

# 실내공기환경(IAQ)과 커미셔닝에 관한 고찰

실내 공기오염인자, 오염원인, 각국의 실내 공기환경의 기준을 알아보고 IAQ 커미셔닝 기법의 절차와 체크리스트에 대해 소개하고자 한다.

윤 동 원

### 머리말

대부분 시간을 인공환경(man made environment)에서 지내고 있는 현대인은 하루중 거의 80 - 90 % 이상을 실내의 인공환경에서 생활하는 것으로 조사되고 있어 외부의 환경보다 실내의 인공적인 환경이 우리 생활에 더 큰 영향을 미치고 있다. 실내공기환경은 이산화탄소, 일산화탄소, 질소산화물 등의 가스성분과 공기 중에 떠다니는 부유분진, 각종 미생물 등의 공기질 요소와 온도, 습도, 기류, 복사온도 등의 온열환경 요소의 영향을 받게된다. 최근 대기오염의 심각성과 더불어 실내 공기환경에 관한 관심도 매우 높아지고 있으며, 건물의 재실자들은 좋은 실내환경에서 거주하고 싶은 기대감이 증가되면서 실내환경 개선을 위한 노력과 함께 그 중요성을 새로이 인식하고 있다.

건물의 환기는 실내의 공기환경을 쾌적하게 유지하기 위한 중요한 역할을 한다. 각종 오염물질을 제거하거나 희석하기 위한 수단으로 환기설비가 설계되고, 건물의 환기는 필연적으로 많은 에너지를 소비하게 된다. 실내의 오염물질을 제거하기 위한 환기의 필요성과 이로 인한 에너지의 소비와 냉난방 에너지소비량의 절감을 위한 환기량의 제한으로 인하여 발생하는 불쾌적감의 증가와 같이 서로 상반된 요구가 대두되고 있다. "인간에게 쾌적하고 보건.위생상의 안전한 공간의 창출"이라는 근본적인 요구를 충족시키기 위하여 건축물에서 요구되는 실내 공기환경에 대한 특성과 환기

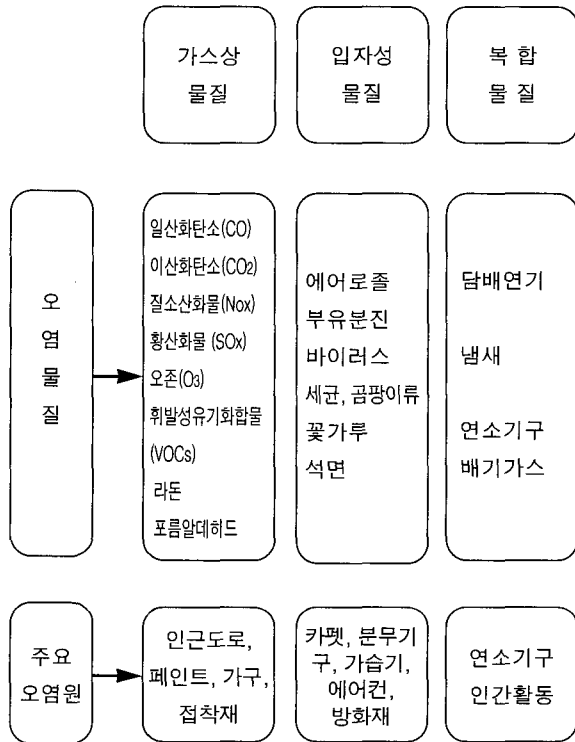
성능에 대한 IAQ 커미셔닝기법이 요구된다.

실내공기환경(IAQ) 커미셔닝이란 실내공간을 쾌적하고 건강한 환경으로 조성하기 위하여 공기조화설비, 환기설비, 자연환기 등 건물에 적용된 각종 공기환경 개선을 위한 설계기법이 설계단계나 시공과정, 유지관리나 운전과정에서 설계자가 의도한 바와 같이 그 성능을 확보할 수 있는 가를 확인하기 위한 일련의 검증과정이라고 할 수 있다. 이러한 IAQ커미셔닝은 건물의 재실자에게 단순히 실내환경의 설계에 대한 확인과 검증을 위한 것만이 아니라 IAQ 영향인자 등을 적극적으로 관리하고 쾌적하고 건강한 실내환경을 보장할 수 있는 방법론이란 점에서 전체 건물에 대한 빌딩커미셔닝 프로그램 중에서도 그 중요성이 증대되고 있다.

### 실내 공기오염인자와 오염원인

실내의 공기환경은 건물의 위치, 주변의 기후조건, 건물의 구조와 설비시스템, 건축기술, 오염물질의 종류, 재실자의 활동 등에 의하여 상호 영향을 받으며, 이 중에서 공기의 오염은 주로 건축자재, 가구나 사무기구, 공기의 습윤상태, 실내의 재실자 활동, 외부의 오염원 등이 주된 발생원으로 작용한다. 실내의 공기오염을 방지하기 위해서는 실내 오염물질의 발생을 억제하고, 필요에 따라 적절한 공기 청정장치를 계획하여 효율적으로 실내 공기의 질(IAQ)을 적절한 수준으로 유지,

윤 동 원 | 강원대학교 건축설비과 dwyoon@mail.kyungwon.ac.kr



[그림 1] 실내공기 오염물질과 오염원

관리하는 것이 필요하다. 또한, 대기오염을 방지하고 필요에 따라 취입외기에 대하여서도 적절한 공기청정 계획을 수립하는 것도 효과적이다.

