

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 16 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14071

研究課題名(和文)液体乾燥媒体と透湿膜を用いた超小型・高性能な空調用除湿システムの開発

研究課題名(英文)Development of compact and high-performance dehumidifying system for air conditioning system using liquid desiccant and moisture permeable membrane

研究代表者

小林 光(Kobayashi, Hikaru)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90709734

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は空調の省エネ化に寄与する除湿空調に関する取組みである。液体除湿媒体と透湿膜を用いることで、従来のロータ式除湿空調機に比べて小型高性能な除湿空調システムの実現を目指す。本課題では透湿性の中空糸膜を用いた実験装置の構築から着手し、中空糸膜と除湿液による除湿単独実験、再生単独実験を実施し、それぞれが空調目的で機能することを確認した。また、除湿空調の課題であった処理空気の除湿・冷却同時処理を容易に実現することを確認した他、除湿容量制御等の実験を併せて行った。これらの成果から、屋外に主装置を設置し、建物内にコンパクトな除湿装置を分散配置したビル用のマルチ型除湿システムの実現可能性が確認された。

研究成果の概要(英文)：This study is about desiccant air conditioning system which is considered to contribute to energy saving of HVAC system. This research is aiming to realize a compact and high performance desiccant air conditioning system using liquid desiccant and water vapor permeable membrane as compared with conventional rotor type system. In this work, air and liquid contactor, dehumidifying unit, is consisted by hollow fiber membrane and the liquid desiccant is lithium chloride aqueous solution. Dehumidification experiment and regeneration experiment using this unit were carried out and it was confirmed that both dehumidification and regeneration work well for air conditioning purpose. In addition, it was also confirmed that simultaneous dehumidification and cooling processing of treated air, which was a problem of dehumidifying air conditioning, was easily realized.

研究分野：建築環境工学

キーワード：デシカント空調 透湿膜 塩化リチウム

1. 研究開始当初の背景

本研究は空調の省エネルギー化に寄与する除湿空調機に関する取組みである。建築における換気・空調では、法規に定められた量以上の外気を常時導入しているが、高温な外気の導入による除湿負荷は主要な空調負荷となっている。一般的な空調機では7程度の低温の冷水を用いて冷却と凝結による除湿を同時に行う。冷水の温度は除湿を確実に行う目的で決められており、冷却だけを目的とすればこれよりも5~10 高い温度設定も可能であり、熱源機器の効率向上も期待できる。即ち冷却に依らない除湿を実現して冷却と除湿を分離(潜熱顕熱分離処理)すれば、空調の高効率化が可能である。また、除湿によって空調設定温度の緩和や天井全面を20前後に冷却した放射空調なども可能となることから、従来から除湿空調機が開発されてきた。一般的な除湿空調機は図1の様に空調機内に給気経路(除湿)と排気経路(放湿)を併置し、経路間に跨る吸湿材を担持した除湿ロータが回転する事で、除湿側で外気から除湿し、高温で乾燥した空気を製造し、これを冷却して室に供給する。再生側では加熱した排気によって放湿する。技術的には確立しているものの、給気と排気が並置されることで給気のみ概ね2倍の大きさの筐体であり、またロータの構造上経路間の漏気が起きやすい等の課題もある。エネルギー面では再生時の加熱が発電機等の排熱を前提とし、除湿が排熱温度に依存する等直接的な制御が難しい装置でもある。

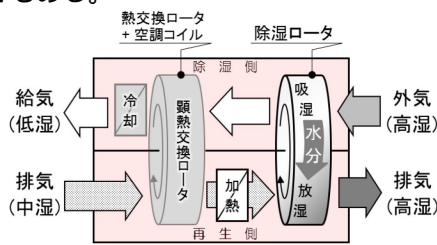


図1. ロータ式除湿空調機

2. 研究の目的

申請者らは上記の背景を踏まえ、ロータ式に代えて除湿液(塩化リチウム水溶液)を用いて除湿システム(室内機)と再生システム(室外機)をセパレートした装置を開発し、格段に小型で適用・運用に優れた除湿空調機を実現することを目的として本研究を計画した。本研究では以下の項目を目的とした実験及び検討を行うと共に、トータルなシステムの検討を目的とした簡易なシミュレーションの構築を行っている。

表1. 目的とした検討項目

- (1) 透湿膜と除湿液を用いた密閉型除湿空調ユニット(調湿膜ユニット)の開発
- (2) 同ユニットによる除湿条件、再生条件の実験的な確認
- (3) 同ユニットを用いた除湿量制御法の検討
- (4) 解析に用いるパラメータの実験による取得

3. 研究の方法

(1) 調湿膜ユニット及び実験装置

除湿液を流通する中空糸膜を用い、写真1に示す実験用調湿膜ユニットおよび図2に示す実験装置を構築し、供給溶液、供給空気の状態を変化させた実験を実施した。写真1の中空糸内に除湿液を通水し、その周囲に除湿対象空気を通風するシステムとした。

