

## 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）	ウイルス感染予防のための室内環境制御窓システムの開発
研究者名※	李 時桓
所属組織※	信州大学 工学部建築学科 助教 (名古屋大学大学院 環境学研究科 准教授)
研究種別	研究助成
研究分野	都市環境工学
助成金額	150 万円
発表論文等	

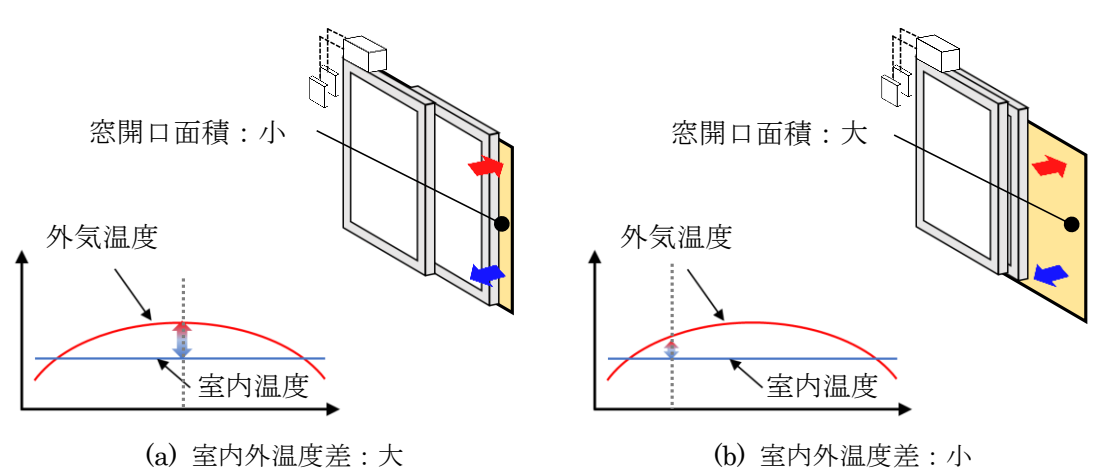
※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

( ) は、報告書提出時所属先。

# 大林財団 2020 年度研究助成実施報告書

所属機関名 国立大学法人信州大学  
申請者氏名 李 時桓

研究課題	ウイルス感染予防のための室内環境制御窓システムの開発
<p>(概要) ※最大 10 行まで</p> <p>本研究は、室内温熱環境や空気質、快適性の向上、省エネ、ウイルス感染症予防策などとして、室内に要する換気・通風量を制御する室内環境制御窓システムの開発を目的とする。室内環境制御窓システムは、室内外に設置された温度センサー、CO<sub>2</sub>センサー、粉塵センサー、人感知センサー、冷暖房システムの消費電力により室内外環境パラメータを感知し、電動ユニットの制御による IoT (Internet of Thing) 化により、快適な室内環境を提供する窓の開口面積調整システムである。特に、ウイルス感染症予防策として室内換気量の適正制御にも適用可能なシステムとして開発する。本研究により開発される自動開閉窓システムは、変動する外気温度や冷暖房の稼働による室内外温度差により変動する自然換気量を、窓の開口面積の制御により最適化する技術であり、居室空間での必要換気量の確保、冷暖房負荷増大、マスク着用による温熱感の変化に伴う冷暖房の制御などの課題を解決し、安全・快適な暮らしを提供する。</p>	

1. 研究の目的	(注) 必要なページ数をご使用ください。
<p>本研究では開口幅によって自然換気量を制御する自動開閉窓システムを提案(図 1 参照, 自動制御: 式[1] 参照)し、システムの換気性能、室内温熱環境に及ぼす影響を把握することを目的とする。</p>	
 <p>(a) 室内外温度差: 大</p> <p>(b) 室内外温度差: 小</p> <p>図 1 自動開閉窓システムの概要</p> $W = C \times Q \times H^{-1.5} \times \Delta T^{0.5} \times S \quad [1]$ <p>ここに、W は窓の開口幅 [cm], C は変換係数 (= 2/3) [-], H は窓の開口高さ [m], ΔT は室内外温度差 [°C], S は安全率[-]である。</p>	

