

## 소형 냉각식 천정형 제습기의 증발기 전면 풍속에 관한 연구

김진철 · 정경태 · 김종수 · 김동규<sup>†</sup>  
(부경대학교)

### A Study on Evaporator Front Air Velocity of Small Refrigeration Ceiling Dehumidifier

Jin-Cheol KIM · Kyeong-Tae JEONG · Jong-Soo KUM · Dong-Gyu KIM<sup>†</sup>  
(Pukyong National University)

#### Abstract

In the environment with high humidity causes negative influence on human's body and living condition. As the weather gets more humid, people's interest of dehumidifier for household arising recently. The cooling dehumidifier dehumidify the air by using refrigeration cycle technology which means it removes vapor by let the humid air pass through the cold surface. The amount dehumidified of refrigerating method dehumidifier affected by multiple factors. However, the refrigerating method dehumidifier for household in the market controls pass wind velocity technology to adjust the amount of dehumidification. As the pass wind velocity increases, the amount of wind increases hence the heat exchange amount increases accordingly. However, the amount of dehumidification decreases because the temperature difference between the air and vaporization decreases. Therefore, simply by increasing air velocity does not increase the amount of dehumidification. This research examined the effect of air velocity out of all variety of factors to the amount of dehumidification for refrigerating method dehumidifier.

**Key words :** Refrigeration ceiling dehumidifier, Front air velocity, Dehumidification performance

#### I. 서론

우리나라는 최근 장마철이 끝나도 국지성 호우가 반복되는 등 한반도 전체가 아열대성 기후를 나타내고 있다. 기상청 산하 기후변화정보센터가 발간한 '한반도 기후변화 : 현재와 미래'에 따르면 2021년부터 남해안과 동해안 지역이 아열대 기후에 속하게 되고 그 이후에는 내륙지역까지 아열대 기후가 확장될 것으로 예측하였다. 이로 인한

여름철 높은 습도는 피부병과 호흡기질환 원인이 되기도 하며, 뜨거운 기온과 함께 불쾌지수를 높이는 원인이 된다(Kim, Hoe-Ryul, 2009). 인체는 무더울 때 땀이 증발하도록 땀을 내보냄으로써 체온을 낮추는 체온조절 메커니즘이 작동되도록 한다. 그러나 공기 중 습도가 높으면 땀이 쉽게 증발하지 않고 피부표면에 남으면서 불쾌지수가 상승하게 된다. 그러므로 쾌적한 실내환경을 조성하기 위해 에어컨을 사용하기도 하며, 거주 공

<sup>†</sup> Corresponding author : 051-629-7818, dgkim@pknu.ac.kr

\* 이 논문은 2013학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임(C-D-2013-1331)

간인 실내의 온도와 습도를 조절하기 위해 많은 전력을 소비하는 실정이다(Ahn, Chul-Lin, 2005, Kum, Jong-Soo, 2007). 그러나 실내의 습도를 제거하는 것만으로도 채실자의 쾌적감을 향상시킬 수 있다. 에어컨의 소비전력이 1,600 ~ 1,800W임에 비하여 냉각 제습기는 400~700W 수준이므로 경제적이다. 따라서 쾌적한 실내환경을 위해서는 많은 전력을 소비하는 에어컨을 사용하는 것 보다 상대적으로 소비전력이 적은 제습기를 사용하는 것이 바람직하다.

