

室內空氣質 研究의 現況과 展望

Present and Future Perspectives of Studies on Indoor Air Quality

金 潤 信

漢陽大學校 環境 및 産業醫學研究所

Yoon-Shin Kim

Institute of Environmental and Industrial Medicine, Hanyang University

Abstract

This paper discusses the importance of indoor air quality based on literature review of domestic and foreign studies. A number of international efforts to propose standards and guidelines for indoor environmental quality are also reviewed. The pattern of major studies on indoor air quality focussed on characterization of gaseous pollutants, particulates, and other specific pollutants during the past decades, whereas VOCs, specific carcinogen, and microbiological agents might be good target pollutants to investigate the effects of human health in recent years. Management of indoor air quality requires a different approach than that adopted for outdoor air. Adequate ventilation of the indoor environment is essential, and a balance between energy conservation and the need for good air quality is required. The ways for managing indoor air quality that will be of great importance are discussed a role of control policy for guidance on how to achieve good indoor air quality.

1. 서 론

실내환경 (Indoor Environment)에 대한 관심은 1970년대 이후 산업구조의 대형화를 통해 에너지 소비가 급증하여 환경오염이 가중되면서 본격적으로 대두되었다고 할 수 있다. 실내환경중 대표적인 실내공기질 (IAQ-Indoor Air Quality)에 대한 문제의 발생배경을 보면 1970년대 이후 각종 산업분야에서 에너지 절감 및 효율을 높이기 위한 노력의 일환으로 건물의 열 효율을 위한 밀폐화와 에너지 절감장치를 설치하는 건물의 증가로 인하여 이들 건물의 실내공기질이 악화되면서 발생되었다 (NAS, 1981). 또한, 다양한 산업기술의 산물인 새로운 건축자재에서 의외의 오염물질이 방출되고, 경제수준의 향상으로 인한 다양한 생활용품 사용의 증가로 새로운 오

염물질이 방출되면서 실내공기질이 오염되어 건물 내 거주하는 사람들의 건강에 영향을 미치게 되었다. 특히 1970년대 초 선진 각국에서 빌딩증후군 (SBS-Sick Building Syndrome)이라 불리는 새로운 증상이 보고되면서부터 본격적으로 건강위해성과 관련하여 관심을 갖게 되었다 (Banaszak, *et al.*, 1970; Kreiss and Hodgson, NRC, 1987).

일반적으로 도시인의 경우 1일 24시간 중 85% 이상을 다양한 실내공간에서 생활하는 것으로 보고되고 있다 (Dockery *et al.*, 1981). 여기서 실내공간이란 단순히 사무실이나 일반 가정 뿐만 아니라, 산업 근로자를 제외한 일반 실내 작업장, 공공건물, 병원, 지하시설물, 상가, 대중 교통수단 및 특수실내공간 (비행기, 잠수함, 군사시설 등) 등을 일컫는 것으로 이처럼 다양한 실내공간이 오염되었을 경우, 장기간 실내에서 생활하는 사람은 인체에 큰 영향을

받을 수 있다.

실내환경에서는 대기환경과는 달리 물리적, 화학적 및 생물학적으로 매우 다양한 오염물질 등이 존재하고 체류할 가능성이 있다는 점이 대기환경과 구별지를 수 있다. 이러한 오염물질들은 복합적인 배출원에서 기인되며 그 배출량은 물질에 따라 상당한 편차가 있을 뿐만 아니라, 오염물질의 농도분포 역시 시간적, 공간적 특성에 따라 다양하게 나타날 수 있다(Yocom, 1982). 따라서 실내환경에서 나타나는 오염물질의 종류와 농도 수준은 실외환경과 비교해 볼 때 매우 다른 양상을 나타낼 수도 있으며, 실내공기질의 특성을 고려하지 않고 실외공기에만 치중한 대기질 관리정책은 실질적으로 일반 대중의 건강증진에 큰 효과를 가져오지 못할 수도 있다.

미국 환경청(EPA-Environmental Protection Agency)에서는 실내공기오염을 미국이 직면한 가장 시급히 처리해야 할 5대 환경문제중의 하나로 보고, 실내공기질에 대한 연구를 적극 권장·지원하고 있다(US. EPA, 1990). 또한, 미환경청 산하에 실내환경업무를 전담하는 부서(IED-Indoor Environment Division)를 두고 일반 대중에게 가정, 학교, 대형건물/사무실에서 실내공기질에 대한 다양한 정보를 제공하고 있다.

국내에서 실내공기오염의 중요성이 처음으로 제시된(김윤신, 1983)이후, 이산화질소 농도의 측정방법과 개인용 측정기구를 이용한 주택(거실, 주방) 농도, 실외농도 및 개인 노출도를 위주로 조사연구되었고 1990년대 전후로 소수의 연구진에 의해 연구가 진행되기 시작하였다. 이들 연구를 계기로 일반시민들의 관심이 증가하고 지하환경의 중요성이 부각되어 지하상가, 지하철역, 일부 공중이용시설을 대상으로 수행되었으며(한국환경과학협의회, 1989, 서울특별시, 1992) 다양한 공기오염 물질의 측정 결과를 토대로 환경청의 지하생활 공간 공기질 관리 권고 기준이 1989년에 설정되기에 이르렀다. 한편, 일반실내환경인 가정집과 사무실 등을 대상으로 체계적으로 장기간에 걸쳐 조사한 연구는 매우 드문 형편이었다(김윤신, 1984). 또한 대부분의 조사연구에서 측정대상물질은 기준이 설정된 몇몇 오염물질에만 국한되어 있어 다양한 양상을 나타내는 실내환경의 공기질을 파악하고 평가하기에는 그 자료가

매우 부족한 실정이다.

이와 같이 불특정 다수인이 사용하는 건물의 실내공기오염이 현안문제로 대두되고 있는 현실에서 실내공기오염의 문제는 무엇보다도 현재 환경부, 건교부, 복지부 등의 각 부처에서 분산·관리되고 있는 실내공기질 관리법안을 보다 효율적으로 다룰 수 있는 행정적 통합관리가 급선무인 것으로 시사되며 궁극적으로는 생활환경의 질적 향상과 국민보건 향상을 위한 쾌적한 실내공기질 유지라는 측면에서 시급히 다루어져야 할 사항이다.

따라서 본고에서는 국내외의 실내공기오염관련 연구의 최근 동향을 살펴보고 향후 실내공기오염에 대한 연구의 전망에 대해 기술하고자 한다.

2. 국내외 실내공기질 연구현황

2.1 국내현황

국내에서 1990년 이전에는 실내공기오염의 측정이 주로 이산화질소 농도의 측정방법과 개인용 측정기구를 이용한 주택(거실, 주방) 농도, 실외농도 및 개인 노출량을 제시하였다. 또한 극소수의 연구진에 의해 연구가 진행되었고, 일반시민들의 관심으로 인하여 지하환경의 중요성이 부각되어 다양한 공기오염 물질의 측정 결과를 토대로 환경청의 지하생활 공간 공기질 관리 권고 기준이 1989년에 설정되었다.

실내공기오염물질별 조사의 연구 동향을 아래 그림 1에서 보면, 1980년대 말부터 1990년대 중반까지는 대부분 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화질소, 이산화황, 먼지(TSP) 등 몇몇 오염물질에 관한 조사가 부분적으로 수행되어져 왔으나, 최근에는 휘발성 유기화합물질(VOCs), 환경담배연기(ETS), 중금속(Heavy Metal), 미세먼지(PM₁₀), 석면(Asbestos), 다환방향족탄화수소(PAHs), 미생물, 라돈 등 특수 또는 미량의 유해오염물질에 대한 조사가 보고되고 있다. 특히 지난 10여년간에 수행된 국내 실내공기질 연구결과를 주요 문헌고찰을 통해 실내공기오염 물질별로 보면 국내에서는 PM₁₀, NO₂, CO, CO₂ 등을 중심으로 연구가 진행되고 있음을 알 수 있다.

