

실내공기질 관리제도 발전방안에 관한 연구

공성용 이희선



한국환경정책·평가연구원
Korea Environment Institute

연구진

연구책임자 공성용

참여연구원 이희선

산·학·연·정 연구자문위원

김신도(시립대학교 교수)

김윤신(한양대학교 교수)

윤동원(경원대학교 교수)

장성기(국립환경연구원 연구관)

조현수(환경부 생활공해과 사무관)

© 2004 한국환경정책·평가연구원

발행인 윤서성

발행처 한국환경정책·평가연구원

서울시 은평구 불광동 613-2

우편번호 122-706

전화 380-7777 팩스 380-7799

<http://www.kei.re.kr>

인쇄 2004년 12월

발행 2004년 12월

출판등록 제17-254호

ISBN 89-8464-110-3 93530

값 6,000원

서 언

최근 들어 정부는 관리대상 공간의 확대와 엄격한 관리기준의 설정, 건축자재 관리를 주 내용으로 하는 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」의 시행과 본격적인 실태조사와 현재의 법률 보완 등이 포함된 종합대책을 마련하고 있습니다. 일상적인 생활과 경제활동이 이루어지는 대부분의 공간이 실내임을 감안하면 실내공간의 공기질은 우리의 건강과 직접적인 관련이 있음을 쉽게 짐작할 수 있으며, 따라서 실내공기질 관리의 중요하게 다루어져야 합니다. 그러나 실내공기질을 악화시키는 오염원이 매우 다양할 뿐만 아니라 그 영향도 개인의 특성에 따라 상이하기 때문에 앞으로도 지속적인 관심과 정책 개발이 필요하다고 하겠습니다. 특히, 관련 자료의 축적이 거의 이루어지지 못한 우리나라의 현실에서는 우리보다는 좀 더 일찍 관리를 시작한 외국의 사례를 조사하고 관리 추이를 파악하여 정책에 반영하는 노력이 지속적으로 이루어져야 한다고 생각합니다.

본 연구는 이제 갓 시작된 실내공기질 관리 제도를 보완하기 위하여 현재의 문제점과 중·장기적인 관점에서의 추진방향을 모색하는 것을 목표로 수행되었습니다. 외국의 제도와 수단, 그리고 현재 논의되고 있는 사항 등을 조사하였고 이를 바탕으로 향후의 정책방안을 제시하고 있습니다. 앞으로도 많은 연구가 필요하다고 생각되지만 연구의 결과는 정부의 관련정책 수립에 유용하게 활용될 수 있을 것입니다.

끝으로 본 연구를 수행한 공성용 박사와 이희선 박사, 독일 등 유럽의 자료를 조사하고 정리를 맡은 KIST 유럽연구소의 김상헌 박사에게 감사를 표합니다. 그리고 본 연구의 검토와 조언을 해주신 국립환경연구원 장성기 박사, 환경부 조현수 사무관, 서울시립대 김신도 교수, 한양대 김윤신 교수, 경원대 윤동원 교수께 감사를 드립니다. 그리고 심도있는 토론과 자문을 해주신 본 원의 박정임 박사, 박정규 박사, 이영수 박사, 강영현 박사의 노고에도 감사를 드립니다.

2004년 12월

한국환경정책·평가연구원

원 장 윤 서 성

국 문 요 약

본 연구의 목적은 현행 관련법의 취지가 효과적으로 구체화되기 위해 보완되어야 할 사항들은 무엇인지 그리고 중장기적으로 검토되어야 할 사항들은 무엇인지 살펴보는 것이다. 이를 위해서 국내 관리현황과 외국의 관리사례, 최근의 논의 동향을 중점적으로 살펴보고 이로부터 중장기적 정책방안을 모색해 보았다.

먼저 외국정책의 특징으로는 리스크관리 차원에서 실내공기질 문제를 다루고 있다는 점과 정부와 민간부문의 협력이 조화를 이루고 있다는 점, 그리고 ‘건강한 빌딩’이라는 종합적인 삶의 공간 확보차원에서 이 문제를 다루고 있다는 점을 들 수 있다. 이를 위해 국가차원의 실태조사가 실시되고 있고, 어린이나 노약자에 대한 배려가 강조되고 있으며, 건축자재 등 오염원에 대해서는 라벨링 제도가 매우 활성화되어 있다. 한편, 우리나라가 아직 다중이용시설이라는 공공성이 강조되는 시설에 중점적인 관리를 하고 있는 반면 외국은 오히려 가정을 중요시하고 있다는 점도 특징이다. 관리대상 오염물질은 국가마다 달라 아직 일관된 기준이 없는 듯하지만, 화학물질 못지않게 곰팡이 등 생물성 오염물질의 관리를 중요하게 다루고 있으며, 알려지나 천식을 실내공기질과 관련된 대표적인 질병으로 삼는 것도 특징으로 여겨진다.

우리나라의 경우에는 아직 정부차원의 실태파악과 관리도 부족하다고 평가된다. 특히 지적하고 싶은 것은 가정 등 소규모 실내공간에 대한 대책과 어린이 등 민감집단에 대한 대책이 매우 부족하다는 점이며, 생물성 오염물질에 대한 관리를 보다 중요하게 다루어야 한다는 점이다. 아울러 국민의 자발적 참여와 시장기능을 최대한 활용하기 위해서는 관련정보의 생산과 제공이 매우 중요한 수단으로 인식되어야 하지만, 아직 우리나라는 이러한 기능이 약하다고 평가된다.

향후 중요하게 다루어져야 할 정책방안을 정리하면 다음과 같다. 먼저, 오염실태조사와 위해성 평가, 그리고 이로 인한 사회적 비용을 우선 추정하는 일이 필요하다. 이를 근거로 사회적 비용을 추정하는데, 대표적인 질병으로는 알려지나 천식이 지표

로 적합하다고 생각된다. 다음으로는 전문가 및 범정부 차원의 참여가 지속적으로 이루어질 수 있는 시스템의 구축이 필요하며, 정부의 관리 기능을 향상하기 위한 예산과 조직의 증원이 필수적이라고 생각된다. 한편, 우리나라는 다중이 이용하는 시설 위주로 관리대책이 수립되어 있으나 장기적으로는 가정 등 소규모 시설에 대한 관리가 중요하며, 자발적이며 추가적인 개선행위가 이루어질 수 있도록 실내공기질 수준을 등급화하는 방안도 검토가 요망된다. 건축자재관리와 관련해서는 가능한 한 라벨링 제도라는 비규제 수단을 이용하는 것이 바람직한데, 이를 위해서는 현재 우리나라의 라벨링 인증 수준을 엄격히 하는 등 소비자의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 방안을 모색하여야 할 것이다. 그리고 현재 관리되지 않는 여러 가지 오염원, 즉 가구, 카펫, 방향제, 살충제, 향수, 화장품, 사무용 기기, 주방기기, 애완동물 등의 관리대책도 필요한데, 이는 최소한의 배출 기준을 제시하거나 라벨링 제도를 활용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 그리고 알려지나 천식을 유발하는 주요 오염물질인 곰팡이, 꽃가루 등의 오염원의 관리가 향후에는 보다 중요하게 다루어져야함을 지적하고 싶다. 또한 대도시의 외부 대기질이 매우 심각한 수준임을 감안할 때 외부 대기의 실내공기질 영향을 파악하고 대처하는 것도 향후 중요한 과제라고 판단된다. 어린이와 노약자, 임산부 등과 같이 민감 집단을 배려하는 대책 수립도 반드시 고려하여야 하며, 중요성으로 볼 때 학교에 대한 관리 개선이 시급한 것으로 지적하고 싶다. 마지막으로, 건물의 설계단계에서부터 실내공기질 문제를 반영하되 에너지 효율 문제 등과 조화를 이루는 방안을 모색하는 ‘건강한 빌딩’ 개념 도입에 대한 고려가 필요하다고 본다.

차 례

서 언 국문요약

제1장 서 론	1
1. 연구배경	1
2. 연구내용 및 범위	2
제2장 실내공기질과 건강	3
1. 현대인의 삶과 실내공기질 문제	3
2. 실내공기의 건강영향	5
가. 실내공기질과 관련된 질병	5
나. 주요 오염물질의 건강영향	7
다. 실내공기질 악화로 인한 사회적 손실	15
3. 주요 배출원과 저감 수단	22
가. 오염물질별 주요 배출원	22
나. 저감 수단	29
제3장 외국의 실내공기질 관리사례	33
1. 국제기구 및 민간단체	33
가. 국제보건기구(WHO)	34
나. 유럽연합	39
다. 국제 실내공기질 학회	41
2. 외국 정부의 관리정책 사례	42
가. 덴마크	42
나. 독일	46
다. 네덜란드	54
라. 폴란드	58
마. 스위스	61

바. 영국	62
사. 핀란드	63
아. 미국	68
자. 호주	72
차. 캐나다	75
카. 일본	77
타. 노르웨이	79
3. 사례조사를 통해 본 정책의 특징	82
가. 실내공기질에 대한 인식	82
나. 문제 접근 방식	83
다. 정부와 민간부문의 협력	84
라. 실내공기질 관리 항목의 범위	85
마. 대상 공간의 범위	88
바. 건강한 빌딩의 추구	89
사. 정보 제공과 전문가 네트워크의 구축	89
4. 새로운 동향 및 논의 사항	90
가. VOCs 관리	90
나. 알러지와 어린이에 대한 논의	95
다. 건축자재에 대한 논의	97
라. 곰팡이 등 생물성 오염물질에 대한 논의	99
마. 오염물질에 대한 논의	101
바. 2차 반응 오염물질	102
사. 측정분석 방법에 대한 논의	103

제4장 우리나라의 실내공기질 관리현황 105

1. 실내공기질 관리제도 현황	105
가. 다중이용시설등의실내공기질관리법	105
나. 공중위생관리법	111
다. 건축법(건축물의설비기준등에관한규칙)	112
라. 학교보건법시행규칙	113

2. 환경라벨링제도	114
3. 실내공기질 관리 기본계획	116
4. 평가	118
가. 건강 리스크 관리 측면	118
나. 관리대상 공간	119
다. 관리대상 오염원	120
라. 관리대상 오염물질	121
마. 학교 실내공기질 관리	121
바. 예산 및 조직	122
사. 정보제공	124
제5장 실내공기질 정책 방안 및 향후 과제	125
1. 인프라 구축	125
가. 오염실태 조사	125
나. 위해성 평가 및 사회적 비용 추정	127
다. 전문가 네트워크의 구축	127
라. 실내환경개선위원회의 운영	128
마. 예산 및 조직의 증원	128
2. 일반주택관리 및 실내공기질 등급화	129
3. 건축자재 등 오염원 관리 강화	130
가. 건축자재 관리	130
나. 기타 오염원의 관리	132
4. 생물성 오염물질 등의 관리	133
5. 학교 실내공기질 대책 마련	134
6. ‘건강한 건물’ 개념의 도입	134
참고문헌	136
Abstract	139

표 차례

<표 II-1> 포름알데히드의 인체 위해성	11
<표 II-2> 총 VOC 농도와 건강에의 영향	11
<표 II-3> 실내공기 오염물질별 건강 영향	15
<표 II-4> 유럽국가의 알러지성 천식 및 비염환자 수(추정)	17
<표 II-5> 핀란드의 천식 및 알러지 환자 수 추정결과	19
<표 II-6 > 핀란드 실내공기로 인한 비용 추정결과	19
<표 II-7> 주요 오염물질의 배출원 분류	26
<표 II-8 > 실내에서 발생하는 VOCs 물질과 발생원	27
<표 II-9> 주요 건축자재와 방출오염물질	28
<표 II-10> 오염물질별 저감 수단 요약	31
<표 II-11> 오염물질별 저감 수단의 우선순위	32
<표 III-1> WHO의 실내공기오염물질 기준(1999)	38
<표 III-2> EU의 페인트에 대한 에코라벨링 취득기준	39
<표 III-3> EU에서 실내공기질 관련 프로젝트 추진 현황	41
<표 III-4> 덴마크 ICL의 제품별 라벨링 획득 기준 작성 현황	45
<표 III-5> 독일의 실내공기질 관리기준	48
<표 III-6> 독일 GuT 마크 기준	50
<표 III-7> EMICODE 분류기준	52
<표 III-8> 독일 Blue Angel(RAL-UZ38)의 건축자재 등급기준	53
<표 III-9> 실내 공기환경의 분류(SCANVAC)	56
<표 III-10> 건축재료의 분류(SCANVAC)	57
<표 III-11> 네덜란드의 환기기준	57
<표 III-12> 실내공기질 기준(폴란드)	60

<표 III-13> 건축자재내의 물질 제한 규정(폴란드)	61
<표 III-14> 핀란드의 실내공기질 권고기준	64
<표 III-15> 핀란드의 건축자재 등급기준	66
<표 III-16> 핀란드의 실내공기질 등급기준	68
<표 III-17> 미국 환경청의 실내공기질 권고기준	71
<표 III-18> 미국 greenguard 기준	72
<표 III-19> 호주의 실내공기질 권고기준	75
<표 III-20> 캐나다의 실내공기질 권고기준	76
<표 III-21> 캐나다의 생활용품 환경마크 취득 기준	77
<표 III-22> 일본의 실내공기질 권고기준	78
<표 III-23> 일본의 건축자재 등급기준	79
<표 III-24> 노르웨이의 실내공기질 권고기준	81
<표 III-25> 라벨의 종류 및 사용국가	85
<표 III-26> 각 국가의 실내공기질 기준설정 물질요약	87
<표 III-27> 건축자재의 VOCs 테스트를 위한 유럽의 라벨링	92
<표 III-28> 알레르기 원인물질 분류	96
<표 III-29> 알레르기 유발 건축자재 지표	97
<표 III-30> 2차 반응 유발제품과 생성물질	103
<표 IV-1> 「다중이용시설등의실내공기질관리법」의 관리대상시설 범위	107
<표 IV-2> 실내공기질 유지기준	108
<표 IV-3> 실내공기질 권고기준(제4조관련)	109
<표 IV-4> 사용제한 건축자재	110
<표 IV-5> 건축자재와 관련된 한국공업규격	115
<표 IV-6> 대기분야 사업분야별 예산현황	123
<표 IV-7> 미국 EPA의 대기부문 예산(2003~2005)	124

그 립 차 례

<그림 II-1> 연도별 천식 입원률의 추이	21
<그림 II-2> 연도별 천식 외래 방문률의 추이	21
<그림 II-3> 주택의 실내공기오염원	25

제1장 서 론

1. 연구배경

실내공기가 오염되면 눈이나 호흡기 장애 또는 냄새로 인한 불편 등 주거생활에 많은 영향을 미치게 된다. 하지만 실내공기는 사유재산에 속하는 건축물의 문제이거나 또는 국지적인 환경문제로 인식되어 왔기 때문에 정부차원의 관리대상에서는 다소 소홀히 다루어져 왔다. 우리나라는 수도권 대기오염문제, 오존 및 미세먼지 관리문제 등 실외공기 문제가 국가와 국민의 주된 관심이면서 주된 정책목표로써 다루어지고 있으며 아직도 실내공기 문제가 대기정책 분야에서 차지하는 비중은 그리 높지 않은 것이 현실이다. 하지만 최근 방송매체를 통해 실내공기 오염의 피해가 기존의 인식보다 매우 심각하다는 사실이 받아들여짐으로써 정부와 사회의 관심 증대와 함께 후속적인 조치의 강구가 요구되고 있다.

실내공기란 말 그대로 닫힌 공간내의 공기이며 닫힌 공간 공간이란 건축물과 시설물의 종류에 따라 매우 다양하게 존재하기 때문에 관리 주체만 하더라도 복잡하여 일원화된 관리방식을 추구하는 것이 어려운 특성이 있다. 더구나 실내공기질 관리와 관련한 정부의 본격적인 대응이 최근에 들어서야 시행되고 있는 현실을 감안하면, 현재 정부 및 사회의 관리체계는 개선의 여지가 있을 것으로 판단된다.

실내공기질 관리와 관련된 연구는 학계를 중심으로 많은 연구가 진행되었지만 주로 실내공기질의 심각성을 알려주는 실측 위주의 연구가 진행되었고 최근에는 「다중이용시설등의 실내공기질 관리법」 개정 및 시행규칙 제정을 위한 실무차원의 정책연구가 진행되었다.

실내공기질 관리의 궁극적 목표는 실내공기로 인한 사회적 피해를 최소화하는 것이며 이는 결국 국민의 인식전환을 전제로 한 정부를 포함한 사회의 적극적인 개입을 필요로 하게 된다. 비록 우리나라가 최근의 관련법 개정을 통해 본격적인 관리를 시

작하였다고는 하지만, 보다 효과적인 관리 방법을 모색하는 일과 그리고 기존 관리체계에서 미흡한 부분을 보완하는 일은 꾸준히 진행되어야 할 필요가 있다.

이러한 취지에서 본 연구는 현재 정부의 관리체계를 근간으로 하여 1) 현행 관련법의 효과적인 시행을 위해 필요한 부분은 어떤 것인지 2) 현행법에서 다루고 있지 않지만 미래를 위해 관심을 가져야 할 부분은 어떤 것인지를 중점적으로 살펴보았다.

2. 연구내용 및 범위

본 연구의 방향은 앞서 언급한 바대로 현행관련법의 취지가 효과적으로 구체화되기 위해 보완되어야 할 사항들은 무엇인지 그리고 중장기적으로 검토되어야 할 사항들은 무엇인지 살펴보는 것이다. 이를 위해서 국내 관리현황과 외국의 관리사례, 논의동향을 중점적으로 살펴보고 이로부터 중장기적 정책방안을 모색해 보았다. 이 보고서에서 다루는 내용은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 실내공기질 문제가 왜 중요한지를 이해하기 위하여 실내공기질의 악화원인과 피해사례, 저감 방법 등을 조사하여 제시하였다. III장에서는 외국의 관리사례를 구체적으로 조사하여 제시하고 정책적 특징을 분석하였으며, 최근에 이루어지고 있는 논의동향을 살펴보았다. IV장에서는 우리나라의 관리 현황과 최근의 동향을 조사하여 외국의 사례와 비교 검토하였으며, 일부 문제점을 지적하였다. 마지막으로 V장에서는 위의 결과를 종합하여 중장기적 관점에서 추진되거나 검토되어야 할 과제들에 대하여 제시하였는데, 다만 여기서는 정부가 최근에 마련한 종합대책과 중복되지 않는 범위에서 언급하였고, 일부 중복되더라도 중요한 문제는 강조의 의미에서 다시 언급하였다.

제2장 실내공기질과 건강

1. 현대인의 삶과 실내공기질 문제

실내공기질(Indoor Air Quality) 문제를 다룸에 있어서 가장 큰 특징은 그것이 현대인의 삶의 방식과 직접적인 연관이 있으며 배출원이 다양하다는 점이다. 소득 수준에 따른 차이, 도시와 농촌 지역의 차이, 직업과 건물의 종류 등이 모두 실내공기에 의한 리스크 정도에 영향을 미치며, 개인행동 양식의 다양성만큼 다양한 배출원이 존재한다.

산업의 발달과 소득의 증대는 사람들의 사고방식과 생활방식을 함께 변화시킨다. 그 변화의 중심에는 2차 산업 중심에서 서비스 산업 혹은 지식 기반산업 중심으로의 산업구조 변화와 ‘well being’으로 대표되는 개인 지향적인 가치관이 자리 잡고 있는데, 이러한 변화는 직접·간접적으로 우리를 둘러싸고 있는 주변 여건과 삶의 양식에 큰 영향을 미치고 있다. 많은 사람들이 이전에 비하여 실내에서 근무하거나 생활하는 시간이 증가하고 있고, 프라이버시 보호를 위해 또는 안전을 위해 공간은 더욱 폐쇄되는 경향이 있으며, 이동시에도 자동차 등 닫힌 공간을 이용한다. 나만의 공간을 확보하기 위해 주택 수요는 계속 증가하고 있으며, 이제 주변에서 애완동물을 키우는 사례는 쉽게 찾아볼 수 있다. 실내 장식을 위해 보다 많은 가구, 방향제 등의 생활용품 수요도 증가하고 있고 실내에서 화초를 키우는 일, 침대, 커튼, 카펫 등의 사용과 실내에서의 취사도 이제는 일상적인 일이 되었다. 또한, 에너지 절약을 위해 건물이 밀폐화 되고 있으며, 더구나 자동차 소음과 오염된 외부 대기의 실내 유입 차단을 위해 이중창 설치 등이 보편화됨에 따라 외부공기와 실내공기와의 자연 순환량도 감소하고 있음이 분명하다.

그러나 실내공기가 외부 공기보다 안전하지 않다는 사실이 최근의 연구 및 조사결과에 의해 증명되고 있다. 실내공기의 악화 원인으로는 건축자재 등에서 배출되는 오

염물질과 취사 및 주방기기에서 발생하는 연소가스, 방향제, 살충제 등 생활용품에서 발생하는 오염물질, 그리고 개나 고양이 등에 의한 미생물과 곰팡이, 담배연기 등이 적절하게 제거되거나 외부로 빠져나가지 못하고 실내에 축적되기 때문이다. 그 결과 실내공기가 외부공기보다 더욱 위해하며 오염물질의 종류에 따라서는 몇 배에서 수십 배의 높은 농도를 보이기도 한다.

실내공기 문제의 또 다른 특징은 어느 환경매체에 못지않게 건강에 직접적인 영향을 미치지만, 그럼에도 불구하고 문제의 심각성이 최근에야 국민들 사이에 부각되고 있는 형편이다. 현대인들은 대부분의 시간을 가정, 사무실, 학교, 병원 등 실내에서 보내고 있다. 자료에 의하면 유럽인들은 시간의 90%를 실내에서 생활하고 있으며 한국인들은 95.4%를 실내에서 지내고 있는 것으로 조사되었다.¹⁾ 이렇게 장시간 체류하는 곳이 실내공간이란 점을 고려하면, 실내공기질이 인간의 건강에 미치는 영향이 매우 큼을 쉽게 짐작할 수 있으며, 이를 뒷받침하는 많은 연구도 활발히 발표되고 있다. 이러한 사실은 실내공기질 문제가 단순한 매체관리의 차원이 아니라 리스크 관리 차원에서 다루어져야 함을 의미하며, 실제로 많은 국가들이 리스크 관리 차원에서 접근하고 있다.

그러나 우리나라에서는 실내공기질 관리의 중요성에 대한 인식수준은 놀라울 정도로 미흡하였는데, KEI(2001)의 연구보고서에 의하면 응답자의 5.4%만이 건강에 영향을 미치는 주요 환경문제로 실내공기질을 꼽고 있다. 국민의 인식 수준이 낮은 이유로 그 동안 실내공기질의 상태와 그로 인한 건강영향에 대한 연구결과가 미흡하였고, 정부 정책 또한 먹는 물의 확보와 외부 대기오염 개선에 집중된 점을 지적할 수 있지만, 한편으로는 이러한 낮은 인식 수준이 실내 공기질 관리를 정부정책의 우선순위에서 먼저 고려되지 못하도록 하는 악순환을 만들어 왔다고 생각된다. 다행스러운 점은 2003년 이후 국민들의 인식이 매우 높아져 이제 정부 및 사회차원의 대책 마련이 예전에 비해 한결 탄력을 받게 되었다는 사실이다.²⁾

1) 자료: 김장석 외, 「실내공기오염에 대한 국민의식조사와 정책방안연구」, KEI, 2001.

2) 서울시 20세 이상 성인을 대상으로 한 최근의 조사에 의하면, 실내 공기질이 외부 공기질 보다 더 건강에 영향을 미친다고 응답한 비율이 67%에 이르고 평소 실내 공기질에 관심이 많다는 응답은 81%에 이른다. 자료: (사)한국환경정보·연구센터 「건축자제로 인한 실내 공기질 오염에 관한 제도적

또 다른 특징으로는 불확실성이 매우 크다는 점을 들 수 있다. 실내공기 오염물질도 너무 다양하고 또 이들 오염물질이 건강에 미치는 영향도 사람마다 다를 뿐만 아니라 먹거리 등 주변 환경이 종합적으로 작용하여 나타나기 때문에 질병의 원인을 명확히 밝혀내어 실내공기질의 기여정도를 판단하는 것이 매우 어려운 일이다.³⁾ 더구나 노약자 등 같은 수준에 노출되더라도 피해가 큰 민감 집단이 분명히 존재한다는 사실은 정책의 목표설정과 관련하여 중요한 변수임에 틀림이 없다.⁴⁾ 이러한 불확실성은 정책당국자들의 입장을 난처하게 한다. 따라서 위해도가 큰 물질을 선정하고 이를 적정 수준에서 관리하는 추진 전략이 필요하며 정부 및 기업, 사회의 합의가 중요한 이유이다.

2. 실내공기의 건강영향

가. 실내공기질과 관련된 질병

실내공기질과 관련되어 나타나는 질병들은 매우 다양하다. 권태, 피로, 충혈 등이 나타나는 소위 “sick-building syndrome”에서부터 천식, 피부염, 알러지(allergy) 등의 질병, 그리고 암 등 치명적인 질병조차도 나쁜 실내공기가 그 원인이 될 수 있음이 과학자들에 의해 밝혀지고 있다. 특히 알러지나 천식환자, 호흡기 질환자, 면역력이 저하되어 있는 사람, 콘택트렌즈 착용자 등은 일반인보다 더욱 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 심장질환이 있는 사람은 CO에 대해서, 어린이는 담배연기에 대해서 매우 민감한 것으로 발표되고 있다.⁵⁾

개선방안」, 2003

- 3) 또한 단일물질이 아닌 혼합물의 영향에 대해서는 거의 연구가 진행된 것이 없어 어려움을 더하고 있다. 하지만 이러한 불확실성 때문에 개선 대책이 미루어져서는 안 된다는 점을 WHO는 분명히 밝히고 있다.
- 4) 성인들보다는 어린이들과 노인들이 실내공간에 머무르는 시간도 많고 또 그 영향이 크다. 같은 이유로 남자보다는 여자가 특히 임신부는 보다 많은 배려가 필요한 집단으로 여겨진다.

최근에 와서 실내공기 오염물질과 질병과의 상관관계를 밝히고자 하는 많은 노력들이 이루어지고 있으나, 일부 오염물질에 한정되어 있는 것이 사실이다. 그리고 같은 노출량에 대해서도 개인별 반응이 워낙 다양하기 때문에 우리가 이용할 수 있는 정보는 제한적일 수밖에 없다. 거기에 더하여 질병이라고는 할 수 없는 권태감, 무력감, 집중력 저하 등은 노동력 손실이라는 큰 문제를 지니고 있다. 실내공기질과 관련 있는 대표적 질병으로는 Building-Related Illness(이하 BRI), 알러지, Sick Building Syndrome(이하 SBS)가 있으며, 그 증상은 다음과 같다.

□ BRI

BRI는 실내공기에 노출되어 나타나는 질병들을 통칭하며 증상이 규명되고 원인 물질이 밝혀진 질병을 말한다. 대표적인 질병으로는 미국 재향군인회에서 1976년 발병한 Legionnaire's disease,⁶⁾ 과민성 진폐증 등이 있다.

□ 알러지

비염, 코막힘, 콧물흐름, 결막염, 천식, 진폐증 등이 실내공기와 관련되어 있는 것으로 보고 되고 있다. 알러지를 유발하는 물질이 밝혀진 경우도 있지만 그렇지 않은 경우가 더욱 많으며, 알러지를 앓고 있는 환자가 의외로 대단히 많다는 사실이 알려짐에 따라 그 사회적 비용에 대한 평가가 관심을 끌고 있다. 알러지를 유발하는 원인물질로는 집진드기, 애완동물의 털과 각질, 식물의 꽃가루, 곰팡이, 각종 화학물질 등이며, 이들은 가정뿐만 아니라 학교, 유치원 등에서도 문제가 된다. 특히 이들 물질은 환기시설에 의해 혹은 거주자의 외출시 의복에 묻어 외부로 전달되어 알러지의 확산에도 기여하게 된다.

5) 자료: Paolo Carrer, 「Indoor Air Quality」, European Commission

6) 1976년 미국 필라델피아의 한 호텔에서 개최된 재향군인회총회 참가자 및 건물에 있던 사람들에게 급성 폐렴과 흡사한 증상의 질환이 발생하여 182명이 병에 걸리고, 29명이 사망한 사건이 발생하였다. 이 사건은 후에 급성폐렴균의 변종에 의한 질병으로 알려졌다.

□ SBS

거주자가 실내공기와 관련하여 두통, 재채기, 피로, 호흡곤란 등을 느끼지만 그 원인과 병명이 정확히 밝혀지지 않은 증상이다. 일부 집단은 낮은 농도의 혼합 화학물질에 대해서도 이러한 증상이 나타나며 이를 Multiple Chemical Sensitivity(이하 MCS)라고 하기도 한다.

나. 주요 오염물질의 건강영향

그 영향이 알려진 주요 오염물질의 건강영향은 다음과 같다.

□ 먼지

먼지 특히 미세먼지는 호흡시 기도를 통해 체내에 들어와 각종 호흡기 질환을 일으키는 원인이 된다. 미세입자가 유발하는 질환으로는 천식이 대표적이며 천식은 만성 호흡기 질환으로 기침, 호흡곤란, 흉부 압박감 등의 증상을 초래한다. 이와 더불어 먼지의 표면에는 중금속, 유기물질 등이 흡착되어 있어 다양한 질병들의 발생과도 많은 관련이 있다. 중금속은 실내에 그 발생원이 뚜렷하지 않기 때문에 주로 외부공기의 유입에 의한 것으로 간주된다.

□ 담배연기

WHO의 보고에 따르면 매년 500만 명이 흡연으로 인해 조기 사망하며, 그 수는 해마다 증가하고 있다. 담배연기는 수천가지의 발암성 물질이 포함되어 있고, 직접 흡연자뿐만 아니라 간접흡연자도 그 영향을 받고 있음이 연구결과 밝혀졌다. 담배연기에 포함된 먼지는 극히 미세하여 청소나 환기에 의한 제거도 쉽지 않다.

□ 카드뮴(Cd)

카드뮴은 대표적인 유해한 중금속 물질이다. 카드뮴 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 농도에 노출시 호흡기에 급성 독성영향을 보이며, 장기간 저농도에서 노출되면 신장기능의 장애를

가져온다. 신장피질의 농도가 200mg/kg 흡습 농도일 때 신장 기능 이상을 보인다. 카드뮴은 외부 공기의 유입과 담배연기가 주요 배출원으로 간주된다.

□ 망간

망간은 1mg/m³이하의 농도에서도 호흡기 질환을 유발하며, 피부염, 머리카락의 착색 및 성장저하, 저콜레스테롤 혈증, 신경장해가 나타난다. 5mg/m³이상의 망간에 노출되면 폐렴의 발생율이 증가하기도 한다. 실내의 망간은 외부 공기 유입에 의한 것으로 간주되고 있다.

□ 석면

석면은 석면폐, 폐암 및 중피종을 발생시키는 유해성이 큰 물질로 알려져 있어 우리나라에서도 이미 규제대상이거나 사용금지 물질로 정하고 있다. 일단, 석면에 한 번 노출되면 그 후 노출되는 일이 없어도 질병은 계속 진행되고 또한 새로운 증상도 나타나 약 20년 후에는 치명적인 암으로 발전한다. 석면에 의한 폐암은 흡연과 밀접한 관계가 있어서 담배를 피우는 사람에게는 석면에 의한 폐암 발생이 더욱 증가되어 담배를 피우지 않는 사람에 비하여 약 100배나 높다고 알려져 있다.

□ 일산화탄소

일산화탄소는 화석연료의 불완전 연소에 의해 발생되는데 실내에서 사용하는 난방기기 및 조리용 버너 등이 주요 배출원이다. 일산화탄소는 체내에 산소를 운반하는 역할을 하는 혈액중의 헤모글로빈(Hb)과 결합하여 혈액의 산소운반능력을 저하시키기 때문에 심한 경우 사망에 이르기에도 한다. 혈중에 일산화탄소-헤모글로빈의 농도가 2~5%이면 시간 간격을 모르게 되고, 시력이 감소하며, 5% 이상이면 심장과 폐의 기능에 변화가 생긴다. 일산화탄소의 급성 중독은 뇌조직과 신경계통에 가장 많은 피해를 가져오며 증상은 시야감소, 정신적 영향(불쾌, 피로추진), 생리적 영향, 중독 피해, 심폐환자의 병세악화 등이며 만성적인 영향으로는 성장장애, 만성 호흡기질환 발생(폐렴, 기관지염, 천식, 폐기종), 직업병 악화 등의 영향을 미치게 된다.

□ 이산화탄소

이산화탄소는 화석연료의 완전 연소와 호흡시에 발생하며 대기 중에 0.04% 정도 포함되어 있어 대기오염물질로 분류되지는 않고 있다. 그러나 실내에서 농도가 증가하면 호흡에 필요한 산소의 양이 부족하게 되어 일산화탄소와 함께 중요한 실내오염물질 중의 하나로 취급되고 있다. 호흡 중의 이산화탄소가 3%가 되면 호흡이 커지며 4%가 되면 폐포내의 이산화탄소가 증가하기 시작하고 호흡곤란, 두통 등의 증상을 일으킨다. 단시간이면 5%까지 인내가 가능하나 그 이상이면 호흡곤란이 초래된다. 이산화탄소는 실내공간의 환기정도를 가늠하는 인자로 간주되기 때문에 중요한 관리항목으로 다루어진다.

□ 이산화질소

질소산화물은 고온 연소시에 공기 중의 산소와 질소가 반응하여 발생하므로 실내에서는 취사용 시설이나 난방, 흡연 등이 주 원인이다. 혈중 헤모글로빈의 산소 운반능력을 저하시키고, 수 시간 내에 호흡곤란을 수반한 폐수종 염증을 일으키는 독성이 강한 물질이다. 또한, 점막자극이 강하고 메트헤모글로빈을 형성하여 호흡기와 폐에 장애를 초래한다. 이산화질소는 일산화질소의 5~10배의 독성을 가지고 있다.

□ 아황산가스

아황산가스는 대기 중에서 수분에 흡수되어 산성우나 미스트(mist)를 만들어 인체의 호흡기관 등에 유해한 영향을 미치며, 건축물 및 문화재 등을 부식시킨다. 주로 기관지염, 천식, 폐기종, 폐쇄성 질환 등을 일으키는데, 미스트는 보다 높은 농도를 보이므로 훨씬 건강에 유해하다. 또 불쾌한 자극성 냄새, 시정감소, 생리적 장애, 압박감 등의 현상도 보인다. 외부대기의 유입이 주된 원인이며 흡연과 실내에서의 연소 등도 원인이 된다.

□ 오존

오존은 자연적으로 생성되기도 하지만 고전압 전기에 의해 인위적으로 발생되기도

한다. 반응성이 높고 불안정하여 life time이 짧아 즉시 분해된다. 오존은 산화력이 강하기 때문에 살균 및 악취제거 기능이 강하며, 이러한 특성 때문에 고농도에서는 인체와 재산상에 영향을 주게 된다. 실내에서는 주로 복사기, 레이저 프린터, FAX 등 고전압의 전기를 사용하는 사무용 기기에서 많이 발생한다. 고농도에서는 눈과 목 등이 따가움을 느끼고 기도 수축, 두통, 기침 등의 증세가 나타난다. 장기간 노출되면 가슴의 통증, 기침, 메스꺼움을 느끼고 기관지염, 심장질환, 폐기종 및 천식을 악화시키고 폐활량을 감소시킨다. 특히, 기관지 천식 환자나 호흡기 환자, 어린이, 노약자 등에게는 많은 영향을 주기 때문에 주의해야 한다.

