

# 최근 다중이용시설의 실내공기질 조사

김 윤 신 | 한양대학교 의과대학 산업의학과 교수  
한국실내환경학회 회장

E-Mail : yoonshin@hanyang.ac.kr

## 1. 머리말

금년들어 실내공기오염의 중요성은 새집증후군이라는 용어의 사용과 함께 일반인에게 최대의 사회적 관심사가 되고 있다. 실내환경문제 중 대표적인 실내공기질(IAQ-Indoor Air Quality)의 중요성에 대한 배경은 1970년대 이후 각종 산업분야에서 에너지 절감 및 효율을 높이기 위한 노력의 일환으로 건물의 열 효율 및 에너지 절감을 위한 밀폐화로 인하여 이들 건물의 실내공기질이 악화되면서 발생되었다. 또한 실내공기오염은 산업화 및 도시화로 인한 대기오염, 새로운 건축자재에서 방출되는 의외의 오염물질, 경제수준의 향상으로 인한 다양한 생활용품 사용의 증가로 새로운 오염물질이 방출되고, 실내거주자의 흡연과 같은 생활습관 등에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다.

선진국에서 조차 산업화와 경제화에 초점을 맞춘 국가정책에 따라 실내환경의 중요성은 인식되지 못하였고, 1970년대초 선진 각국에서 빌딩증후군(SBS-Sick Building Syndrome)이라는 새로운 증상이 보고되면서 부터 본격적으로 건강위해성과 관련하여 관심을 갖게 되었다(Banaszak, et al. 1970; Kreiss & Hodgson, NRC, 1987). 또한 1980년대 후반이후 부터는 복합화학물 민감증(MCS-Multiple Chemical Sensitivity), 1990년대 후반이

후에는 새집증후군(SHS -Sick House Syndrome) 등과 같은 새로운 증상 등이 중요한 사회적 문제로 대두되고 있다.

일반적으로 도시인의 경우 1일 24시간중 85%이상을 다양한 실내공간에서 생활하는 것으로 보고되어, 일반 가정, 사무실, 작업장, 공공건물, 병원, 지하시설물, 상가, 교통수단 등에서 장기간 생활하는 사람은 인체에 큰 영향을 받을 수 있다. 2003년 5월말 환경부는 다중이용시설의 실내공기질 관리법을 공포하고 금년 5월 말에 시행예정으로 있다. 따라서 새로 확대된 대상시설에 대하여 실내공기질의 현상을 파악하는 것은 향후 실내공기질 관련 장기대책을 수립하는데 기초자료를 제공할 것으로 예상된다. 따라서 본고에서는 일부 다중이용시설을 선정하여, 주요 공기오염물질의 농도를 측정조사하는 한편 실내공기질관련 정책의 장기대책 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 실내공기오염물질의 발생원과 인체영향

실내오염의 발생원으로는 연소과정, 실내에서의 흡연, 오염된 외부공기의 실내유입 등이 있으며, 최

근에는 신축아파트의 경우 건축물의 밀폐화와 단열화를 위해 사용되는 내장재와 바닥의 소음 저감을 위해 사용하는 카펫 등의 건축자재로부터 수많은 유해화학물질이 발생되고 있다. 또한, 건축물의 유지와 관리 등 일련의 과정에 사용되는 방향제, 목재 보존제, 왁스 등도 실내오염의 중요한 발생원이다. 이러한 실내오염물질은 사람들의 호흡기와 순환기에 영향을 미치며, 특히 휘발성 유기화합물 중의 벤젠, 1,3-부타디엔 등의 일부 물질은 발암성을 내포하고 있다. 고농도의 휘발성유기화합물질(VOCs)

에 의한 영향으로는 급성장해와 만성장해가 있다. 급성장해로는 독성작용으로 중추신경계를 억제하는 마취작용이 있으며, 급성장해의 증상으로는 지각력상실(시간, 장소, 사람들을 알아보는 정신 기능의 장애), 도취감, 현기증, 혼돈이 발생하고 노출 농도가 점차 심해지면 의식의 상실과 마비, 경련, 그리고 사망에 이르게 된다. 그밖에 눈, 피부, 호흡기 점막의 자극 증상을 나타내기도 한다. 만성장해로는 중추신경계의 장애와 말초신경계의 장애가 있는데 중추신경계의 장애는 VOCs에 의한 비특이적인