사무실내의 실내공기질의 연구사례를 보면 서울, 울산지역 사무실을 대상으로 PM₁₀과 CO, CO₂를 조사한 결과 PM₁₀($\mu\text{g}/\text{m}^3$)은 38.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며 CO

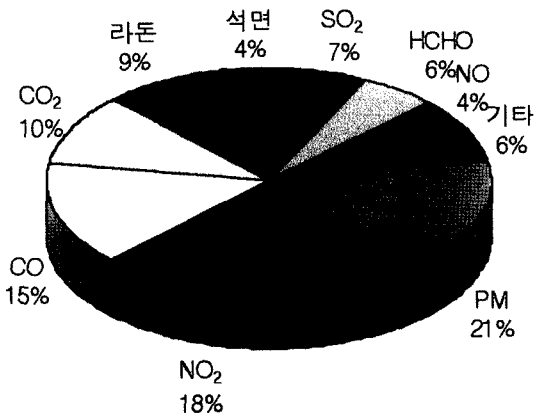


그림 1. 국내 실내공기오염관련 연구의 대상물질분포

는 3.28 ppm, CO₂는 556.9 ppm 나타나 환경부 지하 생활공간 공기질 기준치 이하인 것으로 조사되었다 (보건복지부, 1998). 타 연구결과에서는 PM₁₀ 50 µg/m³, CO 1.83 ppm 이었고 NO₂는 17.82 ppb, 미생물 중 총세균은 590.66 CFU/m³, 진균류는 36.81 CFU/m³ 이었다(환경 및 산업의학연구소, 1995).

또한 도시지역의 흡연구역이 있거나 흡연을 허가 하고 있는 건물내에서의 환경흡연에 관한 연구를 보면 PM₁₀이 123 µg/m³이라는 기준치 이상의 농도를 보여 주어 사무실내에서의 ETS에 대한 문제점이 제시되었다(윤영훈, 1995).

부산지역 지하상가를 대상으로 SO₂, CO, CO₂, NO₂, TSP, 중금속 등을 측정된 연구결과 CO는 1.395 ppm, NO₂는 0.040 ppm, SO₂는 0.136 ppm 그리고 TSP는 154 µg/m³의 평균농도를 나타내었으며 마지막으로 중금속 중 Pb는 0.996 µg/m³, Cd는 0.016 µg/m³, Cr은 0.364 µg/m³, V은 0.361 µg/m³를 나타내었다. 그 중 TSP가 높은 농도를 보이는데 이는 인구 밀도가 높은 부산지역의 지하상가의 이동 인구나 여러 가지 요인으로 생성되는 부유분진을 고찰하는 자료가 될 수 있음을 보여 준다(이채연, 1989). 타 연구에서는 PM₁₀은 81 µg/m³, CO₂는 975.85 ppm으로 나타났다. CO₂의 경우 기준치를 초과하지는 않았지만 매우 높은 농도를 나타내었다 (보건복지부, 1998).

터널내 실내공기질 관련 연구를 살펴보면 서울 지역과 대구 지역 터널을 대상으로 수행된 연구에

서 서울지역 터널 연구에서는 측정 항목이 CO, SO₂, NO₂, Pb 등이었고 CO가 14.6 ppm, SO₂는 0.11 ppm, NO₂는 1.242 ppm, 그리고 Pb는 8.224 µg/m³ 이었으며 환경부에서 제시하는 기준치인 CO-25 ppm, SO₂-0.25 ppm, NO₂-0.15 ppm, Pb-3 µg/m³ 보다 NO₂와 Pb는 다소 높게 나온 반면(김민영, 1989), 대구지역 터널 연구에서는 측정 항목이 CO, CO₂, NO₂ 이고 측정 결과는 CO가 8.3 ppm, CO₂는 790 ppm, NO₂는 0.893 ppm으로 기준치(CO₂-1000 ppm)보다 낮게 조사되었다(백성욱, 1998).

주택의 실내공기질에 관한 연구에 대해 보면, 서울 지역을 대상으로 측정 항목으로는 CO, CO₂, NO₂ 등이었으며 측정결과 CO가 1.3 ppm, CO₂는 953 ppm, NO₂는 0.032 ppm 으로 CO₂를 제외하고는 기준치보다 낮아(강미옥, 1994) 지하상가의 공기질과 유사한 추세를 보이고 있다.

서울지역 지하철역사를 대상으로 조사한 보고서에서 PM₁₀, CO₂, NO₂, HCHO, TSP, 중금속, 라돈, 석면을 측정된 결과 PM₁₀의 경우 대합실 126.4 µg/m³, 승강장 172.8 µg/m³로 기준치(150 µg/m³)를 초과하였다. CO₂의 경우 대합실은 584.25 ppm, 승강장은 466.25 ppm을 나타내어 기준치(1,000 ppm) 보다 낮았다. NO₂는 대합실 30 ppb, 승강장 25.7 ppb로 기준치(150 ppb)보다 낮았고, HCHO의 경우 대합실 22.78 ppb, 승강장 24.33 ppb로 기준치(100 ppb)에 못 미치는 수준이었다. TSP는 대합실 206.5 µg/m³, 승강장 235.5 µg/m³로 나타났다. 중금속 중 Fe의 경우 대합실은 19.09 µg/m³, 승강장은 37.15 µg/m³, Cu의 경우 대합실은 0.49 µg/m³, 승강장은 0.88 µg/m³로 나타났고, 라돈의 경우 대합실은 1.97 pCi/L, 승강장은 0.88 pCi/L로 나타났으며, 석면의 경우 대합실은 0.003 fiber/cc, 승강장은 0.002 fiber/cc로 나타났다(지하철공사, 1998).

서울지역의 백화점을 대상으로 조사한 연구에서는 CO₂, NO₂, HCHO, TSP, 미생물을 측정된 결과 CO₂ 779 ppm, NO₂ 40 ppb, HCHO 0.16 ppb 이었고 TSP는 0.023 µg/m³, 미생물은 진균류가 297 CFU/m³, 총세균이 1622 CFU/m³로 나타났다(녹색생명운동, 1995).

국내 실내공기오염관련 연구들의 대부분은 그 내용상 실태파악과 현황조사가 주류를 이루었으며 발생원의 통계적인 분석이나 추적기법을 이용한 분석

기법은 매우 미진한 것으로 시사된다.

2.2 국외 연구현황

구미 각국에서 1970년대 초부터 실내공기질에 대한 중요성이 강조된 이후 1980년대의 연구는 실내오염물질의 농도 조사 뿐만 아니라 각 물질의 발생원 추정 및 인체영향 등을 조사하는데 그 목적을 두고 있었으며 1990년대에는 실내오염물질들의 위해성 평가 및 관리기술 개발, 각종 신기술을 이용한 저감 방법 등에 초점을 맞추어 연구가 이루어지고 있다.

최근 연구사례를 보면 건축자재에서 발생하는 휘발성유기화합물(VOCs)의 실내오염에 대한 영향, 계절에 따른 VOCs의 실내외의 오염도 비교 조사, 가정 내 PM_{2.5} 및 중금속의 농도 조사, 건물 내 VOCs와 Radon에 대한 조사연구 등으로 1970~80년대에는 먼지나 가스상 오염물질들(NO_x, SO_x, CO, CO₂ 등)에 관한 연구인 반면, 최근에는 VOCs와 미생물성 물질들에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다.

