

## 겨울철 가습 및 환기에 따른 교실내 쾌적환경 분석

정 성 일, 성 내 리, 김 두 현, 이 재 근, 황 유 진<sup>†</sup>, 박 중 훈\*, 서 석 장\*  
부산대학교 기계공학부, \*LG전자(주)

### Analysis of Comfortable Environment in the Classroom with Humidification and Ventilation in Winter

Seongir Cheong, Naili Sheng, Doohyun Kim, Jaekeun Lee, Yujin Hwang<sup>†</sup>,  
Jonghoon Park\*, Seokjang Seo\*

*School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea*  
*\*Air Conditioning Division, LG Electronics, Gyeongnam, 641-713, Korea*

(Received August 6, 2008; revision received June 16, 2009)

**ABSTRACT:** In this paper, the effects of ventilation and humidification on thermal comfort and indoor air quality(IAQ) were evaluated in a classroom when a heat pump system was operated in winter. Thermal comfort parameters, such as temperature, relative humidity, globe temperature and air velocity, were measured at 9 points in the classroom. The concentration of CO<sub>2</sub> and total suspended particles(TSP) in the classroom were measured in order to analyze IAQ. Temperature distribution in the classroom was decreased by 2~5°C when the ventilation system and the humidifier were operated. When the relative humidity was adjusted to 60% by operating the humidifier and the ventilation system, the predicted mean vote(PMV) in the classroom was within the comfortable range of -0.5~0.5. When the ventilation system was operated, the average concentration of CO<sub>2</sub> and TSP were decreased by 645 ppm and 0.17 mg/m<sup>3</sup>, respectively. This paper suggests the humidification and ventilation conditions to maintain the comfortable environment in the school classroom in winter experimentally.

**Key words:** Indoor air quality(실내공기질), Ventilation(환기), Humidification(가습), Predicted mean vote(예상온열감), Thermal comfort(열쾌적성)

#### 1. 서 론

겨울철에는 실외활동의 감소로 대부분의 시간을 실내에서 보내게 된다. 또한 겨울철 에너지 절약을 위해 실내는 기밀을 유지하게 되고, 밀폐된 실내에는 외부와의 공기순환이 어려워 각종 먼지, 세균, 유해가스, 냄새 등으로 재실자의 건강을 위협하고 있다.

특히 학교 교실의 경우 학생의 건강 및 학습효율의 향상을 위한 쾌적환경의 조성이 무엇보다 중요하다. 2006년 6차 미국 EPA IAQ Tools for Schools 심포지엄 발표 자료에서는 1999년 실시된 통계자료를 인용하여 일반적으로 좋지 않은 실내공기질에 노출된 학교 학생의 경우 쾌적한 실내 공기 상태에서 학습한 학교의 학생에 비하여 일반적인 평가에서 11% 더 낮은 학습 능력을 나타낸 것으로 보고되었다. 이렇듯 학교 건물의 경우 단순한 에너지 효율만을 강조할 수 없다는 인식이 증가하고 있고 그에 따라 공기질 및 쾌적도를 조절하는

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-51-510-3441; fax: +82-51-582-6368

