



RESEARCH ARTICLE

주거용 건축물의 환기시스템 관련 제도 분석 및 개선 방향 제안 - 기계 환기시스템의 팬 에너지 절감을 중심으로

윤요선¹ · 조경주^{2*}

¹한국건설기술연구원 건축연구본부 전임연구원, ²한국건설기술연구원 건축에너지연구소 전임연구원

Analysis of Laws and Rating Systems on Residential Ventilators with Suggestion of the Direction to Improve the Energy Efficiency - Focusing on Fan Energy Saving of Heat Recovery Ventilators in Apartment Houses

Yun, Yo-Sun¹ · Cho, Kyung-Joo^{2*}

¹Research Specialist, Department of Building Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang, Korea

²Research Specialist, Department of Building Energy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang, Korea

*Corresponding author: Cho, Kyung-Joo, Tel: +82-31-995-0885, E-mail: kyungjoocho@kict.re.kr

ABSTRACT

Currently, laws and rating systems related to residential ventilation systems focus on improving indoor air quality and responding to fine dust problems rather than energy saving technologies. In terms of energy savings, the ventilation system of an apartment house has a large ripple effect because a system developed for an apartment house can be applied to several households at the same time. The purpose of this study is to analyze the laws, rules, rating systems, and existing literatures related to residential ventilators, and to derive a system improvement plan for reducing ventilation energy of residential buildings. Through the analysis of domestic policies, laws and rating systems related to residential ventilation systems, the performance standards were analyzed with energy-related provisions of mechanical ventilation systems applied in residential buildings. The basic performance of mechanical ventilation systems of residential buildings should comply with the Rules on facility Standards of Buildings. However, energy savings need not to be considered mandatory. For this reason, firstly through the analysis of existing research, room-by-room control and bypass control were derived as ventilation energy reduction technologies. and filed experiments were conducted to verify the technology. As a result of the field test, when the bypass mode was applied, it was reduced by 42~55% compared to the heat recovery ventilation mode. When room-by-room control is applied, fan power can be reduced by 8 to 49% compared to all-room control. In this study, based on the research results, improvement proposals for ventilation-related laws, rules and rating systems were proposed. It is to reflect the contents of room-by-room control and bypass control in the residential ventilation system.

주요어 : 주거용 건축물, 환기시스템, 환기관련 제도, 팬 에너지

Keywords: Residential buildings, Ventilation, Ventilation-related Systems, Fan Energy

OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2021 October, 15(5): 487-498
<https://doi.org/10.22696/jkiaeb.20210041>

pISSN : 1976-6483
eISSN : 2586-0666

Received: August 30, 2021
Revised: September 28, 2021
Accepted: October 25, 2021

© 2021 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

전 세계적으로 해결 방안을 고민 중인 기후 변화에 대응하기 위하여 2020년 대한민국 정부는 ‘2050년 탄소중립’ 목표를 선언하고(MOE, 2020), 다른 분야에 비해 상대적으로 경제 성장을 저해하지 않는 건물 분야의 온실가스 배출 저감을 위해 신축 건축물의 제로 에너지화를 법제화하였다(MOLIT, 2019).

건축물을 위한 에너지절약설계 가이드라인을 제공해주는 ‘건축물의 에너지절약 설계기준’을 보면 대한민국 정부가 건물 분야 온실가스 저감을 위해 10여 년 전부터 관련 기준을 강화해왔음을 볼 수 있다(Kim et al., 2020a). 건축물의 에너지절약설계기준은 2013년 그 적용 대상 범위를 연면적 3,000 m²에서 500 m² 이상으로 확대하였고 2018년까지 외피 단열 성능을 꾸준히 강화해왔다(MOLIT, 2018). 그 결과, 현재 신축 건물의 냉난방 에너지소요량은 과거와 비교하여 크게 줄어들었다(Shin et al., 2019).

주거용 건물의 경우 그 외피 단열 및 기밀 성능 기준이 패시브 하우스 수준에 이르렀는데 이는 환기를 위해 소요되는 에너지의 비율을 상대적으로 더 커지게 할 수 있다(Laverge et al., 2011). 1차 에너지 소요량 100 kWh/m²·yr 인 건물과 200 kWh/m²·yr 인 건물에 동일한 풍량 150 m³/h, 팬동력 55 W인 전열교환기를 적용해서 시뮬레이션 했을 경우, 환기에너지는 전자 약 28%, 후자 약 14%의 비율을 차지하게 된다¹⁾.

하지만 현재 주거용 환기시스템에 대한 기준 및 제도를 분석하면 에너지절약을 위한 기술이 제시되기 보다는 실내 공기질 개선, 미세먼지 문제 대응에 대한 항목이 의무나 권장으로 적시되어 있는 수준이다. 공동주택의 경우 그 특성상 에너지절약기술이 적용된 제품 하나가 여러 세대에 동시에 적용될 수 있어 그 파급효과가 큰 편이다.

