

## 자동차 내부의 김 서림 현상에 관한 연구

곽민경 · 김재환\*

부산대학교 대기과학과

(2007년 1월 4일 접수; 2007년 2월 25일 승인)

## Analysis of Misting Phenomenon in a Car

Min Kyoung Kwak and Jae Hwan Kim\*

Department of Atmospheric Science, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Manuscript received 4 January 2007; in final form 25 February 2007)

### Abstract

The mist on the inside of an automobile windshield is not only uncomfortable but also very dangerous because it obstructs the driver's vision. However, the removal process of the mist has never been studied in detail. This study performed experiments analyzing the mechanism causes the mist in a car and investigated the appropriate removal process. The experiments were performed on two rainy days, 10 April 2006 and 26 May 2006, with temperature and relative humidity sensors of testo-175-H2 and DICKSON-TK500. We found a passenger increased water vapor by  $0.2 \text{ g min}^{-1}$  through respiration and thereby relative humidity (RH) from 55% to 67% in 8 minutes. Even though RH was not saturated, misting occurred because the humid air contacted the colder surface of the window. To remove the mist, it is necessary to increase the temperature or inflow drier air in the car. Therefore, we expected that the heater would be more effective than air conditioner for this matter. However, the outcome was the other way around due to the structure of the heating and cooling system in the car. When the air-conditioner was on, colder and drier air was generated and flowed through the so-called evaporator. Droplets were produced in the evaporator due to cooling procedure. When the heater was on, the warm air evaporated the droplets and increased the water content in the air resulting in an increase of relative humidity. Consequently, the air conditioner is more effective than the heater to remove the mist.

**Key words:** misting in a car, removal of mist, respiration, heating and cooling system in a car

### 1. 서론

김 서림이란 따뜻하고 습한 공기가 상대적으로 차가운 유리나 거울 등의 표면에 닿을 때 수증기의 응결이 일어나 작은 물방울을 만드는 현상이다. 목욕탕에 들어갈 때 안경이 뿌옇게 되는 현상이나 차가운 물 컵을 실내에 두었을 때 컵 표면에 물방울이 생기는 현상, 그리고 비 오는 날이나 추운 겨울 날 자동차 유리가 뿌옇게 흐려지는 현상 등이 바로 김 서림의 대표적인 예이다. 그 중에서도 자동차 유리에서 발생하는 김 서림은 불편함과 동시에 운전을 방해해서 큰 사고를 발생시킬 수 있는 매우 위험한 요소이다.

이러한 자동차 유리의 김 서림은 여름 장마철과 겨울철, 또는 기온이 비교적 낮은 야간에 자주 발생하는데, 여름 장마철의 경우에는 자동차 내부의 높은 습도에 의해, 겨울철이나 야간의 경우에는 자동차 외부와 내부의 큰 기온 차에 의해 김 서림이 발생한다.

현재 국내 자동차 시장에는 자동 김 서림 제거 시스템이나 김 서림 방지 제품 등 여러 특허품이 시판되고 있는데, 이는 자동차 김 서림이 실생활에 미치는 영향이 어느 정도일지 가늠할 수 있게 한다. 또한 자동차의 유리를 이중으로 만들고 그 사이에 공간을 두어 온도/습도를 자동으로 감지하여 김 서림을 자동으로 제거시키도록 하는 장치의 개발(허성관 등, 1998)이나 김 서림 발생 정도를 예측하여 자동 김 서림 제거 시스템을 구축(김주영 등, 2004)하는 등 자동차 자체에서 자동으로 김 서림을 제거하도록 하는 시스템의 연구 및 개발이 여러 차례 진행되어왔다. 그러나 자동차에서 발생하는 김 서림에 대해 정량적이고 체계적으로 분석한 연구는 찾아보기 힘들다.

