

실내 화학물질오염과 대책



윤 동 원 교수
경원대학교 교수
공학박사

1. 서론

현대인들은 하루 중 80%이상을 건물내에서 생활하고 있음을 고려할 때, 쾌적하고 건강한 실내공기질의 확보는 매우 중요하다. 건축물 부분에서는 그동안 에너지절약 설계 및 시공에 따른 건물 기밀화와 단열 강화에 따른 환기부족 등으로 실내 공기관리여건은 점점 더 악화되고 있다.

더욱이 최근 각종 건축자재로부터 발생하는 가스 및 유해물질들은 인체에 매우 유해하지만 거주자의 쾌적성과 건강에 심각한 영향을 주고 있다는 것을 대부분 인식하지 못하고 있다. 특히 신축건물에서 원인을 알지 못하는 건물병 증후군이 나타나는데, 이는 상대적으로 환기량이 부족한 한정된 실내공간에서 각종 건축자재 등에서 발생하는 오염물질이 정제되면서 그 농도가 증가하여 원인을 제공하고 있다. 많은 사람들이 밀폐된 건물 내에서 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력 감소 등을 호소하는 빌딩증후군(Sick Building Syndrome)현상은 재실자의 건강을 크게 위협하고, 생

산성과 능률의 저하를 초래하고 있는 실정이다.

세계적으로 관심이 고조되는 환경인증제도와 더불어 건축자재의 환경친화성에 대한 요구가 증가하고 있다. 영국, 미국, 캐나다 등의 구미선진국과 일본 등에서는 건물의 인증제도의 성공적인 시행과 관련하여 실내의 마감재료의 오염물질 방출특성과 이에 따른 천연자재, 무독성 건축재료의 개발을 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 유럽공동체와 핀란드에서는 건축자재의 오염물질 방출강도의 특성을 활용하여 실내 환경, 마감재료에 대한 분류규정을 제정하여 설계지침으로 활용하고 있다.

이러한 추세로 볼 때 앞으로는 건축자재에 대한 오염물질의 방출특성이 매우 중요한 사항으로 부각될 것이며, 무공해(Non-Toxic) 건축자재의 활용이 확대되고 건축계획 및 시공과정에서의 건축자재선정의 기준으로 활용될 것으로 판단된다.

우리나라는 그동안 기존 건축자재에 대한 오염물질 방출농도에 대한 인식이 미흡한 실정이며, 건축자재 생산업체의 무관심으로 저독성의 새로운 건축자재에 대한

개발이 미흡한 상태이다. 쾌적하고 건강한 실내 환경의 창출과 오염물질 방출이 낮은 건축자재를 개발하기 위한 기술의 정립과 오염물질을 효과적으로 제어할 수 있는 방법이 정립되어야 하며, 건축자재의 오염물질에 대한 성능 평가기법을 확립하고 오염물질의 방출 특성을 측정 평가하는 것이 매우 시급한 실정이다. 이는 건축자재 분야의 신소재 개발을 유도하고 무공해 건축자재의 개발을 촉진시키며, 국산 건축자재의 국제경쟁력을 확보할 수 있는 방안이라 할 수 있다.

2. 실내 공기환경과 화학물질

2.1 실내 화학물질(VOCs, HCHO)의 고찰

1) 휘발성유기화합물질(VOCs)

휘발성유기화합물은 물질이 존재 상(Phase)의 형태에 따라서 휘발성(Volatile), 반휘발성(Semi-Volatile), 비휘발성(Non-Volatile)으로 구분하고, 증기압이 10~2kPa 이상을 휘발성(VOCs), 10~2~10~8kPa을 반휘발성(SVOCs), 10~8 kPa 이하를 비휘발성(NVOCs)으로 분류한다. 세계보건기구(WHO)에서는 VOCs를 비등점에 따라 구분하며, 비등점이 0℃~(50℃-100℃)의 경우 고휘발성(VVOCs), (50~100℃)~(240~260℃)를 휘발성(VOCs), (240~260℃)~(380~400℃)를 반휘발성(SVOCs), 380℃ 이상을 고체상태(POM : Particle-bond Organic Compounds)로 분류하고 탄화수소류중 레이드 증기압(Reid Vapor Pressure : RVP)이 10.3 kPa(1.5psia) 이상인 석유화학제품, 유기용제 또는 기타 물질로 정의되고 있다.