표 1. 실내오염물질의 발생원 및 영향

오염물질	주요 발생원	인체 영향
먼지, 중금속	대기 중 먼지가 실내로 유입, 실내 바닥의 먼지, 생활활동 등	규폐증, 진폐증, 탄폐증, 석면폐증 등
석면	단열재, 절연재, 석면타일, 석면브레이크, 방열재 등	피부질환, 호흡기질환, 석면증, 폐암, 중피증, 편평상피 등
담배연기 (각종가스, HC, PAHs, 먼지 등)	담배, 쉐련, 파이프 담배 등	두통, 피로감, 기관지염, 폐렴, 기관지천식, 폐암 등
연소가스 (CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> 등)	각종 난로, 연료연소, 가스렌지 등	만성 폐질환, 기도저항 증가, 중추신경 영향 등
라돈	흙, 바위, 지하수, 화장암, 콘크리트 등	폐기종, 폐암 등
포름알데히드	각종 합판, 보드, 가구, 단열재, 소취제, 담배연기, 화장품, 옷감 등	눈, 코, 목 자극증상, 기침, 설사, 어지러움, 구토, 피부질환, 비염, 정서 불안증, 기억력 상실 등
미생물성물질 (곰팡이, 박테리아, 바이러스, 꽃가루 등)	가습기, 냉방장치, 냉장고, 애완동물	알레르기성 질환, 호흡기질환 등
휘발성유기화합물 (벤젠, 톨루엔, 스티렌, 알데히드, 케톤 등)	페인트, 접착제, 스프레이, 연소과정, 세탁소, 의복, 방향제, 건축자재, 왁스 등	피로감, 정신착란, 두통, 구토, 현기증, 중추신경 억제작용 등
악취	외부 악취가 실내로 유입, 체취, 음식물의 부패 등	식욕감퇴, 구토, 불면, 알레르기증, 정신신경증 등
오존	복사기기, 생활용품, 연소기기	기침, 두통, 천식, 알레르기성 질환

중추신경계 작용으로서 급성적으로 나타나는 마취 작용 외에 만성적인 신경행동학적 장애를 들 수 있다. 중추신경계의 장애로 인한 증상으로는 감각이상, 시각 및 청각 장애, 기억력 감퇴, 작업능률 저하, 수면장애, 혼돈, 신경질, 불안, 우울, 무관심 등의 정서장애를 보이고 사지 무력감, 조화운동의 저하, 피로 등과 같은 운동장애가 발생한다. 실내에서 발생하는 주요 오염물질의 발생원 및 인체의 영향은 표 1과 같다.

## 2.2 다중이용시설의 실내공기질 관리법 내용

금년 5월 시행예정의 다중이용시설의 실내공기질 관리법은 유지기준 및 권고기준을 설정하여 다중이용시설 내부의 쾌적한 공기질을 유지하고자 한다. 특히 미세먼지, 이산화탄소, 포름알데히드, 총부유세균, 일산화탄소, 5개 오염물질에 대하여는 유지기준을 설정하였고, 권고하는 오염물질로 이산화질소, 라돈, 총휘발성유기화합물, 석면, 오존, 5개 오염물질에 대해서는 권고기준을 설정하여 제시하고 있다. 표 2과 표 3에 유지기준과 권고기준을 나타내

었다.

## 2.3 다중이용시설의 실내공기질 실태조사

### 2.3.1 조사대상

2004년 2월 말부터 4월 중순에 걸쳐 수도권지역의 대규모점포(백화점), 지하상가, 보육시설, 의료기관, 음식점, 찜질방, 노래방, 공동주택(신축한지 1년이내), 실내주차장, 지하역사 등 일반대중들이 많이 이용하는 다중이용시설 및 공동주택 10개 시설에 대하여 각각 3개소(각 개소당 측정지점은 실내 2개 지점 및 실외 1개 지점)를 선정하여 실내공기질을 측정·조사하였다(그림 1).

### 2.3.2 조사방법

선정된 30개소 대상시설의 실내환경 오염물질은 미세먼지, 포름알데히드, 총 부유세균을 대상으로 하였고, 측정 및 조사방법, 측정유량, 시간은 표 4에 나타내었다.