\*Corresponding Author: Jae Hwan Kim, Department of Atmospheric Science, Pusan National University, Busan 609-735, Korea.  
Phone : +82-51-510-2172, Fax : +82-51-515-1689  
E-mail: jaekim@pusan.ac.kr

자동차의 김 서림을 제거하기 위해서는 제거 방법뿐만 아니라 각각의 제거 방법에 따른 효율성 및 양적인 특성 등을 알 필요가 있기에 본 연구에서는 실험을 통해 그것들을 과학적으로 분석하였다. 이러한 연구 내용은 얼핏 보기에 매우 단순하고 당연한 것 같지만 기상학에서 다루어지는 중요한 개념인 습도, 온도에 관한 개념뿐만 아니라 자동차 내부에 대한 정확한 이해를 수반해야만 가능하다.

김 서림 현상이 실생활에서 자주 접하는 현상인 만큼 대수롭지 않게 지나칠 수 있으나, 우리들이 상식적으로 생각하는 것과는 다른 부분이 발견되었고, 또한 이러한 실험 결과가 귀중한 생명을 자동차 사고로부터 지켜줄 수도 있다는 점이 이 연구의 의의라고 하겠다.

## 2. 실험 방법

본 연구에서는 우천 시 발생하는 자동차 유리의 김 서림의 원인과 특성 및 제거 방법 등을 알아보려 직접 주행을 하며 실험을 행하였다. 실험에 이용된 자동차는 GM대우의 레조 (5인승)로 내적은 약 4.3 m<sup>3</sup>이고, 실험 시 자동차 내부의 온도와 습도를 측정하는 센서인 DICKSON-TK500으로 한 번씩 온도 및 습도를 측정하여 평균값을 사용하였다. Table 1은 실험에 사용된 두 온습도계의 정밀도를 보여주고 있다.

실험은 두 차례에 걸쳐 실시되었으며, 실험 1은 부산지방에 하루 동안 37 mm의 강수가 있었던 2006년 4월 10일 오전에 진행되었다. 실험에 참가한 인원은 성인 5명 (남자 3명, 여자 2명)이었다. 이 실험은 50분간의 주행 도중 외기유입, 에어컨, 히터가 각각 김 서림에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 설계되었다. 온도 및 습도를 측정하는 센서로는 testo-175-H2 두 대와 DICKSON-TK500 한 대를 이용하였다.

다양한 상황에서의 결과를 얻기 위해 부산지방에 하루 동안 10 mm의 강수가 있었던 2006년 5월 26일 오전에 두 번째 실험이 행해졌다. 이 실험에서 사람의 호흡을 통한 수증기 배출량을 보다 정밀하게 측정하고, 외기의 유입 및 차단에 따른 에어컨의 효율성을 알

아보기 위해 설계되었다. 실험에 참가한 인원은 성인 7명(남자 3명, 여자 4명)이었고 앞선 실험과 동일한 자동차가 사용되었으며, 온도와 습도를 측정하는 센서로는 testo-175-H2 세 대를 이용하였다.

## 3. 실험 내용

2006년 4월 10일에 진행된 실험에서, 세 대의 센서를 동일한 조건 하에 두고 약 30분 동안 자동차의 모든 문을 열어 자동차의 외부와 내부의 온도 및 습도를 동일하게 만들었다. 이후 실험 참가자가 5명이 동시에 탑승하였다. 센서들은 조수석 앞 캐비닛 위에 위치시킨 후 창문을 닫아 자동차 외부에서의 공기 유입을 차단시켰다. 약 50분간 자동차를 주행하며 측정된 온도 및 습도 그래프는 Fig. 1과 같다.

출발 후 1분도 되지 않아 자동차 앞 유리창에 김 서림이 발생하기 시작하였고, 5분가량 지나자 자동차의 모든 유리창에 김 서림이 뿌연게 발생하였다. 이때 환기구의 풍향은 전면 유리창과 실내 쪽으로 향하게 하고 최대 강도로 송풍을 가동하였다. 유리창의 김 서림은 거의 변화가 없었으며 2분 후 가동을 중지시켰다. 이후 1분간 주행한 후 중간 강도로 에어컨을 가동시켰다. 에어컨 가동 직후부터 전면 유리창의 김 서림이 급속히 제거되기 시작하였고, 2분 후에는 자동차의 모든 유리창의 김 서림이 제거되어 에어컨 가동을 중지시켰다.

