

# 전열교환 환기시스템의 외기변화에 따른 성능평가 및 에너지평가를 통한 운전방안에 관한 연구

김 광 현, 이 정 재\*\*  
동아대학교 대학원, \*동아대학교 건축학부

## A Study on Operating Method by Energy Evaluation and Performance Evaluation of Heat Recovery Ventilator According to Outdoor Conditions

Kwang-Hyun Kim, Jurng-Jae Yee\*\*  
Graduate School, Dong-A University, Busan 604-714, Korea  
\*Faculty of Architectural Engineering & Design, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

(Received August 6, 2007; revision received November 27, 2007)

**ABSTRACT:** Recently, regulation of ventilator installation and its details has been revised and the establishment of heat recovery ventilator in newly built apartments has been obligated. This study was done to offer the method of operation and design of heat recovery ventilator to save energy by measuring its efficiency and comparing with the results of experiment. This paper confirmed that it is desirable to operate heat recovery ventilator by using "by-pass mode" within 60~80% scope of the difference indoor absolute humidity in spring and autumn and outdoor absolute humidity and heat recovery ventilator of energy saving effect is better than constant air volume system.

**Key words:** IAQ(실내공기질), Ventilation(환기), Heat recovery ventilator(전열교환 환기시스템), Energy saving(에너지 절감)

### 1. 서 론

최근 에너지 절약을 위한 고기밀화와 실내에서 발생하는 각종 유해화학물질로 인한 부정적 영향의 개선목적으로 쾌적하고 안전한 실내공기환경을 확보할 수 있는 환기설비의 기준과 그에 따른 세부규정이 재·개정되고 이와 관련하여 신축 아파트 등에 상시 전열교환 환기시스템의 설치가 의무화 되고 있다.

그러나 시스템 도입에 따른 생산자 및 사용자

의 시스템에 대한 이해 부족으로 인해 운전 및 설계가 무분별하게 이루어져 에너지 절감이라는 본연의 목적이 소실된 채 운영되어 에너지 낭비로 이어지고, 비효율적인 환기시스템의 운영은 시스템 내의 엘리먼트 코어 및 필터 등의 소모성 구성요소의 성능을 저하시켜 관리상의 문제점을 유발하므로 관리 및 운영 측면에서 보다 전문적인 지식을 요구한다.

본 연구는 실제 환경과 유사한 조건에서 실시한 mock-up test와 인공기후 실험실에서의 실험을 통해 실외 온·습도 조건에 따른 상시 전열교환 환기시스템의 전열효율을 측정하고, mock-up 실험을 통한 정풍량 환기시스템과의 냉·난방 에너지 절감효과를 비교·분석함으로써 에너지 절감

\* Corresponding author  
Tel.: +82-51-200-7609; fax: +82-51-294-2256  
E-mail address: jjyee@dau.ac.kr

을 위한 상시 전열교환 환기시스템의 운전 및 설계방안을 제시하고자 한다.

## 2. 상시 전열교환 환기시스템의 성능평가

### 2.1 mock-up test를 통한 냉·난방 전열교환 효율 검토

#### 2.1.1 측정개요

측정대상 실은 한국건설기술연구원 부지 내에 위치한 mock-up 실험동의 6평형(바닥면적 20.26 m<sup>2</sup>, 체적 46.14 m<sup>3</sup>) 1개 실로, 덕트형 열교환 환기시스템을 설치하였다. 측정 대상실의 평면 및 덕트 구성도는 Fig. 1과 같다.

실험을 시작하기에 앞서, 환기시스템에 인버터를 연결하여 건교부 환기기준 0.7회/h를 만족시키는 풍량(32 CMH)으로 급·배기 풍량을 설정하였다.

변동하는 실외 기상상태에 따른 열교환 환기시스템의 냉·난방 효율을 검토하기 위하여 하계실험과 동계실험이 각 8일간에 걸쳐 수행되었으며, 실험 일정은 Table 1에 나타내었다.