2) 총 VOC

건물의 생활공간인 실내에서는 매우 많은 종류의 화학물질의 종류가 검출되고 있다. 미국의 EPA에서는 학교 건물의 실내에서 150여 종의 VOCs가 측정되었고 사무소 건물의 경우에는 600여 종류의 VOCs가 측정된 것으로 보고하고 있다. 다양한 종류의 VOCs 물질에 대하여 종류별로 정량/정성적으로 위해성이나 기준농도 등을 제시하고 각각의 특성을 개별적 파악 하기는 매우 어려운 실정이며, 각각의 측정, 분석, 평가도 쉽지 않은 상황이다. 더욱이 VOCs물질들은 상호작용에 의하여 제 3의 위해성이 나타날 수 있는 특성을 지니게 되어 각각의 물질에 의한 특성이 파악된다하여도 이에 따른 MCS (Multiple Chemical Sensitivity) 영향 등을 파악하기가 곤란한 점이 있다. 따라서 선진국에서는 VOCs에 대한 특성을 분석 평가할 경우에 위해성이 큰 물질별 제한을 하는 경우도 있지만 측정평가에 많은 노력과 비용이 소요되고 또한 그 결과에는 VOCs물질별 상호 상가 작용 등의 특성을 평가하기 곤란한 점을 착안하여 복합화합물질로서 여러 가지 종류의 VOCs 농도의 총합을 총 VOC (TVOC: Total Volatile Organic Compounds)로 정의하여 기준의 설정에 활용하고 있다.

총 VOC의 농도를 측정하는 방법에는 여러 방법이 있으나 일반적으로 측정된 가스 크로마토 그래프에 의하여 n-헥산에서 n-헥사데칸까지의 범위에서 검출되는 VOCs를 대상으로 이들 농도를 합산한 값으로 산출한다. 이는 주로 28가지 종류의 각각의 물질에 대한 농도에 의하여 산출하고, 동정불가능한 화합물은 이들 농도를 톨루엔으로 환산하여 총 VOC농도를 산출한다. 따라서, 총 VOC는 포집된 공기 중의 VOCs 농도의 합계에

가장 가까운 값으로 표시된다.

[표 1]. 공기중의 유기화학물질의 분류(WHO)

구분	약칭	비등점의 범위	포집방법(sampling method)
고휘발성 유기화학물질 very volatile organic compounds	VOC	< 0 °C ~ 50-100°C	Batch Sampling, 활성탄에 흡착
휘발성 유기화학물질 volatile organic compounds	VOC	50-100°C ~ 240-260°C	고형 흡착제에 흡착
반휘발성 유기화학물질 semi-volatile organic compounds	SVOC	240-260°C~ 380-400°C	폴리우레탄 폼에 흡착 또는 XAD-2 수지에 흡착
고형상태의 유기화학물질 particle-bound organic compounds	POM	380°C	필터로 포집

[표 2]. 주요 VOCs 물질과 포름알데히드 발생원인과 인체에 미치는 영향

오염물질		주요발생	원인체에 미치는 영향
VOCs	Benzene	연기, 세척 및 청소용품, 페인트, 접착제, 파키클보오드	골수손상, 혈소판 감소증, 백혈구 감소증, 빈혈증
	Toluene	페인트, 접착제, 난방기구, 카펫트, 단열재, 왁스, 코킹제 등	간 혈액, 신경 등에 독성 피로감, 정신차란 : 가장 독성 강함
	Xylene	페인트, 접착제, 난방기구, 카펫트, 코킹제, 염료착색제	신경계에 대한 독성이 아주 강함
	Ethyl benzene	가구광택제, 페인트, 바닥왁스, 전기용품 등	신경계에 대한 독성 강함
	펜타클로로벤젠	목재방부제, 곰팡이 제거제, 증약	정서불안, 신경차란, 피로감
	디클로로벤젠	방향제, 곰팡이 제거제, 증약	어지럼증, 신경계 손상, 피로감
포름알데히드		목재방부제, 화장품, 가구, 합판, 단열재, 접착제	어지럼증, 신경계 손상, 피로감, 발암

[표 3]. 건축 공사의 항목별 주요재료

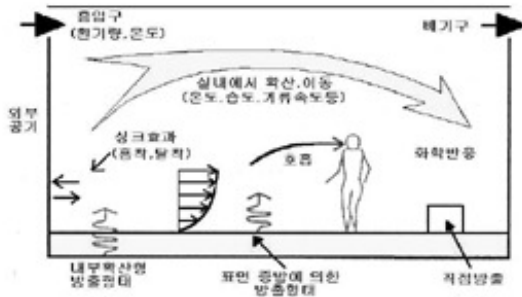
공사 항목	주요재료	공사 항목	주요재료
구조재료, 외부마감재	RC조, PC등 구조체, 경량기포 Conc.(ALC), 목재 보존재, 코킹재, 실런트, 유리창틀, 퍼티, 가스켓	내장공사, 마감재료	바닥구조, 바닥재료, 카펫트 및 접착제 비닐계 바닥재, 텍스타일, 합판류(파티클 보오드, 칩보오드, 하드보오드 등)
단열재	단열재, 내화 피복재 음향 재료	간막이벽	마감벽지나 직물류, 접착제, 페인트, 목재보존재, 팬널류, 합판류
냉난방설비	파이프, 덕트 보온재, 덕트 실런트, 냉각수 첨가제, 냉매	천장 재료	실링타일, 판넬

