실내공기질의 관리

김신도/ 서울시립대학교 환경공학과 교수

1. 실내공기환경의 중요성

대기오염은 인류의 건강과 복지 뿐만 아니라 생존을 위협할 정도로 심각해진 우리세대가 당면한 환경문제 중의 하나이다. 특히, 우리 인간이 누리고 있는 문명이 발달함에 따라 실내에서 영위하는 시간이 점차로 증가하고 있으므로 실내공기질이 인간의 건강에 미치는 영향에 대한 관심 또한 매우 고조되고 있다.

실내에 존재하는 생활환경 혹은 작업환경의 대부분은 난방·취사·흡연·토양가스 등의 오염물 발생원을 내포하고 있다. 심지어는 인간·애완동물도 섬유상·입자상 물질, 유기증기, 미생물의 발생원이 되는 경우도 있다. 최근 들어 공기조화에 소모되는 에너지의 절약을 목적으로 환기량을 감소시키고 외기의 침입을 줄이기 위한 구조로 된 건축물이 등장하고 있다. 이로인해 실내공기에 존재하는 오염물질의 희석 및 제거가 더욱 어렵게 되고 있으며, 경우에 따라서는 실내공기가 외기보다 더 오염되어 있는 곳도 있다.

2. 실내에서의 환기

건축구조물내에서의 환기는 크게 2가지 의미를 갖고 있다. 첫째는 주로 건물의 내구성과 위생성을 위하여 습기를 제거할 목적으로 개방된 개구부를 통해서 환기를 하는 것으로 지붕이나 마루밑 등에 환기구를 설치하여 실시한다. 일반적으로 이를 통기, 통풍이라고 한다. 두번째는 체감기류나 실내공기의 청정을 위하여 혼탁해진 공기를 신선한 외기로 교환하는 것을 의미한다. 그러나 최근에는 외기가 대기오염에 의해 오염되어 있고 에너지절감을 위하여 건물이 기밀화되고 있으므로 환기하기 어려운 경우도 많다. 따라서 자연환기만으로는 안정된 환기량을 확보할 수 없으므로 송풍기, 후드, 덕트 등의 환기설비에 의해 필요환기량을 확보하도록 하여야 한다.

환기방식은 환기설비의 설치방식에 따라 1종, 2종, 3종으로 구분한다. 제1종 환기는 급기와 배기를 모두 기계설비를 이용해서 하는 것으로 설비비, 운전비가 많이 소요되는 단점이 있다. 그러나 가장 안정된 환기를 실시할 수 있으며, 급기량과 배기량을 목적에 따라 임의로 변동시켜 실내의 압력을 조절함으로써 실내의 공기를 완벽하게 통제할 수 있다. 제2종 환기는 급기는 기계설비를 이용하고 배기는 자연적으로 빠지도록 하는 방법이다. 이 방법은 실내의 압력이 정(+)압이 되어 다른 실에서의 공기의 침입이 없이 실내를 청정하게 유지하기에 편리하다. 제3종 환기는 배기를 기계설비를 이용하고 급기는 자연히 외부로부터 인입되도록 하는 방식으로 실내의 압력은 부(−)압이 된다. 따라서 외부에서 실내로 공기가 유입되므로 실내의 냄새나 유해물질을 다른 실로 흘려보내지 않는다. 주로 주방, 화장실, 욕실, 유해가스의 발생장소에 적합하

다. 그러나 배기된 공기가 외부에서 문제가 되지 않도록 유의하여야 한다.

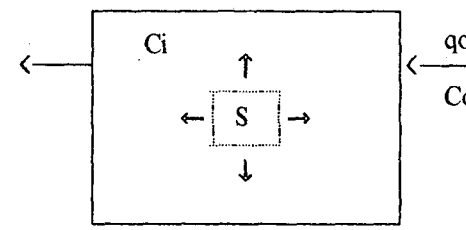
실제로 환기를 하는 경우에 있어서는 대상공간에 대한 필요환기량을 설계하게 된다. 일반적으로 구조물에 설치된 창문, 문 등을 모두 닫아도 약 1회/시간 정도가 되는 양의 공기가 각종 틈새를 통해서 환기된다. 따라서 위와같은 환기설비의 운전시 기계환기량은 쾌적한 실내공기질의 유지를 위한 필요환기량에서 자연환기량을 뺀 양이 된다.

건축구조물에서의 환기는 앞에서도 말한 바와 같이 여러가지 의미를 갖고 있다. 그중에서도 특히 실내공기질의 관리측면에서 최근 금연구역 등의 설정으로 그 위해성이 다소 감소는 하였으나 아직도 주목되고 있는 부분이 흡연에 의한 오염물의 발생이다.

3. 실내공기질의 예측 및 평가방법

일반적으로 실내에서는 일정량의 오염물질이 연속적으로 혹은 간헐적으로 발생하고 있다. 또한 실내환기를 목적으로 실내로 유입되는 공기중에도 오염물질은 포함되어 있고 외부로 배출되는 공기중에도 오염물질은 존재한다.