E-mail address: younggun@pusan.ac.kr

공기조화기에 대한 관심이 증가하고 있으며 이러한 공기조화기기로는 냉난방 시스템과 환기시스템 및 가습기 등이 있다. 특히 과거에 인식하지 못했던 실내 환경의 청정도 및 쾌적도 개선 측면에서 환기시스템 및 가습에 대한 연구가 최근 들어 활발하게 진행되고 있다. 환기시스템은 실내의 청정도 뿐만 아니라 실내 환경을 종합적으로 변화시킬 수 있으며 특히 냉난방 시스템과 연계하여 작동할 경우 실내의 온열환경에도 큰 영향을 미치게 된다. 가습기 또한 실내의 온열환경 및 쾌적도에 큰 영향을 미치게 되며, 실제 환기 및 가습은 실내 냉·난방 부하량을 증가시킨다. 하지만 학교와 같은 특수 건물에 있어서 에너지 효율뿐 아니라 학생들의 학습 능력과 관계있는 쾌적도 및 공기질 또한 중요하게 인식되고 있다. Han et al.<sup>(1)</sup>은 학교 교실에서 환기시스템과 난방시스템의 풍량에 따른 PMV와 CO<sub>2</sub>의 농도 특성을 비교 분석하였다. Teodosiu et al.<sup>(2)</sup>은 수치적인 방법을 통해 실내의 쾌적도에 습도가 미치는 영향을 분석하였으며, 그 결과 액적이 복사에 의한 에너지를 흡수하므로 습도조건을 고려할 경우 더욱 정확한 온열쾌적도를 분석할 수 있다고 보고하고 있다. Kim et al.<sup>(3)</sup>은 여름철 조건을 구현한 환경 챔버(Chamber)에서 채실자를 배치하여 설문조사를 통해 냉방시 상대습도에 따른 쾌적감을 분석하였다. Janssen et al.<sup>(4)</sup>과 Shin et al.<sup>(5)</sup>은 실제 학교 교실에서 환기량에 따른 교실내의 CO<sub>2</sub> 농도를 분석하여 실내공기질 측면에서 필요 환기량을 측정치를 바탕으로 제안하였다.

그러나 겨울철 가습 및 환기유무에 따른 교실내 열쾌적성 및 공기질에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 실제 환경에서 실내의 가습조건 및 환기시스템 가동 유무에 따른 예상 온열감(Predicted mean vote, PMV), CO<sub>2</sub>와 총부유분진(Total suspended particles, TSP)의 농도를 통해서 교실내의 쾌적도 및 공기질을 분석하였다. PMV는 온열 환경 6요소(신체 발열량, 의복의 단열, 건구온도, 평균복사온도, 습구온도, 기류속도)를 쾌적 방정식에 대입시켜 몸에서 발생

하는 열량과 방열량의 불평형분과 사람의 온열 감각을 피험자 실험에 의해 관계 지어 나타낸 지표이다.

Table 1은 PMV에 따른 열적 쾌적상태를 나타내고 있다. 열적 중립상태를 0으로 하고, -3~+3의 수치척도를 춥다(Cold), 서늘하다(Cool), 약간 서늘하다(Slightly cool), 중립(Neutral), 조금 따뜻하다(Slightly warm), 따뜻하다(Warm), 덥다(Hot)의 순서로 나타내고 있다.<sup>(6)</sup>

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험대상 교실

본 연구에서 가습 및 환기 유무에 따른 쾌적 조건을 도출하기 위해서 교실을 선정하였다. Fig. 1은 실험대상 교실의 개략도와 측정지점을 나타내고 있다. 실험대상 교실은 가로 14m, 세로 8m, 높이 2.6m의 공간으로 수용 가능 인원은 약 40명이다. 4-Way 시스템에어컨(LT-W1100SD, LG) 및 환기시스템(LZ-H1002SB, LG)이 설치되어 있다. 환기구의 위치는 창측에 5개의 급기구와 복도측에 5개의 배기구가 설치되어 있다. 시스템에어컨은 2대가 채실 영역을 4등분 하였을 경우 1/4지점과 3/4지점 중앙 지점에 각각 설치되어 있으며 4방으로 공기가 배출되고 에어컨 중앙으로 공기가 흡입되는 구조를 가지고 있다. 히트펌프의 토출각도는 30℃로 조정하였다. 본 연구에서는 겨울철 가습에 따른 교실내 환경을 분석하기 위해 가습기(MH-601, M-Tech)를 교실 앞쪽의 입구측과 교실 뒤쪽 중앙 그리고 교실의 앞쪽에서 1/3지점의 창문측에 위치하였다. 이는 비교적 가장 균일한 가습효과를