2.2 건축자재와 화학물질 방출

건축공사에는 많은 종류의 내장재료 등이 사용되며, 소재산업의 기술발달과 더불어 합성재료의 사용이 급격히 증가하고 있다. 합성재료에는 다량의 휘발성 유기화학물질(VOCs)을 함유하고 있어 이들이 실내 공기중으로 방출되고 있다. 특히 주거용 건물은 동일한 바닥면적을 기준으로 할 때 다른 건물에 비하여 벽체의 내장재료의 사용면적이 증가하여 휘발성 유기화학물질(VOCs)의 방출 면적도 증가할 수 있다. 따라서 주거용 건물에 사용되는 주요 내장재료의 오염물질 방출 특성과 실내 공기 오염 정도를 파악하고 이에 대한 제어대책을 마련하여야 한다.

주요 건축자재에 대한 VOCs의 방출강도를 평가하고, 적절한 내장재료의 선정을 위한 기초자료를 도출하여 건축자재로부터 방출되는 VOCs 물질의 정량적 평가와 제어 대책이 확립되어야 한다.

건축 구조재와 내장재료의 선정에는 근본적으로 그 재료에



[그림 1] 실내 환경과 화학물질 오염인자의 방출

포함되어 있는 오염물질의 종류와 방출강도를 평가하여 주택 내부의 실내 공기질(IAQ: indoor air quality)의 향상을 위하여 적절한 재료를 선정하는 것이 중요하다. 따라서 건축자재의 선정은 물리적인 성능 뿐 만 아니라 화학적 성능을 고려하여 건축재료가 선정되어야 하며, 특히 마감재료로부터 방출되는 화학물질의 성분과 방출기간 등에 관한 기초적인 자료를 마련하여 실내 공기환경에의 영향을 고려한 쾌적한 건물의 설계 및 유지관리 방안이 요구된다.

일반적으로 마감재료의 화학물질 방출 강도는 온도와 습도에 의하여 많은 영향을 받는 것으로 파악되고 있다. 다음은 화학물질을 방출하는 주요 건축자재의 종류와 방출 특성, 화학물질의 종류를 나타낸 것이다.

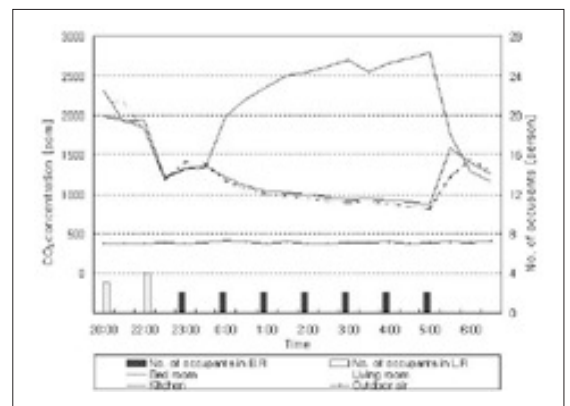
2.3 아파트의 실내공기 오염실태

아파트 내부에서는 일상적인 거주자의 활동과 생활에 의하여 각종 오염물질이 발생하며, 오염물질은 환기나 틈새바람에 의하여 희석되거나 제거된다. 아파트에서의 환기는 재실자가 창문을 여는 경우와 주방이나 욕실의 환기팬 작동, 온도와 압력차이에 따른 틈새에서의 침기

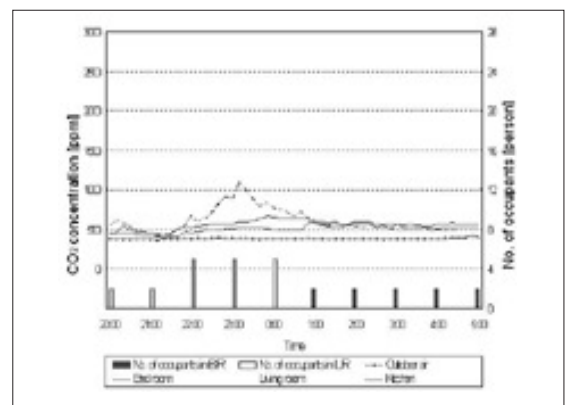
등으로 이루어진다. 실내공기환경 실태파악을 위하여 수도권에 위치한 고층아파트의 실내 CO₂농도 변화를 측정하여 사례로부터 주거용 아파트 건물의 실내 공기오염 실태를 살펴볼 수 있다.

[그림 2]는 환기방식에 따른 실제 주거상황을 설정하여 재실인원과 취침인원을 제한하여 측정된 시간대별 야간 이산화탄소가스의 농도변화를 나타낸다.