따라서 본 연구에서는 현재 환기시스템 관련 법규 및 제도를 분석하고 주거 건물의 환기에너지 중 기계 환기시스템의 팬 에너지 절감을 위한 제도 개선방안을 도출하는 것을 목적으로 한다.

연구의 방법과 범위

본 연구는 환기에너지 저감을 목표로 주거용 기계 환기시스템의 에너지 관련 법규와 기준에 대한 개선안 제안을 위해 아래와 같은 순서로 연구를 진행하였다.

첫째, 환기 관련 국내 정책 및 제도 조사 분석을 수행하여 현재 주거용 건축물에서 적용하고 있는 기계 환기시스템의 성능 기준 및 에너지 관련한 조항을 살펴보았다.

둘째, 환기관련 기존 연구 분석을 통하여 환기시스템의 연구 동향을 살펴보고 관련 제도의 개선 방향에 대해 도출하였다.

셋째, 기존 연구 분석을 통하여 제안된 팬에너지 절감관련 기술의 검증을 위한 현장 실험을 수행하여 그 적용 가능성을 확인하였다.

넷째, 환기시스템의 팬 에너지 절감 수준이 검증된 기술에 대하여 기존 제도의 개선방향을 제안하였다.

1) 150 CMH/55 kW의 전열교환기를 사용한 기존 문헌(Kim et al., 2015)의 환기에너지 계산 값 28.4 kWh/m²·yr을 반영하였다.

환기시스템 관련 국내 법규 및 제도

주거용 기계 환기시스템 관련 정책 및 제도

최근 환기관련 정책의 방향은 환기설비 기준을 강화하여 건축물의 미세먼지를 줄이는 것으로 2019년 7월 발표되었다(MOLIT et al., 2019). 이는 미세먼지 실내 유입으로 인한 실내 공기오염을 저감하기 위한 방안이며, 대책의 주요내용은 환기설비 설치대상 확대, 환기설비 공기여과기 성능기준 강화, 환기설비 유지관리 실효성 제고, 기술개발, 지하철역사와 철도 역사에 대한 지원 확대가 주요 내용으로 실내로의 미세먼지 유입 저감이 그 목표이다. 이에 따라 「건축물 설비기준 등에 관한 규칙」도 2020년 4월 개정되어 10월 시행되었다. 개정 시행된 규칙은 환기설비를 설치해야 하는 주택의 범위가 100세대에서 30세대로 확대되었고, 공기여과기의 입자포집률이 40%에서 60% 이상으로 강화된다는 내용이다(MOLIT, 2020a).

주거용 건축물의 환기시스템에 관련한 제도는 건축법, 주택법, 녹색건축물 조성지원법 등이 있으며 세부적인 내용은 시행규칙이나 고시를 통해 상세하게 규정이 되어 있다(Table 1).

Table 1. Ventilation system related laws and regulations

Law	Rules	Notice
Building Act	Rules on facility standards of buildings	-
Housing Act	Regulations on housing construction standards	Construction standards for energy-saving eco-friendly houses Construction standards for health-friendly housing
	Rules for green building certification	G-SEED (Green Standard for Energy and Environmental Design)
Green Building Act	Rules for Building Energy Efficiency Rating Certification and Zero Energy Building Certification	Building energy efficiency rating and Zero Energy Building rating
	Enforcement Rules of the Green Building Act	Energy-saving building design standards

주택법 및 녹색건축물 조성지원법에서는 각 고시를 통해 의무규정 또는 인증과 관련한 내용을 다루고 있다. 인증은 해당 건축물의 우수성을 평가하는 것으로 의무 사항은 아니나, 세대수별 구분을 통하여 의무사항을 정하고 있다(Table 2).

건축물의 설비기준 등에 관한 규칙

건축물의 설비기준 등에 관한 규칙(이하 설비 규칙) 제11조에서는 공동주택 및 다중이용시설의 환기설비 기준 등에 대해 다루고 있는데, 30세대 이상의 공동주택은 시간당 0.5회 환기가 이루어지도록 하며, 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하도록 하고 있다. 기계환기설비 설치 기준은 별표 1의5에서 다루고 있으며, 환기설비 풍량, 횟수, 가동시간, 재료, 체계, 공기여과기 등 환기시스템에 대한 전반적인 사항을 규정하고 있다. 설비규칙은 일반적인 설치지침을 포괄적으로 제시하고 있으며, 각 세부 성능이나 시험기준에 대해서는 KS기준을 따르고 있다(MOLIT, 2020a).