□ 포름알데히드(HCHO)

포름알데히드는 자극성 냄새를 갖는 가연성 무색 기체로 살균 방부제로 이용되고 물에 잘 용해된다. 화학적으로는 반응성이 매우 큰 환원제이기 때문에 젤라틴, 아교 등과 같은 단백질과 쉽게 결합하여 중합체를 형성하고 피혁 제조나 폭약, 요소계 합성수지, 멜라민계 합성수지를 만드는데 사용된다. 실내에서는 건축자재, 화학섬유, 단열재인 우레아수지 폼(Urea Formaldehyde Foam Insulation)과 가스난로의 연소, 담배연기, 접착제, 기타 생활용품 등에서 주로 발생된다. 장기간 폭로되면 정서불정, 기억력 감퇴 등을 유발하고 동물실험에서는 폐수종, 비염의 증상을 유발하는 것으로 나타났다. 반복하여 노출되면 눈, 코 및 호흡기도에 만성 자극을 일으킨다. <표 II-1>은 포름알데히드(HCHO)의 농도에 따른 인체영향을 나타낸 것이다.

<표 II-1> 포름알데히드의 인체 위해성

농도(ppm)	인 체 영 향
0.1-5	눈의 자극, 최루성, 상부기도의 자극
1 또는 그 이하	눈, 코, 목의 자극
0.25-5	기관지천식이 있는 사람에게서 심한 천식발작
10-20	기침, 폐의 압박, 머리가 무거움, 심장박동이 빨라짐
50-100	폐 체액의 집적, 폐의 염증, 사망 입으로 마실 경우, 구강, 목, 복부의 맹렬한 고통, 구토, 설사, 현기증, 경련, 의식불명

□ 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds)

실내에서의 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds: 이하 VOCs) 발생원은 건축자재와 마감재료, 건물의 청소용품 및 세척제, 복사기의 토너, 실내연소 등이 있다. 특히 여러 가지 화학물질을 사용하는 건축자재의 보급 증가와 접착제 사용 증가가 그 원인으로 거론된다. 또한, 화장품, 향수 등의 사용도 실내 VOCs의 발생원으로 작용하고 있다. VOCs는 단일 물질이 아니라 비등점이 50℃~260℃의 유기 화합물질을 총칭하는 것으로 모든 개별 물질에 대하여 위해 농도를 판정하기가 쉽지 않다. 유럽 공동연구위원회에서는 총 VOCs (Total VOCs)에 대한 위해성 평가를 통하여 <표 II-2>과 같이 기준농도를 설정하고 있다.

<표 II-2> 총 VOCs 농도와 건강에의 영향

분 류	농 도(총 VOCs) [mg/m ³]
영향 없음	< 0.3
건강영향 발생 가능	0.3 ~ 3.0
건강영향 발생	3.0 ~ 25
독성 범위	> 25

VOCs에 의한 인체영향은 오염물질의 종류와 노출농도, 기간, 다른 오염물질과의 복합 노출 여부, 개인의 감수성 등에 따라 다르게 나타난다. 벤젠과 1-3부타디엔, 포름알데히드, PAHs는 각각 백혈병, 비암, 폐암을 유발할 수 있는 잠재력을 지니고 있으며, PCBs, PTCs, 다이옥신, 퓨란은 인체 유전독성 유발물질로 알려져 있다. 급성장해로는 가장 보편적인 것이 중추신경계를 억제하는 마취작용이며, 만성장해로는 중추신경계 장애와 말초신경 장애를 들 수 있다.

실내의 총 VOCs 농도가 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도에서 재실자는 불쾌감을 호소하기 시작하고, $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도에서 20% 정도의 재실자가 자극을 느끼며, 가벼운 두통 등의 증상을 호소하게 된다. $1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도의 농도에서는 인간의 지각(냄새 등)으로 오염물질을 감지할 수 있는 정도가 된다. VOCs 중 벤젠은 급성중독일 경우 마취증상을 강하게 나타내어 호흡곤란, 불규칙한 맥박 등을 초래한다. 만성중독일 경우 혈액장애, 간장장애, 재생불량성 빈혈, 백혈병을 일으키기도 한다. 톨루엔은 피부, 눈, 목안 등을 자극하며 피부와 접촉하면 탈지작용을 일으키기도 한다. 또한 두통, 현기증, 피로 등을 일으키며 고농도에 노출될 경우 마비상태에 빠지고 의식을 상실하며 때로는 사망에 이르기도 한다. 자일렌에 의해서는 성장장애, 태아독성영향, 임신독성 등의 영향을 받는다.

□ 라돈(Radon)

라돈은 토양이나 암석 등에 함유된 라듐이 붕괴할 때 생성되는 원소로서 불활성 기체 형태의 무색, 무미, 무취의 방사성 가스이다. 실내에서는 건물 지반이나 주변 토양, 광석, 상수도 및 건축자재, 그리고 요리나 난방 목적으로 사용되는 천연가스 등에서 발생된다. 라돈 및 라돈의 부산 물질은 호흡기계 질환, 특히 폐암을 유발한다. 라돈의 알파(α)-붕괴에 의하여 라듐의 낭핵종이 생성되는데 이 낭핵종은 기체가 아닌 미세한 입자로 흡입시 폐에 흡입되어 폐포나 기관지에 부착되어 알파선을 방출하기 때문에 폐암이 발생되는 것으로 알려져 있다.

라돈과 라돈 붕괴시 만들어지는 물질은 기관지 세포에 악영향을 미칠 수 있는 강력

한 방사성 입자를 방출시키기 때문에, 미량일지라도 인체에 영향을 미칠 수 있으며 발암성 물질로 알려져 있다. 라돈은 거의 대부분이 호흡시 함께 배출되므로 라돈 자체로서는 인체에 피해가 거의 없으나 붕괴시 생성되는 Po-218과 Po-214는 전기적으로 대전되어 있으며, 이들 중은 인체에 직접적으로, 혹은 분진에 부착되어 간접적으로 호흡에 의해 몸속으로 흡입되고 폐 속에 침착 되어 궁극적으로 암을 발생시킬 수 있다.

□ 미생물성 오염물질

실내환경에 존재하고 있는 미생물들은 다습하고 환기가 불충분하며 공기질이 나쁠 경우 잘 증식하게 되는데 전염성 질환, 알레르기 질환, 호흡기 질환 등을 유발시키기도 한다. 이러한 미생물성 물질의 발생은 인간의 활동 및 일반가정에서 사용되는 각종 살포제, 공기정화기, 냉장고, 가습기, 애완동물 등으로부터 기인하며, 건물의 덕트 내에 쌓인 먼지는 실내먼지 및 미생물성 물질의 또 다른 발생원이 될 수 있다. 병원의 경우는 에어컨의 사용이나 살균제 살포 등으로 박테리아 등이 증식할 수 있고, 병원의 환기장치를 통해 결핵, 폐렴 등을 옮겨 병원 내 질병 발생이 촉진될 수도 있다.

미생물은 크게 그람양성구균(Gram(+) Cocci), 그람양성간균(Gram(+) Bacilli), 그람 음성간균(Gram(-) bacilli), 진균(Fungi) 등으로 구분할 수 있다.

그람양성구균(Gram(+) Cocci) 중 포도상 구균은 장독소(Enterotoxin), 피부용해독소(Epidermolytic Toxin) 등을 생산하며 인간에게 화농성 질환을 일으키는 병원성균이다. 또한, 피부에서는 봉와직염 등을, 점막에서는 중이염, 결막염, 방광염 등을 일으킬 수 있다. 연쇄상구균은 자연계에 널리 존재하고 있으며 우유, 유제품, 물, 먼지, 야채 그리고 동물이나 사람의 호흡기 계통에서 발견된다. 이 균은 병원성인 것과 비병원성인 것이 있는데 인간과 동물에 병원성이 있다.

그람양성간균(Gram(+) Bacilli) 중 호기성 아포형성 간균은 탄저균, 고초균 등의 Bacillus 속이 있는데, 탄저균은 동물이나 사람에게 탄저병을 일으키는 병원성 균으로 알려져 있으며, 고초균은 비병원성으로 드물게는 사람의 눈에 감염되어 안염을 일으킨다. 호기성 무아포형성 간균으로는 식물이나 가축의 기생성 병원균이 되고 건강인

의 상기도에 상재하며 기회 감염균으로 알려져 있다.

그람음성간균(Gram(-) bacilli)은 대장균, 엔테로코커 속 등으로 나누어지며, 대장균은 사람 또는 다른 동물의 장내 세균 중의 대부분을 구성하는 균종으로 보통은 비병원성이나 병원성 중에는 흔히 용혈성이고 일정한 혈청형에 속하는 경우가 많다. 엔테로코커 속은 자연계에 널리 퍼져 있으며 사람과 동물의 소화관내에 존재한다. 이 세균은 의료 기구 또는 병원 근무자를 통해서 병원 감염을 일으키는 흔한 원인 균이다.

진균(Fungi)은 일명 곰팡이라고 하며, 광합성 능력이 없어서 이미 합성된 유기물을 이용해 살아가는 종속영양생물이다. 자연에서 이들은 공생 또는 기생하며 광범위하게 분포하고 있어서 예로부터 인류 생활과 밀접한 이해관계를 가지고 있다. 감염경로는 숙주가 특정 진균 항원에 침착됨으로써 알려지가 발생하는 경우와 진균이 생산한 유해 독소를 사람이 모르고 섭취함으로써 중독현상이 발생하는 경우이다. 진균은 비염, 기관지 천식, 폐포염 또는 전신성 폐염 등을 나타낸다. 곰팡이가 발육 및 증식하기 위해서는 적당한 온도, 습도(수분)와 영양원이 필요하며, 일반적으로 온도는 20℃~30℃전·후, 습도는 60% 이상으로 사람의 생활환경과 거의 유사하다고 할 수 있다. 향후 포름알데히드의 사용제한 등에 의하여 친환경자재의 사용이 일반화되면 곰팡이의 서식조건이 개선되어 실내 주요오염원이 될 가능성이 많아 선진국에서는 많은 관심을 가지고 다루고 있다.

이외에도 실내에서 문제되는 미생물성 오염물질로는 애완동물의 털이나 진드기의 사체와 배설물 등이 있으며, 이들은 호흡기를 통해 인체에 들어오면 알러지의 원인으로 작용하여 기도 내에 자극성 물질이 되며 천식을 일으키고 호흡기 장애를 야기시킨다. 다음 <표 II-3>은 오염물질별 건강영향을 간략히 정리한 것이다.

<표 II-3> 실내공기 오염물질별 건강 영향

오염물질		건강영향
무기성 오염물질 (inorganic pollutants)	CO ₂	고농도에서 호흡곤란, 사망
	CO	조직의 질식, 순환기 장애, 혈구증, 다증, 단백뇨, 신경계 이상 증상
	NO ₂	기관지염, 천식, 폐기종
	SO ₂	호흡기 장애, 천식, 기관지염
	라돈	폐암, 폐기능 저하
	먼지	진폐증, 만성 호흡기질환
	석면섬유	피부질환, 호흡기 질환, 석면증, 폐암, 중피종, 편평상피, 중풍
유기성 오염물질 (organic pollutants)	MMF (man-made fiber)	피부 홍반 등 피부질환, 안구염증, 발암가능성
	VOCs	조혈장기 장애, 신경장애, 피부장애, 피로감, 발암가능성
	포름알데히드	비암, 구토, 설사, 인후자극, 호흡곤란
	담배연기	폐암, 후두암, 간암, 폐렴, 기관지염
생물성 오염물질 (biocontami- nants)	살충제	농도에 따라 다양한 영향을 미침
	바이러스	알레르기성 질환, 호흡기 질환(폐렴), 전염성 질환의 매개체, 감기, 아토피 피부염
	박테리아	
	곰팡이	
	진드기	
	각질(dander)	
	곤충(insect)	
	기타(식물 등)	

자료: 김운신, “겨울철 실내공기오염의 문제점과 관리대책”, 환경보전, 310권, 1998; 고광만, 김정열, “사업소 건축물에 대한 실내공기환경의 오염 조절방안에 관한연구”, 조선대학교 공학박사 논문집, 제27집, 1992; Paolo Carrer, 「Indoor Air Quality」, European Commission

다. 실내공기질 악화로 인한 사회적 손실

실내공기에 존재하는 여러 가지 오염물질은 각종 질병과 권태감, 피로감을 유발하여 수명단축, 의료비 증가, 노동력 손실 등을 초래한다. 실내공기질 문제를 인간의 리스크 관리차원에서 다루어져야 한다는 것은 이제 아무도 부인할 수 없는 명제가 되었다

지만, 피해를 정량적으로 산출하고 평가하는 연구들은 이제 시작단계에 있다고 보아도 무방하다. 물론 학문적 차원에서 간헐적인 연구가 학자들 사이에서 진행이 되었지만, 국가 정책 수립에 활용될 수 있을 만큼의 유용한 자료는 흔치 않다. 여기서는 최근에 수행된 연구를 중심으로 그 결과를 정리하면서, 우리나라도 실내공기질로 인한 사회적 손실에 대한 평가 연구가 필요함을 강조하고 싶다.

1) 유럽연합의 사례

THADE(Towards Healthy Air in Dwelling in Europe) 프로젝트는 EFA(European Federation of Allergy and Airway Disease Patients Association)가 유럽연합의 지원으로 유럽의 실내공기질 실태와 대책을 마련할 목적으로 2002~2003년 수행한 프로젝트이다. 이 결과에 의하면, 유럽의 1억 명 정도가 알러지 및 천식환자인 것으로 추정되었고, 각국별로는 인구의 6~8% 정도가 알러지성 천식환자인 것으로 밝혀졌다. 알러지성 비염환자는 천식환자보다 더 많은 수를 보이고 있는데, 천식 환자수와 비염환자수가 지난 10년 동안 증가하고 있으며, 이는 실내공기의 질과 직접적인 연관이 있는 것으로 추정하고 있다. 원인 물질로는 진드기 먼지, 곰팡이, 꽃가루, 애완동물, 바퀴벌레, 담배연기, 질소산화물, 포름알데히드, VOCs, MMF(Man-Made Fiber),⁷⁾ 부유먼지, CO 등이 거론된다.

각국별로 추정된 알러지성 천식 및 비염 환자 수는 다음 <표 II-4>와 같다.

7) MMF는 mmmF(man-made mineral Fiber)로 사용되기도 한다.

<표 II-4> 유럽국가의 알러지성 천식 및 비염환자 수(추정)

국가	총인구 (백만명)	알러지성 천식 (%)	알러지성 천식 환자수(천명)	알러지성 비염 환자수(천명)	합(천명)
오스트리아	8	6	480	1040	1520
벨지움	10	6	600	1300	1900
덴마크	5.2	6	312	650	962
독일	81.4	6	4884	10582	15466
핀란드	5	8	400	650	1050
프랑스	48	8	3840	6240	10080
영국	56	8	4480	7280	11760
그리스	7	6	420	910	1330
아일랜드	3.5	6	210	45	255
이탈리아	57.2	6	3432	7410	10842
룩셈부르크	0.6	-	-	78	
네덜란드	15.5	7.7	1200	2002	3202
노르웨이	4.2	6	252	546	798
포르투갈	10	6	600	1300	1900
스페인	39	6	2340	5070	7410
스웨덴	8.2	6	492	1066	1558
스위스	7	6	420	910	1330
서부 유럽	365.7	6.8	24362	47489	71852

2) 미국의 사례

- Maroni(1994)의 연구에 따르면, 미국의 경우, 실내공기질과 직접 관련 있는 질병으로 인한 의료비가 1986/1987년 연간 10억\$로 추정되고 천식으로 응급실을 방문한 비용만도 연간 2억\$로 추정된 바 있다. 또한 생산성 감소는 연간 3%정도로 추정되는 등 전체적으로 40~50억\$의 비용이 발생되고 있는 것으로 보고 된 바 있다.⁸⁾
- 미국폐협회(American Lung Association)는 약 2000만 명의 미국 시민이 천식을 앓고 있는데, 이는 1980년대에 비하여 2배 증가한 수치라고 보고하고 있다.

8) 자료: Maroni, M. et al, 「indoor air quality: a comprehensive reference book」, Elsevier, 1994

- 또 다른 자료에 의하면 2001년의 경우, 630만 명의 어린이가 천식을 가지고 있으며, 이로 인한 결석일수가 매년 1,400만 일(days)에 달한다고 보고하였다.⁹⁾
- 2000년에만 하더라도 214,000명이 응급실을 찾았고 이로 인한 의료비만 180만\$ 이상이 지출되었다.¹⁰⁾ 천식으로 인한 연간비용은 140억\$로 추정되고 있다.¹¹⁾
- 라돈은 담배연기 다음으로 폐암을 일으키는 물질이며 매년 21,000명의 사망의 원인으로 추정되고 있다.¹²⁾ 1992년 미국 EPA는 15가구 중 1가구가 미국 권고치를 초과하는 것으로 발표하고 있다.

3) 핀란드의 사례

비슷한 연구가 핀란드에서도 이루어 졌는데, 핀란드 천식 및 알러지 협회(Finnish Asthma and Allergy Federation)에 따르면, 핀란드 인구의 37.6%가 담배연기에 민감한 반응을 보이며 이 중 20%가 실제 담배연기에 노출되어 있는 것으로 분석되었다. 즉, 담배연기에 의해 유발되는 알러지 혹은 천식 환자수만 하더라도 112,000명으로 추산되고 있는데, 그 수는 점점 증가하고 있다.¹³⁾ 이 연구의 특징은 오염물질별로 민감한 반응을 보이는 인구 비율과 그 중 실제 노출되어 있는 인구 비율을 조사하여 제시하고 있는 것인데, 민감도에 있어서는 담배연기의 피해가 가장 크고 곰팡이, 애완동물이 그 뒤를 잇고 있다. 하지만 실제 노출인구 수로는 포름알데히드와 VOCs, 그리고 먼지가 가장 큰 값을 나타낸다.

9) 자료: Morbidity and Mortality Weekly Report, "Surveillance Summaries, Surveillance for asthma 1980-1999", CDC. March 29, 2002

10) 자료: Asthma Prevalence, Health Care Use and Mortality, 2000-2001

11) 자료: www.nhlbi.nih.gov/resources/docs/02_chdbk.pdf

12) 자료: USEPA, 「EPA Assessment of Risks from Radon in Homes」, 2003

13) 자료: Seppanen O, "Improvement of indoor environment in European residences to alleviate the symptoms of allergic and asthmatic children and adults", Report to European Federation of Asthma and Allergy, 2003.

<표 II-5> 핀란드의 천식 및 알러지 환자 수 추정결과

오염물질	총환자수	오염물질에 민감한 환자의 비율(I) (%)	(I)의 환자중 아직 오염물질에 노출된 환자의 비율(%)
담배연기	1,5000,000#	27.6~37.6#	20#
진드기 먼지	1,5000,000	6.5#	58#
곰팡이	1,5000,000	35~44#	27#
꽃가루	1,5000,000	22~26#	~100
NOx	1,5000,000	NA	NA
애완동물	1,5000,000	25.3~26.2#	NA
바퀴벌레	1,5000,000	NA	<1
포름알데히드	1,5000,000	NA	~100
VOCs	1,5000,000	NA	~100
MMF	1,5000,000	NA	<20
먼지	1,5000,000	NA	~100
CO	1,5000,000	NA	<1

주 1) #은 추정치임

2) NA=not available

같은 연구에서 실내공기오염으로 인한 비용손실도 추정하였는데, 이에 따르면 연간 비용손실이 3,025.6백만 FIM에 달하며, 이 중 곰팡이에 의한 알러지 및 관련 질병이 약 1,118백만 FIM으로 가장 높다. 다음 <표 II-6>은 실내공기질로 인한 핀란드의 비용손실 추정치이다.

<표 II-6> 핀란드 실내공기질로 인한 비용 추정결과

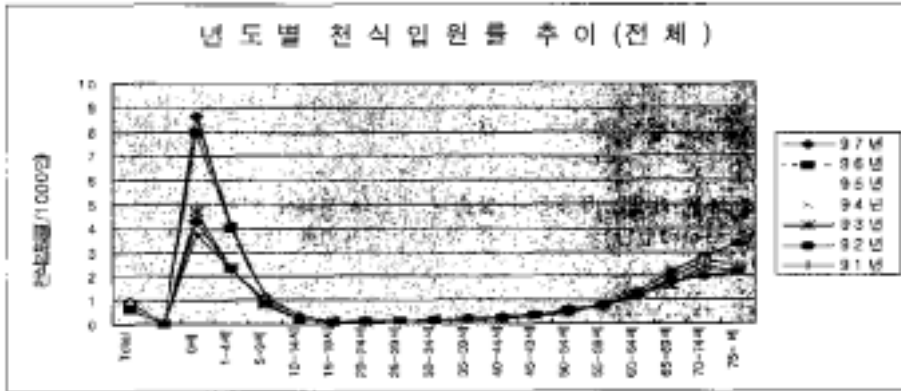
항목	비용 (백만 FIM/년)
곰팡이로 인한 알러지 및 관련 질병	1,111.7
라돈에 의한 발암	100.9
질병으로 인한 이주	504.6
노동력 손실	454.1
담배연기로 인한 심장 및 순환기 질병	764.2
병원균 감염	84.1
총계	3,025.6

4) 한국¹⁴⁾

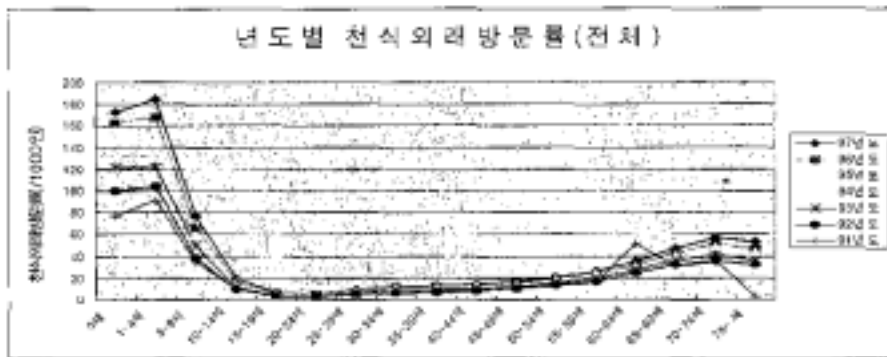
우리나라에서는 대기 오염물질이 천식, 알러지 등 특정질환을 유발하는지와 그 영향의 크기, 그리고 기전을 밝히고자 하는 연구가 많지 않다. 그런 의미에서 최근 보건복지부의 지원으로 수행된 한 연구결과는 대기오염물질과 천식과의 관계를 실증적으로 추적하고 그 원인과 기전, 피해 규모 추정을 목적으로 하기 때문에 실내공기질 관리에 유용한 정보를 제공해준다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

- 1991년 의료보험 이용실적 분석 결과 천식은 질병순위 24위이고, 입원원인으로 는 13위의 상당히 높은 질병으로 나타났다.
- 천식은 만 5세 이하의 어린이와 노인에게서 높게 나타나며, 이 연령대에서는 남성이 여성보다 더 많은 천식 빈도를 보인다.
- 천식으로 인한 의료이용 건수는 의료이용에 대한 통계가 잡히기 시작한 1983년 이후 계속 증가하고 있다. 천식으로 인한 입원률의 경우에는 10세 미만 군과 60대 이상 군에서만 큰 증가를 보이고, 외래의 경우에는 전 연령층에 걸쳐 2배의 증가를 보인다.

14) 자료: 백도명 외, 「우리나라에서의 천식의 증가와 대기 및 실내공기오염」, 보건복지부, 2002



〈그림 II-1〉 연도별 천식 입원률의 추이



〈그림 II-2〉 연도별 천식 외래 방문률의 추이

이 연구의 세부과제로 진행된 대기오염으로 인한 건강장애 분석에 의하면,¹⁵⁾ 대기

15) 대기오염 전체에 대한 평가이지만, 미세먼지, 질소산화물 등 주요 실내공기 오염 물질이 포함되어 있어, 실내공기질 관리가 중요함을 간접적으로 시사해준다. 실내공기 오염물질에 한정된 본격적인 연구가 필요하다 하겠다.

오염으로 인해 해마다 194,053년의 시간 손실이 발생하며 이 중 천식으로 인한 손실은 연간 659년으로 추정되었다.

5) 기타

노르웨이의 경우 어린이의 10%가 천식이라고 보고되고 있으며, 다른 국가들도 천식과 연관된 연구결과가 많이 보고되고 있다.

3. 주요 배출원과 저감 수단

가. 오염물질별 주요 배출원

실내 환경은 건물의 구조와 기계 장치, 건축기술, 오염원, 거주자의 행동, 그리고 외부환경의 복합적인 영향으로 결정된다. 따라서 실내공기를 오염시키는 물질도 다양하지만, 그 원인도 매우 다양하기 때문에 실내공기질 문제를 다루는 데는 종합적인 대책이 필요하다. 실내공기 오염의 주된 배출원은 크게 ① 건물 구성 요소와 마감작업에 기인한 것 ② 기기 장비로 인한 것 ③ 거주자의 활동에 기인한 것 ④ 외부 환경에 기인한 것으로 나눈다. 보다 상세한 배출원인은 다음과 같다

① 건물 구성 요소와 마감작업에 기인한 것

- 먼지 및 섬유 fiber 배출
 - 카펫, 커튼 등 섬유 제품의 표면
 - 낡거나 손상된 마감재
 - 석면을 포함하고 있는 재료의 손상
- 실내 재장식/리모델링/수선 행위
 - 새로운 마감재로부터의 배출
 - 철거시의 먼지 발생

- 페인트, 접착 작업시의 냄새, VOCs의 발생
- 리모델링의 작업시 미생물의 배출
- 비위생적 조건과 수분에 의한 손상
 - 물에 젖거나 토양에 오염된 마감재는 미생물이 성장
 - 표면에 응축이 일어난 곳에 미생물이 성장
- 건물 자재에서의 화학물질 배출
 - 마감재에서 VOCs 배출
- 사고
 - 물이나 기타 액체의 쏟음
 - 지붕, 파이프의 균열 등으로 인한 미생물의 성장
 - 화재발생
- 가구류
 - 수납용가구, 사무용 가구
 - 침대 및 침구류

② 기기 장비로 인한 것

- 사무용기기 및 가전제품
 - 복사기, TV, 컴퓨터 등 사무용기기 및 가전제품에서의 VOCs, 오존의 발생
 - 기기의 소비품에서의 오염물질 발생
- 공조 시스템
 - 덕트 내의 먼지
 - 가습기, 팬, 덕트 내의 미생물 성장
 - 부적절한 환기

③ 거주자의 활동에 기인한 것

- 개인 활동
 - 흡연, 체향(body odor), 화장품의 냄새

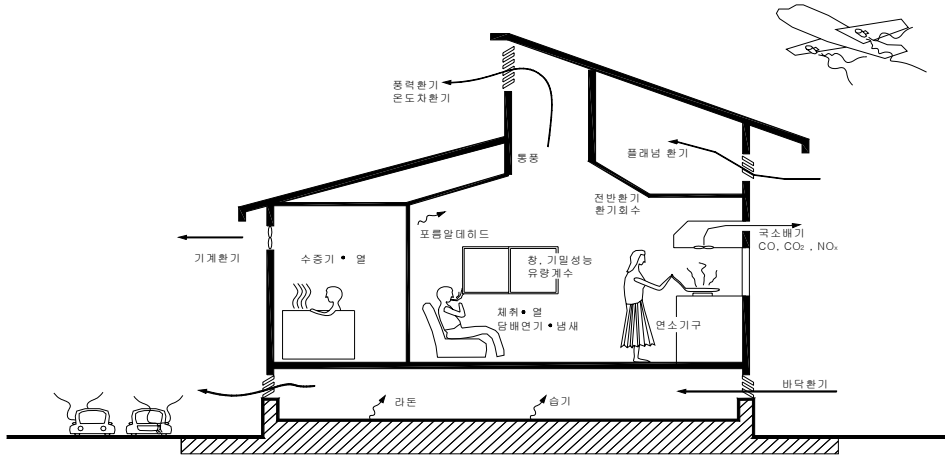
- 요리, 청소
- 저장한 제품이나 쓰레기통에서의 배출
- 방향제나 탈취제의 사용
- 건물 유지 활동
 - 냉각탑의 부적절한 운전으로 인한 미생물의 발생
 - 페인트, 접착제 등의 사용에 기인한 VOCs 배출
 - 살충제의 사용

④ 외부 환경에 기인한 것

- 오염된 외부 공기
 - 꽃가루, 먼지, 곰팡이 포자
 - 산업체에서 발생한 오염물질
 - 교통수단에서 발생한 오염물질
- 주변 지역의 영향
 - 주차장 혹은 도로 인근지역에서의 교통수단에 의한 오염
 - 폐기물 매립장 인근지역의 악취
 - 인근 건축물에서 배출된 공기
- 토양 가스
 - 라돈, 살충제 등

이와 같이 실내공기질에 영향을 미치는 요인이 매우 다양한데, 이를 다른 방법으로 분류하면 실내의 온·습도나 풍속과 같은 물리적 요소와 VOCs, 담배연기 같은 화학적 요소, 그리고 세균, 바이러스, 벌레 같은 생물학적 요소로 구분된다. 이중에서 화학적 요소와 생물학적 요소가 실내의 공기질에 주로 영향을 주는 오염물질이라 할 수 있지만, 물리적 요소가 생물의 성장과 오염물질의 외부 배출 등에 다시 영향을 미치기 때문에 이 것 역시 중요한 요소라고 할 수 있다. 다음 <그림 II-1>은 가정에서의

실내공기 오염원을 간략히 나타낸 것이다.¹⁶⁾



<그림 II-3> 주택의 실내공기오염원

공기를 오염시키는 물질들의 종류와 농도는 실내환경 조건과 외부 대기상태에 따라서 달라질 수 있다. 일반적으로 난방기구와 같은 생활용품에서는 이산화질소와 일산화탄소가, 건축자재에서는 포름알데히드, 휘발성 유기화합물, 석면, 라돈 등이, 그리고 인간활동으로 인해서는 담배연기 등이 주로 발생된다. 실내 공간에서 건강에 위해를 미치는 주요 생물학적 오염원은 비듬, 곰팡이, 먼지, 진드기인데 거의 대부분의 가정, 학교, 작업장의 경우 어느 정도는 미생물로 오염되어 있다. 외부 공기의 오염, 바이러스나 세균 보균자, 동물들이 오염원이며, 곰팡이와 세균은 주로 실내 공간의 표면이나 가습기와 같이 물이 고여 있는 곳이 오염원이다. <표 II-7>은 주요 오염물질 별로 그 발생원을 정리한 것이다.

16) 자료: 윤동원 외, 「오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구」, 환경부, 2003에서 인용

<표 II-7> 주요 오염물질의 배출원 분류

오염물질		주요 배출원
무기성 오염물질 (inorganic pollutants)	CO ₂	주방 및 난방용 연료의 연소
	CO	주방 및 난방용 연료의 연소(환기시설이 열악한 경우 특히 문제가 됨), 담배연기
	NO ₂	주방 및 난방용 연료의 연소, 담배연기, 외부공기의 유입
	SO ₂	주방 및 난방용 연료의 연소, 담배연기, 외부공기의 유입
	라돈	토양
	먼지	주방 및 난방용 연료의 연소; 외부공기의 유입(비중이 높음)
	석면섬유 MMF (man-made fiber)	단열재(분무형 포함) 및 막음재, plaster, 에어컨 등 전기제품에 사용된 석고, 석고 시멘트 석면대체품으로 암면, 유리면 등이 널리 사용; 단열재; 방음재
유기성 오염물질 (organic pollutants)	VOCs	책상, 소파 등 가구용품, 바닥재등 건축자재, 세정제, 페인트, 막음재 등 생활용품, 담배연기, 공기청정제, 외부유입공기
	포름알데히드	접착제; 담배연기; 단열재
	담배연기	흡연
	살충제	살충제
생물성 오염물질 (biocontamin- ants)	바이러스	생활환경, 특히 환기 시스템의 재순환 공기 중의 농도가 높음
	박테리아	환기 fan, 가습기
	곰팡이	습도가 중요
	진드기	습도 및 온도가 중요
	각질(dander)	애완동물 등 동물에서 기인
	곤충(insect)	-
	기타(식물 등)	-

한편, 최근 들어 가장 주목받고 있는 VOCs는 그 배출원이 다양하지만, 주로 건축자재에 기인한 것으로 여겨진다. 사람들의 주거환경 수준의 요구도가 높아지면

서 황토벽이나 목재, 대리석, 종이와 같은 종래의 천연재료에서 접착제를 이용한 합판이나 파티클 보드(Particle Board)등의 가공품, 복합 화학제품인 플라스틱, 합성수지나 복합재료의 사용이 증가하고 있다. 이러한 제품은 기본적으로 석유 화학제품이기 때문에 사용 도중에 다양한 VOCs를 공기 중으로 방출한다. 실내에서 발생하는 VOCs 물질과 발생원은 <표 II-8>과 같으며, 이중 건축자재와 관련된 VOCs와 자재의 종류는 <표 II-9>와 같다.

<표 II-8> 실내에서 발생하는 VOCs 물질과 발생원

VOCs 물질	주요 발생원
벤젠	연기, 세척 및 청소용품, 페인트 제거제, 접착제, 파티클 보드
디클로로벤젠	방향제, 쯤약
타클로로벤젠	목재 보존제, 곰팡이 제거제, 살충제
부틸아세테이트	락커
톨루엔, 자일렌	페인트, 바닥용 왁스, 니스, 염료착제, 등유용 난방기구, 벽지, 코킹 및 실런트 제품,
스틸렌	담배연기, 코킹제, 발포형 단열재, 섬유형 보드

<표 II-9> 주요 건축자재와 방출오염물질

건 축 자 재	오염원	방출오염물질
단열 자재		
섬유상 단열재 (유리면, 암면)	접착용 수지, 섬유상 물질	aldehydes, ketones, solvents
폴리우레탄 단열재	전처리 물질, 아민, 발포제(CFC)	FCs(chlorofluoro-hydrocarbons)
스티로폼 단열재	발포제(pentane 등), 스티렌 잔유물	
내부 마감자재		
수용성 락커, 라텍스	경화제, 솔벤트	texanol, glycols, glycolethers
유성 페인트, 락커	솔벤트, Monomers	solvents
카펫트 - 부직포	솔벤트, 첨가제 및 보조제, 부직포 처리용 수지	HCHO
소나무 목판	목재 추출물	pentanal, hexane pinene, camphene, 3-carene, HCHO etc.(34 components identified)
조각목 바닥재	목재 추출물, 락커, 접착제, 아교	HCHO, solvents, terpenes, aldehyde(12 components identified)
리노륨 바닥재	지방산,	fatty acids, toluene, 3-methylpentanes (16 components identified)
코르크 타일	목재 추출물, 합성수지산	1,2-propandiol, 4-methyldioxalan, HCHO, 2,2,4,6-pentamethyl-heptane (25 components identified)
PVC 바닥재료	경화제, 보조제, 솔벤트	TXIB(2,2,4-triethyl-1), 2-ethyl-1-hexanol, aromatic and aliphatic hydrocarbons, phenol(17~58 components identified)
고무 바닥재	항산화제, 경화제, 보조제	styrene, isododecene
코킹, 실런트 자재		
실리콘 코킹제	시공시의 아세트산	acetic acid
아크릴 코킹제	솔벤트	solvents,
폴리우레탄	경화제, 솔벤트	solvents
폴리에스테르, 중합 콘크리트	폴리에스테르 수지, 스티렌	styrene residue, phthalic acid
기타 건축자재		
칩보드	우레아 포름알데히드 수지	HCHO
접착제, 아교	솔벤트	2-ethyl-1-hexanol

자료: (사)한국환경정보·연구센터, 「건축자재로 인한 실내공기질오염에 관한 제도적 개선방안」, 2003

나. 저감 수단

여기서는 오염물질별로 가장 효과적인 실천 수단에 대해 살펴본다.