히터가 김 서림 제거에 미치는 영향을 조사하였다. 에어컨 가동을 중지한 후 4분 동안 주행하자 습도가 72%가 되었고 김 서림이 조금 발생하였다. 2분 더 주행하자 전면 유리창에 김 서림이 운전이 장애를 줄 정도로 심하게 발생하였다. 이때 히터를 가동시켰다. 그러나 히터 가동 후 김 서림이 더 심해졌으며, 가동 2분 후에는 모든 유리창에 김 서림이 발생하였다. 가동 7분 후에는 모든 유리창에 김 서림이 생겨 바깥을 보기 힘들었다. 이후 8분가량 계속해서 히터를 가동시켰지만 김 서림은 전혀 제거되지 않았다. 이 때 자동차 운전이 매우 힘든 상황이었기에 바로 에어컨으로 전환하였다. 이후

Table 1. Specification of two sensors used for this experiment.

	Temperature			Relative Humidity		
	range	accuracy	Resolution	range	accuracy	Resolution
testo-175-H2	-20~70°C	±0.5°C	0.1°C	0~100%	±3%	0.1%
DICKSON-TK500	-20~70°C	±1°C	0.06°C	0~95%	~60%:±2% ~95%:±3%	0.1%

급속도로 김 서림이 제거되기 시작하여 5분 후에는 자동차의 모든 유리창의 김 서림이 말끔히 제거되었다.

#### 4. 실험 결과 및 분석

##### 4.1 자동차 공기조화장치

자동차의 김 서림 현상을 알기 위해 먼저 자동차 내부에서의 공기 흐름을 조사하였다. 자동차 내부의 온도는 블로워 모터에 의해 생성된 바람이 에바포레이터(Evaporator, 에어컨의 냉매가 기화되면서 공기의 열을 빼앗는 구조)나 히터코어(Heater Core, 엔진 냉각수의 뜨거운 열기가 방출되는 구조)를 지나면서 온도가 바뀌어 실내로 토출 되면서 조절된다. 이러한 과정을 거치도록 설계된 기계 구조를 공기조화장치(HVAC: Heating Ventilating and Air Conditioning)라 하며 그 내부 구조는 Fig. 2와 같다(현대자동차, 1996).

Fig. 2의 오른쪽에서 공기 흐름이 시작되는데, 먼저 내/외기 전환 도어가 외부 공기의 유입을 제어하고 블로워 모터가 바람을 생성시켜 공조장치 내부로 보낸다. 이동된 공기는 에바포레이터를 지나면서 냉각되고, 에어믹싱 도어(air mixing door)의 개폐여부, 또는 개폐 각도에 따라 히터코어의 뜨거운 열기와 혼합되어 운전자가 설정한 온도에 알맞게 맞추어지고, 모드선택 도어의 조절로 바람의 토출 방향이 결정된다.

##### 4.2 호흡을 통한 수증기 배출량 산출

2006년 4월 10일 행하였던 실험 1에서, 자동차에 탑승하기 전 충분한 시간동안 문을 열어두어 자동차 실

내의 습도는 바깥과 같은 79.4%로 매우 높은 상태였다. 실험 참가자 5명이 탑승한 후에는 외기를 차단하였으므로, 출발 이후부터 공조장치를 가동하기 전까지의 수증기량 변화(증가)는 성인 5명의 호흡과 젖은 우산 및 의류 등에서 기인했음을 알 수 있다.