Table 2. Ventilation- related systems for residential buildings

Categories	Construction standards for energy-saving eco-friendly houses	Construction standards for health-friendly housing	G-SEED	Building energy efficiency rating and Zero Energy Building	Energy-saving building design standards
Target	Over 30units	Over 500units	Over 500units	Over 3000 m ²	Over 500 m ²
Mandatory	Building energy efficiency rating level 1 or higher (Primary energy consumption less than 120 kWh/m ² .yr)	Installation of ventilation facilities among natural ventilation, mechanical ventilation, and mixed ventilation	Ventilation frequency of 0.5 times per hour	-	-
Optional	Evaluation : fan power, fan efficiency, outside air volume	-	1~3 grade optional	-	Install a waste heat recovery type ventilation system

에너지절약형 친환경 주택의 건설기준

에너지절약형 친환경 주택의 건설기준(이하 친환경 주택 기준)은 설비 규칙과 마찬가지로 30세대 이상을 의무대상으로 하며, 건축물 에너지효율등급 1등급(1차에너지 소요량 120 kWh/m².yr 미만)을 만족하거나, 설계조건을 만족해야한다. 환기시스템 관련사항은 의무사항은 아니며 전체 건축물의 에너지 소요량을 만족하면 기준에 적합한 것으로 본다. 친환경 주택의 성능수준을 평가대상단지의 에너지효율등급으로 산정할 경우, 관련 기준에 따라 환기장치의 팬동력, 팬효율 등이 포함되어 환기에너지 소요량 항목으로 평가될 수 있다(MOLIT, 2020b).

건강친화형 주택의 건설기준

건강친화형 주택의 건설기준(이하 건강친화형 기준)은 500세대 이상을 의무로 하고 있으며, 자연환기설비, 기계환기설비, 혼합형 환기설비 중 환기설비 설치하도록 하고 있다. 환기시스템 관련 사항은 별표3에서 규정하고 있다. 기계 환기설비는 설비규칙에 적합할 것을 의무 기준으로 제시하고 있으며, 고성능 외기청정필터를 갖추도록 하거나 플러쉬아웃 혹은 베이크아웃 등을 실시하게 하는 등 실내 공기질을 위한 기술 위주로 정리되어 있다(MOLIT, 2021).

녹색건축 인증기준

공동주택 성능등급 표시는 주택건설기준 등에 관한 규정에 따라 500세대 이상 의무로 받아야한다. 공동주택 성능등급 표시를 위해서는 녹색건축 인증기준을 받아야 하므로, 500세대 이상 의무대상으로 볼 수 있다.

녹색건축 인증기준(G-SEED)에서 환기관련 항목으로는 실내환경 분야에서 7.3 단위세대 환기성능확보 항목으로 평가하고 있다. 에너지에 대한 부분 보다는 실내공기질 향상이 목적에 있으며, 1~4급으로 구성되어 있다. 4급은 공동주택 성능등급 표시 의무 사항이기 때문에 필수로 적용해야 하며, 이는 설비 규칙에서 정하고 있는 바와 같이 시간당 0.5회의 환기회수를 확보하도록 하고 있다. 3급의 경우 건강친화형 기준을 적용하도록 하고 있으며, 2급은 세

대내 실내공기 오염물질 측정 및 환기 풍량 제어가 되어야 하며, 1급은 세대 내 실별로 실내공기 오염물질 측정 및 환기 풍량 제어가 되어야 한다(KICT, 2020; MOLIT et al., 2021).

건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지 건축물 인증 기준

건축물 에너지효율등급 인증(이하 에너지 효율 인증)의 의무대상은 3000 m²이상(녹색건축물 조성지원법 시행령)이며, 등급을 평가하기 위해 해당 건축물의 1차 에너지소요량을 산정한다. 건축물 에너지 효율등급 인증에 주로 사용되는 시뮬레이션 툴인 ECO2는 급배기팬 동력 및 압력손실 값의 입력이 가능하며 이를 통해 급배기팬 효율이 산정되고 이를 통해 환기에너지가 산출된다. 단, 전 공간을 스케줄에 따른 단일 전력, 단일 풍량으로 평가하기 때문에 IoT 제어나 실별 제어 등 제어 방법이 반영된 공간에 대한 에너지 절감을 반영하기는 어렵다(MOLIT et al., 2020).

건축물의 에너지 절약설계기준

건축물의 에너지 절약설계기준은 500 m²이상 의무대상으로 하며, 에너지효율 인증 1+이상을 받은 경우 적용 예외가 될 수 있다. 환기 기술 관련 의무사항은 없으며, 환기시스템관련 사항으로 폐열회수형 환기장치 또는 바닥열을 이용한 환기장치, 보일러 또는 공조기의 폐열 회수설비 설치 시 전체 외기도입 풍량합의 60% 이상적용 여부에 따라 최대 2점을 받을 수 있다(MOLIT, 2018).

