

# 공동주택용 폐열회수형 환기장치의 성능에 관한 측정 연구

장 현 재<sup>\*\*</sup>, 홍 석 진

<sup>\*</sup>홍익대학교 건축공학부, (주) 대우건설 기술연구원 건축연구팀

## A Study on the Performance of Heat Recovery Ventilators for Apartment Houses

Hyun-Jae Chang<sup>\*\*</sup>, Seok-Jin Hong

<sup>\*</sup>School of Architectural Engineering, Hongik University, Yeongi-gun, 339-701, Korea  
Architectural Technology Research Team, DAEWOO E&C, Suwon, 440-210, Korea

(Received November 22, 2006; revision received November 26, 2007)

ABSTRACT: Heat recovery ventilator(HRV) is recommended to improve indoor air quality (IAQ) and energy conservation in apartment houses. Recently, in Korea, HRV is produced from many manufacturers. However, there have been not so many experiences to apply HRV in apartment houses and verification on the performance such as heat exchange efficiency, carry-over rate, internal leakage, etc. have not been carried out sufficiently. So in this study, fan performance, heat exchange efficiency, air leakage, internal exhaust leakage, external leakage and sound level of HRV were examined for selected HRV models under domestic and international standard. Results of performance test, there were need to improve latent heat exchange efficiency and sound level of HRV.

Key words: Heat recovery ventilator(폐열회수 환기장치), Fan performance(팬 풍량-정압 특성), Air leakage(누기율), Heat exchange efficiency(열교환 효율)

### 기 호 설 명

$E$	: 열교환 효율 [%]	$c_{ps}$	: 외기측 비열 [kJ/(kg · °C)]
$t$	: 건구온도 [°C]	$c_{pe}$	: 배기측 비열 [kJ/(kg · °C)]
$x$	: 질대습도 [g/kg]	$C_{min}$	: $m_s c_{ps}$ 와 $m_e c_{pe}$ 중 최소값 [kJ/(s · °C)]
$h$	: 엔탈피 [kJ/kg]		
$m_s$	: 외기측 풍량 [kg/s]		
$m_e$	: 배기측 풍량 [kg/s]		
$m_{min}$	: $m_s$ 와 $m_e$ 중 최소값 [kg/s]		

### 하첨자

S	: Sensible heat, 현열
L	: Latent heat, 잠열
T	: Total heat, 전열
OA	: Outdoor air, 외기
RA	: Return air, 환기
SA	: Supply air, 급기
EA	: Exhaust air, 배기

† Corresponding author

Tel.: +82-41-860-2614; fax: +82-41-860-2796

E-mail address: changhj@hongik.ac.kr

1. 서 론

2006년 2월 13일 개정·공포된 건설교통부령 제 497호<sup>(1)</sup> ‘건축물의 설비기준등에 관한 규칙’에서 100세대 이상의 공동주택을 대상으로 시간당 0.7회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하도록 규정하였다.

이 중 기계환기설비에 대한 방안으로서 폐열회수형 환기장치의 도입이 늘고 있다. 폐열회수형 환기장치에 관한 기존의 연구로서 최대열 등은 전열교환기의 전열 및 잠열교환효율과 에너지 절약효과에 대해 검토하였고, 배철호 등은 실내외 공기조건에 따른 전열교환기 성능특성에 대해 검토하였다.<sup>(2,3)</sup>

폐열회수형 환기장치는 강제환기를 통해 실내 공기질을 개선하고, 배출 공기로부터 열을 회수함으로써 냉·난방시의 환기에 수반되는 추가적인 냉·난방에너지 소비를 감소시키기 위한 장치이다.

이에 최근 국내에서는 폐열회수형 환기장치를 생산하는 제조사가 급격히 증가하고 있으며, 회수에너지 종류 및 열회수 방식 등에 대한 다양화가 이루어지고 있다. 그러나 국내의 경우, 폐열회수 환기장치의 도입 역사가 길지 않아 환기장치의 성능에 대한 검증이 충분히 이루어지지 않았으며, 환기장치의 성능 역시 열교환 효율에 국한되어 논의되는 경우가 많다. 주거 내에 설치되는 폐열회수형 환기장치의 특성을 고려하면, 열회수 효율뿐만 아니라 팬의 정압-풍량 특성 등 환기장치의 제반 성능에 대한 검토가 종합적으로 이루어질 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 폐열회수형 환기장치와 관련된 국내·외의 규격을 참고하여 폐열회수형 환기장치의 제반 성능을 평가하고, 급후의 기기 성능 향상을 도모하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 측정 대상 및 항목

2.1 측정 대상

본 측정에서는 주상복합 아파트에 주로 적용되고 있는 정격풍량 250 CMH의 기기를 대상으로

하였으며, 서로 다른 7개 사의 제품을 각각 1대씩 선정하여 성능평가를 수행한다.