측정기간 동안 실내·외의 온·습도 조건은 하계실험의 경우, 실내온도를 여름철 적정 실내온도인 26℃로 설정하여 에어컨을 가동하였으며, 동

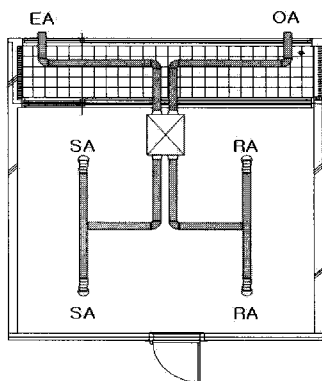


Fig. 1 Schematics diagram of test room.

Table 1 Experiment schedule

Summer	Winter
Aug. 14. 2006~ Aug. 21. 2006 (8days)	Dec. 26. 2006~ Jan. 2. 2007 (8days)

계실험의 경우, 건교부의 건물의 에너지 절약 설계기준인 22℃로 설정하여 바닥난방을 실시하였다. 하계실험의 경우, 새벽에는 외기온이 실내의 설정온도인 26℃보다 낮아 정상적인 열교환이 이루어지지 않으므로 외기온이 30℃ 이상으로 유지되는 10시부터 18시까지의 전열교환효율을 측정하였다. 동계실험 실내·외의 온도가 역전되는 현상이 발생하지 않은 관계로 24시간 연속적으로 측정하였다.

#### 2.1.2 측정결과 및 분석

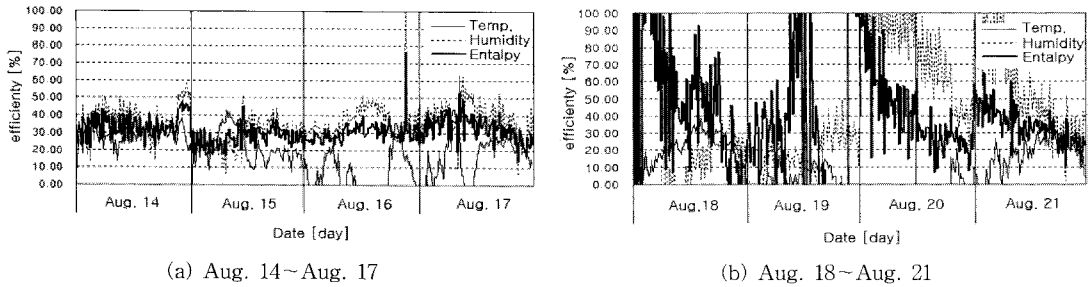
Fig. 2의 하계실험 측정결과, 습도와 엔탈피 교환효율은 대부분 20%~60%의 범위에 있으며, 온도 교환효율은 대부분 0%~100%의 범위를 벗어나거나 30% 이하의 낮은 값으로 나타났다.

이러한 결과의 원인을 분석하기 위하여 실내·외 온도에 따른 OA, SA, RA측 덕트 내부온도 변화를 살펴보았다. 일반적인 냉방조건에서는 OA, SA, RA측의 순서로 온도가 높게 나타나지만 Fig. 3에 주목하면, 실외 기온이 실내 기온보다 높음에도 불구하고 SA측 온도가 OA측 온도보다 더 높게 나타난 것을 알 수 있다.

이는 팬 발열에 의한 것으로 팬 발열에 의한 온도 상승폭(이하  $T_a$ )이 외기가 열교환 소자를 통과하면서 낮아진 온도차(이하  $T_b$ )보다 클 때 발생하는 현상이다.

본 실험에서는 실내·외 온도차가 4℃가 되는 외기온 30℃를 기준으로 외기온이 30℃보다 높을 때는  $T_b > T_a$ 로 OA측보다 SA측 온도가 낮았으나, 외기온이 30℃보다 낮은 경우에는 OA측과 SA측의 온도가 같거나 OA측보다 SA측 온도가 높게 나타났다. 그러므로  $T_b < T_a$ 가 되는 조건에서는 열교환을 하는 것보다는 by-pass 모드로 운전하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. by-pass 모드에서도 팬에 의해 온도가 일부 상승할 수는 있으나 열교환 소자를 거치지 않으므로 실내 공급 풍량을 유지하기 위해 요구되는 팬 동력이 작아 팬 발열에 의한 온도 상승폭도 줄어들 것으로 사료된다.