또한 온열환경과 실내오염과의 상관성연구를 들 수 있다. 실내의 온도 및 습도에 따라 환기량이 달라질 수 있으므로 실내의 온열환경은 무엇보다도 실내오염에 중요한 영향을 미친다고 볼 수 있다. 또한 실내환기의 국제적 연구동향은 실내의 공기를 재순환시키는 과정에서 실내오염을 얼마나 저감시키는가에 초점을 맞추고 연구되고 있다. 특히 미국 및 유럽에서는 단순히 실내공기의 환기 뿐만 아니라 난방 및 냉방시스템을 통해서 실내공기를 정화하는 방법 및 실내 거주자들의 건강을 보호하는 연구가 활발히 진행되고 있으며 modeling을 통하여 실내환기량을 예측하여 실내오염을 저감시키는데 노력을 기울이고 있다.

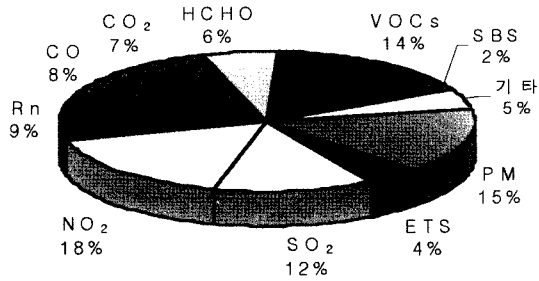


그림 2. 국외 실내공기오염관련 연구의 대상물질분포

기울이고 있다.

향후 대두될 새로운 실내공기오염물질로는 연소 관련 배출원, 각종 생활용품, 장식 및 전자재 등에서 다양하게 배출되어 적정관리가 어려운 VOCs를 포함한 미량의 유해성물질과 건축자재에서 나오는 라돈 등을 들 수 있다. 미국 및 유럽 선진국에서는 TVOCs에 대한 기준설정을 고려 중에 있으며, 미국 EPA에서 수행한 TEAM Study의 결과에서도 TVOCs의 중요성이 제안된 바 있어 국내에서도 향후 VOCs에 대한 연구 및 관리방안이 모색되어야 할 것으로 본다. 문헌조사 결과 수집된 외국의 실내공기질 연구사례를 실내오염물질별로 분포를 아래 그림 2에서 보면, 국외에서는 VOCs, NO₂, SO₂ 등의 연구가 많이 이루어지고 있는 것을 알 수 있다.

유럽지역에서의 실내공기질 연구사례를 보면 CO, CO₂, VOCs을 대상으로 유럽의 56개의 사무실 건물의 실내 공기질 연구사례에서는 CO, CO₂, VOCs는 국제기준과 유럽기준에 적합하지만 HVAC 시스템사용에 있어서 저 에너지 사용을 위한 연구가 필요함을 제시하였다(Bluysen, 1996). 독일에서는 실내에서 사용되는 제품의 오염물질 방출조사를 통하여 오염물질 중 VOCs의 방출량과 그 영향에 대하여 고찰하였다(Horn, 1998).

한편, 유럽공동체에서 연구사례를 보면, 실내 공기질 중 TVOCs 오염도는 증가 추세에 있어 오염원 제거에 노력을 기울여야 한다고 고찰하고 있다. 이 상에서와 같이 유럽의 여러나라에서는 전반적인 실내공기질에 관한 꾸준한 연구와 더불어 VOCs, HVAC, ETS, 라돈 등의 물질에 관한 보다 심층화된 연구 경향을 보여주고 있다(Molhave, 1997).

한편, 미국에서는 최근 환경담배연기(ETS)와 VOCs에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. ETS에 대한 연구 중 1998년에 발표된 대표적인 두 연구 중 하나로 여러 종류의 담배들에 의한 ETS 생성에 관한 연구가 있었는데 이 연구는 환경 통제 chamber를 대상으로 한 것으로 측정 항목은 4개 담배회사의 ETS 구성물 조사이고 ETS가 o-xylene, benzen 등에 영향이 있다고 결론을 내리고 있다(Nelson, 1998). 또 다른 연구는 ETS에 대한 성인의 폐 기능과 호흡에 대한 24건의 역학 조사를 통하여 14건이 만성 ETS폭로와 질병과 관계가 있다는 결론을 내렸다(Witorsch, 1998).

VOCs에 대한 연구를 보면, 1997년에 Latex Paint에서 나오는 VOCs배출에 있어서의 기질의 영향에 대한 연구가 있었다. 이 연구는 chamber test를 실시한 것으로 2주 동안 측정된 결과 철판의 페인트 입힌 것보다 석고보드의 페인트 입힌 2~10배 많이 방출되었다(John, 1997).

일본의 경우 주택과 사무실을 대상으로 한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 주택의 연구결과를 보면, 나고야 주거지역에서의 실내공기질 중 NO₂, 벤조피렌, TSP를 측정된 결과 TSP는 0.015~0.074 mg/m³, 벤조피렌은 0.54~4.46 mg/m³, NO₂는 12 ppb 수준이라고 발표되었고(Mitanil, 1996), 가정에서 등유히터 사용으로 인한 HCHO의 배출량을 조사한 연구를 보면 등유를 사용하므로 해서 HCHO의 배출량이 증가하고 이로 인하여 산소 소모량 또한 증가한다는 결과가 보고되었다(Nozaki, 1996). 그리고 생활학적 오염물질과 입자상의 물질 측정에서 곰팡이의 경우 화장실에서 가장 높게 측정되었고, 다음은 거실 창문 순으로 나타났고, SPM의 경우 10월이 가장 높은 것으로 측정되었으며 알레르겐은 11월, 거실이 가장 높은 것으로 측정결과가 발표되었다(Nakai, 1999). 사무실의 실내공기질 중에서 VOCs 농도를 측정된 연구를 보면, 실외보다 실내가 높은 것으로 알려졌다(Iijima, 1996).

3. 국내외 실내공기질 관리 현황

3.1 국내 관리현황

현재 1999년 7월말 우리나라의 실내생활공간에 대한 관리업무는 아래 표 1과 같으며 5개 부처로 분산되어 대상시설을 각각 관리하고 있다. 즉, 터널, 지하선로, 지하연결통로는 건설교통부에서, 학교와 학원의 환경조건은 교육부에서, 작업장은 노동부에서, 공중이용시설은 보건복지부에서, 지하역사와 지하상가는 환경부에서 서로 부분적으로 관리를 해왔으며, 1999년 현재 건설교통부에서는 실내공기질을 관리하지 않고 있다.

국내 실내공기질관리에 대한 변천을 살펴보면 1986년 5월에 보건복지부(공중위생법)에서 공중이용시설에 대한 실내공기질의 위생적 관리를 위하여 7개 항목(먼지, 일산화탄소, 이산화탄소, 기류, 온도, 습도, 조명)에 대한 위생관리기준을 개정하였고

1992년 6월에 건설교통부(건축설비기준법)에서 환기설비의 공급공기질의 관리를 위하여 보건복지부의 공중이용시설에 대한 기준과 유사한 5개 항목(먼지, 일산화탄소, 이산화탄소, 기류, 습도)에 대한 관리기준을 정하였고, 환경부에서는 1989년에 지하생활공간 관리 권고기준을 설정한 후, 1996년 12월에 지하역사, 지하상가를 대상으로 7개 물질(먼지, 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화황, 이산화질소, 포름알데히드, 납)에 대하여 규제기준을 정하여 관리하고 있다. 현재 건설교통부의 건축설비기준은 현재 폐지된 상태이며, 보건복지부의 공중위생법은 1999년 2월 8일부로 공중위생관리법으로 개정되어 1999년 8월 9일부터 시행하고 있다. 이밖에도 교육부와 노동부에서 학교와 작업장을 대상으로 부분적으로 관리를 하고 있다.