## 2.1 実測概要

開発システムの換気性能を把握するために、二室を用いて単一開口での比較検討を行う。また、室内温熱環境や冷暖房負荷に与える影響を確認するため、エアコンを稼働させる夏期冷房期間中と冬期暖房期間中に実測を行う。事前作業としては図2に示す窓枠を製作する。その後、図3に示す実験棟に窓枠を取り付ける作業を行ってから、自動開閉窓を取り付けた部屋と一般窓を取り付けた部屋との比較実測を行う。

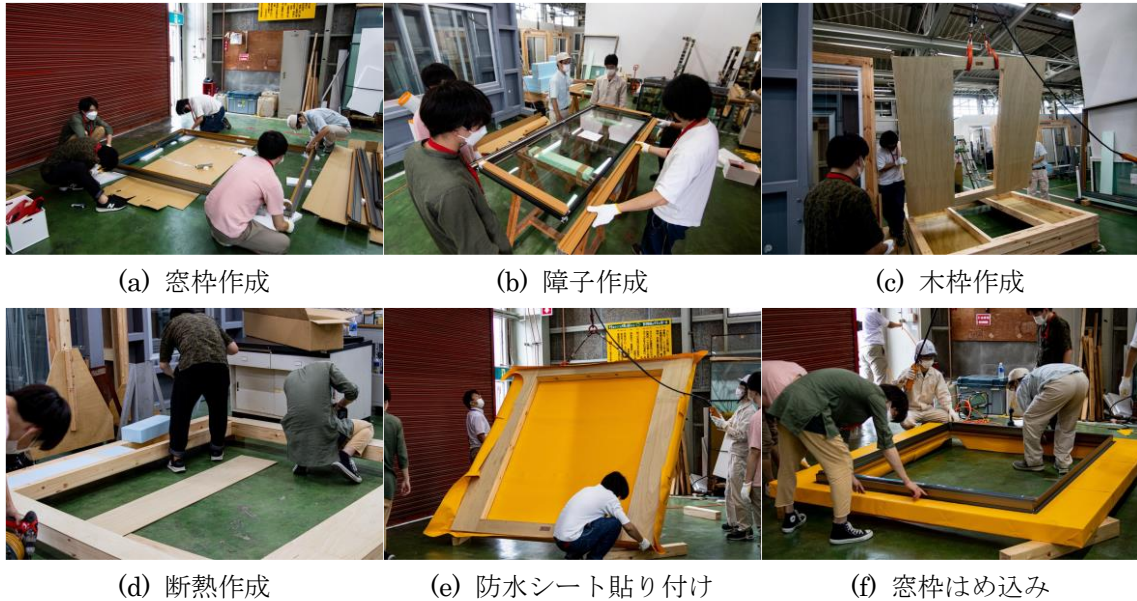


図2 窓枠の製作工程

実験室は両室とも床面積が  $6.25 \text{ m}^2$ 、室容積は  $15 \text{ m}^3$  であり、南面に取り付けた窓の開口高さは  $2 \text{ m}$  である。自動開閉窓は  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  で換気量を維持するよう制御し、一般窓は常時  $95 \text{ mm}$  の幅で開放した。

