

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 24, No. 1, 2004

# 태양열 온수기를 이용한 다목적 공조시스템의 재생효율에 관한 연구 (제1보 액체흡수제 온도가 재생량에 미치는 영향)

우종수\*, 최광환\*\*

\*부경대학교 대학원 냉동공조공학과 (jswoo@tgpc.ac.kr)

\*\* 부경대학교 기계공학부

## Research on the Performance of Regenerator using Hot Water from Solar Water Heater (1st paper : On the Effect of Solution Temperature to Regeneration Rate)

Woo, Jong-Soo\*/ Choi, Kwang-Hwan\*\*

\* Graduate School, Dept. of Refrigeration & Air-Conditioning Engineering, Pukyong National University

\*\*Dept. of Refrigeration & Air-Conditioning Engineering, Pukyong National University

### Abstract

Absorption potential of desiccant solution significantly decreases after absorbing moisture from humid air, and a regeneration process requires a great amount of energy to recover absorption potential of desiccant solution. In an effort to develop an efficient solar water heater, this study examines a regeneration process using hot water obtained from solar water heater to recover absorption potential by evaporating moisture in the liquid desiccant.

In this paper, a solar absorption dehumidifying system with solar water heater is suggested to save the electricity for operating an air conditioner. LiCl(lithium chloride) solution was adopted as a liquid desiccant in the proposed system, and hot water obtained from the solar water heater was used for regenerating the liquid desiccant.

As a result, it was clear that the dilute LiCl solution could be regenerated by hot water, and the regeneration rate depends mostly on temperature level of liquid desiccant. The

regeneration rates were about 2.4kg/h with 40°C, 4.0kg/h with 50°C, and 6.2kg/h with 60°C of hot water respectively.

**Keywords** : 태양열 온수기(Solar collector), 온수(Hot water), 흡습제(Desiccant), 재생량(Regeneration rate), 충전층(Packed layer)

### Nomenclature

$\mu$	: 동점성계수	[m <sup>2</sup> /h]
$\nu$	: 비중량	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\nu$	: 점성계수	[kg/m <sup>2</sup> ]
MXD	: 대수평균절대습도차	[kg/m <sup>3</sup> hΔx]
kx	: 물질전달계수	[g/m <sup>2</sup> ·s]
a	: 충전재의 비표면적	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]
D	: 공기확산계수	[m <sup>2</sup> /s]
l	: 충전층의 높이	[m]
Sh	: Sherwood수	[-]
Sc	: Schmidt수	[-]
Re	: Reynolds수	[-]

### 1. 서론

최근에 주택뿐만 아니라 사무실 및 복합상가 등과 같이 면적이 큰 주거 공간에서도 공기 중의 습도를 낮춤으로써 실내의 쾌적성 및 작업 효율을 향상시키고 있다. 실제로 우리나라의 여름은 고온 다습하여 잠열부하가 현열부하 보다도 오히려 큰 경우가 많다. 따라서 실내 공간의 적절한 온습도 환경을 구현하기 위해서는 우선 잠열부하를 처리하여야 하는데, 이를 위해서 종래의 공조장치를 사용하면 기계적인 한계 때문에 효율 면에서 바람직하지 않다.

일반적으로 잠열부하를 제거하는데 가장 유효한 방법은 흡습제를 이용하여 습기를 제거하는 제습방식이 있다. 제습방식에는 일반적으로 실리카겔과 같은 고체흡착제를 이용하는 흡착식과 염화칼슘이나 염화리튬과 같은 액체흡수제를 이용하는 흡수식이 있으며, 각각 장단점이 다르기 때문에 사용 용도

가 다르다. 이 두 방식은 제습능력만 비교하면 흡착식 보다도 흡수식이 뛰어나다고 알려져 있으나, 흡수식은 흡착식에 비해 조작성이 매우 복잡하기 때문에 그 특성이 완전히 파악되어 있지 않아 설계에 있어서 여전히 경험에 의존하는 경향이 많다.

한편, 여름의 경우 실제로 공기 중의 잠열을 제거하고 나면, 현열은 소동력의 장치로써 쉽게 처리할 수 있을 뿐만 아니라 온도 조절 또한 간단히 행할 수가 있다. 그러므로 여름의 잠열부하를 어떠한 방법을 사용해서라도 경감시킬 필요가 있는데, 이 때 가능한 기존의 전기에너지를 사용하는 방법 대신에 자연에너지 및 배열, 혹은 재생 가능한 에너지를 사용하는 방법이 에너지절약 면에서 바람직하다. 에너지 이용 공학 및 냉동 공조분야에서는 기존의 전기에너지를 대신하는 신재생에너지를 사용하여 제습장치를 구동해서 잠열부하를 경감시키려는 새로운 제습시스템 개발에 박차를 가하고 있으나, 아직 까지 해결하여야 할 요소 기술들이 여전히 남아 연구의 대상이 되고 있다.

이러한 맥락에서 본 연구자가 제안하고 개발한 '태양열 이용 냉난방 공조시스템'이 과거에 실제 실험동에 설치되어 3년 간 운전한 결과, 시스템에 적용 가능한 효율을 얻었으나, 태양열을 직접 이용하는 재생기의 내구성에 그 한계점을 드러내었다. 따라서 이러한 문제점 해결과 효율 향상이라는 차원에서 '태양열 이용 냉난방 공조시스템'을 현재 시판중인 기존의 태양열 온수기 장치와 연계하여 시스템 중에서 가장 많은 동력을 사용하는 재생기(regenerator)를 대신하는 재생탑(regenerating tower)의 재생 가능성에 대한 기초 실험을 행하였다.

