

폐열회수 환기유닛의 인증제도 및 성능시험방법

본고에서는 한국설비기술협회에서 추진 중인 증인 폐열회수 환기유닛(Heat Recovery Ventilator)에 대한 품질인증제도의 추진배경 및 핵심적인 몇가지 인증표시항목에 대한 성능시험 방법에 관하여 소개한다.

한 화택

국민대학교 기계자동차공학부/편집이사(hhan@kookmin.ac.kr)

김경환

창원대학교 시설과

실내공기질 제어방법으로서의 폐열회수 환기유닛

우리가 주위 환경으로부터 섭취하는 물질에는 음식과 물 뿐만 아니라 호흡을 통하여 들이마시는 공기가 있다. 사람이 한번 호흡할 때 약 0.5리터의 공기를 들이마시며 대략 분당 20회 정도 호흡한다고 생각하면, 하루에 약 20kg 정도의 공기를 들이마시는 꼴이 된다. 하루 동안 마시는 물과 음식의 양이 2-4kg인 것을 감안하면 이보다 훨씬 많은 양이다. 그 중에서도 현대인은 대부분의 시간을 실내에서 생활하므로 실내 공기가 인체에 미치는 영향은 그만큼 크다고 하겠다.

인체에 무해하고 쾌적한 실내공기질을 유지하기 위해서 여러 가지 공학적인 제어방법이 사용되고 있다. 여기에는, 그림 1에서 보는 바와 같이 첫째 오염원의 발생을 제어하는 발생제어(source control) 방법,

둘째 공기중 오염물질을 제거하는 제거제어(removal control) 방법, 셋째 환기에 의하여 오염공기를 희석하는 희석제어(dilution control) 방법이 있다.

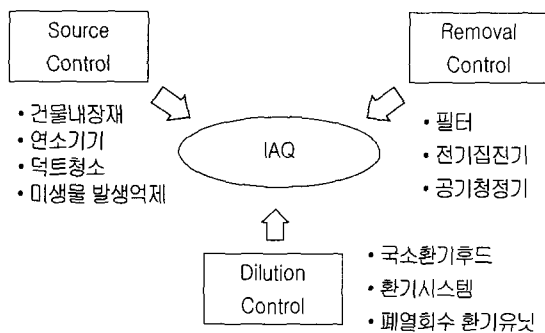
발생제어란 오염발생량을 줄이거나 발생원을 없애는 방법과 같이 오염발생 자체를 제어하는 방법이다. 예를 들어 유해물질방출이 적은 건축내장재를 이용한다거나 연소가스의 발생이 적은 연소기기를 사용한다거나, 또는 덕트 내 먼지를 청소하고 습도를 조절하여 미생물의 성장과 발생을 억제하는 방법 등을 말한다.

둘째, 제거제어란 일단 오염물질이 발생되어 공기가 오염된 경우에, 포함되어 있는 오염물질을 제거하는 방법을 말한다. 필터나 전기집진기로 공기 중에 포함되어 있는 먼지를 여과한다거나 공기청정기를 이용하여 오염가스를 일부 제거하는 것이 제거제어에 해당한다.

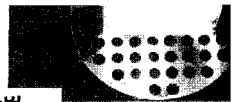
셋째, 희석제어란 환기를 말하는 것으로서 신선공기를 끌어들이므로써 실내오염공기를 치환하거나 희석하여 오염농도를 낮추는 방법을 말한다. 급배기 시스템을 이용하여 환기량을 제공하고 실내기류제어를 통하여 효과적으로 환기하도록 하는 방법이다.

현재 추진 중에 있는 친환경 건축자재의 품질인증 제도는 발생제어의 한 항목이고, 한국공기청정협회에서 시행중인 실내공기청정기의 품질인증제도는 제거제어를 위한 항목이라고 볼 수 있다. 또한 본 폐열회수 환기유닛의 품질인증제도는 세번째 희석제어 또는 환기제어의 한 항목으로 이해하면 될 것이다.

미국의 NIOSH(national institute of occupational



[그림 1] 실내공기질의 제어방법



safety and health)와 캐나다의 HWC(health and welfare canada)에서 수행한 조사연구에 의하면, 그림 2와 같이 실내공기오염의 원인으로 50% 이상을 차지하는 것은 부족한 환기 때문인 것으로 나타나고 있다. 문제가 없는 건물은 12~24%의 범위를 보이고 있을 뿐이다. 따라서 실내공기질 오염을 방지하기 위해서는 위의 세 가지 제어방법 중에서 적절한 환기가 가장 시급하게 이루어져야 할 조치이다.