[그림 2(a)]는 대부분의 아파트와 같이 자연환기방식이 적용된 28평형 아파트에서의 측정결과로 외기농도는 400ppm 정도이며, 실내 농도는 670~2,800ppm, 평균



(a) 자연환기시스템



(b) 공조시스템

[그림 2] 취침시 이산화탄소가스 농도변화

1,330ppm으로 나타났다. 취침전 20:00~22:30동안에 거실에서 재실하는 인원이 발생하는 이산화탄소 농도가 전체 실내농도 상승에 영향을 미치는 것으로 나타났고, 2인이 취침한 안방에서 이산화탄소 농도는 호흡으로 인하여 급격히 증가되어 새벽에는 2,800ppm 정도까지 상승하고 있음을 알 수 있다.

[그림 2(b)]는 환기 및 공조시스템이 적용된 아파트에서의 측정결과를 보여준다. 외기농도는 390ppm 정도였으며, 실내 농도는 400~1,100ppm, 평균 550ppm으로 나타났다. 취침전 5명이 재실하는 거실의 최대 이산화탄소 농도는 약 1,100ppm로 나타났다. 타 측정점들의 이산화탄소의 농도변화도 거실의 농도변화와 비슷한 경향을 보이고 있다. 침실은 환기가 이루어지고 있기 때문에 오염도가 낮게 나타났으며, 실내 이산화탄소의 기준인 1,000ppm이하로 양호한 실내환경을 보이고 있다. 2명이 취침한 침실 1에서 이산화탄소 농도는 600ppm을 넘지 않았으며, 자연환기방식이 적용된 아파트에서와 같이 기준치를 초과하는 결과는 나타나지 않고 있다.

2.4 일본의 실내환경 문제

1) 시크하우스(sick house) 문제

일본에서는 최근 시크하우스(sick house)라고 하는 주택 내부의 공기환경에 관한 문제가 크게 부각되고 있다. 시크하우스란 주택의 실내에서 장시간 거주하는 사람에게 나타나는 증상으로 머리가 무겁고, 목이 아프고 기분이 나빠지는 상태와 이러한 증상이 발생하는 주택을 통칭하는 용어로 사용되고 있다. 1996년 5월 7일, 일본의 중의원에 시크하우스에 관한 문제가 상정되면서 주거용

건물에 대한 환경문제가 일반에게 널리 알려지는 계기가 되었다. 1996년 7월에는 일본의 정부기관(건설성, 후생성, 통산성, 임야청)을 중심으로 건강주택연구회가 조직되어 주택의 화학물질 오염에 관한 지침(guide line)이 제정되었다. 건강주택연구회에서는 건축자재에서 사용되는 유해성이 높은 300여 종류의 화학물질로부터 특히 인체에 미치는 영향이 크고, 현재까지 많이 사용되는 3 종류의 화학물질과 3종류의 화학약품을 선정하였다.

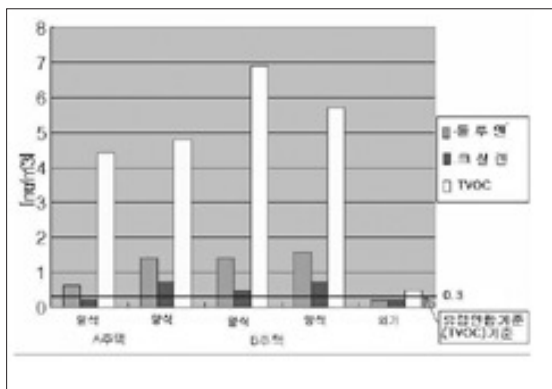
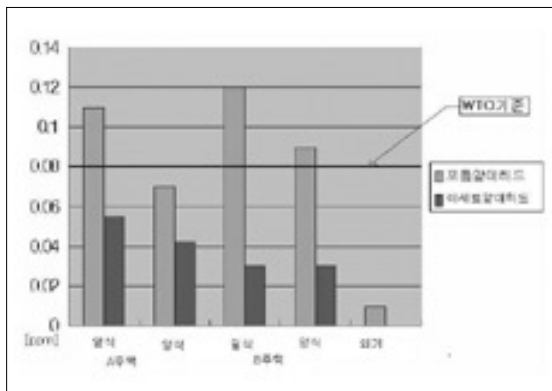
- 포름알데히드, 톨루엔, 키실렌 - 3종의 화학물질
- 목재보존제, 가소제, 방충제 - 3종의 화학약품

최근에는 주택이 기밀화되고 새로운 내장재료의 사용이 증가하면서 실내 화학물질에 대한 오염문제가 현저하게 증가하고 있다. 아사히신문(1998.1.25)에서「발암물질인 포름알데히드의 농도가 주택 실내에서 외부의 공기보다 7.8배가 높게 검출되었다.」라는 기사가 게재되면서 사회적으로 깊은 관심을 보이게 되었다. 이때 외부의 평균농도는 0.008 ppm이고 실내의 평균농도는 0.062 ppm으로 나타나 후생성의 지침(guide line)인 0.08 ppm 보다 낮은 수준으로 측정되었지만 실내의 화학물질에 대하여 중요하게 취급하여야 한다는 사회적인 분위기를 조성하는 계기가 되었다.