재실자에 영향을 미치는 환경인자는 공기의 온습도와 빛, 음, 진동, 정전기 등 재실자가 직접 느낄 수 있는 인자와 직접 느낄 수 없는 병원균이나 유해물질, 이온, 방사성 물질 등이 있다. 실내환경과 공기환경에 큰 영향을 미치는 요소는 표 1과 같다.

실내의 공기환경을 정확하게 평가하기 위하여서는 실내 오염물질의 특성과 오염발생원을 정확하게 파악하는 것이 필요하다. 대표적인 실내 공기의 오염원은 조리 및 난방용의 각종 기구, 담배연기, 건축자재, 가구, 사무기기, 가정용 공기정화장치, 인체 등을 들 수 있으며, 오염물질도 발생원에 따라 수십 종류에 달하고 있다. 실내공기 환경인자 중에는 최근 세계적으로 문제가 되고 있는 아스베스토(석면)와 각종 건축자재, 내장

<표 1> 실내환경 요소의 분류

물리적 요소	화학적 요소
· 온도	· 외기의 오염물질 유입
· 습도	· 토양으로부터의 방출
· 기류속도	· 건축자재로부터의 방출
· 복사열	· HVAC 시스템으로부터의 방출
· 조도	· 복합화학재료의 경년변화에 의한 열화
· 음향적 특성과 소음	· 미생물(바이러스, 세균, 곰팡이류)
	· 분진
	· 인체의 활동 (흡연, 연소, 조리, 세탁 및 청소, 사무용품, 화장품 등)

재에서 발생되고 있는 포름알데히드와 휘발성 유기화합물(VOCs) 등 화학물질오염, 일반인들이 느끼지 못하고 있는 라돈 등이 관심을 모으고 있다.

### 실내공기 오염원인

실내에서 공기오염이 발생할 수 있는 기본적인 사항을 명확하게 파악하고 실내공기환경의 문제점이 발생할 경우에 이에 대한 조사와 대책을 마련하여 공기오염의 원인을 제거시켜야 한다. 실내공기의 오염물질은 실내에서 발생하는 것과 외부공기로부터 유입되는 것으로 구분할 수 있다. 이러한 오염물질이 적절하게 제어되지 않는다면 공기조화설비가 완벽하게 설계, 시공되고, 유지관리를 철저히 실행하더라도 실내공기환경의 문제가 발생하게 된다. 따라서 공기의 오염원에 대한 종류와 특성을 명확하게 이해하는 것이 실내공기환경의 적절한 유지관리에 도움이 된다.

#### • 오염물질의 발생원

실내와 외부, 설비시스템에서 오염물질이나 불쾌감의 원인이 되는 요소가 존재할 경우

#### • 공기조화설비

공기조화 설비가 오염원이나 온도, 습도조건의 제어에 부적절한 경우

#### • 오염물질 이동경로의 상존

여러가지 오염원이 재실자와 연결되는 경로가 존재하거나 이러한 경로를 통하여 오염물질의 이동이 발생하는 경우

〈표 2〉 실내공기 오염원인의 분류

건물 외부의 발생원	외부 공기오염	- 외기의 먼지, 꽃가루, 곰팡이류의 포자 등 - 산업공해, 냉난방 배기가스 - 자동차의 매연
	건물주변의 오염원	- 주차장(옥외 및 옥내)에서 발생하는 자동차 매연 - 화물용 데크 - 쓰레기장으로 부터의 냄새 - 건물 또는 주변건물 배기의 재유입 - 외기 도입구 부근에 위치한 폐자재 또는 쓰레기
	지중으로부터 유입되는 오염원	- 라돈과 같은 방사성 물질 - 지하에 매설된 유류탱크의 누출 가스 - 각종 살충제
	미생물이 서식할 수 있는 습기나 수분	- 강우 후의 지표면에 고인 물 - 하수구의 수분
각종 설비	공기조화설비	- 덕트나 부속품에서 발생하는 먼지 - 냉각코일, 기습장치, 이슬받이판에 서식하는 미생물이나 세균 - 살충제, 실런트, 세척제의 사용 - 연소장치나 기구의 부적절한 배기장치 - 냉매의 누출
	기타 설비	- 복사기와 같은 사무기기에서 발생하는 휘발성 유기 화합물 (VOCs : Volatile Organic Compounds), 오존(O <sub>3</sub> ), 각종 소모품 (솔벤트, 토너, 암모니아) - 점포, 실험실의 청소작업에서 방출되는 물질 - 승강기 모터, 기타 기계류
재실자의 활동 및 유지관리	개인적 활동	- 흡연, 조리, 체취, 화장품 냄새 등
	유지관리 활동	- 청소나 세척과정 - 창고의 보관물질, 쓰레기 - 방향제나 탈취제의 사용 - 청소시 발생하는 먼지
	설비의 유지관리	- 냉각탑의 미생물이 포함된 수적(물안개) - 부유분진, 먼지 - VOCs (페인트, 접착제 등의 사용) - 살충제

- 재실자 : 실내에서 활동하는 건물의 사용자

### 실내 공기환경의 기준

실내에서 발생하는 각종 오염에 대한 인체의 영향이 점차 규명되면서 선진국을 중심으로 거주환경의 실내 공기질에 대한 규제가 진행되고 있다. 이러한 환경기준은 특정작업장에서의 허용치, 어린이나 환자 등이 포함된 경우 등이 각각 다르게 규정되어야 하며 건강에 대한 악영향의 정도에 따라 분류등급이 고려되어야 한다.

