

실내공기질 향상을 위한 환기시스템 및 실내공기오염 간이평가기법

실내공기질의 향상과 쾌적한 거주환경을 확보하기 위하여 최근 적용되고 있는 환기시스템과 건축물의 실내공기오염 정도를 손쉽게 진단·평가할 수 있는 간이 평가기법 및 체크리스트를 소개한다.

이윤규

한국건설기술연구원 (yglee@kict.re.kr)

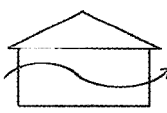

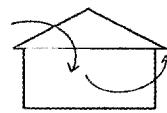
최근, 건축물의 기밀화 및 새로운 건축자재의 무분별한 보급 등으로 인하여 건축물의 실내공기오염이 보다 현실적인 문제로 대두되고 있다. 이러한, 실내공기오염 문제는 일반인들의 실내에 머무는 시간이 전체 거주시간의 80% 이상이며, 실내공기오염 문제가 밀폐된 공간내에서의 오염이라는 점에서 대기오염 등 지구환경 문제에 못지않게 우리의 일상생활과 건강에 직접적으로 영향을 미치는 매우 중요한 환경요소의 하나임에도 불구하고 이에 대한 인지도는 아직 충분하지 못한 수준에 머물고 있다.

실내공기오염은 건축물내에 다양한 오염발생원(sources)과 VOCs, HCHO, 라돈 등 유해한 오염물질(contaminants)이 존재하며, 각 오염원에서의 유해오염물질 방산정도(emission rate)가 실내외 환경조건, 적용 건축자재의 종류 및 공법, 환기설비의 특성 및 유형 등에 따라 큰 차이를 보이고, 각 오염물질에 대한 측정 및 평가방법이 대부분 고도의 전문기술과 고가의 측정장비를 요구하기 때문에 이에 대한 정량적 평가는 현실적으로 상당히 어렵다.

또한, 인체에 치명적인 영향을 줄 수 있는 오염물질이 건축물내에서 발생할 가능성이 매우 높음에도 불구하고 이에 효과적으로 희석 또는 제거할 수 있는 환기방법 등에 관한 설계지침이나 기술기준 등이 아직 체계적으로 정비되어 있지 못하다.

무엇보다도, 그림 1에서 보는 바와 같이 현재 매우 고기밀화된 실내공간내에서의 공기오염 저감을 위해서는 주요 오염발생원으로 작용하고 있는 건축내장재 등에 대한 적절한 선택을 통해 실내공간으로의 오염물질 방출자체를 억제하는 방법(source controls)과 병행하여 이미 발생되어 실내에 존재하

고 있는 공기오염물질을 건축물 외부로 신속히 배출하여 실내공기중의 농도를 저감시킴으로써 오염물질을 효과적으로 제어할 수 있는 적절한 계획환기 시스템을 채택하는 방법(ventilation)이 매우 중요하다고 할 수 있다.

<p>■자연환기 위주의 시기 예로부터 우리나라의 건축양식은 여름철에 나타나는 짙은듯한 더위를 막기 위해 효과적인 자연환기 대책을 적극적으로 고려하여 왔다. 이를 위해 최근까지도 건물의 개구부를 적절한 위치에 설치하여 실내와 실외의 공기교환이 효과적으로 이루어지도록 함으로써 건물내의 공기를 자연스럽게 바꿀 수 있는 "자연환기"가 가능한 평면과 구조로 계획하여 항상 신선한 공기를 확보할 수 있었기 때문에 실내에 오염된 공기가 머물지 않고 별도의 환기기기를 인위적으로 마련할 필요가 없었다.</p>	
<p>■기계환기가 요구된 시기 1970년대 에너지 위기는 국내 주거용 건물의 건축양식에 현저한 변화를 가져왔다. 우선, 냉난방시의 에너지 절약효과를 높이기 위해 알루미늄 샷시를 시작으로 새로운 건축자재를 적용하면서 자연환기 위주의 건축양식으로부터 일명 보온병 구조의 고기밀·고단열 주택으로 바뀌게 되었다. 또한, 프라이버시 문제가 요구되면서 고기밀·고단열화가 한층 더 진행되어 자연의 힘만으로 실내의 오염된 공기가 신선한 외기로 교체되기 어려워져, 결과 등으로 건축물이 손상되는 문제가 발생하여 주택에 있어서의 환기 대책이 주요한 실내환경문제가 되었다. 그 대책으로서 창을 열지 않아도 오염된 실내 공기를 외부로 배출할 수 있도록 환기 기기를 사용해 통풍과 환기를 실시하는 "기계환기"의 의식이 높아졌다.</p>	
<p>■계획환기의 시기 최근 건축된 고기밀·고단열 건물의 경우, 과거에 비해 약 3~5배 이상 기밀화가 진행되고 있다. 그로 인해 실내의 공기가 충분히 환기되지 않고 실내에 정체됨으로써 이산화탄소 등의 고전적 오염물질뿐만 아니라 건축 자재에서 방출되는 포름알데히드나 VOCs(휘발성유기화합물)에 의한 실내 공기 오염이 거주자의 건강을 저해하는 큰 문제로 대두되고 있기 때문에 24시간 지속적으로 환기가 이루어지는 "계획환기"가 필요하게 되었다. 최근에는 냉난방은 물론이고 조습기능이나 공기 청정, 열교환 운전도 할 수 있는 환기시스템도 등장함으로써 실내의 공기는 언제나 쾌적하게 유지하기 위한 환기방법이 시도되고 있다.</p>	