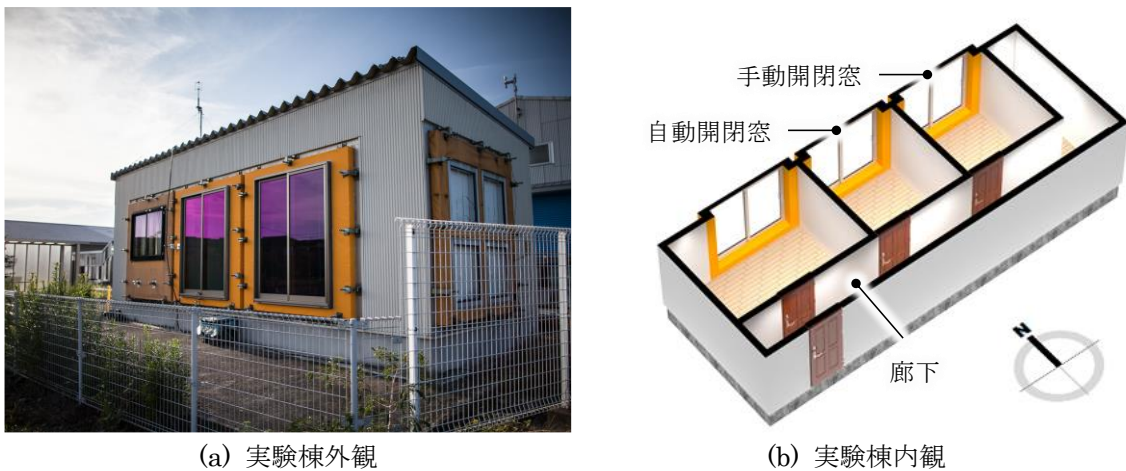


図3 実験棟の概要

## 3.1 夏期における検討

単一開口部における換気量、冷房時における室内の温熱環境を把握するために、2021年9月11日に実測を行った。冷房は冷房能力2.2 kWのエアコンを用い、設定温度22 °Cで稼働させた。図4に計測した換気量の実測結果を示す。結果によると、自動開閉窓の場合は一日を通して換気量が維持され、日平均、約28.9 m<sup>3</sup>/hと測定された。一方、開口幅が95 mmの一般窓の場合は外気温が高くなる時間帯に換気量が増加し、日中(9:00~18:00)の平均は、約65.6 m<sup>3</sup>/hと測定された。図5に室内外の温度変化の結果と自動開閉窓の制御開口幅の結果を示す。温度差によって開口幅が制御通りに変化し、開発システムによって換気量を制御できることが確認された。図6に9月11日の13:00における室内の平面温度分布、図7に断面温度分布を示す。両室ともに一日を通して概ね設定温度である22 °Cで維持された。外気温が高くなる時間帯において、一般窓室の場合は漏気量が増えたため室内温度も少し上昇した。図8に各室のエアコンの消費電力を示す。二室に大きな違いは見られず、消費電力の大きい日中は約0.1 kW~0.15 kWで稼働していた。しかし、一般窓の場合13:00~14:00に約0.18 kWで稼働しており、漏気量が増え冷房負荷が増加したと考えられる。