그러나 환기는 실내공기를 외부공기와 교체하는 것이기 때문에 실내의 온도차가 큰 여름철이나 겨울철에는 송풍기 동력 이외에 많은 냉난방 에너지가 소비된다. 따라서 실내로 신선외기를 공급하면서 아울러 냉난방 에너지를 절감하기 위해서는 폐열회수 환기유닛이 매우 적절한 대안이 될 수 있다. 폐열회수 환기유닛은 열회수를 통한 에너지 절감 뿐 만 아니라, 급배기 풍량이 평형을 이룸으로써 밀폐된 공간에서 효과적인 환기가 될 수 있도록 한다.

폐열회수 환기유닛 품질인증제도의 추진 배경

국내의 대형건물에는 에너지합리화법에 의하여 이미 1980년도부터 폐열회수 환기장치의 사용이 의무화되어 왔으나, 소용량 제품에 대해서는 최근 들어 고급 주상복합 아파트에 채용되기 시작하면서 수요가 급증하고 있다. 공식적인 자료는 없으나 2003년도 국내시장규모가 약 1000억 정도로 추산되며,

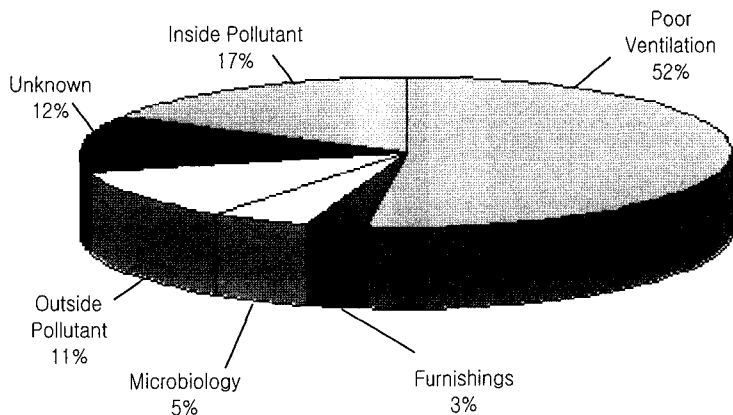
2005년도에는 3000~5000억 정도에 이를 것으로 예상되고 있다. 세계적으로는 현재 약 4조원, 2005년도에 약 6조원 정도로 추산되고 있다.

소용량 제품시장이 급속도로 성장하면서, 폐열회수 환기유닛을 생산하는 중소 전문업체들은 생산량을 늘릴 계획을 가지고 있으며, 대형 종합가전업체 뿐만 아니라 공기청정기, 공조설비, 보일러, 주방후드, 필터업체 등도 시장에 뛰어들 준비를 하고 있다. 또한 건설사 등은 폐열회수 환기유닛을 채용하기 위한 건물의 설계변경과 시공방법에 관한 방안을 모색하고 있다.

초기 시장에서 무엇보다도 중요한 것은 사용자에 대한 업계의 신뢰구축이다. 업체가 난립하게 되면, 과당경쟁을 하게 되고 그러다보면 성능 미달의 제품이 공급되기 시작한다. 폐열회수 환기유닛이 목적으로 하고 있는 에너지 절감과 환기성능을 담보하지 못한다면 사용자로부터 불신을 받게 되고 결국은 폐열회수 환기유닛의 시장은 설 자리가 없어진다.

따라서 업체간 성능향상을 위한 기술개발을 유도하고 소비자에게 성능에 대한 올바른 정보를 제공하기 위해서는 공인기관으로부터의 객관적인 품질인증제도가 필요하다. 또한 품질인증을 위해서는 성능 표시항목과 각 항목에 대한 표준적인 성능시험방법이 확립되어 있어야 한다.

폐열회수 환기유닛에 관련된 해외 규격으로는 유럽연합의 EN 305-307 규격이 있고, 미국에는 UL 1812, UL1815와 ARI 1060, 그리고 ASHRAE/ANSI



[그림 2] 실내공기오염의 원인

84 (Method of Testing Air-to-Air Heat Exchangers)가 있다. 또 일본에는 JIS B8628 (Air-to-Air Heat Exchangers) 규격이 있다.