표 2. 다중이용시설등의 실내공기질관리법 유지기준

오염물질 항목	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO <sup>2</sup> (ppm)	HCHO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	총부유세균 (CFU/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)
다중이용시설					
지하역사, 지하도상가, 여객자동차 터미널의 대합실, 공항시설중 여객 터미널, 항만시설중 대합실, 철도역사의 대합실, 도서관, 박물관, 미술관, 업무시설, 2이상 용도 건축물, 공연장, 대규모점포, 지하상점가, 혼인예식장, 실내체육시설, 장례식장	150 이하	1,000 이하	120 이하	-	10 이하
의료기관, 보육시설, 노인복지시설, 학원	100 이하			800 이하	10 이하
실내주차장	200 이하			-	25 이하

표 3. 다중이용시설등의 실내공기질관리법 권고기준

오염물질 항목 다중이용시설	NO <sub>2</sub> (ppm)	Rn (pCi/ℓ)	TVOC (μg/m <sup>3</sup> )	석면 (개/cc)	오존 (ppm)
지하역사, 지하도상가, 여객자동차터미널의 대합실, 공항시설중 여객터미널, 항만시설중 대합실, 철도역사의 대합실, 도서관, 박물관, 미술관, 업무시설, 2이상 용도 건축물, 공연장, 대규모점포, 지하상점가, 혼인예식장, 실내체육시설, 장례식장	0.05 이하	4.0이하	500이하	0.01 이하	0.06 이하
의료기관, 보육시설, 노인복지시설, 학원	0.05 이하			400이하	0.06 이하
실내주차장	0.30 이하			1,000 이하	0.08 이하

표 4. 대상물질의 측정방법

대상물질	조사방법	측정유량	측정시간
미세먼지(PM10)	Aerosol Dust Monitor를 이용한 광산란 분석법	2.83 ℓ/min	2hr
포름알데히드	2,4-DNPH유도체화 HPLC분석법	500ml/min	30min
총부유세균	RCS Sampler를 이용한 충돌법	40 ℓ/min	4min

### 2.3.3 측정결과

#### 가) 미세먼지

측정결과를 살펴보면 실내의 경우는 대부분 측정 지점에서 유지기준 보다 낮은 수치를 나타내었다. 가장 높은 농도를 보인 곳은 실내주차장2 와 3으로 각각 156.97μg/m<sup>3</sup>, 151μg/m<sup>3</sup>로 조사되었으며, 보육 시설2에서는 127.34μg/m<sup>3</sup>로 다중이용시설등의 실내

공기질관리법에서 보육시설 등의 PM10 유지기준인 100μg/m<sup>3</sup>를 초과하는 것으로 나타났다(그림 2). 조사대상 시설 중 가장 낮은 농도를 보인곳은 의료기관3으로 7.56μg/m<sup>3</sup>로 조사되었다. 실외의 경우 실내주차장2의 주변 공기 중의 PM10 농도가 249.53 μg/m<sup>3</sup>으로 대기환경기준을 초과하였는데 측정 당일 황사현상으로 인해 높게 측정된 것으로 사료된다. 조사대상 시설 중 유지기준을 초과한 보육시설2의



