

内92-36

早稲田大学大学院理工学研究科

## 博士論文概要

### 論文題目

RESEARCH ON OPEN CYCLE SOLAR  
ABSORPTION SYSTEM FOR LOW  
TEMPERATURE DEHUMIDIFYING AND  
DRYING

太陽熱利用開放形吸収式低温除湿乾燥  
システムに関する研究

### 申請者

崔 光煥

Kwang-hwan Choi

建設工学専攻 建築環境研究

平成4年12月

理 1633 (1905)

韓国や日本のように高温多湿な地域では、民生用及び産業用の空調や除湿には圧縮冷凍機、吸収冷凍機がよく用いられるが、これには電力やガス、石油などのエネルギーを大量に消費する。化石燃料資源の枯渇と地球環境保全の観点から省エネルギー及び自然エネルギー利用が要望されているが、住宅用及び産業用の除湿乾燥については太陽熱利用が有効であると考えられ、従来多くの方式が提案されてきた。

本研究では、高濃度液体吸収剤の製造、貯蔵による太陽熱の資源化を図るシステムとして、塩化リチウム水溶液を液体吸収剤として用いる太陽熱利用開放形吸収式低湿除湿乾燥システムを提案し、その中の重要なコンポーネントである再生器、蓄乾槽、除湿器それぞれについて実効性のある装置を試作し、実験によってその性能を実証することを目的とする。

第1章では序章として、従来の研究について調査した結果を説明し、本研究の背景と目的及び意義を述べた。熱源として太陽エネルギーを利用した除湿システムについて従来提案してきた種々の方式の特長と欠点を明らかにし、実効性のあるシステムの構築が必要であることを指摘した。

第2章では本研究に液体吸収剤として用いられた塩化リチウム水溶液の特長及び液体吸収剤を用いた除湿過程について述べた。従来の圧縮冷凍機では得られない低温域での除湿も水蒸気圧の低い塩化リチウム水溶液を用いれば可能になる。本研究では、液体吸収剤である塩化リチウム水溶液を太陽熱により濃縮する再生器、再生された高濃度水溶液を貯蔵する蓄乾槽および高濃度水溶液を用いて湿り空気を乾燥させる除湿器からなるシステムを提案した。また、他の吸収剤の性能と比較し、本システムでは塩化リチウム水溶液が吸収剤として最適である理由を述べた。

第3章では、再生器の屋外実験について述べた。提案システムの中、再生面に用いる適切な流下材の特性を調べるために本実験に用いる塩化リチウム水溶液は、その粘性のためチャネリング（偏流）現象を起しやすく、また金属に対する腐食性が強い。そのため耐食性のある4種類（寒冷紗、コルク、ポリカボネットそしてビニールクッション）の異なる流下材を用いた傾斜平板形再生器を別々に試作し、屋外の自然条件下で実験を行った。その結果、寒冷紗を敷いた再生器では、水溶液が均一に流れチャネリング現象がほとんど生じず最も高い再生性能を示した。

つぎに、再生器内に塵埃などが入ることを防ぐため上部と下部を完全に密閉した密閉形再生器を作成した。この再生方式では、水溶液から蒸発した水分を再生器の中で凝縮させ、外に抽出することによって濃溶液を作り出すが、再生器内での凝縮を促進させるため、アルミ製の冷却フィンを再生器の上部に取り付けた。密閉形と開放形との再生器の屋外実験を同時に実験を行った結果、密閉形再生器の再生量も多かったが、開放形再生器の再生性能がより高くなかった。

また、寒冷紗を用いた開放形再生器の春季、秋季の使用可能性を調べるために、1988年5月に屋外で実験を行った。その結果十分な再生が得られ、春、秋季にも本再生器を用いて再生が可能であることが判った。また日射量は夏季とほぼ同じでも、外

気温が夏季に比べて低くなるため、再生性能は劣ることが判った。屋外で再生器を運転する時、再生器の設置の傾斜角度は再生能力に影響を及ぼすため、傾斜角度を変えて自然条件下で実験を行った結果、空気の出入口の絶対湿度差の比較において傾斜角度5度の方が10度より大きくなかった。この結果から再生器の傾斜角度として5度を用いることにした。

つぎに、再生器の実験結果から得られた総括物質移動係数により計算した物質伝速率に基づき、無次元数間の関係を調べたところ、平板型強制対流の一般物質移動の関係式とはやや異なる結果を得た。これは再生器内で寒冷紗によって乱される塩化リチウム水溶液の流れと空気の状態、及び再生器の形状による相違に起因するとと思われる。