□ 담배연기

가장 효과적인 방법은 흡연 자체를 관리하는 것이다. 실내에서 흡연이 이루어질 경우 안전한 정도까지 노출을 저감하는 방법은 사실상 존재하지 않는다. 예를 들어 보통의 실내 환기량은 주거용 건물 $4\sim 10\text{L}/(\text{sec} \cdot \text{인})$ 이고, 사무실은 $10\sim 25\text{L}/(\text{sec} \cdot \text{인})$ 이지만, 담배연기가 있을 경우 안전한 농도까지 희석하기 위해서는 환기량이 $555\text{L}/(\text{sec} \cdot \text{인})$ 이 필요하다. 이 것은 물리적으로 불가능한 조건이다. 사무실이나 공공장소에서의 금연 정책은 가정에서의 흡연행위도 줄이는데, 이는 정부나 공공단체가 흡연에 의한 건강 리스크를 흡연자들에게 제공한 결과로 해석된다.

□ 곰팡이/진드기

곰팡이의 성장은 실내 습도와 직접적인 관련이 있다. 따라서 가장 효과적인 저감 수단은 실내 습도를 적정 수준으로 유지하는 것과 건물의 벽이나 가구의 표면 등에 수분이 응축되지 않도록 하는 것이다. 건물의 설계와 시공, 단열보강 등으로 표면 결로현상을 방지하는 것과 유지관리를 적절하게 하여 실내 습기를 제거하는 방법으로 수분응축을 어느 정도 예방할 수 있다. 두 번째는 환기인데, 이 방법은 수분 제거뿐만 아니라 집 진드기의 수를 억제하는 효과가 있는 것으로 보고 되고 있다. 세 번째 습도 조절방법은 난방이다. 수분의 응축은 공기의 상대습도에 의해 좌우되므로 난방은 수분의 응축을 막는 좋은 방법이다. 단, 외벽, 유리창 등에 표면결로가 생기지 않도록 단열보강 및 설계 및 시공이 이루어져야 한다.

□ 꽃가루

꽃가루는 실내/실외 모두에서 발생된다. 외부의 꽃가루는 의복이나 환기공기에 의해 실내로 유입되는데, 꽃가루는 입자가 크기 때문에 환기장치에 필터를 설치하면 제

거가 용이하다. 축축한 곳에서는 꽃가루가 발아하여 더욱 작은 입자를 발생시키며 이것은 제거가 쉽지 않다. 따라서 위에서 살펴본 수분 제거 방법을 적용하는 것도 좋은 대책이 된다. 공기청정기의 사용도 좋은 효과를 볼 수 있다.

□ 질소산화물

질소산화물은 난방, 취사시 연료의 연소에 의해 발생되는데 이는 피할 수가 없는 자연 현상이다. 대책으로는 발생된 연소가스를 굴뚝이나 배연가스 파이프를 통해서 외부로 내보내는 것이 효과적이지만, 완전한 제거는 불가능하다. 화석연료 대신 전기 기기를 사용하는 것이 가장 근본적인 대책이라고 할 수 있다.

□ 포름알데히드/VOCs

건축자재, 페인트, 광택제, 바닥재 등 건축 재료가 가장 중요한 배출원이기 때문에 오염물질의 배출량이 적은 재료를 선택하는 것이 가장 근본적인 대책이다. 문제는 소비자가 쉽게 선택할 수 있는 정보나 체계가 갖추어져 있는 것인가 하는 것인데, 많은 종류의 라벨링 제도가 존재하므로 라벨링을 획득한 재료를 사용하는 것이 도움이 된다. 가장 유명한 라벨링 제도는 덴마크와 핀란드에서 사용하고 있는 것인데, 2003년까지 600개의 재료가 가장 우수한 등급인 M1을 획득하였다.

□ 먼지

실내에서 발생하는 먼지는 종류가 다양하다. 담배연기, 꽃가루, 진드기 먼지, 곰팡이 포자 등이 있으며 외부 유입 먼지도 존재한다. 입자가 큰 것은 자연 침강이나 필터의 설치로 어느 정도 제거가 가능하지만, 담배연기 같이 아주 작은 먼지는 제거가 쉽지 않다. 고체 표면에 침적된 먼지는 공기의 흐름에 의해 다시 비산되므로 바닥이나 벽, 카펫 등의 먼지를 깨끗이 청소하는 것이 공기 중 농도를 낮추는 좋은 방법이 된다. 진공청소기는 미세 먼지 제거가 가능한 것을 사용하는 것이 도움이 되며, 환기 역시 좋은 방법이다.

□ MMF

광물섬유는 단열재나 방음재로 사용되는데, 이들이 손상을 입으면 공기로 배출이 된다. 광물섬유가 비산되지 않도록 표면이 코팅된 제품을 사용하는 것이 바람직하다.

□ 애완동물

애완동물로 인한 알러지는 아주 늦게 나타나는 경우가 있기 때문에, 학교나 공공장소에서는 애완동물의 출입을 금지하는 것이 필요하다.

<표 II-10> 오염물질별 저감 수단 요약

오염물질	저감수단	민간·정부차원의 대응
담배연기	· 실내 흡연 금지 · 흡연실 이용 · 환기개선 · 공기 청정기 사용	· 공공장소에서의 흡연 규제 · 실내 금연 홍보 · 환기 시스템 개선 · 흡연실 제공
진드기 먼지	· 실내 상대 습도를 낮게 유지 · 환기개선 · 제습기 사용	· 새 건물에 대한 규제 · 기존건물은 습도 제어 · 항진드기 재질의 사용
곰팡이	· 수분 응축 예방 및 처리 · 환기 개선 · 건물 안팎사이의 압력차이 조절	· 새 건물에 대한 규제 · 기존건물은 습도 제어
꽃가루	· 외부 공기와의 기밀 유지 · 공기 청정기 사용	· 기밀성능 테스트 방법 제공 · 청정기에 대한 라벨링 절차 제공
질소산화물	· 개방형 연소장치의 사용제한 · 배연 가스 제거 · 굴뚝 사용 · 환기 개선	· 전기사용 권장 · 중앙난방 사용 · 환기개선 · 레인지 후드의 사용
포름알데히드	· 배출원에서의 배출 억제 · 라벨링 제 품 사용 · 실내 금연	· 건축자재와 가정용 화학제품에 대한 라 벨링 제도 · 제품 규제
화학물질 /VOCs	· 다량배출 제품의 사용억제 · 신규건 물과 제품은 사용 중 충분한 환기	· 가구, 건축자재, 가정용품에 대한 라벨링 제도
먼지	· 먼지 발생원의 사용 억제 · 공공장소 에서의 카펫 사용 억제 · 환기 개선 및 청소	· 진공청소기 사용 권장 · 진공청소기의 성능기준 개발 · 중앙 환기 시스템의 사 용 권장 · 학교 및 사무실의 사용전·후 청소 권장
MMF	· 코팅되지 않은 제품의 실내 및 환기시 스템에의 사용 제한	· 섬유상 물질의 배출 제한 · 코팅되지 않 은 제품의 사용 금지 · 테스트 방법 개발
애완동물	· 알러지 환자가 있는 경우 애완동물 사 육 억제 · 청소 · 공기 청정기	· 홍보 · 공공장소에서의 애완동물 출입제 한 · 공공장소에서의 애완동물 전시회 억제
CO	· 충분한 공기의 제공 · 굴뚝 사용 · 건물 안팎사이의 압력차이 조절 · 실내흡연 금지	· 소규모 난방기구의 검사 · 설계 가이드 라인 작성

<표 II-11> 오염물질별 저감 수단의 우선순위

오염물질	환기개선	청소 및 위생관리	카펫사용억제	습도조절	배출원 관리
담배연기	2	-	3	-	1
진드기 먼지	2	2	2	1	-
곰팡이	2	-	-	1	-
꽃가루	3	3	3	-	3
질소산화물	2	-	-	-	1
포름알데히드	3	-	3	-	1
화학물질/VOCs	2	-	3	-	1
먼지	3	1	1	-	-
MMF	-	2	-	-	1
애완동물	-	2	3	-	2
CO	3	-	-	-	1

주) 1: 최우선 수단; 2: 중요한 수단; 3: 효과적인 수단; -: 중요하지 않음

제3장 외국의 실내공기질 관리사례 연구

1. 국제기구 및 민간단체

실내공기가 외부공기에 비해 더욱 안전하다는 막연한 믿음 때문에 정책당국과 국민들은 외부의 대기 오염도에 더욱 민감하게 반응하였고, 그간의 환경정책도 자동차 오염원관리, 산업 배출원 관리 등에 중점을 두고 추진되어 왔다. 그러나 현대인들의 사회·경제적 활동이 대부분 실내에서 이루어지고 있다는 연구결과와 실내공기의 오염도 수준이 외부 대기에 비해 오히려 높은 수준이라는 측정결과가 계속 발표됨에 따라, 이제는 실내 공기의 질적 수준이 인간의 건강 및 사회활동에 직접적인 영향을 끼치는 중요한 요소임을 의심 없이 받아들이게 되었다.

우리나라에 비해 비교적 빠른 대응에 나선 유럽 및 미국에서는 실내공기질을 단순한 매체 관리차원에서 접근하기 보다는 삶의 질 또는 인간의 복지와 연결하여 접근하는 것이 보편적이다. 이는 현대인들의 사회경제적 활동이 대부분 실내공간에서 이루어지고 있다는 사실에 더하여 실내공간에서 발견되는 오염물질이 외부 공기의 오염물질과는 다른 종류 특히 만성적 질환과 관계된 오염물질의 농도가 매우 높다는 사실에 근거한다. 이에 따라 현대인들에게 나타나는 각종 질병들이 상당부분 실내공기 오염에 기인한 것으로 판단하고, 실내공기질에 대한 실태조사와 함께 실내공기질과 관련 질병과의 상관관계를 파악하는데 많은 노력을 기울이고 있다. 또한, 실내공기오염으로 인한 생산성 저하문제도 최근 들어 논의되고 있다. 여기서는 WHO와 EU, 그리고 민간단체의 실내공기에 대한 인식 및 문제해결을 위한 활동 등에 대해 살펴본다.

가. 국제보건기구(WHO)

WHO 유럽사무소는 실내공기가 유럽인들이 앓고 있는 많은 질병과 직접적인 연관이 있으나, 일반 대중이 이 문제에 대한 정보부족 특히 그들의 깨끗한 실내공기를 요구할 수 있는 권리에 대한 이해 부족이 실내공기가 악화된 주요 원인이라고 생각하고 있으며, 유럽이 보다 밝은 미래를 위해 해결해야하는 과제중의 하나로 실내공기질 문제를 제기하고 있다.¹⁷⁾ 2000년 5월에는 유럽회원국들과의 모임을 갖고 각국 정부가 실내공기질 문제에 보다 많은 관심을 기울일 것과 국가간의 협력촉진, 교육 및 정보 제공 프로그램의 개발, 에너지와 실내 환경 분야의 협동, 그리고 실내공기에 대한 '건강한 공기질에 대한 시민 권리(The Right to Healthy Indoor Air)'를 포함하는 선언문을 채택하였다. 선언문은 모두 9개의 조항으로 이루어져 있는데, 주된 내용은 첫째, 사람은 누구나 깨끗한 실내 공기를 호흡할 권리가 있으며 이는 개인의 사회경제적 지위와는 상관없으며, 둘째, 건물과 관련 있는 이해 당사자들은 건강한 실내공기질 유지의 책임이 있으며 셋째, 불확실성을 이유로 공기질 개선대책의 시행을 미루어서는 안되며, 마지막으로 오염 원인자가 그 책임을 져야한다는 것이다. 구체적인 조항은 다음과 같다.

- ① 인간은 누구나 건강한 실내공기를 호흡할 권리가 있다
- ② 자율성(autonomy)의 원칙에 의해 사람들은 자기기 실내공기에 의해 어느 정도 위해도에 노출되어 있으며, 위해도를 저감할 수 있는 수단들의 정보를 제공받을 권리가 있다
- ③ 실내공기의 질은 사람들이 불필요한 위해에 노출되어서는 아니 된다.

17) 1995년 “유럽의 미래”란 제목으로 발간된 이 보고서는 유럽인들의 건강 보호를 위해 모두 100가지의 과제를 제시하고 있는데, 이중 실내공기질과 관련된 것이 6가지이다. 간략히 정리하면 ①실내에서의 담배연기 노출저감 ②실내에서 보온을 목적으로(에너지 효율을 목적으로) 환기량을 줄이는 행위가 합법화되어서는 안 됨 ③기체연료를 사용하는 제품들은 적절한 환기 및 유지관리가 필요함 ④공기질 측정방법의 표준화 ⑤오염물질(개별오염물질과 혼합물질)의 노출과 건강영향과의 관계 규명 ⑥천식증가와 실내공기질과의 관계 평가이다. 자료: WHO European Center for Environment and Health, 「Concerns for Europe's Tomorrow」, 1995

- ④ 건물과 관련 있는 모든 사람들은 거주자가 실내공기에 의한 피해를 받지 않도록 책임을 다하여야 한다
- ⑤ 개인의 사회경제적 지위가 실내공기질 유지에 영향을 주어서는 안된다.
- ⑥ 모든 관련 기관들은 실내공기질의 평가와 이로 인한 건강 및 환경영향을 평가할 수 분명한 기준을 마련하여야 한다
- ⑦ 불확실성을 이유로 잠재적인 위해성을 개선하기 위한 대책의 실행이 연기되어서는 안된다
- ⑧ 오염된 실내공기로 인하여 발생하는 건강 혹은 복지 문제에 대한 책임은 오염 원인자에게 있으며, 오염 원인은 공기질 개선 또는 복원에 대한 책임을 져야 한다
- ⑨ 건강과 환경이 분리되어 다루어져서는 안되며 실내공기질 개선을 이유로 생태계 혹은 미래세대의 권한이 손상되어서는 안된다

선언의 내용에서 알 수 있듯이 WHO는 실내공기질을 단순한 매체관리의 차원에서 접근하는 것을 배격하고, UN 헌장에서 명시하고 있는 “인간의 기본권리” 차원에서 다룰 것을 요구하고 있다. 따라서 실내공기질의 접근 방법도 인간의 건강 위해성 관리 차원에서 다루어져야 한다고 주장하면서, WHO의 원칙이 실내공기질을 다루는 모든 논의 및 정책에 반영되기를 권고하고 있다.

하지만 실내공기질 관리를 건강 위해성 관리 차원에서 접근하기에는 관련 자료가 너무 부족하다고 판단하여 WHO는 2002년 유럽 8개 국가를 대상으로 광범위한 실태 조사를 실시하였다. LARES(Large Analysis and Review of European housing and health status)라고 명명된 이 프로젝트의¹⁸⁾ 목적은 ① 유럽 건물의 공기질 평가 ② 개별문제 중 우선순위를 결정하는 수단 모색 ③ 건물 평가수단을 정부에 제공 ④ 보다 폭넓은 자료의 수집 ⑤ 정책수립자에게 지침 제공 등이지만, 가장 중요한 것은 실

18) 2002~2003년 진행된 이 프로젝트를 LARES(Large Analysis and Review of European housing and health status)라고 한다. 이 프로젝트의 수행을 위해 건축 및 건강 분야 전문가들이 참여하였으며 이탈리아 등 유럽 8개국의 3,373개 건물의 8,519개 가정에 대한 광범위한 조사가 이루어졌다.

내공기질 관리 정책 수립을 위해 신뢰할 수 있는 보다 많은 자료의 수집이라고 할 수 있다. 2003년 LARES 프로젝트가 완료된 후 각 전문가와 국제기구가 참여하여 수집된 자료를 분석하여 1차 내부보고서를 발간하였으며, 현재는 LARES 자료를 가지고 보다 유용한 정보를 도출하고자 하는 활동이 활발하게 진행되고 있다. LARES 결과를 활용하여 향후 WHO가 추진하고자 하는 과제는 다음과 같다.¹⁹⁾

- 리스크 저감을 위한 구체적 실천 계획이 도출될 수 있도록 LARES 자료를 보다 심층적으로 분석
- housing 과 건강 기준을 제시
- housing의 상태와 건강상태를 평가할 수 있는 도구의 개발

WHO가 현재 추진하고 있는 또 다른 프로젝트는 “건강한 건물(Healthy Housing)” 프로젝트이다. “건강한 건물”의 정의가 아직 명확하지는 않지만, 생활공간으로서의 건물과 인간의 건강문제는 함께 다루어져야 한다는 원칙은 분명하게 제시되고 있다.²⁰⁾ 건물의 건강성을 평가하는 항목으로는 건물의 안전성, 위생 정도, 주변 환경 등 많은 요소가 거론되고 있으나 실내공기의 오염도가 중요한 인자로 고려되고 있다. 이 프로젝트의 추진에서 보듯이 WHO는 실내공기질 문제를 독립적인 환경문제가 아니라 인간의 삶의 질 차원에서 다루어야 하는 사회적 문제로 인식하고 있는 것이 특징이다.

한편, 실내공기질의 악화 요인으로 건축물, 건축자재, 주방기구 등 하드웨어적인 요인과 인간의 생활방식 등 소프트웨어적인 요인으로 나누고, 하드웨어적인 요인은 건축자재 관리 등 여러 가지 수단들이 동원될 수 있지만, 소프트웨어적인 요소인 생활방식은 사용자 혹은 관련자들에게 실내공기로 인한 위해성 관리 정보를 제공하는 것

19) 자료: WHO Regional Office for Europe, 「Housing and Health : Identifying priorities」, 2003

20) “건강한 건물”은 건강, 위생, 편안함과 프라이버시(privacy)를 충족시킬 수 있는 물리적, 사회적, 그리고 정신적 조건을 제공하여야 한다. 자료: Regional Office for Europe, 「Review of evidence on housing and health: background document」, Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Hungary, 2004

이 중요한 수단이라고 결론 내리고 있다. 그리고 실내공기에 영향을 미치는 요소들이 매우 다양하게 얹혀있기 때문에, 무엇보다도 사회와 정부의 리스크 저감의지가 가장 중요하다고 보면서 각 정부는 다음의 사항을 추진하도록 강력히 권고하고 있다.²¹⁾

- ① 주택의 환경과 건강 문제를 국가차원의 환경·보건 문제로 다루어야 하며 실천계획 수립을 위해 광범위한 실태조사를 수행할 것
- ② 정부 조직 내에 건물의 환경과 건강문제를 다루는 조직을 구성하되, 그들의 책임과 업무를 명확히 분장할 것
- ③ 실내공기오염 문제와 관련하여 사회적 비용 및 저감대책 시행시의 편익을 계산하여 이를 정책에 반영할 것
- ④ 실내공기질과 관련된 정보의 교환, 이해 당사자들 간의 원활한 의사소통을 위한 대책을 마련하고 특히 일반 대중의 참여를 촉진하는 방안을 모색할 것

1999년 WHO 유럽사무소는 실내공기 오염물질과 그 기준을 제시하고 있는데, 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

21) 자료: WHO Regional Office for Europe, 「Housing and Health in Europe : Report on a WHO Symposium」, 2001

<표 III-1> WHO의 실내공기오염물질 기준(1999)

구분	물질	기준치(평균)	노출시간
비발암성 및 냄새감지 기준	카드뮴	5 ng/m ^{a)}	1년
	Carbon disulfide ^{b)}	100 µg/m ³	24시간
	일산화탄소	100 mg/m ^{3(c)}	15분
		60 mg/m ^{3(c)}	30분
		30 mg/m ^{3(c)}	1시간
		10 mg/m ^{3(c)}	8시간
	1,2-dichloroethane	0.7 mg/m ³	24시간
	Dichloromethane	3 mg/m ³	24시간
		0.45 mg/m ³	1주일
	불소 ^{d)}	-	-
	포름알데히드	0.1 mg/m ³	30분
	Hydrogen sulfide ^{b)}	150 µg/m ³	24시간
	납	0.5 µg/m ³	1년
	망간	0.15 µg/m ³	1년
	수은	1 µg/m ³	1년
	이산화질소	200 µg/m ³	1시간
		40 µg/m ³	1년
	오존	120 µg/m ³	8시간
	먼지 ^{e)}	dose-response	-
	플라티늄 ^{f)}	-	-
	PCBs ^{g)}	-	-
	PCDDs/PCDFs ^{h)}	-	-
	스티렌	0.26 mg/m ³	1주일
	이산화황	500 µg/m ³	10분
		125 µg/m ³	24시간
		50 µg/m ³	1년
	사염화탄소	0.25 mg/m ³	1년
	톨루엔	0.26 mg/m ³	1주일
	바나듐 ^{b)}	1 µg/m ³	24시간
발암유발 리스크 ⁱ⁾	· Acrylonitrile 2×10^{-5} · Arsenic 1.5×10^{-3} · 벤젠 6×10^{-6} · 크롬 4×10^{-2} · 니켈화합물 4×10^{-4} · PAHs 9×10^{-20} · 내화 무기성 섬유 $1 \times 10^{-6}(\text{fiber/l})^{-1}$ · 트리클로로에틸렌 4.3×10^{-7} · 비닐클로라이드 1×10^{-6} · 석면 $10^6 \sim 10^5$ · 라돈 $3 \sim 6 \times 10^5$		

주 a) 토양에서의 추가적인 카드뮴 유입이 없다는 것을 전제로 한 값임; b) 예전과 동일한 기준
 c) 8시간 이내에 다시 노출되어서는 안됨; d) 식물 등에 적용되는 기준을 적용; e) 안전한 수준의 농도를 설정하지 못함; f) 보통 대기는 작업장기준의 1,000배 이하 농도를 나타내므로 기준값이 필요하지 않음; g) 음식으로 인한 섭취량에 비해 매우 적으므로 기준값 설정이 필요 없음 h) 음식으로 인한 섭취량에 비해 매우 적으므로 기준값 설정이 필요 없음; i) 일생동안 1 µg/m³의 농도에 노출될 경우의 암유발 리스크임; j) beno(a)pyrene의 농도로 환산

나. 유럽연합

유럽연합의 경우, 실내공기질 관리와 관련한 지침은 건축 자재와 관련된 ‘Construction Products Directive(CEC 1989 Directive(89/106))’ 이다. 이 지침의 주된 내용은 ‘건설은 독성가스의 배출이나 위험한 먼지와 가스, 방사선, 습기 등을 배출함으로써 사용자나 이웃에게 건강상 혹은 위생상의 위협을 초래하지 않도록 설계되고 건축되어야 한다’라고 포괄적으로 규정하고 있는데, EU 회원국들의 건축자재 규제의 법적 배경이 되고 있다. 또 유럽위원회는 페인트와 표면 광택제에 대한 에코-라벨링 기준을 1999년 발표하였는데(1999/10/EC), 이것은 보다 환경친화적인 페인트와 광택제의 사용을 유도하기 위한 것이다. 이 기준이 적용되는 제품은 장식을 위해 실내에서 사용되는 페인트(decorative indoor paints in liquid or paste formulas)이며 바닥재 코팅제, 방부용 코팅제, 목재보존용 코팅제는 제외된다. 종류별 기준은 다음과 같다.

<표 III-2> EU의 페인트에 대한 에코라벨링 취득기준

항목	기준
백색염료	98 % 투명도에서 dry 필름 1 m ² 당 40 g 이하.
VOCs	30 g/l 이하(class I 페인트), 200 g/l(class II 페인트, 광택제)
휘발성 방향족 화합물	0.2 % 이하(class I 페인트), 0.5% 이하(class II 페인트, 광택제)
중금속	포함되지 않을 것

자료: COMMISSION DECISION of 18 December 1998 establishing the ecological criteria of the award of the Community eco-label to paints and varnishes

하지만 실내공기 관리와 직접관련 있는 다른 지침이나 기타 법적 규제 수단은 갖고 있지 않은데, 이는 정부의 간섭이 가능한 지 혹은 필요한지에 대한 방침이 아직 정해져 있지 않기 때문이다.²²⁾ 그러나 EU는 최근 실내공기 문제의 심각성을 인식하고 우

22) 더구나 EU의 ‘불필요한 동물실험의 제한’ 정책 때문에 실내공기 오염물질의 건강영향 조사 및 평가가 어려운 실정이다.

선관리대상물질의 선정과 평가, 규제를 위해 필요한 정보를 획득하기 위하여 INDEX 프로젝트를 추진하고 있는데, 이 프로젝트의 주요 목적은 다음과 같다.

- 실내공기 오염물질 중 규제가 필요한 물질의 우선순위 선정
- 이러한 물질들의 잠재적 노출 한계에 대한 제안
- 현재 진행되고 있는 연구, 규제 수단에 대한 정보 확보

이 프로젝트는 2년의 연구기간동안 추진되며 EU는 이 연구의 결과에 따라 실내공기의 규제 여부를 결정할 예정으로 있다.

EU의 또 다른 중요한 프로젝트로는 HOPE(Health Optimization Protocol for Energy-Efficient Building)가 있다. 이 프로젝트는 2001년 시작하여 2004년 완료 예정이며, 최종 목표는 건강하면서도 에너지 효율이 높은(그래서 CO₂ 저감이 가능한) 건축물의 수를 증가시키는 것이다. 세부 목적은 다음과 같다.

- 에너지 저감 전략과 건강한 건물 전략 사이의 충돌을 해결하는 것
- 유럽 건물의 에너지 효율 상태와 사용자의 건강상태를 동시에 나타낼 수 있는 바로미터의 설정
- 건물의 에너지 효율과 사용자의 건강상태를 평가할 수 있는 기술의 개발

이 외에도 EU는 많은 프로젝트를 수행하고 있는데, 건물의 건강성과 에너지 효율을 어떻게 조화시킬 것인가 하는 문제와 현재의 실내공기 오염실태 파악과 관련 자료의 구축 등이 주된 내용을 이룬다.

<표 III-3> EU에서 실내공기질 관련 프로젝트 추진 현황

프로젝트 번호	제목	진행상황
JOU2-CT92-002	European audit to optimize indoor air quality and energy consumption in office buildings	완료
JOR3-CT96-0044	EPIQR-A cost predictive european retrofitting evaluation method for improving the energy performance and indoor environment of existing apartment buildings	완료
JOR3-CT98-0235	TOBUS-Adecision making tool for selecting office building upgrading solutions	완료
JOR3-CT97-0171	AIRLESS-Design, operation and maintenance criteria for air handling systems and components for better indoor air quality and lower energy consumption	완료
JOR3-CT97-0194	MATHIS-Materials for healthy indoor spaces and more energy efficient buildings	완료
IEA Annex 36	Retrofitting in educational buildings	진행 중
DG SANCO N. SI2.2991168	EUROVEN-European multidisciplinary scientific network on indoor environment and health concerning associations between ventilation and health	진행 중
-	Thematic network PeBBU-Performance based building	진행 중

다. 국제 실내공기질 학회(International Society of Indoor Air Quality)

ISIAQ는 건설혁신을 위한 국제위원회(International Council for Research and Innovation in Building and Construction: 이하 CIB)와 공동으로 실무그룹을 구성하고 '건강한 건물(healthy building)'을 만들기 위한 성능평가 기준을 작성하고 있다. 성능평가 기준은 실내 공기질과 환기, 공조시스템의 청결도, 건축자재료로부터의 오염 물질 배출, 수분의 방지, 허가 및 유지관리 조건 등으로 구성되는데, 특히 이 기준이 건물의 설계단계에서부터 반영되도록 하는데 초점을 두고 있다.²³⁾ 또한 이 기준은 환기시스템 생산업체와 사용자, 건물 관리자에게도 유용하게 사용되도록 작성될 것

23) 실내 환경에 영향을 주는 요소는 다양하고 사용자는 언제나 건물의 환경에 대해 만족하지 못하는 경우가 많다. 이에 따라 사용자의 불평을 사전에 예방하고 쾌적한 환경을 담보할 수 있도록 건물의 설계 및 시공과정 절차 및 기준의 제시는 건설업계에는 중요한 일이 되고 있다.

이다.

2. 외국 정부의 관리정책 사례

실내공기질의 관리는 오염물질의 종류와 배출원을 파악함으로써 시작된다. 정부가 동원 가능한 수단은 크게 실내공기질의 수준을 사용자가 파악하여 스스로 대처하도록 하는 수단, 배출원에서의 배출원을 사전에 저감하는 수단, 환기수단, 사용자 및 사회의 전반적인 인식을 높이는 수단 등으로 대별된다. 여기서는 각 국별로 실내공기질 관리 활동이 어떻게 이루어지는지 조사하였는데, 주로 각 국 정부의 법률과 정책의 동향, 실내공기질 관리기준, 환기기준, 건축자재 관리방법, 교육 및 홍보 수단, 그리고 연구활동 등을 중심으로 살펴본다.

가. 덴마크

1) 정책동향 및 법률

덴마크의 실내공기질 관리업무는 건축부의 소관으로 되어 있다. 1995년 이전에는 주로 위생, 단열, 에너지소비, 화재대책, 휴식 공간 등을 관련법에서 다루어오다가 실내공기질 항목이 추가되었다. 하지만 실내공기질 규제는 상당히 제한적인데, 이는 많은 정보에도 불구하고 규제에 필요한 정량적인 정보 분석이 이루어지지 못하였다는 점과 어떤 대책이 필요한지 또 어떻게 접근해야하는지가 불분명하기 때문이다. 또 다른 이유로는 관련 전문가와 정부 당국자간의 협조가 부족하였기 때문으로 분석하고 있다. 현재 덴마크 정부는 연구자와 정부 당국자간의 의사소통과 협조를 위해 수 년 동안 위원회를 만들어 운영하고 있는데, 그 효과가 큰 것으로 평가하고 있다.

실내공기질 관리 대상으로는 신규건물뿐만 아니라 기존건물에 대해서도 관심이 많으며, 또한 건물자체에 대한 관심 외에도 제품 생산자, 건축업자, 최종 사용자등에 대한 규제도 관심사항이다. 하지만 실내공기 오염물질의 종류가 매우 많고 낮은 농도에

서의 리스크 평가가 쉬운 일이 아니어서 관리에 어려움을 겪고 있다. 현재 정부는 대표적인 비규제 수단인 건축자재의 라벨링 제도를 운영하고 있다.

□ 법률

- The Building Act : 건물은 안전하고 건강하게 건축되어야 한다고 포괄적으로 규정
- The Code of Thermal Indoor Climate DS 474 : 건물 내 공간의 온도 및 난방을 규정
- BEK n 60027(1998) : 실내공기질 관리에 대한 지침으로, 환기와 실내오염에 대한 규정이 있음. 오염물질은 포름알데히드, 석면, 인조광물섬유, 석탄연소시의 소각재, 질소산화물, 라돈, 지하토양에서 발생하는 물질이며, 환기기준을 둠으로써 건물내의 습도도 관리하고 있음

2) 실내공기질 기준

아직 실내 공기질 기준을 적용하고 있지는 않지만 향후 고려의 대상이며, 현재의 체임버법과 모델링 기법이 규제를 위해 적합한 수단으로 간주하고 있다. 학교에 대해서도 환기기준만 제시되어 있고 공기질 기준과 관련된 특별한 규제는 없다.

3) 건축자재 관리

덴마크에서 1990년대에 처음 시작된 실내공기질 인증제도(Indoor Climate Labelling: 이하 ICL)는 덴마크 건축부(the Ministry of Housing and Building)의 지원 하에 그 위치를 확고히 하고 있다. 덴마크 국내뿐만 아니라 인근 노르웨이 등에서도 사용되는 등 국제적인 관심을 끌고 있다. ICL의 목표는 ①보다 친환경적인 제품을 생산하도록 생산자에게 도구를 제공하고 ②의사결정자와 소비자에게 환경친화적인 제품을 선택할 수 있는 도구를 제공하며 ③제품이 실내 환경에 미치는 영향에 대해 보다 많은 정보를 제공함으로써 실내공기질을 개선하는데 있다.²⁴⁾

24) 또한 오염물질 배출이 적은 제품을 사용함으로써 환기량을 늘리지 않아도 되는 이점이 있다.

ICL의 기본 개념은 새로운 제품으로 발생되는 냄새와 VOCs를 측정하여 실내공기 질에 영향을 미치지 않는 시간(indoor-relevant time-value) 즉, 제품이 얼마나 오래 오염물질을 배출하는가를 결정하는 것이다. 이는 결국 제품의 저장과 시공, 그리고 사용시의 조건까지 포함하게 된다. 그러나 막음재와 섬유상 물질을 포함하는 제품에 대해서는 먼지와 섬유상 물질의 배출에 대해서도 측정한다.

덴마크의 건축법(Danish Building Code)은 ICL을 사용하도록 권고하고 있고, 노르웨이 technical regulations of the planning and building act는 ICL과 관련하여 제품의 자세한 내용을 요구하고 있다. 노르웨이 법률에서는 “건물의 건축은 실내공기가 안전하도록 설계되고 시공되며 유지되어야 한다”라고 요구하고 있으며 여기에는 건강 및 위생상의 문제가 거주자뿐만 아니라 이웃들에게도 발생하지 않도록 범위를 넓게 설정하고 있다.²⁵⁾

덴마크 및 노르웨이의 ICL 위원회는 기준을 개발하는 부분과 라벨링을 발급하는 부분으로 구성되어 있는데, 주요 활동내용으로는 ①제품의 테스트 기준과 라벨링 등급 기준을 개발하는 일 ②ICL의 국제적인 확산 ③ICL 개념의 개발로 나누어진다.

2004년 현재 11개의 제품군으로 나누어 라벨을 취득기준을 제정하였고, 세정제품에 대한 기준을 준비하고 있다.

25) 자료: A. Larsen, 「Further Progress of the Indoor Climate Labelling Scheme」, Proceedings of the 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Scotland, 1999.

<표 III-4> 덴마크 ICL의 제품별 라벨링 획득 기준 작성 현황

제품군	발행날짜
ceiling and wall system	1997.10
interior door and folding partitions	1996.8
창문 및 외부연결 문	1998.5
카펫	1995.4
바닥재	1998.1
나무바닥재에 사용되는 기름	1998.1
부엌, 목욕탕, 옷장	1998.9
일반적으로 적용되는 기준	2000.6
가구	2002.11
내부 사용 페인트	2002.11
케이블 관 및 moulding	2004.9

ICL의 적용이 실내공기질 문제를 개선하는데 상당부분 기여한 것이 사실이지만 아직도 많은 불평사례가 보고 되고 있다. 거주자의 오염물질에의 노출을 감소한다는 것은 확실하지만 발암성 문제와 알러지 문제를 다룰 수준은 아닌 것으로 평가된다. 그 동안의 ICL 성과로는 다음과 같은 점을 들 수 있을 것이다.

- 1차 및 2차 배출로 인한 노출을 저감
- 실내공기질에 대한 불평건수 저감
- 섬유 카펫에서의 4-phenylcyclohexene의 획기적 저감
- 용제사용의 저감 혹은 대체(실제로 “0” 용제 페인트가 시판되고 있음)
- 건축자재 생산자들의 인식제고
- 친환경 건축자재에 대한 소비자 인식 제고

4) 환기 기준

덴마크의 실내공기질 관리는 건축자재 관리와 환기가 주를 이룬다. 환기에 대한 규정은 위의 법률에서 다루고 있는데, 주거공간과 사무실, 그리고 학교로 구분하여 살펴보면 다음과 같다. 환기에 따른 에너지 손실을 줄이기 위하여 법은 효과적인 열회수

장치를 설치하도록 규정하고 있으나 수치로 제시되어 있지는 않다.

□ 거주 공간

단독주택의 경우에는 자연환기와 기계적 환기가 모두 허용되며, 환기 횟수는 0.5 h^{-1} 인데, 이는 실내공간만큼의 공기량이 최소한 2시간 동안에 외부와 교환되어야 한다는 의미이다. 다층주택의 경우에는 반드시 기계적 환기장치를 설치해야하며 환기속도는 경우에 따라 다르다.

□ 사무실

강제적인 규제는 하지 않지만 DS 447 지침은 최소한의 외부공기 공급량을 제시하고 있는데, 흡연이 허용된 공간에서는 $10 \text{ l}/(\text{sec} \cdot \text{인})$, 금연공간은 $4 \sim 10 \text{ l}/(\text{sec} \cdot \text{인})$ 이다. 그리고 작업 환경법은 사무실의 CO_2 농도가 2,000 ppm이 넘으면 조치를 취하도록 하고 규정하고 있다.

