

論文審査の結果の要旨

氏名 張 莉

本論文では、湿式デシカントシステムと蒸気圧縮式ヒートポンプを組み合わせることによって、潜熱と顕熱を分離した空調システムを提案し、快適性の改善と省エネルギー性を実現することを示している。湿式デシカントシステムは、塩化リチウム水溶液を作動媒体とし、熱源をヒートポンプの冷温熱とするハイブリッドシステムである。

本論文は、7章より構成されており、第1章では序論で従来の研究の紹介、研究の目的が記載されている。第2章では、本研究で提案する湿式潜熱・顕熱分離空調システム（以後、「潜顕熱分離空調」という。）の運転モードが説明されている。第3章では、各運転モードに対応する吸収、再生特性を実験により評価している。第4章では、湿式デシカントシステムの充填層内の熱物質移動特性を実験により明らかにしている。第5章では、充填層における熱物質移動特性の実験結果に基づき、詳細な特性シミュレーション結果が示されている。第6章では、湿式デシカントシステムの全体的な性能実験を行い、運転条件の最適化が検討されている。第7章は、結論で本研究を総括している。

潜顕熱分離空調は外気条件により、以下の3通りのモードを想定している。

- ① 夏季の冷却・除湿モード
- ② 冬季の暖房・加湿モード
- ③ 冬季の暖房・加湿・フロストレスモード

従来システムでは、夏季においてはヒートポンプの蒸発温度を空気の露点以下に下げて過冷却除湿を行い、冷却と除湿を同時に行っている。湿度と温度を同時に処理しているのでそれぞれを所定の値に設定することはできず、除湿するために必要以上のエネルギーを投入している。これに対して、潜顕熱分離空調では潜熱処理を湿式デシカントシステムが受け持ち、顕熱処理をヒートポンプが受け持つ。顕熱処理のみ行うヒートポンプは蒸発温度を露点以上に上げることができるので、高効率運転ができ、全体システムとして省エネとなる。冬季は、従来システムでは電気ヒータによる加湿、あるいは水を温風で蒸発加湿する水加湿が採用されている。潜顕熱分離空調では外気から加湿用の水分をとるので、水配管が不要となる。また、冬季のヒートポンプ運転の欠点は、外気温度が下がり湿度が高いときに、室外機の伝熱管に霜がつき性能低下を招くことと、霜を溶かす運転をしなければならないことである。潜顕熱分離空調ではヒートポンプの室外機に通す空気を湿式デシカントシステムを用いて除湿し、着霜のないフロストレス運転を実現できるという特徴を持つ。

潜顕熱分離空調システムの性能評価シミュレーションを行い、夏季運転においては、外気の相対湿度が60%以下の場合、従来システムより省エネになることを明らかにしている。冬季運転の省エネ性については、電気ヒータ加湿と比較すると消費電力は半減するが、水加湿と比較するとほぼ同程度の消費電力になることを明らかにしている。通年エ

エネルギー消費効率 (APF) を東京と冬季の着霜の多い金沢で推定している。その結果、APF はどの地域でも 5.0 程度となり、従来システム (過冷却除湿, 水加湿システム) より 10% 程度の省エネルギー性が確保されることを明らかにしている。

湿式デシカントシステムの主要要素である除湿器, 再生器のモデルを試作し, 充填層に塩化リチウム水溶液を流下させ, 隙間を空気が流れるときの吸湿性能と再生性能を解明する実験が行われた。その結果, 夏季および冬季の外気条件下での熱物質移動特性を示す無次元整理式を得ている。また, 塩化リチウム水溶液は金属に対して強い腐食性をもつので, 空気流により塩化リチウム水溶液が飛散しない運転が必要である。そのために空気流速を 1m/s 以下にすべきことを明らかにした。

続いて, 湿式デシカント全体の実験装置を組み, 最適な冷却・再生温度, 塩化リチウム濃度, COP などを実験が行われた。夏季実験条件は発生頻度一番多い日, 高温高湿の日, 低温高湿の日について, 除湿実験が行われ, 夏季運転においては溶液濃度の最適値が 31%であることを明らかにしている。冬季の加湿運転においては, 外気の絶対湿度が低くなるにしたがって, 外気からの湿分の吸収が難しくなるが, 絶対湿度 2g/kgDA までは本システムで運転可能であることを示している。冬季運転時の溶液濃度の最適値は 37%であった。冬季のフロストレス運転試験においては, フロストレス運転が可能であることを確認し, 全システム動作係数 (COP) は 3.5 以上の高性能を示すことを明らかにしている。

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シミュレーションを行ったもので, 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。