선정된 7개의 기기 사양을 Table 1에 나타낸다.

2.2 측정 항목 및 인용 규격

본 연구에서 수행한 측정 항목 및 항목별 내

Table 1 Specifications of heat recovery ventilator

Pro-duct	Heat recovery type	Design flow rate (CMH)	Size (W × D × H)	Duct diameter (mm)
A	Total heat recovery type	250	600×880×280	150
B			600×880×280	150
C			480×700×340	125
D			500×640×320	150
E			800×890×320	150
F			660×760×260	150
G			560×850×280	150

Table 2 Items of the performance evaluation<sup>(4-9)</sup>

Item	Definition	Stan- dard
Fan perfor- mance	• Flow rate by variation of static pressure	⑤
air leakage	• Ratio of supply air(SA) to air inflow from return air(RA)	④
Heat exchange rate	• Degree of recovering energy	①, ②, ⑦
Internal-external leakage	• Movement of air under pressurized conditions	⑥
Sound level	• Sound pressure level of fan	③

- ① KS B 6879:2003 폐열 회수형 환기 장치 (국내).
- ② KARSE B 0030-2003 폐열회수형 환기유닛 (국내).
- ③ 건축물의 설비기준등에 관한 규칙 (국내).
- ④ JIS B 8628:2003 전열교환기 (일본).
- ⑤ ASHRAE STANDARD 51-1999 Laboratory methods of testing fans for aerodynamic performance rating (미국).
- ⑥ BS EN 308:1997 Heat exchanger-Test procedure for establishing the performance of air to air and flue gases heat recovery devices (영국).
- ⑦ CSA C-439-88 Standard methods of test for rating the performance of heat recovery ventilators (캐나다).

용, 관련 인용기준을 Table 2에 나타낸다.

폐열회수 환기장치의 운전과 관련된 성능을 검토하기 위해 KS 및 KARSE 등의 관련 기준을 참고하여 시험을 수행하며, 국내 기준에 규정되어 있지 않은 내·외부기밀성은 영국의 BS 기준을, 구체적인 시험 방법이 명기되어 있지 않은 팬 정압-풍량 곡선은 미국의 ASHRAE 기준, 누기율은 일본의 JIS 기준을 각각 적용하여 측정을 수행한다.

아울러 난방 열교환 효율 측정 시  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  및  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 실외 온도 조건에서 측정을 진행하여, 실외의 온도변화에 따른 환기장치의 열교환 효율 변화에 대해서도 검토한다.

### 3. 측정 방법

#### 3.1 정압-풍량 곡선

본 연구에서는 ASHRAE STANDARD 51-1999에 제시된 Ducted-nozzle chamber 방식을 적용하여 정압-풍량 곡선을 측정하며, 측정 장치는 Fig. 1과 같다.

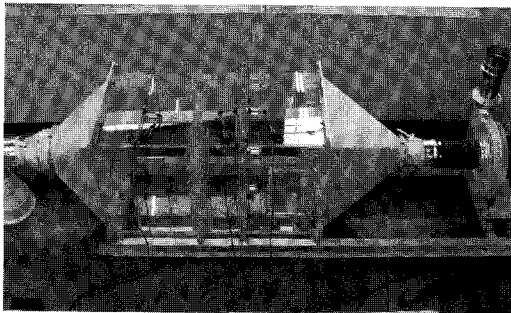


Fig. 1 Apparatus for fan performance test.

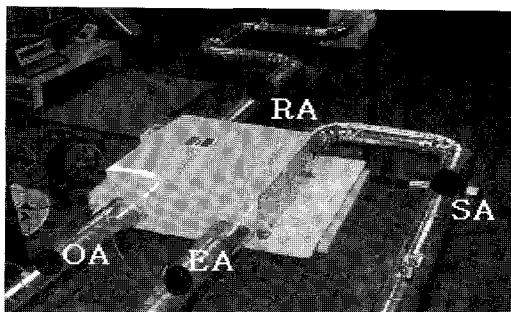


Fig. 2 Apparatus for air leakage test.

Ducted-nozzle chamber 방식은 챔버 내에 설치된 nozzle의 전후에서 측정된 압력차를 관계식에 대입하여 풍량으로 변환하는 방식이며, 기외정압을 조절할 수 있는 별도의 팬과 댐퍼를 설치하여 기외정압 변화에 따른 풍량 변화를 측정하는 방식이다.

측정 장치의 nozzle은 총 5개로 구성되어 있으며, 측정 가능한 풍량 범위는 36~1,260 CMH 이다.