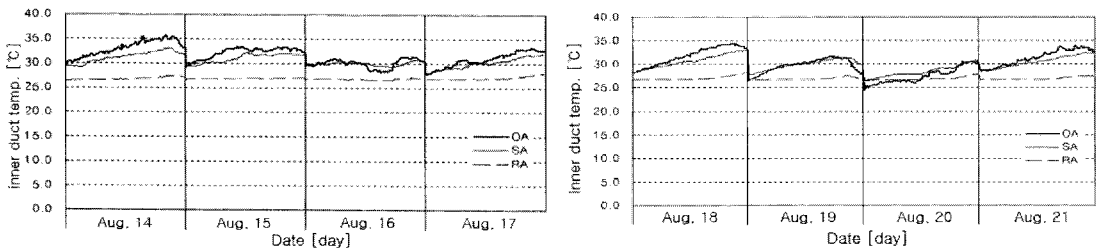
Fig. 4의 동계실험 측정결과, 온도 교환효율은 대부분 50%~60%, 습도 교환효율은 대부분 10%~40%의 범위로 측정되었다. 측정결과에서 습도 교환효율의 값이 일부 구간에서 범위를 벗어나는 원인을 분석하기 위하여 OA, SA, RA측 덕트 내



(a) Aug. 14~Aug. 17

(b) Aug. 18~Aug. 21

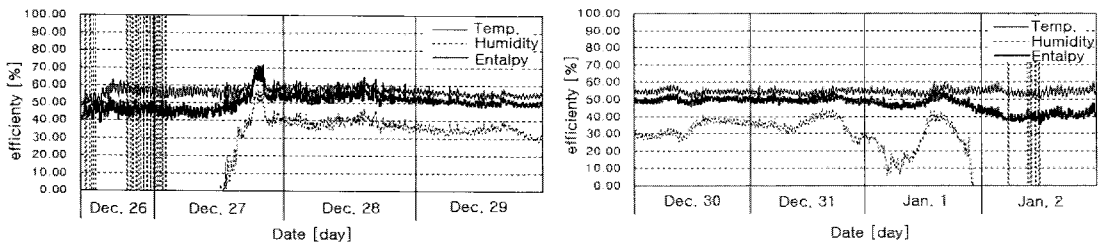
Fig. 2 Efficiency of summer test with time.



(a) Aug. 14~Aug. 17

(b) Aug. 18~Aug. 21

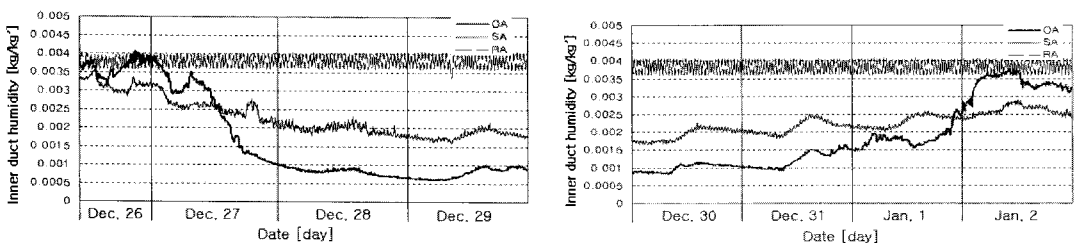
Fig. 3 Variation of inner duct temperature according to outdoor conditions on summer.



(a) Dec. 26~Dec. 29

(b) Dec. 30~Jan. 2

Fig. 4 Efficiency of winter test with time.



(a) Dec. 26~Dec. 29

(b) Dec. 30~Jan. 2

Fig. 5 Variation of inner duct humidity according to outdoor conditions on winter.

부의 절대습도 변화를 살펴보았다. 겨울철에는 실외보다 실내의 절대습도가 높기 때문에 실외의 공기가 실내에서 배출되는 공기로부터 수분을 받아 실내로 유입된다. 일반적으로 겨울철 절대습

도는  $RA > SA > OA$ 의 순서로 높은 값을 가지나 Fig. 5에 주목하면,  $RA > OA > SA$ 로 SA측 보다 OA측의 절대습도가 오히려 더 높은 것을 알 수 있다. 급기의 습도가 낮으면 실내공기의 습도 역

시 낮아지게 된다. 이러한 상태가 유지될 경우 실내의 건조함을 유발할 수 있으므로 급기와 배기의 풍량을 달리하거나 급기측보다 배기측의 팬 성능을 높이는 등으로 효율을 증대시킨다면 겨울철 필요 가습 에너지를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

## 2.2 인공기후 실험을 통한 냉방 전열교환효율 검토

### 2.2.1 측정개요

상시 전열교환 환기시스템을 실내부분에 설치하고, 냉방시 실내 온·습도는 Table 2에 나타난 한국산업규격으로 설정하여 일정하게 유지하고 실외 온·습도는 기준에서 상·하 1℃씩 변화시켜 25case의 조건으로 설정하였다. 그리고 실험에 이용된 상시 열교환 환기시스템의 사용자 선택조건인 'high'와 'low'로 풍량을 조절하여 총 50case의 실험을 실시하였다.