한편, 와세다대학에서 일반적인 아파트를 대상으로 실내 화학물질의 오염실태를 측정조사 하였다. 본 측정의 결과로 나타난 포름알데히드(HCHO)와 휘발성유기화합물질(VOCs)의 농도 분포를 [그림 2.2]와 [그림 2.3]에 나타낸다. [그림 2.2]는 아파트 내부의 HCHO에 관한 측정 결과이며, A주택은 낮은 포름알데히드를 함유한 재료를

사용한 경우이고 B주택은 일반적인 재료를 사용한 경우에 대하여 실내 오염농도의 측정 결과를 나타낸 것이다. A 주택의 일식 방에서 0.11 ppm, 양식방에서 0.007 ppm이 나타났으며, B주택의 일식방에서 0.12 ppm, 양식방에서 0.09 ppm의 분포를 보이고 있다. 이는 저농도 HCHO 재료를 사용하지 않을 경우에 일본후생성의 지침(guide line)인 0.008 [ppm]을 모두 초과하고 있음을 알 수 있다.

[그림 2.3]은 대상 아파트에서 측정된 톨루엔, 키실렌, 총휘발성물질(총 VOC)의 농도분포를 나타낸 것이다. 실내의 VOCs 농도를 톨루엔의 등가레벨로 환산한 총휘발



[그림 2.2] 일본의 주택의 화학물질 농도

성물질(총 VOC)의 농도는 A주택의 경우 일식방에서 6.90 mg/m³, 양식방에서 5.60 mg/m³, B주택의 경우에 일식방에서 4.40 mg/m³, 양식 방에서 4.80 mg/m³로 측정되었으며 이는 WHO에서 제시하는 지침(guide line) 0.3 mg/m³와 비교하면 10배 이상 높은 농도로 분포하고 있다.

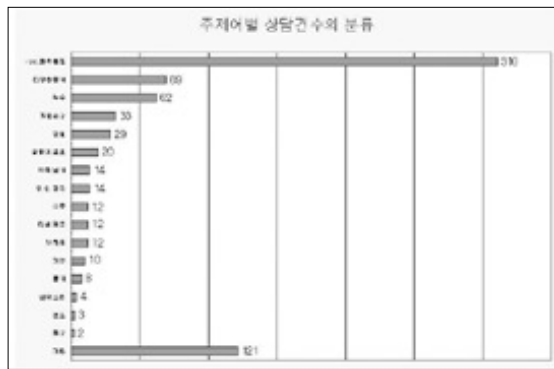
2) 일본의 PL 센터의 건강피해 사례

일본에서는 주택에서의 쾌적한 국민 생활을 보장하기 위하여 1973년에 재단법인 Better living(BL)이 설립되었다. 이는 주택 보급의 양적인 측면에서 질적인 측면의 중요성이 강조되면서 건설성의 허가를 얻어 설립된 이래 우량한 주택 부품의 개발과 보급을 중심으로 주거 생활 수준의 향상을 목적으로 활동하고 있다. “우량 주택 부품 인정사업”과 “우량 집합 주택 인정 사업”을 실시하여 우량주택에 대한 조사연구와 기술 개발, 보급 활동을 담당하여 왔으며, PL법의 시행에 따라 주택 부품의 PL 센터를 설치 운영하고 있다.

BL 주택 부품의 PL센터에서는 1994년 9월부터 PL법에 따른 업무를 시작하였으며 1999년 3월까지 총 2,167건의 상담 건수를 처리하였다. 상담 건수에 관한 주제어(key words)별 분류는 [그림 2.4]와 같이 나타났다. 상담 초기에는 상담시 주제어를 제시하지 않았기 때문에 총 상담건수 중 59%에 해당하는 경우가 주제어가 누락된 상태이며 41%에 해당되는 주제어별 상담 건수에 대하여 첫 번째로 많은 것이 VOC와 관련된 상담내용으로 전체의 35% 정도인 310건을 나타냈다. 주로 포름알데히드나 화학물질의 오염에 의한 상담내용이며, 2번째는 다양한 증세로 나타난 상담자의 대부분이 건강과 관련된 상담

건수인 것으로 이해할 수 있다. 주제어 중에서 VOC와 관련하여 거주자의 신체적 피해는 VOC 등의 원인으로 인한 신체부위별 피해상황을 조사한 결과로 다음 그림

