

Performance Investigation of a Desiccant Rotor Regenerated Directly by Concentrated Solar Irradiation Using Fresnel Lens

李, 洁

<https://hdl.handle.net/2324/1654869>

出版情報：九州大学, 2015, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

論 文 名 : Performance Investigation of a Desiccant Rotor Regenerated Directly
by Concentrated Solar Irradiation Using Fresnel Lens
(フレネルレンズによる太陽光集光直接照射再生式デシカントロータの性能
に関する研究)

氏 名 : 李 潔

論 文 内 容 の 要 旨

現在、冷凍空調分野における最も重要な課題の一つは、環境負荷が小さい熱駆動型空調機の開発で、中でもデシカント（吸着材）を用いた温湿度の独立制御が可能なデシカント空調システムの開発が注目を集めている。このシステムでは、駆動熱源、すなわち吸脱着を繰り返すデシカントの脱着再生のための熱源として、工場排熱などのほか、自然エネルギーである太陽光集熱の利用が考えられており、デシカントロータの再生部での集熱利用効率の向上が重要な技術開発の目標となっている。本論文は、フレネルレンズを用いたロータへの太陽光集光直接照射によるデシカント再生方式を対象として、実験とモデルによりロータ内空気流路部の入射光吸収分布特性を明らかにし、この入射光吸収分布を考慮したロータ内吸脱着の予測モデルを構築して、サイクルシミュレーションにより、本方式の性能特性と有用性を明らかにしたものである。

第1章では、本研究が対象とする太陽光集光直接照射再生式デシカント空調システムの開発の重要性について説明し、本研究に関連する従来の研究を概説して、本論文の目的を明らかにした。

第2章では、デシカントロータ空気流路部の狭隘流路について、フレネルレンズによる集光を模擬した入射光エネルギーの流路壁吸収の測定実験を行い、流路壁における入射光エネルギー吸収率分布の基本特性を明らかにした。光源としてレーザー光と太陽光を用い、狭隘流路にはデシカントのシリカゲルと、比較のためにポリプロピレンプラスチック（PP）を用いた。また、フレネルレンズで集光した光の入射角度がデシカントロータの半径方向位置で変化することを考慮して、入射光の入射角度を変えてデータを得た。入射光吸収率分布に及ぼす入射角度の影響は大きく、流路空気の温度および湿度の影響、すなわちシリカゲルで生じる吸着量の影響は小さいことを明らかにした。さらに、PPと比べてシリカゲルでは、透過率が小さく吸収が良いこと、また表面粗さが大きく表面での拡散反射が進むことを示して、吸収熱量が大きくなる結果を説明した。

第3章では、狭隘流路における入射光エネルギー吸収率分布の予測方法について、第2章で得たシリカゲル流路のデータを基に、3つのモデルを検討した。その結果、エネルギー吸収効率に基づくRE2010モデルとふく射熱交換で用いられる形態係数に基づくモデルの2つのモデルが、有効であることを明らかにし、それぞれ、予測式に用いられる係数の定式化を行った。両モデルは、入射光の入射角度と流路長さの影響を含めて、吸収率分布の実験データを測定誤差内で良く再現した。

第4章では、シリカゲルデシカントロータに温度と湿度を調整した空気を流し、ロータにフレネルレンズで集光した太陽光を間欠的に入射させて、直接照射再生式の運転状態を模擬したデシカントロータ脱着吸着サイクルの実験を行った。実験では、ロータ出入口間の空気湿度の変化量、すなわちロータ内水蒸気の吸着量の時間変化のデータを得た。その結果、吸着過程時の平均の吸着量、すなわち空気流の平均除湿量は、空気流の入口温度と入口湿度、したがって入口エンタルピーの増大とともに大きくなる一方、空気流量の増大とともに低下することを明らかにした。

第5章では、太陽光集光直接照射再生方式のデシカントロータを対象として、ロータ内入射光吸収率分布を考慮した空気流水蒸気の吸脱着に関する理論物理モデルを構築し、シミュレーション計算により、ロータ性能の検討を行った。ロータ内の入射光吸収率分布には、第3章で得た狭隘流路における入射光エネルギー吸収率分布の予測モデル式を適用した。計算結果は第4章で得たロータ出口空気湿度時間変化の実験結果を良く再現し、本モデルの有効性を確認した。解析では、ロータ内デシカント壁温度および空気流の温湿度の分布を示して、それぞれ、回転方向および流路方向の特性を明らかにした。また、出入口間空気湿度の変化量はロータ半径0.8倍の位置で最大になること、ロータ全体では、変化量が最大となる最適なロータ厚さ、すなわち空気流路長さがあることを示した。さらに、太陽熱集熱で生成する高温空気による間接加熱再生式のデシカントロータについてシミュレーションを行い、性能を、直接照射再生式と比較した。その結果、直接照射再生式では、間接加熱再生式より、熱伝達の影響は小さく、空気流速の影響が大きいことを示すとともに、直接照射再生式は、間接加熱再生式と比べて、40%の性能向上があり、優位性があることを明らかにした。

第6章では、本論文の総括を行った。