관련 국내규격으로는 에너지관리공단에서 시행하고 있는 에너지고효율 기자재의 인증제도가 있다. 이는 에너지효율에 초점을 맞춘 것으로서 온도효율이 90% 이상, 엔탈피효율이 65% 이상으로 규정하고

있으며 난방모드에서의 성능만을 고려하며 누설률을 고려하지 않고 있다. 또한 한국표준협회에서는 폐열회수형 환기장치에 대한 KS규격을 마련 중에 있다. 주로 일본 JIS규격을 근간으로 하고 있으며, 송풍기 전력량을 고려한 에너지효율 개념을 새로이 정의하고 있다. 표 1은 국내외 규격을 비교하여 보이고 있다.

[표 1] 국내외 폐열회수 환기장치 관련규격 비교

항목		ASHRAE	ARI	EN	JIS	KS	
규격내용		공기대공기 전열교환기의 시험방법	공기대공기 에너지회수장치의 평가	열교환기의 성능 시험방법	공기대공기 전열교환기	폐열회수형 환기장치	
적용범위		열교환기의 성능시험	열회수장치의 성능시험	폐열회수기, 열교환매체, 재생기의 성능시험	패적공조용 전열교환기	2000CMH 이하의 열회수형 공기공급장치	
시험방법	풍량	피토관이송, 노즐방식	피토관이송, 노즐방식	덕트방식(피토관)	챔버방식, 덕트방식	흡입노즐방식	
	정압손실	열교환기 전후의 정압차	열교환기 전후의 정압차	급기측 및 배기측 압력강하	급기측 및 배기측 압력강하	급기측 및 배기측 압력강하	
	유효환기량	불활성가스	불활성가스(N ₂ O, SF ₆ , CO ₂)	불활성가스	이산화탄소 또는 불활성가스	이산화탄소 또는 불활성가스	
	열교환효율	덕트방식	덕트방식	덕트방식	2실방식, 덕트방식	2실방식, 덕트방식	
	결로	기준없음	기준없음	난방 6시간	냉방, 난방 6시간	냉방, 난방 4시간	
공기조건	냉방	실내 DB	최소온도차: 14℃ 최소습도차: 0.007kg/kgDA	23.9℃ (21.8)*	-	27±1℃	27±0.5℃
				17.2 (16.1)	-	20±1	19.5±0.3
		실외 WB		35 (35)	-	35±1	35±0.5
				25.6 (25.6)	-	29±1	24±0.3
	난방	실내 DB	최소온도차: 14℃ 최소습도차: 0.003kg/kgDA	21.1℃ (35)	25℃	20±1℃	20±0.5℃
				14.4 (19.4)	18	14±1	15±0.3
		실외 DB		1.7 (4.4)	5	5±1	7±0.5
				0.6 (3.9)	3	3±1	6±0.3
판정기준	풍량	판정기준없음	정격조건 95%이상	판정기준없음	임의서표시치의 ±10%이내	임의서표시치의 ±10%이내	
	정압손실	판정기준없음	정격조건 110%이하	판정기준없음	임의서표시치의 ±10%이내	임의서표시치의 ±10%이내	
	유효환기량	판정기준없음	정격조건 95%이상	판정기준없음	소: 정격 85%이상 중: 정격 90%이상 대: 정격 85%이상	정격풍량의 90%이상	
	열교환효율	판정기준없음	정격조건 95%이상	판정기준없음	임의서표시치의 90%이상	임의서표시치의 90%이상	
	결로	판정기준없음	판정기준없음	결로확인	절연저항 1M.Ω이상, 결로확인	결로수의 적하 및 외표면 결로상태	

* 괄호안은 1997년 이전내용임.



폐열회수 환기장치의 종류

폐열회수 환기장치 중에서 송풍기가 내장된 일체형을 일반적으로 환기유닛이라고 하고, 송풍기가 내장되지 않고 열교환매체와 기타 부품 등을 조립하거나 조합하여 현장 설치하는 것을 폐열회수 환기세트라고 정의하고 있다.

폐열회수 환기장치는 열교환매체의 동작상태, 열교환방식, 구조형태, 설치형태에 따라서 여러 가지 방법으로 분류할 수 있다.