출발 이후 공조장치를 가동하기 직전까지의 5분 30초 동안 습도는 79.4%에서 92.8%로, 온도는 16.5°C에서 17.5°C로 증가하였는데, 포화수증기함량이 16.5°C에서 14.05 gm<sup>-3</sup>이고, 17.5°C에서 14.95 gm<sup>-3</sup>이므로, 실내 수증기량은 출발 직후에는 11.2 gm<sup>-3</sup>, 공조장치 가동 직전에는 13.9 gm<sup>-3</sup>이었음을 유추할 수 있다. 그러므로 승차 직후 5분 30초 동안 2.7 gm<sup>-3</sup>만큼의 수증기가 증가하였으며, 자동차의 평균 내적이 4.3 m<sup>3</sup>임을 고려할 때 총 수증기 증가분은 11.61 g이 된다. 이 수증기량은 실험 참가자들의 호흡, 젖은 우산 및 의류 등에서 배출, 또는 증발 된 양이다. 그런데 젖은 우산 및 의류는 완전히 건조되고 나면 더 이상 수증기의 증발이 일어나지 않지만, 사람의 호흡을 통한 수증기 배출은 실험이 진행되는 동안 꾸준히 일어난다. 따라서 사람의 호흡을 통해 배출되는 수증기량을 알아보기 위하여 별도의 실험을 행하였다.

이 실험 2의 결과는 Fig. 3에 나타나 있는데, 질게 표시된 부분이 실험 참가자들이 동시에 탑승하여 에어컨을 가동시키기 직전까지의 온도/습도 변화를 나타낸다. 이 실험에서는 우산 및 젖은 용품을 자동차 내부에 반입시키지 않았다. 따라서 이 시간동안의 자동차 내부 수증기 증가분은 거의 모두 실험 참가자의 호흡에서 기인한 것이다.

승차 직전 자동차 내부의 온도와 습도는 각각 27.3°C와 55.4%였는데, 이것에 해당하는 수증기량은 14.5 gm<sup>-3</sup>

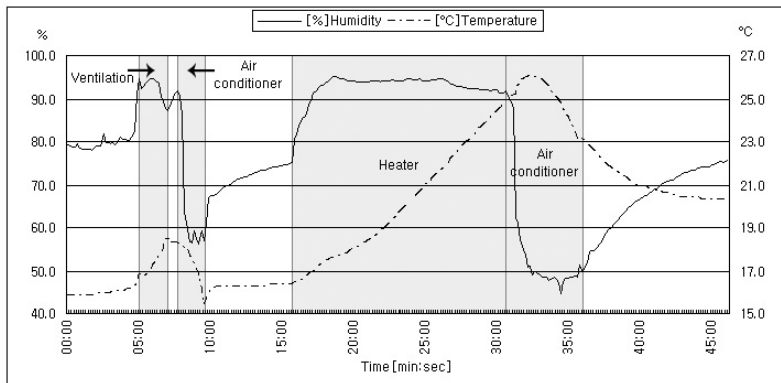


Fig. 1. Variations of temperature and relative humidity in the car during the experiment on 10 April 2006.

이다. 승차 후 8분이 지났을 때 자동차 내부의 온도와 습도는 각각 27.0°C, 66.5%로 변했는데, 이것에 해당하는 수증기량은 17.1 gm<sup>3</sup>이다. 즉, 8분간 2.6 gm<sup>3</sup>의 수증기가 증가한 셈이다. 자동차 내적이 4.3 m<sup>3</sup>임을 고려하면 전체적으로는 11.2 g이 증가한 것이다. 이 증가분이 성인 7명이 8분 동안 배출한 수증기량이므로, 성인 1명당 1분 동안 호흡으로 배출하는 수증기량은 0.2 gmin<sup>-1</sup>임을 산출해낼 수 있다. 이 값은 성인이 하루 동안 호흡을 통해 배출하는 수분이 약 300 cc라는 것과 비슷한 결과이다 (정문식, 1995).

이 결과를 실험 1에 적용했을 때, 출발 후부터 공조장치를 가동하기 전까지 5분 30초 동안 자동차 내부의 수증기 증가분은 11.61 g 이었다. 실험 2의 결과를 이용하면 성인 5명이 5분 30초 동안 호흡으로 배출한 수증기량은 약 5.50 g이다. 그러므로 나머지 6.11 g은 젖은 옷이나 우산 등에서 증발에 의한 것으로 보인다.