이상에서 검토한 바와 같이 주거용 기계 환기시스템 성능의 기본적인 내용은 설비규칙에 준하게 하는 편이며 환기에너지절감 관련 조항이 별도의 의무 조항인 경우는 거의 없다. 설비규칙은 최소 환기량, 3단 제어, 고성능 필터, 운전 소음 등과 같은 최소 기준을 제시하는 것에서 멈추고 있으며 에너지절약에 대한 규정은 별도로 언급하고 있지 않다.

녹색건축 인증기준에서 의무사항 및 추가 가점사항을 포함하여 등급별 환기시스템의 설치 방향을 제시하고 있기는 하다. 하지만 녹색건축 인증의 에너지관련 기준에서는 건축물에너지효율등급이나 건축물에너지절약계획서를 이용한 평가방법에 의존하고 있고, 환기 관련 규정에서는 환기에너지 절약에 관한 기술 배점이 적극적으로 반영되어있지 않았다.

에너지절약형 친환경 주택 건설기준이나 건축물의 에너지절약 설계기준 역시 환기에너지 절감에 대한 조항을 포함한다고 보기 어려웠고, 건축물의 에너지효율등급 역시 팬 효율 이외에 별도의 팬 에너지 절감 방안을 반영할 방법이 없는 것으로 분석되었다.

환기시스템 관련 기존 연구 분석

개선안 제안을 위한 두 번째 단계로 환기시스템 관련 기존 연구 분석을 통하여 연구 동향을 파악하고, 관련 법규 및 제도에 적용할 수 있는 연구를 분석하였다.

국내 문헌을 살펴보면 환기시스템을 통한 에너지 절약에 관련된 연구는 1980년대부터 지속적으로 진행이 되어왔다(Lee, 1986). 초기에는 열회수 환기시스템을 통한 냉난방 에너지 절감 성능 위주로 진행되어왔으나 이후 기술의 발전에 따라 필터성능, 바이패스, 결로 성능 등 연구 분야가 세분화되어 진행되고 있다. 최근까지도 열회수형 환기시스템의 열회수에 대한 연구는 지속되고 있다.

환기시스템의 팬에너지를 절감하기 위한 연구로는 실별 환기시스템에 대한 연구가 있었다. Shin (2009)은 현행 환기방식의 문제점으로 세대별 전체공간을 대상으로 운전하게 되어 있어 전력소비량도 많고, 운전비용이 높다는 문제점을 지적하며 실별 제어의 필요성을 언급하였다. 또한, 실별 환기시스템이 세대별 환기시스템 대비 전력 소모량이 최대 64~82% 절약될 수 있다고 주장한 연구도 존재하였다(Cho et al., 2011). 이 실별 환기시스템은 최근까지도 연구되어오고 있는데(Cho et al., 2019; Lee, 2021) 각 실별 요구조건에 따른 실내공기질 개선으로 재실자의 쾌적성 향상 효과도 있었다.

또한 바이패스(By-pass) 제어를 통해 환기시스템의 팬에너지 절감이 가능한 것으로 확인되었다. 바이패스는 급배기 공기가 열교환기를 통과하지 않는 모드로 기내 정압이 낮아져 에너지절감이 가능한 시스템을 말한다. 중간기나 냉방기 일부는 외기조건에 따라 바이패스 제어하는 것이 공조 에너지 저감에도 효과적이며, 실내외 온습도차가 많은 난방기에는 실내 재실여부에 따라 전열교환모드를 적절히 적용하는 것이 에너지 절감적인 운영방법이다(Lee, 2016; Kim et al., 2020b). 또한 바이패스 제어를 이용한 환기장치는 에너지 절감 뿐 아니라 투자회수기간을 감소시킬 수 있다(Chistman et al., 2009; Zhang et al., 2014).

하지만 주거용 건물에 대한 바이패스 제어 관련 연구는 매우 드물었으며 비주거용 건물의 외기냉방에 관련된 연구가 대부분으로 실제 바이패스 제어 적용을 통한 팬에너지 저감 정도를 확인하기는 어려웠다(Hwang and Ahn, 2015; Kim et al., 2020b). 열회수 환기장치의 팬동력은 필터의 오염 시 메이커에서 제공하는 전력소비량보다 증가할 수 있으며, 고성능 필터의 적용 또한 팬동력 상승의 요인이 된다. 현재 초미세먼지 이슈 등으로 고성능 필터를 적용하는 주거용 환기시스템이 증가하고 있으므로 팬에너지는 예상보다 증가할 수 있다.