Table 1 PMV index

3	-2	-1	0	1	2	3
Cold	Cool	Slightly cool	Neutral	Slightly warm	Warm	Hot

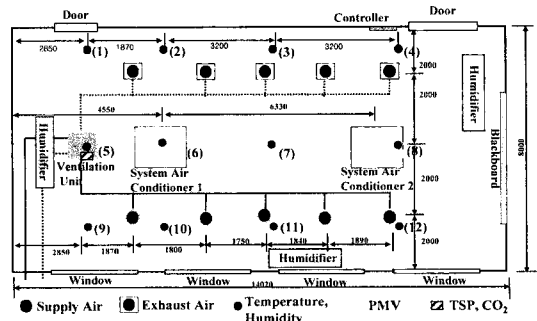


Fig. 1 Schematic diagram of the test class-room with measuring points(Length unit : mm).

Table 2 Specification of heat pumps, the ventilation system and humidifiers in the test classroom

Equipment	Specification
Heat pump (LT-W1100SD, LG Electronics)	Heating capacity : 13.2 kW Cooling capacity : 11.0 kW 4-Way cassette type
Ventilation system (LZ-H1002SD, LG Electronics)	Flow rate : 800~1000 m <sup>3</sup> /hr Total heat exchanger type Total effectiveness - Cooling : 65% @ 800 m <sup>3</sup> /hr - Heating : 72% @ 800 m <sup>3</sup> /hr
Humidifier (MH-601, M-Tech)	Humidification rate : 2.8 L/hr Ultrasonic humidifier

연기 위해 각각의 위치에 설치하였다. 실험에 사용된 가습기는 설정된 습도에 따라 가습량을 조절하도록 되어있다. Fig. 1에 시스템에어컨, 가습기 및 환기시스템의 급·배기구의 위치를 표기하였다. 또한 Table 2에 실험에 사용된 시스템에어컨과 환기시스템 및 가습기의 사양을 나타내었다.

## 2.2 실험조건 및 실험방법

Table 3은 환기 및 가습에 따른 교실내의 쾌적도 및 공기질을 평가하기 위한 실험 조건을 나타내고 있다. 가습에 따른 교실내의 쾌적도 분석을 위해 무가습(20% RH)인 Case 1, 40% RH 가습 조건인 Case 2 및 60% RH 가습조건인 Case 3으

Table 3 Experimental conditions of case 1~4 according to ventilation and humidification conditions

Experimental conditions	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Relative humidity(%)	20% RH	40% RH	60% RH	31% RH
Number of persons	25	26	29	25
Ventilation system (800 CMH)	on	on	on	off
System air-conditioner (23 °C)	on	on	on	on

로 조절하였으며, 이때 환기시스템은 가동한 상태이다. 환기유무에 따른 실내공기질을 평가하기 위해 무가습 조건에서 환기시스템을 가동한 Case 1 (20% RH)과 가동하지 않은 Case 4(31% RH)를 비교 분석하였다. 모든 조건에서 ISO 7730<sup>(5)</sup>에서 권장하는 범위를 맞추기 위하여 시스템에어컨을 23 °C로 설정하였다. 환기시스템의 유량은 800 m<sup>3</sup>/h로 일정하게 운전하였다.

실내공기의 종합적 측정을 위해 실내종합환경 측정장치(ICS-2000, Casella)를 사용하여 건구온도, 습구온도, 흑구온도, 기류속도, CO<sub>2</sub> 농도를 Fig. 1에 표시된 12개 지점중 강의실 앞쪽에 위치한 9개 [(2)~(4), (6)~(8), (10)~(12)]지점에서 측정하였다. 이외에 환기시스템의 가동 유무에 따른 총부유분진의 농도를 비교 분석하기 위하여 입자질량 농도계(Microdust880, Casella)를 사용하여 (5)지점에서 총부유분진 농도를 측정하였다. 가습에 의해 실내의 부유입자가 감소할 것으로 생각되나 가습이 부유입자에 미치는 영향에 대해서는 본 연구에서 제외하였다.