### 4.3 에어컨 가동에 따른 수증기량 변화

실험 1에서 온도 18.7°C, 습도 88.4% (수증기량 14.1 gm<sup>3</sup>)일 때 에어컨을 중간 세기로 설정하여 2분 동안 가동시키자 온도는 17.6°C, 습도는 54.1% (수증기량 8.1 gm<sup>3</sup>)가 되었다. 즉, 에어컨 가동으로 6.0 gm<sup>3</sup>의 수증기가 감소한 것이므로, 자동차 체적을 고려하면 25.8 g이 감소된 것이다. 실험 2의 결과를 이용하면 2분 동안 5명의 호흡에 의해 공급되는 수증기량은 2.0 g이므로 에어컨에 의해 제거된 수증기량은 2분 동안 무려 27.8 g이나 된다.

이러한 현상의 원인은 자동차 에어컨 시스템 원리를 살펴보면 이해할 수 있다. 에어컨을 가동하면 블로워 모터를 통해 생성된 바람이 에바포레이터를 통과한다. 이때 에바포레이터 내부의 냉매가 주위의 열을 빼앗기 때문에 주위 공기의 온도는 낮아진다. 즉, 공기 중의 수증기가 에바포레이터를 통과하는 동안 응결되면

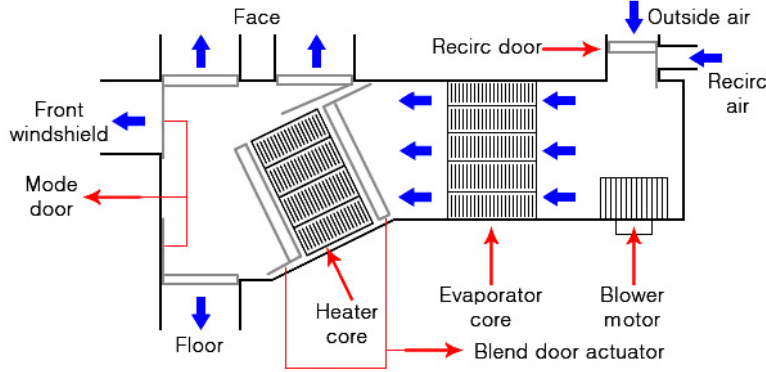


Fig. 2. Heating Ventilating and Air Conditioning system of car. The air is cooled through the evaporator and is heated through the heater core.

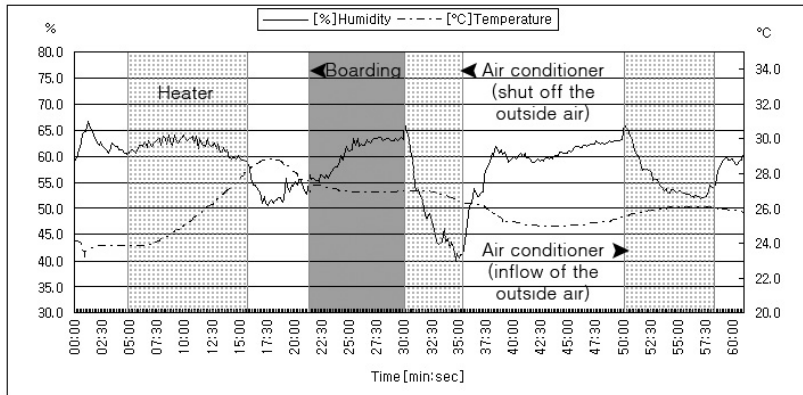


Fig. 3. Relative humidity and temperature during specific periods during the experiment in the car. The dehumidification rate of the air-conditioner varies with respect to the status of the influence of outside air.

서 제거되면서 건조하고 차가운 공기가 실내로 유입되 었기 때문이다 (김형섭 등, 2001).