Table 2 Experiment conditions (KS B 6879)

Indoor		Outdoor	
DB[℃]	WB[℃]	DB[℃]	WB[℃]
27.0 ± 0.5	19.5 ± 0.5	35.0 ± 0.5	24.0 ± 0.5

### 2.2.2 측정결과

Table 3은 강모드 및 약모드에서 실내·외 온도 변화에 따른 열교환 효율을 나타낸 것이다. 풍량이 강모드인 경우, 습구온도가 높아짐에 따라 온도효율은 거의 변화가 없으나 습구효율은 점차 증가한다. 다시 말해 이는 같은 습구온도일 때 건구온도가 높아짐에 따라 온도효율은 증가하고 실외의 절대습도량이 작아지므로 상시 열교환 환기시스템의 습도교환효율은 감소하는 것이다. 한편, 열교환 환기시스템의 풍량이 '강'모드일 때보다 '약'모드일 때 열교환 효율이 더 높은 것을 알 수 있다. 이는 실질적인 열교환이 일어나는 엘리먼트 코어내의 통과풍속의 감속과 열교환 시간을 증대시켜 열교환 효율이 높게 나타나는 것이다.

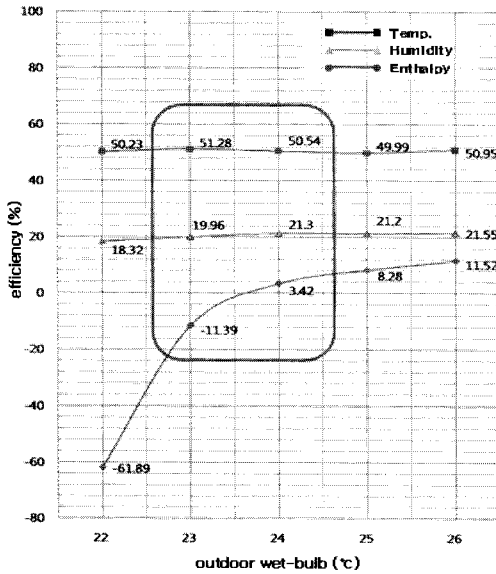
Table 3 Heat recovery exchanger efficiency with outdoor conditions

(a) High mode-180CMH

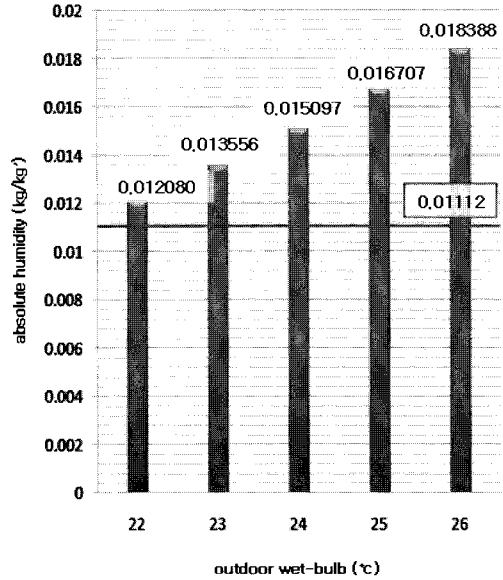
DB [℃]	WB [℃]	Temperature efficiency(%)	Humidity efficiency(%)	Entalphy efficiency(%)	
22	22	50.23	-61.89	18.32	
	23	51.28	-11.39	19.96	
	24	50.54	3.42	21.30	
33	25	49.99	8.28	21.20	
	26	50.95	11.52	21.55	
	22	56.06	-105.59	30.29	
23	23	54.00	-12.69	26.51	
	34	24	54.99	-0.45	24.28
	25	55.55	5.45	23.42	
26	26	53.54	9.80	22.69	
	22	56.95	-615.28	42.29	
	23	62.95	-185.4	-13.64	
35	24	65.77	-75.63	-1.48	
	25	63.08	-37.98	5.00	
	26	56.80	8.25	24.80	
22	22	58.34	177.78	47.71	
	23	57.74	-18.95	39.51	
	36	24	59.57	-13.45	28.46
25	25	59.25	0.83	27.60	
	26	58.72	4.04	24.86	
	22	61.38	164.74	47.26	
23	23	60.51	-78.36	38.48	
	37	24	63.68	-15.87	35.10
	25	60.86	-3.26	29.44	
26	60.47	5.22	28.44		

