

국내 외기조건에서 폐열회수 환기장치의 성능에 관한 연구

김일겸^{1*}, 박우철²

A Study on Performance of Energy Recovery Ventilator under Outdoor Conditions in Korea

Il-Gyoun Kim^{1*} and Woo-Cheul Park²

요약 본 논문은 실내·외의 온·습도변화에 따른 효율변동을 고려하여 폐열회수 환기장치의 성능을 예측할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 국내의 외기조건에서 폐열회수 환기장치의 성능에 대한 기초자료를 얻기 위하여 고효율기자재 인증조건을 만족하는 풍량 250m³/h의 일본 M사의 제품을 선정하였다. 폐열회수 환기장치를 설치할 경우 서울은 난방부하 69.1%, 냉방부하 59.4%의 절감효과가 나타났고, 부산은 난방부하 66.4%, 냉방부하 59.6%의 절감효과가 나타났다. 동절기의 가습부하는 강릉이 3월에 0.737ℓ/h의 최대 가습부하가 발생하고, 하절기의 제습부하는 목포가 8월에 1.008ℓ/h의 최대 제습부하가 발생한다. 동절기에 남부지방과 동해안지역은 배기측에 응축 또는 응결이 발생하지 않으나 그 외의 지역은 발생한다. 따라서 남부지방과 동해안지역을 제외한 지역에서는 동절기에 배기측에 응축 또는 응결이 발생하지 않도록 방지책을 강구하여야 한다.

Abstract In this study, a simulation program has been developed to predict the performance of energy recovery ventilators for various indoor and outdoor conditions. In order to get a fundamental data about domestic air condition, the heat recovery ventilator is selected with the product of the wind quantity 250m³/h Japanese M companies which are satisfied at High Efficiency Certification Standards. At the case on which the heat recovery ventilator is established, heating load decreases by 69.1% and cooling load decreases by 59.4% in Seoul, and heating load decreases by 66.4% and cooling load decreases by 59.6% in Pusan. The maximum humidification load of winter or summer time with 0.737 ℓ/h or 1.008 ℓ/h occurred in March from Kangnung or August from Mokpo respectively. In Southern part region and East Sea of winter time, the condensation or frost on exhaust side dose not occurred on exhaust side, but the area of that outside is occurred. Therefore, the preventive measure from the area except a southern part region and the east coast area must be considered, in order to condense or frost not to occur on exhaustion side in winter.

Key Words : Energy recovery ventilator, Heating and cooling load, humidification load, dehumidification load, Condensation or frost

1. 서론

에너지절약을 위하여 공동주택의 설계는 고단열, 고기밀화로 이루어지고 있으나 이로 인하여 실내공간은 점차 밀폐적인 환경으로 변하고 있으며, 화학제품으로 이루어진 인테리어 소재들에 의하여 실내공기환경이 악화되어 이에 대한 대책으로 적절한 환기시스템에 대한 요구가 증가되고 있다.

이에 환경부에서는 2004년 5월 “다중이용시설등의 실내공기질 관리법”에서 유해화학 물질을 과다방출 건자재에 대한 사용제한과 2005년 12월 동법의 개정을 통하여 실내공기 중 유해화학물질에 대한 권고기준을 제시하였다.^[1,2] 또한 국토해양부에서는 “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 일부개정령”에 따르면 100세대 이상의 신축 또는 리모델링하는 공동주택에서는 자연환기를 원칙으로 필요환기량 0.7회/h가 확보되는 환기시스템의 도입을 의

¹강남필터(주), 인하공업전문대학 기계과

²강원대학교 기계자동차공학부

*교신저자: 김일겸(kimant64@naver.com)

무화하여 향후 공동주택과 다중이용시설의 실내 공기질 문제의 개선과 국민의 건강 증진에 크게 기여할 것으로 판단된다.^[3]

환기설비의 설치가 의무화됨에 따라 환기장치의 수요가 폭발적으로 늘어날 것으로 기대되어 최근에 국내에서는 환기에 의한 냉·난방 부하를 절감하기 위하여 폐열회수형 환기장치를 제조, 판매 및 시공하는 회사가 증가하고 있다.