#### 3.2 누기율

누기율은 RA측에 일정량의 tracer-gas를 연속적으로 주입한 상태에서, 각 지점(RA, EA, OA 및 SA)에서의 가스 농도를 multi gas monitor를 mu 통해 측정하여 구한다. 가스 측정 시, 환기장치의 덕트 구성에 따라 EA측에서 배출된 tracer-gas가 OA측으로 재유입되어 농도에 영향을 줄 수 있으므로 EA측과 OA측의 연결덕트 말단을 3m 이상 이격하고 서로 반대 방향을 향하도록 설치한 상태에서 측정을 진행하였다. Tracer-gas는 SF<sub>6</sub>를 사용하였다(Fig. 2 참조).

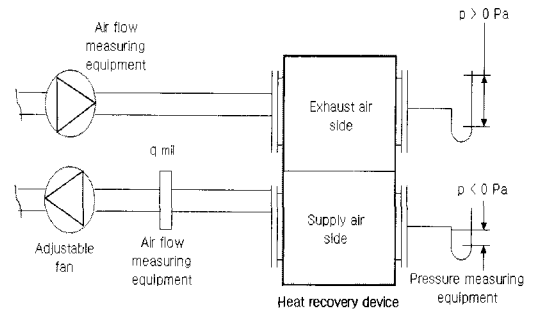


Fig. 3 Test setup for internal leakage. (6)

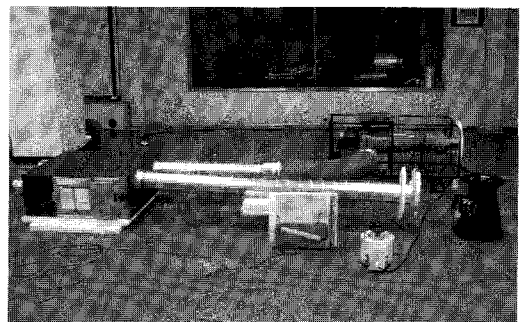


Fig. 4 Apparatus for internal leakage test.

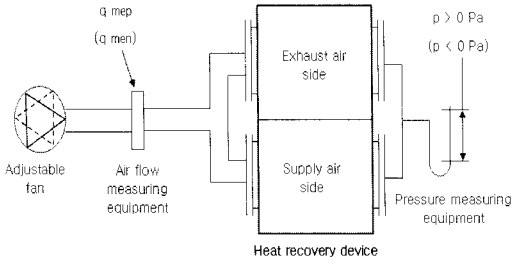


Fig. 5 Test setup for external leakage. (6)

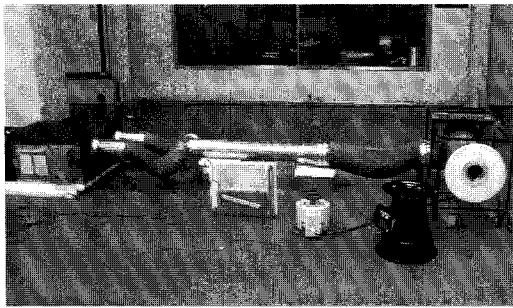


Fig. 6 Apparatus for external leakage test.

3.3 내·외부 기밀성

내·외부 기밀성은 BS EN 308(영국)에 규정되어 있는 항목으로, 가압조건에서의 공기 유출입량을 측정하여 평가한다.

내부 기밀성은 Fig. 3, Fig. 4와 같이 EA측과 OA측을 밀폐하고 급기라인(OA-SA)과 배기라인(RA-EA)의 압력차가 250 Pa이 되도록 RA측에서 가압하여, SA측으로 유출되는 풍량을 측정하여 평가한다.

외부 기밀성은 Fig. 5, Fig. 6과 같이 EA측과 OA측을 밀폐하고, 환기장치 내외부의 차압이 250 Pa이 되도록 RA측과 SA측을 동시에 가압한 상태에서 환기장치 내부로 공급되는 풍량을 측정하여 평가한다.

3.4 열교환 효율

열교환 효율 측정은 인공기후 챔버 내에 Fig. 7과 같이 환기장치 및 덕트를 구성하고, 챔버 내의 온습도를 Table 3, Table 4와 같이 설정하여 수행한다.

이 때, 현열교환 효율은 측정된 온도를, 잠열교환 효율은 측정된 온도와 상대습도로부터 절대습

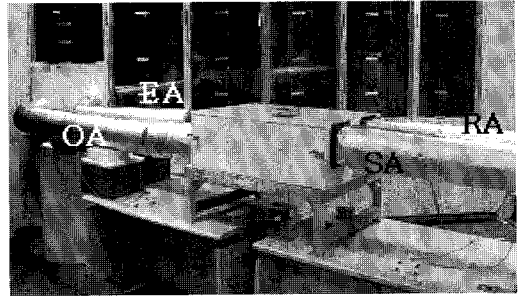


Fig. 7 Apparatus for heat recovery efficiency test.