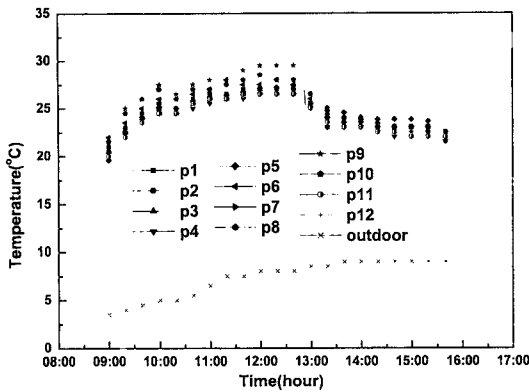
또한 자기온습도계(EL-2, Lascar)를 사용하여 실내의 Fig. 1에 표시한 12지점 및 실외의 온습도를 실시간으로 측정하였다. 각 지점별 온습도의 측정은 국부적인 온습도의 불균일한 정도를 평가할 수 있다. 모든 계측은 얇은 상태에서 사람이 호흡하는 높이인 바닥으로부터 1.1m 지점에서 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

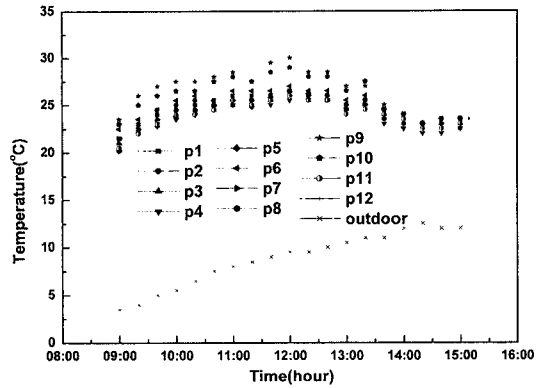
### 3.1 가습 및 환기에 따른 교실의 온도분포

Fig. 2는 Case별 시간에 따른 실내온도의 변화이다. 시스템에어컨의 4-Way 출구에 직접적으로 영향을 받는 지역에서 온도가 비교적 높게 나타나고 있다. 측정 지점별 온도 편차는 최대 5 °C까지 나오고 있다.

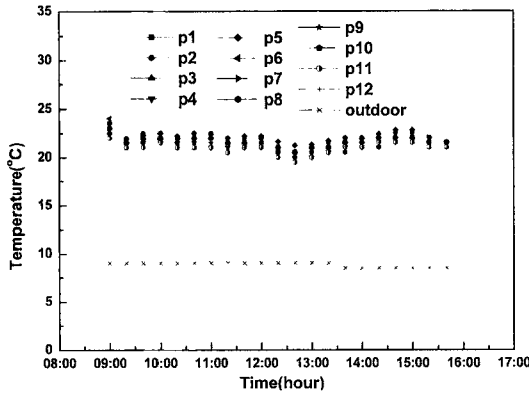
Fig. 2 (a)는 Case 1의 온도 분포를 나타내고 있으며 비교적 (6), (9), (10)지점에서 높은 온도분포를 보이고 있다. 이 지점은 시스템에어컨의 영향을 직접적으로 받기 때문이다. 시간에 따른 온도의 변화를 보면 오전동안 실내의 온도가 상승하다가 12시 30분 이후부터 시스템에어컨이 꺼지면서 급격히 온도가 하강하게 된다. 그 이후 교실내부의 온도가 23 °C가 되면 온도가 전체적으로 완만



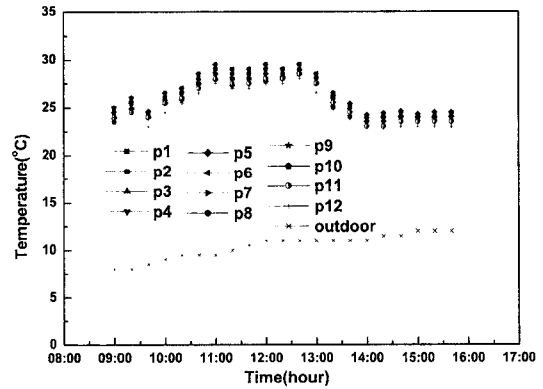
(a) Case 1(20% RH, Ventilation system on)



(b) Case 2(40% RH, Ventilation system on)



(c) Case 3(60% RH, Ventilation system on)



(d) Case 4(31% RH, Ventilation system off)

Fig. 2 Temperature distribution in the classroom according to ventilation and humidification conditions (Case 1~4).