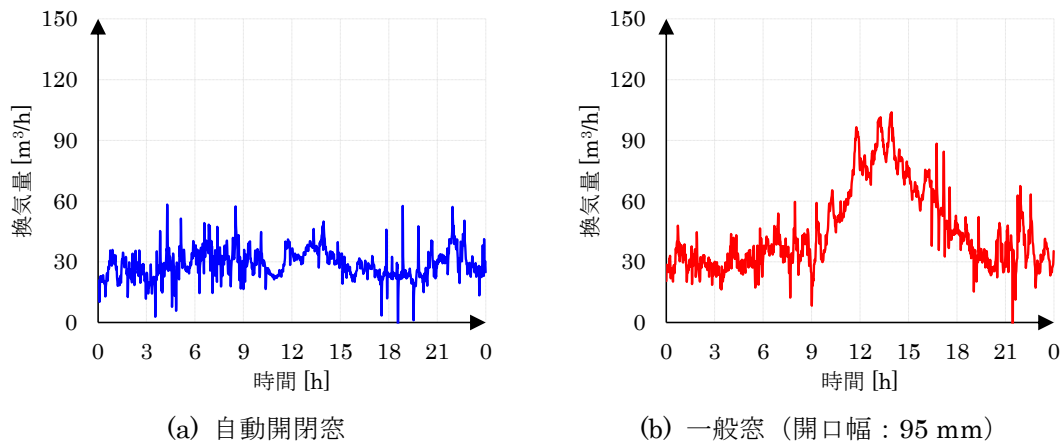


図4 夏期実測における換気量の変化

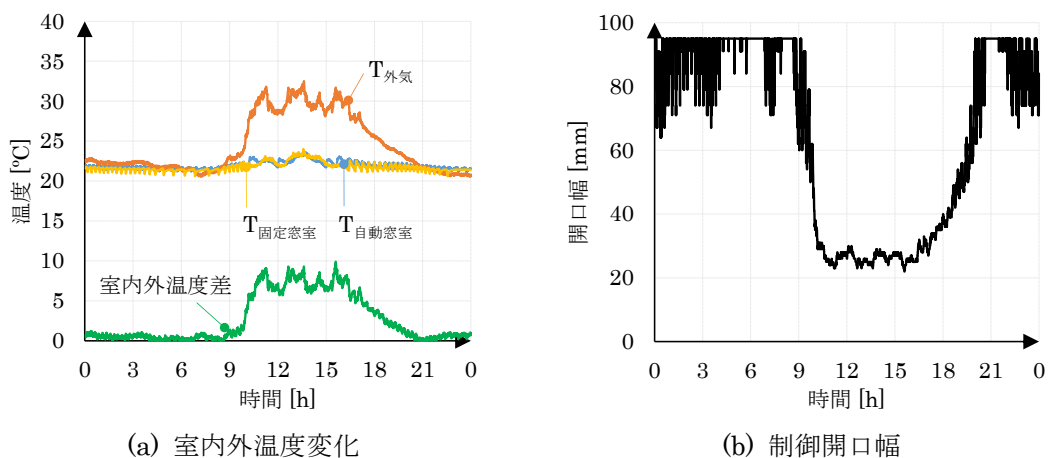


図5 室内外温度変化と自動開閉窓にて制御された開口幅

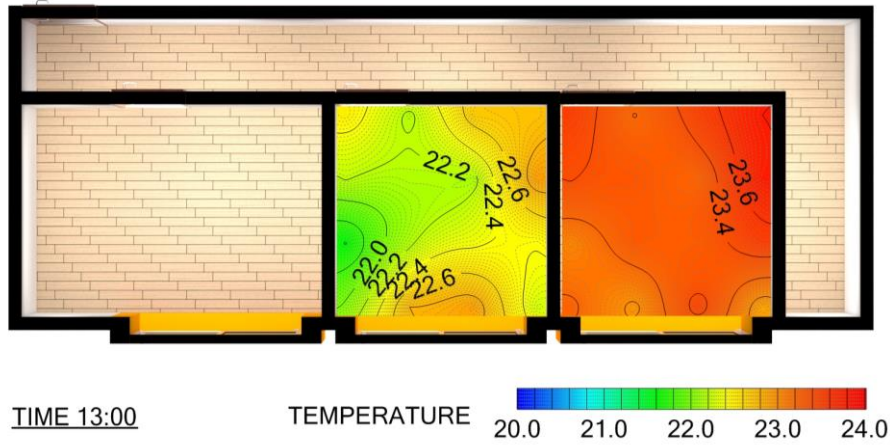


図 6 夏期実測における室内温度分布（平面温度分布：13:00）

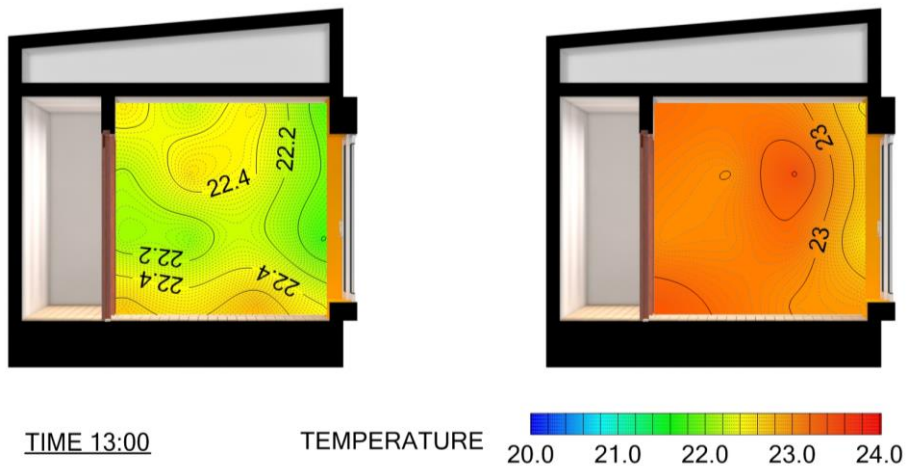


図 7 夏期実測における室内温度分布（断面温度分布：13:00）

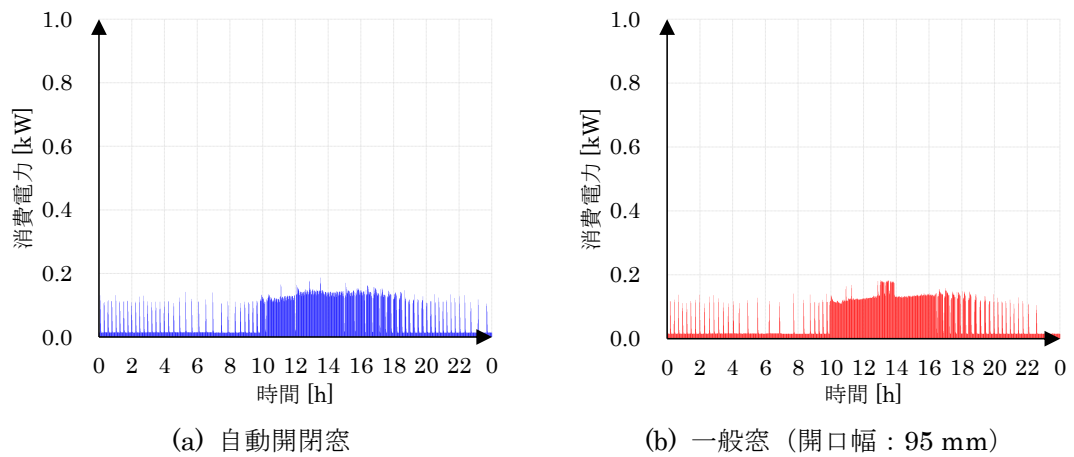


図 8 夏期実測における消費電力



### 3.2 冬期における検討

単一開口部における換気量、暖房時における室内の温熱環境を把握するために、2021年12月5日に実測を行った。暖房は暖房能力2.2 kWのエアコンを用い、設定温度30°Cで稼働させた。図9に計測した換気量の実測結果を示す。