#### 4.4 히터가동에 따른 수증기량 변화

실험 1에서 온도 17.3°C, 습도 78.2% (수증기량 11.6 gm<sup>3</sup>)일 때 중간 세기로 15분간 히터를 가동시켰 다. 가동 후, 온도는 25.4°C, 습도는 96.0% (수증기량 22.7 gm<sup>3</sup>)로 증가했다. 이러한 변화는 47.7g (11.1 gm<sup>3</sup>) 의 수증기 증가에 해당된다. 5명의 참가자들이 15분간 호흡으로 배출한 수증기량은 15.0 g이므로, 호흡 외에 추가된 수증기량이 32.7 g 이다. 히터 가동 전 우산과 옷 은 건조되어 있었으므로 증가된 수증기는 실험 참가자 들의 호흡과 자동차의 공조장치 구조에서 연유된 것으 로 생각된다. 실험 1에서 히터가동 이전에 에어컨을 가 동시켰으므로 에바포레이터 주변에는 이미 응결된 수증 기가 많이 존재하는 상태이다. 이런 상태에서 히터를 가 동시키면 히터코어에서 방출되는 뜨거운 열기가 응결되 어 있는 수증기를 증발시켜, 실내로 토출되는 공기는 높 은 습도를 나타내게 된다. 실험 실시 전에 에어컨을 가 동한 적이 있으면 에바포레이터에 응결된 수증기가 존 재할 것이므로 이것이 완전히 증발되어 없어질 때까지 히터를 가동하는 동안 습도는 증가하게 될 것이다.

#### 4.5 외기 차단 및 유입에 따른 에어컨 효율성

우천 시 내부 공기만 순환하도록 설정한 상태에서 김 서림을 제거하기 위해서는 에어컨의 가동이 가장 빠르고 효과적인 방법이 될 수 있다. 그런데 자동차 내 부의 습도가 외부의 습도보다 훨씬 높아진 상태라면 외부 공기를 유입시키므로써 습도 감소의 효과를 얻을 수 있다. 즉, 습도가 감소한 만큼 에어컨 가동을 더 짧 게 해도 충분히 습기 제거의 효과를 얻을 수 있다는 것 이다. 그러나 위에서 행한 실험과 같이 비가 오는 날의 경우는 창문을 열어 환기를 시키기가 어렵고, 또한 에 어컨을 가동 중이라면 계속해서 외부의 습도 높은 공기를 유입시키는 것은 에너지 소모를 가중시키게 된다. 그렇 다면 계속해서 외기를 유입시키면서 에어컨을 가동하는 경우는 외기를 차단한 채 에어컨을 가동하는 경우와 어 떠한 차이가 있을지 실험을 통해 알아보았다.

이 실험은 앞서 사람의 호흡을 통해 배출되는 수증기 량을 산출하기 위해 행해졌던 실험 2와 함께 진행되었 으며, 실험 내용은 외기를 차단시킨 상태에서 에어컨을

가동시키는 경우와 외기를 유입시키는 상태에서 에어컨 을 가동시키는 경우로 나누었다. 실험 결과 산출한 온도 및 습도 그래프는 Fig. 3과 같다. 이 그래프에서 보이듯 탑승 전 히터를 먼저 가동하였다. 사람이나 젖은 물건의 반입이 전혀 없으므로 자동차 내부에는 수증기량 증가 원이 없다. 그럼에도 불구하고 히터 가동 후 상대습도가 약간 증가하는 경향이 보인다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 에바포레이터 주변에 잔류하던 응결된 수증기가 증발함에 따른 것으로 보여진다. 이후 온도가 상승으 로 상대습도는 조금씩 감소하였으나 히터 가동 때에 는 에바포레이터 주변의 수증기 유입으로 수증기함량 이 13.08 gm<sup>3</sup>에서 16.46 gm<sup>3</sup>으로 증가되었다. 히터 가 동을 중단한 후에는 자동차의 문을 모두 열어 환기시킴 에 따라 상대습도가 비교적 크게 감소하였는데 이것은 자동차 내부가 외부보다 더 습했다는 것을 보여준다.

실험 2에서 첫 번째 실험으로, 자동차 내부 습도가 66.5%가 되었을 때, 외기를 차단한 채 에어컨을 5분 20초 간 가동하였다. 에어컨 가동 전 온도 27.0°C, 습도 66.5% 이던 것이 에어컨 가동 후 온도 26.3°C, 습도 40.9%로 변 하였다. 이는 자동차 내부 수증기량이 17.1 gm<sup>3</sup>에서 10.1 gm<sup>3</sup>으로 약 7.0 gm<sup>3</sup>이 감소했음을 나타내며, 자동차 내 부의 전체 체적 4.3 m<sup>3</sup>을 고려할 때 총 30.1 g이 감소한 양 이다. 한편 5분 20초간 실험 참가자 7명의 호흡으로 배출 된 수증기량이 약 7.4 g이므로, 이 시간동안 제거된 수증 기량은 총 37.5 g이고, 1분 당 7.0 g에 해당하는 양이다.

