

## 환기관점에서 본 열교환 환기유니트

송준원<sup>†</sup>, 강일경, 김태희, 신용섭\*, 박재성\*, 최원영\*

현대건설(주)기술연구소, \*현대건설(주)기술연구소 위촉연구원

### Consideration of Heat Recovery Ventilator from Ventilating Standpoint

Jun-Won Song, Il-Kyung Kang, Tae-Hee Kim,  
Yong-Sup Shin\*, Jae-Sung Park\*, Won-Young Choi\*

**ABSTRACT:** On trends of 'well-being', heat recovery ventilators(HRV) are recently installed in high rise buildings. HRV is not energy saving instrument but ventilating one. But many people have not been aware of the accurate fact. In this study, performances of HRV are tested under foreign and domestic standards. Especially air-tightness is measured three times by using gas concentration method and pressing equipment. Net effective ventilating air volume is acquired by solving gas concentration equations. After research air-tightness and effective ventilating air volume must be more focused on than heat transfer efficiency to select the optimal HRV. Heat transfer efficiency must be adjusted by air-tightness results.

**Key words:** Heat recovery ventilator(열교환 환기 유니트), Air-tightness(기밀성), Effective ventilating air volume(유효환기량)

#### 1. 서론

실내의 오염된 공기, 부유먼지 및 VOCs, 포름알데히드 등을 감량시키고 신선한 공기의 공급을 위해서는 환기가 필수적이다. 그러나 주상복합이나 아파트 고층부에서는 창문의 개폐가 용이치 않아 자연적으로 적절한 환기량을 공급하는 것이 불가능하여 열교환 환기 유니트를 통해 인위적으로 환기량을 공급하고 있다. 일정농도법으로<sup>(1,2)</sup> 측정된 자연침기량은 동절기를 제외한 경우 보통 0.2회/h 미만으로 일반적으로 통용되는 필요 환기횟수 0.7회/h에는 부족하여 열교환 환기 유니트의 설치는 불가피한 실정이다<sup>(3)</sup>.

그러나 열교환 환기 유니트의 태생적 이유로 열교환 효율만을 중시하고 환기장치로서의 역할은 상대적으로 덜 중요하게 간주되고 있다. 공장

같이 대규모 공간에서 겨울철 상대적으로 열에너지가 많은 실내공기와 신기로 공급되어지는 실외 공기간의 열교환을 통해 폐열을 회수함으로써 난방에너지의 절감을 도모하고자 한 본래의 취지 때문에 소규모 공간인 공동주택에서 환기장치로서의 역할에 관한 고찰이 등한시되고 있다. 예를 들어 기밀성이 나쁜 제품일수록 오염된 공기가 재순환됨으로써 오히려 열교환 효율이 좋아지나 실제로는 거주자에게 독이 되는 모순이 발생하지만 이에 관한 지적은 이루어지지 않고 있다.

최근 들어 국내 관련규격이 규정한 가스누설율을 이용한 기밀성 평가가 주목되어지고 있으나<sup>(4)</sup> 고층부에서의 풍압, 해안가에서의 풍압으로 인해 주로 실외기실에 설치되는 열교환 환기유니트는 상당한 압력을 받고 있음에도 불구하고 가압장치를 이용한 기밀성 평가에 대해서는 관심이 적은 실정이다. 특히 전열 열교환을 목적으로 하는 전열타입의 환기 유니트는 풍압이 클 경우 얇은 종이 형식의 열교환 소재가 훼손됨으로써 환기가 아니라 독가스를 공급하는 장치로 변할 수 있다.

<sup>†</sup>Corresponding author

Tel.: +82-31-280-7388; fax: +82-31-280-7079

E-mail address: jwsong99@hdec.co.kr

또한 실내에 필요한 환기횟수를 맞추기 위해서는 자연침기에 의한 환기량을 제외하고 열교환 환기유니트가 공급하는 풍량 중 신선한 외기만을 의미하는 유효환기량으로 보상해주어야 하는 점을 인지하는 경우가 드물다.