만약 실험에서 흡습제의 재생능력이 기존의 시스

템보다 우수하고 내구성 문제, 특히 부식에 관한 문제점이 해결된다면, 현재 한시적으로만 사용되고 있는 태양열 온수기를 여름 건물의 잠열부하를 경감시킬 수 있기 때문에 태양열 온수기의 연중 사용이 가능하다. 따라서, 본 연구는 이러한 목적에서 이루어졌으며, 시스템은 그림 1과 같이 구성하였다.

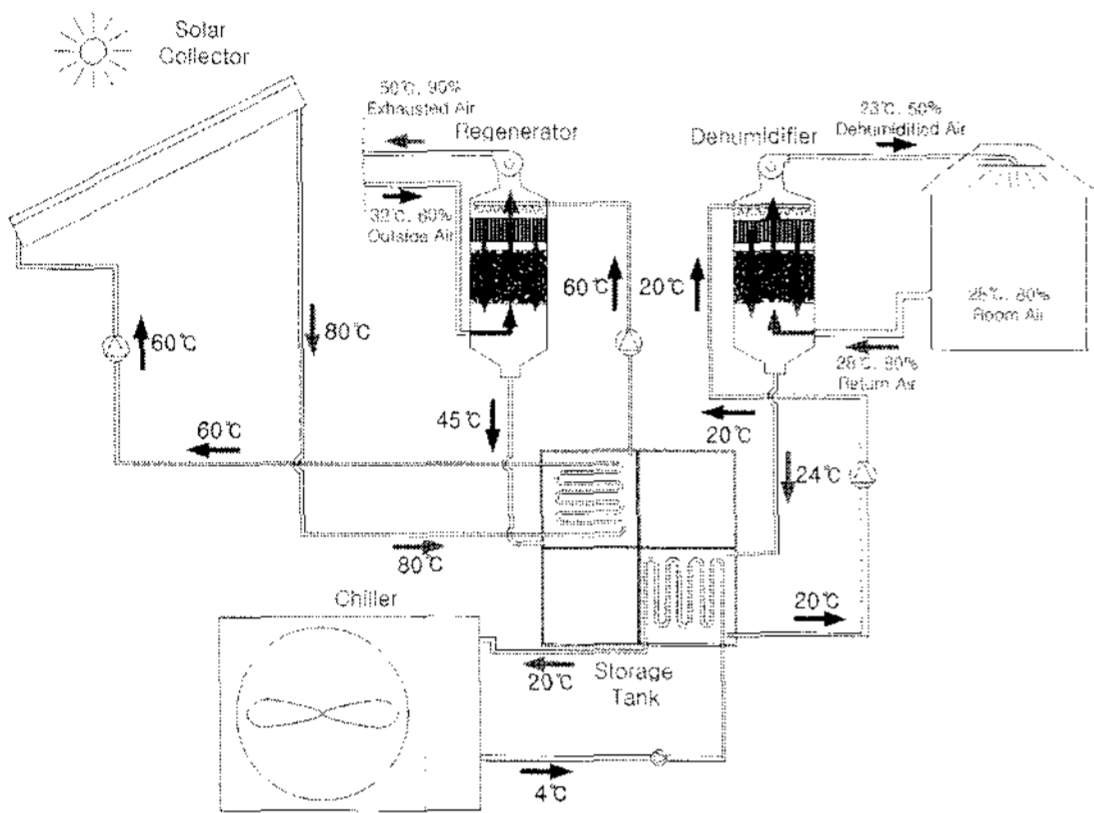


그림 1. 제안 다목적 공조시스템의 개략도

시스템을 설명하면, 태양열 온수기에서 생성되는 온수를 저장탱크에서 열교환시켜 액체흡수제의 온도를 높인 후, 재생탑으로 액체흡수제를 순환시켜 충전층에서 물질교환이 이루어지게 한다. 이 과정을 재생과정이라 하는데, 재생과정을 반복함으로써 액체흡수제에 포함되어 있는 수분이 공기 중으로 증발하여 액체흡수제의 농도는 저농도에서 고농도로 바뀌며, 제습기에서 습공기와 접할 때 수분을 쉽게 흡수할 수 있는 포텐셜을 갖게 된다. 이러한 성질을 흡습제를 이용하는 제습방식에서는 주로 사용한다.

한편, 제습기에서 수분을 흡습함으로써 액체흡수제의 농도는 반대로 고농도에서 저농도로 바뀌게 되어, 공기 중의 수분을 흡습하는 속도가 현저히 떨어지게 된다. 이러한 액체흡수제를 다시 흡습력이 뛰어나도록 하기 위해서는 재생을 하여야 하는데, 이 때 다량의 열을 필요로 한다. 본 연구에서는 태양열 온수기를 재생 구동원으로 하여 액체흡수제의

온도를 높임으로써 액체흡수제 중의 수분을 증발시켜 다시 흡수포텐셜을 반복적으로 갖게 한다. 이번 연구에서는 이와 관련한 기초 실험을 수행하여 그 결과를 발표한다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

재생탑에서 재생량에 영향을 미치는 요소로서 액체흡수제의 온도 및 농도, 유량, 그리고 유입공기의 온도 및 습도, 풍량이 있으며, 재생탑은 설치공간을 고려하여 크기가 작으면서 재생량이 많아야 한다. 그러므로 같은 체적에서 재생량이 많으려면 실제로 액체흡수제와 공기가 접촉하는 면적이 커야 하는데, 일반적으로 냉각탑 등에서는 충전재의 일종인 래시히·링(Raschig-ring)을 사용하여 기액접촉 면적을 크게 하고 있다. 본 실험에서는 충전재로 인한 압력손실을 고려해서 압력손실이 비교적 적은 직경 1인치의 시판중인 플라스틱형 충전재를 선택하였다.

