



Title	太陽熱利用型パッシブ換気システムの実用化に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	松永, 潤一郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16127号
Issue Date	2024-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93637
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Junichiro_Matsunaga_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 松永潤一郎

審査担当者 主査 准教授 菊田弘輝
副査 特任教授 林基哉
副査 教授 長野克則
副査 教授 森太郎

学位論文題名

太陽熱利用型パッシブ換気システムの実用化に関する研究

(A Study on Practical Implementation of a Passive Ventilation System with Solar Air Heater)

2050年の脱炭素社会の実現に向け、住宅の省エネルギー技術の向上によって外皮負荷を大きく減少させることができるとなり、相対的に増加する換気負荷を減らすために換気の技術も向上させる必要がある。近年、高性能な換気システムである第一種熱交換換気システムの採用が増えているが、熱回収を可能とする一方で、空気搬送動力が増える傾向にあるため、換気負荷の削減とのトレードオフについても検討が必要である。また、メンテナンスが適切に行われなければその性能を十分に発揮できず、結果的に換気そのものが滞ってしまうため、居住者自身がメンテナンスを行うことを前提とした場合、極力負担の少ないシステム構成にすることも重要である。

本研究では、再生可能エネルギーを積極的に活用した新しい換気の技術として、外部電源を必要としない自立型として開発された壁付太陽熱集熱パネルを、メンテナンス負担が大幅に少なく動作不良が起こらないパッシブ換気と組み合わせて、給気を予熱し換気負荷を低減させることを可能とする「太陽熱利用型パッシブ換気システム」の開発を行う。太陽熱集熱パネルの性能の評価と集熱量の予測を可能にし、本システムの換気負荷の低減効果、省エネルギー性能、ライフサイクルコストを評価し、実用化に向けた開発を行うことを目的としている。

本研究は全6章により構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第1章「序論」では、研究の背景と目的を述べ、関連する既往研究について概説し、本研究の位置付けを示した。

第2章「壁付太陽熱集熱パネルの定量的評価」では、再生可能エネルギーの利用が可能となる太陽熱集熱パネルの基本性能を実験的に明らかにし、それに基づく集熱量予測シミュレーションを構築した。また、一般的に入手可能な全天日射量を用いて全国各地の集熱量予測ができるように、日射の直散分離に関する簡易手法を構築した。その上で、実建物に太陽熱集熱パネルを実装し評価を行い、集熱量予測が可能であることを示した。

第3章「太陽熱利用型パッシブ換気システムの性能評価」では、内外温度差によって生じる浮力と風圧力を駆動力とし、空気搬送動力の削減効果とメンテナンス負担の軽減効果が期待できるパッシブ換気システムを活用し、外気導入部分に壁付太陽熱集熱パネルを組み合わせた「太陽熱利用型パッシブ換気システム」を提案した。本システムは、給気を予熱し換気負荷を低減させることを目的としたシステムとなっている。実建物へ実装し評価を行い、集熱量と換気負荷の低減効果に加えて、集熱量予測シミュレーションが有効であることを示した。

第4章「一次エネルギー及び二酸化炭素排出量評価」では、一般的に広く普及している第三種換気システムと、換気負荷を減らすために近年採用が増えている第一種熱交換換気システムを比較対象とし、本システムの省エネルギー性能の評価を行った。第一種熱交換換気システムは換気負荷を低減させるメリットがある一方、デメリットとして熱交換器の空気抵抗の増加と、給気と排気をそれぞれファンで空気を搬送する必要があるため、空気搬送動力が増加する。従って、換気に関わる省エネルギー性能の評価は、換気分の冷暖房負荷だけでなく空気搬送動力も含めて行った。その際、太陽熱集熱パネルの設置角度について地域別に検討し、その効果と実用性の面からすべての地域において鉛直である壁面設置が有効であると判断した。それらを前提条件とし、換気システム別に一次エネルギー及び二酸化炭素排出量を比較した。さらに、2050年の脱炭素社会を目指す上で、将来的に二酸化炭素排出係数が削減されていくことを踏まえ、排出係数が変化した場合の評価を行い、地域特性に合わせたシステムを提案した。

第5章「ライフサイクルコストの試算と評価」では、実際に居住者が採用するシステムの検討を行う上で、省エネルギー性能の評価と同時に、実際にかかるコストがシステム選定に与える影響が大きい。また、運用エネルギー以外のメンテナンスについても費用がかかることから、それらを含めたライフサイクルコストの評価が重要である。そこで、市場調査に基づいて実際のコストを試算し、各システムにおける50年間のライフサイクルコストの評価を行った。二次エネルギー単価が高いガス暖房の場合、熱回収の効果が大きくなるため、第一種熱交換換気システムが有利となつた。それに対し、二次エネルギー単価が安価で高効率なヒートポンプ暖房の場合や換気負荷が少ない地域では、メンテナンスコストと空気搬送動力の増加分で熱回収メリットを上回る費用が発生する。そのため、ライフサイクルコストの妥当性及び居住者のメンテナンスの実行性を総合的に判断した結果、本システムが有用であることを明らかにした。

第6章「総括」では、本論文で得られた知見を総括し、今後の課題や展望について述べた。

これを要するに、本研究は、2050年カーボンニュートラル達成に向けて、再生可能エネルギーを積極的に活用した太陽熱利用型パッシブ換気システムが省エネルギー性能、ライフサイクルコストに与える影響を通じて、その実用化に関する知見を得たものであり、建築環境学、環境デザイン学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。