이에 본 연구에서는 열교환 환기 유니트의 기밀성에 관하여 가스누설을 및 가압장치를 이용한 기밀실험을 통해 내, 외부 기밀성을 고찰하고 유효환기량의 중요성을 부각시켜 환기장치로서의 열교환 환기 유니트를 바라보는 새로운 시각을 제시하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 열교환 환기유니트 성능평가

국내에서 시판되고 있는 로터리형, 교류형, 축열형, 전열, 현열타입 등 열교환 환기유니트 7종에 대해 국내외 관련 규격에 따라 성능곡선, 가압성장치를 이용한 내·외부기밀성, 가스농도에 의한 누설율, 열교환효율, 유효풍량, 소비전력량, 소음 등의 성능시험을 수행하였다. 이 중 관심을 갖고 생각해볼 만한 부분만 기술하기로 한다.

### 2.1 열교환효율 성능평가

열관류율 장치의 Hot chamber에 열교환 환기유니트를 설치하고 실내조건에 해당하는 온습도를 조정하였고, Cold chamber를 실외로 묘사하여 각각의 경우에 대해 온습도를 조절하였다. 열교환 환기유니트의 4개 입구에 각각 온습도계를 설치하였다. 난방효율에 대해서 3가지 경우를, 냉방효율에 대해 1가지 조건을 산정하였는데 Table 1과 같다.

### 2.2 가스농도를 이용한 누설율과 유효환기량

누설율은 열교환 환기유니트내 배기량 중 급기

Table 1. Test Conditions for Heat Exchange Efficiency

구분	난방조건		냉방조건	
	운전단계	3단 / 3단		3단 / 3단
챔버온도 [°C]	실내측	실외측	실내측	실외측
	25	5, 0, - 5 3cases	20	35
상대습도 [%]	55	무관	55	40

로 열교환되는 공기량의 가스농도(CO<sub>2</sub>)비율로 결정하는데 본 연구에서는 CO<sub>2</sub>가스의 측정농도와 각 라인에서의 유량을 동시에 측정하여 가스농도의 누설율을 측정하였다. 가스농도는 오차를 줄이기 위해 최소 4,000ppm 이상으로 분사하였다. 열교환 환기유니트의 실제 유동을 단순화하면 Fig. 2와 같다. OA라인 혹은 RA라인에서 CO<sub>2</sub>를 분사하여 열교환기의 출입구에서 측정된 농도와 유량을 이용하여 가스농도 방정식을 풀면 각 입구의 농도값만 측정함으로써 누설율과 유효환기량을 구할 수 있다. Fig. 1은 측정모습이다.

### 2.3 가압장치를 이용한 외부기밀성

Fig. 3처럼 열교환 환기유니트의 공급부와 배기부 양쪽을 덕트로 밀봉하고 송풍기를 연결한 상태에서 일정 단계의 압력을 가한 후 환기유니트 케이스를 통과하는 공기유출입량을 측정하여 외부기밀성을 획득했다.

일반적으로 공급유량이 큰 제품일수록 외부로 누출되는 유량이 클 가능성이 높다. 따라서 각 제품의 정격 공기질량유량으로 표준화시키면 상대적 비교가 가능해진다.

### 2.4 가압장치를 이용한 내부기밀성

Fig. 4처럼 열교환 환기유니트의 공급부와 배기부간의 상대적인 차압을 100Pa로 유지시킨 상태에서 환기유니트 코아부분의 공기유출입량을 측정하여 내부기밀성을 측정했다. 역시 각 제품의 정격 공기질량유량으로 표준화시켜 상대적인 비교를 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 성능곡선에 관한 결과 및 고찰

각 제품의 최고단수의 성능곡선은 Fig. 5와 같다. 본 연구에서는 제품규격이 서로 달라 다양한 성능곡선이 도출되기 때문에 성능곡선에서 공급풍량만 살펴보는 것은 의미가 적다. 공급풍량은 완전한 외부의 신선한 외기(新氣)가 아니라, 누설되고 환원되는 공기까지 포함하기 때문에 공급풍량 중 순수한 신기만을 의미하는 유효풍량의 개념을 고려해야 한다.

또한 유효풍량 대비 기밀성의 비교가 요구된다.