재생탑은 실제로 건물에 적용될 것을 고려하여 높이가 1m 이내, 폭이 0.4m, 너비 0.4m로 매우 콤팩트(compact)하게 제작하였다. 게다가 재생탑은 액체흡수제의 고유 성질인 강한 부식성으로 인하여 전부 비금속 계통인 아크릴을 사용하여 제작하였다. 뿐만 아니라, 재생탑에서 큰 비중을 차지하는 충전층의 높이를 조절하여 재생량 변화를 조사할 수 있는 있도록 제작되었으나, 본 실험 장치에서는 충전층의 높이 최대 50cm를 넘지 않도록 설계되어 있다. 실제로 충전층의 높이는 재생탑에서 재생량의 변화에 영향을 미칠 수 있으나, 높이가 일정 이상일 경우에는 기액(air to liquid) 접촉이 충분히 일어나서 충전층의 높이에 따른 재생량의 변화를 더 이상 기대할 수 없게 되므로 높이에 따른 영향은 거의 없다. 본 실험에서는 과거의 실험을 바탕으로 충전층의 높이를 30cm로 고정하고, 다른 요소들을 각각 변화시켜 가면서 재생량의 차이를 주

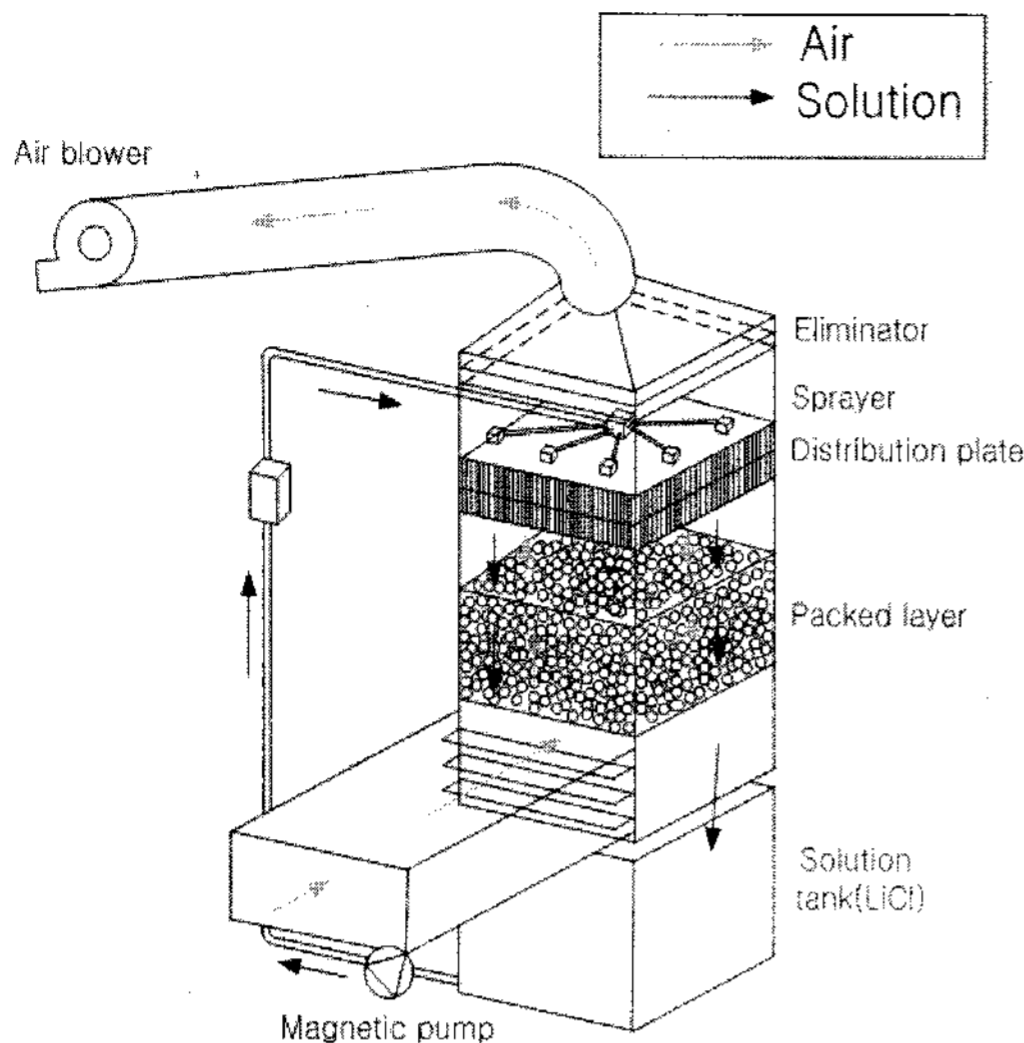


그림 2. 실제 실험장치의 개략도

된 측정 대상으로 관찰하였다. 그림 2에 본 실험 장치의 개략도가 나타나 있다.

한편, 본 시스템의 가동은 실제적으로는 옥외에서 행하나, 옥외의 실험에서는 재생탑의 성능을 정성적으로 밖에 파악할 수 없다. 따라서 이러한 어려움을 없애고 재생탑의 성능을 정량적으로 하기 위하여 공기의 온도 및 습도, 용액의 온도 및 농도, 그리고 풍량과 유량을 일정하게 조절할 수 있는 부경대학교 냉동공조공학과에 있는 항온항습실에서 실험을 행하였다.

실제 작동에서는 태양열 온수기를 직접 사용하여 온수를 만든 다음, 저장탱크로 보내어 티탄늄(titanium) 열교환기로 보내어진 액체흡수제와 강제로 현열 교환한다. 그러나, 본 실험에서는 현열교환이 이루어진 액체흡수제의 온도를 40°C, 50°C, 그리고 60°C로 가정하고, 이 3단계로 나누어진 액체흡수제의 온도를 전기히터로 미리 가열, 저장탱크에 저장한 다음 실험에 임하였다. 한편, 본 실험에서는 액체흡수제의 부족으로 인한 실험 오차 범위를 최소화하기 위하여 액체흡수제의 양을 60ℓ로 고정하였으며, 이 60ℓ로써 모든 경우에 대한 실험을 행하였다.