환경부와 보건복지부의 관계법령을 비교해 보면 표 2와 같다. 환경부는 1996년도에 제정된 지하생활공기질관리법에 그리고 보건복지부는 최근 개정된 공중위생관리법에 의거하여 각 대상시설에 대한 실내공기질 관리업무를 수행하고 있다. 또한 국내 주요 실내공기질의 규제기준 및 권고기준을 비교하여 살펴보면 아래 표 3과 같다.

3.2 국외 관리현황

3.2.1 미국

미국 환경청에는 12실이 있으며 12실 중 대기 및 방사선실(OAR : Office of Air and Radiation)안에 6개국으로 구성되어있다. 6개국 중 실내환경담당부서는 방사선 및 실내공기(ORIA : Office of radiation and indoor air)국으로 기능은 실내오염물질과 방사능 노출로 일반시민과 환경을 보호하는 것으로 규정하고 있다.

ORIA안에 실내오염물질들의 영향에 대한 연구와 실내오염분야의 발전 및 정책기구를 정하는 실내환경과(IED : Indoor Environments Division)가 있으며 실내환경업무의 실질적 행정담당 부서라고 볼 수 있다. 현재 IED는 21개 연방정부기관들로 구성된 실내공기질위원회(CIAQ : Committee for Indoor Air Quality)에서 수행되는 모든 활동들을 선도하고 있다. 방사선 보호과(RPD : Radiation Protection Division)는 두 개의 실험실로 구성되어 있으며 방사

표 1. 각 부처별 관련법규.

관련부처	관 련 법 (시행령, 시행규칙, 년도)	관 리 내 용
건설교통부	도로의 구조·시설 기준에 관한 규정 (1995. 7. 1)	-도로의 계획교통량·설계속도 및 터널의 길이 에 따른 터널내 환기시설 및 조명시설 설치. (제 33 조)
	도시철도건설규칙 (1994. 5. 9)	-지하공간의 크기, 도시철도의 운행계획, 이용 객의 편의등을 고려한 지하선로내 적절한 환기설비 설치. (제 44 조)
	지하도로시설 기준에 관한 규칙 (1999. 1. 15)	-지하도로와 연결되는 건축물의 지하층과의 접속부에 적절한 채광시설 및 환기설비를 갖춘 계단홀을 설치. (제 11 조)
교육부	학교보건법 (1998. 12. 31)	-교사안에서의 환기·채광·조명·온습도 등의 조절 (제 4 조)
	특수학교시설·설비 기준령 (1998. 11. 3)	-학교의 교지는 교사의 안전·방음·환기· 채광·소방·배수 및 학생의 통학에 지장이 없는 입지이어야 함. (제 2 조)
	학원의 설립·운영에 관한 법률시행령 (1995)	-적절한 채광시설, 환기시설 및 냉·난방시설 설치 및 야간교습을 하는 학원에 대한 조명 시설 기준 제시. (제 9 조)
노동부	산업보건기준에 관한 규칙 (1997. 12. 31)	-작업장에서의 환기설비 설치, 적당한 채광 유지, 적합한 조도 기준, 온도조절 제시. (제 13, 14, 15, 16, 17조)
보건복지부	공중위생 관리법 (1999. 2. 8)	주 1)
환경부	지하생활공간 공기질 관리법 (1996. 12. 30)	-규제기준 7개 항목 및 권고기준 7개 항목 (제 5 조) -검사기관 지정 (제 8 조) -지하시설 관리자 지정 (제 8 조)

주 1) 공중위생관리법에 대한 구체적인 시행령은 1999년 9월 2일 현재 아직 발표되지 않은 상태에 있음.

선 및 실내환경 국립 실험실 (Radiation and Indoor Environments National Laboratory)은 그 중 한 개 실험실이다. 실험실은 다시 3개의 센타로 구성되어 있다. 그 중 실내환경센타(CIE : Center for Indoor Environments)는 실내환경의 공기질관리를 통해 쾌적함과 생산성을 도모하며 안전하고, 위생적이며, 생산적인 실내환경을 지키는 것을 목적으로 하고 있다.

EPA에서는 학교의 IAQ 관리를 위하여 다음과 같은 10단계를 제시하고 있다. IAQ 관리자의 선출; IAQ 관리자의 교육; IAQ 관리자의 직위 (권위) 보장; 라돈에 관한 정보 획득; 학생들의 전염병관리에 대한 정보 획득; 납에 대한 정보 획득; IAQ 점검표 작성; IAQ 악화방지를 위한 계획; IAQ 관련 협회 및 기관들에게 정보의 통보; 적절한 IAQ 정책의 수립

3. 2. 2 독일

독일 연방정부 산하에 환경부가 있으며 그 아래 환경청, 자연보호청, 방사성관리청 등 3개 기관으로 나누어진다. 3개의 기관 중 환경청은 청장, 부청장, 환경위원회의 귀속 부서로 다섯 개의 부서가 있다. 다섯 개의 부서는 Administrative Centre, Subject Area I, Subject Area II, Subject Area III, Subject Area IV가 있으며 이중 Subject Area II에서는 환경연구, 환경질의 목표 관리, 위생관리, 쾌적한 온열조건유지 및 관리의 업무를 수행하고 있으며 위생관리업무에서 실내공기질을 관리하고 있다.

3. 2. 3 일본

일본의 후생성은 11국 4부로 이루어져 있으며, 후생성의 11국 중에서 생활 위생국은 생활의 안전성과 쾌적을 목표로 하고 있다. 생활위생국은 우리들이 말하는 식품 이외에 가정용품, 화학물질의 안

표 2. 환경부와 보건복지부의 실내공기질 관련 법규의 비교.

구 분	환 경 부	보 건 복 지 부
관계법령	지하생활공간 공기질관리법	공중위생관리법
제정년도	96. 12. 30.	99. 2. 8. (99. 8. 9. 시행)
법 성 격	규제기준	규제기준
제정목적	지하생활공기질의 적정관리	공중이용시설에 대한 실내공기질의 위생적관리
적용대상	<시행령 제 2조> - 지하역사 (출입통로 · 대합실 · 승강장 및 환승통로와 이에 부대되는 시설을 포함) - 연면적 2천제곱미터 이상인 지하도상가 (지상건물에 부속된 지하층의 시설 제외) ※ 환경부장관은 지하역사 및 지하도상가 이외의 지하시설 (지하보 · 차도 및 터널 등 국가 또는 지방자치단체가 설치 · 관리하는 시설을 말한다)에서 쾌적한 공기질의 유지를 위하여 지하공기질권고기준을 정하여 고시할 수 있음.	<시행령 제 19조> - 연면적 3천제곱미터 이상의 사무용 건축물 및 연면적 2천제곱미터 이상의 복합건축물 - 객석수 1천석 이상의 공연장 - 연면적 2천제곱미터 이상의 학원 - 매장면적 3천제곱미터 이상의 대규모 점포 및 연면적 2천제곱미터 이상의 지하상가 (지하생활공간공기질관리법의 적용대상 시설을 제외) - 연면적 2천제곱미터 이상의 결혼예식장 - 1천명 이상의 관객을 수용할 수 있는 실내체육시설
기준물질	- 7개 규제기준항목 (PM ₁₀ , CO, CO ₂ , NO ₂ , SO ₂ , HCHO, Pb)	- 7개 항목 (PM ₁₀ , CO, CO ₂ , 온도, 상대습도, 기류, 조명)
보고자 및 보고횟수	- 지하시설 관리자 - 연 1회 (매년 7/31일까지)	- 위생관리 담당자 - 연 2회 (상 · 하반기 각 1회)
벌 칙	- 지하공기질기준을 준수하지 아니한 자는 500만원 이하의 과태료에 처함.	- 위생관리기준을 지키지 아니한 자가 개선명령을 따르지 않을 때 300만원 이하의 벌금에 처함.