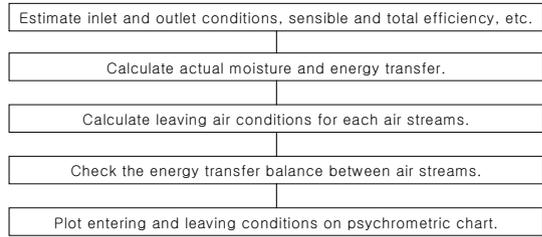
국내의 폐열회수 환기장치에 관한 연구는 실내·외의 온·습도 변화에 따른 성능변화에 관한 연구가 이루어지고 있고, 국외의 경우는 동절기 배기측(EA, Exhaust Air)의 응축 또는 응결현상에 대한 연구 및 환기에 따른 실내 습도부하에 대한 연구가 진행되었다.^[4-9]

그러나, 폐열회수 환기장치의 국내제조 및 설치의 역사가 짧아 설계데이터의 축적 및 설치시 문제점 등에 관하여는 많은 연구가 이루어지지 않은 상태이다. 또한 주요 부품인 열교환소자는 대부분 수입에 의존하고 있어 국내 기상조건에서의 효율성 및 문제점 등에 관하여 아직 검증되지 않은 상태이다.

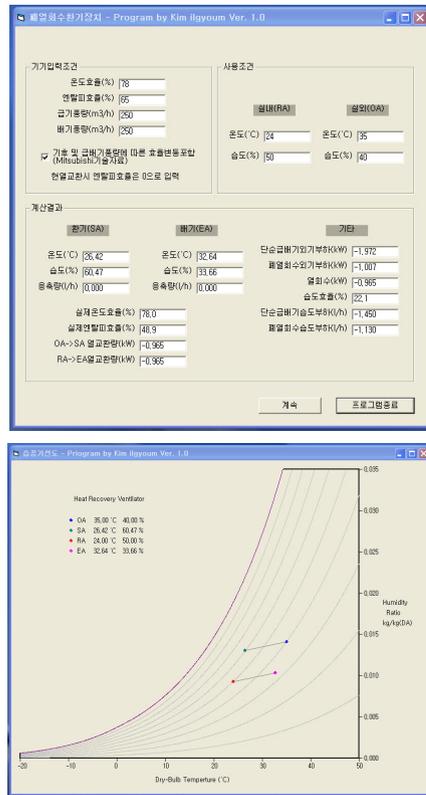
따라서, 본 연구에서는 실·외의 온·습도 변화에 따른 효율변동을 고려하여 폐열회수 환기장치의 운전조건에 따른 성능을 예측할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 이를 이용하여 일본과 우리나라의 시험조건에 대한 열효율과 에너지계수를 비교하고, 2006년도 우리나라의 각 주요도시의 외기온·습도 기상데이터를 적용하여 고효율 에너지 기자재 폐열회수환기장치의 운전에 따른 환기부하(열부하와 습도부하)와 동절기 배기측의 응축 또는 응결현상 등에 대하여 검토하여 제품설계의 기초자료로 활용하고자 연구를 수행 하였다.

2. 해석방법

실내·외의 온·습도가 실험조건과 상이할 경우 온도 효율은 변동이 거의 없으나 엔탈피효율은 변동한다.^[4] 따라서 실내·외의 온·습도변화에 따른 효율변동을 고려하여 폐열회수 환기장치의 성능을 예측할 수 있는 프로그램을 개발하기 위하여 일본 M사의 기술보고서를 근거로 실내·외 온·습도의 4변수로, 동절기의 난방시에는 2차 회귀방정식을, 하절기의 냉방시에는 선형회귀방정식을 도출하였으며 급·배기의 풍량이 다를 경우 효율변동이 발생한다. 그러므로 급·배기 풍량비에 따른 효율변동을 풍량비를 기준으로 다항식을 도출하여 프로그램에 포함하였다.^[10,14]



[그림 1] Flowchart



[그림 2] 프로그램 실행결과

그림 1은 프로그램의 흐름도를 나타낸 것으로 습공기 선도를 프로그램에 포함하였다.^[15,16] 그림 2는 프로그램의 입력(풍량, 효율, 실내·외 온·습도 등)과 계산결과(급·배기 온·습도 및 환기부하 등)를 나타낸 것이다.