실험이 끝난 후 액체흡수제로부터 증발된 수분의 양은 액체흡수제의 농도를 측정할 수 있는 초음파 농도계를 사용하여 측정하였고, 이 측정값에 따른 수분의 부족분을 증류수로써 보충하여 농도를 실험 전의 원상태로 만들었다. 그리고 이 농도계의 정도를 조사하기 위하여 재생탑의 공기 입출구에 온도센서 및 습도계를 설치하여 입출구의 공기 온도와 상대습도를 측정함과 동시에 출구 측에 설치되어 있는 풍속계로써 공기의 풍속을 측정하여, 액체흡수제 측으로부터 공기 측으로 전달된 수분량을 산출하였다. 이렇게 산출된 수분 증발량은 나중에 해석에 있어서 물질전달율을 구하는데 직접 사용하였다.

한편, 재생탑에서는 충전재가 충전층에 밀집되어 있기 때문에 압력손실이 발생한다. 이 압력손실은 재생탑을 실제로 플랜트에 적용하는데 웬 동력비의 형태로 영향을 미치기 때문에, 가능한 충전층에서의 압력손실을 최소화 할 필요가 있다. 본 실험장치에서는 압력손실을 최소화하기 위하여 재생탑의 하부에 웬(fan)을 설치하는 대신에 상부에 웬을 설치하여 압입식으로 하부로부터 공기를 유입하였다. 흡입되는 공기의 양은 100, 145, 190m<sup>3</sup>/h 3단계로 구분하여 풍량에 대한 재생량의 변화를 관찰하였다. 액체흡수제의 용액은 마그네틱 펌프에 의해 저장탱크로부터 충전층의 상부로 보내어져 살수기를 거쳐서 중력식의 형태로 균일하게 살수되었으며, 액체흡수제의 유량도 6, 10, 14ℓ/min 3단계로 분류하여 유량에 의한 물질전달량의 변화를 조사하였다.

본 실험에서는 공기의 도입량과 액체흡수제의 유량 모두 재생량에 영향을 미치는 것으로 간주, 충전층으로 액체흡수제의 용액 양과 유입공기의 풍량을 엄격히 조절하였다. 이 조절을 위하여 가변 인버터(inverter)를 사용하였으며, 인버터의 노이즈를 없애기 위하여 지면에 접지까지 하여 측정기기의 오차를 최소화하였다. 특히 액체흡수제의 유량 조절은 저장탱크와 충전층 상부로 연결되는 배관 도중

에 유량계를 설치하여 인버터 제어의 정확성을 관찰하였다.

실험조건에 있어서, 먼저 액체흡수제의 초기 농도를 25%로 설정하여 실험하였는데, 이는 여름의 경우 상온에서 액체흡수제가 습공기 중의 수분을 제거하기 어려운 농도로 용액을 다시 재생할 필요가 있는 농도값이다. 온도 측정은 재생탑의 내부와 외부, 그리고 층진층을 10cm 간격으로 나누어 온도센서를 층진재 내부에 설치하여 온도 변화를 조사하였다. 표 1은 실험에 사용된 측정기기의 목록을 나타낸다.

표 1. 측정기기 종류 및 용도

종 류	용 도
열전대 (P0.2)	온 도
온도토리(Japan)	온도, 습도
KANOMAX (Japan)	풍 속
FuJi Ultrasonic Meter (Japan)	용액 농도
NetDAQ, FLUKE (U.S.A)	데이터 집 록
Flex-tube, Dwyer (U.S.A)	압 력

표 2. 실험 조건

항 목	실험 조건
도입 공기온·습도	30℃, 50%
도입 공기유량	100, 145, 190m <sup>3</sup> /h
용액 공급온도	40, 50, 60℃
용액 순환량	6, 10, 14 l/min
층진층 높이	0.3m

## 2.2 실험 방법

본 실험은 재생량에 미치는 인자들의 영향을 조사하는데 목적이 있으며, 액체흡수제로 사용되는 염화리튬의 초기농도를 25%로 고정하였다. 풍량을 100m<sup>3</sup>/h, 145m<sup>3</sup>/h, 그리고 190m<sup>3</sup>/h인 3 단계로

변화시켜 풍량에 의한 재생량 변화를 관찰하였다. 도입공기의 온도와 습도는 여름의 외기 상태를 가정하여 30℃, 50%로 실험 중 일정하게 유지하였다. 액체흡수제의 유량 조절은 인버터로 마그네틱 펌프의 회전수를 조절하면서 6 l/min, 10 l/min, 그리고 14 l/min인 3 단계로 변화시켜 실험을 행하였다. 표 2에 실험 조건이 나타나 있다.

실험은 한 패턴이 끝나면 운전을 정지시키고 액체흡수제의 용액과 유입공기를 다시 원상태로 만든 다음, 다른 실험에 지장을 초래하지 않도록 하였다. 특히 재생량에 영향을 미치는 유입공기의 온도 변화는 전 실험 동안 30±0.5℃로 엄격히 조절하여 실험의 정도를 높였다.