結果によると、自動開閉窓の場合は一日中換気量が制御されているものの、日平均換気量は約46.3 m<sup>3</sup>/hと測定され、制御していた30 m<sup>3</sup>/hに対し約16 m<sup>3</sup>/h増加する結果となった。換気量が増加した原因として、室内外温度差の大きい冬期においては、開口幅が非常に小さくなるため誤差が生じやすく、窓枠などの影響があったことが考えられる。一方、開口幅が95 mmの一般窓の日平均換気量は約184.5 m<sup>3</sup>/hと測定され、常に過剰な換気がされていたことが分かる。図10に室内外の温度変化の結果と自動開閉窓の制御開口幅の結果、図11に13:00における室内の平面温度分布、図12に断面温度分布を示す。一般窓室の場合、外気漏入量が多いため室内下部全体の温度が非常に低下し、コールドドラフトが生じていることが確認できる。図13に各室のエアコンの消費電力を示す。自動開閉窓の場合は約0.2~0.4 kWで稼働していた。一方、一般窓の場合は室内外温度差の小さい日中は約0.2~0.5 kWで稼働しており、室内外温度差の大きいその他の時間帯は約0.5~1.1 kWで稼働していた。このことから、開発システムにより過剰な換気による暖房負荷の増大を防ぎ、常時開口幅を95 mmで固定した一般窓に比べて省エネ効果があると言える。