제습기는 공기 중의 수분을 제거하는 장치로 결로 방지나 제품보관 등을 위해 각종 산업에서 사용되고 있으며 최근 가정용으로서도 수요가 증가하고 있다. 또한, 소형 창고나 보관소 등에는 대형의 산업용 제습기 설치가 비용과 공간적인 측면에서 어려움이 있으며, 소형의 냉각식 제습기를 설치함으로써 비용 절감과 공간 활용도를 높일 수 있다. 제습기는 제습방식에 따라 압축기를 이용하여 공기온도를 노점온도 이하로 낮추어 증발기 표면에 결로를 유도하여 공기 중의 수분을 제거하는 냉각식 제습, 흡습 및 흡착을 이용한 화학식 제습, 공기를 압축시켜 압력에 따른 포화수증기량의 차이를 이용하여 물방울을 분리하는 압축식 제습 등으로 분류된다. 일반적으로 저노점의 환경이 아니라면 유지관리가 쉽고 제작이 간단한 냉각식 제습이 많이 사용되고 있고, 또한 이러한 냉각식 제습기의 제습 효율에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 제습기의 제습성능은 다양한 요소들에 의해 복합적으로 영향을 받는다. 따라서 제습기의 각 요소별 연구가 필요하나 대부분의 연구는 증발기의 열교환 성능에 관한 연구에 집중되어 왔다. 박병규 등은 제습공조용 핀-관형 증발기의 열성능 모델링에 관한 연구에서 증발기 냉매회로의 구성이 열성능에 미치는 영향에 관한 연구를 수행하였다(Park, Byung-Kyu, 2000). 김내현 등은 제습이 수반된 공조용 증발기 습표면의 열전달 계수에 관한 연구에서 습표면과 건표면에서의 열전달과 압력손실에 관한 연구를

수행하였다(Kim, Nae-Hyun, 2003). 권영철 등은 건조기용 PF 증발기의 열교환량과 제습량에 관한 연구를 수행하였다(Kwon, Young-Chul, 2013). 반면에 유수진 등은 냉각제습장치의 응축기 전열면적 결정을 위한 실험적 연구를 수행하였다 (Yu, Soo-Jin, 2014).

에너지 효율 관점에서 제습기의 냉동사이클 효율을 향상시키는 연구는 활발히 진행되고 있지만, 냉동사이클 효율과 증발온도 뿐만 아니라 제습량에 큰 영향을 끼치는 증발기 전면 풍속에 관해서는 연구가 부족한 실정이다. 증발기 전면 풍속을 높이면 증발기에서의 열교환량을 증가시키지만 증발온도가 올라가고 응축된 물방울이 재증발 될 수 있어 적절한 풍속 결정이 요구된다.

본 연구에서는 제습기의 에너지 효율을 높이기 위해 1/4 HP(Horse Power) 용량의 소형 냉각식 천정형 제습기를 제작하여 KS(Korean Industrial Standards)시험조건에서 정의하고 있는 27℃, 59%의 환경에서 증발기 전면 풍속 조건에 따른 제습량의 변화를 파악하여 적정 증발기 전면 풍속을 제시하고자 한다.

## II. 실험장치 및 방법

### 1. 실험장치

실험장치는 1/4HP 용량의 압축기를 이용하여 소형 냉각식 천정형 제습장치를 제작하였다. 냉동 사이클의 냉매는 R-134a이며, 증발기와 응축기의 면적은 압축기 용량에 비례하여 선정하였다. 제습기를 통과하는 공기는 증발기, 응축기, 압축기, 팬의 순서로 흐르도록 하였으며, 제습기를 통과하는 동안 누설이 발생하지 않도록 기밀하게 제작하였다. [Fig. 1]은 냉각제습장치의 모습과 구성도이고, <Table 1>은 본 연구에 사용된 냉각제습장치의 사양이다. 실험은 일정한 온습도를 유지할 수 있는 항온항습실에서 실시하였으며 항온항습실의 사양은 <Table 2>와 같다. 냉동사

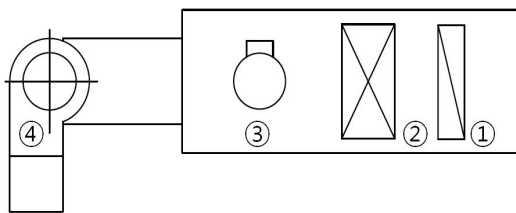
이클을 확인하고 증발온도를 측정하기 위해서 T-type 열전대를 사용하였으며 증발기는 등 간격



(a) Whole view of chamber for experiment



(b) Appearance of refrigeration ceiling dehumidifier



- ① Evaporator                      ② Condenser
- ③ Compressor                    ④ Fan