第4章では、屋内実験によって再生器のより詳細な性能の把握を試みた。屋外実験では日射量、外気温度、外気湿度、風速などの外気条件の変動が激しいため、再生器の再生能力に影響を及ぼす要素を定量的に把握することが困難である。そこで、流下面の温度上昇に寄与する太陽熱の代りに面状加熱ヒーターを流下面の裏に置いた開放形模型再生器を作成し、屋外では制御ができないパラメータを一定とする室内実験を行った。その結果、表面温度が低温の場合（約45°C）には流量比（風量に対する水溶液流量）が大きければ大きいほど再生量が多くなった。また、再生器の再生面を3等分した場合の各区間における比較では、再生器の下部の方が上部の方より再生量が多くなった。再生面の表面温度が低い場合には、流量比の増大とともに再生量が多くなることが明らかになった。しかしながら、日射量が多い日を想定した時、即ち表面温度を高温（約90°C）にした場合には、流量比が増加するとともに再生量も増加するが、風速が2.5m/s以上の高風速域では、かえって再生量が減る結果が得られた。これは風速が増すことによって塩化リチウム水溶液の液温が下がり、水溶液の温度と濃度に平衡する空気の飽和絶対湿度が低くなり再生され難くなるためと考えられる。再生器の空気層の厚さは実際の再生能力に影響を及ぼすと思われたので、空気層の厚さを4cmと6cm、風速を0.5m/sと0.3m/sとして定常状態で実験を行った。その結果、空気層の厚さの影響はほとんどなかったが、風速が小さくなればなるほど再生量が少なくなることが判った。

第5章では再生器の屋外実験によって再生面の長さが再生能力に及ぼす影響について調べた。幅が16cmで長さが各々75cm、100cm、125cmの3台の独立した開放形再生器を作成し、1991年1月から8月にわたり屋外の同じ自然条件下で実験を行った。その結果、最も長い再生器の液温上昇率が大きく、最も短い再生器の方が最も小さかった。しかし、一日の運転後、日積算の再生量は、最も短い再生器が最も多くなった。再生面が長い再生器で再生量が少なくなる理由としては、液温が高いほど水分が蒸発され易く空気層内の湿度が飽和絶対湿度に近くなり、再生面に流れる塩化リチウム水溶液にその水分が再吸収されることがあり得るからであると考えられる。

第6章では再生された高濃度水溶液を蓄える蓄乾槽について実験研究を行った結

果を述べた。再生器の再生能率を上げるために、蓄乾槽からは高温低濃度の水溶液を、除湿器での除湿性能を高めるためには低温高濃度の水溶液を取り出す必要がある。そこで、槽内に噴出する水溶液の影響を取り除くために仕切り板を設けた四角形の蓄乾槽を作成して実験を行った結果、濃度分布が温度分布に追従することが判った。また、水溶液の出入口の位置により死水域が生じ易く、複雑な様相を見せた。

槽内における濃度測定については、従来用いられてきた比重計や屈折率計による方法では溶液を抽出する必要があるため、連続測定ができない。そこで、デジタル電導度計を用いて塩化リチウム水溶液の温度に対する標準濃度曲線を作成し、蓄乾槽内で連続に濃度を測定することを可能にした。このデジタル電導度計を用いて水溶液の出入口の位置を変えて幾つかの実験を行った結果、再生器運転中の濃度増加率は、水溶液の入口が下部、出口が上部の場合が最も大きくなかった。

しかし、提案システムが低温除湿システムであるため、高温高濃度水溶液を冷却する必要がある。そこで、再生器の運転過程と停止過程での蓄乾槽内の温度、濃度分布を調べるために、高さが100mmの円形の蓄乾槽を作成し、連続運転を行った。その結果、再生器の運転中では完全混合されて殆ど温度と濃度分離を期待することが困難であったが、出口が中部、入口が上部のタイプでは自然冷却過程で、下部に低温高濃度溶液が溜まり、槽内での温度分布と濃度分布が分離し始める状態を認めることができた。

第7章では高湿の空気を乾燥させる除湿器の実験について述べた。再生器で再生された吸収ボテンシャルの高い塩化リチウム水溶液を用いて除湿を行う除湿器の実験においては、高さ100mmの向流形除湿器を作成し、水溶液、風量、液温、濃度を変えながら実験を行った。除湿器では整流格子を設けて気流の流れを均一にするとともに上部の空気出口に飛沫を除去するため三枚のエリミネータを設けた。また、充填層の上部への水溶液の散布においても、できるだけ動力を使わないようにし、アクリル棒に交互に穴を開けたパイプを設けて水溶液が自然に落下するようにした。また、充填層にて水溶液と湿り空気との気液接触面積を増やすことを期し、充填材であるラシヒーリングをランダムに詰めて実験を行った結果、十分な除湿量が得られた。しかし、高濃度水溶液を散布するときには、塩化リチウム水溶液の粘性のため、アクリルパイプでは均一に適下することが困難であった。そこで、粘性の影響を受けないように水溶液を充填材の真上に滴下する散布装置を改良し、実験を行った結果より優れた除湿性能を得た。

除湿量の定量化に関しては、データ解析の結果から入口水溶液の飽和絶対湿度と入口空気の飽和絶対湿度差に流量比を掛けた総合吸収ボテンシャルをパラメータとし、これと除湿量との間に線形関係のあることを示した。このことから、除湿器の運転を運転した場合、総合吸収ボテンシャルを用いて除湿量を予測することが可能であることを示した。

第8章では、以上の各章で述べた研究の結果をまとめて総括結論とした。