(1) 열교환 매체의 동작 상태에 따른 종류

- 회전형 : 열교환매체가 회전하는 형태
- 정지형 : 열교환매체가 정지해 있는 형태

(2) 열교환기 방식에 따른 종류

- 판형 열교환식 : 환기되는 공기에 포함된 열은 판과 판 사이를 지나면서 외기와 환기에 위치한 열교환 매체를 가열하고 이 판의 열은 급기에 전달하는 방법
- 로터형 열교환식 : 환기되는 공기에 포함된 현열 및 잠열은 회전하는 로터에 흡수되고 로터의 회전 따라 급기쪽으로 이동하여 급기되는 공기에 열을 전달하는 방법
- 히트파이프형 열교환식 : 환기되는 공기에 포함된 열이 환기쪽의 작동유체를 가열하여 증발시

기면 증발된 작동유체는 급기쪽으로 이동하여 급기에 열을 전달하는 방법

- 모세 송풍기형 열교환식 : 모세 송풍기를 이용하여 환기코일을 통해 실내로부터 환기되는 공기중의 열만을 회수하여 급기에 열을 전달하는 방법
- 기타 : 위의 방식이외 열교환 방법

(3) 구조 형태에 따른 종류

- 덕트형 : 하나 이상의 덕트로 연결되는 구조
- 창문형 : 급기·배기를 덕트없이 벽에 거치하여 사용되는 구조

(4) 설치형태에 따른 종류

- 벽걸이형 : 벽에 거는 형태
- 상치형 : 바닥에 세워놓는 형태
- 천장형 : 천장에 설치하는 형태
- 천장 매립 카세트형 : 천장에 매립되는 덕트 말단부에 설치되는 형태
- 천장 매립 덕트형 : 천장에 매립되는 덕트의 중간에 연결되는 형태

폐열회수 환기유닛의 인증규격 및 시험방법

한국설비기술협회의 인증규격은 현장설치형이 아닌 공장에서 조립된 일체형 공냉 열교환식 공기공급장치 즉 폐열회수 환기유닛 중에서 정격전압이 600V 이하이고 정격풍량이 1500m³/h 이하의 비교

〈표 2〉 폐열회수 환기유닛의 품질인증항목

번호	항 목	성 능	시험 방법
a)	구조	구조 일반으로 육안으로 확인하여 판단함.	6
b)	풍량 및 기외정압	폐열회수환기유닛의 급기량으로 나타냄. 풍량조절장치가 있을시 조절할 수 있는 모든 풍량에서 측정.	7.2
c)	누설률	풍량조절장치가 있을시 조절할 수 있는 모든 풍량에서 누설률을 측정	7.5
d)	열교환효율	풍량시험은 제품이 풍량조절장치가 있을시 조절할 수 있는 모든 풍량에서 측정	7.3
e)	소비전력	소비전력시험은 정격주파수의 정격전압을 가한 후 시험. 풍량조절장치가 있을시 조절할 수 있는 모든 풍량에서 측정.	7.4
f)	소음	무향실에 설치하고 정격 주파수의 정격전압으로 운전후 시험. 풍량조절장치가 있을시 조절할 수 있는 모든 풍량에서 측정.	7.6
g)	결로시험	시험품 내측에 결로수의 적하와 본체 외표면의 결로수 상태를 육안으로 확인하여 판단함.	7.7

적 소용량에 대하여 규정하고 있다. 인증표시항목에는 온도효율, 습도효율, 그리고 엔탈피효율과 같은 열교환효율 뿐만 아니라 기외정압에 대한 정격 풍량, 누설률, 소비전력, 소음, 결로 등과 같은 핵심 성능항목을 포함하고 있다. 표 2는 인증표시항목과 성능을 나타내고 있다.

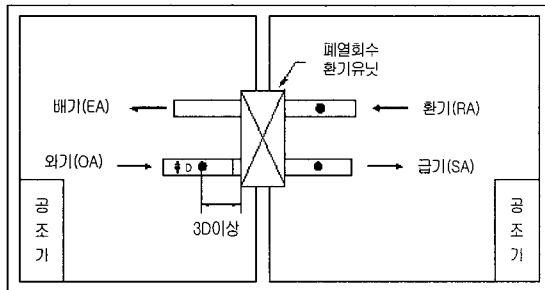
(1) 열교환효율 측정방법

폐열회수 환기유닛의 가장 중요한 성능은 배출되는 공기로부터 회수되는 에너지 비율을 나타내는 열교환효율이다. 여기에는 온도교환효율, 습도교환효율, 전열교환효율이 있다. 온도교환효율은 현열교환효율을 의미하고, 습도교환효율은 잠열교환효율을 의미한다. 또한 전열효율은 현열과 잠열을 모두 고려한 엔탈피 교환효율이다. 각각에 대한 정의는 다음과 같다.

$$\text{온도교환효율} : \eta_t = \frac{t_{OA} - t_{SA}}{t_{OA} - t_{RA}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{습도교환효율} : \eta_x = \frac{x_{OA} - x_{SA}}{x_{OA} - x_{RA}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{전열교환효율} : \eta_l = \frac{l_{OA} - l_{SA}}{l_{OA} - l_{RA}} \times 100 \quad (3)$$