다수의 문헌을 통해 확인할 수 있듯이, 열회수 환기시스템은 환기시 버려지는 열을 회수함으로써 냉난방 부하를 최소화하여 에너지를 절감하므로 건물 분야의 온실가스 절감을 위해 꼭 필요한 시스템으로 판단된다. 또한, 이 열회수 환기시스템의 팬에너지를 절감하기 위해 실별제어와 바이패스 제어를 적용하는 것이 효율적임을 확인하였다. 팬동력의 경우 총풍량, 기내 정압, 기외정압 등에 의해 결정되기 때문에 기내정압을 낮출 수 있는 바이패스 모드와, 총풍량, 기외정압 등을 낮출 수 있는 실별제어는 효과적인 팬에너지 절감 방안일 것으로 판단된다.

국내 사례들의 경우 각각의 기술을 적용한 환기시스템의 사양이 다양하고 실험 분석이 드물며 본 두 기술을 복합적으로 적용한 사례가 존재하지 않았다. 또한 해외 사례의 경우는 국내 공동주택 현장과는 장비 성능, 법적 규제사항 등이 다르기 때문에 상호 비교가 어려울 것으로 판단되었다. 이에 국내 실제 공동주택에서의 현장 검증이 필요할 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 실별제어와 바이패스 제어를 팬에너지 저감을 위한 기술로 제안하며 이를 검증하기 위한 현장 실험을 실시하여 공동주택에서의 그 에너지 절감 정도를 확인하였다.

환기시스템 관련 에너지 절감 실험

주거용 환기시스템의 환기에너지 절감을 위한 방향으로 실별 환기와 바이패스 제어를 제안하기 위한 현장 실험을 실시하였다. 본 현장 실험을 위해 85 m² 타입의 거실과 침실 세 개로

이루어진 주택(Figure 1)을 실증 장소로 선정하고 실별 풍량 제어를 위한 모터 디퓨저와 바이패스 모드가 가능한 열회수 환기시스템을 설치하였다.

실험에 사용된 열회수 환기시스템은 내·외부 공기가 열교환기를 통과하는 열회수 환기모드(Figure 1(a))와 열교환기를 통과하지 않는 바이패스 모드(Figure 1(b))로 가동이 가능하며 두 모드는 댐퍼의 조절에 의해 유로가 변경된다. 바이패스 모드의 경우 실내외 공기의 열교환이 필요하지 않은 환절기에 사용되는 모드로 외기냉방을 통한 냉방부하 저감에도 효과가 있다.

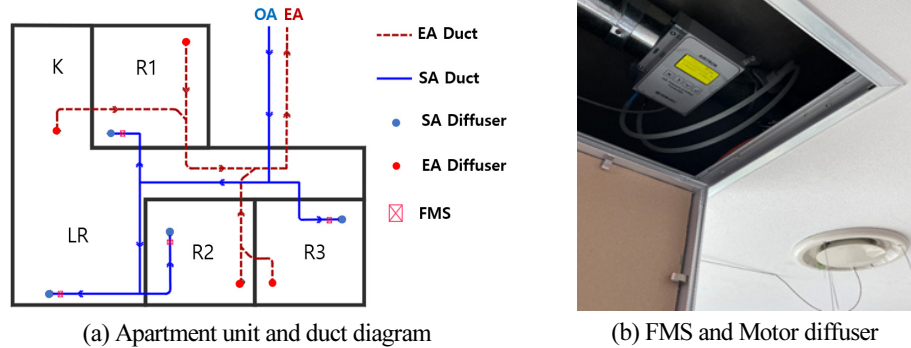


Figure 1. Apartment unit for experiments

각 실에 동일한 환기횟수의 풍량이 제공되도록 실험전 TAB를 실시하였으며, 실별 환기횟수 확인을 위해 각 실에 Flow Metering System(이하 FMS)를 설치하였다(Figure 1).

주거용 열회수 환기장치는 일반적으로 0.3Air Change per Hour(이하 ACH), 0.5 ACH, 0.7 ACH을 3단 제어 환기량으로 제공한다(Lee et al., 2021). 설비규칙에서 제시하는 최소 환기횟수가 0.5 ACH이고, 실별 환기 시 개별실의 풍량이 증가할 수 있는 것을 고려하여 0.5 ACH와 1.0 ACH 두 가지 풍량 조건에 실별 환기와 바이패스 모드를 적용하여 그 팬동력을 확인하였다. 실험실의 층고는 2.3 m로 0.5 ACH의 풍량은 98CMH이며 1.0 ACH의 풍량은 196CMH이다. 현장실험의 한계로 실별 환기횟수를 정확하게 맞추는 것이 용이하지 않아 약 5~10%의 차이는 조건에 합당한 것으로 하였다.

실별 제어를 통한 환기에너지 절감 검증을 위해 거실, 거실+침실1, 거실+침실1+침실2, 모든실 총 4 가지 경우를 선정하였고(Figure 2), 이 4가지 경우를 열회수 환기모드(HR Mode)와 바이패스 모드(BP Mode), 0.5 ACH와 1.0 ACH 조건에서 수행하여 총 16가지 경우의 실험을 실시하였다(Table 3).