그림 1. 다중이용시설에서의 측정사진

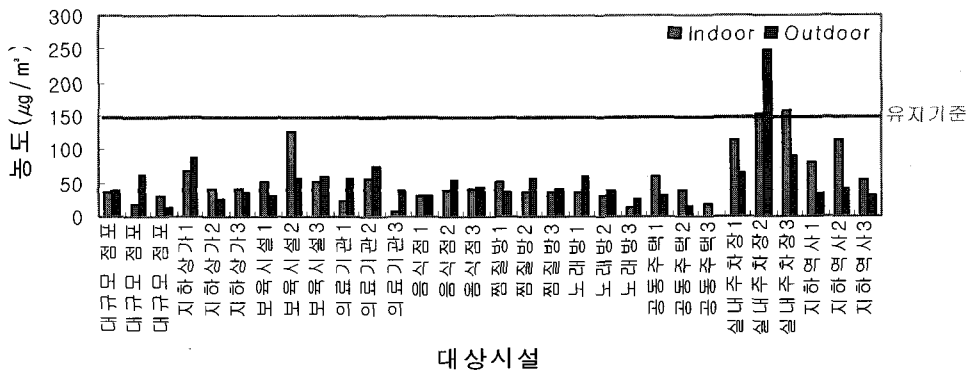


그림 2. 실내 외 미세먼지(PM10) 측정결과

경우 바닥에 카페트가 깔려 있었으며, 또한 측정당시 유아들의 활동으로 인하여 카페트에서 미세먼지가 재비산되어 높은 농도를 나타낸 것으로 여겨진다. 한편, 측정지점별 실내와 실외의 농도비(I/O ratio)를 보면 지하역사2, 대규모점포3, 지하역사1 등에서 각각 2.81, 2.63, 2.44로 높은값을 나타내었다.

나)포름알데이드

대부분의 시설물에서 실내 농도가 실외농도에 비해 높은 것으로 나타났다(그림 3). 포름알데히드의 농도가 가장 높은 지점은 음식점2의 실내로 다중이용시설등의 실내공기질관리법의 유지기준을 초과하는 수치인 250.4µg/m³로 측정되었다. 또한 공동주택2와 대규모점포3에서 실내공기중의 포름알데히드 농도는 각각 174.1µg/m³로 다중이용시설등의 실내공기질관리법 유지기준을 초과하는 것으로 조사

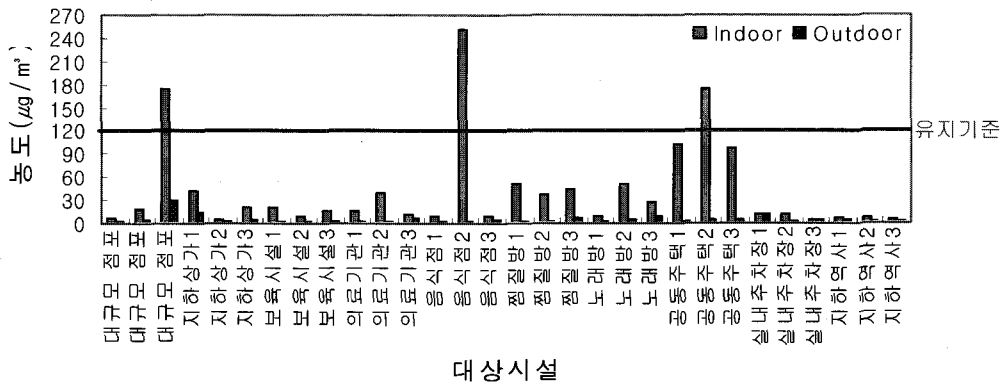


그림 3. 실내 외 포름알데히드(HCHO) 측정결과

되었다. 음식점2의 경우 리모델링한지 한 달이 지나지 않아 포름알데히드의 발생이 많은 것으로 여겨지며, 공동주택2의 경우는 신축한지 1년이 되지 않았고 측정지점에 구입한지 얼마 되지 않은 소파 및 진열장이 많이 있어 포름알데히드의 발생이 많았던 것으로 판단된다. 또한 대규모 점포3은 측정장소가 의료코너 및 사람의 이용이 많은 지점으로 진열된 의류와 이동 인구의 의류 등에서 발생된 포름알데히드에 기인된 결과로 사료된다.

공동주택1과3의 경우 각각 103.1µg/m³, 97.8µg/m³로 신축한지 1년이 지나지 않았고, 입주한지 6개월이 되지 않은 공동주택으로 기준치는 초과하지 않았으나 높은 농도인 것으로 나타났다. 측정지점에 대한 포름알데히드의 I/O비는 0.9(실내주차장)에서 최고 93(음식점2)까지를 보이고 있으며, 대부분 측정지점에서 I/O비가 1.0이상으로 측정되어 실내에서 포름알데히드의 농도가 높은 것으로 확인되었다.

**다중 부유세균**

실내공기오염 물질중의 하나로 빌딩증후군의 주

요 요인으로 취급되고 있으며, 각종 병원균을 가지고 있어 저항력이 약한 어린이나 노약자, 환자들에게 많은 영향을 준다. 그림 3은 총 부유세균의 측정결과를 나타낸 것으로 점질방 1에서 실내공기의 총 부유세균의 농도가 1,643CFU/m³로 가장 높은 농도를 나타냈으며, 지하상가1과 의료기관1에 746CFU/m³, 771CFU/m³로 높게 조사되었다. 가장 낮은 농도를 보인 곳은 의료기관3으로 46CFU/m³로 조사되었다.