(b) Low mode-100CMH

DB [℃]	WB [℃]	Temperature efficiency(%)	Humidity efficiency(%)	Entalphy efficiency(%)	
22	22	56.08	-59.46	23.72	
	23	58.67	-4.67	26.90	
	33	24	57.00	6.48	25.75
25	25	55.88	11.96	25.36	
	26	55.53	15.16	25.40	
	22	61.46	-101.1	35.41	
23	23	60.62	-10.03	31.56	
	34	24	60.47	2.22	28.21
	25	61.44	9.68	28.13	
26	26	60.04	13.53	27.29	
	22	64.17	-447.3	47.17	
	23	70.43	-170.76	-13.17	
35	24	69.56	-69.79	-0.43	
	25	69.95	-35.32	6.32	
	26	62.56	12.68	29.59	
22	22	65.40	160.26	56.69	
	23	62.03	7.87	39.55	
	36	24	66.29	-7.42	35.27
25	25	68.91	4.77	34.29	
	26	64.65	8.32	29.75	
	22	66.93	143.06	54.66	
23	23	65.86	-72.86	43.53	
	37	24	68.58	-11.10	40.09
	25	75.64	-16.10	30.62	
26	67.63	8.01	33.26		

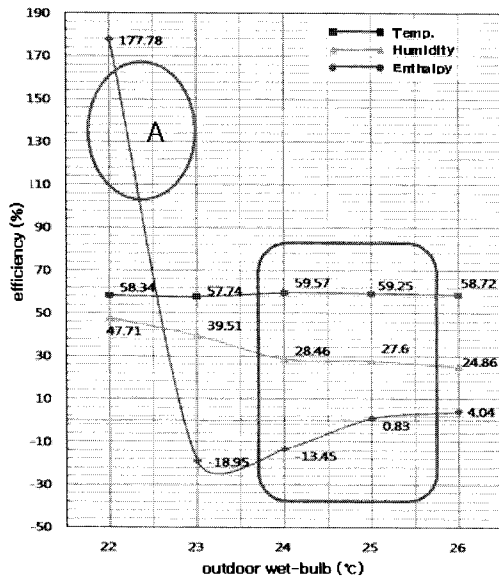


(a) Absolute humidity amount by outdoor wet-bulb change

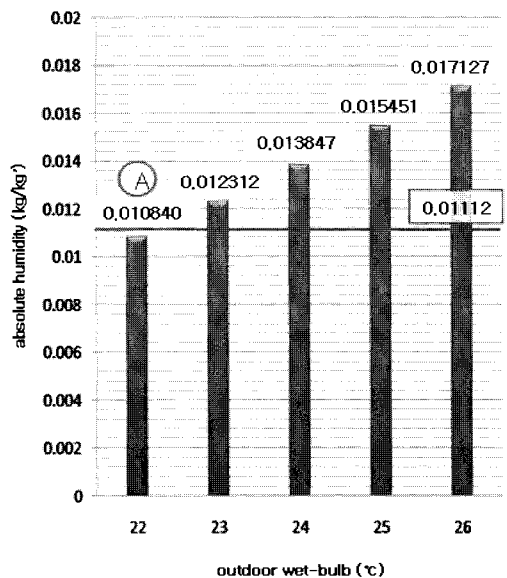


(b) Efficiency by outdoor wet-bulb change

Fig. 6 The efficiency and absolute humidity by the change wet-bulb in a outdoor dry-bulb of 33 °C.