(c) Front view of Refrigeration dehumidifier configuration

[Fig. 1] Refrigeration dehumidifier sight and configuration

<Table 1> Specification of the dehumidification

Component	Type	Spec.
Compressor	Reciprocating	1/4[HP]
Condenser	Fin and tube	φ2.96mm 28rows 2.28m <sup>2</sup>
Evaporator	Fin and tube	φ2.96mm 20rows 1.71m <sup>2</sup>
Expansion valve	Capillary	-
Refrigerant	R-134a	400g

<Table 2> Specification of the Thermohydrostat

Component	Spec.
Model	SCA-5AT
Compressor	3.75kW
Air Volume	100CMH
Humidifier	20kW(SCR)
Power	220V 60Hz
Cooling capacity	15,700W
Heating capacity	20,000W
Refrigerant	R-22

으로 5 point를 지정하여 온도센서를 부착하였고 응축기의 경우 응축 상태를 확인하기 위하여 등 간격으로 6 point를 지정하여 온도센서를 부착하였다. Ph선도(Pressure-Enthalpy Diagram)를 활용하여 사이클을 검토하기 위하여 압축기 및 모세관 입출구의 온도를 측정하였으며, 제습기 입구로 들어가는 공기의 상태를 파악하기 위하여 제습장치 입구, 증발기 직후, 응축기 직후의 온도와 제습기 입출구의 상대습도를 측정하였다. 또한 증발압력과 응축압력을 확인하기 위해 압축기 입출구, 증발기 입구, 응축기 입구에 각각 압력센서를 설치하였다(<Table 3>).

<Table 3> Locations of the sensor

Items	Measuring Point	Measuring Objects
Freezing cycle	Comp. entrance	Temp. & pressure
	Comp. exit	
	Condenser exit	
	Evaporator entrance	
Condenser	1, 7, 12, 18, 23, 28rows	Temp.
Evaporator	1, 5, 10, 15, 20 rows	
Dehumidifier entrance	Middle	Temp. & humidity
Dehumidifier outlet	Middle	
Evaporator rear	Upper/Middle/Bottom	Temp.

냉동사이클을 구동하는 장치는 적정 냉매 충전량을 충전하는 것이 중요하므로, 장치의 적정 냉매량을 검증하기 위하여 각각의 냉매 충전량에서의 증발기 전면 풍속에 따른 제습량을 측정하였다. 측정 결과 실험대상 제습기의 최적 냉매 충전량인 400g의 조건에서 실험을 진행하였다.

2. 실험 방법

시험환경은 항온항습실에서 KS-C9317(2013) 제습기 시험조건 중 표준 조건 27℃, 59%를 조성하였다. 실험 조건인 증발기 전면 풍속은 0.25 ~ 3.2 m/s로 <Table 4>와 같이 총 10 Case로 구분하였다. 실험은 [Fig. 2]와 같은 순서로 각 실험 조건별로 3회 반복하였고, 제습기의 증발온도를 약 7℃로 유지한 상태에서 제습량, 압력, 온습도 데이터 등을 수집하였다.