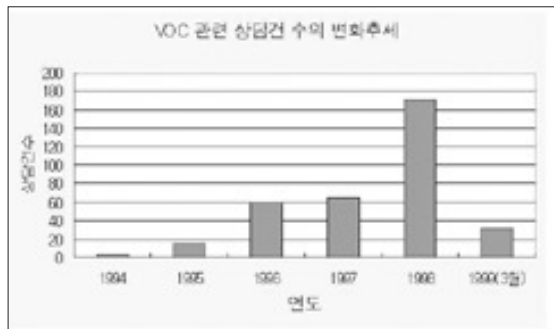
과 같다. 화학물질에 의한 피해는 직접 접촉되는 호흡기 계통과 피부 등의 피해에 대한 상담이 많이 나타났으며 이러한 상황은 피해 정도에 대한 의학적 검토가 필요한 것으로 분석하고 있다.



[그림 2.4] 주제어별 상담건수의 분포



[그림 2.5] 화학물질 관련 인체의 부위별 피해 상담 비율



[그림 2.6] VOC 관련 상담건 수의 증가 추이

일본 시크하우스(sick house) 문제와 대응

- ▶ 주택 내부의 공기환경에 관한 문제

장시간 거주자에게 머리가 무겁고, 목이 아프고 기분이 나빠지는 상태와 이러한 증상이 발생하는 주택을 통칭하는 용어 일반건물의 건물증후군(SBS:sick building syndrome)과 같은 개념
- ▶ 주택의 고기밀화, 고단열화의 영향
- ▶ 1996년 5월 7일

일본 중의원에 Sick House 증후군에 관한 문제 상정 주거용 건물에 대한 환경문제의 일반화
- ▶ 1996.7 건강주택연구회 출범 (2년간 연구활동)

일본의 정부기관(건설성, 후생성, 통산성, 임야청) 주택의 신축, 개축 건물에 입주 예정인 거주자에 자료제공 주택의 화학물질 오염에 관한 지침(guide line) 제정 건축자재 발생 유해물질 300여 종류의 화학물질 중에서 인체에 미치는 영향이 큰 3종류의 화학물질, 3종류의 화학약품 선정

 - 3종의 화학물질 : 폼알데하이드,톨루엔, 자일렌
 - 3종의 화학약품 : 목재보존재, 가스제, 방충제
- ▶ 1998.4. 과학기술청의 과학기술 진흥조정기금

「실내 화학물질 오염 규명과 건강, 위생 거주환경의 개발」 과학기술청 과학기술진흥비조성-1998년 3개년 연구수행 쾌적건강한 주택에 관한 검토회의: IAPOC 연구
- ▶ 2003. 1 JIS (일본공업규격)

경제산업성, 일본공업규격협회 주관 2003년 3월 20일 개정 (대상 자재 확대 및 강화, 방산속도 개념 적용)
- ▶ 2003. 7.1 일본 건축기준법의 환기에 관한 법 개정 시행

주거용 건물의 환기시스템 의무화 24시간 환기개념도입, 환기횟수 0.7회로 증가

3. 실내 공기오염 및 VOCs 관리기준

실내공기오염은 다양한 형태의 실내공간에서 공기가 오염된 상태를 말하며, 실내오염은 매우 다양하고 복합적인 원인에 의해 발생된다. 일반적으로 사람들은 하루

중 80%이상을 가정, 사무실, 작업장, 공공건물, 상가, 음식점, 자동차, 지하철 등의 실내공간에서 생활하고 있기 때문에 실내공기질의 악화는 거주자들의 건강에 많은 영향을 주고 있다. 실내오염의 원인으로는 오염된 외부공기의 실내유입, 복합화학물질로 만들어진 단열재, 내화

[표 4]. 주요 건축자재와 방출오염물질

건축자재	오염원	방출오염물질
단열 자재 1. 섬유상 단열재(유리면, 암면) 2. 폴리우레탄단열재 3. 스티로폴 단열재	접착용 수지, 섬유상 물질 전처리물질, 아민, 발포제(CFC) 발포제(예, pentane), 스티렌잔유물	aldehydes, ketones, solvents FCs(chlorofluoro-hydrocarbons)
내부 마감자재 1. 수용성락커, 라텍스 2. 유성페인트, 락커 3. 카펫트 - 부직포 4. 소나무 목판 5. 조각목 바닥재 6. 리노륨 바닥재 7. 코르크 타일 8. PVC 바닥재료 9. 고무 바닥재	경화제, 솔벤트 솔벤트, Monomers 솔벤트, 첨가제 및 보조제, 부직포 처리용 수지 목재 추출물 목재 추출물, 락커, 접착제, 아교 지방산 목재 추출물, 합성수지산 경화제, 보조제, 솔벤트 향산화제, 경화제, 보조제	texanol, glycols, glycolethers solvents formaldehyde(HCHO) pentanal, hexane pinene, camphene, 3-carene, HCHO etc. (34 components identified) HCHO, solvents, terpenes, aldehyde (12 components identified) fatty acids, toluene, 3-methylpentanes (16 components identified) 1,2-propandiol, 4-methyldioxalan, HCHO, 2,2,4,6-pentamethyl-heptane (25 components identified) TXIB(2,2,4-triethyl-1), 2-ethyl-1-hexanol, aromatic and aliphatic hydrocarbons, phenol(17 - 58 components identified) styrene, isododecene
코킹, 실런트 자재 1. 실리콘 코킹제 2. 아크릴 코킹제 3. 폴리우레탄 4. 폴리에스테르, 중합 합성콘크리트	시공시의 아세트산 솔벤트 경화제, 솔벤트 폴리에스테르 수지, 스티렌	acetic acid solvents solvents styrene residue, phtalic acid
기타 건축자재 1. Chipboard 2. 접착제, 아교	우레아 포름알데히드 수지 solvents	HCHO 2-ethyl-1-hexanol