Table 3 Test conditions for heat recovery efficiency (heating)

Test conditions			Notes
Indoor chamber	Temperature	20 °C	KS
	Relative humidity	50%	KS
Outdoor chamber	Temperature	-12 °C	
		0 °C	
		7 °C	KS
Relative humidity	50%		

Table 4 Test conditions for heat recovery efficiency (cooling)

Test conditions			Notes
Indoor chamber	Temperature	27 °C	KS
	Relative humidity	50%	KS
Outdoor chamber	Temperature	35 °C	KS
	Relative humidity	40%	KS

도를 산정하여 산출하며, 전열교환 효율은 측정된 온·습도로부터 엔탈피를 구하여 산출한다.

덕트 연결부위를 청테이프로 두를 경우, 연기를 사용한 기밀테스트에서 많은 양의 공기 누설이 확인되었다. 본 연구에서는 알루미늄 테이프로 연결부위를 기밀하게 두르고, 기밀 테스트를 통해 공기의 누설이 없음을 확인한 후 측정을 수행하였다.

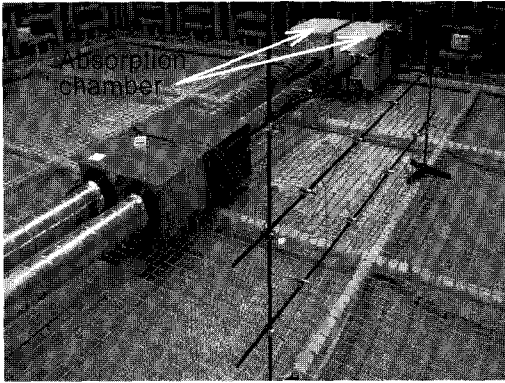


Fig. 8 Apparatus for sound pressure level test.

3.5 소음

환기장치의 소음 측정은 무향실 내부에 환기장치를 설치하고, 환기장치로부터 1m 떨어진 곳에 마이크로폰을 설치하여 실시한다. 이 때, 팬의 방사특성을 고려하여 Fig. 8과 같이 환기장치의 양 측면 24지점(환기장치로부터 1m 이격)에서 소음을 측정하여 그 평균값으로 소음을 평가한다. 환기장치의 소음 측정 시 환기장치에 연결된 덕트의 말단에서 공기 유출입음이 발생할 경우, 환기장치만의 소음을 정확히 측정하기 어렵게 된다. 이에 본 연구에서는 덕트의 공기 유출입음을 배제하기 위해 덕트 말단에 흡음재가 부착된 흡음 챔버를 설치하여 공기 유출입음을 최대한 배제한 상태에서 실험을 진행하였다.

‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’에서는 ① 환기설비 본체가 거주 공간 외부에 설치될 경우에는 대표길이 1m에서 측정하여 50dB(A) 이하

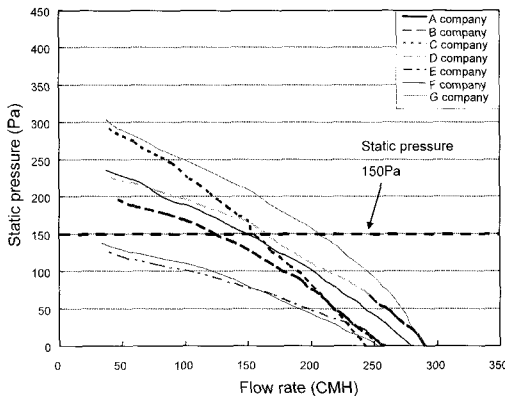


Fig. 9 Results of fan performance curve.

②거주공간 내부에서 측정하여 40dB(A) 이하가 되도록 규정하고 있다. 본 연구에서는 ①의 방법에 따라 평가를 진행한다.

4. 측정 결과 및 분석

4.1 정압-풍량 곡선

7개 기기의 최대풍량 단계에서의 정압-풍량 특성 곡선을 Fig. 9에 나타낸다. 7개 제품 모두 기외정압이 '0'일 때는 250 CMH 이상의 풍량을 나타냈으나, 공동주택에서 덕트 및 덕트기구에 의한 정압 손실을 150 Pa로 가정할 경우의 풍량은 크게 감소하는 것으로 나타났다.

