

審査の結果の要旨

氏名 黄孝根

本論文は、「業務用ビルにおける内部発熱のダイレクト処理を目指す液冷空調システムの開発に関する研究」と題し、業務用ビルにおける内部発熱を効率的に制御できる新たな空調システムの開発について論じたものである。本研究で提案するシステムは、人以外の室内で内部発熱を生じるあらゆる場所に冷却水を供給し、そのような内部発熱による空調熱負荷となる排熱を直接処理する。これにより、室内には、内部発熱源からの排熱が拡散されず、合わせて室内空調による冷熱供給も削減されるため、室内の温度分布の生成を小さくし、快適な温熱環境を実現することを目指すものである。また、室内の内部発熱を熱容量の大きい冷却水で直接処理するため、空気により内部発熱の除去を行う方式に比べ、搬送動力の削減が可能であり、合わせて室内空調用の冷熱供給を削減する過程で、冷房用の冷却温度を比較的高温に保つことが可能となるため、冷熱製造にかかわる動力の削減の可能な、省エネルギーの冷房を実現することが可能と考えられる。研究対象とされる冷房システムは、室内冷房用の主要な冷媒として冷却水を用いるため、「液冷空調システム」と称している。本研究は、この液冷空調システムの根幹となる、内部負荷となる室内の各発熱機器から排熱を室内に拡散させず、ダイレクトにその場で処理する冷却装置（熱回収装置）の開発のため、主にタスク空間内の各発熱機器からの放熱特性、冷却装置の性能、発熱機器並びに冷却装置が人体に及ぼす熱的影響を、実験と実験に基づく放射解析と CFD (Computational Fluid Dynamics) の連成による計算機シミュレーションにより、検討し考察したものである。

本論文は大きく分けて序論、本論、結論で構成されており、全7章である。

第1章では、本研究の背景と目的、および本論文の構成を述べている。

第2章では、研究対象とする人の温熱感および局所不快感に関して、その概要を説明している。また、本研究で提案する「液冷空調システム」の概念や構成を紹介している。

第3章では、主な内部負荷となる業務用ビル内の各発熱機器の特性を把握するため、一般的なパーソナルコンピュータ、照明器具、複合機から室内環境への放熱性状をチャンバー実験と対流放射連成シミュレーションを用いて解析している。検討により、発熱機器から放熱は、機器表面からの対流、放射放熱や機器からの冷却ファンによる排熱だけでなく、

機器のケーシングからの隙間からの漏気による排熱も大きな要素を占めることが示された。各発熱機器からの室内環境への対流と放射、それぞれの放熱性状を忠実に再現する解析モデルを提供している。

第4章では、発熱条件の変化に対して時間経過による機器発熱の変化やレイアウトの変化への対応について調べ、オフィス機器の放熱性状を踏まえた冷却装置（熱回収装置）を開発し、その仕様を提案している。

第5章では、熱回収装置の試作に先立って行った数値解析を用いた装置の熱回収性能の予測検討結果を示している。また、環境の変化が熱回収性能に及ぼす影響を把握するため、排熱機器と熱回収装置を設置した1人用の執務空間（タスク空間）を再現したチャンバーでの実験結果を報告している。実験は、様々な条件パラメータを振って感度解析を行っている。その結果、通水温度と室温との差に応じた熱回収量の変化が線形の相関関係を有することを確認しており、熱回収装置の組み合わせによる熱回収の性能を容易に予測しうることを確認している。

第6章では、発熱機器からの放熱をダイレクト処理する具体的効果を人の温熱環境の観点から検討している。そのため、発熱機器から冷却装置から熱回収されなかった熱が室内にどのように拡散するのか、また、発熱機器近傍に位置する人体に到達する熱が冷却装置によりどの程度、削減できるかを、人体発熱を模擬するサーマルマネキンを用いた実験並びに対応する数値解析で検討している。人体へ到達する対流成分と放射成分の評価は、既往の研究で提案されている室内温熱環境寄与率のCRI(c)と放射分配係数のCRI(r)を用いて実施している。人体への熱的影響は、等価温度を用いて評価している。これらの結果から、各内部発熱機器からの室内放熱を、今回開発提案した冷却装置（熱回収装置）は完全に発熱源近傍で処理することは難しいが、発熱機器近傍に位置する人体に到達するものはわずかであり、人体に対する温熱環境向上に大きく貢献しうることを確認している。

第7章では、本研究で得られた成果をまとめ、今後の検討課題を示している。

本論文は、内部発熱機器に対する冷却水供給によるダイレクト処理による室内温熱環境の改善を、オフィスに滞在する作業員1人を対象とする執務空間（タスク空間）内での詳細な熱輸送解析により検討し、こうした方式を用いる新たな空調システムの開発に大きく貢献している。本研究は室内空調の快適性向上と省エネルギー的空調方式の開発に大きく貢献するものであり、その学術的、技術的意義は大きい。

よって本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。