[표 5]. VOCs의 기준(WHO)

VOC의 종류	농도(mg/m³)
알칸	0.1
방향족탄화수소	0.05
델펜	0.03
하이드로카본	0.03
에스텔	0.02
알데히드·케톤	0.02
기타	0.05
합계 (총 VOC)	0.3

발암성, 냄새등을 유발하는 유해 오염물질의 기준(WHO Guideline)		
Substance	Time-weighted average	Averaging time
Cadmium	5ng/m³ ^a	annual
Carbon disulfide ^b	100µg/m³	24hours
Carbon monoxide	100mg/m³ ^c	15minutes
	60mg/m³ ^c	30minutes
	30mg/m³ ^c	1hour
1,2-Dichloroethane ^b	10mg/m	38hours
	0.7mg/m³	24hours
	Dichloroethane	3mg/m³
Formaldehyde	0.45mg/m³	1week
	0.1mg/m³	30minutes
Hydrogen sulfide ^b	150µg/m³	24hours
Lead	0.5µg/m³	annual
Manganese	0.15µg/m³	annual
Mercury	1µg/m³	annual
Nitrogen dioxide	200µg/m³	1hour
	40µg/m³	annual
Ozone	120µg/m³	8hours
Particulate matter ^e	Dose-response	-
Styrene	0.26mg/m³	1week
Sulfur dioxide	500µg/m³	10minutes
	125µg/m³	24hours
	50µg/m³	annual
Tetrachloroethylene	0.25mg/m³	annual
Toluene	0.26mg/m³	1week
Vanadium ^b	1µg/m³	24hours

재 등의 건축자재와 공기정화제, 가습기, 플라스틱제품, 각종 살포제 등의 생활용품, 흡연에 의한 인간의 활동, 에너지의 절감과 고효율을 위한 건물의 밀폐화에 따른 환기량의 부족 등이 있으며, 실내공간의 공기질을 오염시키는 주요물질로는 미세먼지, 연소가스(CO, NO2, SO2), 포름알데히드, 석면, 라돈, 중금속, 담배 연기, 미생물성 물질, 휘발성유기화합물 등이 있다. 이러한 실내공기 오염물질은 코와 눈의 자극에 의한 호흡기 질환과 알레르기성 질환 등을 유발시키며 발암성을 나타내기도 한다. 빌딩증후군(SBS-Sick Building Syndrome)은 실내오염의 대표적인 증상으로 주로 건축자재, 가구, 접착제, 카펫, 흡연 및 연료의 연소에 의해 발생되며, 점막자극, 두통, 구역질 및 현기증과 같은 증상을 일으키는 등 재실자들의 건강상에 매우 큰 영향을 준 것으로 알려져 있다.

이러한 사건들은 국내를 비롯하여 외국 여러 선진국가들에게 실내오염에 대한 관심을 부각시키는 계기를 가져다 주었다. 이처럼 실내공기질의 중요성이 대두되면서 외국의 경우 1970년대초 미국의 환경보호청(EPA)를 비롯하여 캐나다, 일본, 유럽국가 등에서 실내공기질(IAQ)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 캐나다와 영국을 비롯한 선진국에서는 일부건물을 대상으로 쾌적한 실내 공기질을 유지하기 위해 실내환경 인증제도를 도입하는 방안을 고려하고 있으며, 여러 국가에서 실내환경 인증제도를 시행하고 있다.

3.1 선진국의 실내공기중 VOCs의 관리기준

선진국에서는 1970년대이후 에너지절감에 따라 단열재와 같은 건축자재가 사용되었고 건물의 밀폐화가 진행되었다. 이로인해 다양한 오염물질들이 실내공기로 방출되었으며, 실내오염의 대표적인 증상인 빌딩증후군

(SBS)등이 발생되면서 실내오염에 대한 문제가 사회적 관심사로 증대되었다. 이러한 이유로 1980년 이전에 구미각국과 일본 등에서는 실내공기질을 하나의 새로운 환경문제로 인식하고 실내오염에 대해 연구가 활발히 진행되고 있었다.

