

氏名	キナノイ タカシ 柳井 崇
所属	都市環境科学研究科 都市環境科学専攻 建築学域
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市環境博 第176号
学位授与の日付	平成28年3月25日
課程・論文の別	学位規則第4条第1項該当
学位論文題名	内部負荷の偏在化を考慮した空調設備の性能評価と設計手法に関する研究
論文審査委員	主査 教授 永田 明寛 委員 教授 須永 修通 委員 准教授 一ノ瀬 雅之

### 【論文の内容の要旨】

事務所ビルの執務空間（ワークプレイス、以下 WP）における内部発熱には、大きなバラツキがあることが指摘されてきたが、従来、空間的には均一に想定して、空調システムの設計や性能評価を行うことが一般的であった。しかし、実際の WP では、ワーカーの在不在、ワークスタイルの多様性等から内部発熱の空間的な偏在化がより進む状況にあり、快適性確保および省エネルギー推進の視点から、こうした偏在化に追従可能な空調システムの実現が強く求められている。本研究では、実測とシミュレーションの両面から内部負荷の偏在化を考慮した新たな空調システムに着目し、その性能を明らかにすると共に基盤となる設計手法の提案を行うことを目的とする。

「第1章 序論」では、本研究が対象とする WP とその空調システムを対象に関連する技術動向等の整理を行い、新しい形態を有する WP の出現、WP での多様なニーズに応える環境調整システムの開発が不可欠となっている社会的背景を俯瞰し、空調システムに求められる多機能化やパーソナル化等の動向を整理して研究目的とその重要性を示した。

「第2章 汎用性に配慮したタスク空調システムの設計概要と基本性能の検証」では、内部負荷の偏在化を考慮した新たな空調システムとしてタスクアンドアンビエント空調システム（TAC）を取り上げ、実際の事務所ビルに導入された TAC を題材に設計概要を示すと共にその基本性能を明らかにした。加圧式床吹出空調システムを利用して新たにパーティションに設置したタスク吹出口から給気を行う、実用的な TAC を考案し、モックアップを用いた性能試験を行い、タスク吹出口における給気風量の可変性（5～25CMH/人）・風向可変性（0～45°）および人体近傍の必要気流速（0.3～0.4m/s）確保等の性能面での有用性を示した。更に、サーマルマネキンによる人体各部位の等価温度評価、実際に執務を行っ

ている在室者を対象とした温熱快適性および生産性に関するアンケート調査を実施し、TAC の有用性を示すと共に、実オフィスでの評価を進めるに当たり配慮すべき課題を明らかにした。

「第 3 章 実オフィスにおけるタスク空調システムの性能評価」では、第 2 章に引き続き、各種の調査・検証を実施して、更に TAC の性能を明らかにした。行動特性の調査では、被験者の移動距離調査および加速度計を利用して代謝量把握を行い、移動直後の着席状態での温熱感等の評価には移動による代謝量変化も加味すべきことを示した。アンケート申告結果からは、タスク空調を併用することで温冷感や快適感の改善傾向が見られることや、自由使用条件では被験者の約 40%がタスク吹出口で何らかの開度調整を行っており、任意に空調を調整できる選択性が有効であることを明らかにした。換気実測では、TAC が執務者呼吸域の空気質に与える影響の検証を行い、Melikov らにより実験室で行われた有効とされるタスク空調の換気効率 ( $\epsilon p=0.38$ ) と同等となることを示した。

「第 4 章 内部発熱の偏在化推定と室内熱環境・エネルギー消費への影響の検討」では、WP で普及する照明やコンセントでの省エネルギー運用に着目し、内部負荷の偏在化の状況を明らかにすると共に、負荷偏在化が室内熱環境および空調エネルギーに与える影響に関してシミュレーションにより定量的に把握し、設計上の留意点を示した。具体的には、WP におけるワーカーの在不在の組み合わせパターン数分の予測不快者率（その温熱環境に不満足を感じる人の割合）の計算を行い、その発生頻度分布を示す新しい評価手法を示した。例えば、汎用的な単一ダクト変風量方式を想定した場合、在席率が小さくなると偏在化の度合いも大きくなり、在席率が 50%では不満を示す発生頻度の割合が 10%程度であるが、在席率 12.5%では 60%まで増大する。また給気温度は在席率 12.5%で 25℃以上となる発生頻度の割合が凡そ 80%以上となる。これらから、外気が高湿となる夏期は予冷コイル等で除湿を確実にすることが熱環境の適正化には必須であること等、定量的にその影響を明らかにした。一方、空調機の給気風量に余裕があっても、末端の制気口では負荷の偏在化の影響により最小～最大風量の幅を持った要求が有り、着目するスケールで必要な風量が異なることや、省エネルギーの観点では在席率が小さい場合、空気搬送のエネルギー消費の割合が高くなり、この部分での対策が有効であること等、最適容量設計における新しい考え方を示した。

「第 5 章 内部発熱の偏在化に対応した空調システム改善提案の検討」では、第 4 章に引き続き、偏在化に追従可能な空調システムの構築に向けて新たな改善手法の提案とその効果を定量的に示した。①内部発熱は主に在席者数に比例する傾向となることから在席者数に応じた重み付けによる給気温度設定の最適化、②変風量方式の最小風量設定は不在スパン・ゾーンでの無駄な送風による搬送動力増を招いていることから、在不在で給気の ON/OFF を行う風量制御上の工夫、③風量制御のレンジを減方向・増方向に拡大し制御範囲を広げる工夫等、偏在化へ追従可能な具体的な改善策を示し、その定量的効果を示した。また、空調機から可変風量装置、制気口へとスケールが小さくなるほど床面積当たりの給

気風量設計原単位を大きくする“末広がり型”の容量設定法は不満足率の増大を抑え、同時にエネルギー消費の抑制が可能な内部発熱の偏在化に対して有効な設計手法であることを示した。加えて実務的な視点から総括を行い、設計上の新たな留意点として提案した。

「第6章 総括」では、本論文の全体の総括を行った。