측정은 재생탑의 입출구 상태가 정상 상태에 도달하고 난 다음, 10초 간격으로 3분간 연속해서 측정하였으며, 해석에 있어서는 이 3분간의 데이터를 평균한 값을 사용하였다. 사진 1에 실험 전경이 나타나 있다

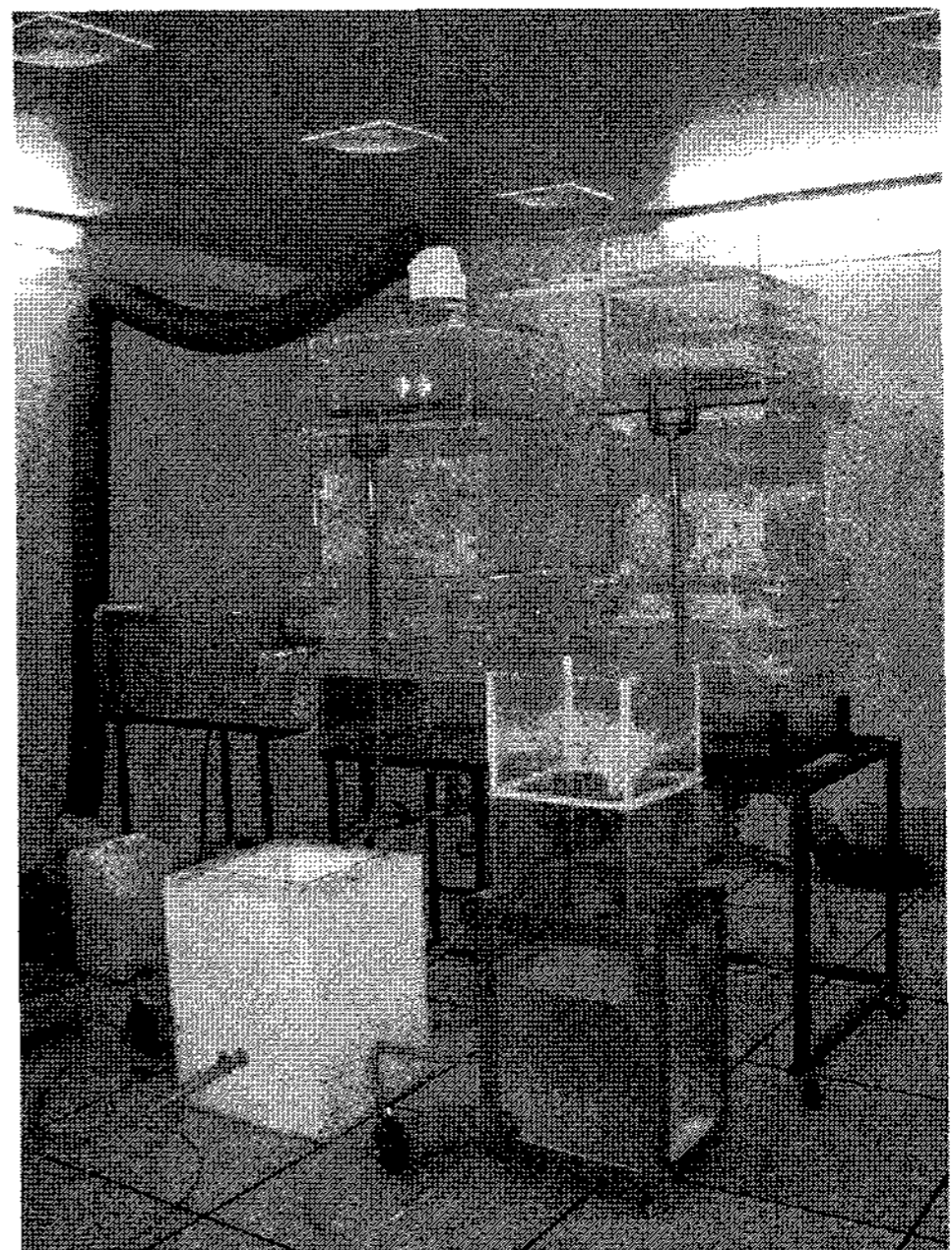


사진 1. 옥내 실험의 풍경

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 유량과 풍량의 변화에 따른 재생량 (용액의 온도가 40°C인 경우)

액체흡수제의 온도가 40°C일 때의 재생량 변화에 있어서는 풍량과 유량이 증가할수록 약간 재생량이 증가하는 경향을 보였으나, 그 증가폭은 매우 적었다. 액체흡수제의 유량과 풍량의 변화에 따른 재생량의 차이의 결과가 그림 3에 나타나 있다.

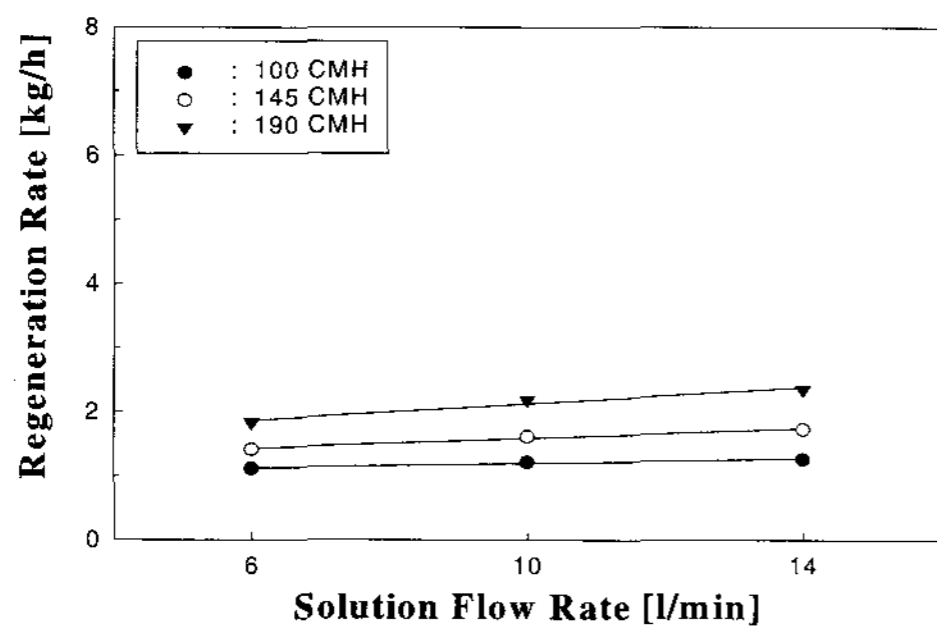


그림 3. 유량과 풍량에 따른 재생량 변화 (40°C인 경우)

먼저, 그림에 나타나 있는 것과 같이 풍량이 100 m<sup>3</sup>/h일 경우에 액체흡수제를 6 l/m로 순환하였을 때의 재생량은 약 1.1kg/h 정도였다. 그러나 순환량을 10 l/m, 14 l/m로 각각 증가시켰을 경우, 재생량이 각각 1.2kg/h, 1.3kg/h로 액체흡수제의 유량 증가에 따른 재생량의 증가는 매우 미미하였으며, 용액 순환량이 증가하여도 재생량의 증가에는 별다른 차이점을 발견할 수 없었다.