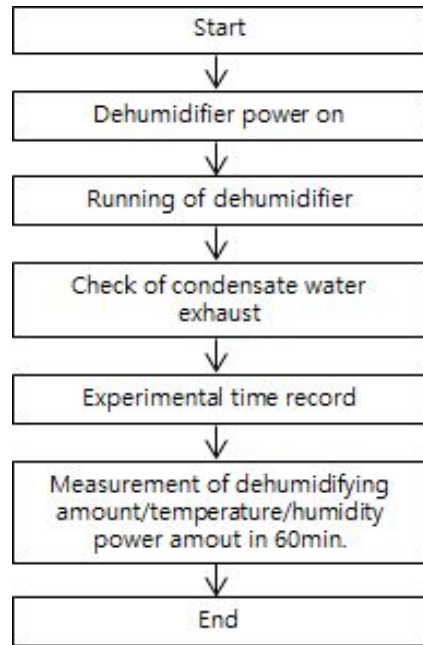
Ⅲ. 실험 결과

증발기 전면 풍속에 따른 제습량 변화를 [Fig

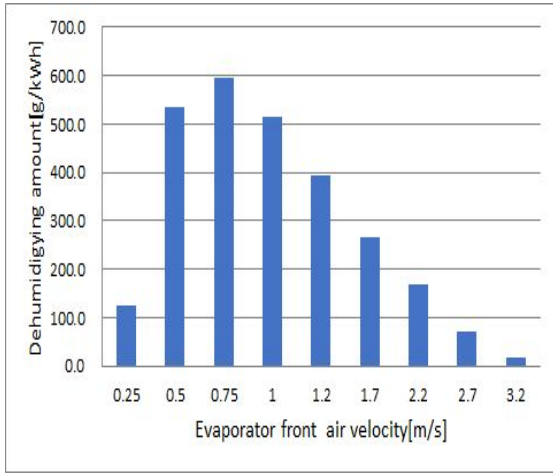
3]에 나타내었다. 단위 시간당 제습량과 제습기에서 소비하는 소비전력당 제습량으로 구분하였으며, 전면 풍속별 제습량은 거의 같은 경향을 나타내었다. 증발기 전면 풍속이 0.75m/s 일 때 제습량은 시간당 196g으로서 가장 높게 나타났다.

<Table 4> Conditions of experiment

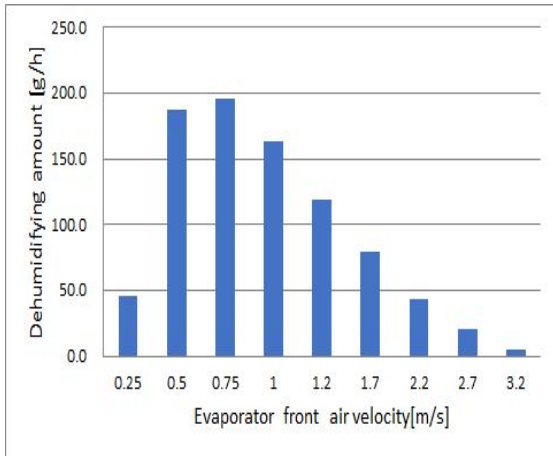
Indoor environmental conditions(KS-C9317)	Air velocity [m/s]
27℃  59%	0.25
	0.5
	0.75
	1.0
	1.2
	1.5
	1.7
	2.2
	2.7
	3.2



[Fig. 2] Flow chart for experiment



(a) Dehumidifying amount per hour



(b) Dehumidifying amount per power consumption

[Fig. 3] Dehumidifying amount of evaporator air velocity

전면풍속과 제습량의 관계는 풍속 0.75m/s에 도달할 때 까지 제습량은 증가하는 경향을 보였고, 이후 풍속이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 전면 풍속 0.5m/s 미만인 0.25m/s에서도 제습량이 감소하였다. 본 연구에서 제안된 소형 천정형 냉각식 제습기의 성능조건에서 전면풍속과 제습량의 증감을 고려할 때 전면풍속과 제습량 사이에는 임계점이 존재함을 알 수 있고, 전면풍속 0.75m/s가 임계점으로 나타났다. 임계점

을 기준으로 제습량(Y)과 증발기 전면풍속(X)과의 관계는 다음과 같이 나타났다.

