

## 論文の内容の要旨

論文題目 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

氏 名 黄 孝根

様々な建物のうちエネルギー消費が大きく、ともに快適な温熱環境づくりが最も要求される業務用ビルを対象として、新たな空調方式を提案する。一般的には省エネと快適性は両立することが難しいというジレンマを抱えているが、様々な研究や技術の発展によってその問題も一つずつ解決されている。タスク・アンビエント空調や顕熱潜熱分離空調がその例である。したがって、本研究も省エネと快適性の同時満足を目指して液冷空調システムという空調方式を工夫した。

液冷空調システムとは、空調設計の基本概念に充実なシステムで室内に熱負荷が発生した場合、その熱負荷に対応する熱を直近に導入してダイレクト負荷処理できるシステムである。室内熱負荷をダイレクト処理することにより、オフィス機器などの発熱源から室内へ熱が拡散される前にコントロールでき、均一温熱環境づくりが可能で在室者の温熱快適性も保障できる。

本研究は、その液冷空調システムの開発に関する研究の一環として、負荷処理効果や熱的影響を検討する。業務用ビルにおける熱負荷はペリメーター負荷とインテリア負荷に分けることができるが、日射や外部温湿度の影響を受けないインテリアゾーンのみの空間に対する検討を行う。

インテリアゾーンには、業務用パソコンや照明などの機器と人体が主な熱負荷として作用する。これらの発熱源から室内へ熱が拡散される過程は、大きく潜熱と顕熱と分けられる。そのうち潜熱は人体のみから発生し、その以外のオフィス機器と人体からの熱は殆ど顕熱によって室内へ拡散される。したがって、熱負荷をダイレクト処理するための熱回収装置も顕熱負荷処理が上手くできる装置を工夫し、プロトタイプの装置を試作した。提案した熱回収装置による熱負荷の処理性能及び均一な温熱環境づくりは本研究の最も重要な基本条件であるためインテリアゾーンの中でも機器、人体、熱回収装置がすべてあるタスク領域に対して熱的影響を検討した。以下に、本研究で得られた知見を

まとめる。

まず、第1章では、本研究の背景として、既存の空調システムで発生する室内不均一温熱環境の問題について深く考えて、さらにエネルギーの向上を図れる方案について考察する。したがって、快適な温熱環境の必要性について調べ、局所不快感を緩和できる新たな空調システムの研究が必要であることを述べた。

第2章では、室内温熱快適性と不均一な温熱環境の原因を説明し、それに対応できる液冷空調システムを説明する。提案システムは顕熱潜熱分離空調方式を前提とし、人体からの潜熱負荷と機器や人体からの顕熱負荷を分離して処理するものである。さらに、内部顕熱負荷の処理のため顕熱負荷の発生源もしくはその直近に熱回収できる冷却水を供給して、ダイレクトに負荷を処理できる提案システムの構成を説明した。また、限定された空間内で発熱総量と吸熱総量を空間的・時間的に一致させ、室内温熱環境の圧倒的な向上を図るシステムということを強調した。なお、タスク空間での熱収支ゼロを目指す研究のフローを示して、機器放熱性状の把握、熱回収装置の負荷処理効果、熱回収装置による人体への影響の検討内容を簡略に述べた。

第3章では、オフィス空間の温熱環境へ大きな影響を与えると予想されるオフィス空間内の発熱機器の放熱性状に関して調べる。対象空間に存在する発熱機器（OA機器）は、室内空間に対流と放射により熱を放射し、隣接する人の熱快適性に最も大きな影響を与えるため、その特性を把握することが本研究の重要な基礎となる。なお、機器の発熱に関する研究の動向や基準について日本や米国の事例を調べて、既存の機器発熱モデルの限界を認識する。したがって、局所領域で機器の熱的影響がよく発現できるように、機器の各表面からの放熱性状及び機器の排熱特性まですべて考慮した詳細な機器放熱モデルを作成する必要があることを述べた。

第4章では、熱源からの熱が放出される前、熱回収を行われる効果的な方法を提案するため、第3章で行ったチャンバー内の機器放熱性状に基づいて検討した発熱機器ごとの熱回収装置の開発内容と特性を報告した。また、熱回収装置の種類は、機器の運用条件と放熱性状を考慮し、在室スケジュールと運用条件が同一な均一発熱機器と異なるスケジュールを持つ不均一発熱機器用の装置に分けて、適切な熱回収装置を提案した。

第5章では、室内に設置するダイレクト熱回収装置による室内への影響や人体への影響を評価する前、熱回収装置自体の熱回収性能を検討する必要があると判断された。熱回収性能の検討方法は、まず熱回収装置を試作起動する前の段階として対流・放射連成数値解析を用いた概略的な熱回収性能を調べ、熱回収装置の試作したあと、装置の様々な運用方法や熱源の状態の変化に対応する熱回収性能をチャンバー実験から把握する。さらに、熱回収装置は発熱機器との熱交換だけではなく室内空気とも熱交換が行われる。したがって、室温と冷却水との温度差や機器の放熱量の変化による熱回収効果を検討しなければならない。そのため、放熱量が一定に均一な発熱機器の場合は冷却水温度や熱回収招致の運用方法の変化に対して感度解析を行い、不均一な発熱機器の場合は機器放

熱量の変化も含めた検討結果を報告した。

最後に第 6 章では、機器からの放熱をダイレクトに処理することによって室内へ熱拡散がどの程度行われるか又は人体まで到達する熱は削減できたのかをサーマルマネキンを用いた実験や数値解析を用いて検討した。人体へ到達する対流成分と放射成分の検討は既往の研究で提案された室内温熱環境寄与率の  $CRI(c)$  と放射分配係数の  $CRI(r)$  を用いて人体の各部位と隣接した空気温度の増減と発熱機器から各部位の表面に到達した放射熱量を把握した。また、チャンバーで行ったサーマルマネキンの実験では機器の運用条件や冷却水温度によって人体への熱的影響を把握するため等価温度を用いてその影響を検討した。また、不均一発熱機器（複合機）用の熱回収装置によって処理できなかった熱が空間的に室内へどのように放熱されるかを相違な二つの熱回収装置（フードタイプ）の数値解析モデルを作成して気流場による対流熱移動と装置の表面から室内への放射伝達熱量を調べた。

液冷空調システムによって均一な温熱環境を作るため検討を行った熱回収装置は、機器熱負荷をできる限り効率的にダイレクト処理することで均一な温熱環境づくりが容易であった。しかし人体熱負荷などのすべての負荷を処理することは非常に難しい。今後、人体熱負荷や残りの熱を処理するための室内空調（チルドビーム）も考慮した場合、もっと均一な室内温熱環境を作れる空調システムになれることを確認した。