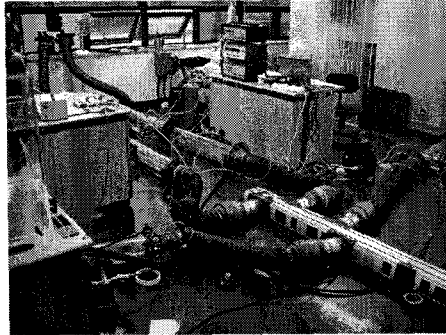


Fig. 1 Measurement of Gas Concentration

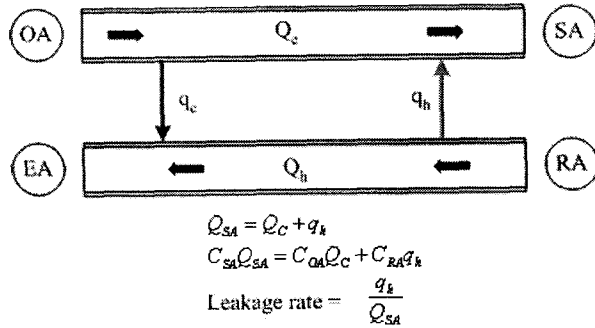


Fig. 2 Simplification of HRV Duct Flow

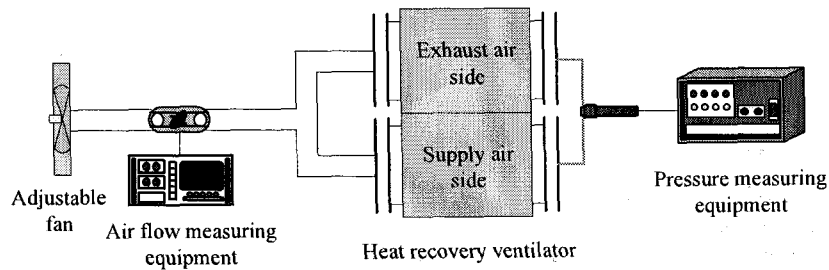


Fig. 3 Experimental Apparatus of External Leakage Test

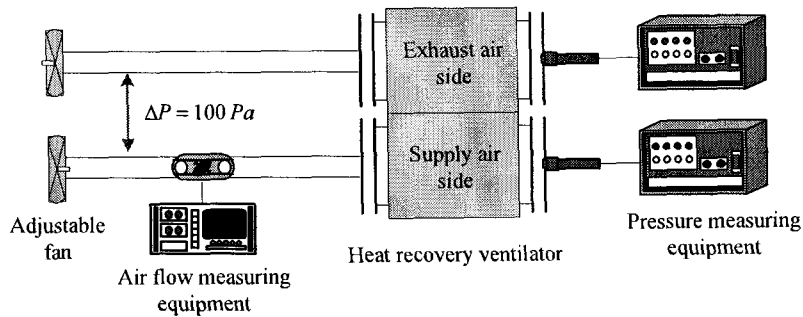


Fig. 4 Experimental Apparatus of Internal Leakage Test

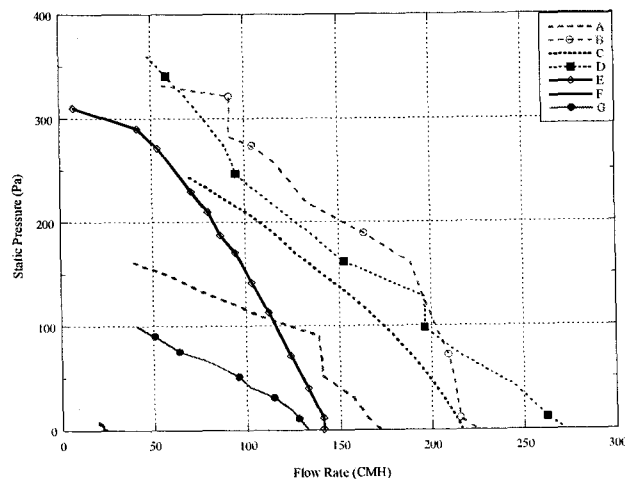


Fig. 5 Comparison among Performance Curves of All Company

### 3.2 열교환효율에 관한 결과 및 고찰

Table 2는 다음절의 기밀성 결과를 이용하여 SA부의 온도를 보정한 후 구한 열교환효율이다. 난방효율에서 Case 1은 실외측 온도가 5℃, Case 2는 0℃, Case 3은 -5℃를 의미한다.