다중이용시설등의 실내공기질관리법의 총부유세균에 관한 유지기준은 의료기관, 보육시설, 노인의료시설, 산후조리원에 대해 800CFU/m³으로 정하고 있으며, 타 시설물에 대해서는 유지기준을 정하지 않고 있다. 본 연구조사에 가장 높은 실내공기중 총부유세균의 농도를 나타낸 점질방1은 의료시설등의 유지기준인 800CFU/m³을 초과하였고, 실외공기중의 총부유세균 농도인 278CFU/m³보다 5.9배 높게 나타나 사람들이 실내생활에 점차 증가하고 있는 상태에서 실내공기중 총부유세균에 대한 제어의 필요성을 시사하는 결과로 여겨진다. 총부유세균의 실내외 농도비는 공동주택1에서 가장 높

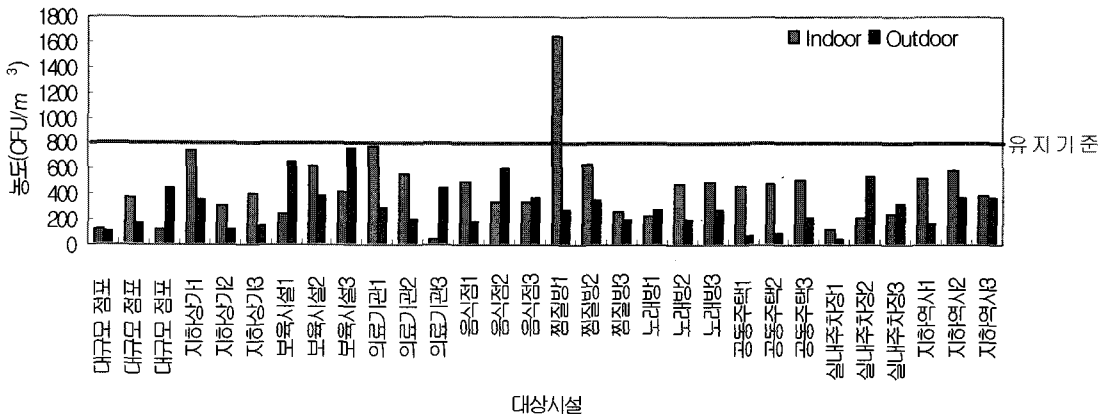


그림 4. 실내외 총부유세균의 측정결과

은 5.70를 보였다.

## 2.4 실내공기질 관리의 장기대책 방안

### 2.4.1 실내환경영향 평가

국내 기존연구에서 실내공기질의 평가는 1990년 대 이전에는 주로 가스상물질 (NO<sub>2</sub>, CO), 먼지에 관한 연구가 대부분이었고, 대상별로도 주로 지하 환경 (지하철역, 지하상가)에 국한하였다. 1990년 이후에는 조금 다양한 공중이용시설에서의 먼지, 포름알데히드, 휘발성유기화합물, 미생물 등에 대한 조사가 수행되어 주로 실내공기질의 평가에 국한하고 있다. 따라서 향후 실내공기질의 평가는 실내공기질, 열환경, 시정, 음향, 냄새 등의 항목을 실내 거주자가 만족하는 질적 평가를 포함한 실내환경 영향을 시행함을 고려할 만하다.

### 2.4.2 통합적 실내환경시설로의 확대

현재 다중이용시설과 신축 공동주택으로만 한정된 실내환경시설의 공간체계를 통합·연계화된 체

제로 전환해야 할 것이다. 특히 학교환경, 점질방 등 다중인이 이용하는 시설의 확대를 재검토해야 한다. 이를 위해서는 각 부처간의 실내환경관리정책의 수립시 통합적 접근방법과 광역적 접근방법을 지향해야 할 것이다. 실내공기질개발의 사업체계에 있어서도 물리적이고 부처영역별 내용으로 그 대상을 한정시킬 것이 아니라, 실내환경적인 측면의 확대된 환경관리시스템이 비중있게 반영되어야 할 것이다.