한편, 풍량을 145 m<sup>3</sup>/h로 올려서 실험한 결과, 풍량이 100 m<sup>3</sup>/h인 결과와 전반적으로 약간 상승하는 경향을 나타내었으나, 재생량의 증가 비율은 거의 같은 경향을 보였다. 유량이 6 l/m일 때는 약 1.4kg/h, 10 l/m일 때는 약 1.6kg/h, 그리고 14 l/m일 때는 약 1.7kg/h가 재생되었으며, 이는 풍량이 100 m<sup>3</sup>/h인 경우의 재생량과 단수 비교하면 최소 25%에서 최대 38% 정도 증가하였다. 그리

고 풍량의 증가에 의한 재생량의 증가폭은 100 m<sup>3</sup>/h인 경우와 비교하여 약간 증가하는 추세를 나타내었다.

반면에 풍량을 190 m<sup>3</sup>/h로 증가하여 실험한 결과에서는 전반적으로 재생이 많이 되고 있음을 보여주었다. 유량이 6 l/m인 경우에 재생량이 약 1.8kg/h, 10 l/m인 경우에는 2.2kg/h, 그리고 14 l/m인 경우에는 2.4kg/h로 비교적 많은 재생량을 얻을 수 있었다. 이 결과, 유량이 많은 14 l/m에서 풍량이 적은 100 m<sup>3</sup>/h와 비교를 하였을 경우, 재생량은 약 100% 정도 차이가 났으며, 유량이 적은 6 l/m에서 풍량이 적은 100 m<sup>3</sup>/h와 비교하면 약 70% 정도 증가함을 보여주었다.

#### 3.2 유량과 풍량의 변화에 따른 재생량 (용액의 온도가 50°C인 경우)

액체흡수제의 온도가 50°C일 때의 재생량 변화에 있어서는 풍량과 유량이 증가할수록 약간 재생량이 증가하는 경향을 보였으며, 그 증가율은 용액의 온도가 40°C인 경우와 거의 유사하였다. 그러나 전반적으로 재생량은 용액의 온도가 40°C일 때의 값과 비교해서 최소 80%에서 최대 100% 정도로 증가함을 알 수 있었다. 그림 4는 액체흡수제의 유량과 풍량의 변화에 따른 재생량 차이의 실험 결과를 보여주고 있다.

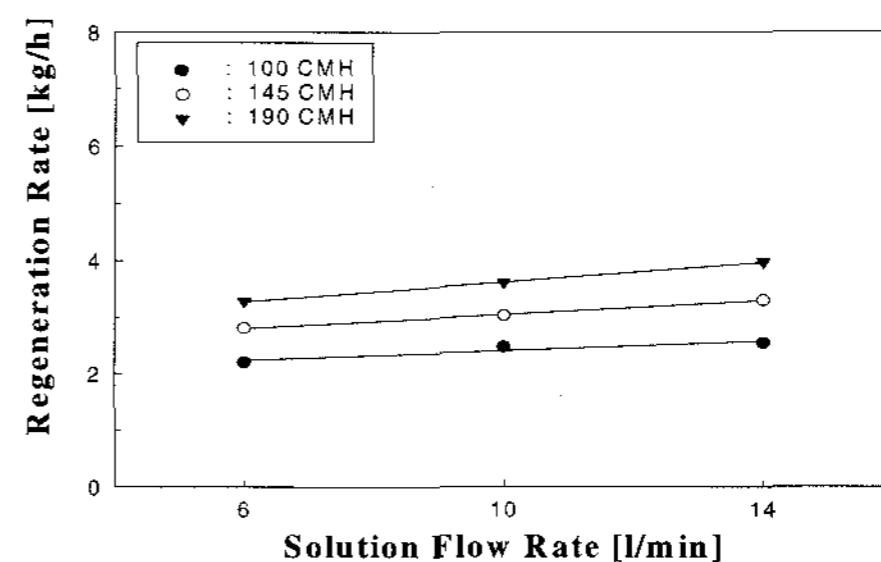


그림 4. 유량과 풍량에 따른 재생량 변화 (50°C인 경우)

그림에 나타나 있는 것과 같이 풍량이 100m<sup>3</sup>/h일 경우, 액체흡수제를 6 l/m, 10 l/m, 그리고 14 l/m로 변화시켰을 때, 재생량은 각각 약 2.2kg/h, 약 2.5kg/h, 그리고 약 2.6kg/h로 나타났으며, 그 차이는 약 0.3kg/h 밖에 나지 않았다.

한편, 풍량이 145m<sup>3</sup>/h인 경우에도 풍량이 100 m<sup>3</sup>/h인 결과와 비교하여 재생량의 증가 비율 경향은 비교적 유사하나, 재생량 변화에서는 약간 차이가 났다. 이 때 재생량은 6 l/m, 10 l/m, 그리고 14 l/m로 변화시켰을 때, 각각 약 2.8kg/h, 약 3.0kg/h, 그리고 약 3.3kg/h 정도로 나타났으며, 그 증가 비율은 용액의 온도가 40°C인 경우의 비율과 거의 유사하였다.