(2) 実験目的及びケース設定

実験では、実使用条件に近いと考えられる条件下での調湿膜ユニットの除湿、再生性能を確認すると共に、シミュレーションに用いる中空糸膜内外の水蒸気分圧差に対する透湿性能の把握を目的として、除湿液側、空気側条件を変化させた実験を実施し、ユニット前後の空気の状態(温・湿度差)、液の状態(温度・濃度差)の測定を行った。空気の温湿度はむらわ社製 SHT75 をセンサとしてマイコンにてデータを収集した。液側の温度は配管を一部ステンレス管として、配管外部より熱電対によって計測した。除湿液の濃度は電子天秤にて溶液重量を計測することで測定した。

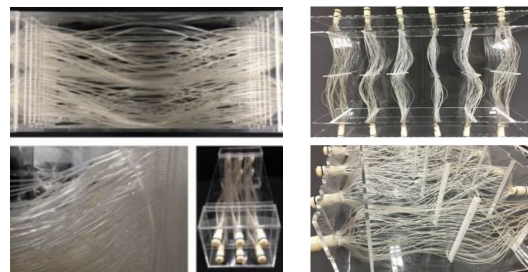


写真1. 実験用調湿膜ユニット(左:初年度,右:2年度)

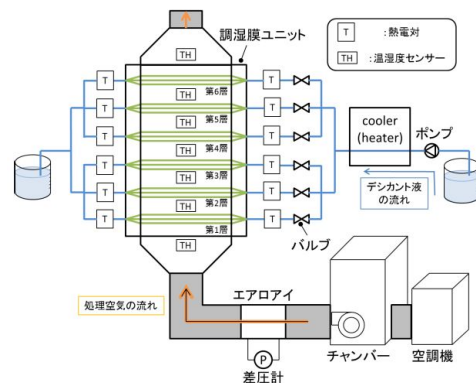


図2. 実験システム概要

4. 研究成果

(1) 調湿膜ユニットによる除湿・再生の確認

図3に除湿実験における調湿膜ユニット前後の空気の温・湿度変化の一例を空気線図上に示す。同じく再生時の変化を図4に示す。実用的と考えられる液温及び濃度にて、絶対湿度にして約 2g/kg' の除湿と約 1.6 の冷却を確認した。通常のロータ式ではロータへの吸着熱によって処理後空気が高温化するのに対して本方式では温度上昇のない除湿が可能であることが確認された。本実験では除湿量こそ少ないものの、調湿膜ユニットの膜

列数を増すことで対応できると考えられる。また、図4の再生でも調湿膜ユニットによって除湿と同じオーダーで溶液の再生が可能なのが確認された。これらの結果から、適切なユニット設計及び溶液温度、濃度管理によれば十分に実用可能なことが確認された。

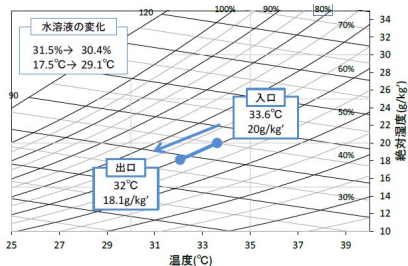


図3. 除湿・冷却の確認

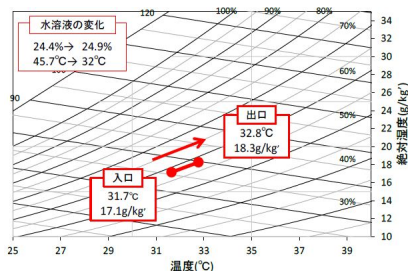


図4. 溶液の再生の確認

(2) 除湿量制御法の検討

除・湿再生は、溶液の持つ蒸気圧と膜周辺空気の蒸気圧差に応じて決まることから、溶液温度を管理することで除湿・再生を切替えることを前提とし、これに適した溶液濃度の管理と、個別の除湿ユニットの除湿容量制御については、各ユニットに供給する溶液流量の変流量制御が適当と考えられた。図5に溶液流量を変えた際の除湿、再生実験の結果を示す。これらの検討から除湿再生制御の方向性が確認された。

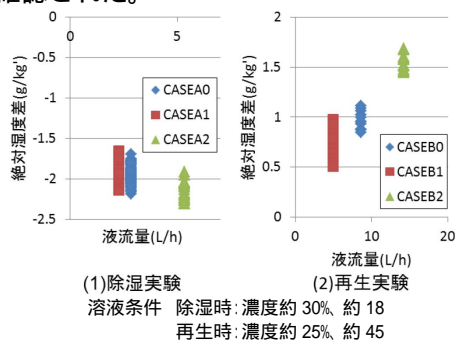


図5. 液流量と除湿・生成容量の関係

(3) 除湿・再生シミュレーションの構築

本研究は最終的には図6に示す除湿・再生用の調湿膜ユニットを含む除湿液による密閉回路のシステムを目指している。本課題においては、実際の密閉システムを構築できないため、除湿、再生を各々シミュレーション可能として、図6のシステムを計算機上で構築し、密閉循環システムが成立する条件を検討することとした。図7に解析結果の一例として除湿単体実験と解析結果の比較を示す。除