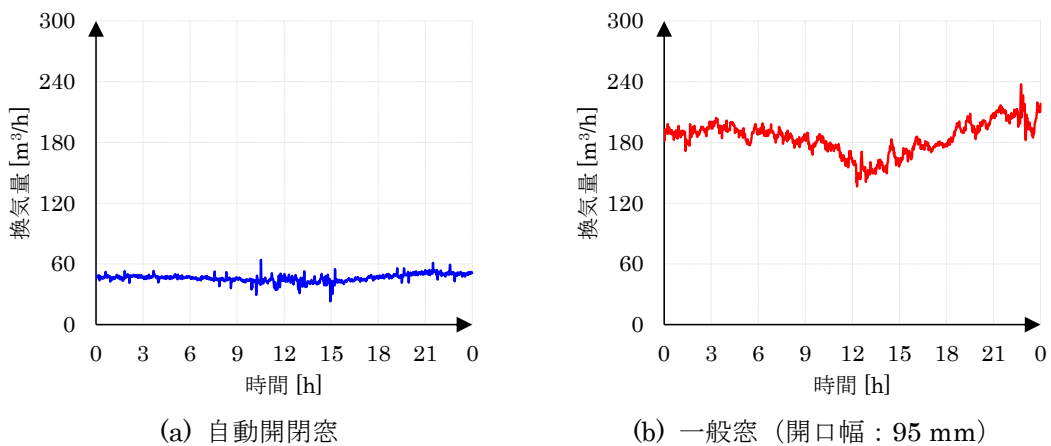


図9 冬期実測における換気量の変化

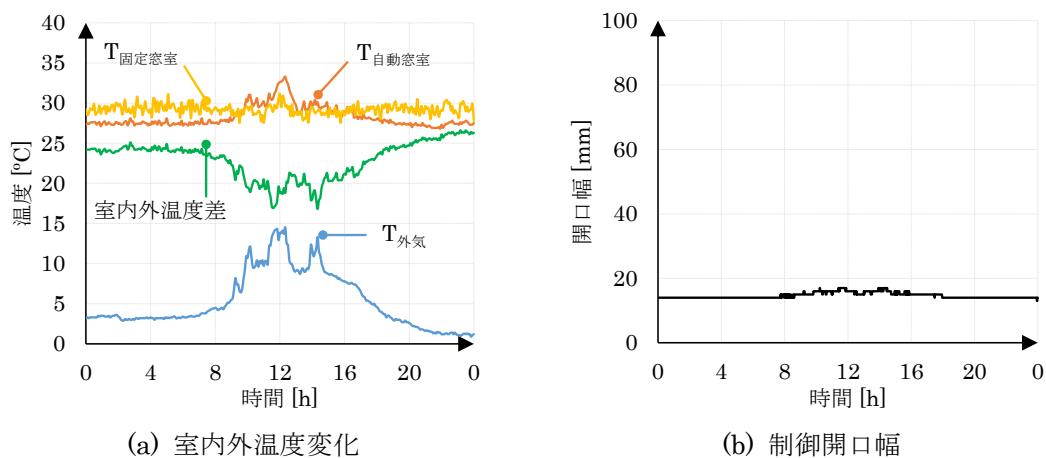


図10 室内外温度変化と自動開閉窓にて制御された開口幅

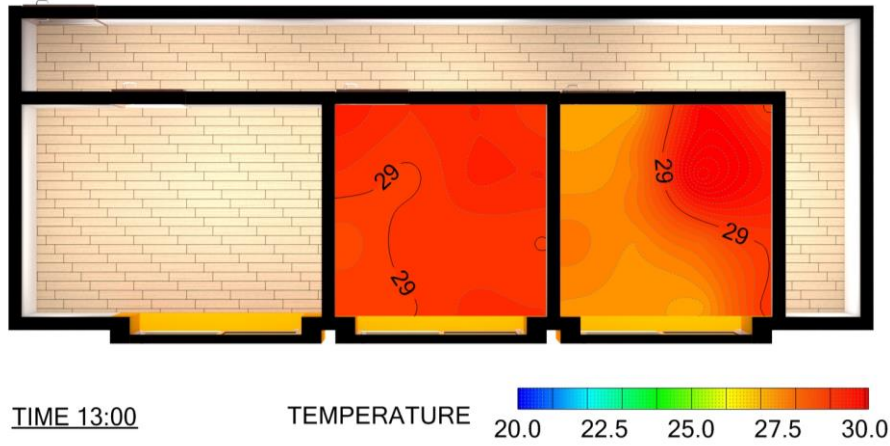


図 11 冬期実測における室内温度分布（平面温度分布：13:00）

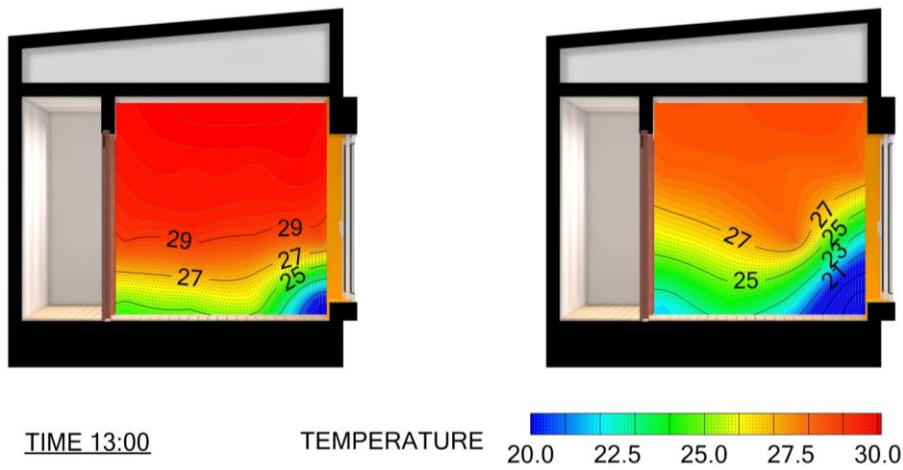


図 12 冬期実測における室内温度分布（断面温度分布：13:00）

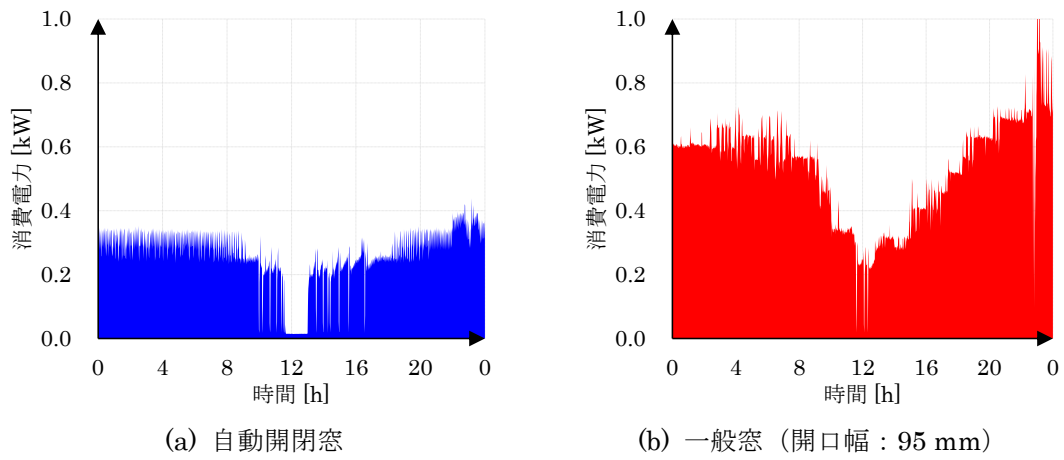


図 13 冬期実測における消費電力

#### 4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

##### 4.1 まとめ

本研究では、開口幅によって自然換気量を制御する自動開閉窓システムを開発し、夏期と冬期の実測により一般窓との比較検討を行った。検討により以下の知見を得た。

- (1) 開発システムにより換気量を制御することができ、夏期において一日を通して日平均換気量が約  $28.9 \text{ m}^3/\text{h}$  で制御された。しかし、冬期においては日平均換気量が約  $46.3 \text{ m}^3/\text{h}$  で制御され、室内外温度差が大きく開口幅が小さい場合は誤差が生じやすいと考えられる。
- (2) 室内外温度差が大きい場合、開発システムにより換気量を制御することで、漏気量の多い一般窓に比べ室内温熱環境の悪化を防ぎ、特に冬期の室全体のコールドドラフトの発生を防ぐことができた。
- (3) 換気量の制御によって過剰な漏気を防ぐことにより、暖房負荷を削減し消費電力を抑えることができた。

##### 4.2 今後の展望

今後は、一般住宅での検討、数値解析による年間熱負荷の把握などを行う予定である。また、室内外温度差による開口幅の制御だけでなく、室内の  $\text{CO}_2$  濃度によって開口幅を制御する自動開閉窓システムについての検討、回転窓・送り出し窓など、様々な開口部に適用可能性について検討する予定である。