하게 하강하는 것을 볼 수 있다. 이는 남향인 건물에서 오후가 되면서 채광량이 증가하고 또한 외기의 온도가 상승함에 따라 외기로의 열손실이 감소하면서 채광 및 재실자의 체온에 의한 재실공간으로의 열공급이 외부로의 열손실과 평형을 이루면서 시스템에어컨의 가동이 이루어지지 않을 정도로 교실내의 온도가 유지되는 것으로 생각된다. 12시 30분 이후에 시스템에어컨이 꺼진 것은 시스템에어컨의 가동방식에 따른 것으로 추정된다. 실제 시스템에어컨의 가동은 컨트롤러의 위치에 의해 큰 영향을 받는다. 실내온도의 조절은 컨트롤러에 있는 센서를 통한 온도 측정과 시스템에어컨에 유입되는 공기의 온도를 측정하여 둘 중 낮은 온도를 기준으로 이루어진다. 대부분 시스템에어컨의 컨트롤러는 벽면에 부착되어 있고 재실 영역에서 낮은 온도를 보이는 곳에 설치됨으로써

재실 영역은 설정 온도보다 높은 상태를 유지하는 경우가 많다. 본 연구에서 측정된 교실의 경우 컨트롤러는 앞쪽 출입문과 1m 떨어진 위치에 있다. Park et al.<sup>(7)</sup>은 한국의 학교 건물에서의 침기량에 대하여 조사를 하였으며 미닫이문에서 평균 49.2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>의 침기량이 발생함을 보고하였다. 본 연구에서 사용된 교실의 문을 고려할 경우 약 198 m<sup>3</sup>/hr의 침기량이 발생하므로 충분히 영향을 미칠 것으로 예상된다. 또한 출입문에 가까운 (4) 지점의 온도도 비교적 낮은 상태를 유지하고 있음을 알 수 있다. 따라서 컨트롤러가 낮은 온도 지점에 설치됨으로써 다른 지역은 설정 온도보다 높은 경향을 보이고 있다.

Fig. 2 (b)는 Case 2에서의 지역별 온도 분포를 나타내고 있다. 가습이 이루어지지 않을 때보다 (9), (10)영역의 온도와 다른 지점의 온도차가

Table 4 PMV in the classroom as functions of ventilation and humidification conditions (Case 1~4)

Conditions	Measuring points										avg.
	(2)	(3)	(4)	(6)	(7)	(8)	(10)	(11)	(12)		
Case 1	0.46	0.42	0.45	1.02	1.12	-0.01	0.67	0.49	0.34	0.55	
Case 2	0.41	0.31	0.32	0.59	0.7	-0.09	0.46	0.39	0.26	0.37	
Case 3	0.09	0.03	0.13	0.08	-0.13	-0.10	0.06	-0.02	-0.20	-0.01	
Case 4	0.74	0.83	0.87	0.52	0.51	0.91	0.63	0.58	0.6	0.69	

더욱 크게 나타나고 있다. 실내가 가습되면 서가습기의 영향으로 습기가 유입되는 지점은 낮은 온도 분포가 형성된다. 급기구 F, G에서 외기가 흡입되어 배기구 A, B로 공기가 이동하면서 가습된 습기는 (9), (10) 지점까지 도달하지 못하게 되면서 더욱 온도 편차가 크게 나타난 것으로 생각된다. 그러나 시간에 따른 온도 변화를 볼 경우 외기의 온도 변화가 Case 2가 Case 1보다 크게 나타남에도 불구하고 가습에 의해 온도의 변화가 완화되어 시간에 따른 온도 변화가 Case 1에 비해 안정적이다.