□ 학교

학교의 환기 규정은 보다 까다로운데, 학생수와 교실의 면적을 모두 고려하여 환기량을 규정하고 있다. 학생 1인당 $5 \text{ l}/\text{sec}$ 에 더하여 교실면적 1m^2 당 $0.4 \text{ l}/\text{sec}$ 의 환기량을 유지하여야 한다.

나. 독일

1) 정책동향 및 법률

독일은 실내공기 관리를 위하여 Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 보건부, 경제부처, 건설부, 내무부, 과학기술부 등이 함께 참여하는 부처실무그룹(Intergovernmental working group)을 구성하여 운영하고 있는데, 주무부서는 Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety이다. 실

내공기질 관리의 개념은 1992년에 처음 정립되었으며, 부처간의 협력과 예방의 원칙, 오염자부담원칙, 협동의 원칙이 강조되고 있다. 주요 오염원으로 간주되고 있는 것은 다음과 같다.

- 건축자재
- 마감재 및 사무용 기기
- 난방, 환기, 에어 컨디셔닝 시스템
- 라돈
- 주변 환경(쓰레기 처리장, 교통 혼잡지역, 상업지역의 주거지구)이 열악한 곳에 위치한 건물
- 청소 및 유지 관리를 위한 제품
- 목재, 섬유제품, 실내 식물 보호를 위한 제품
- DIY 제품
- 담배연기
- 알러지를 유발하는 먼지, 미생물
- 화학물질의 부적절한 사용
- 자동차내의 실내공기

독일은 주기적으로 전국적인 조사를 실시하고 있는데 이를 GerES(German environmental surveys)라고 한다. 1985년 처음 시작되었고(GerES I) 가장 최근으로는 GerES III이 1998년 실시되었다. 조사의 목적은 독일 전역의 오염물질의 노출 정도와 가정에서의 노출조건을 분석하기 위한 것인데, 조사항목은 PCP, lindan, DDT, propoxur, methoxychlor, chlorpyrifos 등 살충제 성분과 pyrethroids, 방연제 등이다.

그리고 제품의 성분표시, 살충제의 성분 등록, 담배연기 문제가 향후 중요하게 다루어질 이슈로 대두되고 있으며, 정보와 교육 역시 중요한 정책 수단으로 인식하고 있다.

2) 실내공기질 기준

독일의 실내 공기질 관리기준은 2 종류로 작성되어 있다. 기준 I(RW I)은 장기간의 노출에도 건강영향이 뚜렷이 밝혀지지 않은 수준의 농도, 즉 기준 I 이하로 유지되면 안전하다고 생각되는 기준이다. 기준 II(RW II)는 이 기준을 초과하면 즉시 대응조치가 필요한 수준의 농도로 현재까지의 과학적 근거에 의해 밝혀진 사실을 반영하여 작성된 것이다. 각 기준은 다시 장기기준과 단기기준을 제시하고 있다. 기준이 설정된 물질은 톨루엔, 디클로로메탄, 일산화탄소, pentachlorophenol, 이산화질소, 스티렌, 수은, 총 VOCs, diisocyanates 등 9개 물질이며, 그 기준은 다음과 같다.

<표 III-5> 독일의 실내공기질 관리기준

오염물질	기준 I(RW I) (mg/m ³)	기준 II(RW II) (mg/m ³)	기준도입연도
톨루엔	3	0.3	1996
디클로로메탄	2(24시간평균)	0.2(24시간평균)	1997
일산화탄소	60(30분 평균) 15(8시간평균)	6(30분 평균) 1.5(8시간평균)	1997
pentachlorophenol	1 µg/m ³	0.1 µg/m ³	1997
이산화질소	0.35(30분 평균) 0.06(1주일 평균)	- -	1998
스티렌	0.3	0.03	1998
수은	0.35 µg/m ³	0.035 µg/m ³	1999
총 VOC ¹⁾ diisocyanates ²⁾			

주 1) 총 VOCs는 특정값 보다는 범위로 주어지는데 단기간의 노출 시에는 10~25 mg/m³(체류시간이 하루 미만일 때), 장기적으로는 0.2~0.3 mg/m³을 제시

2) diisocyanates는 페인트나 접착제 등에 포함되어 있고 사용 초기에는 높은 실내농도를 보일 수 있지만 곧 감소하기 때문에 장기적 노출로 인한 문제가 발생할 것으로 보지 않아 기준의 제시는 불필요하다고 봄. 이 물질에 대해서는 좋은 환기시설의 설치를 권고함

자료: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/irk.htm>

3) 건축자재 관리

독일에는 실내공기질 관리와 관련하여 3가지 종류의 제품 labelling 제도가 있다. 첫째는 카펫 관리를 위한 GuT system이고 둘째는 바닥재 관리를 위한 GEV-Emicode system. 그리고 마지막으로 Blue Angel (RAL UZ) 마크이다. 각 제도의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

① GuT (the Association of Environmentally-friendly Carpets)

1990년 유럽의 카펫산업체가 설립한 협회로 오염물질이 적게 발생하는 카펫을 생산하고 이를 소비자에게 홍보하기 위하여 자체적인 기준을 설정하여 카펫 제품을 테스트하고 있으며 기준을 통과한 제품은 GUT 인증을 받는다. 기준은 크게 사용금지 물질, 오염물질 기준, 그리고 냄새 기준으로 나누어진다.

□ 사용금지물질

- 발암성 아조 염색물질(azo dye)²⁶⁾
 - 4-aminobiphenyl; benzidine; 4-chlorine-o-toluidine; 2-naphthylamine; o-amino-azo-toluene; 5-nitro-o-toluidine; 4-chloroaniline; 4-methoxy-m-phenyldiamine; 4,4-methylene-dianiline; 3,3-dichlorobenzidine; o-dianisidine; 3,3-dimethylbenzidine; 4,4-methylendi-o-toluidine; p-cresidine; 4,4-methylene-bis-(2-chloroaniline); 4,4-oxydianiline; 4,4-thiodianiline; o-toluidine; 4-methyl-m-phenylene-diamine; 2,4,5-trimethylaniline; o-anisidine; 6-amino-2-ethoxynaphthalene; 4-amino-3-fluorophenol; 4-amino-azo-benzene
- 고휘발성 CFCs(chlorofluorocarbons)
- 납, 카드뮴, 수은, 크롬을 포함하는 염색물질은 pile material의 염색에 사용되어

26) 섬유제품 및 가죽제품의 염색에 관한 EU Directive 76/769/EWG에서 규제하고 있으나 GuT는 EU 지침 이전에 이를 시행하였다.

서는 안됨²⁷⁾

- ZDEC(zinc diethyl dithiocarbamate)

□ 오염물질 테스트 항목

다음의 물질들은 카펫 완성품이나 카펫 원료에 일정 농도 이상 포함되어거나 혹은 배출 테스트에서 일정 농도 이상 배출되어서는 안된다. 오염물질 종류와 기준은 다음과 같다.

<표 III-6> 독일 GuT 마크 기준

오염물질	기준	비고
pentachlorophenol	0.1 mg/kg	완성품에 포함된 오염물질 함유량
formaldehyde	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	chamber test
vinylchloride	0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	chamber test
vinylacetate	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	chamber test
살충제 ²⁸⁾	40 $\mu\text{g}/\text{kg}$	완성품에 포함된 각 물질의 함유량

□ 냄새기준

시료 144cm²를 2L-dessicant에서 37°C, 상대습도 50%에서 15시간을 저장한 후, 7명의 훈련된 냄새 판정가들이 냄새를 판정하는데, 판정결과가 4(평균) 이하이어야 한다.²⁹⁾

27) 완성된 카펫의 총 중금속 농도는 100 mg/kg을 초과해서는 안된다.

28) 천연섬유 제품이나 wool이 50% 이상 포함된 제품은 다음 종류의 살충제에 대하여 기준을 통과하여야 한다: α -hexachloro-cyclohexane; β -hexachloro-cyclohexane; γ -hexachloro-cyclohexane; ϵ -hexachloro-cyclohexane; heptachloro-epoxide; hexachlorobenzene; dichlorophos; dichlorofenthion; pentachlorophenol; heptachlor; indane; parathion-ethyl; parathion-methyl; malathio; methoxychlor; permethrin; aldrine; endrine; diazinone; dieldrine; mirex; o,p-DDD; o,p-DDE; o,p-DDT; p,p-DDE; p,p-DDT; p,p-DDD

29) 냄새의 세기는 1(냄새 없음), 2(not unpleasant), 3(slightly unpleasant), 4(unpleasant), 5(very unpleasant)로 나눈다.

현재 유럽 9개 국가의 85개 업체가 참여하고 있는데, 이는 카펫 생산업체의 75%에 해당한다.

② GEV-Emicode system

1997년 바닥재 및 관련제품을 생산하는 기업이 모여 오염물질 배출이 적은 제품을 생산하기 위해 설립한 단체이며 정식 명칭은 Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe e.V.(Association for the Control of Emission in Products for Flooring Installation)이다. GEV의 주 목적은 소비자들에게 환경친화적인 제품을 제공하는 것이지만 주로 VOCs를 타겟으로 하고 있다. GEV는 자체적으로 VOCs 배출량에 따라 제품을 분류하고 있는데 이를 EMICODE 라고 한다. EMICODE는 3가지 등급으로 나누어지며 이는 제품의 총 VOCs 배출량을 기준으로 판단한다. 하지만 기본적으로 또 다른 요건이 있는데, 비등점 200℃ 이하의 용매 함유량이 0.5% 미만이어야 하고(독일 TRGS 610에서 규정) 발암성물질의 배출량이 최고 허용치를 만족하여야 한다.³⁰⁾ EMICODE는 제품군에 따라 기준이 다르게 설정되어 있는데, 등급별 제품군별 자세한 기준은 다음과 같다.³¹⁾

30) 테스트 chamber에서 시료를 저장한 뒤 24시간 경과시 C1(발암물질), C2(발암원인물질), C3(동물실험에서 발암유발물질로 밝혀진 물질)를 측정하며, 이때 각 농도의 최대 허용치는 C1은 $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, C2는 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 그리고 C3는 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이다.

31) 실험조건은 다음과 같다. 온도:23℃; 상대습도: 50%; 환기속도: 시간당 0.5; 시료양: $0.4\text{m}^3/\text{m}^3$

<표 III-7> EMICODE 분류기준

EMICODE 등급	제품군		
	primer	levelling compounds	접착제
EMICODE EC1 (very low emission)	$< 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$< 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$
EMICODE EC2 (low emission)	$100\sim 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$200\sim 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$500\sim 1,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$
EMICODE EC3 (not low emission)	$> 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$> 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$> 1,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$

주: 테스트 chamber에서 10일 후 총 VOCs 측정치이며. 이때 발암성 물질 배출량 결과(24시간 후 측정결과)와 합산하여 판정

GEV가 대상으로 하는 제품은 실내에서 이루어지는 바닥재, 벽, 천정의 최종처리에 사용되는 모든 제품이다. 즉, 코팅제, 접착제, levelling compounds, 미장재(screed material), 접착용 mortar, 표면 막음재, underlays 등이 모두 포함된다. 생산업체가 EMICODE 등급을 부여받기 위해서는 자체 예산으로 자격요건을 갖춘 실험실에서 검증을 받아 GEV에 마크 사용 신청을 하며, 이 마크는 제품의 판매 등의 홍보수단으로 사용할 수 있다. 한편 GEV는 EMICODE의 신뢰성을 유지하기 위하여 시장에서 제품을 무작위로 추출하여 검증하는데, 이를 위해 회원이 납부하는 회비의 5~10 %를 사용한다. 제품의 테스트 결과 기준을 만족하지 못하는 제품에 대해서는 해당 회사에 통보하여 제3자로부터 인증 시험을 거치게 되며 만약 이때도 기준을 통과하지 못하는 것이 판명되면 인증이 취소된다. 이 경우의 비용은 해당회사가 부담하여야 한다.

③ Blue Angel

Blue Angel(RAL)은 독일의 환경부와 연방재료연구소가 제정하여 운영하고 있는 친환경 라벨링 제도로서 실내공기뿐만 아니라 거의 모든 친환경성 제품을 대상으로 하여 운영되고 있다. 이중 실내공기질과 관련된 항목은 RAL-UZ 38 규정에 의해 실내

사용을 위해 생산되는 목재제품이며 기준은 다음과 같다.

<표 III-8> 독일 Blue Angel(RAL-UZ38)의 건축자재 등급기준

	평면형상의 제품(문, 판자, 적층플로어링, 목재바닥)		입방형상의 제품(가구 등)	
	24시간 후	28일 후	24시간 후	28일 후
포름알데히드	-	0.05 ppm	-	0.05 ppm
VOCs	-	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SVOCs	-	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
발암물질	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

자료: 장성기, “새집증후군관련 외국 및 국내기준 및 제정근거와 향후방향”, 발표자료

획득된 마크는 2008년 5월31일까지 유효하며 그 이후에는 1년씩 연장된다. 유효기간중 제품의 중요한 사항이 변경되었을 경우에는 발행기관과 협의하여야하며 필요한 경우 재심사를 받아야 한다. 2003년 12월 현재 3300여개의 제품과 680여 회사가 인증을 받고 있으며, 이중 독일이 아닌 외국회사는 제품 353개, 회사 75개사이다.

□ 기타

독일에서는 다른 법률로 석면, PCBs, pentachlorophenol(건물내), PAHs, tetrachloroethene(드라이 클리닝 주변에 위치한 건물)을 규제하고 있다.

4) 환기 기준

독일의 환기기준에 대한 일반적 규정은 독일산업표준 DIN 1946에 나와 있는데, 이에 따르면 CO₂ 농도가 1,500 ppm 이하로 유지되어야 한다. 한편, 거주공간과 사무실, 학교의 환기기준에 대해서는 별도의 규제를 하고 있으며 실내 성격에 따른 환기기준

은 다음과 같다.

□ 거주 공간

실내공간의 면적과 환기방식에 따라 환기량이 다르게 설정되어 있다. 자연환기의 경우 기계 환기량에 비해 그 기준이 다소 낮게 설정되어 있는 것이 특징이다.

면적(m ²)	거주자(명)	자연 환기량 (m ³ /hr)	기계 환기량 (m ³ /hr)
<50	~2	60	60
50~80	~4	90	120
>80	~6	120	180

□ 사무실

단독 사무실의 환기 기준은 40 m³/(hr · 인) 혹은 4 m³/(hr · m³)이고, 개방형 사무실은 60 m³/(hr · 인) 혹은 6 m³/(hr · m³)으로 단독 사무실에 비해 50 % 큰 환기량을 요구하고 있다.

□ 학교

교실의 환기량은 30m³/(hr · 인) 혹은 15 m³/(hr · m³)로 규정되어 있다.

다. 네덜란드

1) 정책동향 및 법률

네덜란드는 Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment(VROM)가 실내공기질 업무를 하고 있다. 하지만, 실내공기질의 목표는 설정하지 않고 있는데 그 이유는 실내공기질이 사용자의 행동양식에 의해 크게 영향 받기 때문이다. 따라서 실내공기질 기준은 크게 의미를 두지 않는다. 오히려 충분한 공간과 비용 등 주거공간의 질 측면에서 실내공기질을 관리한다. 최근의 관심은 실내공기질에서 주거 공간의

질, 예를 들면 주변 환경, 안전성 등 주거 공간 자체로 옮겨가고 있다. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM)는 매 4년마다 조사를 통해 실내공기질 문제를 점검하고 보고서를 발표하는데, 네덜란드에서의 가장 큰 문제점은 질소산화물, 이웃에서 발생하는 소음, 라돈, 미세먼지, 진드기나 곰팡이에 의한 알러지 문제이다.³²⁾ 관련법인 Building Decree on Housing은 건축물의 설계와 시공에 대한 기술적 규제가 주된 내용이지만, 안전, 건강, 기능성 및 에너지 보존 등의 항목을 포함하고 있으며, 현재 공공건물 즉 학교, 병원, 사무실 등에 대한 규정도 준비 중에 있다.

연구와 관련해서는 집 진드기로 인한 알러지, 유기성 쓰레기의 실내 저장, 환기와 에너지 효율문제, 건축물의 건강성 평가, 석면의 건강평가, 건축자재의 배출 등에 관한 연구가 정부의 지원 하에 활발히 이루어지고 있다.

또 하나의 중요한 동향으로는 정보제공을 위한 활동이다. 현재 충분하지는 않지만 많은 자료가 있으며, 이를 수집하고 분석하여 유용한 정보를 도출하는 것과 이를 시민들에게 공개하여 활용되도록 하기 위한 활동을 활발히 진행하고 있다. 이와 관련해서 최근 국가정보센터(DuBo centre)가 설립되었는데, 건축과 관련된 사람이라면 누구나 정보를 얻을 수 있도록 하고 있다.

2001년부터는 정부(TNO)와 아인트호벤 대학(TU/e)이 공동으로 건물시스템 센터(The Center for Building and System)³³⁾를 설립하고 'well-being'에 초점을 둔 건축물의 연구를 수행하고 있는데, 이 연구는 건물의 설계시 환경과 건강, 에너지효율 등을 동시에 달성하여 사람들에게 안락한 주거공간을 제공하는 방법을 모색하는데 집중된다. 주된 연구주제는 건물의 건강영향, 미생물의 성장을 억제할 수 있는 자재와 건물구조(습도와 실내온도의 문제), 에너지 효율 등이다. 이 연구는 2005년까지 진행될 예정이며 총 연구비는 1,200만 유로이다.

32) VRIM의 조사결과에 의하면 가정의 15%가 알러지 문제를 갖고 있는 것으로 나타나고 있다.

33) 이 센터는 Building and Construction Research 연구소와 Technische Universiteit Eindhoven 공동으로 설립되었다.

□ 법률

· Building Decree : 1991년 제정되어 2003년 개정되었는데, 기존건물 및 신규건물 등 모든 종류의 건물에 대한 기술규제를 담고 있다. 건강과 관련한 조항으로는 재료, 환기, 개방형 연소시설에서의 오염물질 배출, 습도, 흡연 등의 내용이 있는데, 환경측면뿐만 아니라 가격, 법률적 측면 등을 포함하고 있어서 환경기준이 만족스럽지는 않은 것으로 평가된다.

2) 실내공기질 기준

별도의 실내공기질 기준이 설정되어 있지 않다. 대신 스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 덴마크의 연합체로 구성된 SCANVAC에서는³⁴⁾ 휘발성 유기화합물질에 의한 실내 공기환경의 규정을 포름알데히드와 총 VOC(total volatile compounds)의 농도에 의하여 3단계(AQ1, AQ2, AQX)로 구분하여 제시하고 있다.

<표 III-9> 실내 공기환경의 분류(SCANVAC)

구 분	노출 시간	최대 허용농도(mg/m ³)		
		AQ 1	AQ 2	AQ X
총 VOC	0.5 h	0.2	0.5	*
HCHO	0.5 h	0.05	0.1	*
단, * 는 필요에 따라 별도로 정함.				

3) 건축자재 관리

SCANVAC에서 작성한 분류 기준에 의해 건축 자재를 오염물질의 배출강도에 따라 3단계로 분류하고 있다. 3단계의 분류는 각각 MEC-A(low-emission building materials), MEC-B(moderately emitting building materials), MEC-C(heavily emitting building materials)로 규정하고 있다. 이 기준은 건축계획 및 시공과정에서

34) 이 단체는 공조기기, 에너지, 건축환경, 의학 등을 전문으로 하는 학회이다.

의 건축자재 선정의 기준으로 활용하고 있다.

<표 III-10> 건축재료의 분류(SCANVAC)

분류	배출기준(20 °C, RH 50%)
MEC-A	40 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ per hour
MEC-B	100 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ per hour
MEC-C	450 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ per hour

4) 환기기준

네덜란드의 건물에 대한 환기지침은 Building Decree에 규정되어 있는데, 실내공간의 용도와 종류에 따라 각기 다른 환기기준을 설정하고 있으며 다음 <표 III-11>과 같다.

<표 III-11> 네덜란드의 환기기준

구분		환기기준
거주공간	거실 및 침실 부엌	0.9 $\times 10^{-3}$ m^3/s 이상(바닥표면의 면적 1 m^2 당) 그리고 전체적으로는 7 $\times 10^{-3}$ m^3/s 이상 0.9 $\times 10^{-3}$ m^3/s 이상(바닥표면의 면적 1 m^2 당) 그리고 전체적으로는 21 $\times 10^{-3}$ m^3/s 이상, 그리고 공기는 외부로 직접 환기되어야 함
	목욕탕 화장실	14 $\times 10^{-3}$ m^3/s 이상 7 $\times 10^{-3}$ m^3/s 이상
비거주공간	사무실	1.3 $\times 10^{-3}$ m^3/s 이상(바닥표면의 면적 1 m^2 당)
	기타	0.9 $\times 10^{-3}$ m^3/s 이상(바닥표면의 면적 1 m^2 당)

5) 기타

로테르담 Municipal Health and Service에서는 아토피 피부병, 천식 등을 예방할

수 있는 건물의 설계 및 조건에 대하여 연구하였고, 그 결과를 이용하여 실제로 주거용 건물을 2001년 건축하여 실내공기질 문제에 대한 종합적인 연구를 진행하고 있다. 이 프로젝트는 실내공기질과 관련된 질병 즉, 천식, 알러지 등의 예방에 관한 연구를 주 목적으로 한다.

라. 폴란드

1) 정책동향 및 법률

최근 몇 년간 pentachlorophenol을 사용하는 목재방부제가 건축에 많이 사용되었다. 이에 의해 실내공기는 chlorophenol, 다이옥신, 방향족 탄화수소 등으로 오염되어 실태 조사를 실시하였다. 그 결과에 따라 10,000개소의 건물에 대해서 관련 제품의 철거 등 복구 작업이 시행되었고 동일한 수가 복구 예정이다. 폴란드에서 중요시하는 물질은 다음과 같다.

- 목재 방부제
- 단열재로 사용되는 폼, chipboard, 광물섬유에 사용되는 포름알데히드 수지
- coal tar 물질
- 접착제, 페인트에 사용되는 유기용매
- 석면섬유

실내공기질에 대한 연구결과 부엌과 욕실에서의 가스 사용기기가 건강에 매우 중요한 영향을 미친다는 사실을 밝혀내고 그 원인으로는 기구의 부적절한 사용과 환기를 꼽고 있다.

국가 보건연구소는 매년 2,000개의 건축자재와 제품을 건강관점에서 평가하고 있을 뿐만 아니라 실내공기질 훈련 과정을 운영하고 있으며, 건축자재 시험방법, 실내공

기질 조사방법, 건강 리스크 평가 방법 등을 개발하고 있다.

정부의 정책 중 특이한 점은 유해한 건축자재와 관련된 건강 리스크를 제거하기 위하여 특별기금을 설치하고, 건물의 결점을 고치거나 법적 기준 등을 만족하기 위하여 건물을 고칠 때 지원하고 있다는 점이다.

□ 법률

- Ventilation in Dwelling and Public Utility Buildings-PN/78/B03421, PN/83/B03430 : 건물의 실내 온도에 관한 규정을 하고 있음

2) 실내공기질 기준

최근 Ministry of Health and Social Welfare 는 유해물질의 실내공기질 기준을 다음과 같이 발표하였다.

<표 III-12> 실내공기질 기준(폴란드)

	물질	허용기준($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		카테고리 A	카테고리 B
1	Acrylamide	1	3
2	Acrylonitrile	2	3
3	Ammonia	300	300
4	벤젠	10	20
5	Butadiene	100	300
6	Buthanol	300	300
7	Chlorobenzene	15	40
8	Chlorophenol(Pentachlorophenol 제외)	15	20
9	Chloronaphthalenes	15	30
10	Cyclohexane	250	250
11	Cyclohexanone	40	100
12	Dichlorobenzene	30	50
13	Ethylbenzene	100	150
14	Phenol	20	50
15	Formaldehyde	50	100
16	Dibethylphthalete	100	150
17	Phthalate anhidrine	40	80
18	Ethylene glycol	15	50
19	Cresol	25	50
20	Xylene	100	150
21	p-cumene phenol	40	80
22	Maleinic anhidride	50	100
23	Naphthalene	100	150
24	Butyl acetate	100	150
25	Ethyl acetate	100	150
26	Vinyl acetate	100	150
27	Ozone	100	150
28	Pentachlorophenol	5	10
29	Mercury	1	3
30	Styrene	20	30
31	Carbon monoxide	3,000	6,000
32	Toluene	200	250
33	Trichloroethane	75	150
34	Trichloroethylene	150	200
35	Vinyl chloride	5	10

주: 카테고리 A는 매일 24시간 노출기준이고 카테고리 B는 하루 8~10시간 노출기준임

3) 배출원 관리

Ministry of Health and Social Welfare 는 건축자재에 사용금지 혹은 사용제한 물질을 발표하였는데, 그 내용은 다음과 같다.

<표 III-13> 건축자재내의 물질 제한 규정(폴란드)

	물질	제한규정
1	Acrylamide/Acrylonitrile	absent
2	석면섬유	absent
3	벤젠	제품에 0.1 % 미만 포함
4	벽에 분사하는 제품에 포함된 benzine 및 유기용매	absent
5	Chlorophenol	실내에 사용되는 제품에는 없어야 함
6	Carbon tetrachloride	absent
7	방향족화합물	실내에 사용되는 제품에는 없어야 함
8	Ethylene glycol	실내에 사용되는 제품에는 없어야 함
9	색소에 사용되는 카드뮴	사용금지
10	Lindan	absent
11	Methanol	제품에 2 % 미만 포함
12	Tar 물질	실내에는 사용금지
13	용매중 방향족화합물	실내에 사용되는 제품에는 20 % 미만 포함
14	Chlorohydrocarbon	제품에 5 % 미만 포함

마. 스위스

1) 정책동향 및 법률

스위스에서는 연방정부 차원의 실내공기질 관리 활동은 거의 없고 주정부나 시정부 혹은 민간단체의 활동이 주를 이룬다. 따라서 정부차원의 실내공기질 관리 전략이나 프로그램이 마련되지 않고 있다. 다만, 담배연기와 라돈에 대해서는 연방 보건국에서 모니터링을 실시하고 있으며, 관련법도 마련되어 있다. 라돈 관리와 관련해서는

①고농도 라돈 오염지역의 결정 ②고농도 지역에 적용되는 건축규제 작성 ③ 대중 홍보 ④교육기관 및 전문가집단과의 협력이 우선과제로 추진되고 있고, 담배연기와 관련해서는 젊은 층의 흡연을 감소와 비흡연자 보호, 그리고 흡연자의 금연유도 등을 목표로 하고 있다. 1997년부터 모든 행정기관에서는 흡연이 금지되었고, 전단지 등을 작성하여 식당 등에 보급하고 있다.

□ 법률

- Radiological Protection Act : 라돈의 실내 기준을 정하고 있음

2) 실내공기질 기준

라돈의 실내공기질 기준은 1000 Bq/m^3 인데, 배경농도는 400 Bq/m^3 이다.

3) 건축자재 관리

‘스위스 기술자 및 건축사 협회’는 생태학적 측면에서 건축자재의 기준을 개발하여 소비자에게 정보를 제공하고 있다.

바. 영국

1) 정책동향 및 법률

영국의 1996년 국가환경실천계획(National Environmental Action Plan)은 실내공기질을 안심할 수 있는 수준까지 개선하겠다는 목표를 설정하고 있다. 영국 Bristol 대학의 조사에 의하면 영국국민은 90%의 시간을 실내에서 보내는데 이중 3/4는 가정에서 보내는 시간이다. 일반적인 성인 근로자도 60%의 시간을 가정에서 보내고 어린이와 노약자, 여성 등은 더 많은 시간을 가정에서 보내고 있다. 최근 천식환자 수의 증가가 실내공기와 관련 있는 것으로 보고 있다. 환경부에서는 실내공기 조사방법론 개발과 이를 이용한 실태조사, 건강영향평가, 건축자재로부터의 오염물질 배출, 저감

전략의 수립 등에 대한 연구를 진행하고 있는데, 1999년까지 실내공기오염물질의 건강영향과 노출을 회피할 수 있는 수단을 마련하여 일반인들에게 제공하고 2003년까지 가정의 질소산화물, 포름알데히드, VOCs 농도를 감소추세로 돌리는 것을 목표로 하고 있다. 목표달성을 위해서 정부는 신규건물에 대해서는 건설표준과 환기기준을 적용하고 기존 가정에 대해서는 적절한 환기를 요구하고 있다. 흡연과 관련해서는 공공장소에서의 흡연을 금지하는 정부정책이 1992년부터 실시되었으며, 그 결과 금연 인구 및 금연 건물이 획기적으로 증가하고 있다.

□ 법률

- CIBSE Guidelines: 실내온도, 이산화탄소 농도, 공기속도, 습도, 환기를 규정하고 있음

사. 핀란드

1) 정책동향 및 법률

열악한 실내 환경으로 인해 발생하는 비용은 연간 12억 유로로 추정되며 이는 핀란드의 연간 난방비와 비슷한 규모이다. 따라서 핀란드의 실내공기질 관리는 매우 중요한 정책으로 인식되고 있으며, 여러 가지 법률에서 다루어지고 있다. 건물의 건축은 국가 건축법(National Building Code)에서 다루어지고 있는데 여기서는 규제 및 비규제수단의 요구조건이 명시되어 있다. 법적 요구조건을 만족하기 위하여 다른 지침서나 안내서가 발간되어 있는데, 가장 중요한 것은 핀란드 '실내공기질학회(FiSIAQ)'에서 발간한 실내공기질 분류 체계이다. 이 분류는 일정 수준의 실내 환경을 유지하기 위해 건물의 설계와 시공, 자재의 선정에 도와주는 지침서인데, 규제적인 수단은 아니지만 건물의 건설시에 많이 적용되고 있다.

핀란드에서는 다양한 수준에서 실내공기질 개선 활동이 이루어지고 있는데, 정부뿐만 아니라 민간부문의 참여도 활발한 편이다. '보다 좋은 실내공기'라는 슬로건으로

정부와 산업체 대표, 사회단체 등이 참여한 2002년 실내공기 캠페인, FiSIQ가 정부의 지원하에 실시하는 ISQ 홍보, 훈련 프로그램 등이 있다.

□ 법률

- National Building Code of Finland, Indoor Climate and Ventilation in Buildings, Regulations and Guidelines
- Law of Health Protection
- Tobacco Act
- Classification of Indoor Climate, Construction, and Finishing Materials, Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate

2) 실내공기질 기준

핀란드는 WHO가 1997년 제시한 공기질 기준(Guidelines for Air Quality)을 참고하여 실내공기질 기준을 제시하고 있다. 핀란드 환경부가 제시하고 있는 실내공기질 기준 물질은 암모니아, 아민, 석면, 포름알데히드, 일산화탄소, 미세먼지, 라돈, 스티렌 등 8개 물질이며 구체적 기준은 다음 <표 III-14>와 같다.

<표 III-14> 핀란드의 실내공기질 권고기준

오염물질	권고기준
암모니아, 아민	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
석면	0 fiber/ cm^3
포름알데히드	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
일산화탄소(CO)	8 mg/m^3
미세먼지(PM10)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
라돈(Rn)	200 Bq/ m^3 (연평균)
스티렌	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

3) 건축자재 관리

1996년부터 마감재에 대한 부류를 시작하였고 그 결과 2000년에는 376가지의 제품이 분류되었다. 기준은 FiSIAQ의 기준에 따르며 생산자는 RTS(the Building Information Foundation)에 평가를 의뢰하고 RTS가 판정하여 등급을 부여한다. 신청자는 제품의 상세 내역과 용도, 사용설명서, 연구보고서를 제출하여야 하며 이때 보고서는 1년이 경과하지 않은 것이어야 한다. 제출된 서류 및 내용은 모두 비공개이지만, 제품 이름과 등급 분류는 공개된다. 회사는 부여된 등급을 제품판매에 이용할 수 있다. 등급의 유효기간은 3년이며, 생산공정이나 재료의 변경이 없다면 추가적인 테스트 없이 등급이 재인정 된다. 그리고 생산자는 생산공정이나 재료의 변경이 있을 경우 이를 RTS에 신고해야 할 의무를 지니며, 제품의 품질관리를 위해 승인된 시스템을 갖추어야 한다. 제품에 대한 라벨링을 부여 받아도 오염물질 배출이 많이 발생할 수 있는 경우에 대한 사용제한이나 경고 등을 사용 설명서에 포함하여야 하며, 등급을 부여받은 제품(회사가 아닌)에 대해서만 광고나 제품 판매에 응용할 수 있다. 만약 부여된 등급에 이의가 있을 경우에는 판정 통보일로부터 14일 이내에 이의 신청을 하여야 한다. 제품 테스트에 필요한 비용은 신청자가 전적으로 부담한다. RTS는 등급을 부여받은 제품과 회사에 대한 정보를 지속적으로 공개하며, 품질관리를 위해 매년 임의로 제품을 선정하여(공개추첨) RTS 자체 비용으로 시험을 하며 그 결과를 관련 회사에만 통보한다. 만약 부여받은 등급 기준을 만족하지 못하는 경우에는 생산자는 자체 비용으로 3개월 내에 기준을 만족함을 증명하여야 하고 그렇지 못한 경우에는 등급이 취소된다. 마감재 제품분류는 ①석고반죽(plasters), rendering, 접착제(putty), filler ②바닥재 ③페인트 및 광택제(vernishing) ④건축 보드 ⑤광물섬유로 크게 구분되며 막음재(sealants)와 접착제(adhesives)도 등급을 받을 수 있다. M1 등급은 벽돌, 자연석, 세라믹타일, 유리, 금속표면, 핀란드 통나무 등 천연물질이 포함되며, M3는 M2 기준을 초과하거나 배출자료가 없는 제품이 포함된다. 측정은 제품이 생산된 시점 혹은 포장을 벗긴 후 4주 후에 chamber에서 측정한다.³⁵⁾ 측정물질은 총 VOC, 포름알데히드, 암모니아, 발암물질, 냄새 이다. 건축자재 등급기준은 다음 <표 III-15>와

35) 자료: www.rts.fi/classification.htm

같다.

<표 III-15> 핀란드의 건축자재 등급기준

구분	M1	M2	M3
VOCs	0.2 mg/(m ² · h)	0.4 mg/(m ² · h)	>0.4 mg/(m ² · h)
포름알데히드	0.05 mg/(m ² · h)	0.125 mg/(m ² · h)	>0.125 mg/(m ² · h)
암모니아	0.03 mg/(m ² · h)	0.06 mg/(m ² · h)	>0.06 mg/(m ² · h)
발암성물질	0.005 mg/(m ² · h)	0.05 mg/(m ² · h)	>0.05 mg/(m ² · h)
냄새	무취성의 재료 (냄새에 대한 불만족도 15 % 이하)	강한 냄새가 나지 않는 재료(냄새에 대한 불만족도 30 % 이하)	
기타	플라스틱 등에는 카세인이 포함되지 않아야 함		

4) 환기기준

건축법에 의해 요구되는 환기기준은 최소한 0.5 h⁻¹이다. 하지만 사무실 등 특수 목적의 공간에 대해서는 보다 많은 양의 환기를 요구하는데, 사무실은 3.6 m³/(hr · m³)이고 학교교실은 11 m³/(hr · m³)이다. 실내공기질 등급 기준에 의하면 CO₂의 농도가 1,200, 900, 700 ppm으로 규정되어 있는데, 이를 환기량으로 환산하면 각각 22, 29, 43 m³/(hr · 인)이 된다.

환기와 관련된 에너지 효율도 관리의 대상이다. 실내공기질을 악화시키지 않는 한 환기를 위한 에너지 손실은 최소화 되어야 하는데, 정부의 지침에 따르자면 많은 경우 열회수 장치가 필요하게 된다. 한편, CO₂농도 1,200ppm을 1,000ppm으로 낮추고자 하는 움직임이 있는데, 이 경우에는 환기량도 같이 연동하여 변화하게 될 것이다.