[그림 3] 열교환효율 측정시험

<표 3> 열교환효율시험을 위한 실내외의 온습도조건

	실 내		실 외	
	건구 온도(°C)	습구 온도(°C)	건구 온도(°C)	습구 온도(°C)
냉방	27±0.5	19.5±0.3	35±0.5	24±0.3
난방	20±0.5	15±0.3	7±0.5	6±0.3

여기서 t는 온도[°C], x는 절대습도[kg/kg(DA)], 그리고 l은 엔탈피[kJ/kg(DA)]이며, 하첨자 OA는 외기, SA는 급기, RA는 환기를 의미한다.

그림 3과 같이 실내외 실의 온습도를 일정하게 유지한 상태에서 환기, 급기, 외기 덕트내의 온습도를 측정함으로써 온도, 습도, 전열교환효율을 계산한다. 송풍기 발열 등에 의하여 냉방시와 난방시의 열교환효율이 다를 수 있기 때문에 냉방조건과 난방조건 각각에 대하여 실험을 수행한다. 냉난방조건에 따른 실내외의 건구 및 습구온도조건은 표 3과 같다.

위의 열교환효율은 곁보기효율로서 환기유닛 내부에 누설이 발생할 경우에는 이를 고려하여 유효 열교환효율을 구하여야 한다. 곁보기효율과 유효 효율과는 다음과 같은 관계가 있다.

$$\eta_{\text{유효}} = \frac{\eta_{\text{곁보기}} - \eta_q}{1 - \eta_q} \quad (4)$$

여기서 η_q 는 누설률이다.

(2) 누설률 측정방법

폐열회수 환기유닛은 급기와 환기사이에서 열교환을 이루는 과정에서 공기 누설이 발생한다. 누설률이란 환기측에서 급기측 송풍기 사이에서 누설되는 공기량과 급기량의 비로서 열교환 효율에 지대한 영향을 미친다. 누설률 측정은 이산화탄소 또는 동일한 정도의 측정이 가능한 불활성가스를 추적가스로 사용한다. 환기 측에 추적가스를 주입하고 급기 측으로 회수되어 돌아오는 이행 비율이 곧 누설률이며 배경 농도 즉 외기농도가 영일 때는 환기덕트내의 농도에 대한 급기덕트내의 농도비로 구할 수 있다. 외기농도가 영이 아닐 때는 다음의 식으로부터 구한다.

$$E_G = \frac{C_{SA} - C_{OA}}{C_{RA} - C_{OA}} \times 100 \quad (5)$$

여기서 C_{SA} 는 급기 농도, C_{OA} 는 외기 농도, 그리고 C_{RA} 는 환기 농도이다. 그림 4는 누설률 측정을 위한 실험장치를 보인다. 측정시, 주입된 추적가스가 덕트내에서 균일하게 혼합되도록 혼합장치를 이용하며, 실외로 배기된 공기가 다시 외기에 혼합되어 환기유닛으로 유입되지 않도록 주의하여야 한다.

누설량은 환기유닛내에서 누설된 양을 나타내는



것으로 누설률에 급기량을 곱하면 구할 수 있다.

$$q = Q_s \times \frac{E_C}{100} \quad (6)$$

여기서, q는 누설량 (m³/h), Q_s는 급기량 (m³/h)이다. 또한 급기량에서 누설량을 빼준 값을 유효환기량이라고 한다.