Fig. 2 (c)는 Case 3에서의 지역별 온도 분포를 나타내고 있다. 실내가 전체적으로 충분히 가습이 이루어지면서 온도가 낮아진 것을 볼 수 있다. 습기가 방 전체적으로 높게 형성되면서 재실 영역 전체가 시간에 관계없이 일정한 온도를 유지하고 있다. 또한 외기 온도의 영향이 함께 작용한 것으로 보인다.

Fig. 2 (d)는 Case 4에서의 지역별 온도 분포

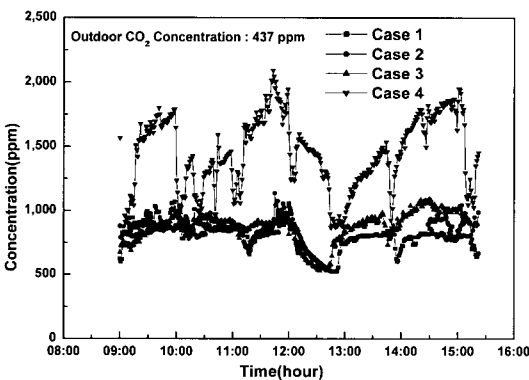


Fig. 3 CO<sub>2</sub> concentration in the classroom according to ventilation and humidification conditions(Case 1~4).

를 나타내고 있다. 온도 분포에 있어서 Case 1과 유사한 경향을 보이고 있다. 그러나 외기의 도입이 이루어지지 않음으로써 실내의 온도는 Case 1보다 높게 나타나고 있다. Case 4에서도 시스템 에어컨의 가동이 중단되면서 급격하게 온도가 하강하는 것을 볼 수 있다. 또한 환기시스템의 가동이 중단되면서 시스템에어컨 바로 아래지점의 기온이 높아진 것을 볼 수 있다. 즉 (6), (8)지점의 온도가 Case 1에 비해 증가한 것을 볼 수 있다. 이는 환기에 의해 형성되었던 기류가 없어지면서 시스템에어컨에서 토출된 기류가 직접 영향을 주고 있기 때문이다.

### 3.2 가습 및 환기에 따른 교실내 쾌적도 변화

본 연구에서 PMV를 통해서 겨울철 가습에 따른 실내의 쾌적도를 평가하였다. 건구온도, 상대습도, 기류속도 및 복사온도는 실제 측정값을 적용하였으며, 인체의 발열량의 경우는 사무실, 학교, 거주지, 연구실에 앉아서 하는 활동으로 1.2MET (70 W/m<sup>2</sup>)를 적용 하였다. 또한 착의량은 1.0 clo로 일반적인 겨울철 학교 환경에 적합한 상태로 속옷, 난방, 스웨터, 바지, 양말을 신은 상태로 가정하였다. PMV의 적정범위는 -0.5~+0.5이다.<sup>(6)</sup>

PMV는 온도, 습도, 복사온도, 기류속도 등에 복합적으로 영향을 받게 된다. 따라서 실제 가습 조건을 변화시키는 실험을 수행하였으나 가습 조건에 의해 실내의 온도, 복사조건도 달라진다. 또한 환기시스템의 가동 유무에 따라서도 실내의 기류속도 분포, 온도, 습도, 복사온도는 달라진다. 따라서 각 Case는 가습의 정도에 따라 각 시스템의 변화를 포함한 재실영역의 최종적인 PMV를 평가한 것이다.

Table 3은 Case별 측정지점의 PMV를 나타내고 있다. 본 연구에서는 실내가 정상상태에 도달했다고 판단되는 10시 30분경 PMV를 각 지점별로 측정을 실시하였다. 이때 측정은 1분간 실시하여 평균한 값으로 편차는 3% 이내이다. 환기시스템의 가동유무에 따른 PMV의 변화는 Case 1과 Case 4를 비교 분석함으로써 파악 할 수 있다. Case 1의 경우 (6), (7), (10)과 같은 국지적인 지점에서 기준을 벗어나 약간 더운 상태를 보인다. 각각의 위치는 비교적 기온이 높게 상승하는 영역이다. 그에 반해서 환기시스템을 가동하지 않을 경우 재실영역의 온도가 상승하면서 전