주) 공중위생관리법에 대한 구체적인 시행령은 1999년 9월 2일 현재 아직 발표되지 않은 관계로 이전의 공중위생법의 시행령과 비교한 것임.

정성 확보 대책, 일상 생활에 긴밀한 음식점, 여관, 흥행장소, 클리닝, 공중 목욕탕등의 환경위생 관계영업의 진흥 시책, 건축물의 환경위생 확보등, 쾌적한 생활환경의 확보 업무 등을 주로 담당한다.

3. 2. 4 덴마크

덴마크 환경보호부는 6개과와 3개의 위원회로 이루어져있다. 이중 실내공기오염관리는 환경보호청에서 담당하고 있다. 최근 Denmark를 위시한 서구 환경선진국에서는 실내공기질을 악화시키는 실내오염원의 원천적 제어를 위한 건축자재와 설비의 기준강화를 통하여 VOCS, PAHS, Radon, HCHO, Asbestos 등과 같은 물질의 실내 배출원을 엄격히 통제하는 제도적 방안을 모색 · 실시 중이다. 덴마크에서 시행하는 ICL (Indoor Climate Labelling)은 처음에는 장래의 CEN (European Committee for Electrotechnical Standardization)과 ISO (International Standardization

Organization)의 검증수단을 위하여 하나의 단체로서 설립되었으나, 이미 2년내에 경제적, 법률적으로 각각 독립된 단체로 분할되어져 나와 DICLE (Danish Indoor Climate labelling)과 DSIC (Danish Society of Indoor Climate)으로 조직화 되어 관리하고 있다. Product Standard Group으로는 벽, 천장시스템, 카펫, 현관, 칸막이벽, 창문, 외부현관, 탄력성바닥재, 나무바닥재, 합판바닥재, 바닥광택재, 부엌, 목욕탕, 옷장, 실내페인트가 있으며, 규제를 받고 있는 물질로는 가구세척물질, 가구 보수물질이 있고, 고려대상물질로는 방수제, 시멘트기초물질, 석조 건축, 난방기, 환기시스템과 구성되어있다.

덴마크의 실내환경협회는 건물재료와 인테리어 재료들이 실내환경에 영향을 미친다는 점을 중시하여 실내환경라벨링 (ICL)을 실시하고 있으며 ICL의 실행으로 실내공기오염물질의 배출로 인한 건강 및 쾌적함의 문제를 해결할 수 있다고 보고 있다. ICL

표 3. 국내 주요 실내공기질의 규제기준 및 권고기준 (1999년 8월 31일 현재).

항 목	환경부	보건복지부
	지하생활공간 공기질관리법	공중위생관리법
미세먼지 (PM ₁₀)	24시간 평균치 150 µg/m ³ 이하	150 µg/m ³ 이하
일산화탄소 (CO)	1시간 평균치 25 ppm 이하	10 ppm 이하
이산화탄소 (CO ₂)	1시간 평균치 1,000 ppm 이하	1,000 ppm 이하
아황산가스 (SO ₂)	1시간 평균치 0.25 ppm 이하	-
이산화질소 (NO ₂)	1시간 평균치 0.15 ppm 이하	-
포름알데히드 (HCHO)	24시간 평균치 0.1 ppm 이하	-
납 (Pb)	24시간 평균치 3 µg/m ³ 이하	-
기 류	-	0.5 m/s 이하
온 도	-	17~28°C 이내
습 도	-	40~70% 이내
조 명	-	100Lux 이상

¹⁾ 권고기준

* 지하생활공기질관리법의 경우, PM₁₀에 대하여는 1999년 12월 31일까지는 “24시간 평균치 250 µg/m³ 이하”를 적용하고, 2000년 1월 1일부터 2001년 12월 31일까지는 “24시간 평균치 200 µg/m³ 이하”를 적용한다.

의 표준과 라벨발행은 덴마크에서 구체화 되었다. 덴마크 ICL의 주 업무는 실내환경협회의 표준실험 방법과 기준물질을 근거로 라벨을 발행하고 라벨링 증명서를 감독하며 실내 라벨링물질의 현황을 알려 주는 일을 하고 있다. 노르웨이는 1998년 8월에 ICL에 가입했고 덴마크가 구성하고 있는 것처럼 기준을 세우고 부서와 라벨발행단체를 만들었으며 ICL 가입회원국의 수는 증가하고 있는 추세이다.

3. 2. 5 싱가포르

싱가폴은 빌딩주인으로 하여금 IAQ를 파악하여 필요시 건물관리에 도움이 되고 열악한 IAQ로 인한 인체위해성을 최소화할 목적으로 권고치 설정을 위한 기술자문위원회를 1995년에 구성하였으며, IAQ를 가장 효과적으로 수용하고 독성영향이 발생하지 않는 정도 특히 공조시설이된 사무실의 IAQ

를 개선하기 위한 수용가능한 권고기준치를 설정하였다.

권고기준치의 시행은 IAQ가 나쁘다고 의심되는 경우 담당공무원이 직접조사를 나가측정을 하게되며 측정시 각층별 냉각탑, 청정공기의 유입등을 체크하고 냉방설비와 환기설비를 조사한다. IAQ의 정밀심사는 매 2년마다 실시하고 환기 등 에어컨 시스템은 매 6개월 마다 정밀 검사를 하여야한다. 이와같은 권고기준치는 건물을 쾌적하게 하여 직장의 생산성을 증가시키고 SBS에 의한 일의 능률저하, 휴가율의 상승, 건강·사회 심리적 불안정 상태를 방지할 수 있다.

IAQ 평가의무와 횟수(조사)를 규정하여 실내공기질로부터 건강부산물까지의 위해를 평가하기 위해 건물의 소유자가 관리 의무를 가지고 건물과 그 시스템(환기)은 실내공기질에 대한 중요한 작용에 관하여 매 6개월마다 조사하도록 하고 있다. 특히 건물의 관리시 감사를 통해 각 관리항목에 의거하여 매 2년마다 전문가에 의해 평가되도록 화학적, 물리적, 생물학적으로 구분되어 규정하고 있다.

3. 2. 6 호주

호주는 환경 자원부내 실내공기질은 Environment Protection Group에서 담당하고 있다. Environment Protection Group을 좀더 세분화 해보면 Air and Water Quality, Chemicals and the Environment, Environment Assessment 등으로 나눌 수 있다. Environment Protection Group의 궁극적인 목표는 호주의 환경을 보호하고 질을 높이는데 있다. Environment Protection Group의 활동범위는 영향력 평가, 대기과 수질, 국제 환경 기준, 폐기물 최소화 그리고 깨끗한 제품 등에 걸쳐 이루어지고 있다. 기타 실내공기질 관련 부서로는 노동부, 산업자원부 등이 있으며 실내공기질에 대해서는 각 지방정부의 환경보호관련 부서내에서 관리토록하고 있다.