5) 실내공기질 인증제도

핀란드 '실내공기질협회(FiSIAQ)' 주관으로 실내공기질 인증 제도를 2001년부터 시행하고 있으나 이는 비정부기구의 지침이며 강제적인 조항은 아니다. 하지만 실제로

는 건축물의 설계나 유지관리에 큰 영향을 미치고 있어, 많은 경우 S2의 등급을 목표로 선물이 설계되어 진다. 실내공기질은 환기, 건축자재, 환기자재 등에 의해 영향을 받기 때문에 좋은 등급의 실내공기질을 유지하기 위해서는 좋은 등급의 자재 및 환기 시설을 사용 혹은 설치하여야 한다. 건축자재의 등급에 대해서는 앞에서 설명하였으므로 여기서는 실내공기질 인증제도에 대해서만 언급하도록 한다. 실내공기질은 S1~S3의 3등급으로 나뉘어 지며, S1은 가장 우수한 등급으로 이용자가 실내온도를 조절할 수 있으며 노약자, 호흡기 질병을 가진 사람 등에도 적합한 기준으로 평가된다. S2는 그 다음 단계의 등급으로 가장 더운 기간에만 실내온도가 다소 높아지지만 대체로 우수한 공기질을 나타낸다. S3는 법(The Building Code)에서 요구하는 공기질 및 온도 조건을 만족하는 수준의 등급이다. 다음 <표 III-16>는 등급별 실내공기질 기준을 정리한 것이다.

6) 기타

실내 공기질로 인한 사회적비용을 평가한 결과 2억천만FIM(핀란드 마르크, 1996년 가치)에 이르는 것으로 밝혀지자, 핀란드 정부는 'Healthy Building Research Program 1998~2002'를 운영하였는데, 여기에는 정부와 건축협회, 공조기기 생산업체 등이 참여하였다. 프로그램의 주 목표 및 내용은 다음과 같다

- ① 일반 국민들에게 매체를 통하여 실내공기질의 중요성을 홍보
- ② 건축 및 부동산관련 업체, 공조기기 생산업체 등에 대한 전문교육 실시
- ③ 가정과 학교 등에서 스스로 실내공기질 문제를 검사하고 해결할 수 있는 방법
- ④ 전국 규모의 전시회를 개최하여 실내공기질에 관한 정보 및 지침을 제공
- ⑤ 관련 자료를 무료로 배포하는 네트워크 구축

<표 III-16> 핀란드의 실내공기질 등급기준

	S1	S2	S3
라돈, Bq/m ³ ¹⁾	100	100	200
이산화탄소, ppm	700	900	1,200
암모니아/ 아민, µg/m ³ ²⁾	30	30	40
포름알데히드, µg/m ³ ²⁾	30	50	100
총 VOC, µg/m ³ ³⁾	200	300	600
일산화탄소, mg/m ³	2	3	8
오존, µg/m ³	20	50	80
미세먼지(PM10), µg/m ³ ⁴⁾	20	40	50
냄새강도 ⁵⁾	3	4	5.5
미생물 ⁶⁾	상한값 없음	상한값 없음	상한값 없음
담배연기 ⁷⁾	느낄 수 없어야함	느낄 수 없어야함	느낄 수 없어야함

주 1) 신축 주거용 건물은 200 Bq/m³를 초과해서는 안됨. 주거용건물의 연평균 농도와 작업장은 400 Bq/m³를 초과해서는 안됨

2) 건축자재로부터 발생된 것만 측정하며 인간의 활동에 의해 발생된 것은 포함되지 않음

3) 총 VOC중 최소한 70 %의 물질을 밝혀내어야 하고 이들 개별 물질은 역치값(Indoor Air Construction에 주어진 TLV)을 초과해서는 안됨. 건축자재에서 발생된 것만 해당

4) 실내농도가 이 기준을 초과하면 외부공기의 미세먼지 농도도 동시에 측정하여야함. 이때의 비율이 0.5를 초과해서는 안되며 또한 어떤 경우에도 50 µg/m³을 초과해서는 안됨

5) 냄새강도는 훈련된 사람에 의해 측정되어야 함

6) 대기 중 미생물농도를 결정한다는 것은 의미가 없어 상한값이 존재하지 않음

7) 금연으로 지정된 공간에서는 담배냄새를 느낄 수 없어야 함. 공기 중 니코틴의 농도가 0.05 µg/m³을 초과하면 담배연기가 있는 것으로 간주함

자료: Classification of Indoor Climate 2001, FiSIAQ

아. 미국

1) 정책동향 및 법률

미국의 실내공기질 관리는 단일한 중앙정부 기관이나 NGO에 집중되어 있지 않고 여러 기관이 함께 참여하고 있는 것이 가장 큰 특징이다. 연방정부 차원에서 실내공

기질을 다루기 위한 종합적인 위원회(Intergency Committee on Indoor Air Quality)가 있지만, 환경청(EPA)이나 OSHA(Occupational Safety and Health Administration)보다 활동적이지는 않다. 미국에는 실내공기질 관리와 관련된 많은 이해집단이 존재하기 때문에 연방정부 차원 주도의 강력한 규제정책보다는 비규제적인 수단이 많이 사용된다. 정부의 주된 정책은 다음과 같다.

□ 정부 소유 건물의 관리

정부 기관이 소유하거나 사용하고 있는 건물에 대하여 ①신규건물 ②현재 사용 중인 건물 ③최근 리모델링한 건물의 3종류로 나누고 각 건물에 대해서 환기기준, 검사 주기, 건축자재 및 마감재의 사용제한, 유지관리 기준을 정하고 있으며, 각 건물에서 근무하는 고용자는 실내공기질과 관련된 증상을 보고하는 시스템을 운영하고 있다.

□ 연구의 수행

연방 및 지방정부는 각 건물의 실내공기질의 상태, 리스크에 노출된 인구의 평가, 실내공기질을 근거로 한 빌딩의 분류에 대한 연구를 지원하고 있다. 또 중요한 연구 분야로는 오염물질별 리스크 평가인데, 이는 향후 실내공기질을 리스크 관리차원에서 수행하고자 하는 것이다.

□ 교육의 지원

상당부분의 정부 프로그램이 일반 대중에게 실내공기질의 중요성, 그리고 이를 어떻게 저감할 수 있는지를 제공하는데 집중되어 있다. 이러한 전략은 건물 건축업자, 설계자, 자재 생산업자, 기타 소비용품 생산업자가 보다 안전한 제품을 생산하도록 유도하고 또 소비자가 선택할 수 있도록 지원하는 목적으로 하고 있다.

□ 사적영역에서의 책임의식 고취

정부의 또 다른 활동은 기업의 친환경적 제품의 생산을 유도하는 것이다. 예를 들

면, Green Lights 프로그램은 에너지 효율이 높은 제품에 정부가 "Green lights" 심벌을 부여하여 에너지 효율이 높은 제품의 생산과 사용을 촉진하기 위한 제도이고, BAQA(The Building Air Quality Alliance)는 개인 건물이 친환경적이라는 것을 증명할 수 있도록 EPA가 개발한 제도이다.

주정부 차원의 실내공기질 규제는 건물의 환기기준, 흡연에 대한 규제에 집중되어 있다. 하지만, 연방정부 차원의 종합적인 관리 혹은 규제는 미국의 특성상 적극적이지 않다. 따라서 비정부기구가 실내공기질의 기준설정이나 관리 지침 개발에 주도적인 역할을 하고 있는데,³⁶⁾ ASHRAE(the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)가 대표적인 전문 민간 기구이다. ASHRAE와 같은 비정부기구의 기준이 법률로 인정되지는 않고 있지만, 법원의 결정 추이를 보면 이러한 기준이 사실상의 기준으로 인정되고 있어 실내공기질 개선의 동인이 되고 있다.

아직까지는 VOC나 미세먼지와 같은 전통적인 오염물질이 가장 중요하게 취급되고 있지만, 최근의 관심은 이들 외에도 곰팡이와 같은 미생물에 의한 오염을 더욱 중요하게 취급하는 듯 하다. 그 이유는 기관지 질병이 미생물의 영향에 기인한다는 연구결과 때문이다. 또 다른 이슈는 오염물질이 혼합물로 존재할 때의 영향을 파악하는 것인데, 이는 개별 오염물질이 비록 낮은 농도라 하더라도 혼합물로 함께 존재할 때는 축적된 영향이 나타난다는 사실이 보고되고 있기 때문이다. 또 살충제의 건강영향에 대해서도 많은 관심이 증가하고 있다. 살충제는 외부에서 사용되는 경우가 많지만 목초 주변지역의 건물에는 실내공기로 이동하기 때문에 관심을 끌고 있다.

2) 실내공기질 기준

미국은 실내 공기질에 관한 관심이 높고 이에 비례하여 정부예산의 투입도 많은 나라이다. 그러나 개인 주택 등에 대한 규제기준이 따로 제시되어 있지 않고 환경부는 가이드라인만 제시하고 있으며, 사무실 등에 대해서는 노동부의 작업장환경관리기준이 보다 상세히 제시되어 있다. 다음 <표 III-17>는 미국 환경부에서 제시하고 있는 실내공기질 관리기준이다.

36) 이를 Professional Standards of Care라고 부른다.

<표 III-17> 미국 환경청의 실내공기질 권고기준

오염물질	권고기준
미세먼지(PM10)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연평균)
라돈(Rn)	4 pCi/L (연평균)
이산화질소	0.05ppm (연평균)
클로로포름	0.63 ppm
벤젠	0.63 ppm

3) 건축자재 관리

미국에서는 운영되고 있는 대표적인 라벨링 제도는 Greenguard 인증제도이다. 이 제도는 비영리 단체인 Greenguard Environmental Institute(이하 GEI)에 의해 운영되고 있는데, GEI는 제품의 인증과 정보공개뿐만 아니라 기준의 제정과 제도의 유지 및 개선 등의 역할도 함께 할 목적으로 2001년 6월에 설립된 단체이다. 인증대상 제품은 실내에서 사용되는 모든 제품과 공정이며 모두 12개의 제품군으로 나누어지며 각각의 제품군에 대한 기준이 설정되어 있다.

- | | | |
|--------------|--------|---------------------|
| · 접착제 및 막음재 | · 가정용품 | · 건축용 페인트 및 코팅제 |
| · 천장용품 및 시스템 | · 소비용품 | · 일반건축자재 |
| · 단열재 | · 사무용품 | · 사무용 가구 |
| | | · 섬유제품 |
| | | · 바닥재(hard surface) |
| | | · wallcoverings |

측정은 실내조건과 유사하게 설계된 chamber(0.05m³~26m³)에서 이루어지는데, 온도는 23 ℃이며 상대습도 50 %의 조건이다. 측정방법은 ASTM(American Standards for Testing Materials), 미국 EPA, 미국 워싱턴주, 독일연방환경부의 protocol을 따르며, 측정 항목은 포름알데히드, VOCs, 미세먼지, 오존, CO, NO_x, CO₂ 이다. 인증의 유효기간은 1년이다. 각 제품에 대한 인증 기준은 다음과 같다.

<표 III-18> 미국 greenguard 기준

제품군	배출량기준						
	개별 VOC	formaldehyde (PPM)	4-phenylcyclohexene(mg/m ³)	styrene (mg/m ³)	총 VOC (mg/m ³)	총 aldehyde (ppm)	미세먼지 (mg/m ³)
접착제	< 0.1 TLV ¹⁾	0.05	0.0065	0.070	0.50	0.1	-
가정용품	< 0.1 TLV ¹⁾	0.05	-	-	0.50	0.1	-
ceiling	< 0.1 TLV ¹⁾	0.05	-	-	0.50	0.1	0.05
cleaning system	< 0.1 TLV ¹⁾	0.05	-	-	0.50	0.1	0.05
소비용품	< 0.1 TLV ¹⁾	0.05	-	-	0.50	0.1	0.05
바닥재	< 0.1 TLV ¹⁾	0.05	0.0065	0.070	0.50	0.1	-
일반 건축자재	< 0.1 TLV ¹⁾	0.05	0.0065	0.070	0.50	0.1	-
단열재	< 0.1 TLV ¹⁾	0.05	-	-	0.50	0.1	0.05
사무용기기	< 0.1 TLV ¹⁾	0.04	(벤젠) 0.0002	0.04	0.40	(오존) 0.08(mg/m ³)	총먼지 0.15
사무용가구 (의자)	< 0.1 TLV ¹⁾	0.025	0.00325	-	0.25	0.05	-

주 1) 각 개별 VOC의 농도는 미국 노동부 작업장 환경기준치(TLV)의 1/10 이하이어야 한다.

주 2) 발암물질은 캘리포니아의 지침(proposition 65)과 미국 National Toxicology Program(NTP), 그리고 국제 암연구위원회(IARC)의 기준을 만족하여야 한다.

주 3) 미국 대기환경기준 설정물질은 그 기준을 만족하여야 한다.

자. 호주

1) 정책동향 및 법률

호주정부는 사람이 하루에 1시간 이상 거주하는 모든 비산업용 공간의 공기를 실내 공기라고 정의한다. 나쁜 실내공기에 의해 지불되는 비용이 호주에서만 연간 120억 AS\$에 이르는 것으로 추정되어 호주에서도 이에 대한 관심이 높아지고 있다.

실내공기질이 여러 가지 요인에 의해 발생되기 때문에 호주에서는 연방정부의 한 부서가 이 문제를 총괄하지는 않고 주정부와 지역정부가 주된 역할을 하고 있다. 실내공기질과 관련된 연구는 주로 CSIRO(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation)에서 수행하고 있고,³⁷⁾ NHMRC (National Health and

Medical Research Council)은 실내공기질 이슈를 조사하는 역할을 하며 호주의 실내공기질 관리 목표를 설정하기도 하였다.

호주 건축법에서는 건물의 환기기준을 규정하고 있고, 호주가스협회는 가스사용 기기의 설치 및 이용에 관한 표준을 제시하고 있는데, 이는 주정부 차원의 법적 규제로 받아들여지고 있다. 작업장이나 외부 대기의 공기질에 대해서는 강제적인 규제가 가능하지만, 개인 생활공간에 대해서는 공기질을 직접 규제하는 법률도 없고 또 총괄 조정하는 기구도 존재하지 않는다. 이러한 사실이 효과적인 정책추진을 어렵게 하고 있다고 판단하여 총괄조정 기능을 가진 조직의 구성이 필요하다고 느끼고 있다.³⁸⁾ 이것 외에도 친환경 건축 자재의 개발과 테스트 표준화, 소비자의 인식 제고, 건축 설계단계에서부터의 어떻게 환경성을 반영할 것인가하는 것이 주된 관심을 끌고 있다.

다음은 실내공기질과 관련되어 있는 가이드라인과 법 등을 간략히 정리한 것이다.

37) CSIRO는 1997년 시드니올림픽을 위한 가이드라인을 작성하였다.

38) 자료: www.deh.gov.au/atmosphere/airtoxics/publications/sok

□ 법률

Standards Australia

- AS 1668.2-1991 The use of mechanical ventilation and air-conditioning in buildings-Mechanical ventilation for acceptable indoor air quality
- AS/NZS-1859.1-1997/Amdt 1-1998 Reconstituted wood-based panels-Particleboard
- AS/NZS-1859.2:1997 Reconstituted wood-based panels-Medium density fibreboard
- AS/NZS-4013:1999 Domestic solid fuel burning appliances-Method for determination of flue gas emission
- AS 4073-1993 Urea-formaldehyde foam thermal insulation-In situ set foam
- AS/NZS 3666.3:2000 Air-handling and water systems of buildings-Microbial control-Performance-based maintenance of cooling water systems
- AS 5601/AG 601 (2000) Gas installation Standard

NHMRC

- 1989a Indoor-air quality. Report of the 108th Session, November
- 1990 Radon in houses. Report of the 109th Session, May
- 1993 Volatile organic compounds in indoor air. Report of 115th Session, June

NOHSC

- 1988 Guide to the control of asbestos hazards in buildings in buildings and structures
- 1988 Code of practice for the safe removal of asbestos
- 1989 Legionnaires' disease and related illnesses. AGPS, Canberra
- 1994 Guidance note on passive smoking in the workplace [NOHSC:3019]
- AS 4551/AG 101 Domestic Gas Cooking Appliances
- AS 4552/AG 102 Gas Water Heaters
- AS 4553/AG 103 Gas Space Heating Appliances
- AS 5601/AG 601 (2000) Gas installation Standard
- AG 750 Environmental Code of Practice

2) 실내공기질 기준

NHMRC (National Health and Medical Research Council)에서 실내공기질 가이드 라인을 다음과 같이 제시하고 있다.

<표 III-19> 호주의 실내공기질 권고기준

오염물질	권고기준
라돈(Rn)	200 Bq/m ³ (연평균)
미세먼지(PM10)	90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연평균)
포름알데히드	120 ppb
총VOC	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1시간 평균)
일산화탄소	9 ppm(8시간 평균)
오존(O3)	240 ppb(1시간 평균)
이산화황	700 ppb(1시간 평균)
납(Pb)	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3개월 평균)
CO	9 ppm(연평균)
sulfates	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연평균)

자료: <http://www.health.gov.au/nhmrc>

3) 환기기준

건축법에서는 사무실 등 비거주 공간에 대한 환기기준을 규정하고 있는데, 자연환기의 경우에는 바닥면적의 5 % 이상의 면적을 개방형으로 할 것 등이 규정되어 있고 기계적 환기의 경우에는 기준이 다음과 같다.

- 거주용 공간 : 10 l/(sec · 인)
- 사무실 : 15 l/(sec · 인)(회의실), 10 l/(sec · 인)(기타)
- 학교 : 12 l/(sec · 인)(16세 미만), 10 l/(sec · 인)(16세 이상)

차. 캐나다

1) 정책동향 및 법률

캐나다는 실내공기질의 중요성을 인식하고 있지만, 작업장을 제외한 일반 실내공

간에 대해서는 법적 규제나 관리부서가 따로 있지 않으며 주로 민간부문의 자발적 노력에 의지하여 왔다. 하지만 실내공기질 관련 산업, 즉 새로운 설계에 의한 건물, 환기 시스템 등의 관련 산업이 연간 10억 Ca\$로 급격히 성장하여 새로운 시장으로 등장하고 있다. 이를 배경으로 최근 금융회사 등 5개 회사가 'Pollution Probe'란 프로젝트를 수행하고 있는데, 목적은 향후 캐나다의 실내공기질 관리정책 방향을 제시하고 정부의 역할을 강조하기 위한 것이다. 이와 같이 캐나다의 실내공기질 관리는 정부부문보다는 민간부문에 의해 주도되고 있으며 향후에도 라벨링 제도 등 비강제적인 수단의 역할이 강조될 것으로 여겨진다.

2) 실내공기질 기준

연방부서인 Health Canada에서 1987년 주거공간의 실내공기질에 대한 노출 가이드라인을 제시하고 있는데, 다음 <표 III-20>와 같다.

<표 III-20> 캐나다의 실내공기질 권고기준

오염물질	권고기준	
	장기노출 기준	단기노출 기준
알데히드 ¹⁾	$c1/C1+c2/C2+c3/C3 < 1$	$c1/C1+c2/C2+c3/C3 < 1$
이산화탄소	3,500 ppm	-
일산화탄소	-	25 ppm(1시간 평균)
이산화질소	0.05 ppm	0.25 ppm(1시간 평균)
오존	-	0.12 ppm(1시간 평균)
먼지	40 mg/m ³	100 mg/m ³ (1시간 평균)
이산화황	0.019 ppm	0.38 ppm(5분 평균)
라돈(Rn)	800 Bq/m ³ (연평균)	
습도	여름철 30~80 %, 겨울철 30~55 %	

주 1) 알데히드류가 1종류이상 검지되는 경우 적용. 여기서 c1, c2, c3는 각각 포름알데히드, acrolein, 아세트알데히드의 실측농도이고 C1은 120 , C2는 50, C3는 9,000 mg/m³을 적용함

자료: <http://www.hc-sc.gc.ca>

3) 배출원 관리³⁹⁾

환경부에서 1988년부터 시행하고 있는 'Environmental ChoiceM' 프로그램은 생활용품의 친환경성(유해정도, 재활용 용이성 등)을 평가하여 환경마크를 부여하고 있는데, 여기에는 접착제, 페인트, 카펫 등 실내공기질과 관련 있는 건축자재를 포함하고 있다.

<표 III-21> 캐나다의 생활용품 환경마크 취득 기준

자재종류	물질	기준
페인트 카펫 접착제	VOCs 함량	200 g/L
	TVOC	0.25 mg/(m ³ · h)(24 시간 후)
	포름알데히드	0.02 mg/(m ³ · h)(48 시간 후)
	TVOC	0.05 mg/(m ³ · h)(72 시간 후)
	포름알데히드	0.02 mg/(m ³ · h)(72 시간 후)

카. 일본

1) 실내공기질 기준

건축물에 대해서는 특정용도 (홍행장, 백화점, 집회장, 도서관, 박물관, 미술관, 경기장, 사무소, 여관 등)의 바닥면적이 3,000 m² 이상인 경우, 학교 교육법에서 지정하는 학교 이외의 학교 (8,000 m² 이상)에 대해 규제 기준이 「건축물에 있어서 위생적 환경확보에 관한 법률」에 제시되어 있는데 총 VOC는 잠정 목표치로 400 ug/m³을 제시하고 있다. 한편 학교에 대해서는 학교환경위생 규제기준이 있다. 다음 <표 III-21>은 두 법률에서 제시되어 있는 기준을 정리한 것이다.

39) 자료: <http://www.terrchoice.ca/>

<표 III-22> 일본의 실내공기질 권고기준

오염물질	기준	비고
미세먼지(PM10)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	특정용도의 건축물 관리기준, 후생노동성
일산화탄소	10 ppm	특정용도의 건축물 관리기준, 후생노동성
이산화탄소	1,000 ppm	특정용도의 건축물 관리기준, 후생노동성
온도	17~28 $^{\circ}\text{C}$	특정용도의 건축물 관리기준, 후생노동성
상대습도	40~70 %	특정용도의 건축물 관리기준, 후생노동성
기류	0.5 m/s	특정용도의 건축물 관리기준, 후생노동성
포름알데히드	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	특정용도의 건축물 관리기준, 후생노동성
톨루엔	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
자일렌	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
p-디클로로벤젠	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
에틸벤젠	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
스티렌	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
클로로피리포스	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
	(단, 소아는 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	가이드라인, 후생노동성
디부틸프탈레이트	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
테트라데칸	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
디에틸헥실프탈레이트	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
다이아지논	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
아세트알데히드	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성
페노브카브	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	가이드라인, 후생노동성

자료: 장성기, “새집증후군관련 외국 및 국내기준 및 제정근거와 향후방향”, 발표자료

2) 건축자재 관리

경제산업성, 일본공업규격협회 주관으로 일본 공업규격(JIS)을 제시하고 있는데, 2003년에는 대상자재 확대 및 기준 강화, 방산속도 개념을 도입한 기준을 제시하고 있다.

<표 III-23> 일본의 건축자재 등급기준

구분	기준			비고
	방산속도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$)	방산량 (mg/L)	방산량 (mg/L)	
F☆☆☆☆	5	0.12	0.3	건축 기본법상제한없음
F☆☆☆☆	20	0.35	0.5	건축 기본법상법적제한
F☆☆	120	1.8	1.5	건축 기본법상법적제한
등급외	>120	>1.8	>1.5	건축 기본법상사용금지
대상자재	접착제류 6종 단열재류 3종	도료류 11종	보드류 2종(섬유판, 파티클보드)	

자료: 장성기, “새집증후군관련 외국 및 국내기준 및 제정근거와 향후방향”, 발표자료

타. 노르웨이⁴⁰⁾

1) 정책동향 및 법률

노르웨이 의회는 실내공기와 관련된 질병, 즉 천식, 피부병 등이 노르웨이 국민에게 심각한 질병임을 인식하고, 2002년까지 실내공기질 관련 질병 특히 7세 이하 어린이의 질병을 감소시킬 수 있는 계획수립과 실천을 행정부에 요구하였다. 여기에 근거하여 노르웨이 국가 환경 및 건강실천계획(The Norwegian National Environmental and Health Action Plan)을 수립하였는데, 실천계획에서는 7개의 구체적 목표를 설정하고 있으며 그 내용은 다음과 같다.

40) 자료: <http://odin.dep.no/hd/engelsk/publ/handlingsplaner>

- ① 가정에서 실내공기질을 개선시킬 수 있는 정보 특히 습도, 애완동물, 카펫에 대한 정보를 제공할 것
- ② 학교와 유치원은 천식, 알레르기, 기타 관련 질병을 예방할 수 있는 계획을 수립하고 실천할 것
- ③ 학교와 유치원은 1999년 말까지 규제를 만족할 것
- ④ 학교와 유치원은 실내공기질 개선을 위한 능력을 배양할 것
- ⑤ 지자체와 전문기관은 실내공기질 기준을 만족할 것
- ⑥ 비흡연자의 담배연기 노출기회를 감소시킬 것
- ⑦ 모든 임산부와 어린이의 부모들은 담배연기의 해독성을 인식할 것
- ⑧ 실내공기질과 관련된 각종 이해를 증대시킬 것

□ 법률

· Noregian Building Regulations : 건축법에서는 “건물의 건축은 실내공기가 안전하도록 설계되고 시공되며 유지되어야 한다”라고 요구하고 있으며 여기에는 건강 및 위생상의 문제가 거주자뿐만 아니라 이웃들에게도 발생하지 않도록 범위를 넓게 설정하고 있음.⁴¹⁾

2) 실내공기질 기준

노르웨이 국립보건연구원은 실내 공기질 권고기준을 1999년 새롭게 제안하였는데 그 내용은 다음과 같다.

41) 자료: A. Larsen, 「Further Progress of the Indoor Climate Labelling Scheme」, Proceedings of the 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Scotland, 1999.

<표 III-24> 노르웨이의 실내공기질 권고기준

오염물질	권고기준
담배연기	금연구역과 비금연구역을 지정; 금연구역에서의 니코틴 농도는 $1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하; 일부흡연이 허용된 실내에서 비금연 구역에서는 니코틴 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이어야 함
습기	과다하고 지속적인 습기는 허용되지 않음
미생물	곰팡이: 곰팡이가 눈에 띄거나 곰팡이로 인한 냄새가 발생되어서는 안됨. 진드기: 50 마리/gr. dust
라돈	농도가 200~400 Bq/m ³ 이면 간단한 측정을 하여야 함. 농도가 400 Bq/m ³ 이상이면 비용에 상관없이 측정하여야 함
폼알데하이드	신축건물은 200 Bq/m ³ 이하
석면, 인공섬유	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
미세먼지(PM2.5)	발견되어서는 안됨
이산화탄소	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24시간 평균)
일산화탄소	1,800 mg/m ³
이산화질소	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8시간 평균), 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1시간 평균)
	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1시간 평균)

3) 건축자재 관리

덴마크에서 처음 시작된 실내공기질 인증제도(Indoor Climate Labelling: 이하 ICL)를 함께 이용한다. 덴마크 및 노르웨이의 ICL 위원회는 기준을 개발하는 부분과 라벨링을 발급하는 부분으로 구성되어 있으며 향후 세계 각국의 참여로 공통기준을 만들 수 있기를 바라고 있다. 2004년 현재 11개의 제품군으로 나누어 라벨링 취득기준을 제정하고 있으며, 세정제품에 대한 기준을 준비하고 있다.

4) 환기기준

거주공간의 환기량은 최소 0.5h-1이며 부엌 10 l/sec, 화장실 10 l/sec, 목욕탕 30 l/sec 등 용도별로 구분하여 환기량이 정해져 있다. 학교와 사무실은 7 l/(sec ·

인)+0.7~2.0 l/(sec · m³)이다. 한편 외부공기는 필터를 통해 정화할 것을 권고한다.

3. 사례조사를 통해 본 정책의 특징

가. 실내공기질에 대한 인식

앞에서 살펴본 국제 기구와 외국 정부의 사례를 보면 선진국에서도 실내공기질 문제는 21세기의 사회가 해결해야할 새로운 도전으로 이해하고 있는 듯 하다. 비록 건축자재의 라벨링 제도가 활성화되어 있고 법체계도 부분적으로 갖추고 있지만, 외부 공기질 관리와 비교해보면 아직도 부족한 점이 많다. WHO 등 국제기구가 이 문제를 주도하고 있고 개별 국가 차원에서는 이제 본격적으로 대책 시행을 시작한 단계로 파악된다. 그 근거로써 실내공기질 실태 및 노출평가가 최근에 중점적으로 이루어지고 있다는 점, VOCs 등 화학물질이 개별 물질보다는 총 VOCs 로 관리되고 있는 점,⁴²⁾ EU 차원의 규제가 아직 설정되어 있지 않다는 점, 건축법에서 실내공기 문제를 다루고 있는 국가가 많다는 점, 몇 개 물질을 제외하고는 관리물질이 서로 상이하다는 점을 들 수 있다. 하지만 WHO나 유럽연합, 노르웨이 등의 미래 환경문제나 환경 전략을 보면 실내공기질 문제가 실제로 인간의 건강과 보전에 직접적인 관련이 있고 이를 중요하게 다루어야 한다는 사실을 언급하고 있어 실내공기질 관리의 중요성에 대해서는 이제 공감대가 형성되어 있다고 판단된다.

유럽 및 미국 등의 기존 접근 방식은 리스크 관리이다. 오염물질의 종류와 농도, 노출량을 평가하고 이것이 인간의 건강과 생활에 어떤 영향을 주는지를 파악하고 저감 수단을 모색한다. WHO의 '실내공기질 권리'도 이러한 인식에서 출발한 것이며 이것을 UN헌장에서 명시하고 있는 인류의 기본권으로 바라본다. 그래서 아직 인과관계가 불분명한 경우에 대해서도 '예방의 원칙(precautionary principle)'을 적용하여 정책을 수립하는 것을 볼 수 있다.

42) 총 VOC로 관리하는 것에 대해서는 논란이 계속되고 있다.

나. 문제 접근 방식

현재 논의되거나 추진되고 있는 정책들의 공통점은 실내공기질 문제를 단순한 매체관리의 측면이 아닌 인간의 건강 위해성관리 측면에서 접근한다는 점이다. 위해성 관리 차원의 접근이란 오염물질의 노출정도 파악과 질병과의 상관성 증명, 리스크 communication을 통한 해결방안 모색을 의미한다. 일반적으로 실내공기의 오염도는 상당히 저농도라는 점과 같은 노출량에 대해서도 사람마다 다른 반응을 보인다는 점에서 인간의 특성과 주변 환경을 고려하여 적정 노출량을 결정하고 이를 달성하는 방법이 합리적이라 할 것이다. 따라서 어린이, 노약자, 심장 및 기관지 질환자, 임산부 등 보다 민감한 집단에 대한 배려가 강조되는 이유도 여기에 있다. 이러한 접근 방법은 전국적인 실태조사와 노출량 평가, 상관관계의 분석 및 안전한 노출량의 설정, 그리고 communication의 강조라는 일관적인 정책의 흐름으로 나타난다. WHO나 EU에서 유럽 전역의 실태조사와 위해성 평가에 많은 노력을 기울이고 있는 이유도 이에 있다. 현재 실내공기질과 관련하여 가장 많이 거론되고 있는 질병이 천식과 아토피 피부염이며 조기 사망률 등도 하나의 지표로 다루어지고 있다. EU나 미국 등의 움직임을 보면 천식과 아토피 환자의 저감을 가장 우선적인 정책목표로 삼고 있으며, 그 대책의 하나로 일반인의 인식제고와 정보교환 등 리스크 communication에 상당히 의존하고 있음도 알 수 있다. 위해성 관리의 또 다른 특징으로는 독성학, 환경분석 및 측정, 위생학, 통계학, 건축학 등 다양한 분야의 전문가가 함께 필요하며, 정부 내에서도 환경담당부서와 보건담당부서, 건축담당부서 등의 공조가 필수적이라는 사실이다. 실제로 앞에서 살펴본 바와 같이 외국에서는 여러 부처가 함께 참여하는 전문 위원회가 구성된 사례가 많으며 민간 기구에서도 다양한 전문가가 참여하고 있다.

다. 정부와 민간부문의 협력

위해성 저감을 위해 동원되는 가장 핵심적인 정책수단은 단연 오염물질 배출원에 대한 환경마크 제도의 활용과 소비자의 제품 선택을 용이하게 하는 여러 가지 홍보 및 자료제공 시스템 구축이라고 할 수 있다. 정부가 실내공기질의 적정 수준과 환기 기준을 정하고 있지만, 배출원에서의 원천적인 저감을 이룰 수 있는 건축자재의 사용 규제 등은 제한적으로 이용되고 있을 뿐 대부분의 경우는 건축자재 및 기타 제품의 라벨링 제도라는 비규제 수단에 의지하고 있다(<표 III-25> 참조). 이러한 이유는 기본적으로 실내공간이 갖는 특성, 즉 개인의 사적 영역에 정부가 개입할 여지가 적다는 한계와 그럼에도 불구하고 정부가 개입하였을 때 효과가 적을 것이라는 판단 때문일 것이다. 다만 학교라든지 공공건물에 대해서는 공공의 권익 보호라는 측면에서 시설 개선 지원 등 직접적인 개입을 하는 경우가 보인다. 그리고 폴란드와 같이 환경개선을 위해 건물을 개조하거나 수리를 할 때는 정부가 그 비용을 지원하는 사례도 있으므로 국가의 사정에 따라 정부의 역할이 확대될 수도 있을 것이다.

WHO는 실내공기질 관리와 관련하여 국가가 취해야할 행동으로 ①국가의 실내공기질 상태 평가 ②노출을 감소시키기 위한 기술 및 방법론의 개발 ③에너지 효율을 감안한 건물의 설계 및 유지 방법 선정 ④환기, 오염원 관리, 건물 관리에 관한 규제 및 기준의 개발 ⑤환경 친화적인 자재의 생산과 사용 촉진 ⑥관련분야 종사자들에 대한 교육 ⑦시민들에 대한 정보제공 시스템의 구축 등을 들고 있다.

<표 III-25> 라벨의 종류 및 사용국가

라벨종류	적용대상	국가
EU flower	건축자재 등 전제품군을 대상	EU
Nordic Swan	접착제 등	스칸디나비아
Blue Angel	페인트, 목재 제품 등	독일
EMICODE	바닥재 등	유럽, 독일에서 시작
GuT	카펫	유럽, 주로 독일
ICL	11개 제품군	덴마크, 노르웨이
M1 등급	건축자재	핀란드
CRI Geen Label	카펫, 접착제	미국
Greenguard Program	실내 마감재	미국

라. 실내공기질 관리 항목의 범위

실내공간에서 발생하는 오염물질은 화학물질에서부터 미생물, 광물섬유까지 다양하며 온도와 습도 등 물리적인 요건도 관리의 대상이 되고 있다. 관리대상 오염물질의 종류는 실내공간의 종류에 따라 다르고 또 여러 법률이나 지침에 산재해 있어 정리하기가 쉽지 않다. 다음 <표 III-26>에서 보듯이 국가마다 관리항목은 차이를 보이는데, 질소산화물, 라돈, 포름알데히드, 먼지 등이 주요 인자로 관리되고 있고 다른 유기화학물질은 국가마다 차이가 많이 난다. 유기화학물질은 분석도 까다롭고 비용도 만만치 않아 실제로 그 영향이 확실하지 않으면 규제하기가 힘든 물질이기 때문에 일반 주거용 공간에 대한 관리항목으로는 어려운 점이 있다. 하지만 향후 질병과의 상관관계가 밝혀지고 노출량이 크면 추가로 관리될 가능성은 언제나 남아있다. 여기서 강조하고 싶은 것은 비록 실내공기질 기준으로 제시된 사례가 적기는 하지만, 많은 보고서와 자료는 곰팡이와 진드기 등의 생물성 오염물질의 피해를 중점적으로 거론하고 있다는 점이다. 곰팡이와 진드기는 어린이 천식, 알러지를 유발하는 대표적인 요인으로 거론되고 있고, 각 정부의 웹사이트에는 이와 관련된 많은 정보를 제공하고 있다. 미국 EPA의 경우, 예산의 상당부분을 알러지와 천식 대책에 사용하고 있는데, 여기에서도 곰팡이 등 생물성 오염물질의 관리가 크게 강조되고 있다. 특히, 최근 건축

자재 등에 대한 포름알데히드의 규제 강화에 의해 자재 표면에서의 결로현상과 이로 인한 곰팡이의 피해가 증가하고 있다는 사실이 주목되고 있다. 하지만 미생물에 대한 규제는 표준화된 측정방법의 미비 등으로 인하여 당분간은 규제가 어려울 것으로 예상된다.