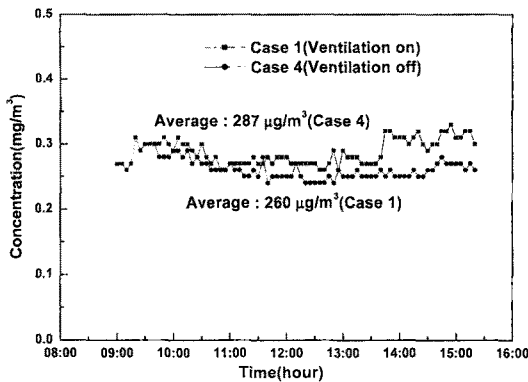


Fig. 4 TSP concentration in the classroom with ventilation on/off.

체영역에서 권장하는 범위를 벗어나고 있다.

가습에 의한 PMV의 변화는 Case 1, Case 2, Case 3을 비교 분석함으로써 파악할 수 있다. 최적의 조건은 Case 3으로서 상대습도 60%로 가습을 실시한 경우이다. 충분한 가습이 이루어지면서 국부적으로 더운 영역이 없어지고 재실영역 전체가 최적 범위 안에 있다. Case 1과 Case 2를 비교하면 기준치를 벗어나는 최대값에서 차이를 보인다. Case 2의 경우 상대습도 40%의 가습이 이루어지면서 가습에 의한 열의 이동과 국부적인 가열을 막음으로써 최대 PMV 값이 0.70인데 비해 Case 1의 경우 1.12로 국소적으로 높은 불쾌감을 만들고 있다. 따라서 가습을 통해서 재실공간의 열적 안정화를 가져올 수 있으며, 쾌적도 측면에서도 가습을 실시하는 것이 유리하다. 본 실험에서는 상대습도 60%로 가습하는 것이 최적으로 나타났다. Case 4에 가습을 하지 않고 환기시스템을 가동하지 않은 경우가 실내가 가열되면서 전체적으로 쾌적 범위 권장치를 넘어서는 약간 더운 영역을 형성하고 있다.

본 실험을 통해 재실영역의 쾌적도를 향상시키는 중요한 요소로 환기와 가습의 영향을 살펴보았다. 보다 나은 실내의 쾌적도를 유지하기 위해서는 기본적으로 환기는 반드시 이루어져야 되며, 상대습도 60% 수준을 유지할 수 있는 가습을 통해 최적의 쾌적도를 조성할 수 있다.

### 3.3 환기에 따른 교실내 CO<sub>2</sub> 농도 변화

시간에 따른 실험 교실의 CO<sub>2</sub> 농도 측정은 (5) 지점에서 이루어졌다. 교실내 CO<sub>2</sub> 농도의 경우

가습과는 무관할 것으로 생각된다. CO<sub>2</sub> 농도는 환기량과 재실자의 수에 의존한다.

Fig. 3은 각 Case에 따른 실내 CO<sub>2</sub> 농도 변화를 나타낸다. Case 1, Case 4는 환기시스템 가동 유무에 따른 CO<sub>2</sub> 변화를 잘 보여주고 있다. 환기시스템을 가동하였을 경우(Case 1) 학교보건법에서 규정하는 환기장치가 있는 경우 기준인 1500 ppm 이하로 지속적으로 유지하고 각 쉬는 시간에 소폭의 감소를 보이다가 점심시간(180분)때 급격히 감소한다. 그러나 환기시스템을 가동하지 않을 경우(Case 4)는 기준치를 초과하는 것을 알 수 있다. 재실자의 수에 따라서도 CO<sub>2</sub> 농도는 변한다. 실제 Case 3이 이루어진 날 오후에는 재실인원이 4명 증가하여 700 ppm 수준이던 실내 공간의 CO<sub>2</sub> 농도가 1000 ppm까지 상승하였다. 그러나 기준치를 넘지 않았다.