#### • 미국의 환경기준

미국의 환경기준으로는 ASHRAE의 환경기준과 EPA(Environmental Protection Agency)의 환경기준이 있다. ASHRAE에서는 실내온열환경에 대해서 ASHRAE Standard 55-1981 (Thermal Environmental Condition for Human Occupancy, 재실자를 위한 온열쾌적조건)을 제시하고 있다. 실내공기질에 관해서는 1985년 Environmental Air-Conditioning Committee를 설치하고 실내공기환경에 관한 연구를 꾸준히 진행하여 기존의 공기청정 기준을 강화한 ASHRAE Standard 62-1989 (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 실내 공기환경 유지를 위한 환기)에서 제시하고 있다. 적용 범위를 거주자가 있는 실내 및 폐공간(주택내 주방, 욕실, 락카실, 수영장 등을 포함)으로 하며, 허용될 수 있는 공기환경을 재실자 80% 이상이 불만족하지 않은 환경으로 정의하고 있다.

#### • 일본의 환경기준

일본에서는 표 3과 같이 건축법과 빌딩위생관리법의 환경기준에 따라서 실내공기환경에 대한 각종 오염물질의 농도를 규정하고, 대기환경보전법에 의해 대기환경에 대한 농도를 규제하고 있다. 실내온열환경의 경우 중앙식 공조설비를 갖춘 경우 온도는 17~28℃로 규정하고, 냉방기에는 외기와 실내온도의 차가 크지 않도록 하며, 상대습도는 40~70%로 규정하고 있다. 최근에는 건강주택에 대한 관심이 높아지고 있으며, 씨크하우스(sick house)라고 하는 주택 내부의 공기환경에 관한 문제가 크게 부각되고 있다. 씨크하우스

<표 3> 실내공기환경 및 대기환경에 관한 기준 (일본)

구 분	실내공기환경 (발령위생관리법 / 건축기준법)	대기환경 (환경보존법)
부유분진(TSP)	0.15[mg/m <sup>3</sup> ] 이하	일일평균치0.1[mg/m <sup>3</sup> ] 이하
일산화탄소(CO)	10[ppm] 이하	24시간평균치10[ppm] 이하
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	1,000[ppm] 이하	-
이산화질소(NO <sub>2</sub> )	-	0.06[ppm] 이하
오존(O <sub>3</sub> )	-	1시간평균치0.06[ppm] 이하
아황산가스(SO <sub>2</sub> )	-	1시간평균치0.04[ppm] 이하
온도	17 ~ 28℃	-
상대습도	40 ~ 70 %	-

란 주택의 실내에서 장시간 거주하는 사람에게 나타나는 증상으로 머리가 무겁고, 목이 아프고 기분이 나빠지는 상태와 이러한 증상이 발생하는 주택을 통칭하는 용어로 사용되고 있다. 이는 일반건물에서 나타나는 기존의 건물증후군(SBS:sick building syndrome)과 같은 개념으로 이해할 수 있다. 주택의 고기밀화, 고단열화의 영향으로 에너지 소비량은 크게 감소하였지만 반면에 실내의 오염물질로 인하여 거주자에 대한 건강 문제가 새롭게 나타나기 시작한 것이다. 1996년 5월 7일, 일본의 중의원에 씨크하우스에 관한 문제가 상정되면서 주거용 건물에 대한 환경문제가 일반에게 널리 알려지는 계기가 되었다. 1996년 7월에는 일본의 정부기관(건설성, 후생성, 통산성, 임야청)을 중심으로 건강주택연구회가 조직되어 주택의 화학물질 오염에 관한 지침(guide line)이 제정되었다.

• 유럽 가이드라인

세계보건기구 유럽지역에서는 Air Quality Guidelines for Europe (WHO European Series No. 23, 1987)을 통해 실내공기환경에 대한 Guideline과 고려사항을 제안하고 있다. 오염물질에 대한 지침은 유해한 정도로 오염된 공기를 호흡하는 것을 피하게 하고, 지침치가 제시되어 있지 않는 물질의 경우 대략적인 위험성을 추정치로 대처하였다. 유기물질과 무기물질에 근거한 수치와 암발생 위험성에 대한 허용치가 제시되어 있다. 유럽공동체(EU)에서는 건축자재의 오염물질 방출강도의

특성을 활용하여 실내환경, 마감재료에 대한 분류규정을 제정하여 설계지침으로 활용하고 있으며, 과거에는 인체로부터 방출된 오염물질만을 제어하는 방법에서 건물내부에서 발생하는 각종 오염물질의 방출특성을 중요한 사항으로 부각시키는 새로운 개념의 공기청정기준이 제시되고 있다.

또한 최근에는 CO sensor, CO<sub>2</sub> sensor, 실내 공기중의 냄새와 VOCs를 관리할 수 있는 Mixed Gas sensor를 개발하여 실내공기환경 제어에 활용한 Demanded Controlled Ventilation 기법이나 자연환기와 기계환기를 효과적으로 접목한 Hybrid Ventilation 개념 등을 보편화하고 있어 실내환경 개선과 에너지절약을 위한 설계지침과 관리지침을 제시되고 있다.