한편으로 중요하게 거론되고 있는 오염물질은 담배연기이다. 담배연기는 간접 흡연자에게도 상당한 피해를 주기 때문에 EU나 영국, 미국 등에서도 이 문제에 대해 많은 고민을 하고 있으며 중요한 환경문제로 다루어지고 있다.

<표 III-26> 각 국가의 실내공기질 기준설정 물질요약

국가 항목	한국	독일	네덜란드	스위스	핀란드	미국 ¹⁾	호주	캐나다	일본	노르웨이
환기기준	o	o	o	o	o		o	o	o	o
온도	o								o	
습도	o							o	o	o
먼지	o	x	x	x	o	o	o	o	o	o
CO	o	o	x	x	o	x	o	o	o	o
CO2	o	x	x	x	x	x	x	o	o	o
SO2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
NO2	o	o	x	x	x	o	x	o	x	o
HCHO	o	x	o	x	o	x	o	o	o	o
Pb	x	x	x	x	x	x	o	x	x	x
Asbestos/인공섬유	o	x	x	x	o	x	x	x	x	o
Rn	o	x	x	o	o	o	x	o	x	o
Benzene	x	x	x	x	x	o	x	x	x	x
Chloroform	x	x	x	x	x	o	x	x	x	x
O3	o	x	x	x	x	x	o	o	x	x
toluene	x	o	x	x	x	x	x	x	o	x
xylene	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
dichloromethane	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x
pentachlorophenol	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x
styrene	x	o	x	x	o	x	x	x	o	x
mercury	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x
TVOCs	o	o	o	x	x	x	o	x	x	x
diisocyanates	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x
암모니아/아민	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x
미생물	o	x	x	x	o	x	x	x	x	o
sulfates	x	x	x	x	x	x	o	x	x	x
이산화황	x	x	x	x	x	x	o	o	x	x

<표 III-26> 각 국가의 실내공기질 기준설정 물질요약(계속)

국가 항목	한국	독일	네덜란드	스위스	핀란드	미국 ¹⁾	호주	캐나다	일본	노르웨이
p-디클로로벤젠	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
에틸벤젠	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
클로로피리포스	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
디부틸프탈레이트	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
테트라데칸	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
디에틸헥실프탈레이트	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
디아지논	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
아세트알데히드	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
페노브카브	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x
담배연기	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o

주 1) 미국 환경청의 기준만 포함한 것임

2) 빈칸은 확인되지 않은 것임

마. 대상 공간의 범위

실내공기질이라고 이야기할 때의 공간은 보통 산업체의 실내 작업장은 제외된다. 우리나라의 경우에도 법률명에서 알 수 있지만 다중이 이용하는 실내공간을 주 대상으로 하고 있으며, 아파트와 같은 개인 주택도 일부 포함된다. 그러나 외국의 사례에서 살펴보면 우리나라와 크게 다른 점이 사무실이나 다중이용시설보다는 개인 주택에 대한 관심이 매우 높다는 점이다. 실태조사 대상 시설이나 저감 대책, 논의 내용 등을 종합할 때 사무실을 포함한 주택이 주요 대상임을 쉽게 알 수 있다. 이외에도 자동차 차고, 버스, 지하철 등 대중 교통수단의 실내, 그리고 개인 자동차도 관심의 범위에 있다. 법률적으로는 이들 주택에 대한 환기기준을 제외하고는 다른 규제 혹은 관리 수단은 보이지 않지만, 위해성 측면에서 실태조사와 평가의 범주에 있는 것을 볼 수 있다. 외국에서는 실제로 정부가 간섭할 수 있는지 여부로 대상 공간을 정하는 것이 아니라 위해성 관리 차원에서 그 공간이 얼마나 인간의 건강에 영향을 미치는지가 주 요인으로 보인다.

바. 건강한 빌딩의 추구

‘건강한 빌딩’의 개념은 명확치 않다. 하지만 WHO의 논의 내용을 보면 실내공간의 공기질뿐만 아니라 안전, 편의성 등이 모두 포함된 이상적인 건물로 이해된다. 실내공기질에 관심이 집중되면서 그 대책으로 건물의 설계와 시공단계에서부터 공기질을 고려하는 것이 최선이라는 결론이 내려졌고, 이왕이면 삶의 질을 최대한 보장할 수 있는 이상적인 건물의 추구로 자연스럽게 실내공간에 대한 개념이 확대되었다고 볼 수 있다. 이런 논의가 가능하였던 것은 실내공기질 관리대책에 참여한 사람들이 환경 및 보건전문가 외에도 건축설계사, 시공자, 자재 생산업체, 건축환경 및 설비 전문가, 그리고 소비자 등이 모두 참여하였기 때문에 가능하였다고 생각되며, 향 후 이 문제에 대한 활발한 논의가 진행될 것으로 판단된다. 건강한 건물과 관련하여 중요한 논쟁중의 하나는 에너지 효율과 실내공기질의 유지를 어떻게 조화시킬 것인가 하는 것이다. 에너지 효율 보다는 공기질의 수준이 보다 중요하게 취급되어야 한다고 WHO가 명시하고 있지만, 에너지 효율화는 개인 및 국가에 있어서도 대단히 중요한 문제이기 때문에 환기기준의 변화가 예상되고 있다.

사. 정보 제공과 전문가 네트워크의 구축

실내공기질 관리를 위해 필요한 정부는 상당히 많다. 정부가 필요로 하는 정보 외에도 일반 소비자가 알아야 할 많은 정보가 존재하기 때문에 정부나 민간조직은 그러한 정보를 생산하거나 수집하여 소비자와 기업에 알리는 일에 많은 노력을 기울이고 있다. 정부의 노력은 정보 D/B의 구축, 인터넷 사이트의 운영, 팜플렛 등 매체를 통한 홍보에 집중되며 전문가 양성을 위한 훈련프로그램 등의 운영도 해당된다. 오스트리아의 예를 들면, 정부는 시민들이 스스로 실내공기질 오염원을 찾고 대응수단을 찾을 수 있도록 “The healthy indoor air guide-the chemistry of housing”이라는 책자를 발간하여 배포하고 있다.

한편으로는 보다 많은 사람들의 관심을 유도하고 실효성 있는 대책을 수립하기 위하여 전문가 네트워크를 구성하는 것도 정부의 주요 업무 중의 하나이다. 네트워크의 구성을 위해서는 관련 학회에 대한 지원, 심포지움의 개최, 위원회의 운영 등이 있다.

4. 새로운 동향 및 논의 사항

여기서는 향후 우리나라의 정책방안 모색에 참조하고자 현재 논의되고 있는 주요 주제들과 동향들을 살펴본다.

가. VOCs 관리⁴³⁾

실내공기가 오염되면 눈이나 호흡기 장애 또는 냄새로 인한 불편 등 주거 생활에 많은 영향을 미친다. 유럽에서 실내 공기 중 VOCs 저감전략은 1982년부터 건축자재를 대상으로 수립되었는데, 이는 건축자재가 가장 중요한 배출원이라는 사실에 기초한다. 1989년 WHO 유럽사무국은 실내 오염물질의 농도를 저감하는 데는 가이드라인의 개발보다는 source control이 최선임을 추천하고

- . 공기 중 irritants가 effective dose의 10%를(ED10) 초과하지 말 것
- . 냄새는 effective dose의 50%(ED50)를 초과하지 말 것
- . 건축자재에서의 VOCs 배출을 평가할 것
- . VOCs는 배출원 관리를 시행할 것

을 제안하였다.

같은 해 유럽공동체위원회(Commission of the Europe Communities)는 건축자재

43) 자료: "Trends in Europe to reduce the indoor air pollution of VOCs", Indoor Air, 13(suppl.6): 5-11, 2003

와 관련된 중요한 의회 지침, 즉 'Construction Products Directive' CEC 1989 Directive(89/106)를 제정하였고 93년 이를 개정하였다(Council Directive 93/68/EC). 이 지침서의 주요 골자는 “건축 작업은 거주자나 이웃들에게 보건위생 혹은 건강에 위협이 되지 않는 방식으로 설계되고 건축되어야 하는데 특히, ①HAPs를 배출하는 경우 ② 위험한 가스나 먼지가 존재할 경우 ③ 위험한 방사능 물질이 있는 경우 ④작업의 일부 과정 중에 혹은 표면에 수분이 응축되어 있을 경우에는 특히 그러하다”이다.

CEC 지침이나 WHO의 권고 등을 기반으로 하여 1989년 이후 VOCs 저감 대책은 건축자재가 최대의 배출원이라는데 인식을 두고 진행되었으며, EC나 각 국가는 그 수단으로써 건축자재의 VOCs 배출 테스트와 등급화(labelling)를 추진하여 왔다. 현재 6종류의 국가 라벨링 규격, 2종의 국제 라벨링 규격, 1종의 유럽규격, 그리고 노르딕 기준이 있으며, 유럽공통의 규격 작성을 위한 기술보고서들이 개발되고 있다.

<표 III-27> 건축자재의 VOCs 테스트를 위한 유럽의 라벨링

규격 종류	측정항목	주요 내용
The Indoor Climate Labelling Scheme (덴마크/노르웨이)	개별 VOCs	- 표준 측정실에서 냄새 및 오염물질의 역치값의 50 %에 도달하는 시간을 측정
Gemeinschaft Umwelt Teppich(GuT) Ordnung (Society for testing carpets in Europe)	selected VOCs, TVOCs, Aromates, Pesticides	- 특정 VOCs에 대해서는 16시간 이후의 최대농도 측정(loading=0.4m ² /m ³ ; 공기순환 0.5/h ⁻¹) - 4종의 VOCs와 TVOCs에 대해서는 허용치존제 - 벤젠, 부타디엔, vinyl acetate, 폼알데하이드, pentachlorophenol에 대해서는 재료(raw material)를 시험
B&Q Paint Policy and Labelling in UK	VOCs	- 5 단계로 구분: very high(>50 % VOCs), high(25~50 % VOCs), medium(8~24.99 % VOCs), low(0.30~7.99 % VOCs), minimal(0~0.29 % VOCs)
Finnish Labelling Scheme	TVOC, 폼알데하이드, 암모니아, 발암성 VOCs	- 4주후의 측정농도를 근거로 M1~M3로 구분
Swedish National Flooring Trade Association	총 VOC	- 4주째와 26주째에 총 VOC 배출을 측정
Germany: Blauer Engel - RAL UZ 38	VOCs, 폼알데하이드	- 1일째와 28일째에 특정 VOCs와 폼알데하이드의 농도기준, 전기 기기일 경우 오존과 styrene을 추가
EMICODE EC 1 for flooring products, founded by German Adhesive Manufactures	총 VOC, 발암성 VOCs	24시간 후 측정되어지는 최대 총 VOC 허용치, 발암성 VOCs에 대해서는 허용 한계치, 제품유형에 따라 EC1~EC3로 구분
German Association of Wallcovering Manufactures-RAL-GZ 479	금속+총 VOC, VOCs	공기 중 폼알데하이드 허용한계치(< 60 µg/m ³), 건축자재중 vinyl chloride의 허용한계치(< 200 ppb), 중금속에 대한 허용한계치

실내공기질 관리와 관련한 또 하나 중요한 업무는 개별 VOCs와 총 VOC의 실내농도가 건강에 미치는 영향을 평가하는 방법론을 정립하는 일인데, 이 결과 덴마크(1997, 1998), 독일(2단계 기준제시, 1999), WHO(공기질 기준, 1999), 노르웨이(1997,1998), 유럽연합(1997)이 방법론을 정립하였다. 하지만 한편으로는 총 VOC의 농도와 건강영향사이의 상관관계를 입증할 만한 뚜렷한 증거가 없다는 연구결과도

발표되고 있으며, 독일의 경우에는 총 VOC의 농도를 3단계로 나누어 지침을 제시하고 있다.⁴⁴⁾ 이러한 논쟁의 결과로서 최근의 Nordic consensus conference는 다음의 결론을 내리고 권장하고 있다.

- 가능하면 WHO 기준을 사용하거나 Nordic working group에서 개발한 지침을 사용할 것. 건강영향평가는 전문가에 의해서만 실행할 것
- 건축자재와 가구는 고온에서도 isocyanates와 acid anhydrides를 방출하지 않을 것
- 가능한 등급화된 혹은 저방출 건축자재를 사용할 것. 이는 정전기를 발생시키는 사무용품에도 적용할 것
- 무시할만한 수준의 폼알데히드를 배출하는 건축자재는 점막(mucous membrane) 자극을 유발할 가능성이 적음
- 현재의 과학은 오존과의 반응가능성도 제시하고 있음

또한 제한된 기간동안의 측정결과(예를 들면 28일 등)는 문제점이 있으며 2차 배출에 대한 진지한 논의가 계속 이루어지고 있다.

건축자재를 테스트하는 궁극적 목적은 방출량과 건강영향과의 관계를 규명하고 생산자가 보다 환경친화적인 자재를 생산하도록 유도하는 것이다. 또한 건축 설계자와 시공자, 최종 소비자가 가장 최선의 자재를 선택할 수 있도록 하는 것이다. 이런 결과 SBS와 같은 문제를 저감할 수 있게 된다. 앞서 언급한 바대로 건축자재의 VOC 배출과 관련 2종의 국제 인증, 6종의 국가인증 절차가 유럽에서 개발되어 있다. 이 중 특징적인 것 한 가지는 독일의 'Blau Angel' 인증으로 여기에는 복사기와 같은 사무용 기기의 평가방법이 포함되어 있다(그렇지만 측정항목은 먼지, 오존, styrene에 한정됨). 모든 인증절차는 ①자재의 선택과 conditioning ②climate chamber의 사용 ③화학물질 테스트 방법 ④배출속도의 계산방법 ⑤실내 대기농도의 예측 모델링 ⑥독성 평가라는 공통의 항목을 가지고 있으며, 약 반수의 인증절차에서 측정하는 변수는 총

44) 하지만 “총 VOC와 건강과의 dose-effect 관계가 뚜렷하지는 않지만 총 VOC의 농도가 높아지면 건강에 영향을 미칠 가능성이 커진다”라고 언급하고 있다.

VOC 이다. 위의 인증절차에서 모든 관련항목(모든 오염물질)을 포함하는 인증절차는 하나도 없으며, 텐마크의 ICL을 제외하고는 모두 화학물질 배출 측정과 건강영향 평가만을 포함하고 있다.

ICL 은 관심 있는 VOCs의 농도 기준을 제시하고 있는데 여기서 관심 있는 VOCs란 냄새나 눈 등의 자극물질이라고 판단되는 물질을 일컫는다. 평가항목은 VOCs 배출농도가 해당 물질의 실내기준까지 감소하는데 걸리는 “시간”이며, 보통 실내기준은 VOCBASE에서 언급된 냄새의 threshold의 50% 혹은 irritation의 50% 농도를 말한다. 하지만 보통의 경우 냄새 threshold 50%를 사용하는데 이는 irritation 50%에 달하는 시간이 냄새의 경우보다 훨씬 크기 때문이다. 이러한 인증절차가 모든 문제를 해결해주지 않으며 많은 불평사례가 보고되고 있지만, 거주자의 노출을 저감할 것이라는 것은 확실하다. 하지만 발암성 문제와 알러지 문제를 다룰 수준은 아니기 때문에 이 부분의 개선이 요구되고 있다.

VOCs 배출 검증절차에서 문제가 되는 것은 제품의 비균질성(inhomogeneity)이다. 제품별 편차가 심하면 테스트 결과에 대한 신뢰가 떨어지기 때문에 이를 개선하기 위한 다양한 방법의 모색이 필요하다는 의견이 제기되고 있다. 또 하나의 문제점은 단기적인 테스트에 의존하기 때문에 장기적인 영향 평가가 어렵다는 점이다. 또한 용제가 비록 환경친화적으로 대체되고는 있지만 glycol이나 glycol ether과 같이 저휘발성 VOCs의 사용에 기인하는 경우도 많다는 점이다. 이러한 논의 결과 ①총 VOC를 평가항목으로 사용하는 것은 제한되고 있으며 주의하여 사용하여야 하고 ②“Organic compound in indoor air(OCIA)”이라는 새로운 보다 넓은 개념의 사용이 필요하다는 주장이 제기되고 있다.⁴⁵⁾

45) 여기에는 생물학적으로 관련 있는 유기물질을 모두 포함하고 있다.(단백질 등 크기가 500~1000Da 이상의 유기물질은 제외). 예를 들면 공기 중 유기물질뿐만 아니라 유기 라디칼, 유기 이온, 또는 먼지에 흡착되어 있는 유기물질 등이 모두 포함된다.

나. 알러지와 어린이에 대한 논의

○ EU의 지원으로 ‘유럽천식 및 알러지협회’의 조사결과는 학교의 실내공기질이 열악하며 특히 어린이들에게 심각한 영향을 끼치고 있다고 결론짓고, EU 및 관련 사회단체 등과 함께 학교의 실내공기질을 개선하기 위해 정부가 법적 조치를 위해줄 것을 요구하고 있다.⁴⁶⁾ 2002년 EU는 5차 Framework Programme의 하나로 스웨덴, 노르웨이, 네덜란드, 프랑스, 벨기에가 공동으로 참여한 RESHYVENT 프로젝트를 시작하였는데, 이 프로젝트의 목적은 에너지효율을 유지하면서도 실내공기질을 담보할 수 있는 환기시스템을 개발하는 것으로 이는 에너지 문제와 공기질 문제를 기술적으로 해결하기 위한 EU 국가의 노력으로 이해된다.

○ EU의 연구기관인 Joint Research Center(이하 JRC)의 최근 연구결과에 의하면 유럽인들의 20%가 알러지, 천식 등을 앓고 있으며 이는 대부분 실내공기에 기인한다고 추정하고 있다. 또한 벤젠 등 방향족 물질의 경우 실내농도가 외부 농도의 두 배 이상을 나타내어 실내공기가 결코 안전하지 못하다는 것을 보여주고 있다. 그리고 담배연기가 매우 중요한 오염원이며, 이는 환기량을 증가시켜도 공기의 농도가 크게 개선되지 못한다는 실험결과에 의해 환기의 효과는 제한되어 있음을 나타낸다. 이 결과를 근거로 EU는 각종 실내공기관련 실험을 위해 이태리 이스파라 연구소에 INDOORTRON(크기 30m³) chamber를 설치하고 본격적인 연구에 돌입하였다.⁴⁷⁾

○ 유럽 알러지 학회는 습도와 집 진드기가 알러지와 천식에 미치는 영향에 대한 연구를 진행하고 있고 유럽호흡기학회는 대중건강과 건강교육에 관심을 두고 세미나 등을 개최하고 있다.

46) 자료: “indoor air quality in European schools”, proceedings of Indoor Air 2002, 2002

47) 자료: “indoor air pollution: new EU research reveals higher risks than previously thought”, EU letter

○ 독일에서는 알러지 환자를 저감하기 위한 구체적인 조사를 실시하고 있다. 독일 정부가 제시하고 있는 알러지 유발물질과 건축자재의 기준은 다음과 같다.

<표 III-28> 알러지 원인물질 분류

종류	예
Aldehyde/Dialdehyde	Formaldehyde, Glutardialdehyde
Amine/Amide/ Ammonia compounds	p-Aminodipheylamine, 4-Aminodiphenylamin, Ammoniumpersulfate, 2-Chloracetamin 등
Anhydride	1,1-Cyclohexandicarbonsacidanhydride, Phthalateanhydride, Tetraphthalateanhydride, ,2,4,5-Benzynetetracarbonsacidanhydride
Metal/Metal complex	Organic Hg-compounds, Chromate, nonferrous heavy metal and compounds(Cr, Ni, Co complexes)
Nitrile/Cyan/Nitro/ Para-Compounds	o-Nitro-p-phenylendiamine, 1,2-Dibrom-2,4-dicyanobutan
Thiazin/Thiazole	MCI/MI(3:1), 2-Mercaptobenzothiazol, Benzisothiazolinon N-cyclohexylbenzothiacylsulfenamid
Thiurame	Tetramethylthiuramdisulfid, epentamethylthiuramdisulfid Metal-complexes of Zn
Triazine	N,N', N''-tris(2-hydroxyethyl)-hexahydro-1,3,5-triazine
기타	acrylates, wood, Natural latex, Pyrethrum/Pyrethroids, Tetrapentine oil, Polyurethane (Isocyanate), Lanoline, Dithiocarbamates

자료: Umwelt & Gesundheit 2/2001, Friedhelm Diel, Hans Schubert and Michael Fischer,
pp. 55-62

<표 III-29> 알러지 유발 건축자재 지표

알레르기 유발물질	건축자재	지표
Formaldehyde	Acryl-, Phenyl- resin, chip board etc.	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.0025 ppm)
Ni and other colour-metal	Alloys, drinking water pipes	free or 10 mg/kg material
Pyrethrum/Pyrethroids	Wood, textile carpets	3 mg/kg
Terpenes	Wood, fixatives	max. 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Isocyanates	PU-foams, Polyurethane-thane-fittings	0,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02 ppb) (Weis)

자료: Umwelt & Gesundheit 2/2001, Friedhelm Diel, Hans Schubert and Michael Fischer, pp. 55-62

다. 건축자재에 대한 논의

○ 건축자재는 여러 가지 유기 및 무기물질을 함유하고 있으며 이는 실내공기, 토양, 식수 등으로 배출된다. 그러나 이에 대한 정확한 평가가 이루어지지 않은 상태에서 사용되고 있어 건축자재에 의한 환경 위해성 또는 인체 위해성이 상존하는 상태에 있다. 예를 들면 유럽에서는 매년 20억 m^2 의 바닥재가 생산되고 있고 독일에서는 5억 m^2 의 particle board가 생산되어 건축물에 사용되지만 이들이 어떤 생태학적 영향을 미치는지에 대해서는 밝혀진바 없으며 따라서 이에 대한 적극적인 관심과 조사가 필요하다. 유럽은 유럽공동체의 정착으로 단일한 유럽시장을 창출하고 있다. 건축자재에 대한 유럽지침(89/106/EWG(CPD))는 EU국가간의 무역장벽으로 작용해온 제품의 기술적 요구 사항들을 전반적으로 정리하여 새로운 기준을 작성하도록 요구하고 있는데 위생과 건강 그리고 환경을 고려하도록 하고 있다. 건축자재에 대한 새로운 기술적인 요구사항(technical specifications)은 현재 유럽표준연구소(the European Institutions for Standardizations(CEN))에서 작성 중에 있는데, 향후 유럽시장은 이 표준을 따른 제품만이 유통될 가능성이 있다(CE 마크 획득이 요구됨). 따라서 새로

운 표준작성에 건축자재 생산업체의 관심이 대단하기 때문에 유럽의 많은 국가들이 참여하고 있다. 이 지침에 의거하여 2003년 현재 약 800개의 제품 표준과 200개의 테스트 표준이 개발되었거나 혹은 개발될 예정인데, 건강과 환경에 잠재적 위해성을 가진 제품으로는 나무로 만든 판넬, 바닥재, 벽지, 페인트 및 접착제, screeds, 석고재(plasters), 벽돌, 실런트, 시멘트 및 콘크리트 등 200개의 제품군이 꼽히고 있다.⁴⁸⁾

○ 건축자재의 환경성을 평가하는 라벨링 제도가 각 국가마다 존재하지만, 규격이 달라 산업체의 불평이 제기되고 있다. 이를 고려하여 세계적으로 받아들일 수 있는 라벨링 개발을 위해 최소한의 요구조건에 대한 원칙을 개발하려는 움직임이 있는데⁴⁹⁾ 이와 관련하여 논의되고 있는 주제는 다음과 같다.⁵⁰⁾

① 마감재 외에 라벨링 도입이 필요한 제품

- 현재 논의되고 있는 제품으로는 공기순환시스템, underlies, 사무용품, 세정용품(청소용품), 사무용기기, 바닥재, sealants, subfloor, 창문 coverings 등임

② 현재의 다양한 라벨링 제도를 통합할 수 있는 방법

- 기업들은 여러 국가에 제품을 수출하고 있기 때문에 개별 라벨링을 획득하기 보다는 통합된(즉 여러 나라에서 모두 인증되는) 인증 시스템을 필요로 함.
- 이에 따라 현재의 라벨링 시스템을 분석하고 평가하기 위한 실무진을 편성하고 실제 각국의 평가방법을 비교하고 있는데, 우선 ASTM D 5116, CEN ENV 13419, ISO/TC 146/SC 6/WG 3을 고려함

③ 제품의 성분 표시

- 제품의 성분 표시는 기업비밀과 관련된 사항으로 뚜렷한 결론을 내리기 힘들지만, 중요한 것은 성분표시에 대한 논의가 시작되었다는 점임

④ ICL의 국제 규격화

48) 자료: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/>

49) 여러 가지 제도가 있지만 가장 널리 알려져 있는 것은 핀란드, 덴마크, 독일, 미국의 제도이다. 모두 비 규제적인 제도이지만 기준과 물질의 종류에 대해서는 큰 차이가 있다.

50) 자료: <http://www.hb2000.org/workshop8.html>

- 덴마크에서 시작된 ICL은 이제 노르웨이와 공동으로 진행되고 있으며 점차 인
중 국가 범위를 확대하려는 노력을 보이고 있음

라. 곰팡이 등 생물성 오염물질에 대한 논의

선진국의 실내공기오염은 대부분 인간의 활동과 건축자재, 가구, 가정용기기 및 소비제품의 사용에 기인한다. 미생물에 의한 오염은 대부분 건물 내 습도와 관련 있으며, 최근에는 잘 관리되지 못한 환기시스템도 주요 오염원으로 부각되고 있다. 선진국에서는 실내공기와 실외공기 중 오염물질의 농도가 비슷한 특징을 보이며 그 범위는 0.7~1.3의 범위에 있다. 그럼에도 불구하고 SBS와 BRI 현상이 계속 보고 되고 있는데, 이와 관련해서는 담배연기, 포름알데히드, VOCs, 살충제, 냄새, 이산화탄소, 일산화탄소, 오존, 이산화질소, 온도, 상대습도, 곰팡이, 박테리아, 라돈 등이 주요 원인물질로 주목받고 있다.

○ WHO 유럽위원회는 실내공기오염원으로 건축자재, 가구 및 카펫, 실내장식제품 및 소비제품, 주방조리기구, 실내에서 사용되는 살충제 및 화학제품, 환기시설, 건물이 건축된 토지 등을 들고 있으며, 주요 오염물질로는 라돈, 연소관련 가스, VOCs, 포름알데히드 및 기타 알데히드류, 미세먼지, 섬유상 물질, 벤젠, 담배연기 등 발암물질, 애완동물이나 진드기 등 알러지 유발물질, 박테리아 및 곰팡이, 습기 등을 제안하고 있다.⁵¹⁾

○ 덴마크에서는 정부의 지원 아래(Danish Research Institute) 건축연구소(Danish Building Research Institute)가 ‘moulds in buildings’ 프로그램을 진행(1998-2001) 하였는데 주된 내용은 건물내 곰팡이의 건강영향과 검지방법개발, 곰팡이의 성장을 억제하는 건축기법 및 건축자재의 개발, 곰팡이에 의해 오염된 건물의 복원 등이다. 이 프로그램은 9개의 연구과제로 구분되는데 구체적 주제는 다음과 같다.

51) 자료: “Strategic Approach to Indoor Air Policy-making”, WHO 유럽센터, 1999

- ① 곰팡이와 건강
- ② 곰팡이로 인한 건강영향
- ③ 습기찬 건물(damp building)에서의 곰팡이 특성
- ④ 건물 내에서 곰팡이가 인간에게 노출되는 경로
- ⑤ 곰팡이를 빠르게 검지할 수 있는 방법
- ⑥ 곰팡이의 번식 조건에 관련된 건축기술 정보 수집
- ⑦ 곰팡이의 번식을 검사하고 평가할 수 있는 방법의 표준화
- ⑧ 건축자재의 곰팡이에 대한 내성
- ⑨ 곰팡이 번식으로부터의 건축물 복원 및 청소

○ 핀란드에서는 습기와 곰팡이로 인한 건강영향에 대한 평가가 최근 많은 관심을 끌고 있다. 핀란드의 국책연구기관(National Public Health Institute)의 평가에 의하면, 1996년 한해에 건물 내 습기와 곰팡이에 기인한 천식 및 호흡기질환의 사회적 비용은 2억천만FIM(핀란드 마르크, 1996년 가치), 작업손실은 65,006 시간으로 추정되었다. 이에 따라 습기와 곰팡이 문제의 저감을 위한 캠페인, 기술자료 개발 및 보급 등을 추진하고 있으며 특히 건물의 습기제거 등이 연구주제로 포함된 'Healthy Building Research Program 1998~2002*' 를 추진하였다. 이외에도 습기와 곰팡이로 인한 영향을 최소화하기 위한 다수의 연구가 정부주도로 진행되고 있으며 대표적인 연구프로그램으로는 'Finnish Research Programme on Environmental Health*' 가 있다.

○ 국제실내공기질학회(International Society of Indoor Air Quality: ISIAQ)는 깨끗한 실내공기질의 유지를 위하여 건축시 반드시 포함되어야할 공정 등에 대하여 검토하면서 다음과 같은 항목이 중요하다고 결론짓고 있다.

- ① 실내공기질 달성목표. 여기에는 온도, 습도 등 물리적 항목과 포름알데히드 등 화학물질, 그리고 미생물 항목 등이 포함되어야 함
- ② 환기. 여기에는 환기속도 및 환기량, 소음, 외부공기의 여과, 환기효율, 공기의 분배, 설치 및 유지에 관한 사항이 필요

- ③ 공기정화기 등 공조 설비의 청결도
- ④ 건축자재로부터의 오염물질 방출
- ⑤ 습기로 인한 손상 및 미생물의 성장 방지

마. 오염물질에 대한 논의

○ 독일에서는 방향제의 환경영향에 대하여 주목하고 있다. 이는 현재 약 2,500 종류의 방향제가 세탁제, 향수, 화장품, 양초, 공기 청정제 등에 사용되고 있으나 건강에 미치는 영향에 대해서는 잘 알려지지 않고 있기 때문이다. 방향제 중 30종 정도가 연간 1,000 톤 이상 생산되고 있는데, 이는 전체 생산량의 95%에 해당한다. 이들 다량 생산 방향제의 대부분은 geraniol oil과 orange oil 인데 이들 물질에 대해서는 환경 및 건강영향 평가가 이루어졌다. 하지만 소규모로 생산되는 많은 종류의 방향제에 대해서는 이런 평가가 이루어진 적이 없다. 따라서 방향제의 무분별한 사용은 억제될 필요가 있으며 이에 대해 면밀한 검토가 필요하다. 독일환경부는 냄새를 없애기 위해 방향제를 사용하는 것을 원칙적으로 인정하지 않으며 공기청정제 사용도 바람직하지 않다고 보고 있다.⁵²⁾

○ 독일은 주기적으로 국가에서 환경조사(German Environmental Surveys: GerES)를 실시하고 있는데, 1998년에 실시된 3차 조사(GerES III)에서는 살충제에 포함된 화학 성분(PCP, lindane, DDT, propoxur, methoxychlor, chlorpyrifos 등)과 pyrethroids, 방염제, 플라스틱첨가제인 phthalates and organo-phosphates가 공기 중 먼지에 얼마나 포함되어 있는지를 분석하였다. 그리고 곰팡이(사상균)와 난연제(PBDD)에 의한 환경영향에 대하여 실태조사를 준비 중에 있다.

○ 호주 및 뉴질랜드의 청정공기협회는 2002년 보고서를 통해 실내공기질 관리를 높은 우선순위를 두고 해결해야하며 문제해결을 위한 실천단계를 제시하고 있다. 이 보고서는 연소시 발생하는 오염물질, 미생물, 유기화학물질, 중금속 등 모두 21개의 오

52) 자료: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/index.htm>

염물질에 대한 검토를 통해 일산화탄소, 이산화질소, 담배연기, 포름알데히드, 집진드기, 곰팡이를 우선 관리가 필요한 항목으로 분류한다. 그리고 실내공기질이 악화된 이유로 ①에너지효율 때문에 환기가 부족 ②실내공기질에 대한 관심의 부족 ③건물 소유주의 사유재산에 대한 침해문제 ④적정기준과 정보의 부족 ⑤정부내 주도 그룹의 부족으로 들고 있다. 그리고 실내공기질 개선 대책으로는 ①관리물질을 선정하고 기준을 정립할 것 ②전국적인 자료를 구축하고 부족한 정보를 확보하기 위한 노력을 할 것 ③정부내 실내공기질 관리업무를 주도할 기구를 만들 것 ④실내공기질 측정 및 평가체계를 구축할 것 ⑤가장 심각한 문제를 해결하기 위한 프로그램을 작성할 것 ⑥대중을 위한 광범위하고도 자세한 교육 프로그램을 실시할 것을 제안하고 있다.

○ VOC 혼합물의 영향에 대한 연구가 필요하다. 일반적으로 혼합물의 경우 냄새감지 농도가 개별농도의 합보다도 작으며, 혼합물의 노출에 의한 위해성 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 하지만 낮은 농도의 혼합물에 대해서도 민감한 반응을 나타내는 사례가 보고되고 있어 관심이 필요하다.⁵³⁾

바. 2차 반응 오염물질⁵⁴⁾

건축자재에서는 오존, 자외선 등에 의해 반응이 일어나 원래 제품에 포함되어 있지 오염물질이 발생하는데 이를 2차 반응 오염물질이라고 한다. 2차 반응은 장기적으로 실내공기질의 주 악화요인이다. 2차 반응을 일으키는 주된 인자로는 오존, 고온다습한 공기, 자외선 특히 300NM이하의 자외선이다. 이런 조건에서는 화학물질이 반응하여 냄새 등 다른 오염물질을 발생시키는데, 한 연구결과에 의하면 오존농도 10 ppb의 조건에서도 냄새가 발생하고 있어⁵⁵⁾ 새로운 실내공기질 관리방법이 모색되어야 할 것으로 판단된다. 2차 반응이 일어나기 쉬운 화학물질로는 아크릴산에스테르계수지, 폴

53) 자료: <http://www.mcselle.dk/ukvoc.html>

54) 자료: <http://www.kcn.ne.jp/~azuma/newa/dec%202000/001223.htm>

55) 자료: Peter Wolkoff 등, General Paper for Tokyo/Osaka Seminar, December, 2000.

리에스테르계수지, 아미드계수지, 우레탄수지, 요소수지 등 에스테르결합과 아미드결합, 우레탄결합, 요소수지를 포함하고 있는 화학물질은 가수분해에 의해 2차 반응물질을 배출한다. 다음은 2차 반응 유발제품과 유발원인, 생성물질 등을 정리한 것이다.

<표 III-30> 2차 반응 유발제품과 생성물질

제품	반응유발인자	생성물질
terpen 자외선경화수지에 잔류하는 광개시제 폴리에틸렌 아크릴산에스테르계수지 폴리스틸렌 우레탄수지	오존 자외선 자외선 가수분해 자외선 가수분해	알데히드류, 케톤류 알데히드류, 케톤류, 알콜류 알콜류, 케톤류 알콜류 불포화케톤류, 알데히드류, 스틸렌, 아조화합물, 키논이미드

사. 측정분석 방법에 대한 논의⁵⁶⁾

덴마크 National Institute of Occupational Health 등의 주도로 두 가지 측정방법 즉, NT BUILD 438(FLEC)과⁵⁷⁾ ENV 13419 Part2(Building products-Determination of the emission of volatile organic compounds-Emission test cell method)를⁵⁸⁾ 사용하

56) 자료: Nordtest Report, Consensus Meeting on Chemical Testing of Emission from Building Products, TR 506, 2002

57) NT BUILD 438(Field and Laboratory Emission Cell)은 노르딕 국가의 주도로 개발되어 1995년 승인된 방법이다.