### 3.4 환기에 따른 총부유분진 농도 변화

Fig. 4는 환기시스템의 가동 유무에 따른 총부유분진농도 변화를 보여주고 있다. 환기시스템을 가동할 경우가 평균 0.260 mg/m<sup>3</sup>인데 반해 환기시스템을 가동하지 않았을 경우가 0.287 mg/m<sup>3</sup>으로 약 10% 가량 높게 나타났다. 실외의 총부유분진농도는 주위 여건에 따라 크게 달라지지만 실외의 공기가 환기용 필터를 거치면서 일정부분 부유분진이 제거된 후 실내로 유입되므로 일반적으로 환기시스템을 가동하였을 경우가 가동하지 않았을 때보다 낮은 총부유분진 농도를 나타낸다.

## 4. 결 론

본 연구에서 겨울철 환기시스템 및 시스템어컨을 설치한 학교 교실을 대상으로 가습 및 환기 유무에 따른 실내 쾌적도 및 공기질을 평가하기 위해 온도, 습도, 복사온도, 기류속도, CO<sub>2</sub> 농도 및 총부유분진농도를 측정하고 PMV를 분석하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 학교 교실의 실내온도 분포는 환기시스템을 가동하지 않을 경우가 환기시스템을 가동할 경우보다 2~3℃ 더 높게 나타나고 있다. 교실내에 가습을 실시할 경우 지역적인 온도의 차이가 나타나지만 시간에 따른 온도 변화는 가습을 실시하지 않을 때보다 완만하게 변화한다.

(2) 환기를 하지 않았을 경우가 환기를 하였을 경우보다 전체적으로 높은 PMV 값을 보이고 있다. 환기를 실시하지 않았을 경우가 모든 지점에서 열적 쾌적 상태를 벗어나고 있다. 가습의 정도에 따른 실내의 쾌적도는 상대습도가 증가할수록 쾌적한 범위를 벗어나는 지역이 줄어들고 있으며 상대습도가 60%일 때 전체 영역에 걸쳐 쾌적한 것으로 나타나고 있다.

(3) 실험 교실의 CO<sub>2</sub> 농도 변화는 가습의 유무와는 무관하며 환기의 유무와 재실자의 호흡에 의한 CO<sub>2</sub> 공급에 의해 결정되며 환기시스템을 가동하지 않을 경우 재실 인원 25명에서 기준치인 1500 ppm을 초과하는 것으로 나타났다. 총부유분진농도는 환기시스템을 가동하지 않을 경우보다 가동했을 때 10% 가량 감소하였다.

#### 참고문헌

- Han, C. W., Noh, K. C. and Oh, M. D., 2006, Comparison of the PMV and CO<sub>2</sub> concentration characteristic in the lecture room with a different airflow rate of the ventilation system and heating system for heating season, Proceedings of SAREK, pp. 411-416.
- Teodosiu, C., Hohota, R., Rusaouen, G. and Woloszyn, M., 2003, Numerical prediction of indoor air humidity and its effect on indoor environment, Building and Environment, Vol. 38, pp. 655-664.
- Kim, D. G., Kum, J. S., Choi, K. H., Park, H. W., Kim J.R. and Joo, I. S., 1998, Effects of relative humidity on comfort sensation by comparison between the young and the aged, Korean Journal of Air-conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 10, No. 4, pp. 381-388.
- Janssen, J. E., Hill, T. J., Woods, J. E. and Maldonado, E. A. B., 1982, Ventilation for control of indoor air quality : A case study, Environment International, Vol. 8, pp. 487-496.
- Shin, H. S., Lee, J. K., Ahn, Y. C., Yeo, C. S., Byun, S. H. and Lee, J., 2005, Measurement of indoor air quality for ventilation with the existence of occupants in schools, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 19, No. 4, pp. 1001-1005.
- ISO 7730, 2005, Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
- Park, J., Jang, Y., Ahn, Y., Cheong, S. and Lee, J., 2008, Estimation of appropriate capacity of ventilation system based on the air infiltration rate in korean classrooms, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 22, No. 4, pp. 1-10.