Table 5는 기기 제조사에서 제공한 정압-풍량의 사양과 본 연구에서 측정한 값을 비교하여 나타낸 것으로써, 실제 측정값이 제조사의 사양에 표

Table 5 Comparison of fan performance between specs and test results

Product	Power consumption(W)	Spec.s		Measured flow rate (CMH)	Deviation (%)
		Static pressure (Pa)	Flow rate (CMH)		
A	130	120	250	180	-28%
B	128	125	250	175	-30%
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	130	198	250	0	-100%
F	110	120	200	75	-63%
G	172	150	250	205	-18%

\* C, D사는 사양서 제시값 없음.

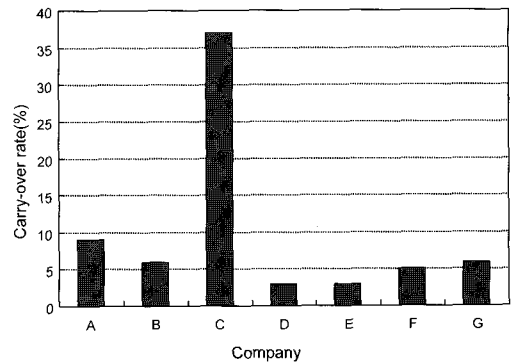


Fig. 10 Results of air leakage test.

기되어 있는 값에 미치지 못하는 기기가 다수인 것으로 나타났다. 따라서 환기장치 선정 시 팬의 정압-풍량 특성에 대한 정확한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

4.2 누기율

환기장치의 누기율 측정 결과를 Fig. 10에 나타낸다. 7개 제품 중 6개 제품은 국내 기준인 10%를 만족하나, C사의 제품은 37%로 기준을 초과하였다. 누기율이 큰 C사 제품은 급기팬과 배기팬의 설치 위치가 부적절하여 엘리먼트 내의 압력차가 커지기 때문으로 사료된다.

일반적인 폐열회수형 환기장치의 장치구성도와 누기율 기준을 초과한 1개 제품의 장치구성도를 각각 Fig. 11과 Fig. 12에 나타낸다.

일반적인 폐열회수형 환기장치는 급기팬과 배기팬이 열교환기를 중심으로 대각선의 위치에 있기때문에(Fig. 11) 급·배기 통로가 모두 팬의 흡입측에 위치하게 된다. 따라서 압력차( $P_1-P_2$ )가 상대적으로 작아지므로(급·배기 통로와 급·배기 팬의 사양이 완전히 일치하면  $P_1-P_2$ 는 이론상으로 '0'이 됨) 공기이동이 적어지게 된다. 그러나 Fig. 12와 같이 급기팬과 배기팬이 열교환기를 중심으로 같은 쪽에 위치해 있는 경우(C사)에는 급

기 통로가 팬의 흡입측에 위치하고 배기 통로는 팬의 토출측에 위치하게 되므로 급·배기 통로간의 압력차( $P_1-P_2$ )가 증가하여 환기장치 내부에서 많은 양의 공기 이동이 발생하게 된다. 따라서 환기장치를 통한 효과적인 환기를 위해서는 환기장치 내부의 배기팬과 급기팬을 열교환기를 중심으로 대각선의 위치에 설치하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

4.3 내·외부 기밀성

내부 기밀성 측정 결과를 Fig. 13에 나타낸다. 내부 기밀성은 급·배기 계통 사이의 압력차를 250Pa로 유지한 상태에서 측정하였으며, 전체적으로 110~247 CMH의 범위를 나타내어 제품별로 최대 2.3배의 차이를 나타낸다. C사 제품의 내부 기밀성은 143 CMH로서 실험 대상인 7개 기기의 평균 정도를 나타내고 있다. 이는 Fig. 10에서의

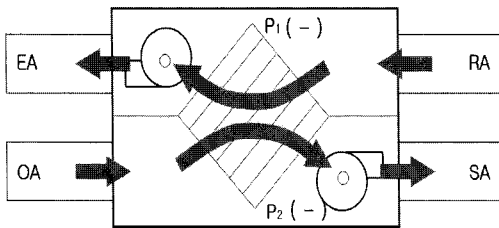


Fig. 11 Fan location in heat recovery device (Except c company).

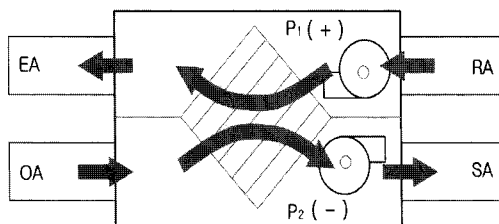


Fig. 12 Fan location in heat recovery device (C company).