일본 M사의 폐열회수 환기장치 -풍량 250 m³/h, 온도 효율 78%, 난방시 엔탈피효율 70%, 냉방시 엔탈피효율 65%, 소비전력 114W (제콤포다로그 데이터)- 를 검토대상으로 국내 실·내외 온·습도조건에서 폐열회수 환기장치의 성능에 대하여 검토하였다.

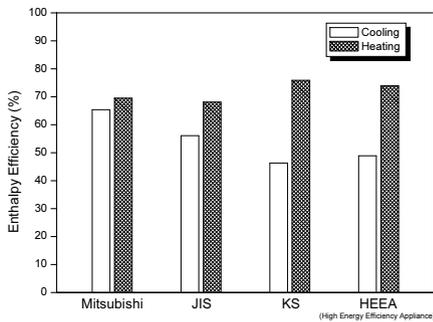
[표 1] 실험규격에 따른 실·내외기조건^[10-13]

Item		Indoor			Outdoor		
		Dry Bulb Temp.[°C]	Wet Bulb Temp.[°C]	Relative Humidity[%]	Dry Bulb Temp.[°C]	Wet Bulb Temp.[°C]	Relative Humidity[%]
MITSUBISHI	Cooling	26.5	22	65	34.5	31	75
	Heating	20.5	16	60	5	2.5	65
JIS B 8628	Cooling	27±1	20±2	53	35±1	29±2	64
	Heating	20±1	14±2	52	5±1	2±2	59
KS B 6879	Cooling	27±0.5	19.5±0.3	50	35±0.5	24±0.3	40
	Heating	20±0.5	15±0.3	59	7±0.5	6±0.3	87
High Energy Efficiency Appliance	Cooling	24±0.5	17±0.3	50	35±0.5	24±0.3	40
	Heating	22±0.5	13.9±0.3	40	2±0.5	0.44±0.3	75

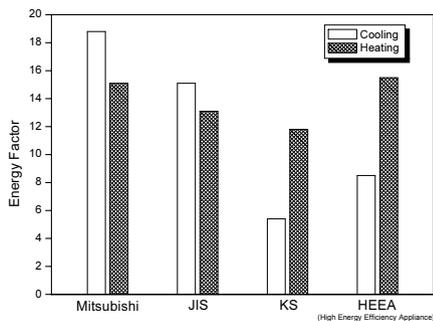
3. 결과 및 고찰

3.1 고효율에너지 기자재 검토

고효율 기자재에 적합한 폐열회수 환기장치가 되기 위한 구비조건은 유효환기량 90%이상, 유효난방 엔탈피효율 45%이상, 유효난방 엔탈피효율 70%이상, 냉방에너지 계수 5이상, 난방에너지계수 10이상 이다.



[그림 3] 실험규격에 따른 엔탈피효율



[그림 4] 실험규격에 따른 에너지계수

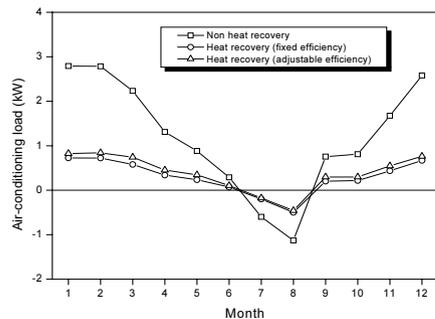
표 1에 나타낸 바와 같이 냉방인 경우에는 일본의 경우가 습도 차이가 크고, 난방인 경우에는 국내의 경우가 습도차이가 크기 때문에 엔탈피 효율과 에너지 계수가 냉방인 경우에는 일본이 유리하고 난방인 경우에는 국내가 유리하다.

그림 3과 그림 4에서 보는바와 같이 고효율에너지 기자재 실험조건에서 냉방시 엔탈피효율은 48.9%, 에너지 계수는 8.5이고, 난방시 엔탈피 효율은 74.0%, 에너지 계수는 15.5 이므로 고효율기자재 인증 조건을 만족한다.