3. 2. 7 캐나다

캐나다 환경부는 대기환경청, 수질관리청, 환경평가청, 기상청, 야생동물관리청 등 중심으로 각 지부와 프로그램들로 구성되어 있다. 특히 실내공기오염 관리는 작업장 및 주거지의 실내공기질 관리지침을 두고 이에 따라 관리토록 하고 있다. 캐나다에서 실내공기질과 관련된 부서로는 캐나다 보건부, 환경

부, Public Works and Government Services, 자원부, 농림부 등이며 여러 부처에서 협력하여 관리토록하고 있다. 관리 오염물질은 크게 비발암물질과 발암물질로 나누어 관리하고 있고 그밖에 생물학적인 오염원과 기타 먼지, 담배연기 등을 포함한 권고기준을 두고 있다. 특히 역학조사와 임상실험, 동물실험 결과에 대한 연구와 평가에 기초하여 기준치를 설정하고 관리하고 있기 때문에 각 항목의 설정 근거가 매우 구체적이라는 특징이 있다. 노출권고치에 언급된 항목으로는 알데히드, CO₂, CO, 포름알데히드, NO₂, 오존, 먼지, SO₂, 라돈, Water vapor 등이다.

3. 2. 8 영 국

영국은 환경, 건설, 교통부가 하나로 통합되어 있다. 영국에서는 환경교통지역개발부(DETR : Department of the Environment, Transport and the Regions)에서 환경보호 및 개선, 산업과 건설, 교통 등을 담당하고 이에 제반된 사항을 수행하고 있다. 전체적인 구성은 통합된 환경건설교통부내에서 환경과내에서는 실내공기오염에 대한 측정 및 감시연구 등을 전담하고 건설과내에서는 “주거민의 생산성을 높이기 위한 실내공기질 관리”라는 정책을 위해 단계적으로 목표와 평가지표를 설정하고 있다. 따라서 부내에 통합된 업무들이 각 과별로 나누어져 이루어지므로 교류와 연계가 용이하다는 장점을 가지고 있는 것이 특징이다.

DETR의 보고서(Report on the Review of the National Air Quality Strategy Proposals to Amend the Strategy)에 의하면 대부분의 사람들이 하루중의 약 90%를 실내에서 보내고, 근로자들은 약 60%를 집에서 보낸다고 한다. 따라서 정부에서는 2003년까지 주요 실내 오염물질을 낮추는 것에 전념하고 있다.

3. 2. 9 핀란드

핀란드 환경부는 환경보호과, 주택 및 빌딩과, 토지이용과, 행정과, 국제협력과로 구성되어 있으며 주택기금, 환경원, 지역환경센터를 소속기관으로 두고 있다. 환경부에서는 지역환경센터와 함께 산림청과 자원보전서비스국에 연계되어 있다. 여기서 실내공기오염관리 연구는 환경부에서 담당하고 있으며 작업장과 관련된 부분은 사회보건부내의 산업안전 및 보건과와 보건복지 증진과에서 관리하고 있으며 가

이드와 매뉴얼을 제공하고 있다. 핀란드의 경우도 영국과 마찬가지로 환경부내에 주택과 환경관리부서가 공존하고 있기 때문에 공조체계가 잘 이루어져 있다. 주거와 빌딩, 환경보호가 동일 목표에 있어 관리의 일원화가 되어있다고 볼 수 있다.

3. 2. 10 스웨덴

스웨덴은 핀란드와 조직체계가 거의 유사하다. 즉 환경부내에서 실내공기질을 관리한다. 스웨덴의 환경관련법은 자원보전법, 환경보전법, 해양투기금지법, 유류내 황함량관리법, 폐기물관리법, 수질관리법, 화학물질관리법, 환경사고법, 교통배출물관리법, 자원법 등이며 이중 환경보전법과 기타 대기오염관계법이 실내공기오염과 관련된 법들이다.

지금까지 살펴본 각 국가별 실내공기오염관련 조직, 법규, 권고기준 등을 참고하여 표로 정리하면 표 4와 같다. 전반적으로 볼 때 국외에서는 정부부처가 환경과 건설 또는 자원부와 통합되어 있거나 유기적으로 연계되어 있어 관리상으로는 일원화되어 있는 경향을 보이고 있다. 관리 기준상으로 볼 때는 여러 국가간에 큰 차이는 없으며 전반적으로는 우리나라와 같이 규제기준을 설정하기 보다 권고기준을 채택하는 경우가 많고 법의 제정단계나 역사를 살펴볼 때 보건관계법규에서 환경관계법규로 이관되거나 같이 통합되어지는 경우가 많았다. 국내의 관리현황을 보면 실내공기질 관리상에 유사한 행정규제의 경우 통합되어있지 않고 불분명하게 구분되어 있으며 보건, 건설, 환경이 서로 독립적인 부로 나뉘어 있어 상기 문제점이 나타나는 것으로 사료된다.

4. 실내공기질의 효율적 관리방안

실내공기질은 그 대상범위가 넓으며 실외대기오염, 오염물질의 실내발생, 건물의 침투성, 환기와 공기조화체계, 기상학적 인자와 지형학적 인자, 실외오염원의 위치, 에너지의 보전상태 등의 인자들에 의하여 영향을 받을 수 있다. 실내공기질 관리의 최종 목적은 쾌적한 실내 공기질을 유지하여 국민건강을 증진하는데 있다고 할 수 있다. 이의 달성을 위해서는 그림 3에서 보는 것과 같이 크게 3가지 측면의 노력이 필요하다.

표 4. 국내외 부처별 실내공기관리 담당 부서.

	환경부	노동부	보건복지부	건설교통부	비고
한국	<생활공해과> - 지하역사 - 지하상가	<산업보건환경과> - 작업장	<건강증진과> - 공중이용시설	<건설환경과> - 터널 - 지하철로 - 지하연결통로	<지방자치단체> 환경관리실
미국	IED (Indoor Environmental Air Division)	OSHA			
일본		<安全衛生部> 労働衛生課	<生活(衛生局)>		<地方自治團體> 環境部/大氣保全部
독일	Federal Environment Agency (Environmental Health Division)				
덴마크	Environment Protection Agency				
싱가폴	Ministry of the Environment (Environment Management Division)				
호주	Ministry of Environment and Heritage (Environment Protection Group)	Department of Labour (National Occupational Safety and Health Commission)		Department of Primary Industry and Energy	State Government Department (Environmental Protection Authority)
캐나다	Ministry Of Environment (Atmospheric Environment Division)		Ministry of Health (Health Promotion, Medical Service Branch)		
영국	Department of Environment, Transport and Regions(Environmental Protection Group, Housing Regeneration and Countryside Group)				
핀란드	Ministry Of The Environment (Environmental Protection Department, Housing Building Department)	Ministry of Social Affairs and Health (Department for Occupational Safety and Health, Department for Promotion of Welfare and Health)			
스웨덴	Ministry of Environment (Environmental Protection Agency)				

첫째, 실내공기오염을 제거하기 위한 예방 또는 방지대책으로서 발생원의 제거, 환기 및 청정장치 등을 이용한 처리기술을 포함하는 실내공기오염 제어기술개발 부분의 노력이 필요하다. 실내공기 오염 물질의 농도를 조절하는 네가지 주요 척도로는 오

염원 강도, 공기유입, 공기배출, 공간상의 제거 등이 있으며, 이들을 응용한 실내오염물질 저감 방안으로는 건축자재 (폼알데히드, 라돈, 석면 등), 주방 및 난방연료 (이산화질소, 일산화탄소, 이산화탄소 등), 인간의 활동 (분진, 환경담배연기 등), 생활용품(미생

물성 물질, 유기용제) 등의 발생원을 제거 또는 대체하는 방법이 있다. 환기의 방법에는 깨끗한 공기로 오염된 공기를 희석하는 희석 환기방법, 오염된 공기를 배출하는 국소배기방법이 있고, 청정장치를 이용한 공기청정방법은 실내에 공기청정기를 설치하는 것과 청정장치를 공조시스템에 설치하는 방법 등이 있다. 특히 페인트, 내장재, 절연재 등의 건축자재에 대해서는 휘발성유기화합물, 자극성 섬유, 석면, 포름알데히드 등의 오염물질 방출률이 낮도록하는 기술 개발이 무엇보다 요구되고 있다.