열교환 형태는 크게 현열만 교환되는 현열타입, 현열 및 수증기 잠열을 교환하는 전열타입으로 구분된다. 결과의 일부분을 요약한 Table 2에서 볼 수 있듯이 전열타입이 현열타입보다 열교환 효율이 낮다고 볼 수 있는 근거는 없다. 전열타입 환기유닛 경우 현열효율이 낮은 제품이 많고, 전열타입 고유의 특징인 잠열효율 및 전열효율 역시 높지 않음을 알 수 있다. 이는 각 사별 제작 노하우에 따라 열교환 효율이 달라지는 것이지 열교환 타입에 따라 열교환 효율의 우수성이 달라지는 것은 아니라는 판단이 든다.

Table 2 Results of Heat Exchange Efficiency

구분	난방효율 [%]			냉방효율
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 1
현열효율	18.85	23.33	46.08	11.42
잠열효율	4.31	6.85	12.39	9.97
전열효율	11.13	14.42	25.78	10.80

(a) 전열타입(관형)

구분	난방효율 [%]			냉방효율
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 1
현열효율	76.01	73.94	81.35	68.78
잠열효율	29.16	34.54	32.92	29.75
전열효율	57.26	58.41	57.29	48.90

(b) 전열타입(회전형)

구분	난방효율 [%]			냉방효율
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 1
현열효율	76.01	73.94	81.35	68.78
잠열효율	29.16	34.54	32.92	29.75
전열효율	57.26	58.41	57.29	48.90

(c) 현열타입

구분	난방효율 [%]			냉방효율
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 1
현열효율	45.90	71.73	81.06	15.20
잠열효율	10.03	6.92	10.81	0.31
전열효율	29.08	37.20	42.21	7.74

(d) 교류형타입

열교환 환기유닛의 태생적인계상 열교환을 통해 난방 혹은 냉방부하를 감소시킬 수 있다고 생각하지만 열교환 효율이 우수하지 않음을 통해 열교환 환기유닛을 바라보는 관점이 에너지절감장치에서 환기장치로서의 역할로 바뀌어야 한다고 생각한다.

### 3.3 가스농도에 의한 누설율과 유효환기량

가스농도에 의한 누설율과 유효환기량 결과는 Table 3, 가압장치를 이용한 외부기밀성 결과는 Table 4, 내부기밀성 결과는 Table 5와 같다.

제품마다 규격이 다른데, 가압장치를 이용한 기밀성결과는 공급풍량이 클수록 누설이 클 가능성이 크다. 이러한 것을 보정하기 위해 각 제품의 정격풍량으로 표준화하였다.

본 연구에서는 유동저항을 10 ~ 13mmAq 정도로 설정하여 누설율과 유효환기량을 알아보았다.

Table 3에서 알 수 있듯이 유효환기량은 SA 풍량보다 적다. 공급풍량 SA에서 누설과 환원되는 값을 보정하게 되면, 실내로 유입되는 신기, 즉 유효환기량은 SA 공급풍량에서 20 ~ 30% 정도 감소하는 것을 주목해야 한다.

이점은 매우 중요하다. 만약 법령 등의 규제로 실내 환기횟수가 0.7회/h라면, 자연침기량이 0.2회/h라고 가정했을 때 열교환 환기유닛으로 공급해 줘야 할 풍량이 0.5회/h 정도 된다. 부족한 풍량을 업체에서 주장하는 공급풍량으로 고려할 것이 아니라 유효환기량으로 보정해야 한다.

가압장치를 이용한 내부기밀성 시험은 가스농도를 이용한 누설율 시험과 열교환 환기유닛의 내부계통의 기밀성을 시험한다는 점에서 일맥상통한다. 그러나 가압을 했기 때문에 기밀성이 더욱 악화되지만, 고층부에서의 풍압, 해안가 공동주택에서의 풍압 등 실제 상황을 묘사한다는 점에서 오히려 현실성이 좋다고 할 수 있다. 국내 관련 규격에서는 가압장치를 이용한 기밀성 평가에 대한 내용이 없는데, 이러한 점을 고려한다면 반드시 보정되어야 할 것으로 판단된다.

열교환기에서 열전달이 이루어지는 코어(core) 내에서 유동이 머무는 시간은 길지 않다. 따라서 수증기의 잠열을 이용한다는 것은 크게 무리가 있어 코어가 얇은 종이재질로 구성되어 파손될 가능성이 큰 전열타입보다는 현열타입의 열교환 소자가 환기관점에서는 좋을 것으로 판단된다.