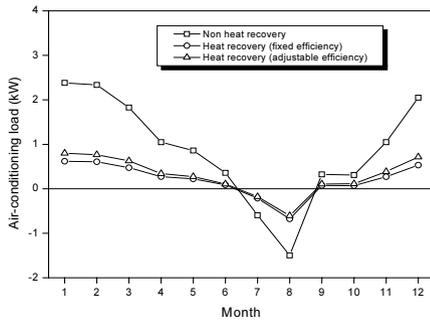
3.2 환기부하

3.2.1 열부하

실내의 온·습도는 동절기(1, 2, 3, 4, 11, 12월월의 6개월간)의 경우 22°C, 40%, 하절기(6, 7, 8, 9월의 4개월간)의 경우 26°C, 50%, 간절기(5, 10월의 2개월간)의 경우 24°C, 50%로 설정하였고, 외기의 온·습도는 2006년도 기상청 지역별 매시 자료를 이용하여 계산을 수행하였다. 대상지역은 중부지역과 남부지역의 대표적인 서울과 부산을 선정하였다.



[그림 5] 서울의 환기에 따른 열부하



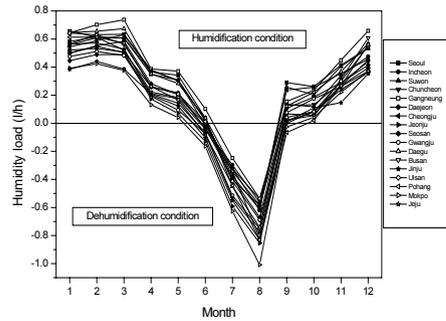
[그림 6] 부산의 환기에 따른 열부하

그림 5와 그림 6은 환기에 따른 월평균 냉·난방부하를 나타낸 것으로 ‘+’는 난방부하이고 ‘-’는 냉방부하이다. 냉·난방부하가 단순급·배기, 폐열회수 환기장치의 외기온·습도에 따른 효율고정 및 효율변동의 순으로 나타났다. 이는 외기의 평균 온·습도가 실험조건외 온·습도보다 높아 실·내외의 온·습도차이가 줄어들어 효율이 작아 효율변동이 효율고정에 비하여 냉·난방부하가 크게 나타났다. 이러한 현상은 중부지방보다는 남부지방이 크게 나타난다. 따라서 정확한 환기 열부하를 예측하기 위해서는 실내·외의 온·습도 변화에 따른 효율변동을 고려하여야 한다. 최대 냉·난방부하는 중부지방과 남부지방 관계없이 난방부하는 1월에, 냉방부하는 8월에 발생한다. 폐열회수 환기장치를 설치할 경우 서울의 경우는 난방부하 69.1%, 냉방부하 59.4%의 절감효과가 나타났고, 부산의 경우는 난방부하 66.4%, 냉방부하 59.6%의 절감효과가 나타났다.

3.2.2 습도부하

동절기에는 저온·건조하고 하절기에는 고온·다습한 우리나라 기후에서는 재실자의 건강을 위하여 실내의 적정습도를 유지하여야 한다. 환기장치를 가동할 경우, 실외 공기가 실내로 유입함으로써 인하여 동절기에는 가습을 하여야 하고 하절기에는 제습을 하여야 한다.

그림 7은 건축물의 에너지절약설계기준 중 냉·난방장치의 용량기준을 위한 설계 외기온·습도를 규정한 도시를 기준으로 월 평균 습도부하를 나타낸 것으로 ‘+’는 가습부하이고, ‘-’는 제습부하이다.^[17] 동절기의 최대가습부하는 강릉이 3월에 0.737ℓ/h이고 하절기의 최대제습부하는 목포가 8월에 1.008ℓ/h이다. 지역별로 가습부하 및 제습부하의 차이가 약 2배 정도로 크게 나타나 지역 또는 도시별로 가습기와 제습기의 설치시 용량을 달리하여야 한다.