58) CEN에서는 TC 264이 실내공기 측정방법을 정한다. 1993년 TC 264는 실무그룹7(WG7)을 설립하고 건축자재에서 배출되는 VOC를 측정하는 방법을 정하였는데, 이때 목재제품(wood-based product)의 포름알데히드 측정법에 대해서는 TC 112가 이미 있었기 때문에 이를 제외하였다. 그 결과 제품에 기인한 오염물질 측정을 위해 두 가지 방법이 동시에 필요하게 되었다. 챔버 및 cell 분석 방법과 샘플링 방법은 ISO TC 146의 실무그룹 WG3에서 준비하고 있으며, CEN TC264는 ISO의 방법을 따른다.

여 건축자재에서의 화학물질 배출 테스트를 하고 그 결과를 가지고 분석방법에 대한 논의를 하였다. 논의 결과 두 방법간의 조화가 필요하며 특히 샘플링과 분석방법, 그리고 시료의 전처리 방법에서의 조화가 필요하다고 결론지었다. 이외에도 모든 종류의 VOC를 동시에 측정하고 표준화하는 것, 샘플과 시료의 조건이 결과에 많은 영향을 미친다는 사실, 28일간의 테스트보다는 보다 장시간의 테스트가 보다 신뢰할 수 있는 데이터라는 사실, 실험실에서는 Nordtest나 국가표준보다는 EN 표준을 더 선호한다는 사실이 논의되었다. 또 건축자재에 사용된 물질(1차물질) 외에도 사용 중 발생하는 산화반응, 노화 등에 의해 생성되는 2차 물질의 분석에 대해서도 관심을 두어야 하며, 측정시의 온도와 습도 등 조건의 표준화도 필요한 것으로 보인다.⁵⁹⁾

59) 일부오염물질은 습도 등의 조건에 따라 배출된 물질을 흡수하고 다시 배출하는 과정을 거친다.

제4장 우리나라의 실내공기질 관리현황

현대인들은 경제활동을 위해 대부분의 시간을 실내에서 보내고 있어 실내공간의 공기질이 인체에 큰 영향을 미칠 가능성이 크지만, 이러한 사실이 우리나라에서 사회적으로 주목받고 중요하게 취급되어진 것은 최근의 일이다. 이러한 이유는 무엇보다도 실내공간이 대부분 사유재산에 속하는 건축물 혹은 시설물에 포함되어 있기 때문에 정부가 관여할 여지가 좁았기 때문이며, 또 하나는 시민들의 인식이 그다지 높지 않아 정부의 정책순위에서 우선적으로 고려되지 않았기 때문이다. 이에 따라 시설물의 종류에 따라 각 부처별로 대상이 나뉘어져 관리가 이루어졌으며 그 수준 또한 미흡하였다. 최근에는 실내공기질의 인체영향이 크게 부각되고 관리의 효율성을 높이기 위하여 그동안 각 부처에 분산되어 있던 업무를 상당부분 환경부로 이관한 업무조정이 이루어졌으며 그 결과 2003년 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」이 제정되었다.

1. 실내공기질 관리제도 현황

가. 다중이용시설등의 실내공기질 관리법

환경부의 실내공기질 관리는 1989년 지하도상가, 지하주차장 등 일부 지하공간에 대해 환경기준 권고치를 설정하는 것으로 시작되었으며 1996년에는 이를 보완하여 많은 사람이 이용하면서도 관리의 사각에 있던 지하역사, 지하도 상가를 규제대상으로 하는 「지하생활공간공기질관리법」을 제정하여 시행하였다. 주된 내용으로는 먼지, 황산화물, 일산화탄소, 이산화탄소, 질소산화물, 포름알데히드, 석면, 라돈, 카드뮴, 크롬, 비소, 구리, 납, 수은 등 14개 물질을 대상물질로 규정하였고 이중에서 7개 항목(먼지, SO₂, NO₂, 일산화탄소, 이산화탄소, 포름알데히드, 납)에 대하여 관리기준을

설정하였으며, 환기시설설치 기준, 검사 및 보고의무, 그리고 기준 위반시 개선명령 및 과태료 부과 등이다. 관리대상은 지하역사와 2000m²이상 지하도상가(지상건물에 부속된 지하시설 제외)로 한정되어 있다. 그러나 실내공간에 대한 통합관리의 중요성이 꾸준히 제기되어 2003년에는 「지하생활공간공기질관리법」을 개정하여 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」이 제정되었으며, 2004년 5월에는 그 하위법령이 제정되어 공포되었다. 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」의 주된 내용은 다음과 같다.

1) 대상시설

이전 법률에 비해 관리대상 시설이 상당부분 추가된 것이 특징이다. 「지하생활공간공기질관리법」에서는 지하역사와 지하도상가 등 지하시설에 한정되었으나 새로운 법은 이외에도 도서관, 박물관, 의료기관, 실내주차장, 여객터미널 대합실, 장례식장, 보육시설, 노인복지시설, 업무시설, 2인 이상 용도건축물, 공연장, 지하상가, 음식점, 대규모 점포, 실내체육시설 등을 추가로 포함하고 있다. 이에 따라 전체 관리대상 시설 수는 예전의 438개소에서 2만6천여개소로 대폭 확대되었다. 이는 예전에 여러 법률에서 관리되던 실내공간을 하나의 법률로 통합하여 관리의 효율성을 높였다는 점 이외에도 관리수준을 일원화함으로써 일관성 있는 관리가 가능하게 되었다는 데 체제 개편의 의의를 찾을 수 있다. 하지만 어린이와 청소년의 주 활동무대인 학교의 실내공기질은 「학교보건법」에 의해, 근로자가 근무하는 작업장과 사무실은 「산업안전보건법」에 의한 관리를 받고 있다.

2) 공기질 관리기준

「다중이용시설등의 실내공기질관리법」에서는 실내공기질을 쾌적하게 유지하기 위하여 관리기준 물질을 정하고 있는데, 이는 법적 규제 기준과 권고기준으로 나뉘어진다. 법적 규제대상 물질은 미세먼지(PM₁₀), 이산화탄소(CO₂), 포름알데히드(HCHO), 총부유세균, 일산화탄소(CO)이며 권고기준이 설정되어 있는 항목은 이산화질소(NO₂), 라돈(Rn), 휘발성유기화합물(VOC), 석면, 오존 등 5개 물질이다. 각각의 기준치는 실내공간의 종류에 따라 다르게 설정되어 있으며 이는 이전 법률의 관리수

준 보다 항목이 추가되거나 기준이 강화된 수치이다.

<표 IV-1> 「다중이용시설등의실내공기질관리법」의 관리대상시설 범위

1. 모든 지하철역사
2. 연면적 2천제곱미터 이상인 지하도 상가(연속되어 있는 2이상의 지하도 상가의 연면적 합계가 2천제곱미터 이상인 경우를 포함한다)
3. 연면적 2천제곱미터 이상인 여객자동차터미널의 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 항만시설 중 대합실, 도서관, 박물관 또는 미술관
4. 연면적 2천제곱미터 이상이거나 입원 진료 병상이 100개 이상인 의료기관
5. 연면적 2천제곱미터 이상인 실내주차장(공동주택 등에 부속되어 특정인들이 주로 이용하는 실내주차장은 제외한다)
6. 바닥면적 2천제곱미터 이상인 철도역사의 대합실
7. 영유아보육법에 의한 보육시설 중 연면적 1천제곱미터 이상인 것
8. 노인복지법에 의한 노인복지시설 중 연면적 1천제곱미터 이상인 것
9. 장사등에관한법률에 의한 장례식장 중 연면적 1천제곱미터 이상인 것
10. 소방법에 의한 다중이용업종 점질방업, 산후조리원업 및 고시원업을 영위하는 시설로서 연면적 200제곱미터 이상인 것
11. 건축법에 의한 업무시설로서 연면적 3천제곱미터 이상인 것
12. 연면적 2천제곱미터 이상의 건축물로서 2 이상의 용도(건축법 제2조제2항의 규정에 의한 용도를 말한다)에 사용되는 것. 다만, 건축물의 용도에 단독주택, 공동주택은 제외하며, 동 건축물에 령 제2조제1항 및 제2항의 각 호에서 개별로 규정한 시설들을 포함되는 경우에는 이들 시설들의 연면적은 제외하여 적용대상 여부를 결정한다.
13. 공연법에 의한 공연장으로서 객석수 1천석 이상인 것
14. 학원의설립·운영및과외교습에관한법률에 의한 학원으로서 연면적 2천제곱미터 이상인 것
15. 유통산업발전법에 의하여 개설 등록된 대규모점포와 동법에 의한 상점가 중 지하도에 있는 연면적 2천제곱미터 이상인 것
16. 건전가정의례의정착및지원에관한법률에 의한 혼인예식장으로서 연면적 2천제곱미터 이상인 것
17. 체육시설의설치·이용에관한법률에 의한 체육시설로서 관람석 1천석 이상인 실내체육시설
18. 100 세대 이상의 공동주택

<표 IV-2> 실내공기질 유지기준

오염물질 항목 다중이용시설	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO2 (ppm)	HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	총부유세균 (CFU/ m^3)	CO (ppm)
지하역사, 지하도상가·여객자동차터미널의 대합실 및 철도역사의 대합실(연면적 2000 m^2 이상), 공항시설 중 여객터미널(연면적 1500 m^2 이상), 항만시설 중 대합실(연면적 5000 m^2 이상), 도서관·박물관 및 미술관(연면적 3000 m^2 이상), 장례식장 및 찜질방(연면적 1000 m^2 이상), 대규모점포	150 이하	1,000 이하	120 이하		10 이하
의료기관(연면적 2000 m^2 이상 또는 병상수 100개 이상), 국공립 보육시설(연면적 1000 m^2 이상), 국공립 노인전문요양시설·유료노인전문요양시설 및 노인전문병원(연면적 1000 m^2 이상)	100 이하			800 이하	
실내주차장(연면적 2000 m^2 이상)	200 이하				25 이하

<표 IV-3>실내공기질 권고기준(제4조관련)

오염물질 항목 다중이용시설	NO ₂ (ppm)	Rn (pCi/ℓ)	VOC (μg/m ³)	석면 (개/cc)	오존 (ppm)
지하역사, 지하도상가·여객자동차터미널의 대합실 및 철도역사의 대합실(연면적 2000m ² 이상), 공항시설 중 여객터미널(연면적 1500m ² 이상), 항만시설 중 대합실(연면적 5000m ² 이상), 도서관·박물관 및 미술관(연면적 3000m ² 이상), 장례식장 및 찜질방(연면적 1000m ² 이상), 대규모점포	0.05 이하	4.0 이하	500 이하	0.01 이하	0.06 이하
의료기관(연면적 2000m ² 이상 또는 병상수 100개 이상), 국공립 보육시설(연면적 1000m ² 이상), 국공립 노인전문요양시설·유료노인전문요양시설 및 노인전문병원(연면적 1000m ² 이상)			400 이하		
실내주차장(연면적 2000m ² 이상)	0.30 이하		1,000 이하		0.08 이하

비고: 휘발성유기화합물(VOC)은 총휘발성유기화합물(TVOC)을 말하며, 총휘발성유기화합물의 자세한 정의는 법 제4조의 규정에 의한 실내공기질 공정시험방법에서 정한다.

3) 건축자재 사용제한

「다중이용시설등의실내공기질관리법」에서 실내 공기질을 관리하는 또 하나의 주된 관리수단은 건축물에 사용되는 자재의 사용제한에 관한 것이다. 이는 유럽에서 이미 널리 사용되는 규제수단이기도 하지만 한국에서는 처음 도입되는 것으로 실내 공기 오염원을 원천적으로 관리하기 위한 것이다. 이는 특히 아파트, 연립주택 등 개인 소유의 건축물이어서 건축 후에는 정부차원의 관리가 어렵고 환기시설 설치 또한 용이하지 않은 시설에 대해서는 거의 유일한 관리수단이라는 점에서 매우 중요한 의미를 가진다고 하겠다. 또한 향후 건축자재 생산업체에도 커다란 영향을 끼칠 것이 분명하기 때문에 친환경적인 건축자재 생산을 위한 업계의 노력이 가시화될 것이 분

명하다.

주된 내용으로는 건축에 사용되는 접착제와 일반자재를 대상으로 포름알데히드와 총휘발성유기화합물질(TVOC)을 측정하고 일정 량 이상의 물질을 방출하는 자재는 사용을 금지하는 것이다. 여기서 일반자재란 벽지, 도장재, 바닥재, 목재 및 그 밖에 건축물 내부에 사용되는 건축자재를 말하며, 총 휘발성유기화합물질이란 법 제4조의 규정에 의한 실내공기질 공정시험방법에서 정하는 물질이다.

<표 IV-4> 사용제한 건축자재

(단위 : $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

구 분 오염물질	접착제	일반자재
포름알데히드	4 이상	1.25 이상
휘발성유기화합물	10 이상	4 이상

4) 공동주택의 실내공기질 측정고시 의무

「다중이용시설등의실내공기질관리법」의 관리 내용 중 또 하나의 새로운 수단은 신축공동주택에 대한 실내공기질 측정 및 고시 의무화라고 할 수 있다. 사실 아파트 등 개인소유의 주택은 일단 건축되면 차후 관리할 수단이 거의 전무한데다가 공기질 분석이 매우 전문적인 기술을 요구하는 것이어서 소비자는 자신의 주거환경에 대한 정보를 획득할 방법이 없고 이에 따라 대처방안도 찾을 수가 없게 되는 문제점이 있다. 이를 보완하기 위하여 신축공동주택에 대해서는 입주 전에 시공자가 실내 공기질을 측정하여 공개하도록 하는 제도를 도입하였는데 이는 건축자재의 사용제한과 또 다른 의미를 가진다고 할 수 있다.

그 내용은 100세대의 경우 3개의 측정 장소를, 100세대를 초과하는 경우 3개의 측

정 장소에 초과하는 100세대마다 1개의 측정 장소를 추가하여 실내 공기질 측정을 실시하여야 하는데, 측정항목은 포름알데히드, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 1,4-디클로로벤젠, 스티렌 등이다. 그런데 포름알데히드를 제외한 나머지 물질은 측정결과가 나와도 비교할 수 있는 가이드라인이 없기 때문에 자신의 거주공간이 어느 정도 수준인지 즉 건강에 무해한지 혹은 유해한지를 판단할 수 있는 자료가 없기 때문에 실제 효과에 대해서는 의문의 여지가 있다 하겠다.

5) 교육

실내공기질의 오염물질 항목은 전문적인 측정기술과 관리방법이 요구되지만 사업장과는 달리 전문적인 관리인이 상주하기는 어려운 점이 있다. 이에 따라 시설의 소유자 또는 관리인에 대한 전문적인 교육이 필요하게 되어 교육의 의무를 도입하고 있는데, 교육 대상자는 다중이용시설의 소유자·점유자 또는 관리자 등 관리책임이 있는 자이며 의무교육은 처음 소유자가 된 날로부터 1년 이내에 1회(8시간)이며 이후는 3년마다 1회(8시간)이다.

나. 공중위생관리법

공중위생관리법에서 정하고 있는 시설은 숙박업소·목욕장·이용소·미용소·세탁소이며, 실내공기관리 방법은 실내공기정화시설의 청소(교체포함)와 실내공기질 유지기준이다. 유지기준이 설정되어 있는 항목은 미세먼지와 일산화탄소, 이산화탄소이다.

- ① 24시간 평균 실내 미세먼지의 양이 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는 경우에는 실내공기정화 시설(덕트) 및 설비를 교체 또는 청소하여야 한다.
- ② 청소하여야 하는 실내공기정화시설 및 설비는 다음과 같다.
 - 가. 공기정화기와 이에 연결된 급·배기관(급·배기구를 포함한다)
 - 나. 중앙집중식 냉·난방시설의 급·배기구
 - 다. 실내공기의 단순배기관
 - 라. 화장실용 배기관
 - 마. 조리실용 배기관
- ③ 오염허용기준
 - 미세먼지(PM-10) : 24시간 평균치 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
 - 일산화탄소(CO) : 1시간 평균치 25ppm 이하
 - 이산화탄소(CO₂) : 1시간 평균치 1,000ppm 이하

다. 건축법(건축물의설비기준등에관한규칙)

건축법에서 요구하고 있는 것은 주로 보일러의 배연설비에 관한 것으로 환기를 목적으로 하고 있으며, 자연환기 혹은 기계 환기에 대한 규정을 두고 있다.

- 제14조 (배연설비) ①영 제87조제2항의 규정에 의하여 6층 이상의 건축물로서 문화 및 집회시설, 판매 및 영업시설, 의료시설, 교육연구 및 복지시설 중 연구소·아동관련시설·노인복지시설 및 유스호스텔, 운동시설, 업무시설, 숙박시설, 위락시설 및 관광휴게시설에 쓰이는 거실에는 다음 각호의 기준에 적합하게 배연설비를 설치하여야 한다. 다만, 피난층인 경우에는 그러하지 아니하다.
1. 건축물에 방화구획이 설치된 경우에는 그 구획마다 1개소이상의 배연창을 설치하되, 배연창의 상변과 천장 또는 반자로부터 수직거리가 0.9미터 이내일 것. 다만, 반자높이가 바닥으로부터 3미터 이상인 경우에는 배연창의 하변이 바닥으로부터 2.1미터 이상의 위치에 놓이도록 설치하여야 한다.
 2. 배연창의 유효면적은 별표 2의 산정기준에 의하여 산정된 면적이 1제곱미터 이상으로서 그 면적의 합계가 당해 건축물의 바닥면적(영 제46조제1항 또는 제3항의 규정에 의하여 방화구획이 설치된 경우에는 그 구획된 부분의 바닥면적을 말한다)의 100분의 1이상일 것. 이 경우 바닥면적의 산정에 있어서 거실바닥면적의 20분의 1이상으로 환기창을 설치한 거실의 면적은 이에 산입하지 아니한다.
 3. 배연구는 연기감지기 또는 열감지기에 의하여 자동으로 열 수 있는 구조로 하되, 손으로도 열고 닫을 수 있도록 할 것
 4. 배연구는 예비전원에 의하여 열 수 있도록 할 것
 5. 기계식 배연설비를 하는 경우에는 제1호 내지 제4호의 규정에 불구하고 소방관계법령의 규정에 적합하도록 할 것

라. 학교보건법

학교보건법에서 정하고 있는 실내공기오염물질은 먼지와 이산화탄소, 그리고 온도, 습도이며, 별도의 환기기준을 두고 있다. 학교장은 년 1회 점검을 하고 기준 초과시 필요한 조치를 취하도록 규정하고 있다.

제3조 (환경위생 및 식품위생의 유지관리)

①학교보건법(이하 "법"이라 한다) 제4조의 규정에 의하여 학교의 장이 유지·관리하여야 하는 교사 안에서의 환경위생 및 식품위생에 관한 기준은 다음 각호와 같다.

1. 채광·조명·온습도의 조절기준은 별표 2와 같다.
3. 오염공기·폐기물·소음·미세먼지의 예방 및 처리기준은 별표 4와 같다.

②학교의 장은 교사 안에서의 환경위생 및 식품위생상태가 제1항의 규정에 의한 기준에 적합한지 여부에 대하여 연 1회 이상 점검을 실시하여야 한다.

③학교의 장은 제2항의 규정에 의하여 점검을 실시한 후 제1항의 규정에 의한 기준에 미달되는 경우에는 필요한 조치를 강구하여야 한다.

<별표 2> 환기·채광·조명·온습도의 조절기준

1. 환 기

환기용 창 등을 수시로 개방하거나 기계 환기설비를 수시로 가동하여 1인당 환기량이 시간당 21.6세제곱미터 이상이 되도록 할 것

4. 실내온도 및 습도

가. 실내온도는 섭씨 18도 이상 28도 이하로 하되, 난방온도는 섭씨 18도 이상 20도 이하, 냉방온도는 섭씨 26도 이상 28도 이하로 할 것

나. 비교습도는 30퍼센트 이상 80퍼센트 이하로 할 것

<별표 4> 오염공기·폐기물·소음·미세먼지의 예방 및 처리기준

1. 이산화탄소(CO₂)는 1시간 평균 1,000ppm 이하로 할 것
2. 미세먼지는 24시간 평균 1세제곱미터당 150 μ g 이하로 할 것

2. 환경 라벨링 제도⁶⁰⁾

건축자재(실내공기질)와 관련하여 시행한 환경 라벨링은 ISO14020s의 제 1 유형에

60) 자료: (사)한국환경정보·연구센터, 건축자재로 인한 실내공기질오염에 관한 제도적 개선방안, 2003,

속하는 환경표시제로 건축자재관련 제품은 목재성형제품, 사무용 목재 책상 및 테이블, 유성페인트, 수성페인트이다. 2001년부터는 제 3 유형인 「환경성적표지규격」 제도를 도입하고 있다. 포름알데히드 배출량으로 등급을 구분한다.

<표 IV-5> 건축자재와 관련된 한국공업규격

자재	등 급	포름알데히드 방산량(mg/ℓ)	
		평 균	최 대
합판 (KS F 3101) 기타 합판류	F1	0.5	0.7
	F2	5	7
	F3	10	12
파티클보드 (KS F 3104) 섬유판 (KS F 3200) 치장 목질 플로어링보드 (KS F 3126)	E0	0.5	
	E1	1.5	
	E2	5	
무늬목 치장합판 플로어링보드 (KS F 3111)	일반용	10	12
	온돌용	5	7
벽지 (KS M 7305)	-	2	
벽지용 전분계접착제 (KS F 3217)	-	5	

한편, 환경부와 환경마크 협회에서 주관하는 환경마크제도는 일부 전자재 등 생활용품에 대해 환경에 유해한 정도, 재활용성, 인체 유해성, 폐기물활용 등을 평가하여 친환경 마크를 부여하고 있다. 한편 건설기술연구원에서는 1996년부터 5년 동안 「그린타운개발사업」의 일환으로 우리 실정에 맞는 KICTEAC(Korea Institute of Construction Technology Environmental Assessment Criteria) 환경성능 인증 시스템 개발사업을 추진하고 있다. KICTEAC는 기존의 선진국에서 시행하고 있는 평가시스템과 전체적인 맥락을 같이하고 있으며, 환경친화적인 건물을 유도하기 위한 실무지향적인 환경정보의 제공, 실내환경의 질과 재실자의 건강향상 도모, 설계자가 환경친화적인 건물을 달성할 수 있도록 제도적·기술적 지원 등의 목표와 원칙 설정 후 연구를 진행하고 있다. KICTEAC는 외국의 경우와 같이 건물에 대해 등급점수제를

시행하며, 실내환경 중 유해물질 평가항목에는 나프탈렌을 방출하는 재료 및 우레아 폼 단열재를 사용하지 않고 파티클보드, 섬유판보드 사용과 납을 포함하지 않는 페인트나 석면을 포함하지 않는 재료를 사용할 경우에는 가산점을 부여할 계획이다.⁶¹⁾

한편, 한국공기청정협회는 2004년부터 HB 마크를 발행하고 있는데, 총 VOC와 포름알데히드의 방출량을 기준으로 건축자재를 5 단계로 구분하고 있다.

3. 실내공기질관리 기본계획

「다중이용시설등의실내공기질관리법」의 시행에도 불구하고 그 동안 미비한 것으로 지적되었던 실내공기질 관리 업무를 개선하기 위하여 정부는 “실내공기질관리 기본계획”을 마련하였다.⁶²⁾ 이 계획의 목표는 “실내공기질에 의한 인체영향을 최소화하고 쾌적한 실내 환경을 만들기 위하여 실내공기질 관리시스템을 구축”하는 것이며, ①지속가능성의 원칙 ②예방의 원칙 ③통합 및 효율성의 원칙 ④참여와 파트너십의 원칙을 정책기조로 하고 있다. 정책의 세부목표로는 실태조사를 통한 현황파악, 실내공기질 기준 합리화, 건축자재 등 오염원 사전관리, 공기정화설비 및 환기설비 관리, 그리고 대상시설 확대 및 기타시설 관리 방안이며, 이를 위해 관련부처간의 협력과 법과 제도의 정비, 관련 산업의 육성, 민간참여와 협조기반을 구축하는 등 상당히 진일보된 내용을 포함하고 있다. 개별 대책을 간략히 정리하면 다음과 같다.

① 실내공기질 실태파악 및 자료관리

그 간의 실태조사가 개별 연구자에 의해 단편적으로 실시되어 정책수립에 어려움을 초래하고 있다는 인식아래 정부차원의 체계적인 실태조사와 관련 자료를 DB화할 계획이다. 현재의 법 적용대상 시설을 포함하여 관리 대상에서 제외되어 있는

61) 자료: (사)한국공기청정협회, 오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구, 2003

62) 이 계획은 2004~2008년까지의 중기계획으로 국무조정실, 환경부 등 정부 8개 부처가 공동으로 작성한 것으로 2004년 12월 확정되었음

시설을 포함하고 있으며, 신축공동주택에 대해서는 입주 전과 입주 후의 추적조사를 실시하고 지하역사, 터미널 등 주요 시설에 대해서는 TMS를 설치를 검토한다. 그리고 측정결과는 국립환경연구원에 DB를 구축하여 관련 연구를 뒷받침하고 과학적 정책수립을 지원한다.

② 실내공기질 기준 합리화

현재의 관리기준 오염물질의 적정성을 재검토하여 기준의 수준과 오염물질 종류를 재검토하여 합리적이며 실질적인 공기질 개선이 이루어지도록 보완할 계획이다. 현재 규제를 실시하지 않고 있지만 내분비계 장애물질과 알데히드 물질을 추가적인 검토가 필요한 물질로 제안하고 있으며, 신축 공동주택에 대한 기준도 제시할 예정으로 있다. 이러한 기준 설정을 위해 오염물질별 종합적인 위해성 평가를 실시할 계획이다.

③ 건축자재 등 오염원 사전관리

건축자재의 사용금지 요건에 대해 합리적 근거를 마련하며 적용대상 시설도 공동주택으로 확대할 예정으로 있다. 건축자재 인증제도는 제도별로 다른 측정방법을 일원화하는 방안을 추진하고 제품의 등급을 세분화하여 보다 친환경자재의 생산과 소비를 촉진한다. 환경마크 부착제품에 대해서는 공공기관의 우선 구매를 제도적으로 보장할 수 있는 방법을 모색하여 관련 산업을 육성할 계획이다. 한편, 가구류, 향수 등 생활용품에 대해서도 규제 및 특정물질의 사용량 제한, 인증제도의 도입 등이 검토된다.

④ 환기설비 및 공기정화설비 관리

환기설비는 실내공기질을 적정수준으로 유지할 수 있는 효과적인 수단이기 때문에 이에 대한 보완적 대책을 강구하고 있다. 주 내용으로는 환기설비 설치를 유도하기 위하여 설치비를 지원하며 적정 운전을 위한 지침서를 배포할 계획이며, 공기청정기에 대해서는 일정 성능의 요구와 오존규제를 검토한다. 그리고 건물의 건축단계별로 실내공기질을 개선할 수 있도록 설계지침을 작성하고 감리대상에 포함되도록 권고하며, 유지관리 지침을 개발하여 보급한다.

⑤ 대상시설 확대 및 기타시설 관리방안

소규모 시설과 공동주택에 대해서도 실태조사를 근거로 관리대상에 포함하는 것을 검토하며, 그동안 문제가 되어왔던 학교시설과 업무용 사무실, 그리고 버스 등 특수 실내에 대한 관리를 추진한다.

4. 평가

여러 부처에 혼재되어 있던 실내 공기질 관리업무를 상당부분 통합하여 「다중이용시설등의실내공기질관리법」으로 단일화 한 것은 관리의 효율성 측면에서 뿐만 아니라 시민들의 건강 영향을 최소화할 수 있는 구체적 행정행위의 시작이란 점에서 높이 평가할만하다. 그리고 최근 정부의 종합적인 대책이 마련되어 실내공기질 개선을 중기적인 계획을 가지고 추진하게 되었다. 다만 우리나라의 실내공기질 관리가 아직 시행초기란 점을 감안하면 아직 개선되어야 할 부분이 있으며, 여기서는 이를 간략히 지적하고자 한다. 정부의 “실내공기질관리기본계획”에 이미 그 내용이 포함되어 있다 하더라도 그 내용이 중요한 것은 강조의 의미에서 다시 지적하였다.

가. 건강 리스크 관리 측면

모든 환경문제가 그렇지만 특히 실내공기질 문제는 국민의 건강관리 측면에서 접근해야하는데, 이에 대한 인식이 부족하다고 판단된다. 실내는 국민의 대다수가 그들의 대부분의 활동시간을 보내는 공간이기 때문에 건강에 직접적인 영향을 미치는 것은 의문의 여지가 없다. 하지만 거주자의 연령이나 생활양식, 그리고 개인의 민감성 정도에 따라 건강에 미치는 영향이 매우 다르다는 점을 감안하면 일률적인 기준의 적용과 이의 만족 여부로 공기질의 안전성 여부를 판단할 수는 없을 것이다. 건축자재의 오염물질 배출량을 제한하고 적절한 환기시설의 설치를 통해 실내공기질을 개선할 수 있는 것은 사실이지만, 그렇다 하더라도 어떤 오염물질이 어떤 인구집단에 대해 어느 정도의 영향을 미치는지에 대한 정확한 분석 없이는 결코 완전한 대책이라

고 할 수는 없을 것이다. 리스크 관리란 오염물질과 발암 혹은 알러지 등 특정 질병과의 상관성을 인구 집단별로 분석하고 노출량을 저감할 때 리스크가 어느 정도 감소하는가를 체계적으로 파악하며 communication을 통한 문제해결이라는 일련의 과정을 필요로 하는데, 아직 우리나라는 이러한 부분이 부족하다.⁶³⁾ 최근에 작성된 “실내공기질관리기본계획”에서는 위해성 평가에 대한 중기 계획이 포함되어 있지만 필요한 예산의 규모도 부족하고 구체적이지 않다. 물론 기본계획을 이행하는 과정에서 보다 구체적인 계획이 수립될 것으로 보지만 아직 우리나라의 환경 분야에서는 리스크 평가를 독자적으로 수행한 사례가 드물어 보다 폭넓은 전문가의 참여와 세심한 설계, 정책 당국의 의지가 요구된다. 외국의 사례에서도 실태 조사와 오염물질과 특정 질병과의 상관성 분석, 대응 수단별 리스크 저감 효과 파악을 실내공기질 관리의 첫 단계이자 가장 중요한 요소로 간주하고 있다.

나. 관리 대상 공간

앞서 살펴보았듯이 실내공간은 매우 다양하다. 실내공간은 규모나 용도, 오염원 종류, 거주자의 특성 등에 따라 다양하게 분류될 수 있지만, 기본적으로 정부는 모든 실내공간의 공기질을 개선하기 위한 노력을 하여야 한다. 하지만 현재 각 법에서 관리하고 있는 시설들은 관리의 편의성과 실효성을 감안하여 일정 규모 이상의 시설에 제한되어 있는 것을 알 수 있는데, 소규모 시설일수록 오히려 관리가 잘 이루어지지 않거나 소유자나 거주자의 인식 수준이 낮은 점을 감안하면 정책의 우선순위에 대한 재검토가 요망된다고 하겠다. 또한 실내공간의 공공성을 감안한 측면이 이해되는 것도 사실이지만, 어린이나 노약자, 가정주부 등이 주로 거주하는 개인 주택에 대한 배려가 부족하다고 본다. 예를 들어 신규로 건설되는 주택뿐만 아니라 기존의 주택 등도 당연히 중요하게 취급되어야 할 실내공간이지만, 우리의 관리 대상에는 소홀히 취급되고 있다. 실내공기질 문제는 규제의 효율성 보다는 국민의 건강보호 측면에서 접

63) 하나의 사례로써 외국에서 가장 중요하게 취급되는 학교 실내공기질 대책이 우리나라에서는 거의 이루어지지 않고 있다는 점을 들 수 있다.

근해야 하기 때문에 장기적으로는 모든 실내공간을 관리대상에 포함하고 공간의 특성별로 차별화된 접근이 요구된다.

다. 관리 대상 오염원

실내공간의 오염원은 매우 다양하다. 건축자재에서부터 가구, 카펫, 방향제, 화장품과 같은 생활용품, 냉난방 기기, 주방용 기기, 컴퓨터 등 사무용 기기, 애완동물, 화분 등 매우 다양한 오염원이 존재하며 실내의 습도나 온도 등도 간접적인 원인이 된다. 하지만 우리나라의 관리대상 오염원은 주로 건축자재에 한정되어 있어 효과적인 공기질 개선에는 한계를 노출하고 있다. 사실 건축자재 이외의 오염원에 대해서는 일괄적인 제도의 적용이 쉽지 않은 점이 인정되지만 장기적으로는 이러한 오염원에 대한 효과적인 수단을 모색하여야 할 것으로 판단된다. 더구나 우리나라는 유럽이나 미국과는 달리 대도시의 대기질이 매우 열악한 상태이기 때문에 외부 대기질에 의한 영향도 분석할 필요가 있다고 생각된다.

가장 중요하게 다루어지고 있는 건축자재와 관련해서는 현재의 라벨링 제도에 대한 정비가 필요하다고 판단된다. 라벨링 제도는 아주 효과적인 수단이지만 소비자의 신뢰를 획득하지 못한다면 그 효과는 미미해진다. 지금 우리나라의 인증제도로는 KS 규격과 환경마크 제도, HB 마크 제도가 대표적인데, 이러한 인증제도가 소비자로부터 보다 더 신뢰를 받을 수 있는 방안을 모색해야 할 필요가 있을 것이다. 신뢰확보를 위해서는 무엇보다도 엄격하고 까다로운 획득기준의 설정과 투명한 절차의 마련이 중요하다. 이와 함께 라벨의 등급화 등도 함께 검토할 필요가 있으며, 각기 다른 인증제도의 시험방법이나 항목 등의 통일에 대해서도 검토가 필요하다고 본다.

이 외에도 복사기, 프린터, 컴퓨터 등 사무용 기기와 TV 등 가전제품, 침구류 등의 생활용품에 대해서도 관심을 기울여야 하는데, 평가방법의 정립과 라벨링 제도의 활용방안 등이 적극 모색되어야 한다고 생각된다.

라. 관리 대상 오염물질

오염물질과 관련해서는 두 가지를 지적하고 싶은데, 첫째는 곰팡이 등 생물성 오염물질의 관리가 중요하다는 점과 둘째는 건축자재 관리를 위한 오염물질의 종류를 보다 확대할 필요가 있다는 점이다. 곰팡이, 세균 등 생물성 오염물질은 현대인의 주요한 질병인 알러지나 천식을 유발하는 중요한 원인물질임은 이미 증명되었기 때문에 외국에서는 매우 중요하게 다루고 있는 물질이다. 하지만 우리나라에서는 실내공기질 유지기준으로 총부유세균으로만 관리하고 있어 이들 물질에 대한 관리가 미흡하다고 판단된다.⁶⁴⁾ 장기적으로는 2차 반응오염물질에 대해서도 지속적인 관심을 가지고 연구와 조사를 진행할 필요가 있다. 건축자재와 관련해서는 사용제한 기준항목으로 포름알데히드와 총 VOC 두 가지 항목만으로 관리하고 있는데, 외국의 건축자재의 라벨링 획득 기준에는 다양한 오염물질이 포함되어 있는 것이 사실이므로 향후의 실태조사에 근거하여 오염물질의 종류를 재검토하는 것이 필요할 것이다.⁶⁵⁾

마. 학교 실내공기질 관리

앞서 언급한 바대로 신체적으로 성장단계에 있는 어린이, 청소년 들은 주변 환경에 의해 어른들 보다 더 큰 영향을 받기 때문에 보다 세심한 주의가 필요한 계층이다. 따라서 이들이 활동시간의 대부분을 보내고 있는 학교는 그만큼 관리를 엄격하게 하여 보다 쾌적한 환경에서 공부할 수 있도록 사회적 배려가 필요하지만, 아직 학교의 실내공기질 관리는 그 중요성에 비해 미흡한 것으로 판단된다. 이는 소관부처가 어디냐의 문제가 아니라 사회적 관심이 적기 때문인 것으로 판단되며, 시급히 개선이 필요한 것으로 여겨진다. 학교의 실내공기질은 이미 선진국의 가장 큰 관심이면서 집중적인 투자가 이루어지고 있는 분야라는 점을 염두에 둔다면 학교시설이 어떤 이유에

64) 미생물의 경우에는 표준화된 측정방법이 아직 정립되어 있지 않아 현재로는 직접적인 관리가 어려운 것은 사실이나 향후 중점적으로 관리되어야 할 항목임은 분명하다.