[그림 1] 환기개념의 변화

그러나, 환기량의 증가는 필연적으로 에너지소비량을 증가시키는 양면성을 수반하고 있기 때문에 이에 대한 환기에너지 소비를 줄이기 위해 전반환기(general ventilation)와 국소환기(intensive ventilation) 개념을 병용하는 혼합환기시스템(hybrid ventilation system) 등의 다양한 환기설비와 기법들에 대한 연구 개발이 시도되고 있다. 최근에는 실내의 대표적인 오염물질의 하나로 인식되어 온 CO₂ 센서등을 이용하여 실내에서의 환기 요구량 변화에 따라 효과적으로 환기량을 제어할 수 있는 DCV 시스템(Demand Controlled Ventilation System)¹¹⁾ 그림 2 등도 적용되고 있다.

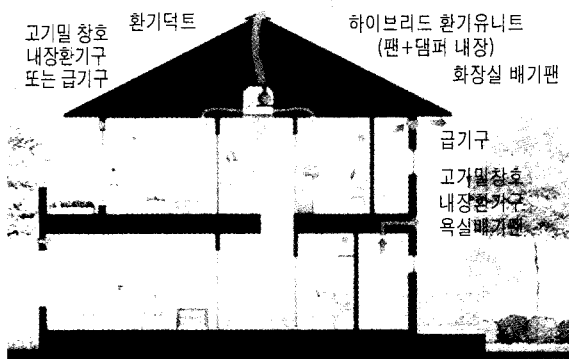
이러한 기존의 환기 시스템들은 상대적으로 다소 고가이며, 무엇보다도 건축자재에서 방출되는 오염물질과 같이 지속적인 오염원에 의한 실내공기오염을 제어하기에는 그 개념에서부터의 한계성을 내포하고 있다.

따라서, 건축자재 등에서 발생하는 오염물질의 양과 유해성이 점차 증대하고 있는 현재의 실내공기환경하에서는 오염물질이 실내에 누적되는 것을 방지하기 위해 오염원으로부터 연속적으로 발생하는 미량의 유해오염물질을 효과적으로 제거할 수 있는 24시간 常時小風量 換氣시스템 등의 채택을 통한 계획 환기방법의 적용이 바람직할 것으로 판단된다.

국내의 경우, 대상건축물에서 연속적으로 발생하고 있는 오염물질 배출량에 대한 기초자료의 부족 등으

로 인하여 주요 오염물질인 포름알데히드(HCHO), 휘발성유기화합물(VOCs)의 최소환기량 기준 설정이 아직 현실적으로 어려운 형편이고, 이를 해결할 수 있는 계획환기 기법과 지침이 미비한 상황이기 때문에 상시 소풍량 환기시스템이 극히 일부의 경우에만 적용되고 있는 실정이다. 한편, 근래에 들어 일부 정부부처를 중심으로 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙의 개정 등 일부 건축물의 실내공기질 유지관리를 위한 환기설비기준 제정을 위한 움직임을 보이고 있는데, 이를 기술적으로 뒷받침하기 위해서는 건축물의 특성상 계획 및 설계단계에서부터 실내공기 오염원을 줄일 수 있는 대책을 수립할 수 있는 계획 환기 및 간이평가방법의 정립이 필수적일 것으로 판단된다.

