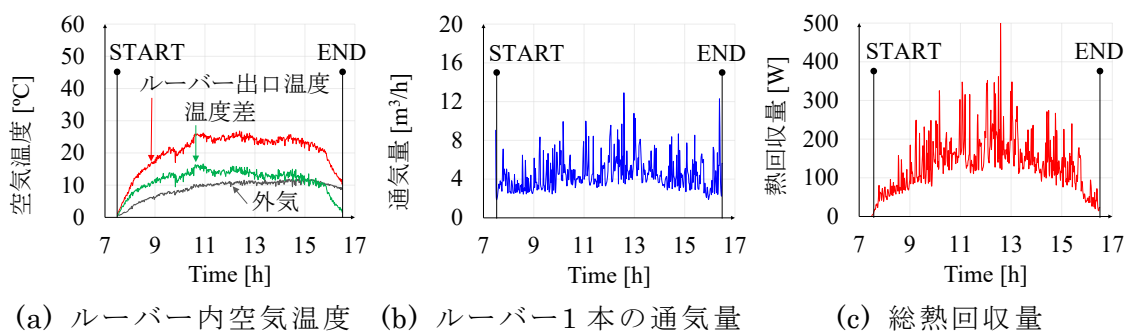


図5 システムの熱回収効果

3.2 固定ルーバー vs. 自動ルーバー

図 6 に各パターンで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 7 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。

4. まとめ

本研究では，エアフロー型太陽熱システムの開発を行い，試作模型を用いた実測により創エネ効果を検討した。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。

(発表論文)

現在，論文作成中

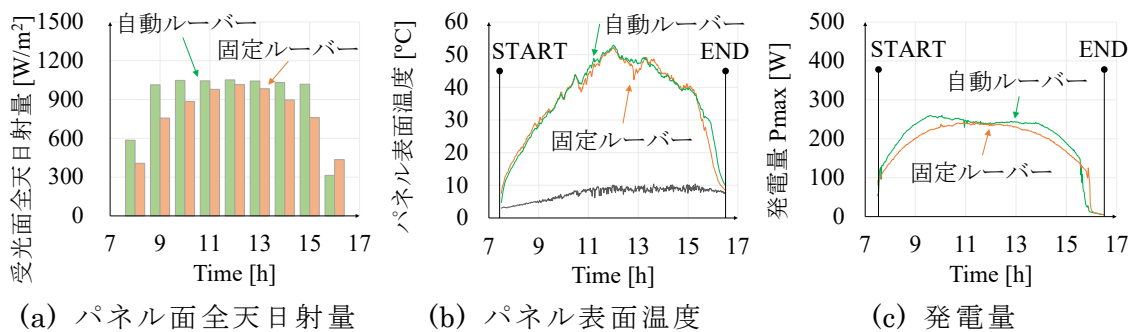


図 6 システムのパネル冷却効果と発電量

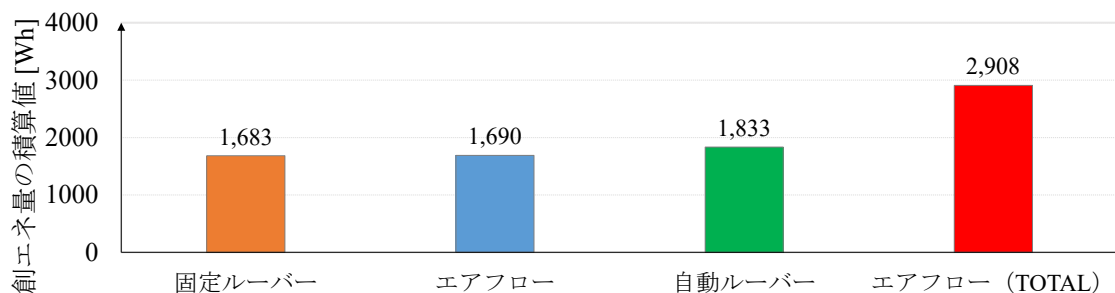


図 7 各パターンの創エネ量積算値