(a) Absolute humidity amount by outdoor wet-bulb change



(b) Efficiency by outdoor wet-bulb change

Fig. 7 The efficiency and absolute humidity by the change wet-bulb in a outdoor dry-bulb of 36 °C.

실외 온도변화에 따른 효율결과에서 외부건구온도 33 °C에서 35 °C에서의 습도교환효율은 습구온도 22 °C일때 (-)값을 나타내지만 건구온도 36 °C

와 37 °C에서 습구온도가 22 °C인 조건에서는 효율이 (+)로 반대의 결과를 나타냄을 알 수 있다. 습도교환효율은 실내외의 절대습도와 관련이 있

으므로 효율이 정상적으로 나타나는 실내외의 조건과 반대양상의 결과를 나타낸 원인을 분석하기 위하여 대표적인 두 조건에서의 절대습도량을 계산, 비교·분석하였다.

Fig. 6과 같이 외부건구온도 33℃일 때의 습구온도 변화에 따른 효율 및 절대습도를 나타낸 그래프에서는 효율이 (-)에서 (+)가 되는 부분의 절대습도를 계산한 결과 실내의 평균절대습도량인 0.0112 kg/kg'와 비교시 약 30% 이상의 차이를 가질 때부터 (+)효율을 나타냄을 알 수 있다. Fig. 7의 외부건구온도 36℃일때의 분석 그래프에서도 마찬가지로 절대습도가 약 27% 이상의 차이를 가질 때부터 정상적인 효율이 나타나기 시작한다. 그리고 절대습도량 분석 그래프에 주목하면 타조건에서와는 다른 양상을 보인 A표시 부분은 절대습도량이 0.010840 kg/kg'로 실내보다 낮음을 알 수 있다. 이는 이론적으로 하계냉방시 평균적인 절대습도는 실내보다 실외가 높아 열교환시 외기 습도를 낮춰 급기로 이용하나 오히려 실내보다 더 낮은 습도로 인해 효율역전현상이 일어난 것으로 사료된다.

### 2.2.3 측정결과 분석

상기와 실험결과를 바탕으로 실내·외의 절대습도에 기인하여 확실한 온·습도차이를 나타내는 하기와 동기를 제외한 중간기에서의 상시 열

교환 환기시스템의 사용과 이용효율에 대한 체계적인 검토가 필요하다. 이에 중간기에 해당하는 3월~5월과 9월~11월의 우리나라 주요도시의 평균 온도와 상대습도를 이용 하여 절대습도를 계산, 공조가 이루어지는 실내의 평균 온·습도와 비교·분석하였다.

중간기의 실외 온·습도 조건을 설정하기 위해 우리나라 주요도시의 3월~5월과 9월~11월의 평균온도와 상대습도를 이용하여 절대습도를 산출한 결과를 Table 4에 나타내었다.

실험을 통해 도출된 실내·외 절대습도에 따른 효율차이에서 명확하게 알 수 있듯이 냉방시 실내 절대습도가 실외 절대습도에 비해 클 경우 전열교환 환기시스템의 역할이 제대로 이루어지지 않기 때문에 타 조건의 결과와는 상이한 효율양상을 보였다.

우리나라 중간기의 경우, 절대습도가 주택거실의 절대습도인 0.0082 kg/kg'과 비교해 평균 30% 이상의 차이를 나타내는 월은 3월과 4월 그리고 11월로, 중간기의 절반에 불과하다. 즉, 5월과 9월 그리고 10월의 경우 상시 전열교환 환기시스템을 이용하여 환기를 실시하는 것 보다 by-pass 기능으로 운전하는 것이 에너지 절감면에서나 기기의 운전능력을 유지시키기에 유리할 것으로 사료된다.