최근 5년간 실내공기환경 문제에 대한 연구가 가장 활발히 진행되고 있으며, 국가적 차원에서 대규모 연구지원이 이루어지고 있는 일본의 경우, 정부차원에서의 정책적 접근과 별도로 일본건축학회 실내화학물질 공기오염 조사연구위원회 산하의 IAPOC(Indoor Air Pollution by Organic Compounds)에서는 "실내화학물질 공기오염의 해명과 건강·위생거주환경의 개발"이라는 장기과제의 수행을 통해 실내공기 오염 저감을 위한 세부 수행기술과 관련지침을 개발하고 있다. 1998년 연구가 시작된 이후, 약 2,000개소가 넘는 건물에 대한 전국적인 실태조사 결과를 바탕으로 후생노동성과 연계하여 표 1에서 보는 바와 같이 2002년 현재 포름알데히드와 TVOC 및 20여종에 이르는 개별 휘발성유기화합물(VOCs) 등 실내공기 오염물질에 대한 농도기준치를 설정하였으며, 2003년까지 미량유해물질에 대한 농도기준치 설정

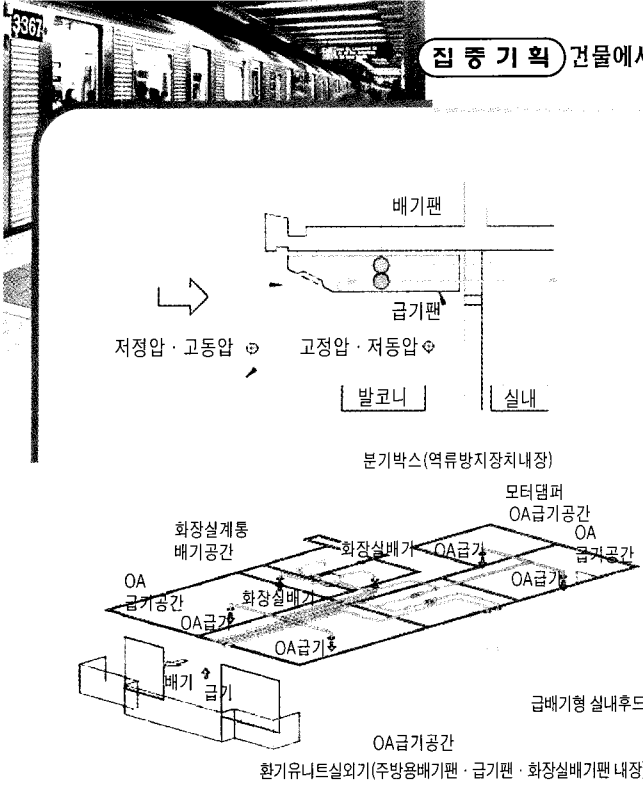


[그림 2] DCV 시스템의 예

주 11) 기존의 국내의 환기기준에 규정된 환기량을 만족시키기 위하여 현재의 공조 설비를 운전할 경우, 시간대별로 적정 환기량을 넘어 불필요한 만큼 과다한 기계환기가 이루어질 수 있기 때문에, 적정환기량을 확보하면서 에너지를 절약하기 위하여, 필요한 장소, 시간대에 요구되는 만큼만 환기를 공급하기 위하여 개발된 시스템으로 일반적으로 CO₂ 센서를 이용하여 실내의 CO₂ 농도를 감지하여 그 정도에 따라 환기량을 조절하는 환기시스템

<표 1> 일본의 실내공기오염물질 농도 지침치

※ 일본 휘발성유기화합물(VOCs) 농도 지침치 (후생노동성 : 2002. 1. 22 설정)	
■ TVOC	400 μ g/m ³
■ 포름알데히드	100 μ g/m
■ 톨루엔	260 μ g/m
■ 자일렌	870 μ g/m
■ 에틸벤젠	3 800 μ g/m
■ 스티렌	220 μ g/m
■ 아세트알데히드	120 μ g/m
■ chlorpyrifos	1.4 g/m
■ dibutyl phthalate	220 μ g/m
■ para-dichlorobenzene	240 μ g/m
■ petroleum hydrocarbon	330 μ g/m
■ diazinon	0.29 μ g/m
-	-
-	-



[그림 4] 24시간 상시소풍량 설비 시스템의 예

운전의 필요성, 계획적인 급배기 계획, 환기설비에의 열회수장치 설치 등 효과적인 환기설비의 설치와 적용을 위한 다양한 연구를 진행하고 있다. 다음 그림 4는 이러한 개념의 구체적인 적용 사례를 보여준다.

이외에도, 최근 주요 선진국의 관련 연구동향을 살펴보면, 실내공기오염의 저감을 위해 세부적인 기술과 지침개발, 관련 기준의 제정 및 지속적 보완에 연구의 초점이 맞추어져 있는데, 궁극적으로는 관련된 다양한 요소를 포괄적으로 해결할 수 있는 최적환기시스템의 개발 및 실용적인 환기지침 설정에 주력하고 있다.