Table 3 Results of Effective Ventilating Air Volume and Leakage Rate Acquired by Gas Concentration

항목	A	B	C	D	E	F	G
가스누설율 [%]	14.07	15.81	8.26	7.58	2.06	55.74	6.89
Q <sub>e</sub> [CMH]	131.00	139.33	125.82	150.82	125.72	8.24	76.01
SA 풍량 [CMH]	167.30	167.59	138.46	165.08	128.62	20.95	82.58

Note : Q<sub>e</sub> 유효급기(환기)량 : 실내로 유입되는 순수 외기량 (OA라인 CO<sub>2</sub>분사 case), 유동저항 : 18mmAq 일 때의 결과값

Table 4 Results of External Leakage

설정압력 [Pa]	누기량 [m <sup>3</sup> /h]						
	A	B	C	D	E	F	G
50	12.7	14.7	14.6	15.9	10.2	21.2	12.8
100	16.1	22.1	23.7	25.1	14.2	32.5	17.4
150	21.9	28.8	33.1	32.9	17.5	40.5	24.7
200	27.9	34.4	39.5	39.0	22.1	53.8	30.5
250	32.4	39.2	45.0	44.0	30.2	73.4	36.7
200	28.5	35.9	40.9	39.4	26.5	63.3	31.4
150	22.1	28.5	33.0	32.5	20.7	49.0	25.7
100	16.4	21.0	23.7	23.4	14.8	38.9	18.1
50	12.4	13.5	13.8	14.9	11.2	22.9	13.0
외부누설율[%]	21.0	23.4	32.1	26.7	23.5	349.5	44.4

Note : 외부누설율은 250 Pa 일 때의 누기량과 실내에 공급되는 SA 풍량의 비로 정의한다.  
내부누설율은 각 압력에서의 누기량과 실내에 공급되는 SA 풍량의 비로 정의한다.

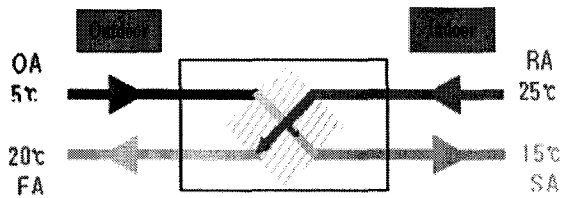
Table 5 Results of Internal Leakage

설정압력 [Pa]		누기량 [m <sup>3</sup> /h]													
양압	음압	A		B		C		D		E		F		G	
90	-10	69.5	73.2	55.2	57.2	92.8	108.0	62.7	76.6	51.7	58.9	37.4	41.0	56.0	68.0
80	-20	70.9	15.0	57.6	60.7	92.8	106.6	66.2	77.5	51.1	61.2	37.5	40.7	54.2	68.3
70	-30	72.8	76.8	31.2	62.6	96.4	109.5	67.7	78.5	50.5	62.8	39.7	43.0	54.6	73.7
60	-40	74.7	78.7	60.8	65.4	95.7	108.0	71.5	80.0	52.5	66.7	42.7	44.0	61.3	73.7
50	-50	76.6	77.9	65.3	66.4	96.0	106.8	73.5	82.2	57.9	66.0	44.1	46.5	62.5	75.4
40	-60	74.7	79.6	65.0	70.5	99.9	109.1	77.5	80.2	60.5	66.9	47.3	45.5	64.2	77.2
30	-70	77.7	81.7	69.2	69.3	102.2	109.1	77.8	84.9	60.5	69.1	79.8	47.6	68.1	78.7
20	-80	79.5	82.9	71.9	74.0	103.0	109.2	80.8	84.8	63.9	68.1	52.0	48.6	68.5	80.7
10	-90	81.6	85.3	71.3	75.0	104.2	113.0	83.6	85.3	64.8	72.2	54.9	51.2	71.6	79.8
내부누설율[%]		48.7	51.1	38.3	39.9	70.1	77.7	44.5	49.1	44.4	51.1	214.5	215.9	75.5	90.9

오히려 전열 타입의 경우 가압장치를 이용한 기밀성시험결과에서 알 수 있듯이 풍압으로 인해 기밀성이 떨어지거나 본래의 목적과 어긋나서 실내 거주자에게 해를 끼칠 수 있는 독성배출기계가 될 가능성이 크다는 점을 인지해야 할 것이다.