• 우리나라의 공기환경 기준

국내의 공기환경에 대한 기준은 건설교통부의 건축법, 주차장법, 보건사회부의 공중위생법, 노동부의 산업안전보건법 및 환경부의 환경보존법 등이 있다. 표 4에 나타난 바와 같이 대기환경에 대한 기준은 환경보존법 시행령 2조에 규정되어 있다. 실내공기환경에 대해서는 부유분진과 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 농도가 모든 오염물질을 대표하고 있는데, 노동환경에서와 달리 일반 실내환경에서는 어느 특정 오염물질이 특별히 많이 발생되어 인체에 영향을 주는 일은 드물고 다양한 오염물질이 낮은 농도로 혼합되어 나타나는 경우가 일반적이다. 환경부에서는 금년(2001년)에 지하생활공간 공기질관리법을 실내공기질 관리법으로 개정을 추진하고 있으며 다수인이 이용하는 생활공간에서의 공기질을 체계적·효율적으로 관리하기 위한 제도적 장치를 마련 중이다.

실내공기환경의 관리방안

실내에서는 재실자의 신진대사나 활동, 각종 기기나 건축자재, 마감재료, 가구, 연소기구 등으로부터 방출되는 열이나 이산화탄소, 먼지, 휘발성 유기화합물(VOCs), 유독가스 등이 공기오염의 원인이 되며, 이러한 물질이 실내의 공기중에 정체되거나 재비산된다

<표 4> 우리나라의 공기환경 기준

구 분	실내공기환경 (건축법/공중위생보건법)	대기환경 (환경보전법)	노동환경 (산업안전보건법)	지하공간 권고치 (환경보전법)
습도	40 ~ 70%	-	-	-
기류	0.5 m/s	-	-	-
부유분진 (Total Suspended Particles)	0.15 mg/m <sup>3</sup>	0.15 mg/m <sup>3</sup> (연평균치) 0.3 mg/m <sup>3</sup> (24시간평균치)	종류별 기준설정	0.3 mg/m <sup>3</sup>
일산화탄소 (CO)	10 ppm	8 ppm (1개월 평균치) 20 ppm (8시간평균치)	50 ppm (8시간평균치)	20 ppm (8시간평균치)
이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )	1000 ppm	-	-	1000 ppm (8시간평균치)
이산화질소 (NO <sub>2</sub> )	-	0.05 ppm (연 평균치) 0.15 ppm (1시간평균치)	3 ppm (8시간평균치)	0.15 ppm (1시간평균치)
오존 (O <sub>3</sub> )	-	0.02 ppm (연 평균치) 0.1 ppm (1시간평균치)	-	-
아황산가스 (SO <sub>2</sub> )	-	0.05 ppm (연 평균치) 0.15 ppm (24시간평균치)	2 ppm (8시간평균치)	0.15 ppm (1시간평균치)
탄화수소류 (THC)	-	3 ppm (연 평균치) 10 ppm (1시간평균치)	-	-
포름알데이드 (HCHO)	-	-	1 ppm (8시간평균치)	0.1 ppm (24시간평균치)
석면 (Asbestos)	-	-	0.5 개 /cc (8시간평균치)	0.01 개 /cc (24시간평균치)

면 재실자에게 질병이나 건물 증후군을 유발하여 인체의 건강에 직접적인 영향을 미치게 된다. 즉, 건물의 설계와 시공이 합리적으로 이루어졌다고 하여도 공기환경인자가 효율적으로 관리되지 않을 경우 실내에는 오염물질이 정체되거나 재방출되어 오염문제를 야기할 수 있다.

실내환경의 제어를 위하여 대부분의 사무공간에서 냉난방시스템과 환기설비 시스템을 채택하여 실내의 재실공간에 필요한 열량을 공급하고 입자상의 오염물질과 가스상의 오염물질을 제어하도록 필요한 환기량을 설정하고 있다. 실내의 외기도입 풍량 조절이 대부분 기술자의 경험과 반복적인 조절을 통한 외기용 댐퍼의

각도나 개구면적을 조정하는 과학적이지 못한 풍량 조절방법으로 인하여, 결과적으로 비효율적인 뿐만 아니라 에너지 손실까지 초래하고 있다.

선진외국에서는 1970년대 이후 에너지 위기에 대처하기 위한 건물에서의 에너지 절약과 실내환경의 개선을 위하여 노력중이며 초창기에는 실내환경의 열적 쾌적성 확보가 주관심 사항이었으나 어느 정도 해결되었고 현재는 실내공기질(IAQ)과 관련된 건물증후군 등이 관심사항으로 대두되고 있다. 실내 공기질과 화학물질에 의한 공기오염은 현대인의 건강과 복지에 큰 영향을 미치는 요소로 인식되고 있다. 미국, 유럽의 선진 국가들과 WHO, IEA, ISO 등의 단체에서도 실내 공기

질과 오염문제를 크게 취급하고, 쾌적하고 건강한 실내 환경(Healthy Indoor Environment)을 구축하기 위한 많은 연구와 제도를 마련하고 있다. 으며, 여기에서도 실내 공기환경에 관한 많은 연구를 통한 제도와 기술발전을 위한 체계적인 활동이 활발히 진행되고 있다.