실내공기질 (IAQ) 및 환기 (ventilation) 분야에 대해 선도적인 연구를 수행하고 있는 핀란드의 FiSIAQ (Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate)에서는 이와 관련하여 다음 표 2의 체

<표 2> 핀란드 FiSIAQ의 건강주택(Healthy Home)을 위한 체크리스트

1. 적당한 실내 온도는 건강한 주거생활을 유지하는데 도움이 된다. 이를 위해 겨울철에는 20-22℃ 정도의 적당한 온도를 설정하도록 한다.
2. 기계환기는 항상 가동되어야 한다. 적절하게 가동되는 기계환기는 실내 열 및 음환경에 큰 영향을 주지 않는 선에서 건물의 환기를 위해 적절한 수준을 유지하여야 한다.
3. 야간에는 침실 환기에 특별한 관리가 요구된다. 이는 방문 또는 창문을 일정만큼 열어 둘 수 있다. 침실의 유리에 생기는 결로에 의한 불충분한 환기의 결과이다.
4. 팬 또는 후드는 주방이나 화장실에 설치하며 필터는 매 2-3개월마다 청소한다.
5. 맞통풍은 주기적으로 공기를 순환하게 하는 가장 효과적 수단이다. 그러나, 너무 오랫동안 창문을 열어두어 에너지를 낭비하지 않도록 한다.
6. 불쾌한 냄새는 쾌적감을 저하시키고 실내공기가 건강에 나쁜 상태라는 증거이다. 따라서, 불쾌한 냄새의 원인을 찾고 이를 제거한다.
7. 건물의 마감면을 규칙적으로 청소한다. 이를 위해 간단하게 청소할 수 있는 마감재료를 선택하고, 벽과 벽 사이를 카펫이나 표면이 거친 자재로 마감하지 않는다.
8. 정기적으로 진공청소기의 필터를 교체한다. 가장 효과적인 해결책은 중앙집중식 진공청소 시스템이다. 공기중의 미세먼지입자를 제거하기 위해 진공청소를 실시한 후에는 반드시 환기하여야 한다.
9. 휴대용 공기 청정기는 대개 환기장치가 설치되어 있지 않은 방에 쓰인다. 휴대용 공기 청정기는 청소의 기능 및 유지에 용이한 것이어야 한다.
10. 실내의 건조함은 다양한 요인(높은 실내온도, 먼지, 포름알데하드 등)에 의해 발생할 수 있다. 이러한 문제의 해결을 위해 겨울철에 공기 가습기를 사용하는데, 증기 가습기가 가장 효과적인 방법이다. 가습기는 정기적으로 청소하고 물이나 젖은 표면에 사는 곰팡이 및 박테리아를 정기적으로 제거하여야 한다.
11. 실내 습도는 너무 높지(40% 이상) 않아야 한다. 그렇지 않은 경우 곰팡이와 진드기 발생의 원인이 될 수 있다. 결로가 벽, 창문에 발생하지 않도록 한다.
12. 젖은 물건은 곰팡이의 서식이나 부패 방지를 위하여 즉시 건조시키거나 새것으로 교체하도록 한다.
13. 건축물과 실내장식 재료들에서 방출되는 냄새를 제거한다. 새로 설치한 건축 마감재가 있는 실은 냄새가 희석될 때까지 자주 환기한다. 일반적으로 페인트의 냄새 입자들은 실내 표면에 비교적 장기간 남아있다.
14. 건물의 개보수 기간동안에는 건물내 거주를 피하며, 도장재료는 냄새가 나지 않는 수성페인트를 사용한다. 또한 접착제와 실런트의 사용을 최소화하며, 시공 중 습기가 실내에 정체되지 않도록 하고 오염된 공기의 흡입을 피한다. 개보수 공사기간 동안에는 지속적인 환기를 한다.
15. 만약, 자갈과 석재로 집을 지었다면 건물내의 라돈농도를 측정한다.
16. 실내습연을 삼가하며, 애완동물 등에 의한 알레르기예 주의하여야 한다.

체크리스트에서와 같이 「건강주택의 체크리스트 16항목」을 새로이 작성하여 보급 중에 있다. 체크리스트의 주요 내용은 ① 적당한 실내 온도도 유지, 환기시 유의사항, ② 후드·청소기·팬 등의 필터 및 가습기 관리, ③ 냄새 및 습기 발생요인의 제거, ④ 실내 마감재의 관리, ⑤ 시공 재료의 선택과 재료별 위해성 파악 등 주로 거주환경에서의 실내공기질 관리방안 및 환기대책에 대하여 다루고 있다. *