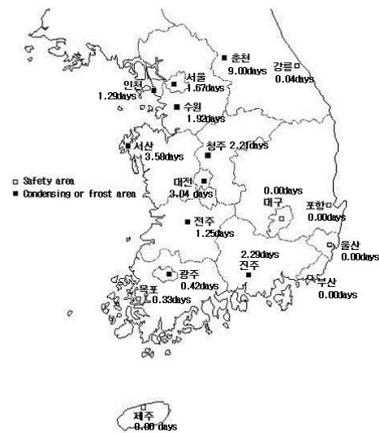


[그림 7] 주요 도시별 월평균 습도부하

하절기의 경우에는 냉방기 가동으로 인하여 제습효과가 발생하여 제습기를 별도로 설치하지 않아도 되지만 겨울철에는 가습기를 별도로 설치하거나 가습기능이 내장된 환기장치를 설치하여 가습부하를 담당하여야 할 것으로 판단된다.

3.3 동절기 응축 및 응결

실내·외의 온·습도차이가 클 경우 동절기에는 배기측에, 하절기에는 급기측에 응축 또는 응결이 발생한다. 우리나라의 기후조건에서는 하절기의 실내·외의 온·습도차이가 크지 않으므로 응축이 일어나지 않으나 동절기에는 응축 또는 응결이 발생한다. 응축 또는 응결이 발생하면 열교환 소자의 수명을 단축하고 열교환 성능을 저하시키므로 응축 또는 응결현상이 발생하지 않는 지역에서 폐열회수 환기장치를 사용하거나 방지대책을 강구하여야 한다.



[그림 8] 각 지역별 응축 또는 응결발생 현황 및 일수

그림 8은 건축물의 에너지 절약 설계기준에 의한 각 도시별 응축 또는 응결발생 지역을 나타낸 것으로 실외 온·습도 조건은 주요 도시의 난방장치의 용량설계를 위한 설계조건을 적용하였으며, 실내 온·습도 조건은 22℃, 40%로 계산하였다.^[17] 건축물의 에너지 절약 설계기준의 외기 온·습도를 적용하여 계산한 결과 남부지방과 동해안 해안지역은 응축 또는 응결현상이 발생하지 않으나 그 외의 지역은 응축 또는 응결이 발생한다. 2006년도 기상청 지역별 매시 온·습도 기상자료를 이용하여 계산한 결과 광주와 목포를 제외한 모든 지역에서 동일한 결과가 나타났다. 가장 많은 응축 및 응결이 발생한 지역은 춘천으로 년중 9일 동안 발생한다. 동절기 배기측의 응축 및 응결의 방지대책으로는 급기팬 가동중지, 따뜻한 공기 재순환, 급기에열, 열효율감소 및 급기 풍량감소 등의 방법을 제시하였다.^[18] 따라서 남부지방과 동해안 해안지역을 제외한 우리나라에서는 동절기에 배기측에 응축 또는 응결이 발생하지 않도록 현실적으로 폐열회수 환기장치에 적용 가능한 급기측에 예열기를 설치하거나 배기의 풍량감소 등의 방지책을 강구하여야 할 것이다.

4. 결론

실내·외의 온·습도 변화에 따른 효율변동을 고려하여 폐열회수 환기장치의 성능을 예측할 수 있는 프로그램을 개발하여 폐열회수 환기장치 운전에 따른 환기부하(열부하와 습도부하)와 동절기 배기측의 응축 또는 응결에 대하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 환기장치의 설치에 따른 정확한 환기부하를 예측하기 위해서는 실·내외의 온·습도 변화에 따른 효율의 변동을 고려하여야 한다.
- (2) 최대 냉·난방부하는 중부지방과 남부지방 관계없이 난방부하는 1월에, 냉방부하는 8월에 발생하며 서울의 경우는 난방부하 69.1%, 냉방부하 59.4%의 절감효과와 부산의 경우는 난방부하 66.4%, 냉방부하 59.6%의 절감효과가 나타났다.
- (3) 월 평균 습도부하는 동절기의 경우 강릉이 3월에 0.737ℓ/h의 최대 가습부하가, 하절기의 경우 목포가 8월에 1.008ℓ/h의 최대 제습부하가 발생하며, 지역별로 가습량 및 제습량의 차이가 약 2배 정도로 크게 나타났다.
- (4) 동절기에 환기시스템 가동시 남부지방과 동해안 해안지역은 배기측에 응축 또는 응결현상이 발생하지 않으나 그 외의 지역은 응축 또는 응결이 발생한다.

