

審査の結果の要旨

氏名 朴 炳龍

本論文は「低温廃熱を利用するバッチ式デシカント外気処理システムの開発に関する研究」と題して、業務用建築部門における空調エネルギー削減および快適な室内環境確保を達成するために要求される湿度調節手法の開発について論じたものである。本論文の構成は以下の通りである。

第1章では、本研究の研究背景を説明し研究目的を明確化した。温室効果ガスの大量排出による地球温暖化、建築分野における省エネルギー化などの地球環境問題（エネルギー観点）に関する、建築の空調分野における取り組みとして、各種熱システムの高効率化、自然エネルギーあるいは廃熱などの積極的な利用する省エネ技術の開発が強く求められている。一方、快適な室内温熱環境を作り出すためには顕熱制御のみならず、潜熱制御も重要である。室内空間が高湿状況になると、カビや細菌等の微生物が生じる危険性が高くなり、在室者の健康や快適性に悪影響を及ぼす。また、建材の変形、断熱材の断熱性劣化、乾燥に伴う亀裂の発生などの問題の原因になる。したがって、快適な室内環境は温度のみならず湿度を適正に調節することが必要である。本研究では二つの問題に着目し、建物の省エネルギー性の向上、快適な室内環境の確保を目標とし、潜熱・顕熱分離空調システム（デシカント空調）を土台とした新たな空調システムの開発を研究テーマとしている。

第2章では、現在提案されている代表的な調湿方式（加湿・除湿方式）についてそれぞれの動作原理と問題点の解明を行っている。特に、乾燥吸着剤を用いたロータ式とバッチ式の問題点を解明している。また、バッチ式デシカントシステムで低温廃熱を有効利用する事例は少ないことをレビューしている。

第3章では、既往研究の発展形として低温廃熱などの未利用エネルギーで駆動するバッチ式デシカント外気処理システムを提案している。固体吸着剤を用いた提案システムは、ゼオライト系の固体吸着剤を加熱冷却するサーマルサイクルを連続的に行うことにより、継続的に処理空気中の水蒸気を吸・脱着し、除湿もしくは加湿を行う。吸・脱着の過程で液水が現れないので、微生物汚染のリスクを低くすることが可能であり、衛生的なシステムとなる。また、外調機として使用し外気負荷（潜熱負荷・顕熱負荷）を処理し、それにより、建物の冷・暖房エネルギーの大幅な削減を通じて、エネルギー消費の低減が可能であることを試みている。

第4章では、「提案システムの技術的適用可能性評価」として建築の各換気方式について

性能比較を行い、室内温熱環境の改善効果および省エネルギー効果を検討している。特に、提案システムの技術的適用可能性評価として提案システムの数値解析用簡易モデル（性能推定値利用）を用いて提案システムの性能把握を行い、その性能がさまざまなパラメータ（室内外温・湿度）によって大きく異なることを確認した。

第 5 章では、提案システムの精密な数値解析モデルを作成するために実証実験装置の設計・製作の上、様々条件下において運転データを取得した。実験は「提案システムの構成要素である吸着剤が塗布された水・空気式熱交換器に供給する冷・温水流入温度と流量の変化による水蒸気吸・脱着性能の評価実験を行った。吸・脱着特性と調湿量の関係および吸・脱着完了時間の検討結果から、提案システム連続運転に必要なサーマルサイクル時間の最適値も求めた。また、「外気温・湿度の変化による提案システム吸・脱着を一定のサイクル（交互に繰り返す）で連続運転した場合の空気加熱・水蒸気脱着（加湿）および空気冷却・水蒸気吸着（除湿）性能」の運転データの収集を行った。

第 6 章では、提案システムの性能を評価するための数値解析モデルを作成し実験結果との比較を行い数値解析モデルの妥当性を検証している。なお、数値解析モデルを用い、サーマルサイクルの時間変化によるシステムの性能に与える影響に関して感度分析を行った。その結果、サーマルサイクルの時間変動が加湿性能・除湿性能に与える影響について精度よく予測することを確認している。

第 7 章では、日本の異なる気候を持つ各地域（札幌、松本、東京、鹿児島）で各換気方式と提案システムの導入する事務室ビルを検討対象にして性能評価用数値解析モデルを用いて室内環境制御性能、年間負荷の解析を行った。その結果、寒冷地域に既存の換気方式と提案システムを併用することで同量の外気負荷および室内負荷に対するシステムの高効率化が図られ、エネルギー消費量削減につながる結果が確認されている。

第 8 章において本論文の総括を示し、併せて今後の研究課題を示して結論とした。

以上を総括すると、本論文では低温廃熱を利用するバッチ式デシカント外気処理システムの開発と性能評価のため、数値解析手法を用いて提案システムの適用可能性を検討した。第一に提案システムの数値解析用簡易モデルを用いて技術的適用可能性評価し、第二に提案システムの性能評価用解析モデルを開発し実験結果との比較検証により妥当性を確認した。また、日本の異なる各地域における提案システムの室内環境制御性能、エネルギー削減のポテンシャルを検討している。現状の湿度調節システムの課題に対し工学の見地から実用レベルの対策を提示し、シミュレーションモデルおよび実証実験により検証した点が評価に値する。

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。