(3) 결로 시험방법

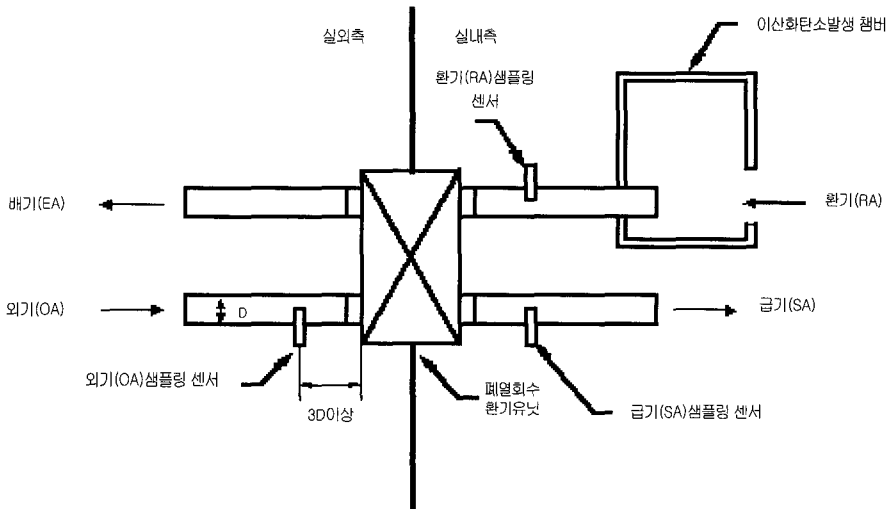
폐열회수 환기유닛은 온도변화에 따른 표면 또는 내부 결로가 발생하지 않아야 한다. 여름철에는 외기가 고온다습하여 급기측 덕트내부에 결로가 발생할 수 있으며, 겨울철에는 외부로 연결된 덕트나 환기유닛의 표면이 냉각되어 결로가 발생할 수 있다. 결로시험은 열교환시험과 동일한 시험장치를 이용

하되, 보다 가혹한 실내의 온습도 조건에서 수행한다. 냉난방상태시 실내외의 온습도조건과 운전상태 그리고 시험기간은 표 4와 같다. 시험기간 동안 폐열회수 환기유닛 내측에 결로수의 적하와 본체의 외표면의 결로수 상태를 확인한다.

기타 인증표시항목에 대한 세부적인 성능시험방법과 구체적인 인증절차 및 운영방법에 관해서는 한국설비기술협회의 공청회 자료를 참고하기 바란다.

결론

실내공기질에 대한 관심이 높아지면서 폐열회수 환기유닛에 대한 관심이 높아지고 있다. 폐열회수 환기유닛은 열회수를 통하여 에너지를 절감하고 급배기 풍량이 평형을 이룸으로써 밀폐된 공간에서 효



[그림 4] 폐열회수환기유닛 누설율 측정시험

<표 4> 결로시험을 위한 실내의 온습도조건

조건	분류	실내조건		실외조건		운전상태	시험시간
		건구온도(℃)	습구온도(℃)	건구온도(℃)	습구온도(℃)		
I	하계냉방상태	21±0.5	15±0.3	35±0.5	24±0.3	운전	2시간
II	동계난방상태	20±0.5	15±0.3	2±0.5	1±0.3	운전	2시간
III	동계난방상태	20±0.5	15±0.3	-8.5±0.5	-	정지	2시간

과적인 환기가 될 수 있도록 한다.

최근들어 폐열회수 환기유닛의 시장규모가 급속히 커지고 있다. 업체간의 과당경쟁을 막고 불량제품을 퇴출시켜 초기 시장을 건전하게 구축해 나가는 것이 무엇보다도 중요하다. 품질인증제도를 시행함으로써 사용자에게 공인된 성능정보를 제공하고 제품간 건전한 경쟁을 유도하여 성능향상을 위한 기술개발 및 제품개발을 유도할 수 있을 것으로 기대한다. 이를 위해서는 공급자와 사용자로부터 다양한 의견을 수렴하여 객관적인 성능시험방법과 합리적인 운영방법을 마련하여야 할 것이다. 또한 공인기관과 시험기관은 공정한 인증제도의 운영을 통하여 신뢰받는 인증제도로 발전시켜 나가야 할 것이다.

폐열회수 환기유닛의 품질인증제도를 통하여 궁극적으로는 국가적인 에너지 절감에 기여하고 쾌적한 실내환경 및 국민보건에 기여할 뿐 만 아니라 국제적인 제품경쟁력 확보에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. ARI 1060 : Rating Air-to-Air Energy Recovery

Ventilator Equipment

2. ASHRAE/ANSI 84 : Method of Testing Air-to-Air Heat Exchangers
 3. EN 305 Heat Exchangers: Definitions of Performance of Heat Exchangers and the General Test Procedure for Establishing Performance of All Heat Exchangers
 4. EN 306 Heat Exchangers: Methods of Measuring Parameters necessary for Establishing the Performance
 5. EN 307 Heat Exchangers: Guidelines to Prepare Installation, Operating and Maintenance Instructions Required to Maintain the Performance of Each Type of Heat Exchanger
 6. JIS B 8628 : Air-to-Air Heat Exchangers
 7. UL 1812 : Ducted Heat Recovery Ventilators
 8. UL 1815 : Nonducted Heat Recovery Ventilators
 9. 한국설비기술협회, 폐열회수 환기유닛 품질인증 공청회 자료, 2003. (주)