가장 많은 응축 및 응결이 발생한 도시는 춘천으로 년중 9일 동안 발생한다.

- (5) 환기시스템의 가동으로 인하여 발생하는 환기부하(열 및 습도부하)를 고려한 냉난방설비 및 습도조절장치의 설치가 필요하고 동절기에 배기측에서 발생하는 응축 또는 응결현상의 방지대책이 구비된 환기장치를 설치하여야 한다.

참고문헌

- [1] 환경부(2004), “다중이용시설등의 실내공기질관리법 시행규칙”, 환경부령 제156호.
- [2] 환경부(2005), “다중이용시설등의 실내공기질관리법 시행규칙”, 환경부령 제1896호.
- [3] 국토해양부(2006), “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 일부개정령”, 건설교통부령 제497호.
- [4] 배철호, 임영현, 드래바 굴로라, 박지열, 광경민, 주의성, 김영생, 김지용(2005), “운전조건에 따른 전열교환기의 성능특성 연구”, 설비공학논문집 제17권 제10호, pp. 891-897.
- [5] 이정재, 임병찬, 김환용(2005), “KS, JIS 열교환 환기장치 실험규격의 민감도 분석”, 설비공학논문집 제17권 제11호, pp. 998-1004.
- [6] 김광현, 이정재(2008), “전열교환 환기시스템의 외기 변화에 따른 성능평가 및 에너지평가를 통한 운전방안에 관한 연구”, 설비공학논문집 제20권 제1호, pp. 57-64.
- [7] E.G. Phillips, R.E. Chant, B.C. Bradley, and D.R. Fisher(1989), “A Model to Compare Freezing Control Strategies for Residential Air-to-Air Heat Recovery Ventilators”, ASHRAE Transactions 95(2), pp. 475-483.
- [8] E.G. Phillips, R.E. Chant, D.R. Fisher, and B.C. Bradley(1989), “Comparison of Freezing Control Strategies for Residential Air-to-Air Heat Recovery Ventilators”, ASHRAE Transactions 95(2), pp. 484-490.
- [9] C.G. Barringer and C.A. Mcgugan(1989), “Effect of Residential Air-to-Air Heat and Moisture Exchangers on Indoor Humidity”, ASHRAE Transactions 95(2), pp. 461-474.
- [10] MITSUBISHI(2006), “Lossnay Technical Report”.
- [11] JIS B 8628(2003), “Air to air heat exchangers”, JR AIA/JSA.
- [12] KS B 6879(2003), “폐열회수형 환기장치”, 한국표준협회.
- [13] 지식경제부 고시 제2008-11호(2008), “고효율기자재

보급촉진에 관한 규정”, 지식경제부.

- [14] 박성현(2003), “현대실험계획법”, 민영사.
- [15] ASHRAE Handbook - Systems and Equipment (2000), “Air-to-Air Energy Recovery”, ASHRAE, pp. 44.1-44.19.
- [16] ASHRAE Handbook - Fundamentals(2005), “Psychrometrics”, ASHRAE, pp. 6.1-6.17.
- [17] 국토해양부 고시 제2008-5호(2008), “건축물의에너지 절약설계기준”, 국토해양부.

김 일 겸(II-Gyoum Kim)

[정회원]



- 1988년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1990년 2월 : 인하대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 인하대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 - 현재 : 인하공업전문대학 기계과 겸임교수
- 2004년 3월 - 현재 : 강남필터(주) 기업부설연구소 연구소장

<관심분야>

열유체시스템설계 및 제어, 실내공기질관련 설비, 기계설비

박 우 철(Woo-Cheul Park)

[정회원]



- 1987년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1989년 8월 : 인하대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 인하대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 1997년 2월 - 현재 : 강원대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

지능형 구조물, 시스템설계 및 정밀제어, 진동 및 소음제어, 친환경 기계설비