반면에 풍량을 190m<sup>3</sup>/h로 증가하여 실험한 결과에서는 그림에서와 같이 재생량이 많음을 알 수 있었다. 유량이 6 l/m인 경우에 재생량은 약 3.3kg/h, 10 l/m인 경우에는 약 3.6kg/h, 그리고 14 l/m인 경우에는 약 4.0kg/h 정도로 비교적 많은 재생량을 나타내었으며 전반적인 재생량의 상승폭은 용액의 온도가 40°C인 경우의 결과와 유사하였다.

### 3.3 유량과 풍량의 변화에 따른 재생량 (용액의 온도가 60°C인 경우)

액체흡수제의 온도가 비교적 고온인 60°C일 때의 재생량 변화에 있어서는 풍량과 유량이 증가할수록 재생량이 많이 증가하는 경향을 보였으며, 그 증가율은 용액의 온도가 40°C와 50°C인 경우와 비교하면 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 전반적으로 재생량도 용액의 온도가 40°C와 50°C일 때의 값과 비교해서 증가함을 알 수 있었다. 그림 6은 액체흡수제의 유량과 풍량의 변화에 따른 재생량 차이의 결과를 보여주고 있다.

그림 5에 나타나 있는 것과 같이 풍량이 100m<sup>3</sup>/h일 경우, 액체흡수제를 6 l/m, 10 l/m, 그리고 14 l/m로 변화시켰을 때의 재생량은 각각 약 3.4kg/h, 약 4.0kg/h, 그리고 약 4.4kg/h로 비

교적 많았다. 그리고 유량에 따른 재생량의 변화량은 약 1.0kg/h로, 용액의 온도가 40°C와 50°C인 경우의 약 0.2kg/h와 약 0.4kg/h와 비교해서 현저히 많음을 알 수 있었다.

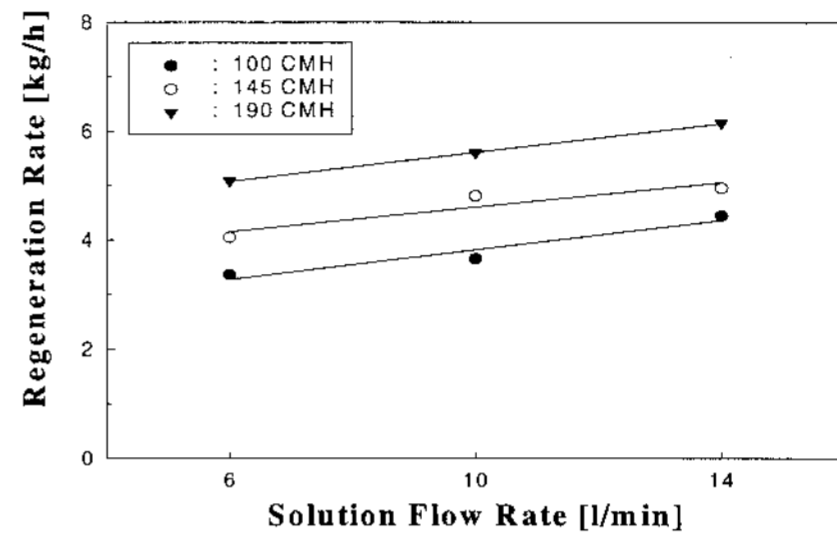


그림 5. 유량과 풍량에 따른 재생량 변화 (60°C인 경우)

한편, 풍량이 145m<sup>3</sup>/h인 경우에도 풍량이 100 m<sup>3</sup>/h인 결과와 비교하여 재생량의 증가 비율 경향은 비교적 유사하나, 재생량 변화에서는 약간 차이가 났다. 유량을 각각 6 l/m, 10 l/m, 그리고 14 l/m로 변화시켰을 때, 이 때의 재생량은 각각 약 4.0kg/h, 약 4.8kg/h, 그리고 약 5.0kg/h 정도였다.

반면에 풍량을 190m<sup>3</sup>/h로 증가하여 실험한 결과에서는 그림에 나타나 있는 것과 같이 재생량이 증가함을 알 수 있었다. 유량이 6 l/m인 경우에는 재생량이 약 5.1kg/h, 10 l/m인 경우에는 약 5.6kg/h, 그리고 14 l/m인 경우에는 약 6.2kg/h 정도로 많은 재생량을 나타내었으며, 전반적인 재생량의 상승폭은 용액의 온도가 40°C와 50°C인 경우의 상승폭과 비교하여 증가함을 알 수 있었다.

## 4. 무차원 수치해석

물질전달에 대한 일반식은 다음과 같다.

$$Sh = k \times Re^a \times Sc^b$$

여기서,  $Sh = k \times l / D$  ..... (1)

$Sc = \nu / D$  ..... (2)

$Re = \mu d / \nu$  ..... (3)

먼저, 식 (2)에서 실험으로부터 구한 Sc값은 약 0.636이었다. 그리고 식 (1)은 물질전달의 정도를 나타내는데, 여기서 물질전달계수  $K_x$ 는 충전층 내에서 용액과 공기의 접촉면적을 정확히 알지 못하면 직접 구할 수가 없다. 그러므로 K를 구하기 위해서는, 우선 냉각탑의 성능을 나타내는  $K_{xa}$ 에 대신에 절대습도차에 의한 총괄물질전달계수인  $K_{xa}$ 를 아래 식 (4)를 이용하여 구한 다음, 충전재의 비표면적으로 나누면 물질전달율  $K_x$ 를 구할 수 있다.