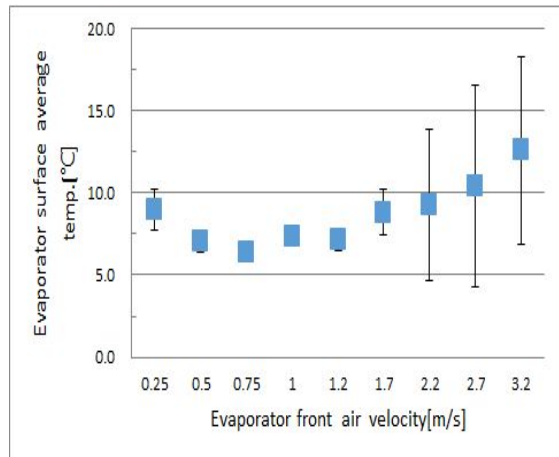
전면 풍속 0.75m/s 이하

$$Y = 235.68 \cdot X - 53.711 (R^2=0.8) \text{ [g/kWh] } \text{-----(1)}$$

전면 풍속 0.75m/s 초과

$$Y = -101.31 \cdot X + 592.63 (R^2=0.9) \text{ [g/kWh] } \text{-----(2)}$$

[Fig. 4]는 증발기 전면 풍속에 따른 증발기 평균 표면온도와 편차를 나타낸 것이다. 증발기 전면 풍속이 0.5m/s ~ 1.2m/s 일 때 증발기 평균 표면온도가 6~8℃로 유지하고 편차가 적은 것으로 나타났고 제습이 일어나는 증발기의 표면적이 최대로 유지되는 것으로 나타났다. 반면에 증발기 전면 풍속이 0.5m/s ~ 1.2m/s 구간을 벗어나면 증발기 평균 표면온도가 상승하고 편차가 커짐을 알 수 있다.



[Fig. 4] Evaporator surface average temperature

증발기 전면 풍속에 따른 증발기 표면 온도를 증발기 열수별로 구분하여 <Table 5>에 나타내었다. 증발기를 등 간격으로 나누어 표면온도를 측정하였고, 증발기 전면 풍속이 0.5m/s ~ 1.0m/s 구간에서는 증발기 표면온도가 약 6~8℃ 정도로 균일하게 유지하는 것으로 나타났으며 증발기 전면 풍속이 1.2m/s 이상인 경우 증발기 후단부(15, 20 열)의 평균 표면온도가 상승하는 것으로 나타났다.

<Table 5> Evaporator surface average surface temperature[°C] at rows

Air velocity [m/s]	1	5	10	15	20
0.25	9.9	9.6	8.5	8.5	8.5
0.5	7.4	7.5	6.6	6.8	6.9
0.75	6.9	7.1	5.9	6.2	6.0
1	8.3	7.4	6.5	7.1	7.6
1.2	7.8	7.3	5.5	6.2	9.0
1.7	8.3	6.8	5.8	6.3	16.9
2.2	7.7	5.9	5.0	7.9	20.0
2.7	8.3	5.8	5.7	13.3	19.0
3.2	7.7	4.5	5.0	20.9	24.8

[Fig. 4]와 <Table 5>를 고려할 때 전면풍속이 1.2m/s 이상이 되는 경우 증발기 후단부의 표면 온도 상승으로 증발기 내부를 통과하는 공기의 노점온도보다 높은 증발기 평균 표면온도가 형성 되어 수증기를 응축하는 능력 즉 제습능력이 떨어진 것으로 판단된다.

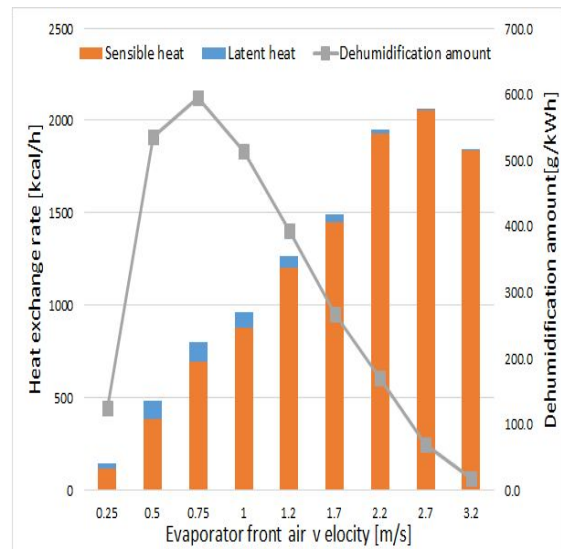
<Table 6>은 증발기 전면 풍속별 과열도를 나타낸 것이다. 제습량이 상대적으로 많았던 풍속 0.75m/s 부근의 과열도가 가장 낮았고, 이후 풍속이 증가할수록 과열도가 높아져 증발기에서 제습이 발생 가능한 영역이 감소하는 것으로 판단된다.