65) 총 VOC로 관리하는 것에 대한 문제가 제기되고 있으므로 이 문제에 대해서는 추가적인 관심이 필요하다.

서든 관리의 사각지대에 있다는 사실은 납득하기가 어렵다.

바. 예산 및 조직

먼저 실내공기질 관리를 위한 예산 및 조직이 미흡함을 지적하지 않을 수 없다. 1995~2004년까지 대기보전을 위해 투입된 환경부 예산(인건비 및 기본 경상비 제외)은 총 4,630.6억원으로 분야별 예산규모는 <표 IV-6>과 같다. 이중 이동오염원 대책에 투입된 예산이 가장 많은데 전체 예산의 62.9%인 2,897.5억원으로 가장 많고, 배출원 관리(이동오염원제외)와 측정망 운영, 그리고 국제환경문제 분야가 각각 490억 정도가 투입되어 각각 10.6% 정도를 차지하고 있으며, 실내공기질 분야는 18.7억원으로 0.4%에 불과하다. 연도별로 살펴보면 오히려 최근 들어 예산규모가 감소하고 있음을 알 수 있다.⁶⁶⁾

66) “실내공기질관리기본계획”에는 예산과 조직 증원 계획이 포함되어 있어 향후에는 실내공기질 분야의 예산이 크게 증액될 것으로 보인다.

<표 IV-6> 대기분야 사업분야별 예산현황

(단위: 천만원)

분 야	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	합계
정책일반	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6	167.8	172.2	180.5	82.3*	647.4
배출원관리 (이동오염원 제외)	11.1	78.7	31.7	255.6	239.1	505.3	739.2	723.7	970.5	1,340.4*	4,895.1
측정망운영	260.1	351.9	414.1	432.9	562.3	587.2	562.8	587.2	576.4	617.0	4,951.8
수도권대기 질개선타책	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	1,594.3	1,644.3
국제환경 문제대책	25.8	230.3	244.4	121.8	3,147.6	276.6	303.2	298.3	267.9	-*	4,915.9
이동오염원 대책	61.3	630.5	574.5	211.6	237.7	3,642.3	4,781.0	5,083.9	6,972.1	6,780.5*	28,975.4
실내공기질 관리	0.0	0.0	0.0	37.0	40.8	26.0	22.8	24.0	18.7	18.0	187.3
합 계	378.2	1,291.4	1,264.6	1,058.9	4,227.6	5,061.9	6,576.8	6,889.3	8,866.8	10,420.3	46,035.8

주) * 2004년의 일부 자료가 결여된 결과임(경상적 기본사업비는 제외한 비용임)

자료: 환경부내부자료

미국 EPA의 2005년 예산 요구액은 659,876천\$로 전년 대비 80,817천\$ 증가하였는데, 이중 실내공기질 관련 예산은 2004년 48,043천\$에서 2005년 48,954천\$로 큰 변화가 없으며, 대기예산에서의 비중은 2005년 4.9%를 차지하고 있다.⁶⁷⁾ 미국의 예산규모와 직접 비교할 수는 없지만, 대기부문에서 차지하고 예산비중만 보더라도 우리나라의 예산규모는 많이 모자라는 것을 알 수 있다. 실내공기질이 국민적 관심이 되고 있는 최근의 변화와 2004년부터 시행된 「다중이용시설등의실내공기질관리법」의 추진을 위해서는 무엇보다도 이 부문의 예산 증액과 전담 인원의 확충이 필수적이라고

67) 예산의 주 용도는 거주자들이 위해성을 자각하고 대처할 수 있도록 정보를 제공하고 NGO 및 전문가들과 공동으로 캠페인 전개, 교육용 책자를 발간하며 건물의 설계, 건축, 운영 등에 대한 기술전수를 진행하는 것이다.

할 수 있다.

<표 IV-7> 미국 EPA의 대기부문 예산(2003~2005)

(단위 : 천\$)

	2003	2004(예산)	2005(요청)
전체예산	882,811.6	915,983.1	1,004,615.5
대기환경	557,907.1	579,059.2	659,876.2
실내공기질	44,299.1	48,042.5	48,954.7
오존층 보호	18,145.2	19,069.4	21,813.7
방사능 물질관리	30,046.8	34,858.9	34,718.0
온실가스 저감	99,836.4	106,936.5	108,389.3
과학연구	132,577.0	128,016.6	130,863.6

자료: USEPA, 『Summaries of EPA Budget of FY2005』, 2004

사. 정보 제공

실내 공기질은 법으로 규제하고 감독하여 그 성과를 달성하기에는 어려움이 있다. 그 이유는 배출원과 오염물질이 다양하고 개인별 영향 차이가 크기 때문에 법으로 일괄적으로 규제하기에는 어려움이 많기 때문이다. 오히려 건축주, 이용자등의 실내 공기질에 대한 관심과 개별적 저감노력이 주된 정책 수단이 되어야 할 것이다. 이런 측면에서 보면 실내 공기질 실태와 이것이 건강에 미치는 영향, 그리고 대응방안에 대한 구체적이고 과학적인 정보의 생산과 보급이 중요한 의미를 지니게 된다. 그러나 정부의 정책 대응 중 국민의 관심과 참여, 정보생산을 위한 움직임은 두드러지지 않고 있다. 실내공기질 관리가 이제 처음 시작되는 단계이기 때문에 추후에 이 분야에 대한 정부의 투자와 정책 추진이 가시화될 것으로 기대된다.

제5장 실내공기질 정책 방안 및 향후 과제

「다중이용시설등의실내공기질관리법」이 2004년부터 시행에 들어감에 따라 우리나라도 이제 실내공기질 관리를 위한 기본 틀은 마련된 것으로 평가되며, “실내공기질 관리 기본계획”이 수립되어 중기적인 국가 계획도 마련되었다. 향후의 과제는 법률의 제정목적을 성공적으로 달성하고 기본계획을 차질 없이 추진하는 것이지만, 기존 법률과 계획에서 미처 다루지 못하고 있는 문제들을 파악하여 제도를 개선하는 것도 매우 중요한 과제일 것이다. 여기서는 중장기적 관점에서 실내공기질 관리정책의 바람직한 방향과 추진과제에 대해서 논의하며, “실내공기질 관리 기본계획”에 포함되어 있다 하더라도 중요한 내용은 강조의 의미에서 다시 언급하고자 한다.

1. 인프라 구축

가. 오염실태 조사⁶⁸⁾

실내공기질 관리의 첫 단계로써 매우 중요하다. 우선 현재의 공기질 상태와 그로 인한 건강영향 정도, 그리고 주요 배출원 등이 파악되어야 이후 구체적인 정책을 수립할 수 있기 때문이다. 물론 실내공기질 관리가 시급한 경우에는 기존의 자료를 활용하여 대책을 우선 실시하는 것이 필요하지만, 이제 관련법이 시행에 들어갔기 때문에 보다 체계적인 조사와 평가를 통하여 문제를 정확히 파악하는 것이 요구된다. 실태조사에서 다루어져야 할 주요 내용은 다음과 같다.

68) 인프라 구축의 주 내용은 오염실태 조사와 기본계획의 수립, 자료구축 등이지만 “실내공기질 관리 기본계획”에 이미 오염실태조사와 자료구축이 포함되어 있다. 하지만 구체적인 실태조사 계획이 언급되어 있지 않아, 여기서는 실태조사시 필요항목을 제시하였다.

① 대상 시설

대상공간이 「다중이용시설등의실내공기질관리법」에서 정한 시설만으로 한정되어서는 안된다. 관리 부서가 어디인지 혹은 법에서 정한 관리시설인가는 중요한 것이 아니며, 어떤 시설의 실내공기질이 어떤 집단의 사람들에게 얼마만큼의 위해를 끼칠 수 있는지를 파악하는 것이 중요하기 때문이다. 「다중이용시설등의실내공기질관리법」에서 정하고 있는 시설을 중심으로 소규모 시설, 학교, 가정(아파트 및 단독주택), 미용실, 자동차(지하철, 기차, 버스, 개인 승용차 포함) 등의 시설도 포함하여야 한다.

② 대상 오염물질

실내공기 오염물질의 종류는 수도 없이 많아 어떤 오염물질을 대상으로 할 것인지도 중요하다. 분석은 고도의 기술과 비용이 필요하기 때문에 무한정 대상 물질 수를 늘리기가 힘들다. 하지만, 법에서 정한 오염물질을 위주로 하되 이에 한정해서는 안될 것이다. 오염물질의 종류에 대해서는 이미 여러 가지 자료가 나와 있으므로 이를 참고로 결정하되, WHO가 추천하는 물질은 다음과 같다.

· 라돈 · 일산화탄소 · 질소산화물 · VOCs · 알데하이드 · 미세먼지 · 벤젠
· 석면 섬유 및 MMF · 살충제 등 저휘발성유기화합물질 · 담배연기 · 애완동물이나 집진드기와 같은 알러지 유발물질 · 박테리아/곰팡이 · 습도

③ 조사대상 항목

- 오염물질의 농도와 배출원 : 조사 대상 배출원으로 고려할 수 있는 것은 건축자재와 제품, 가구, 카펫, 스프레이 등 가정소비품, 실내장식 제품, 취사도구, 살충제, 환기장치, 외부대기질, 토양 등
- 공기 중 오염물질의 농도와 집단별 노출량
- 건강 영향에 대한 증거
- 부족한 자료의 종류

④ 문제점 파악

- 실내공기질 수준이 법 기준을 초과하는 지의 여부와 오염물질에 노출된 인구 추정
- 노출의 심각성 추정
- 가능한 저감 수단 및 비용의 추정

나. 위해성 평가 및 사회적 비용 추정

실태조사를 근거로 구체적인 위해성 평가를 실시하고 이로 인한 사회적 비용을 추정하여 정책에 활용하여야 한다. 위해성 평가를 위해서는 발암가능성이나 알러지 등 특정 질병을 지표로 선정할 필요가 있는데, 외국의 사례나 현실성을 감안할 때 알러지나 천식이 지표로 적합하다고 생각된다. 이러한 지표 질병에 대하여 현재의 위해성을 평가하고 이로 인한 근로손실, 의료비용 등을 추정하여 제시하면 저감수단의 선택과 정책의 목표 설정이 용이하면서도 정책평가도 명확해지는 장점이 있다. 아울러 대국민 인식제고에도 크게 기여할 수 있기 때문에 친환경제품의 시장형성에도 직·간접적인 효과가 기대된다. 다만, 우리나라는 아직 위해성 평가 경험이나 정책의 활용에가 드물기 때문에 평가를 위한 세심한 설계가 요구된다.

다. 전문가 네트워크의 구축

실내공기질 문제를 다루기 위해서는 다양한 분야의 전문가와 이해 당사들의 참여가 필수적이다. 관리의 기준과 방법 등의 근거 및 이론을 제공하기 위해서는 보건학, 독성학, 건축학, 화학, 통계학, 경제학 등의 전공 지식이 필요하며, 이 외에도 정책을 수립하고 집행하는 정부 당국자, 친환경 제품을 생산하는 산업체, 민간기구 분야의 전문가가 필요하다. 우리나라에는 관련 분야의 전문가들과 이해당사자들이 많이 존재하지만 이들을 엮어주는 강력한 네트워크가 드물며, 그 특성상 정부가 주도적으로

네트워크 구성을 뒷받침하지 않으면 활성화되기가 어렵다. 이들 전문가 집단 및 이해 당사자들의 적극적인 활동은 효과적인 정책수립을 가능하게 할 뿐만 아니라 국민들의 인식 제고와 여론의 집중을 유도할 수 있고 그 결과 필요한 예산의 확보에도 많은 도움을 줄 수 있다.

전문가 네트워크를 구성하고 유지하는데 필요한 최소한의 경비는 정부가 지원하는 것이 바람직하며, 지원의 형태는 공동연구과제의 수행이나 심포지움 개최, 토론회 개최 등이 가능할 것이다.

라. 실내환경개선위원회(가칭)의 운영

실내공기질 문제를 해결하기 위해서는 환경부뿐만 아니라 건교부, 보건복지부, 교육부, 과기부, 재경부 등이 함께 참여하는 정부 내 조직이 필요하다. 그것은 실내공기 오염원이 다양한 만큼 각 부처별 역할이 있기 때문이다. 예를 들어 과기부와 복지부는 위해성평가, 노출평가, 분석기술개발 등의 업무에 관련되어 있고 교육부는 학교 실내공기를 담당하고 있다. 재경부의 경우에는 경제적 인센티브 수단의 개발과 관련이 있으며 건교부는 건물 건축의 주무 부서이다. 정부 내 부처가 함께 참여하는 위원회의 구성은 실내공기질 개선을 위해 동원 가능한 수단을 개발할 수 있을 뿐만 아니라 정부 정책의 일관성을 유지하기 위해 필요하다. “실내 공기질관리 기본계획”에 따르면 정부내 관계부처의 과장급이 참여하는 “실내환경개선위원회(가칭)”를 구성하여 반기별로 모임을 갖도록 계획하고 있다. 이 모임에서는 정부 정책의 일관성을 유지하기 위한 노력과 역할 분담, 그리고 추진성과에 대한 점검이 중요할 것으로 생각된다.

마. 예산 및 조직의 증원

앞에서 살펴보았듯이 우리나라 실내공기질의 주무부서라고 할 수 있는 환경부의 관련예산은 너무나 빈약하다. 비록 다른 부처에 포함되어 있을 연구개발비등의 규모가 추산되지 않아 정부 전체의 예산을 평가할 수는 없지만, 주무부서인 환경부의 사

례를 볼 때 다른 부처의 예산도 미미할 것으로 추정된다. 그리고 환경부의 담당공무원의 수도 본부의 사무관과 국립환경연구원 연구관 몇 명에 불과하다. 이 정도의 예산과 조직으로는 도저히 지금의 업무를 효과적으로 추진할 수 없다고 보여 진다. 예를 들어, 실태조사만 하더라도 수십억 원의 예산이 필요하며, 노출평가나 위해성 평가까지 포함할 경우에는 수백억 원이 소요될 것으로 전문가들은 추정하고 있다. 당장 건축자재의 환경성 평가를 위해 분석방법을 포함한 평가방법의 개발, QA/QC 관리 등 관련업무가 산적해 있지만, 국립환경연구원에는 실험실 및 장비, 인력이 매우 제한되어 있어 시급한 개선이 필요하다.

한편, 실내공기질 관리 업무가 지방자치단체로 이관됨에 따라 지자체의 관리역량 제고도 매우 중요한 현실적 문제라고 생각된다. 실내공기질 측정 등은 매우 전문적인 지식과 장비가 요구되므로 지자체의 관리능력을 향상시키기 위해 필요하다면 예산과 인력의 지원도 적극적으로 검토해야할 것이다.

2. 일반 주택 관리 및 실내공기질 등급화

“실내 공기질관리 기본계획”에 따르면 실태조사 범주에는 현재의 관리대상시설 이외에도 소규모 공동주택과 지하철 등 특수실내환경, 그리고 영화관, 음식점 등이 포함되어 있다. 이는 실태조사 결과에 따라 관리대상을 확대하겠다는 의미로 해석되며 이는 바람직한 정책방향으로 생각된다. 사실 소규모 시설일수록 시설이 열악하고 자재도 저급을 사용하는 경우가 많으며, 소유자나 거주자가 상대적으로 저소득 계층인 경우가 많기 때문에 오히려 관리의 필요성이 큰 시설이라고 볼 수 있다.

여기서 지적하고 싶은 것은 개인용 주택 특히 이미 건축되어 사용되고 있는 기존 주택에 대한 관심이 보다 집중될 필요가 있다는 것이다. 주택에 대한 정부의 대책이 주로 공동주택에 치중되고 있는데, 전국 주택 수 중 공동주택의 비율이 52%(2003년 현재)에 불과한 점을 고려할 때 단독주택 역시 중요한 관리대상이 분명하다. 주택은 사유재산이기 때문에 정부의 정책수단은 정보제공과 시설비 용자 등으로 제한될

것이다. 즉, 거주자 혹은 소유자가 자신의 거주공간의 공기질을 파악하고 자발적으로 개선하도록 동기를 제공하는 것과 시설의 개선시 정부가 일부 비용을 지원하는 형태가 바람직한 수단으로 생각된다.

한편, 다중이용시설이든 일반 주택이든 실내공기질의 상태를 등급화하여 기준을 제시하는 방안의 도입도 검토가 필요하다고 본다. 현재의 관리 방식은 특정 기준의 만족 여부만을 유도하고 있기 때문에 기준을 만족하는 경우에는 더 이상의 개선을 기대하기가 힘든 측면이 있다. 또한 신축 공통주택의 입주 전 오염물질 측정제도도 건축당시의 공기질만 파악하는 것이기 때문에 장기간의 공기질 상태를 파악하고 개선하는데는 적절하지 못하다.⁶⁹⁾ 그러나 실내공기질 상태를 몇 단계로 등급화 하여 기준을 제시하면 자신의 필요에 따라 자발적인 개선노력이 이루어질 것으로 기대되며, 또한 재건축이나 리모델링등과 같은 경우에도 설계단계에서부터 실내공기질을 고려할 수밖에 없는 동인이 될 수 있을 것이다. 다만, 실내공기질의 등급화는 비규제 수단으로 사용되는 것이 바람직하다.

3. 건축자재 등 오염원 관리 강화

가. 건축자재 관리

건축자재 관리 수단은 특정 오염물질을 기준이상으로 배출하는 경우에 사용을 제한하는 제도와 자재의 친환경성을 평가하는 라벨링 제도로 대별된다.

사용제한 제도는 최소한의 기준을 만족하지 못하는 자재는 원천적으로 사용을 금지하는 것으로 상당히 강력한 수단이기 때문에 이행과정에서 많은 논란이 야기될 소지가 있다고 생각된다. 그 이유는 아직 위해성 평가도 이루어지지 않았고 실내공기 오염의 기여도도 정확히 파악되지 않은 상태에서 현재의 사용 제한 기준이 합리적인

69) 건축자재 등에서는 장시간에 걸쳐서 오염물질이 배출되며 여건에 따라서는 2차 반응에 의한 오염물질도 생성이 된다.

것인가 하는 것과 소비자의 선택을 제한할 수도 있다는 점일 것이다. 한편으로는 측정결과에 대한 불신도 현실적으로 예상되는 문제로 보인다. 측정결과와 신뢰성에 대해서는 투명한 절차와 엄격한 관리기준을 적용하면 어느 정도 해소될 것으로 보이지만, 전자의 문제는 재고의 여지가 있다. 따라서 예방의 원칙을 적용하더라도 이 제도의 적용은 학교라든가 공공 성격이 강한 시설에 한정하고 개인 소유의 실내공간에 대해서는 시장의 자율에 맡기는 것이 바람직하다고 생각된다.

자재 관리의 또 다른 수단이 라벨링 제도이다. 라벨링 제도는 자재의 친환경성을 판정하여 라벨 사용권한을 생산자에게 일정기간 부여하는 것으로 대표적인 비규제 수단이라고 할 수 있다. 한국표준규격은 목재성형제품, 사무용 목제 책상 및 테이블, 유성페인트, 수성페인트를 대상으로 포름알데히드 배출량으로 제품의 등급을 부여하고 있고, 환경마크협회는 일부 건축자재 등 생활용품에 대해 환경에 유해한 정도, 재활용성, 인체 유해성 등을 판단하여 환경마크를 부여하고 있다. 그런데, 이들 마크나 등급 판정기준이 보다 실내환경 개선에 집중되도록 기준 항목수를 조정할 필요가 있다고 생각된다. 한국표준 규격과 환경마크의 인증 기준 물질은 포름알데히드와 VOCs 두 물질로 국한되어 있는데, 외국의 대표적인 라벨링의 기준 물질은 발암물질 등 다른 물질들이 포함되어 있어, 소비자에게 제품의 친환경성에 대해 보다 많은 신뢰를 주고 있다. 라벨링 제도의 성공여부는 소비자의 라벨링 취득 제품에 대한 신뢰정도에 좌우되는데, 지금의 기준 물질 수는 외국기준에 비교해볼 때 미흡하다는 판단이다. 일부 건축자재 사용제한 규정과의 일관성을 거론할 수도 있겠지만, 건축자재 사용제한은 최소한 이 정도의 기준을 만족하여야만 사용할 수 있다는 수동적인 제도인 반면 라벨링제도는 보다 친환경적인 자재의 생산과 소비를 촉진하는 능동적인 제도라는 점을 염두에 둔다면, 오히려 엄격한 취득기준이 바람직하다고 할 것이다.

라벨링 제도와 관련된 정책의 핵심은 라벨링 취득제품의 신뢰도 제고와 시장 수요를 지속적으로 창출하는 것이다. 이를 위해서는 QA/QC를 통한 신뢰도 확보, 보다 엄격한 기준의 설정, 그리고 대상 제품의 확대가 필요하며 경우에 따라서는 공공부문에서의 우선구매제도 등도 고려해 볼 필요가 있을 것이다. 한편으로는 각 국가마다 다른 라벨링 제도로 인해 기업의 불평이 제기 되고 있어, 유럽에서는 서로 다른 기준을

통합하려는 논의가 이루어지고 있다. 하지만 이해관계의 조정이 쉽지는 않아 세계 단일 표준은 정해지기 힘들 것으로 보이며, ICL과 같이 지역별 블록화가 진행될 가능성은 있다고 본다. 우리나라도 제품의 수출을 감안하여 미국, 일본, 중국 등의 라벨링 기준을 반영할 필요가 있으며, 이 들 국가와의 협의를 통해 단일 기준을 설정하는 방안에 대해서도 논의를 시작하는 것이 바람직하다고 생각된다.

나. 기타 오염원의 관리

건축자재 이외에도 가구, 카펫, 커튼, 방향제, 살충제, 향수, 화장품, 사무용 기기, 주방기기, 애완동물 등 매우 다양한 오염원에 대한 관리가 추가적으로 필요하다. 정부의 “실내공기질 관리 기본계획”에서도 이러한 오염원의 관리 필요성을 언급하면서 사례별로 대책을 제시하고 있어 장기적으로는 관리의 범주에 포함될 예정으로 있다. 거론되고 있는 수단을 요약하면 가구의 경우에는 오염물질 다량 배출 가구의 규제, 살충제 등 생활용품의 유해물질 함량제한 및 표기, 라벨링 제도의 확대 등이며 이 같은 정책 방향은 바람직한 것으로 평가할 수 있다. 다만, 사무용품에서 발생하는 오존 문제와 주방용 기기에서 발생하는 질소산화물에 대한 관리방안도 추가적인 대책이 필요하다고 생각된다. 이들 제품에 대해서는 최소한의 배출 기준을 제시하거나 라벨링 제도에 편입하는 것이 요구된다. 그리고 알려지나 천식을 유발하는 주요 오염물질인 곰팡이, 꽃가루 등의 오염원에 대해서는 거의 대책이 수립되어 있지 않은 실정인데 이러한 물질의 관리가 매우 중요함을 지적하고 싶다. 예를 들어 곰팡이의 경우에는 수분의 응축 및 온도 관리가 중요하며 애완동물의 경우에는 공공장소에서의 출입금지 등과 같은 제도의 시행도 고려해볼만하다.

한편, 대도시의 외부 대기질이 매우 심각한 수준임을 감안할 때 외부 대기질의 영향을 파악하고 대처하는 것도 향후 중요한 과제라고 판단된다. 자동차에서 발생하는 매연 등은 어느 정도 파악이 되어 있지만 실내공기에서 중요하게 다루는 VOC 물질은 아직 실태조사가 부족한 실정이며, 이러한 물질이 환기에 의해 실내에 도입되는 경우에는 환기시설의 필터 설치 등의 추가적인 대책이 필요할 것이다.

4. 생물성 오염물질 등의 관리

현재는 VOCs 와 같은 화학물질과 미세먼지의 관리에 치중되어 있다. 하지만 외국에서는 알러지나 천식 등을 유발하는 또 다른 요소로 곰팡이, 진드기 등이 중요하게 거론되고 있으며 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 우리나라도 부유세균의 수를 기준물질로 정하고 있지만, 건축자재 관리와 같이 화학물질 관리에 치중되어 있는 것이 사실이며, 생물성 오염물질에 대한 관심은 미흡한 형편이다. 최근 애완동물을 키우는 가정이 늘고 있고, 카펫 등 섬유제품을 사용하는 일이 보편화 되어 있는 사실에 입각할 때 생물성 오염물질의 관리에 보다 많은 관심을 기울여야 한다고 생각된다. 생물성 오염물질의 관리 수단으로는 건물의 습도와 온도를 일정 수준이하로 유지하는 것이지만, 실내공기질 관리와 연관하여서는 이 문제가 심도있게 논의되고 있지 않다. 실태조사에서도 중요한 조사 항목으로 포함되어야 하며, 건축법 혹은 기타 관련 법률에서 온도와 습도 기준의 적정성 여부를 신중히 검토하여야할 것이다.

또 하나의 중요한 오염물질로는 담배연기 문제이다. 담배연기는 간접 흡연자에게도 건강에 큰 영향을 미치고 발암물질 등을 발생시키는 주요 인자이다. 담배연기의 관리 기준을 정할 수는 없겠지만 공공장소에서의 금연과 흡연의 위해성에 대한 홍보, 환기시설 기준 등의 반영 등 저감 수단을 모색해야 한다.

그리고 장기간에 걸쳐 일어나는 2차 반응물질에 대해서도 관심을 기울여야 하며, 개별 물질이 낮은 농도로 존재하여도 혼합물로 존재할 때의 영향에 대해서는 자료가 절대적으로 부족하기 때문에 향후 이 분야에 대한 정부의 지원이 필요하다. 아울러 난연재 등 외국에서 최근 조사하고 있는 일부 오염물질에 대해서는 지속적인 동향 파악을 통해 추가적인 대책을 마련하는 것이 필요하다.

5. 학교 실내공기질 대책 마련

같은 농도로 노출되더라도 보다 큰 영향을 받는 집단이 있는데, 이는 어린이와 노약자, 임산부 등이다. 그런데 굳이 학교의 실내공기질 개선을 우선 고려한 것은 어린이라는 특성과 함께 교육기관이 갖는 공공성 때문이다. 학교보건법에서 규정하고 있는 관리물질은 온도와 습도, 채광, 그리고 이산화탄소와 미세먼지이다. 이는 어린이가 더욱 환경에 민감하고 보호가 필요한 집단이라는 일반적 인식에도 불구하고 그 기준은 환경부의 다중이용시설 기준에 미치지 못하는데, 이는 납득하기 어렵다. 미국의 경우, 실내공기 관리와 관련해서 상당부분의 예산을 학교 실내공기 개선에 사용하고 있으며, 앞서 살펴본 유럽에서도 어린이는 최우선적으로 고려되는 대상이다. “실내공기질 관리 기본계획”에서도 이 문제를 중요하게 다루고 있지만, 이는 단지 교육인적자원부만의 업무만으로 생각되지는 않는다. 필요하다면 전 부처가 함께 지원을 강구해야 하며 관리기준은 「다중이용시설등의실내공기질관리법」의 수준보다 높은 수준이 요구된다.

6. ‘건강한 건물’ 개념의 도입

외국에서는 실내공기질 문제를 독립적인 문제로 다루기보다는 종합적인 보건, 위생문제로 다루고 있고, 건축물, 재료 등만 아니라 사람들의 생활방식도 중요한 요인으로 판단하고 있다. 이러한 배경에서 건물은 실내공기질 뿐만 아니라 안전성, 안락함, 주변 환경 등이 함께 적절한 조화를 이루는 건축기술 혹은 건물에 대한 관심이 증대하고 있으며, 우리나라도 장기적으로는 실내공기질 문제를 이러한 인식하에서 다루게 될 것으로 여겨진다. 인간의 삶에 가장 최적의 주거 환경을 제공하기 위해서는 건물의 설계와 시공 단계에서부터 이러한 요구조건이 반영되는 것이 최상의 방법이다. WHO의 ‘건강한 건물’ 프로젝트도 이러한 배경과 목적으로 진행되고 있다. 그런데,

실내공기질 대책의 주요 수단으로 사용되는 환기와 건물의 에너지 효율문제는 서로 상충되는 면이 많다. 즉, 환기량을 높이면 열손실이 많아지고 반대의 경우에는 공기질이 악화된다. 또 실내공기의 쾌적성을 확보하고자 건축자재, 환기시설 등을 엄선하여 설치하는 경우에는 건축비용의 상승이라는 문제가 발생된다. 이러한 문제들에 대한 논의와 입장정리는 정부의 관련 부처간, 그리고 소비자와 건설업체의 의견 조율이 필요하다. 하지만, 기술의 개발로 비용 상승요인 없이 두 문제간의 조화가 가능하다는 일부 연구결과도 있기 때문에, 건물의 설계단계에서부터 실내공기질을 고려하는 건축방법이 실현될 수 있을 것으로 보이며, 환경부와 관련부서는 이 부분에 대한 논의를 시작하는 것이 바람직하다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 고광만, 김정열, 1992. “사업소 건축물에 대한 실내공기환경의 오염 조절방안에 관한 연구”, 「조선대학교 공학박사 논문집」, 제27집.
- 김강석 외. 2001. 「실내공기오염에 대한 국민의식조사와 정책방안연구」. KEI.
- 김윤신. 1998. “겨울철 실내공기오염의 문제점과 관리대책”, 「환경보전」, 310권.
- 백도명 외. 2002. 「우리나라에서의 천식의 증가와 대기 및 실내공기오염」. 보건복지부
- (사)한국환경정보·연구센터. 2003. 「건축자재로 인한 실내 공기질 오염에 관한 제도적 개선방안」. 환경부.
- 장성기. 2004. “새집증후군관련 외국 및 국내기준 및 제정근거와 향후방향”, 발표자료.
- 윤동원 외. 2003. 「오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구」. 환경부.
- 국무조정실 등. 2004. “실내공기질관리기본계획”.

2. 국외문헌

- EU COMMISSION DECISION of 18 December 1998 establishing the ecological criteria of the award of the Community eco-label to paints and varnishes
2003. “Trends in Europe to reduce the indoor air pollution of VOCs”, 「Indoor Air」, 13(suppl.6).

EU letter. "indoor air pollution: new EU research reveals higher risks than previously thought".

FiSIAQ. 2001. "Classification of Indoor Climate".

Larsen, A. 1999. 「Futher Progress of the Indoor Climate Labelling Scheme」, Proceedings of the 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh, Scotland.

Maroni, M. et al. 1994. 「indoor air quality: a comprehensive reference book」. Elsevier.

Morbidity and Mortality Weekly Report. 2002. "Surveillance Summaries, Surveillance for asthma 1980-1999". March 29.

Nordtest Report. 2002. 「Consensus Meeting on Chemical Testing of Emission from Building Products」, TR 506.

Paolo Carrer, 1992. 「Indoor Air Quality」. European Commission.

Peter Wolkoff 등. 2000. "General Paper for Tokyo/Osaka Seminar".

Seppanen O. 2003. "Improvement of indoor environment in European residences to alleviate the symptoms of allergic and asthmatic children and adults". Report to European Federation of Asthma and Allergy.

Umwelt & Gesundheit 2/2001. 「Friedhelm Diel, Hans Schubert and Michael Fischer」.

USEPA. 2004. 『Summaries of EPA Budget of FY2005』.

USEPA. 2003. 「EPA Assessment of Risks from Radon in Homes」.

WHO Regional Office for Europe. 2004. 「Review of evidence on housing and health: background document」, Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Hungary.

WHO Regional Office for Europe. 2003. 「Housing and Health : Identifying

priorities」.

WHO Regional Office for Europe. 2001. 「Housing and Health in Europe : Report on a WHO Symposium」.

WHO European Center for Environment and Health. 1999. 「Strategic Approach to Indoor Air Policy-making」.

WHO European Center for Environment and Health. 1995. 「Concerns for Europe's Tomorrow」.

3. 인터넷 자료

<http://www.deh.gov.au/atmosphere/airtoxics/publications/sok>

<http://www.hb2000.org/workshop8.html>

<http://www.hc-sc.gc.ca>

<http://www.health.gov.au/nhmrc>

<http://www.kcn.ne.jp/~azuma/newa/dec%202000/001223.htm>

<http://www.mcselle.dk/ukvoc.html>

http://www.nhlbi.nih.gov/resources/docs/02_chdbk.pdf

<http://odin.dep.no/hd/engelsk/publ/handlingsplaner>

<http://www.rts.fi/classification.htm>

<http://www.terrchoice.ca/>

<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/>

<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/irk.htm>

<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/index.htm>

Abstract

Research on Improvement Measures for Indoor Air Quality Management

Indoor air quality is an important determinant of human health and comfort. However, the complexity of pollution sources and the multitude of parties responsible for creating indoor exposures make the improvement of indoor air quality difficult.

Korea has amended the law for indoor air management, and prepared the national action plan recently. Implementation of the action plan is most important at present, but, for the future, we need complementary strategy to reduce the risk by indoor air pollution. So this study was carried out to suggest the key issues for making weak points of present management complement from a long-term point of view. For this, the case of other countries and recent new issues were surveyed.

The case studies show that there is no unique strategy on indoor air quality. But many countries treated indoor air pollution as risk management strategies, with special emphasis on vulnerable groups. National-level monitoring of indoor environment and health related to the indoor environment is being executed. And there are many countries that set action plans for reducing asthma and allergy patients in their countries. For this reason, biocontaminants such as fungi and pollen are considered as important pollutants. Home as well as public places is considered as important place to be managed, and various environmental labellings are operating in markets for building components and consumer products.

Korea's present laws and the action plans include various countermeasures such as assessment of indoor air pollution,

extension of indoor facilities managed, and readjusting of pollution standards. But, there are some spaces to be improved for the future.

Monitoring and assessment of indoor air pollution including health effects and social cost estimation should be carried out sooner or later. The assessment must include health effects and social cost estimation. The results can be used for setting priority of pollutants, sources, and indoor facilities and making additional measures. Asthma and allergic diseases are strongly recommended as representative disease.

It is necessary to build experts networks, because they can make scientific data and give useful informations to related communities.

The present strategy focusing on big public places and chemical pollutants need to be reconsidered. Small places, especially home, are more important, because vulnerable groups such as woman, children, and the elderly spend their most of time at home. And reduction measures for biocontaminants like fungi, mould, and pollen should be prepared, because those cause asthma and allergic disease.

Labelling for control of the building materials and other products is a useful measure. The present conditions to acquire labelling need to be strengthened to the level which the consumer can trust them. More pollutants and stricter standards are required.

Other sources such as office equipment, cosmetics, carpet, and pesticides are important too, which are not controlled at present. Labelling and notice of ingredients can be considered as reduction measures.

Lastly, introduction of concept of healthy building might be desirable next step. Healthy building requires integral approach of physical, spatial, social and environmental aspects. Consensus exists that factors affecting indoor air quality are interrelated and difficult to unbundle.