湿、再生量については良い一致を示すものの、処理後空気温度には大きなずれを生じた。再生も同様の傾向となった。除湿・再生が一定の精度を示したことからシステムが成立する条件を同解析にて検討し、溶液濃度 30%前後、除湿側温度 15~20、再生側温度 60~70程度で循環運転が可能であることを確認した。但しこれらの条件は調湿膜ユニットの構成によって左右されるほか、解析精度も十分ではない。そこで、シミュレーション精度の向上を目的として、実験により中空系膜の透湿性を代表する物質移動係数を導いたところ、物質移動係数には温度依存性が認められる結果が得られた(図9)。今後、広範な温度、濃度条件での検討を進める上でシミュレーション精度の確保は極めて重要であり、継続して検討を進める。

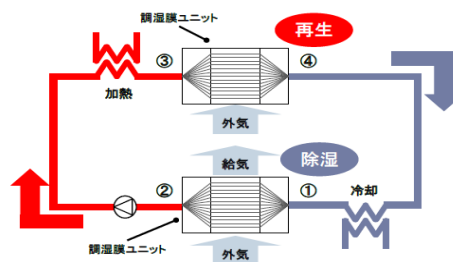


図6. 最終的な密閉溶液のシステムイメージ

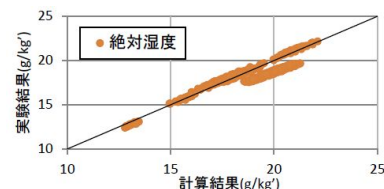


図7. 除湿・再生後の絶対湿度

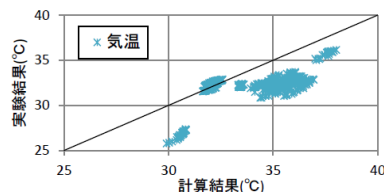


図8. 除湿・再生後の空気温度

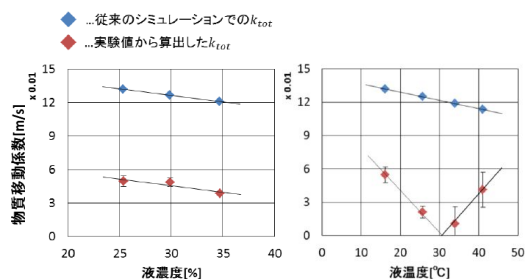


図9. 溶液流量及び溶液温度による物質移動係数変化

(4)まとめ 本研究では、透湿性中空系膜と除湿液を用いたデシカント空調の実現可能性を実験的手法で確認すると共に、解析上でトータルなシステムを検討することを目的としたシミュレーションの検討を行った。今後、本研究成果を基本として、実用可能な除湿空調システムの検討を予定する。

5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 7 件)

會田良介, 小林光, 村越綾, 密閉型調湿膜ユニットを用いた湿式デシカント空調システムの開発その5, 日本建築学会大会, 2017年8月31日~9月3日, 広島工業大学(広島県・広島市)

會田良介, 小林光, 弥富飛鳥, 村越綾, 中空系膜式湿式デシカント空調における除湿液の状態による膜の透湿性能に関する研究, 空気調和・衛生工学会東北支部第6回学術・技術報告会, 2017年3月14日, 東北学院大学(宮城県・多賀城市)

村越綾, 小林光, 弥富飛鳥, 中空系膜を用いた密閉型湿式デシカント空調システムの開発, 空気調和・衛生工学会大会, 2016年9月14日~16日, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)

村越綾, 小林光, 弥富飛鳥, 密閉型調湿膜ユニットを用いた湿式デシカント空調システムの開発その4, 日本建築学会大会, 2016年8月24日~26日, 福岡大学(福岡県・福岡市)

小林光, 村越綾, 弥富飛鳥, 密閉型調湿膜ユニットを用いた湿式デシカント空調システムの開発その3, 日本建築学会大会, 2016年8月24日~26日, 福岡大学(福岡県・福岡市)

村越綾, 弥富飛鳥, 小林光, 中空系膜を用いた密閉型湿式デシカント空調システムの開発(その2), 空気調和・衛生工学会東北支部第5回学術・技術報告会, 2016年3月11日, 東北工業大学(宮城県・仙台市)

小林光, 村越綾, 弥富飛鳥, 中空系膜を用いた密閉型湿式デシカント空調システムの開発(その1), 空気調和・衛生工学会東北支部第5回学術・技術報告会, 2016年3月11日, 東北工業大学(宮城県・仙台市)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

小林 光 (KOBAYASHI, Hikaru)
東北大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：90709734

(2)研究分担者

高木 理恵 (TAKAKI, Rie)
東北工業大学・ライフデザイン学部・准教授
研究者番号：30466536