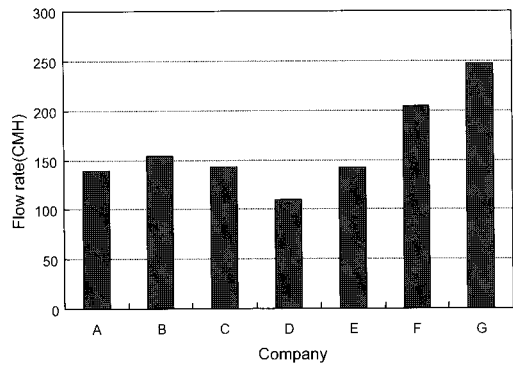
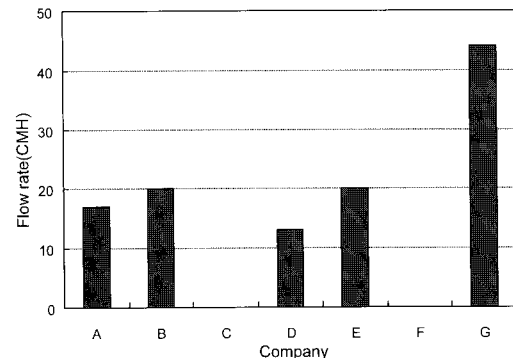


Fig. 13 Results of internal leakage test.



\* C사와 F사는 측정기기의 측정범위 이하.

Fig. 14 Results of external leakage test.

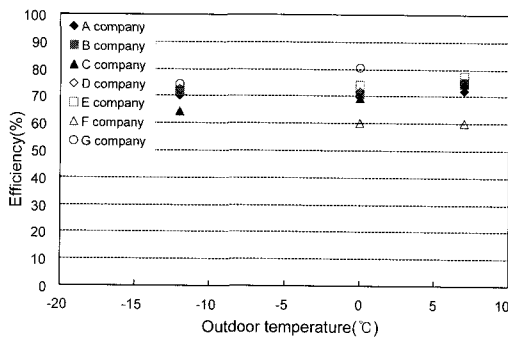
누기를 측정 결과와는 다른 양상으로서 실험조건  
의 차이에 기인한 것으로 사료된다.

외부 기밀성 측정 결과를 Fig. 14에 나타낸다.  
외부기밀성은 환기장치 내부에서 외부로 유출되  
는 공기량으로서 G사 제품(44 CMH)을 제외하고  
는 20 CMH 이하인 것으로 나타났다(C사, F사 제  
품은 유출풍량이 풍량측정기의 측정범위 이하로  
나타나 Fig. 14에는 표기하지 않음). 연기 발생장  
치를 이용한 누설테스트에 의하면 일부 기기의 경

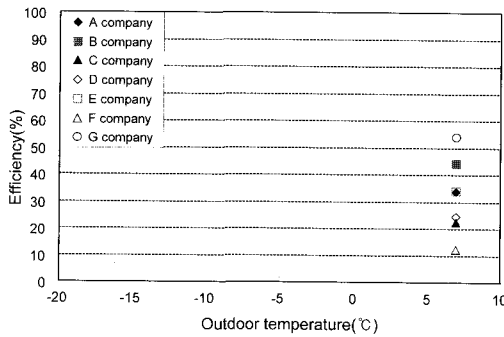
우, 제어 장치가 부착된 부분이나 덕트 연결구에  
서 비교적 많은 양의 공기 유출이 있는 것으로  
나타나 제작상의 주의가 요망된다.

4.4 열교환 효율

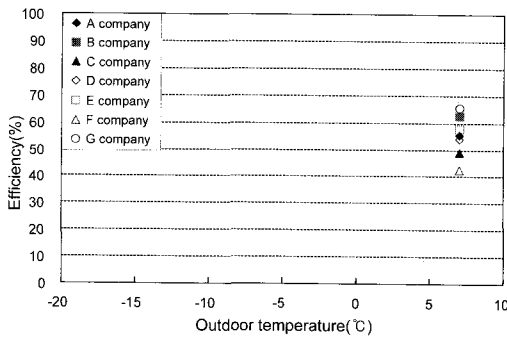
환기장치의 열교환 효율은 측정된 온·습도에  
의해 산출되는 겉보기 열교환 효율과 측정된 누  
기율을 보정하여 산출하는 수정 열교환 효율로