**불명확한 원인에 의한 불쾌감**

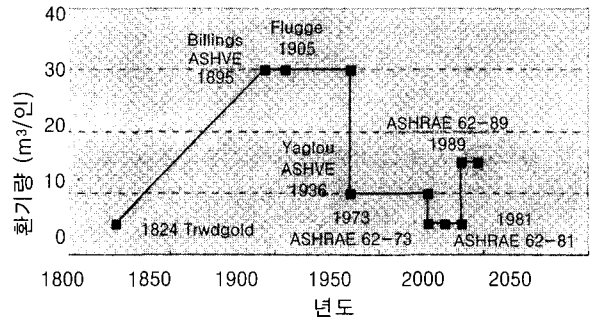
1980년대 초반에는 건물증후군은 주로 기밀성능이 뛰어난 건물에서 주로 발생하는 것으로 조사되었고, 이는 1970년대에 건물의 에너지절약을 위하여 외기도 입량을 큰폭으로 감소하면서 야기되었으며, 건물내부의 마감재료, 카펫트나 직물류, 가구류, 재실자의 활동에 의해 발생하는 오염원을 충분히 제거하지 못하기 때문에 발생한 새로운 증상으로 인식되었다. 건물증후군과 공기환경에 대한 불만사항이 많이 발생하는 건물의 실내 CO<sub>2</sub> 농도는 800 ~ 1000ppm을 초과하는 경우가 대부분이었음이 NIOSH의 조사결과로 밝혀졌다. 특히 신축건물에서는 건축자재나 가구 들로 부터 방출되는 오염물질로 인하여 이러한 증상이 더욱 심한 것으로 나타나 외기도입량을 증가시켜 오염물질의 제거를 위한 노력이 필요한 것으로 보고하고 있다.

1987년에 미국의 NIOSH에서 529개 건물을 대상으로 실내 재실자들이 느끼는 실내공기질에 대한 불만요소를 조사하였다. 실내공기환경에 대한 불만족 상황의 주된 요인은 다음과 같이 나타났다.

- 불충분한 환기량 및 환기설비 53%
- 실내의 오염물질에 의한 영향 15%
- 외부공기의 오염에 의한 영향 10%
- 세균등 미생물에 의한 영향 5%
- 건물 자재로부터 발생되는 오염물질 4%
- 기타 불명확한 원인 13%

그림 2는 과거 미국에서 적용하고 있는 필요환기량의 변화를 보여주고 있다. NIOSH에서 1987년에 조사된 IAQ 문제의 주된 요인이 부적절한 환기설비와 부족한 환기량으로 야기되고 있음을 확인할 수 있으며, 그동안 HVAC 시스템의 설계에 20여년간 적용되어 오던 환기량이 불충분하였음을 짐작할 수 있다.

최소환기량은 기본적으로 실내에서 생활하는 재실자



[그림 2] 필요환기량의 시대별 변화(미국 ASHRAE)

들이 호흡에 의해 발생시키는 CO<sub>2</sub> 발생량을 기준으로 아래의 관계식을 기초로 결정하였다. ASHRAE 62-1973에서는 실내 CO<sub>2</sub> 기준농도를 2500ppm을 기준으로하여 1인당 5cfm의 외기량을 설정하고 있으나 ASHRAE 62-1989에서는 실내 CO<sub>2</sub>기준 농도를 1000ppm으로 설정하여 외기 도입량이 15cfm로 제시되어 큰폭으로 증가되었다. ASHRAE 기준치는 재실자들의 활동상황에 따라 필요환기량이 다르게 제시되고 있다. 활동량이 증가할 경우에 신선대사량의 증가로 인하여 CO<sub>2</sub> 발생량이 증가되므로 설계용 외기도입량도 크게 제시되고 있다.

**실내 공기환경과 환기성능**

실내 공기질에 나타난 주요 문제들은 대부분 불충분한 환기량과 부적절한 환기설비로 인하여 야기되고 있다. ASHRAE Standard 62-1989 "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality"에서는 사무소 건물에 대하여 최소 필요환기량을 기존의 1인당 5 cfm의 권장치를 1인당 15 cfm으로 크게 증가한 값으로 권장치를 규정하고 있다. 이와같이 기존의 권장치에 대하여 3배나 증가한 최소 환기량을 새로운 설계 지침으로 제시하고 있다. 이는 결과적으로 1973년부터 1989년 사이에 건축된 사무소 건물에서는 외기 도입량이나 환기설비가 불충분하게 설계 시공된 것으로 판단할 수 있다. HVAC 시스템의 설계에 적용된 20여년간 적용되어 오던 것이 갑자기 3배이상으로 증가되어 실무에 적

용됨에 따라 미국 NIOSH에서 1987년에 조사된 것과 같은 IAQ 문제의 주된 요인이 부적절한 환기설비와 부족한 환기량으로 야기되고 있음을 확인할 수 있다. 그동안 선진 외국에서는 건물의 실내환경에 대한 많은 조사가 이루어져 왔으며, 대부분 더 많은 환기량을 확보하는 것이 실내 공기의 오염 물질을 희석하고 제거할 수 있는 가장 효과적인 방법임을 연구 결과로 제시하고 있다. 부적절한 환기 자체가 문제가 된다고 보다는 실내 오염 물질이 실내 환경의 악화 요인으로 작용하게 되며, 이를 개선할 수 있는 방법이 환기 설비의 적절한 운용과 유지 관리라고 할 수 있다. 과거의 1970년대 에너지 위기 이후에 건축 자재의 개발과 건축기술분야에 많은 발전이 이루어졌다. 특히 고단열 성능을 지닌 단열자재의 개발과 더불어 건물외부 부위의 기밀성능이 향상되었으며, 밀폐된 유리창호(fixed window), 기밀화된 밀봉재료 등의 적용으로 실내로 침입되는 외기량이 현저하게 낮아지는 결과를 초래하였다. ASHRAE나 건축자재 생산업체들은 건축물을 설계하는 과정에서 에너지 절약을 최우선 과제로 생각하였다. 단순히 채실자의 채취를 희석할 수 있는 만큼의 외기 도입량을 설정하면서 에너지 소비량의 최소화 목표를 달성할 수 있는 기밀화된 건축물 "air tight building"의 설계, 시공이 이루어졌다.