증발기 전면 풍속에 대한 증발기에서의 열교환 비율을 현열과 잠열로 구분하여 [Fig. 5]에 나타내었다. 증발기 전면 풍속이 2.7m/s 이하까지는 풍속이 증가할수록 증발기에서의 현열과 잠열을 포함한 총열전달량은 증가하는 경향을 보였다. 공기의 냉각과 관련된 열교환 측면에서는 전면풍속 2.7m/s조건에서 열교환량이 최대가 되지만, 제습량 측면에서는 증발기 전면 풍속이 0.75m/s에서 제습량이 최대가 됨을 알 수 있다. 즉, 풍속이 증가하면 증발기에서의 현열교환은 증가하지만

잠열교환은 감소하는 것으로 나타났다. 풍속이 증가하면 제습기 통과 공기와 증발기 사이의 열교환 시간이 감소하여 열교환이 현열교환 위주가 되고, 제습과 관련된 잠열교환은 상대적으로 덜 발생하는 것으로 판단된다. 또한 [Fig. 4] 및 <Table 5>와 같이 증발기 후단부의 표면온도와 통과 공기와의 온도차이가 적어지는 것도 열교환 중 잠열의 비가 감소하고 현열비가 증가하는 요인이라고 판단된다.

<Table 6> Superheat degree in experimental conditions

Air velocity [m/s]	Superheat degree [°C]
0.25	6.8
0.5	4.0
0.75	3.7
1	14.7
1.2	17.2
1.7	21.4
2.2	23.2
2.7	22.7
3.2	26.2



[Fig. 5] Heat exchange and dehumidification amount

## IV. 결 론

본 연구에서 제안한 소형 냉각식 천정형 제습기의 증발기 전면풍속 조건별 제습성능에 대한 분석 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 증발기 전면 풍속이 증가하면 제습기 통과 공기와 증발기 사이의 열교환이 현열교환 위주가 되고, 제습과 관련된 잠열교환은 상대적으로 덜 발생하는 것으로 나타났다.

(2) 소형 냉각식 천정형 제습기의 제작 및 설계에 적용하기 위해서는 제습과 관련된 잠열교환량을 증대시키는 방안이 필요하고, 본 연구의 경우 증발기 전면풍속을 1m/s 이하로 설계하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

## References

Ahn, Chul-Lin et al(2005). Thermal Environment Analysis by the Diffusion Direction with Ceiling Type Air Conditioner of the Classroom, Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 17(2), 145~154  
Kim, Hoe-Ryul et al.(2009). Study on the Subway Platform Thermal Environment for using Natural Energy, Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 21(2), 269~277

Kim, Nae-Hyun et al.(2003). Data Reduction on the Air-side Heat Transfer Coefficients of Heat Exchangers under Dehumidifying Conditions, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, 15(1), 73~85.  
KS C 9317(2013). Dehumidifiers  
Kum, Jong-Soo et al.(2007). A Study of Physiology Signal Change by Air Conditioner Temperature Change, Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 19(3), 502~509  
Kwon. Young-Chul et al.(2013). Experimental Study on the Heat Transfer Capacity and Dehumidification Performance of a Parallel Flow Evaporator for a Heat Pump Dryer, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, 25(9), 516~521.  
Park, Byung-Kyu et al(2000). Thermodynamic Modeling of Finned Tube Evaporator for Dehumidification and Air Conditioning, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, 12(11), 1020~1031.  
Yu, Soo-Jin et al.(2014). Experimental Studies of Heat Transfer Area for Refrigeration dehumidifier condenser, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, 884~885.

- 
- Received : 17 June, 2016
  - Revised : 15 July, 2016
  - Accepted : 26 July, 2016