(a) sensible heat

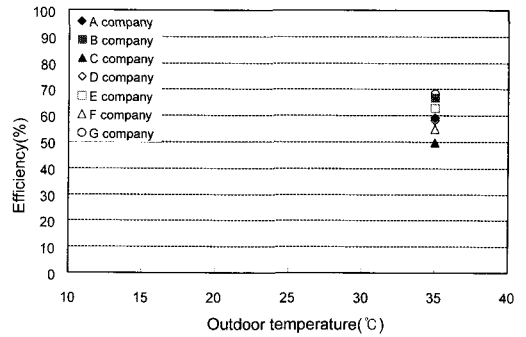


(b) latent heat

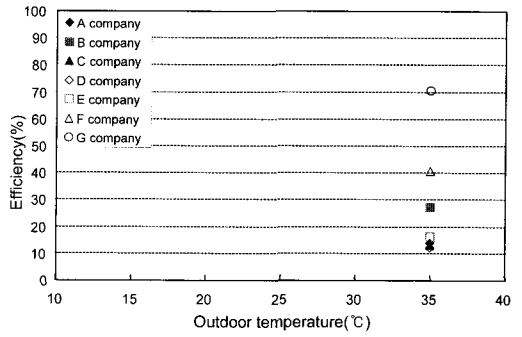


(c) total heat

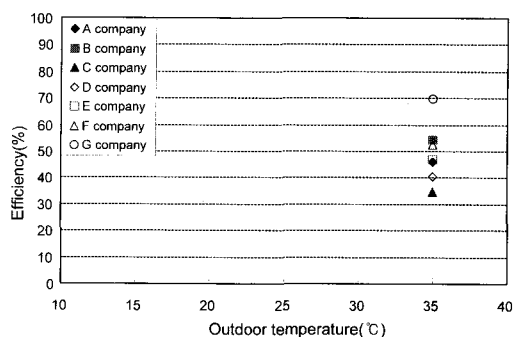
Fig. 15 Results of heat exchange efficiency test (heating).



(a) sensible heat



(b) latent heat



(c) total heat

Fig. 16 Results of heat exchange efficiency test (cooling).

구분된다. 본 시험에서는 측정된 온습도와 누기율 데이터를 활용하여 수정 열교환 효율을 산출하였다.

4.4.1 난방 시의 열교환 효율

난방 시의 열교환 효율을 Fig. 15에 나타낸다. Fig. 15(a)는 난방 시의 현열교환 효율로서 60~80%의 범위를 나타내며, 외기온이 상승함에 따라

Table 6 Comparison of heat exchange efficiency between spec.s and test results (heating)

Product	Spec.s <sup>*1</sup>			Test results <sup>*3</sup>		
	Sensible heat	Latent heat	Total heat	Sensible heat	Latent heat	Total heat
A	-	-	75	72	33	56
B	-	-	75	75	44	62
C <sup>*2</sup>	-	-	-	73	17	48
D <sup>*2</sup>	-	-	-	72	24	54
E	75	-	63	78	34	58
F	75	-	69	60	12	42
G	65	-	60	75	54	66

<sup>\*1</sup> Spec.s의 값은 사양서 표시값임.

<sup>\*2</sup> C, D사는 사양서 제시값 없음.

<sup>\*3</sup> 외기온 7℃에서의 측정 결과임.

Table 7 Comparison of heat exchange efficiency between spec.s and test results (cooling)

Product	Spec.s <sup>*1</sup>			Test results <sup>*3</sup>		
	Sensible heat	Latent heat	Total heat	Sensible heat	Latent heat	Total heat
A <sup>*2</sup>	-	-	-	59	74	46
B <sup>*2</sup>	-	-	-	67	27	54
C <sup>*2</sup>	-	-	-	50	13	35
D <sup>*2</sup>	-	-	-	58	12	40
E	75	-	56	63	16	47
F	70	-	65	55	41	53
G <sup>*2</sup>	-	-	-	59	71	70

<sup>\*1</sup> Spec.s의 값은 사양서 표시값임.

<sup>\*2</sup> A, B, C, D, G사는 사양서 제시값 없음.

<sup>\*3</sup> 외기온 35℃에서의 측정 결과임.

약간씩 증가하는 것으로 나타났다. 일부 기기는 외기온이 -12℃인 조건에서 운전될 경우 결로에 의해 열교환 효율이 매우 낮게 나타났으며, 환기장치 가동 시 내부에서 결로가 발생할 경우에는 급기 온도가 낮아져 콜드 드래프트의 위험이 있으므로 이에 대한 대비가 필요할 것으로 사료된다.

잠열교환 효율 및 전열교환 효율을 각각 Fig. 15(b), Fig. 15(c)에 나타낸다. -12℃와 0℃에서는 외기챔버의 습도조절이 어려워 효율을 산출하지 않고, 7℃에 대해서만 잠열교환 효율 및 전열교환 효율을 산출하였다. 잠열교환 효율은 10~50%로 비교적 낮게 나타났으며, 이로 인해 전열교환 효율 역시 40~65%로 Table 6과 같이 제조사에서 제공하는 기기 사양에 비해 10~40% 가량 낮은 것으로 나타났다.