다음 실험으로, 자동차 내부 습도가 66.1%가 되었을 때, 외기를 유입하는 상태에서 7분 30초 간 에어컨을 가 동하였다. 에어컨가동 전 온도 25.4°C, 습도 66.1%이던 것이, 에어컨 가동 후 온도 26.0°C, 습도 52.4%로 변화 였고, 이는 에어컨가동 전 15.6 g m<sup>3</sup>이던 수증기량이 에어컨가동 중지 후 12.7 gm<sup>3</sup>로, 2.9 gm<sup>3</sup>만큼 감소한 것이다. 이때 호흡을 통한 수증기 증가분 10.5 g과 자 동차 내적 4.3 m<sup>3</sup>을 함께 고려하면 감소한 수증기 총량 은 23.0 g이 된다. 즉, 1분 당 3.1 g의 수증기가 감소한 것으로, 외기를 차단한 상태에서 에어컨을 가동시킬 때보다 훨씬 효율이 떨어짐을 알 수 있다.

결국 우천 시에는 에어컨을 가동시키기 전에 창문을 열거나 내/외기 전환 기능을 이용하여 외부의 공기를 유입시켜 자동차 내부의 습도를 어느 정도 감소시킨 후 다시 외기를 차단하고 에어컨을 가동시키는 것이 효율 적인 방법이 될 것이다. 그러나 만일 이렇게 환기가 불 가능한 상황이라면 외기 유입을 차단한 상태에서 에 어컨을 가동시키는 것이 좋다는 것을 보여주고 있다.

## 5. 결 론

자동차의 안팎의 기온차가 심하거나 내부의 습도가 높은 경우에는 운전 중 김 서림이 쉽게 발생한다. 더욱이 성인 한 사람의 호흡에 의해 1분당 약 0.2 g의 수증기가 배출되므로 밀폐된 자동차 내부의 수증기량은 꾸준히 증가할 수밖에 없다. 위 실험에 이용된 자동차가 온도가 15°C로 일정하게 유지되고 습도가 초기에 50%인 실내 환경이라면, 3명이 탑승했을 경우 46분 만에 수증기가 포화상태에 이르게 되고, 김 서림이 발생하기 시작했던 72%의 습도에 이르기까지는 20분밖에 걸리지 않는다. 그만큼 사람의 호흡을 통해 배출되는 수증기량이 많은 것이다.

이렇게 발생한 자동차의 김 서림을 제거하기 위한 방법으로 에어컨과 히터를 각각 이용하여 실험을 하였고 보다 효율적인 방법이 어느 것인지 분석하였다. 그 결과 김 서림은 에어컨 작동으로서 보다 쉽게 제거할 수 있었다. 에어컨은 실내 온도를 낮추기 때문에 오히려 상대습도는 높아져야 하지만 실제로는 상대습도가 급격히 감소하였다. 이는 에어컨을 가동시키면 실내공기가 에바포레이터를 지나는 동안 수증기가 응결되어 제거된 후 건조한 공기로 다시 실내에 유입되기 때문이다. 한편, 운전 시 에어컨을 작동시킬 때에는 외부의 습한 공기가 계속해서 유입되지 않도록 하는 것이 실내 습도를 보다 빠르게 많이 감소시킬 수 있었다. 단, 에어컨을 가동하기 전 상대적으로 건조한 외부 공기를 잠시 유입시켜 내부의 습도를 감소시킨 후 다시 외기를 차단하고 에어컨을 가동하면 에너지를 더욱 절약할 수 있다.