### 3.4 기밀성이 열교환 효율에 미치는 영향

열교환 환기유니트에서 기밀성을 중요시하게 판단해야 하는 또 다른 이유는 환기유니트 케이스 부분과 내부에서 발생하는 계통간 공기의 Mixing과 Leakage가 열교환 효율에 그릇된 영향



$$\xi_{\text{누설없음}} = \frac{(5-15)}{(5-25)} * 100(\%) = 50\%$$

$$\xi_{\text{누설있음}} = \frac{(5-17)}{(5-25)} * 100(\%) = 60\%$$

Fig. 6 Air Flow Distribution Diagram in HRV

을 미치기 때문이다. Fig. 6처럼 RA-EA계통에서 RA 공기 중 일부가 SA계통으로 누설되어 SA의 공기온도가 15°C에서 17°C로 상승했다고 가정할 경우 현열온도교환효율은 누설이 없을 경우의 50%에서 60%로 상승하게 된다. 누설공기로 인해 10%의 상승오차가 발생하게 되어 기밀성이 나쁜 제품이 더 우수한 제품으로 둔갑하게 되는 모순이 발생한다.

따라서 기밀성을 정확히 측정하여 계통간에 열전달 방정식에 대입한 후 SA부의 보정된 온도값을 구해 보정된 열교환 효율을 구하는 것이 중요하다.

이와 같은 이유로 열교환 환기유니트에서 기밀성이 차지하는 비중은 매우 높다. 관련규격에서는 기밀성이 공급풍량대비 10% 이내로 규정하고 있지만, 환기관점에서 본다면 3%이내의 제품을 선정하는 것이 바람직할 것이다.

열교환 환기유니트를 태생의 이유를 들어 ‘폐열회수기’라고 명명하는 경우가 많은데, 열역학적으로도 환기의 작동유체에는 폐열이 없다. 폐열회수라는 명칭 때문에 열교환 효율에 민감하였으나, 향후에는 ‘열교환 환기유니트’라고 통일하여 환기장치로서의 중요성을 더 부각시켜야 할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

열교환 환기유니트의 기계적 성능평가를 통해 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1) 열교환 환기유니트는 에너지 절감장치보다

는 환기장치로 간주되어야 한다.

2) 기계환기로 실내 환기횟수를 맞추기 위해서는 규정회수에서 자연침기량에 의한 부분을 차감한 후 유효환기량으로 필요부분을 보정해주어야 한다.

3) 유효환기량을 얻기 위해서는 기밀성 값이 필수적이다.

4) 가압장치를 이용한 기밀성평가가 현실반영성이 크므로 관련규격 등에 수정보완할 필요가 있다.

5) 기밀성이 떨어지는 제품일수록 독성가스 배출기계가 되고, 열교환 효율이 증가하기 때문에 기밀성이 우수한 제품을 선정하는 것이 필요하며 반드시 기밀성 결과로 SA부의 온도를 보정해서 열교환 효율을 보정해야 한다.

6) 폐열회수기라는 명칭대신 열교환 환기유니트라는 명칭으로 통일하는 것이 환기장치로서의 중요성을 보다 쉽게 인식할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 후기

본 연구는 한국건설경영협회의 주관으로 18개 건설업체와 신축공동주택 실내공기질 개선방안이라는 공동연구의 일환으로 수행되었으며, 이에 대해 관계자 여러분께 감사사를 드립니다.

#### 참고문헌

1. 유정연 외 2인, 2005, “초고층 건축물의 최적화된 설비시스템 설계를 위한 기초연구”, 한국생태환경건축학회 논문집, Vol. 5(1), 11-18
2. 정형호 외 6인, 2006, “공동주택 자연침기현상 측정연구”, 대한설비공학회 하계학술대회 논문집
3. 송준원 외 2인, 2005, “열교환 환기 유니트의 기밀성에 관한 고찰”, 한국실내환경학회 학술대회 논문집 제2권
4. 최준영, 2005, “폐열회수 환기장치의 성능평가”, 대한설비공학회 설비저널, Vol. 34(1), 28-36