둘째, 실내 환경관련 당사자인 건물주인, 건축업자 및 건설업자 등을 비롯해 산·학·연의 연계성 구축에 대한 노력이 필요하다. 가장 이상적인 실내 환경은 실내에 거주하는 사람이 최대한 안락한 기분을 가질 수 있는 조건이다. 건강하고 청결한 실내 환경을 유지하기 위해서는 개인의 노력 뿐 아니라 건물주 또는 건물관리인, 건축가, 건축 자재 제품업자, 건설업자, 관련 민간협회, 정부기관, 대학 및 기

타 관련 연구소 등이 실내환경을 깨끗하게 하고자 각자 관련된 맡은 책임을 다하고 다각적인 협동체제를 구축하여야만 쾌적한 실내환경이 유지된다고 할 수 있다. 특히 선진 외국에서는 국제 공동 연구를 통한 실내오염 방지 신기술개발 등이 모색되고 있어 우리나라도 실내환경 관련 전문가들에 의한 실내공기질의 국제공동연구, 국제세미나에 대한 적극 참여 및 실내공기오염에 관한 각종 연구들이 선행되어야 할 것이다. 또한 생활 속의 환경문제와 직결되어 있는 실내환경분야의 중요성을 건강영향이라는 문제와 관련시켜 학생 및 일반인을 대상으로 교육 또는 계몽활동을 펴나가야 할 것이다.

셋째, 효율적, 체계적으로 관리 운영할 수 있는 행정체계의 확립에 대한 노력이 필요하다. 전술한 바와 같이 현재 국내에서는 실내공기질과 관련한 업무가 여러 부처로 분산되어 있어 전반적인 실내환경에 대한 공공정책을 수립하는데 많은 문제점을 지니고 있다. 실내공기오염 문제를 다룰 행정부서에

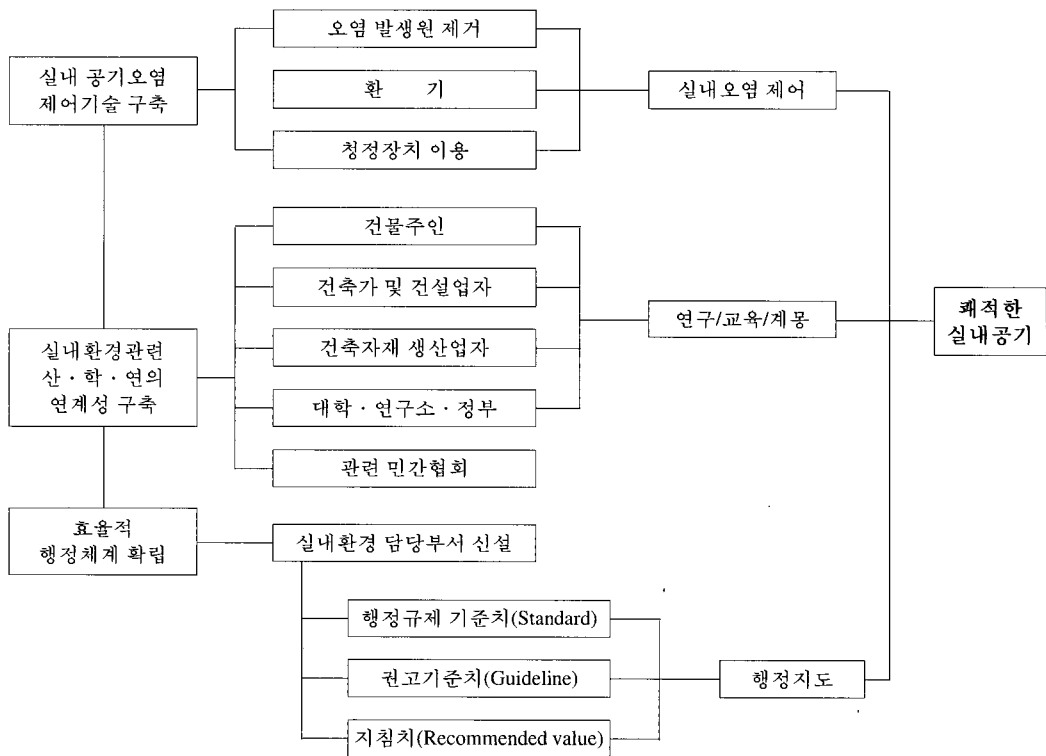


그림 3. 쾌적한 실내공기 유지를 위한 구성요소

서는 다년동안에 걸쳐 실내공기오염물질의 정확한 분석, 오염물질의 반응, 실내 유해물질의 특성 등을 정확히 파악하고 이를 토대로 실내공기질에 대한 위해성평가를 하여, 이같은 분석 평가와 아울러 비용-편익을 고려한 실내환경평가를 바탕으로 우리나라 실정에 맞는 실내공기 오염물질의 권고 및 기준치를 설정하여 실내환경오염 방지를 위한 장기적 대책을 강구해나가야 한다. 따라서 이같은 3가지 측면의 각 요소가 상호 연계성을 가지고 조화를 이룰 경우에 실내공기질의 효율적이고 체계적인 관리가 될 수 있다고 시사된다.

5. 향후 실내공기오염 연구 전망

전술한 바와 같이 실내공기오염관련 연구들에서도 출현한 향후 실내공기오염 연구의 전망을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 새로운 건축기술 개발과 주거형태에 따른 실내공기오염 연구가 필요하다. 과거 실내오염물질들로서 많이 연구되었던 물질들이 먼지나 가스상 오염물질들(NOx, SOx, CO, CO₂ 등)인 반면, 최근에는 건축자재에서 발생하는 VOCs의 실내오염에 대한 영향, 계절에 따른 VOCs의 실내외의 오염도 비교 조사, 가정내 PM_{2.5} 및 중금속의 농도 조사, 건물내 VOCs와 Rn에 대한 조사연구등 보다 세분화된 먼지농도와 VOCs 및 방사능 물질들에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 건축자재의 경우 새로운 공법을 실현시키기 위해서 원자재에 새로운 소재가 적용됨에 따라 오염물질이 변화되거나 새로운 오염물질 문제가 대두될 우려가 있으므로 사전 실내공기오염 안전성 평가가 필요하다. 실내 라돈의 경우 작업장보다는 주택에서, 단독주택보다 아파트가 높게 나타나고 있고, VOCs 농도는 도시가 시골에서 보다 낮게 조사된 사례 등을 종합하여 볼 때 외기의 공기보다는 실내의 환기여부에 따라 오염도 양상이 결정된다는 것을 알 수 있으므로 앞으로 새로운 주거형태, 설계방식의 차이, 밀폐형 건축물이나 공법, 환기방식차이에 따른 실내공기오염물질 특성을 연구할 필요가 있다.