### 2.4.3 친환경적인 생활용품의 개발 및 인증

실내공기오염 발생원의 하나인 생활용품에 대해서도, 현재 친환경적인 건축자재의 인증등급화와 같이 환경친화적 생활용품의 개발 및 인증사업을 유도할 필요가 있다. 특히 가정연료로 사용되는 프로판 가스의 연소과정에서 발생하는 가스상 물질의 위해성 확인 및 거주자의 건강영향평가를 기초로 관련 가스물질의 기준을 정할 필요가 있다. 또한 주택내 사용이 급증하는 카페트, 가구 등의 생활용품의 기준을 제정하여 친환경제품 개발을 유도하여야 한다.

#### 2.4.4 실내환경측정에 TMS (Telemonitoring System)의 적용

다중이용시설이나 특수한 실내환경시설을 대상으로 실내공기오염을 측정할 경우, 실내공기오염 측정망을 구축하여 각 시설, 지점별 측정결과를 파악하여 시설별 오염도 현황 및 예방대책을 강구할 수 있다. 시설별 TMS의 보급과 기반구축을 지자체별로 실시하는 것도 고려할 수 있다. 이에 따른 시설비용은 환경기금을 통한 용자와 혜택을 부여하면 시설별로 친환경적 실내환경의 확대를 기대할 수 있다.

#### 2.4.5 실내공기질의 발전모델 개발

실내공기질의 지속가능한 발전을 도모하기 위해서는 종래의 오염현황 파악에서 탈피하여 일정 규모의 대형 실내건물에 대해서는 건축물 특성, 실내환경오염 측정, 주변 환경시설 및 오염도, 실내거주자의 빌딩증후군 관련 자각증상 조사 등을 고려한 실내환경영향 평가제도를 모색할 수 있고, 이를 기초로 실내환경인증이나 쾌적한 빌딩(CB-Clean Building) 인증마크를 부여할 수 있다. 또한 실내오염관리의 비용효과면을 고려한 위해성평가모델이 개발되고, 실내 거주자의 건강증진모형의 설정이 수반되어야 한다.

#### 2.4.6 지속가능한 실내공기질의 발전방안

미래의 실내공기질은 건물안에서 쾌적하게 생활하고, 거주자의 건강에 영향을 주지 않는 자연환경, 생활환경, 인공시설물 등으로 구성된 지속가능한 건물로 구성되기 때문에, 장래에 보다 쾌적하고 건강한 환경을 실현시키기 위해서는 자연환경을 보전해 가면서 생활환경과 인공시설물을 적절히 조화시키는 노력이 필요하다.

### 3. 맺음말

최근 다중이용시설의 실내공기질 관리에 대한 관심이 높아지면서 현상을 파악하고자, 2004년 2-4월에 걸쳐 10개의 다중이용시설을 선정하여 PM10, 부유세균, 포름알데히드의 농도를 측정하고자 하였다. 조사결과 포름알데히드 농도는 건축물의 신축년도가 빠를 수록 농도가 높은 것으로 나타났고, 부유세균은 점질방에서 높게 나타나 향후 부유세균의 대상시설의 확대를 통한 제어가 필요한 것으로 시사된다.

또한 본 연구에서는 다중이용시설의 실내공기오염상태의 일부를 파악하기 위한 것으로 모든 다중이용시설을 대표할 수 없으므로 향후 장기적이고 지속적인 실태조사를 통하여 실내공기오염관리의 중장기대책을 수립하여야 할 것으로 사료된다.

#### - 참고문헌 -

1. 김윤신 외 “공기청정기 사용에 따른 실내공기질 및 건강영향 평가에 관한 연구”, 삼성전자(2004).
2. 한국대기환경학회 “실내공기질 관리 및 측정”, (2003).
3. 김신도 외 “실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방안 연구” 환경부(2002).
4. Bruce A. Tichenor, Mark A. Mason, Organic Emission from Consumer Products and Building Materials to the Indoor Environment, JAPCA, Vol. 38, No.3 pp264~268,(1998).
5. Alfred Micallef et al, The Influence of Human Activity on the Vertical Distribution of Airborne Particle Concentration in Confined Environments, Indoor Air 2/98, Vol 8, No 2, 131-136.(1998).