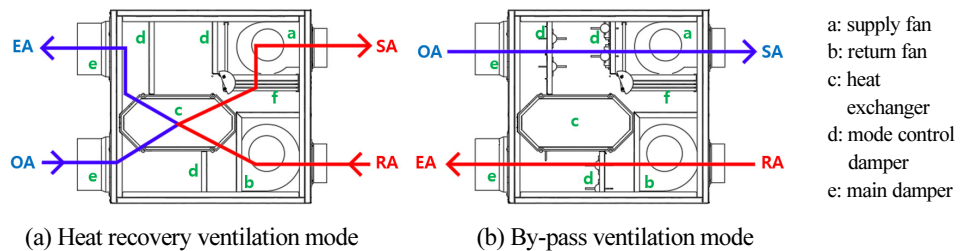


Figure 2. Heat recovery ventilation mode and by-pass ventilation mode

Table 3. Experimental results of BP mode application and room control mode application

	0.5 ACH		1.0 ACH	
	HR* Mode (W)	BP** Mode (W)	HR Mode (W)	BP Mode (W)
LK	26.4	16.4	43.0	25.0
LK+R1	37.1	21.2	54.4	27.3
LK+R1+R2	38.3	23.0	69.4	33.0
All	43.2	25.0	84.4	38.4

* HR : Heat recovery

** BP : By-pass

바이패스 제어를 통한 팬 에너지 절감

첫 번째로 0.5 ACH와 1.0 ACH에서 바이패스모드와 열회수 환기모드의 팬 동력을 비교하였다(Table 4). 팬 동력을 비교하기 위하여, 열회수 환기장치 사용대비 바이패스 모드 시 팬 동력 절감률에 대해 실별 비교하였다. 전실 가동을 기준으로 바이패스 모드 적용 시 0.5 ACH 일 때 42% 팬 동력 절감, 1.0 ACH일 때 55% 팬 동력 절감이 가능하였다. 이는 실별 제어에서도 유사한 경향을 보였는데 0.5 ACH의 경우 43~38% 절감, 1.0 ACH의 경우 42~55% 절감이 가능한 것으로 분석되었다.

Table 4. Fan Power (FP) comparisons of HR mode and BP mode

	0.5 ACH	1.0 ACH
	BP FP*/HR FP	BP FP/HR FP
LK	62%	58%
LK+R1	57%	50%
LK+R1+R2	60%	48%
All	58%	45%

* FP : Fan Power

실별 제어를 통한 팬 동력 절감

두 번째로 실별 제어를 적용했을 때의 팬 동력을 비교하였다(Table 5). 전실 환기를 실시하는 경우의 팬 동력을 100%로 보았을 때, 거실만 환기하는 경우 34~49%까지 팬 동력 절감이 가능하였으며, 방3 하나만 환기하지 않아도 8~18%까지의 팬 동력 절감이 가능하였다.

Table 5. Fan Power (FP) comparisons of Room control ventilation (RCV) and All room Ventilation (AV)

	0.5 ACH		1.0 ACH	
	HR RCV*/AV**	BP RCV/AV	HR RCV/AV	BP RCV/AV
LK	61%	66%	51%	65%
LK+R1	86%	85%	64%	71%
LK+R1+R2	89%	92%	82%	86%
All	100%	100%	100%	100%

* RCV : Room Control Ventilation

**AV : All Room Ventilation

위의 실험을 통해 공동주택 주거용 환기시스템의 실별 제어 및 바이패스 제어의 적용이 팬 동력 절감에 효과적이라는 기존 문헌의 결과를 확인하고 국내 대표적인 면적의 아파트 유닛에서 현장실험을 통한 팬 동력 절감 정도를 분석하였다. 바이패스 모드 적용 시 환기장치의 팬동력이 열회수 환기 모드의 42~55% 절감이 되었으며, 실별 제어 적용 시 전실 제어의 8~49%까지 절감됨을 확인하였다.

환기시스템 관련 국내 법규 및 제도 개선 방향 제안

기존 문헌과 환기시스템 실험을 통해 실별 제어와 바이패스 제어가 주거용 열회수 환기장치의 팬 에너지 절감에 효과가 있음을 확인하였다. 하지만 이전 섹션에서 언급한 바와 같이 현재 주거용 환기시스템 관련 기준에는 팬 에너지 절감에 대한 조항이 부재하다. 이에 환기에너지 절감을 위해 아래와 같은 개선안을 제안하고자한다.