실내공기질의 예측 및 평가에는 여러가지 방법이 이용되고 있다. 그중 실내에서의 오염물질의 발생을 고려한 물질수지에 의한 방법이 많이 이용되고 있으며 다음과 같이 나타낼 수 있다.



$$V\frac{dCi}{dt} = kq_0Co - kq_0Ci + S$$

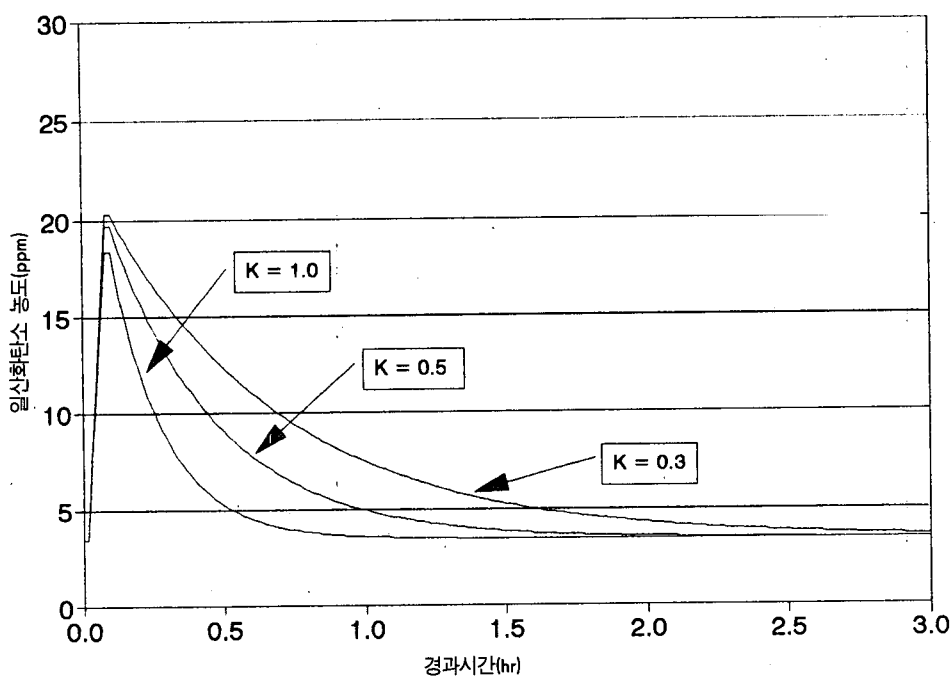
위의 식을 정리하여 다음과 같이 실내공기질의 예측에 이용하고 있다.

$$Ci = \frac{kq_0Co+S}{kq_0}\left[1-e^{-\frac{K}{V}q_0t}\right]+Cse^{-\frac{K}{V}q_0t}$$

Ci : 실내 오염 농도 ($\mu g/m^3$)
Co : 실외 오염 농도 ($\mu g/m^3$)
Cs : 오염물의 발생이 변하는 순간의 실내농도 ($\mu g/m^3$)
q_o : 실내로 유입되는 공기량 (m^3/h)
S : 오염 물질 배출량 ($\mu g/m^3$)
V : 실내용적 (m^3)
k : 혼합계수
t : 경과시간 (hr)

그런데 실내공기질의 예측에 적용되는 식들은 주로 실내에서 발생되는 오염물이 이상적으로 완전하게 혼합되는 경우를 가정한 것이다. 그러나 실제는 이와 같이 실내의 오염물질이 순간적으로 실내에 확산하여 완전한 혼합이 이루어지지 못하므로 'k'라는 혼합율을 도입하여 적용되고 있는 식들을 보정하는 경우가 많다. 일반적으로 혼합률 'k'는 0.33~1.0 범위의 값으로 사용되고 있다. Driva 등은 SF_6를 추적가스로 사용해서 재순환이 없는 단순한 유출입 환기만을 가정한 작은 방 ($V=41m^3$)에 대한 혼합률 'k'를 0.30~0.60 범위의 값으로 보고하고 있다.

여기에서는 혼합률 'k'를 0.3, 0.5, 1.0 (이상적 완전혼합상태)으로 가정해서 실용적 25m³의 공간에 대해 실내에서의 공기질을 예측해 보았다. 환기량은 공기조화를 하는 건물에서 일반적으로 적용하는 환기회수 4~6 회를 가정하여 5회 정도의 한기를 실시하였다. 일반적으로 1회의 흡연에는 5~6분 정도가 소요되는 것으로 보고되고 있으므로 여기에서도 이것을 적용하였으며 아래와 같은 결과를 얻을 수 있다.

모형내에서는 1회의 흡연에 의해 약 15~17ppm의 농도가 상승하고 있는 것으로 나타나고 있다. 그림에서도 볼 수 있듯이 이상적 혼합 (k=1.0)의 경우에는 1시간 전후가 되면 거의 모두 제거되나 k값이 작아질수록 오염물의 제고에 더 많은 시간이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 실내공기질의 예측에 있어서 다른 인자 못지 않게 혼합률 'k'가 오염물의 농도변화에 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

또한 작업환경내의 실내공기에 대한 연구결과에 의하면 기계설비에 의한 환기량(강제환기량)중 40~50%만이 실내에서 발생된 오염물의 희석 및 제거에 유효하게 작용하고 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 일반적인 실내의 경우에 있어서도 기계설비에 의한 환기시 그 효율에 대한 고려가 있어야 할 것으로 생각된다.