4.4.2 냉방 시의 열교환 효율

냉방 시의 열교환 효율 측정 결과를 Fig. 16에 나타낸다. 냉방 시의 현열교환 효율(Fig. 16(a))은 50~70%, 잠열교환 효율(Fig. 16(b))은 10~30%, 전열교환 효율(Fig. 16(c))은 35~55%를 나타내었다.

냉방 시의 열교환 효율(Table 7 참조)은 7개 제품 중 2개 제품에만 표기되어 있었다. 냉방 시의 열교환 효율이 표기된 2개 제품을 대상으로 검토하면 현열교환 효율 및 전열교환 효율이 사양에 비해 15~20% 낮은 값을 보이고 있다.

전열교환형의 잠열교환 효율은 현열교환형과 대비되는 특성이라 할 수 있으므로, 전열교환형환기장치의 활용도 증대 및 성능 개선을 위해서는 잠열교환 효율을 높이기 위한 방안의 강구가 필요할 것으로 사료된다.

4.5 환기장치의 소음도

환기장치에 대한 소음 측정 결과를 Fig. 17에 나타낸다. G사를 제외한 나머지 6개 제품은 '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙'(건설교통부령 제 497호)에서 제시하고 있는 소음 기준인 50dB(A)를 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 공동주택 내에 설치된 환기장치는 입주자가 수면을 취할 때에도 가동될 수 있다는 점을 고려하면, 소음 레벨을 보다 낮출 수 있는 기기의 개발이 필요할 것으로 사료된다.



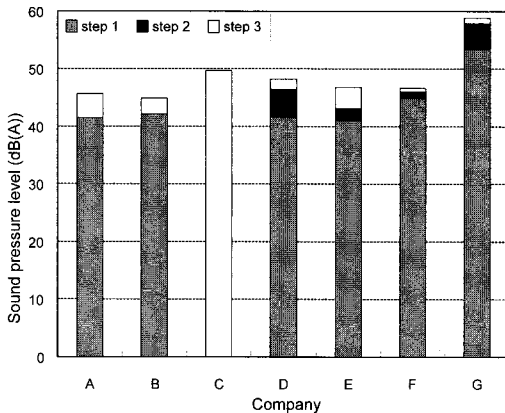


Fig. 17 Results of sound pressure level test.

## 5. 결론

본 연구에서는 폐열회수 환기장치의 성능을 검토하기 위해 시판 중인 7개 제품에 대해 국내·외 관련규격을 인용하여 성능평가를 실시하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 팬의 정압-풍량 특성에 대한 측정을 수행한 결과, 측정값이 제조사에서 제공하는 사양서의 표시값과 차이가 큰 것으로 나타나 환기장치 선정 시 팬의 정압-풍량 특성을 확인할 필요가 있다.

(2) 환기장치의 누기율 측정결과, 급기팬과 배기팬이 열교환기를 중심으로 같은 쪽에 위치할 경우에는 열교환 엘리먼트 내부의 압력차가 증가하여 누기율이 증가하므로 급기팬과 배기팬을 열교환기에 대해 대각선의 위치에 설치하는 것이 바람직하다.

(3) 환기장치의 수정 열교환 효율 산출결과, 현 열교환 효율은 제조사에서 제시하는 사양과 유사하나 잠열교환 효율은 제조사에서 제시하는 사양에 비해 크게 낮은 것으로 나타나 잠열교환 효율을 증가시키기 위한 방안의 강구가 필요하다.

(4) 소음 레벨은 대부분의 기기가 국내 기준인 50dB(A)를 만족하는 것으로 나타났으나, 주택이 휴식과 수면을 취하는 장소라는 점을 고려하여 소음 레벨을 더 낮출 수 있는 기기 개발이 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Ministry of Construction and Transportation, 2006, Regulation of ventilation in newly built apartment houses & multi-purposed buildings.
2. Choi, D. Y., Sohn, J. Y., Yoon, D. W. and Park, B. Y., 1992, A study on the evaluation of performance and the effect of energy conservation of total heat exchanger, Proceedings of SAREK, pp. 33-36.
3. Bai, C. H., Lim, Y. H., D. Gulnora, Park, J. Y., Kwak, K. M., Chu, E. S., Kim, Y. S. and Kim, J. Y., 2005, A study on the characteristics of total heat exchanger under various conditions, Proceedings of SAREK, pp. 891-897.
4. KS B 6879:2003 Heat recovery ventilators.
5. KARSE B 0030-2003 Heat recovery ventilators.
6. JIS B 8628:2003 Heat recovery ventilators.
7. ASHRAE STANDARD 51-1999 Laboratory methods of testing fans for aerodynamic performance rating.
8. BS EN 308:1997 Heat exchanger-Test procedure for establishing the performance of air to air and flue gases heat recovery devices.
9. CSA C-439-88 Standard methods of test for rating the performance of heat recovery ventilators.