### 환기성능과 실내공기환경(IAQ) 제어

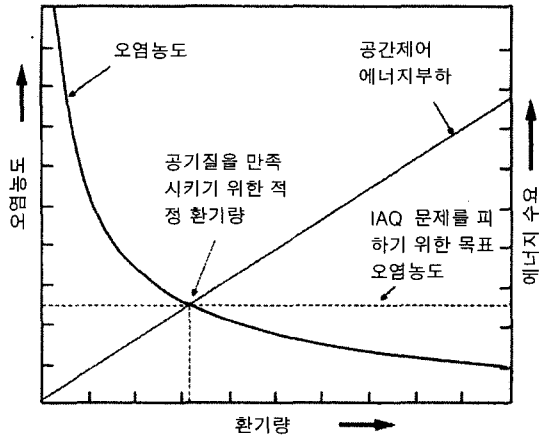
실내 공기질에 대한 문제들은 대부분 부적절한 환기설비나 불충분한 환기량으로 인하여 야기되고 있다.

부족한 환기량(poor ventilation)은 결과적으로 실내의 오염물질이 제거되지 못하고 실내공기를 악화시키는 요인이 되며, 이를 개선할 수 있는 방법으로 적절한 환기설비의 설계와 유지관리라 할 수 있다. 과거의 에너지위기 이후에 특히 고단열 성능을 지닌 단열자재의 개발과 더불어 건물외피 부위의 기밀성능이 향상되었고, 밀폐된 창호, 기밀화된 건축자재로 인하여 실내로 침입되는 외기량이 현저하게 낮아지는 결과를 초래하였다. 그동안 건축물을 설계하는 과정에서도 에너지절약을 최우선 과제로 취급하였고, 실내의 환기부분에서는 단순히 채실자의 채취나 CO<sub>2</sub> 방출량을 희석할 수

있는 만큼의 외기도입량을 설정하면서 에너지 소비량의 최소화 목표를 달성할 수 있는 기밀화된 건축물(air tight building)의 설계와 시공이 이루어졌다. 주로 1970년대와 1980년 대의 환기기준과 설계조건에 의해 시공된 건물이나 이 시기에 보수된 건물에서 실내 공기환경의 문제점이 발생하기에 이르렀다. 이러한 건축행위는 결과적으로 건물의 에너지 소비량을 경감시킬 수는 있었으나 실내 공기환경으로 부터 야기되는 각종 문제들로 인하여 궁극적으로 과연 얼마만큼의 경제적인 잇점을 제공하였는가 하는 것에 대하여 다시 생각해 보는 계기가 되었다.

한편, 오래된 공조설비와 부적절한 유지관리로 인하여 공기조화 설비 자체가 오염원을 발생시키기도 하며, 오염물질이 공조설비를 통하여 재유입되는 경우가 발생하기도 하여 건물전체로 오염물질이 전파되는 경로를 제공할 수 있다는 점에 대해서도 면밀히 검토할 필요가 있다. 공기조화설비에 의하여 환기성능을 확보하고 온도, 습도의 제어, 부유분진의 여과작용이 이루어진다. 이러한 인자들은 채실자들의 쾌적함을 확보할 수 있는 상태로 유지관리 되어야 한다. 이러한 인자들 중에서 어느 한 가지만이라도 부적절하게 관리될 경우에 실내공기환경과 채실자의 쾌적감 확보에 문제가 발생할 수 있다.

환기란 실내공간에 요구되는 깨끗한 공기를 공급하는 것을 의미한다. 실내에 공급되는 깨끗한 공기가 오염된 공기와 완전하게 혼합되는 것으로 가정하면, 일정한 오염원의 발생량이 존재하는 실내에서 오염물질의 농도는 환기량과 긴밀한 관계를 나타낸다. 오염물질의 발생강도가 일정한 실내 공간에서 환기량을 증가시키면 실내의 오염물질 농도는 감소된다. 그림 3은 환기량의 변화에 따른 실내 오염물질의 농도의 상관관계를 표시한 것이다. 실내의 오염물질의 발생강도를 알 수 있다면, 실내의 농도를 기준치로 유지하는데 필요한 환기량을 계산할 수 있다. 실제로 실내에서는 환기에 의해 공급된 공기가 일정하게 확산되지 않고 실내의 공기와 완전하게 혼합되지 않을 경우에 환기에 대한 해석은 매우 복잡하게 된다. 이러한 실내공간에서는 혼합환기나 희석환기가 최적의 환기방법이라고 할



[그림 3] 환기량에 따른 실내 오염물질 농도의 변화

수없으며, 재실공간의 오염물질 농도를 경감시킬 수 있는 부분(국소)환기방식이 오염물질을 제거하기에 보다 적합한 방법이 될 수도 있다.

최적의 환기설비는 공급공기와 실내공기가 적절하게 혼합되어 실내 공기에 신선한 공기를 공급하며 환기를 원활하게 이루어지게 한다. 그러나 실제 건축공간에서는 적절한 환기를 방해하는 요소들이 존재하며, 신선 공기가 실내공기와 혼합되는 특성은 다음과 같은 많은 요소들에 의해 지배될 수 있다.