1. 건강친화형 주택건설기준에서는 열회수 환기장치에 바이패스 기능을 설치하도록 하고 있지만 바이패스 제어의 팬동력 절감에 대해서는 확인할 방법이 없어 관련 기준의 추가가 필요하다. 또한, 실별 제어에 대한 사항은 언급되고 있지 않는데 효율적인 환기성능 확보 적용 방법에 실별 제어에 대한 기준을 추가할 필요가 있다.
2. 에너지절약형 친환경 주택의 건설기준 및 건축물 에너지 효율등급 인증기준에서는 에너지 효율을 평가하기 위하여 ECO2 프로그램을 사용하고 있다. 이때 실별 제어의 가능유무 입력 및 바이패스 제어 시 팬동력에 대한 입력이 가능해야하며 이 인풋데이터가 최종 1차 에너지 소요량에 반영될 수 있도록 프로그램을 개선할 필요가 있다.
3. 건축물의 에너지절약 설계기준에서는 환기장치 적용 시 2점을 받을 수 있으나, 실별 제어나 바이패스 제어 시 팬동력을 확인할 수 있는 제품을 적용할 때 추가 점수 부여에 대한 사항을 반영할 필요가 있다.
4. 녹색건축 인증기준에서의 환기성능 항목은 등급별 차등을 통해 실별 제어나 바이패스에 대한 사항을 포함하고 있다. 하지만, 해당 인증항목은 실내 공기질 향상이 우선 순위인 항목으로 환기에너지 절감에 대한 고려가 부족한 편이다. 환기시스템 에너지 절감이 가능한 항목의 신설이나 개정을 통해 적극적인 환기에너지 절감을 도모할 필요가 있다.

토의

기존 문헌에서 환기에너지 저감에 대한 실별 환기나 바이패스 제어 등 다양한 기술에 대한 가능성이 언급되고 있으나 현재 법규 및 기준들은 이에 대한 적용이 부족하다. 초미세먼지, 감염병 등 여러 환기관련 이슈로 환기에너지가 증가할 수밖에 없는 이 시점에서도 별도의 대책은 부재한 형편이다.

특히 바이패스 모드는 환절기 열회수 없이 외기를 실내로 유입하기 위한 모드로서 새로운 기술이 아님에도 불구하고 이를 강제하는 규정이 없어 환기를 위한 팬에너지 소요량 증가 뿐 아니라 환절기 실내 냉방부하 증가에도 영향을 미치고 있다.

IoT 기술에서 AI로 제어 기술이 나날이 발전하고 있고 이를 정책이나 기준 등에 반영하려는 연구가 활발한 이때(Lee, 2016; Seo and Park, 2019) 이 첨단 제어기술이 실별 환기 및 바이패스 모드와 연계될 경우 그 환기에너지 저감 효과가 클 수 있음에도 불구하고 관련 규정은 이를 언급하고 있지 않다. 이에 법규 및 제도에 이 환기에너지의 저감에 대한 개선안이 의무화 혹은 권장되는 것이 필요하며 특히 에너지 관련 가이드라인에는 환기시스템의 에너지 절감에 대한 상세한 규정이 필요할 것으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 주거용 환기시스템 관련 법규, 제도, 기존 문헌 등을 분석하고 주거용 건축물의 환기에너지 저감을 위한 제도 개선안을 도출하는 것을 목적으로 하였다.

첫째, 환기 관련 국내 정책 및 제도 조사 분석을 통하여, 주거용 건축물에서 적용하고 있는 기계 환기시스템의 성능 기준 및 에너지 관련 조항을 살펴보았다. 그 결과, 주거용 기계 환기시스템 성능의 기본적인 내용은 설비규칙에 준하게 하는 편이며 에너지절감 관련 조항이 별도의 의무 조항이 아닌 것을 확인하였다.

둘째, 환기관련 기존 연구 분석을 통하여 환기시스템 관련 연구동향 및 관련 제도의 개선 방향에 대해 도출하였다. 이를 통해 도출된 실별 제어와 바이패스 제어를 환기에너지 저감 기술로 도출하였다.

셋째, 문헌으로 확인한 환기에너지 저감 기술을 검증하기 위한 현장 실험을 실시하였다.

현장실험 결과, 공동주택 주거용 환기시스템의 실별 제어 및 바이패스 모드의 적용이 팬 동력 절감에 효과적이라는 기존 문헌의 결과를 확인하였으며, 팬 동력 절감 정도를 확인하였다. 바이패스 제어 적용 시 열회수 환기 모드 대비 42~55% 절감이 되었으며, 실별 제어 적용 시 전실제어 대비 8~49%까지의 팬 동력 절감이 가능한 것을 확인하였다.

위 내용을 바탕으로 건강친화형 주택의 건설기준, 에너지 절약형 친환경 주택의 건설기준, 건축물 에너지 효율등급 인증제도, 녹색건축 인증제도에서 환기시스템 관련하여 바이패스 적용과 실별 제어에 대한 개선안을 제안하였다.