실험을 통해 도출된 실내·외 절대습도에 따른

Table 4 Monthly average temperature of major cities

	Mar.			Apr.			May.		
	DB(°C)	RH(%)	AH(kg/kg')	DB(°C)	RH(%)	AH(kg/kg')	DB(°C)	RH(%)	AH(kg/kg')
Gangneung	7.1	39	0.002425	11.0	55	0.004137	16.9	62	0.007416
Seoul	5.2	51	0.002782	11.6	55	0.004646	18.4	57	0.007496
Daejeon	6.1	51	0.002862	11.7	60	0.005106	18.5	64	0.008483
Mokpo	6.5	65	0.003887	11.4	71	0.005931	17.3	77	0.009478
Busan	8.0	50	0.003310	12.2	63	0.005545	16.3	72	0.009478
	Sep.			Oct.			Nov.		
	DB(°C)	RH(%)	AH(kg/kg')	DB(°C)	RH(%)	AH(kg/kg')	DB(°C)	RH(%)	AH(kg/kg')
Gangneung	19.5	70	0.009898	17.8	64	0.008113	9.3	53	0.003835
Seoul	21.1	58	0.009041	17.9	62	0.007906	8.4	58	0.003950
Daejeon	20	70	0.010215	17.1	69	0.008372	8.8	65	0.004553
Mokpo	20.7	75	0.011450	18.2	73	0.009511	10.9	65	0.005247
Busan	21.3	69	0.010921	20	65	0.009474	13.1	53	0.004944

※ weather analysis in each month, the met office(1971-2000).

효율차이에서 명확하게 알 수 있듯이 냉방시 실내 절대습도가 실외 절대습도에 비해 클 경우 전열교환 환기시스템의 역할이 제대로 이루어지지 않기 때문에 타 조건의 결과와는 상이한 효율양상을 보였다.

우리나라 중간기의 경우 대체적으로 50~70% 정도의 상대습도를 가지며, 이때 절대습도가 주택거실의 절대습도인 0.0082 kg/kg'과 비교해 평균 30% 이상의 차이를 나타내는 월은 3월과 4월 그리고 11월로, 정상적인 운전이 가능한 기간은 중간기 여섯 달의 절반에 불과하다.

즉, 5월과 9월 그리고 10월의 경우 상시 전열교환 환기시스템을 이용하여 환기를 실시하는 것보다 시스템의 기능에 by-pass 기능을 추가하여 운전하는 것이 에너지 절감면에서나 기기의 운전능력을 유지시키기에 유리할 것으로 사료된다.

2.3 실험을 통한 에너지 절감 효과 검토

2.3.1 측정개요

측정은 앞서 진행된 mock-up test와 동시에 진행되었으며, 실험기간 동안 에어컨과 전기 온돌패널의 소비전력량의 누적량은 전력량계를 이용하여 측정하였다. 측정일정과 측정기간의 실외 온·습도 조건 및 전열교환 환기시스템을 설치한 실험실의 실내 온·습도 조건은 열교환 효율실험과 동일하다.

2.3.2 측정결과 및 분석

측정결과를 살펴보면, Fig. 8과 같이 전열교환 환기시스템이 설치되어 있는 실험실이 정풍량 환기시스템이 설치되어 있는 실험실보다 냉방 에너지

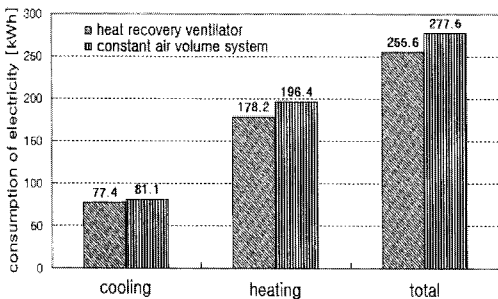


Fig. 8 Comparison with constant air volume system and heat recovery ventilator on energy usage.

지는 3.7kWh 적게 사용되고, 난방에너지는 18.2 kWh 적게 사용되어 총 21.9kWh의 전기 에너지를 절약할 수 있음을 알 수 있다.

본 실험에서 사용된 실험실의 경우, 실제의 거주공간에 비하여 규모가 훨씬 작은 점과 냉·난방 실험 기간이 1주 정도로 실제의 냉·난방 기간인 2~3개월 보다 짧았던 점을 감안한다면 실제 거주 공간 및 조건에서의 전열교환기 적용에 따른 냉·난방 에너지의 절감 효과는 더욱 커질 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구는 실제 환경과 유사한 조건에서 실시한 mock-up test와 인공기후 실험을 통해 실외 온·습도 조건에 따른 상시 전열교환 환기시스템의 효율을 측정하고, mock-up test를 통한 정풍량 환기시스템과의 냉·난방 에너지 절감효과를 비교·분석함으로써 에너지 절감을 위한 상시 전열교환 환기시스템의 운전 및 설계방안을 제시하고자 하였다. 본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) mock-up test의 하계실험 측정결과에서 실외 기온이 실내 기온보다 높음에도 불구하고 SA측 온도가 OA측 보다 더 높은 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 팬의 발열에 의한 것으로 팬에 의한 온도 상승폭이 외기가 열교환 소자를 통과 하면서 낮아진 온도차보다 크게 되는 조건에서는 by-pass 모드로 운전하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. by-pass 모드의 경우 실내공급 풍량 유지에 요구되는 팬의 동력이 작아 온도 상승폭도 줄어들 것으로 사료된다.