- 공급공기의 와류 발생특성
- 실내 공간의 크기와 배치상황
- 공기의 분배패턴과 침입공기의 경로
- 취출구와 흡입구의 형상
- 취출구의 분출특성
- 실내 발생열의 위치와 발생열량

더구나 실내 공기의 흐름은 환기설비의 특성에 의해 결정되며 환기량이나 틈새바람, 열환경 등의 변화에 따라 각 공간마다 독특한 환기효율의 특성이 나타난다. 이러한 특성이 작용되어 각 공간에 나타나는 환기의 척도를 평가하기 위하여 환기효율이 활용될 수 있다.

### IAQ 커미셔닝 기법

건물에서 설비계획이 적절하게 수행되고 최적의 설

계와 시공이 이루어진다면 설비시스템의 효율적인 운전과 유지관리에 의하여 실내의 오염물질을 효과적으로 제어할 수 있다. 이것은 재실자로부터 실내 공기환경에 대한 불쾌적감이나 불만 사항을 제거할 수 있는 방법이 되며, 이것이 바로 빌딩커미셔닝에 의하여 효과적으로 달성할 수 있다. 환기설비의 기능을 확인하고 실내 공기환경의 제어기능을 확보하기 위하여 환기시스템의 성능에 대한 커미셔닝은 단순히 설비의 시공이 종료되고 그 기능이 제대로 확보되는 지를 확인하기 위한 절차가 아니다. 커미셔닝은 프로젝트가 시작되면서 설계, 시공이 끝나고 난 후에 건물의 사용이 일정기간 동안 진행되면서 설비의 기능이나 쾌적하고 건강한 환경을 조성하는 가를 확인하는 과정이라고 할 수 있다. ASHRAE 1989c. Guideline GPC-I, Guideline for commissioning of HVAC system에서는 공조설비의 커미셔닝이란 "HVAC시스템의 설계, 시공과 준공 후 최소 1년간의 운전을 통하여 설비의 신뢰성 확보, 기능의 보장, 유지관리 및 운전 기록의 유지 등에 의하여 설비시스템의 성능을 보장하는 과정"이라고 정의하고 있다. 여기에서 설비시스템의 커미셔닝이란 건축활동의 전과정에서 다루어지는 절차로 다음과 같은 단계로 구분하고 있다.

- 커미셔닝 과정
  - 건축물의 기획단계
  - 설계단계
  - 시공단계
  - 준공단계
  - 사용단계

IAQ 커미셔닝이란 환기설비와 연계하여 생각하면 공조설비와 환기설비의 설계, 시공에서부터 TAB작업이 충실히 수행되고 시스템의 운전을 통하여 기능이 완벽하게 보장되고 운전관리 일지나 및 체크리스트 등의 정리와 기록이 완전하다고 판단될 때가 면밀히 진행되어야 한다. IAQ에 관한 사항도 다른 설비나 실내환경의 커미셔닝 과정과 같은 과정을 통하여 추진되어야만 실내공기환경에 대한 쾌적성을 확보하고 건물증후군(sick building syndrome)과 같은 실내환경으로부터 야기되는 문제를 피할 수 있다. IAQ커미셔닝은 공기조



화, 환기설비의 시스템 설계만이 아니라 건축물 자체의 설계, 시공과정과도 밀접한 관련이 있다. 건물의 배치, 평면, 단면구조 만이 아니라 건축계획적인 측면과 VOCs 등 오염물질의 방출과 관련한 건축자재의 선정, 주변의 여건 등을 종합 고려하여 실내의 오염물질의 발생과 거동, 자연환기나 외기도입과 관련한 외부 공기의 질과 건물 주변의 풍환경 등도 고려하여 취급하여야 한다. 다음은 실내 공기환경 (IAQ)와 관련하여 추진할 수 있는 IAQ커미셔닝을 위한 절차와 체크리스트를 정리한 것이다.

### 건물의 기획단계

- 건물의 용도와 위치, 재실밀도와 재실자의 활동이나 작업과 관련한 공조설비의 설계, 기능 수준 등을 종합 정리한다. 특히 건물의 실별 용도에 대하여서는 특별히 주의하여야 하는 대상실(예, 주방, 흡연실, 회의실 등)에 대하여 검토한다.
- 건물 주변의 공기 오염원이나 시설 등을 파악한다. 예를 들어 다른 건물의 배기구, 냉각탑의 위치, 화물용 데크, 주 풍향과 지하수나 토양의 라돈 함유정도 등 실내의 공기환경에 영향을 줄 수 있는 외부요인을 조사한다.

### 건물의 설계단계

- 카펫, 바닥재, 직물류, 접착제, 벽지, 칸막이 벽, 천장재, 단열재, 내화재, 실런트, 페인트 등 실내 오염물질을 방출할 수 있는 재료에 대한 생산업체의 안정성에 관한 시험성적서를 요구한다.
- 실내오염물질 방출이 예상되는 내장재료에 대하여 제어 방법, 건조나 방출 예상 기간 등에 대한 자료를 요구한다.
- 건축자재의 VOCs의 방출 농도와 화학 물질의 종류
- 건축자재의 시공 전에 오염물질 방출을 경감시킬 수 있는 방법
- 실내 오염을 유발하는 화학물질의 사용을 최소화 할 수 있는 방법을 검토한다.
- 실내 공기 질과 온열 환경을 개선할 수 있는 설계설명서를 검토한다.