본 연구에서는 주거용 건축물의 환기시스템 관련 제도 및 개선방향을 제안하였으며, 제도 개선에 대한 기초 자료로 활용 될 수 있을 것이다. 다만, 해당 제도들은 공동주택을 대상으로 하고 있어 다세대, 다가구 등의 주거용 건축물은 환기시스템 적용에 대한 사각지대에 놓여있다. 향후 연구에서는 다양한 주거 형태에 대한 환기시스템 적용에 대한 논의가 필요 할 것이다.

후기

이 논문은 2021년도 국토교통부의 재원으로 수행한 연구과제 결과의 일부임(과제번호: 21CTAP-C163641-01).

References

1. Cho, H., Choi, I.C., Pang, S.K. (2011). Prediction of Energy Consumption and Indoor Ventilation Performance according to Individual Room Control Ventilation System in Apartment House. *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*, 18(4), 411-418.
2. Hwang, J.W., Ahn, B.C. (2015). Effects of Control Methods of Outdoor Air Cooling System on Energy Consumption in Building. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 16(6), 4253-4259.
3. Kim, J.H., Sung, J.E., Kim, H.G., Park, D.J., Kim, S.S. (2020a). Improvement in energy performance of office buildings according to the evolution of building energy code. *KIEAE Journal*, 14(1), 101-111.
4. Kim, C.H., Kang, W.H., Park, M.K., Lee, K.H., Kim, K.S. (2020b). Energy Saving Optimal Operation Strategy for By-pass Control by Various Types of Energy Recovery Ventilator. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 32(7), 309-322.
5. Kim, K.T., Chun, C.Y., Kim, S.D. (2015). A Comparative analysis of energy performance according to the ventilation system in apartment house. *LHI Journal*, 6(4), 215-220.
6. Laverge, J., Van Den Bosshe, N., Heijmans, N., Janssens, A. (2011). Energy saving potential and repercussions on indoor air quality of demand controlled residential ventilation strategies. *Building and Environment*, 46(7), 1497-1503.
7. Lee, B.H., Kim, S.D., Jeon, J.Y. (2021). Assessment and management of indoor radon in apartment houses. *Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, 15(1), 26-34.
8. Lee, E.T. (2016). Regulations and Technology Trends of Ventilation Facilities for Apartment Houses. *Air Cleaning Technology*, 29(1), 32-42.
9. Lee, S.H. (2021). Application status of apartment ventilation system. *The Magazine of the SAREK, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating*, 50(3), 56-62.
10. Lee, S.K. (1986). Energy saving effect by total heat exchanger. *Refrigeration and air conditioning technology*, 3(11), 60-69.
11. Seo, J.H., Park, S.H. (2019). Ventilation system application technology to reduce indoor fine dust concentration. *Journal of the KGBC*, 20(1), 20-29.
12. Shin, H.J. (2009). Improvement measures to improve the effectiveness of ventilation facilities in apartment houses. *The Magazine of the SAREK, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating*, 38(6), 60-67.
13. Zhang, J., Fung, A.S., Jhingan, S. (2014). Analysis and Feasibility Study of Residential Integrated Heat and Energy Recovery Ventilator with Built-in Economizer using an Excel Spreadsheet Program. *Energy and buildings*, 75, 430-438.
14. Cho, D.H., Hyun, K.S., Kang, Y.I., Kim, J.W., Kim, J.B. (2019). Each Room Control Ventilation System with Air Cleaning Function. *The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea Conference Proceeding*, 113-116.

15. Shin, S.E., Choi, M.S., Ji, C.Y. (2019). An analysis of the policy effects and changes in energy amount in residential buildings by green building policy-Focusing on insulation standard and building energy efficiency rating system. Paper Presented at the Architectural Institute of Korea Spring Conference, 39, 567-568.
16. Christman, K.D., Haberl, J.S., Claridge, D.E. (2009). Analysis of Energy Recovery Ventilator Savings for Texas Buildings. Energy Systems Laboratory, <http://hdl.handle.net/1969.1/90860>.
17. Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT). (2020). Detailed Rules for Operation of G-SEED.
18. Ministry of Environment (MOE). (2020). 2050 Carbon Neutral Implementation System Operation, Press release, 2020.12.07.
19. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), Ministry of Environment (MOE), Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE). (2019). Significantly reduce fine dust in buildings by strengthening ventilation system standards, Press release, 2019.07.01.
20. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), Ministry of Environment (MOE). (2021). G-SEED (Green Standard for Energy and Environmental Design).
21. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE). (2020). Building energy efficiency rating and Zero Energy Building rating Energy-saving building design standards.
22. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2018). Energy-saving design standards for buildings, No. 2017-881.
23. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2019). The Second plan for Green buildings (20~24), Policy Report.
24. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2020a). Rules on facility standards of buildings.
25. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2020b). Construction standards for health-friendly housing.
26. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2021). Construction standards for energy-saving eco-friendly houses.