$K = K_{xa} / (a \times \gamma)$  ..... (4)

한편, Sh와 Re를 계산하기 위해서는 대표길이를 결정하여야 하는데, 여기서는 충전층이 물질전달에 영향을 미치는 요소로 간주하여 충전층의 높이를 대표길이로 사용하였다. 그리고 충전재가 완전히 액체흡수제에 의해 젖었다고 가정하면, 충전층 내에서 공기와 용액의 접촉면적 a는 본 실험에서는 대략  $255m^2/m^3$  정도가 된다.

그림 6은 본 실험 결과로부터 구한 Re수와 Sh 수, 그리고 Sc수로 플롯팅(plotting)한 그림이다.

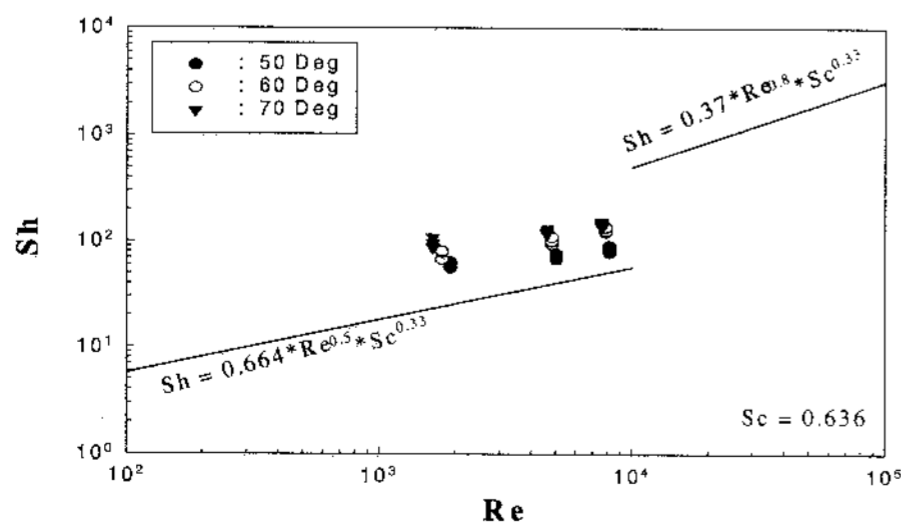


그림 6. 무차원 Re수와 Sh수와의 상관관계

편의상 평판에서의 강제대류 물질전달식과 비교한 것이다.

그래프에 나타나 있는 것처럼 Re에 따른 Sh수는 전반적으로 평판에서의 강제대류 물질전달식보다 큰 값을 나타내었다. 이것은 재생탑 충전층에서의 물질전달이 평판에서의 강제대류보다 더 활발히 일어난다는 것을 알 수 있다.

### 5. 결론

태양열 온수기의 계절적 한계를 없애기 위하여 하계에 냉방 및 제습시스템의 열원으로 사용할 수 있는가에 대한 기초실험을 행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 실험을 통하여, '태양열 이용 냉난방 공조 시스템'의 한 부분으로 여름에 태양열 온수기를 도입, 가동하면 여름철 제습에 따른 잠열부하를 경감시킬 수 있음을 확인하였다.
2. 여름에 태양열 온수기로부터 얻어진 온수를 이용하여 액체흡수제 온도를 40℃ 이상으로 만들 수 있으면, 최소 2.4kg/h 정도로 액체흡수제를 재생시킬 수 있기 때문에 제습시스템으로의 적용이 가능함을 확인하였다.
3. 그러므로 태양열 온수기를 하계에 냉방 및 제습 시스템으로의 사용이 가능해져, 태양열 온수기를 사계절 내내 다목적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.
4. 한편, 용액온도의 변화에 의한 재생량은 큰 차이를 보였으며, 용액온도가 높을수록 재생량이 많았다. 용액온도가 60℃일 때 평균 재생량이 약 6.1kg/h로, 40℃일 때의 2.1kg/h보다 약 4.0kg/h 정도 많아서 재생량이 용액온도에 크게 의존함을 확인하였다.
5. 본 실험에서 구한 물질전달율을 갖고서 계산한 Sh수는 평판에서의 강제대류식 값보다 컸다. 따라서, 평판에서의 강제대류 때보다도 재생탑 충



진층에서의 물질전달이 활발히 일어나고 있어 장치의 콤팩트화가 될 수 있음을 제시하였다.

## 사 사

본 논문은 2001년 부경대학교발전기금재단의 지원에 의해 연구되었음을 지면을 빌어 심심한 감사의 뜻을 전한다.

## 참 고 문 헌

1. 織間正行, 1993, 太陽熱利用開放式除濕乾燥システムの數値實驗, 碩士學位論文, 早稻田大學校.
2. A.F.Mills, 1995, Heat and Mass Transfer, IRWIN.
3. Bo-cheol Kim, 1999, "Study on the performance of regenerator in solar air conditioning systems", Ph.D. thesis, Pukyong national University.
4. S. Kakac, E. Paukoc and Y. Yener, 1989, "Energy Storage System", Kluwer Academy Publishers.
5. P. J. Lunde, 1980. "Solar Thermal Engineering", John Wiley and Sons, New York.
6. J. J. Reimann, et al., 1959. "Evaluation of three room air distribution systems for summer cooling", ASHRAE Research Report No. 1679, ASHRAE Transactions.
7. D.J. Croome-Gale and B.M Roberts. 1975, "Air Conditioning and Ventilation of Buildings", Pergamon Press.
8. N. K. Christensen, et al., 1984. "Building Ventilation and Thermal Climate", Air movement and Draught Indoor Air, vol. 5, Stockholm: Swedish Conucil for Building Research.
9. H. Hanzawa, A. K. Melikow, and P. O. Fanger, 1987, "Airflow characteristics in the occupied zone of ventilated spaces", ASHRAE 93(1).
10. Kwang-hwan Choi, 1993, "Research on Open Cycle solar Absorption System for Low Temperature Dehumidifying and Drying", Ph.D. thesis, University of Waseda, Japan.