- 시공과정에서 발생하는 먼지 등 오염물질을 효과적으로 처리할 수 있는 환기 정리와 여러장치를 검토한다.
- 차고, 냉각탑, 배기구 등의 위치 확인 외기 도입구에 서의 교차 오염(cross contamination)의 가능성에 대한 검토가 요구된다.
- 실내의 칸막이의 위치 등을 환기효율에 영향을 주는 인자 등에 대하여 고려함으로써 공기 환경의 개선을 도모한다.
- 환기설비의 필터의 효율과 필터의 종류 및 적절한 제진 시스템의 구축하고, 공기 설비 부품들의 부식, 공조기 등의 시스템 내부의 오염 등을 경감시켜야 한다.
- 공조기 내부의 응축수 처리 등은 원활히 계획하고 미생물의 서식을 방지할 수 있는 방법을 검토하고 미생물에 의한 오염 대책을 수립한다.

### 시공단계

- 설비기기의 설치를 정확히 하였는가를 검토한다.
- 급기시스템의 오염과 관련하여 추후에 닥트청소, 보수 등을 고려할 수 있도록 시스템을 구축한다.
- HVAC시스템의 설치에 면밀한 검토와 정밀시공을 유도한다.
- 공사중 발생하는 오염물질을 제거하기 위한 환기 장치나 공기청정장치를 가동하고 내장재를 공사시에는 특히 화학물질을 배출시킬 수 있도록 조치한다.
- 공사중에 건물의 일부를 가사용하는 경우 이 부분에 대하여 환기설비를 부분적으로 가동할 수 있도록 하며 사용구간에 대하여 +압을 유지, 공사중 오염물질이 재실공간으로 유인되는 것을 방지한다.

### 준공단계

- 공기조화, 환기설비와 공기청정장치 등의 시운전과 T.A.B.를 통하여 성능을 확보한다. 특히 공조기의 구성요소의 기능, 가습기와 바닥배수의 작동확인, 외기도입의 신뢰성 등을 확인한다.
- 시공된 각종장비나 기능을 확인하며 시운전상태의 기록을 유지하며 설계된 의도와 같은 성능이 보장되는가를 확인하며 운전과정에서 적절한 환기횟수, 실내온

도, 습도 등의 제어는 원활히 수행되는가를 체크한다. 또한 실내공기환경 인자를 측정하여 적절한 수준을 유지하는가를 파악하며 설비시스템이나 장치의 운전 매뉴얼을 점검하여 적합하게 작성되었는가를 확인한다.

**건물의 사용단계**

- 실내 공기환경과 관련한 환기설비의 운전제어 스케줄, 적절한 환기량의 확보 등을 확인한다.
- 실내 공기환경에 관한 설계지침이나 관련기준, 법규와 IAQ 커미셔닝의 결과와 비교 검토한다.
- 재실상황에 따른 실내 IAQ 인자에 대한 주기적인 점검을 실시한다.

**맺음말**

건축설계시 오염물질을 많이 방출하는 마감자재를 선정할 경우에 실내 환기량을 증가시켜 실내의 환경을 개선할 수 있으나 이러한 방법은 매우 불합리하며, 환경의 목표치를 달성하기에는 어려운 방법이라 할 수 있다. 일반적으로 필요환기량을 결정할 때 실내 건축 자재로부터 방출되는 오염물질의 농도를 처리할 수 있도록 충분히 고려하기는 매우 어려운 상황이다. 왜냐하면, 건축 마감재료의 선정은 대부분 건축공사 과정의 후기단계에서 이루어지는 경우가 많기 때문이다. 실내공간의 오염물질의 특성과 실내공간에 미치는 영향을 조사분석하여 합리적인 대책이 시급히 요구되며, 실내공기환경에 대한 데이터베이스를 구축하고 이를 활용한 설계지침과 유지관리방법 등을 제시하기 위한 체계적으로 노력이 필요하다. 이러한 활동은 국내에서 생산되는 환경제어시스템의 성능향상의 일환으로 이

해할 수 있으며, 건축설비시스템의 선진화, 세계화를 추구하는 방법이라 할 수 있다.

실내공기환경(AQ) 커미셔닝이란 쾌적하고 건강한 실내환경으로 조성하기 위하여 건물의 오염물질의 발생 특성을 이해하고 오염원의 제거나 오염방지기술의 접목, 필요에 따라 관련 설비에 대한 적절한 성능의 확보를 위한 검증작업이라고 할 수 있다. 건물의 환기설비와 관련한 실내환경 제어 방법에 대하여 건축물의 설계단계에서부터 시공과정, 준공후의 검사 및 TAB, 사용단계에서의 기능의 확인을 통하여 효율적인 환경 제어 성능을 확인하는 일련의 작업이며, 이에 대한 각종 기록을 통하여 자료를 확보하면서 성능을 유지하기 위한 수단으로 널리 활용될 수 있는 수단으로 활용될 수 있다.

공기조화설비, 환기설비, 자연환기 등 건물에 적용된 각종 공기환경 개선을 위한 설계기법이 설계단계나 시공과정, 유지관리나 운전과정에서 설계자가 의도한 바와 같이 그 성능을 확보할 수 있는 것을 확인하는 것은 매우 중요한 사항으로 건축활동을 하는 각 단계별 성능을 확인함으로써 설계자는 설계에 반영된 기본개념이 실제의 시공과정과 사용단계에서 어떠한 특성으로 반영되는가를 확인할 수 있고, 시공자는 시공계획으로부터 시공후의 성능확인에 이르기까지 필요한 자료를 정립할 수 있는 기법으로 활용할 수 있다. 이를 통하여 차기 프로젝트에 대하여서는 보다 개선된 시스템의 고안과 함께 환경제어 수단의 새로운 기법을 개발하고 이 분야의 기술발전의 기초를 마련할 수 있을 것으로 판단된다. 