(2) 겨울철에는 덕트 내부에서의 절대습도량은 RA > SA > OA의 순서로 많으나 측정결과, SA측 보다 OA측의 절대습도가 오히려 더 높은 것을 알 수 있으며, 이러한 상태가 유지될 경우 실내의 건조함을 유발할 수 있으므로 급기와 배기의 풍량을 달리하거나 급기측보다 배기측의 팬 성능을 높이는 등으로 효율을 증대시킨다면 겨울철 필요 가습 에너지를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

(3) 전열교환 환기시스템은 실내·외 절대습도 차이에 따라 습도교환효율이 결정되고 실내·외의 절대습도 차가 약 30% 이상 일 때 정상적인 효율을 나타내며 실내·외 절대습도 차가 클수록

높은 효율을 보인다.

(4) 우리나라의 중간기에 해당하는 기간 중 평균 약 30% 이상의 절대습도차이를 나타내지 않는 경우 전열교환 환기시스템을 통해 열교환하여 환기하는 것보다 시스템에 by-pass 기능을 추가하여 운전하는 것이 에너지 절감면에서나 기기의 운전능력을 유지시키는데 유리할 것으로 사료된다.

(5) mock-up test 결과, 전열교환 환기 시스템이 정풍량 환기시스템 보다 냉방 에너지는 3.7kWh 적게 사용되고, 난방 에너지는 18.2kWh 적게 사용되어 총 21.9kWh의 전기에너지를 절약할 수 있다.

## 후 기

본 논문은 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업(과제번호:2007-01003-0041-0)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. ASHRAE Standard 62, 2001, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE.
2. Yee, J. J., Lee, J. H. and Lee, S. M., 2005, IAQ filed survey in an apartment housing equipped for heat recovery ventilation system with air cleaning function, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 17, No. 5, pp. 688-693.
3. Kim, S. M., Park, B. Y. and Sohn, J. Y., 2005, Evaluation of the performance and energy consumption characteristics of heat recovery ventilators in apartments, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 17, No. 5, pp. 496-504.
4. Yee, J. J., Kim, K. H., Choi, S. Y. and Kim, S. G., 2006, An experimental study on the element core configurations of heat recovery ventilator, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, Vol. 8, No. 2, pp. 57-64.
5. Chung, M. H. and Yoo, S. Y., 2005, A study on the factors affecting the performance of paper heat exchanger for exhaust heat recovery, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 17, No. 10, pp. 956-964.
6. Yee, J. J., Ihm, P. C. and Kim, H. Y., 2005, Sensitivity analysis on KS and JIS standard for heat recovery ventilator, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering Vol. 17, No. 11, pp. 998-1004.
7. Yoo, S. Y., Kim, J. H., Choi, J. H. and Han, S. H., 2005, A study on the performance of ventilation system using paper heat exchanger, Proceeding of the SAREK 2005 Summer Annual Conference, pp. 438-443.
8. Kim, M. K., Han, H. 2004, An experimental study on air leakage and heat transfer characteristics of a rotary-type heat recovery ventilator, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering Vol. 16, No. 12, pp. 1197-1203.
9. Choi, J. Y., 2005, Performance evaluation of the heat recovery ventilator, Magazine of the SAREK, Vol. 34, No. 1, pp. 28-36.
10. KS B 6879, Heat Recovery Ventilator, Korean Standards Association.
11. JIS B 8628, Air-to-air heat exchangers, JRAIA/JSA.
12. ARI 1060, Rating air-to-air energy recovery ventilator equipment.
13. EN 305, EN 306, EN 307, EN 308, Heat Exchangers.
14. ASHRAE/ANSI 84, Method of Testing Air-to-air heat exchangers.