둘째, 실내공기오염물질의 가능한 모든 노출상황을 고려한 노출평가 연구가 필요하다. 최근 연구는 온열환경과 실내오염과의 상관성에 초점을 두고 있

다. 이것은 실내의 온도 및 습도에 따라 환기량이 달라질 수 있으며 실내의 온열환경은 무엇보다 실내오염에 중요한 영향을 미친다는 기존 연구결과를 반영하고 있다고 볼 수 있다. 온도와 습도가 증가하면 실내 VOCs 농도도 증가하고 기압의 변화 또한 VOCs와 라돈변화에 영향을 준다는 연구결과가 이를 뒷받침한다. 실내환기의 국제적 연구동향은 실내의 공기를 재순환시키는 과정에서 실내오염을 얼마나 저감시키는가에 초점을 맞추고 연구되고 있다. 특히 미국 및 유럽에서는 단순히 실내공기의 환기와 더불어 난방 및 냉방시스템을 통해서 실내공기를 정화하는 방법 및 실내 거주자들의 건강을 보호하는 연구가 활발히 진행되고 있으며 modeling을 통하여 실내환기량을 예측하여 실내오염을 저감시키는데 노력을 기울이고 있다. 또한 최근 호주를 중심으로 실내공기오염 연구에 있어서 각종 실내오염원으로 작용하는 제품의 생산부터 폐기에 이르는 전과정에서 인체에 노출도를 산정하는 연구가 진행 중이다. 국내에서는 전과정 평가(Life Cycle Assessment; LCA)로 알려진 위 방법은 독립적으로 연구될 수 있는 부분이나 실내에서 발생원의 대부분이 인위적인 생산품이라는 점을 감안하여 볼 때 실내공기오염을 일으킬 수 있는지의 여부와 어느 정도의 위해도를 나타내는지 사용행태가 어떠한지 노출되는 시간, 장소, 범위 등 여러 가지 상황을 고려하기 위하여 상기 방법을 적용한 연구가 필요하다.

셋째, 총 위해도 중심의 실내공기오염관리(total risk based indoor air management) 연구가 필요하다. 향후 대두될 새로운 실내공기오염물질로는 연소관련 배출원, 각종 생활용품, 장식 및 전자재 등에서 다양하게 배출되어 적정관리가 어려운 VOCs를 포함한 미량의 유해성물질과 건축자재에서 나오는 라돈등을 들 수 있다. 미국 및 유럽 선진국에서는 TVOCs에 대한 기준설정을 고려 중에 있으며, 미국 EPA에서 수행한 TEAM Study의 결과에서도 TVOCs의 중요성이 제안된 바 있어 우리나라에서도 향후 VOCs에 대한 연구 및 관리방안이 모색되어야 할 것으로 본다. 그러나 다양한 물질들을 각각의 기준 또는 노출량을 중심으로 관리하는 것은 한계가 있을 것으로 예상되므로 총 위해도를 산정하여 관리 대상 항목으로 선정된 물질들의 위해도를 모두 종합하였을 때 허용가능한 수준이 넘지 않도록

를 하는 실내공기오염관리가 필요하다. 따라서 이를 뒷받침할 수 있는 적용가능한 위해도 종합모델, 통계적 방법론, 노출형태를 고려할 수 있는 통합모델 연구 등 실내공기오염의 총 위해도 관리 필요한 관련연구가 시급할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

강미옥(1994) 서울시 일부 실내의 공기오염물질의 농도조사에 관한 연구, 석사학위 논문, 한양대학교
 김윤신(1983) 실내공기오염에 관한 보건학적 고찰, 대한보건협회지, 9, 29-39.
 김윤신(1984) 우리나라에 있어서 실내공기오염에 관한 연구, 대한보건협회지 vol.10.
 김윤신(1993) 실내공기오염-대기오염개론. 동화기술
 김윤신(1993) 공중이용시설 실내환경 관리방안 연구. 한양대학교 환경 및 산업의학연구소
 서울특별시 지하철공사(1998) 서울시 지하철 환경개선 방안 연구
 서울특별시 지하철공사(1992) 서울시 지하철내 환경기준 설정 및 환경관리방안에 관한연구.
 윤영훈(1995) 도시지역 실내의 공기중 환경흡연에 관한 연구, 석사학위논문, 한양대학교
 한국환경과학협회(1989) 지하공간의 공기오염 및 공기중 미량의해물질에 관한 조사연구
 Banaszak, E.F., W.H. Thielde, and J.N. Fink (1970) Hypersensitivity pneumonitis due to contamination of an air conditioner. N. Engl. J. Med., 287, 271-276.
 Bjorseh, O. (1999) Chamber testing of adsorption of organic compounds (VOCs) on material surfaces. Indoor Air, 9(4), 2-9.
 Dally, K. (1981) Formaldehyde exposure in nonoccupational environments. Arch. Environ. Health, 36, 277-284.
 Doctery, D.W., J.P. Spengler (1981) Personal exposure to respirable particulates and sulfates. J. Air Pollut. Control Assoc., 31, 153-159.
 Helen, C., Shields(1996) Comparisons among VOCs measured in three types of U.S. commercial buildings with different occupant densities. Indoor Air, 6(1), 1-17.
 HORN, W.(1998) VOCs emissions form cork products for indoor use. Indoor Air, 8(1), 2-11.
 Iijima, K. (1996) : Measurement of indoor air quality in office

buildings. Indoor Air, 2, 91-96.
 Mitani, K. et al. (1996) Concentration of Dust, Benzo[a] Pyrene and NO₂ in Indoor and Outdoor Air in the Residential Area of Nagoya City, Japan, Indoor Air, 3(1), 95-97.
 Kreiss, K. and M.J. Hodgson (1984), Building-associated epidemics, In *Indoor air quality*. Ed. P.J. Walsh 외, 87-106. Boca Raton Fla. : CRC Press.
 Kunz, CO. (1998) Indoor Radon : Source characterization. Environ. Progress, 7(4), 236-240.
 Molhave, L. (1996) The danish twin apartment study - part II : mathematical modeling of the relative strength of sources of indoor air pollution. Indoor Air, 6(1), 18-30.
 NAS (1981) *Indoor Pollutants*, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
 National Research Council (1987) (committee on indoor air quality), *Policies and Procedures for control of indoor air quality* .Washington D.C. : National Academy Press.
 Nelson, P.R. (1998) : Studies of environmental tobacco smoke generated by different cigarettes. A & WMA, 48, 336-344.
 NOISH (1972) : Occupational exposure to asbestos. NIOSH SM, 72-10267.
 Nozaki et al. (1996) Emission Characteristics of Formaldehyde from Domestic Kerosene Heaters in Dwellings. Indoor Air, 2, 675-680 Japan.
 Satoshi Nakai et al. (1999) Measurements of Biological Contaminants and Particulate Matter Inside a Dwelling in Japan, Indoor Air 1/99, 9(4), 41-46.
 Philip witorsch et al. (1998), Effects of Environmental Tobacco Smoke Exposure on Pulmonary Function and Respiratory Health in adults, *Indoorbuilt 7: 4-17*.
 U.S. EPA (1986) Interim indoor radon and radon decay product measurement protocols. 520/1-86-04.
 U.S. EPA (1987) Regulation for asbestos abatement projects. 40CFR 763, Fed. Reg, 52(15876).
 U.S. EPA (1990) Continuous Emission Monitoring System; Operation and Maintenance of Gas Monitors.
 Yocom. JE (1982) Indoor-Outdoor air quality relationships. A critical review. J. Air Pollut, Control Assoc., 32, 500-520.