위 실험 결과에 따르면 외부 공기 유입을 차단한 상태에서 김 서림을 제거하기 위해 히터를 가동하면 오히려 습도나 수증기량이 증가하는 경향이 있다. 히터의 가동은 실내 온도를 증가시키므로 상대습도는 낮아져야 한다. 그러나 실제로는 오히려 습도가 비교적 급격히 상승하였는데, 그 이유는 히터 가동 이전에 에어컨을 가동함으로써 에바포레이터 주변에 다량 존재하던 응결된 수증기가 히터 코어의 뜨거운 열기에 의해 다시 증발하면서 실내로 유입되기 때문인 것으로 생각된다.

분석 결과에 오차를 줄 수 있는 요인들이 있을 수 있다. 사람이 호흡을 통해 배출되는 수증기량이 신체 상태에 따라 가변적일 수 있다는 점과 자동차를 외부로부터 완벽한 밀폐가 불가능한 점 등이 있다. 또한 자동차 안의 공간에 비해 센서가 감지하는 부분은 한정되어 있으므로 자동차 실내 공기가 얼마나 원활하게 순환하느냐의 문제도 그 요인이 될 수 있다. 그러나 측정, 계산된 수증기의 절대적

인 양에 있어서는 약간의 오차가 있을 수 있으나 히터와 에어컨의 효율성을 비교하여 상대적인 양을 분석한 본 실험의 결과에는 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 보인다.

본 실험에서 에어컨 가동 후 히터를 가동하였다. 에어컨 가동 때 에바포레이터에 수증기가 응결되었고 히터 가동 때 따뜻한 공기가 에바포레이터를 통해서 유입되면서 증발에 의해 실내의 수증기 양이 증가하게 되었다. 만약 에바포레이터에 수증기가 없다면 히터 가동은 실내의 온도를 상승시키기 때문에 상대습도를 낮추는 역할을 할 것이다. 그러나 그림 1에 주어진 결과를 분석해보면 에어컨 가동 때 유입되는 낮은 상대습도와 실내공기의 혼합에 걸리는 시간이 실내온도 상승 때문에 발생하는 상대습도 하강에 걸리는 시간보다 훨씬 적게 걸린다. 그러므로 에어컨 가동이 히터가동 보다 김서림을 제거하는데 훨씬 효과적이다.

한편 히터나 송풍은 연료의 소모가 거의 없으나, 에어컨은 가동 시 연료의 소모가 상당하여 에너지 사용 측면에서는 효과적인 방법이 아니다. 그러나 운행에 적합한 환경이나 안전을 위해서는 김 서림을 단시간에 제거하는 것이 중요하다. 에어컨 가동이 한번 추운 겨울날에는 에어컨을 사용하기 어려운 점도 있으므로 이때에는 외부 공기를 유입시키면서 송풍을 하는 것도 좋은 방법이 될 수 있다. 김 서림 현상이 실생활에서 자주 접하는 현상인 만큼 대수롭지 않게 지나칠 수 있으나, 이것이 자동차 안전에 미치는 영향이 지대하므로 상황에 알맞게 적절한 방법을 통하여 김 서림을 제거하는 것이 매우 중요하다.

## 감사의 글

본 연구는 부산대학교 자유과제 학술연구 지원 사업에 의해 수행되었다. 본 논문을 심사하면서 좋은 조언을 주신 두 분의 심사위원들께 감사사를 드린다.

## 참고문헌

- 김주영, 김준홍, 한명철, 박원규, 장기룡, 2004: 자동차 앞 유리 자동 김서림 제거시스템. *한국자동차공학회 2004년도 추계학술대회논문집*, 1545-1550.
- 김형섭, 김상하, 차경옥, 2001: *자동차공학개론*. 도서출판 명원, 292 pp.
- 정문식, 1995: 물과 건강. *한국환경위생학회지*, 21, 1-6.
- 허성관, 김경수, 김성욱, 1998: 자동차 유리의 성에 및 김서림 방지 장치 개발. *한국자동차공학회 1998년도 추계학술대회 논문집*, 481-483.
- 현대자동차, 1996: *자동차구조학*. 현대자동차, 222 pp.