

審査の結果の要旨

氏名 東 朋寛

本研究では、乾式デシカント材（収着材）の静的および動的吸脱着特性を空気エンタルピー法を用いて測定し、その結果を用いてデシカント層内の物質拡散係数を求めている。これを用いてデシカント塗布熱交換器やデシカントロータの吸脱着解析手法の構築を行っている。デシカント塗布熱交換器の応用例として、太陽熱などによって駆動される外調機、デシカント空調システムの提案を行い、省エネ性や快適性の検討を行っている。

第1章では、地球環境に関わる諸問題を背景とし、空調分野におけるエネルギー消費削減の重要性を述べている。空調には調温と調湿という2つの観点があるが、従来の調湿方法に代わりデシカントを用いた空調が注目されている。吸着の原理や、種々のデシカント材についてまとめ、高分子収着材が優れた特性を持つことを示している。またデシカントを用いた装置として、冷媒により直接デシカントを冷却、加熱できるデシカント塗布型熱交換器は、従来の等エンタルピー吸脱着を行うデシカントロータ装置と比較し優れた吸脱着特性を持つことを示している。

第2章ではGSSモデルを採用したデシカント塗布熱交換器（DCHE）熱物質移動計算モデルを構築している。このモデルにおいて、収着層内の熱物質移動は、熱伝導と収着された水分の物質拡散によって行われるとし、等価熱伝導率と等価物質拡散係数を仮定している。この計算モデルにおいて、吸脱着による物質移動や熱移動の特徴を精度よく構築できることを確認している。性能予測に必要な収着層各物性値の同定は、第3章の実験結果との比較により行っている。

第3章では、空気エンタルピー法を用いてDCHEの熱物質移動特性を調べている。一般にDCHEでは、物質移動やそれに伴う潜熱移動だけでなく、空気と冷媒間の顕熱移動も発生する。熱物質移動は互いに影響を及ぼし合っているため、解析するのが困難である。以上の問題解決のため、等温吸脱着試験を行っている。ここでは、収着時と脱着時で空気湿度のみを変化させ、空気とブラインの温度を等しく一定とすることで、空気ブライン間の顕熱移動を抑制し、DCHEの温度が一定となるため熱容量の影響も低減している。空気温度、風速、DCHEのデシカント塗布厚さを変化させ、その特性を調べている。熱移動特性試験では、吸脱着が飽和に達し熱移動のみが行われる状態で、第2章で述べた

等価熱伝導率を実験結果と計算結果との比較により求めている。物質移動特性試験では上記の等温収脱着試験を行い、実験結果と計算結果の比較により等価物質拡散係数を求めている。拡散係数の値は風速や塗布厚さに依存せず、温度に依存することを示し、従来研究の重量法を用いた収脱着特性から求めた等価拡散係数と合わせて、その関係はアレニウスの式で表現できることが明らかにしている。

第4章では、DCHEを用いた2種類の空調システムを検討している。1つ目は排熱利用空調システムである。これは2枚のDCHEを用いて、片方は収着による除湿運転、もう片方は再生運転をすることで空調を行う、外調機である。再生運転に廃熱を利用することで省エネな空調を行う。この廃熱利用空調システムの計算モデルを構築し、性能を予測している。また比較のため、デシカントローター（DW）を用いたシステムの計算モデルを構築し、性能を比較している。COP向上のため、再生空気バイパスを導入している。計算結果から冷房能力を維持したまま廃熱利用量を減らし、COPの向上が見込まれることが明らかにしている。また試験機を製作し、実験結果と性能予測モデルは、良好な一致を示すことを示している。

2つ目のシステムは、潜顕熱分離空調システムである。これは圧縮式冷凍サイクルとDCHEを1個組み合わせ、通常の熱交換器が加熱冷却（顕熱）を、DCHEが除加湿（潜熱）を担うことで潜顕熱分離空調を行い、快適性と省エネ性を実現するものである。従来の全熱のみを考慮するルームエアコン試験規格に代わり、冷却（加熱）量と除湿（加湿）量を個別に指定した評価基準を作成し、省エネ性を検討し、十分な省エネ性が実現することを示している。最後に、空気圧力損失を制約条件とし、除加湿速度を最大化する設計法を検討している。その結果、必ずしも多量のデシカントを用いることで性能を向上できるわけではなく、塗布厚さには最適値が存在することを明らかにしている。

本研究では、デシカント塗布熱交換器を用いた潜顕熱分離空調機を開発することを目的として、多方面から研究を行い、独創的な提案を各種行っており、工学的、工業的貢献は顕著である。

本研究の全般にわたって論文提出者が主体となって実験及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると判定する。