[표 6]. 포름알데히드(HCHO)에 대한 주요국가의 기준

국가 · 기관	기준농도(ppm)	국가 · 기관	기준농도(ppm)
노르웨이	< 0.05	미국	0.1(EPA), 0.4(연방정부)
WHO	< 0.08	이태리	0.1
일본후생성	0.08	스웨덴	0.11, 최저농도0.17
오스트리아	0.08	덴마크	0.13
캐나다	0.10(현재), 0.05(차기목표치)	핀란드	0.13(1981년 이후건물) 0.25(1981년 이전건물)
호주	0.10	스위스	0.2
독일	0.10	스페인	0.4

3.2 건축자재 품질인증 제도

유럽공동체(EC)와 핀란드에서는 건축자재의 오염물질 방출강도의 특성을 활용하여 실내 환경, 마감재료에 대한 분류규정을 제정하여 설계지침으로 활용하고 있다. 이러한 추세에 의해 앞으로는 건축자재에 대한 오염물질의 방출특성이 매우 중요한 사항으로 부각될 것이며, 무공해(Non-Toxic) 건축자재의 활용이 확대되고 건축계획 및 시공과정에서의 건축자

[표 7]. 실내환경의 화학물질 기준(일본, 후생성)

화학물질	Reference	기준농도*	제정연도
Formaldehyde	Irritation of mucous membranes of eyes, nose & upper respiratory tract	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1997
Toluene	Reversible effects upon liver, renal, nervous systems and reproduction	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
Xylene	Effects on liver and kidney of pregnancy rats	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
p-dichlorobenzene	Effects on liver and kidney of beagle hounds	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
Ethylbenzene	Effects on liver, kidney, nervous systems of mouse and rats	3,800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
Styrene	Effects on brain, nervous systems and liver of rats	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
Chlorpyrifos	Effects on nervous system of infant rats in exposure of pregnant female rats, morphological influence on infant rats of brain	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Infant 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2000
DBP	Influence on genital organ structural malfunction of infant rats in female rats	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000
Tetradecane	Effects on liver by oral exposure in rats	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001
DOP	Effects on testis by oral administering in male rats	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001
Diazinon	Effects on red blood corpuscle colineesterase revitalization in rat's inhalation	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001
Nonanal	Toxic academic influence by oral exposure of rat	41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001
Acetaldehyde	Effects in rats on nasal cavity sense of smell cuticle	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001

재선정의 기준으로 활용하고 있다.

1) SCANVAC(스칸디나비아 국가)

스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 덴마크의 연합체로 구성된 HVAC, 에너지, 건축환경, 의학 등을 전문으로 하는 학회인 SCANVAC에서는 휘발성 유기화합물질에 의한 실내 공기환경의 규정을 포름알데히드와 총 VOC(total volatile compounds)의 농도에 의하여 3단계(AQ1, AQ2, AQX)로 구분하여 제시하고 있다. 단, AQ는 air quality의 약칭이다. 또한 건축재료로 부터의 오염물질 방출강도에 따라 건축재료를 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. 여기서 MEC는 Material Emission Class의 약칭이다.

[표 8]. 실내 공기환경의 분류(SCANVAC)

구분	노출 시간	최대 허용농도(mg/m3)		
		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.

[표 9]. 건축재료의 분류(SCANVAC)

방출강도의 분류	최대 방출강도(20 °C, RH 50%)
MEC-A	40 µg/m² per hour
MEC-B	100 µg/m² per hour
MEC-C	450 µg/m² per hour

2) 핀란드의 내장재료의 분류

[표 10]. Classification of Indoor Climate 2000 (핀란드 인증)

항 목	단위	등급 기준		
		S1	S2	S3
라돈	Bq/m³	100	100	200
이산화탄소 (CO₂)	ppm	700	900	1200
암모니아, 아민 (NH₃)	µg /m³	30	30	40
포름알데히드 (HCHO)	µg /m³	30	50	100
VOCs (TVOC)	µg /m³	200	300	600
일산화탄소 (CO)	mg /m³	2	3	8
오존 (O₃)	µg /m³	20	50	80
냄새		3	4	5.5
분진 (PM10)	µg /m³	20	40	50

[표 11]. 핀란드의 건축실내 마감재료의 분류체계(FISIAQ & SAFA, 1995, 2000) Joint CIB-ISIAQ TG42, 2002

구분	M1	M2	M3
VOCs	0.2ng /m²h	0.4ng /m²h	M2에서
포름알데히드	0.05ng /m²h	0.125ng /m²h	정의한
암모니아	0.03ng /m²h	0.06ng /m²h	범위를 넘는
발암성 물질	0.005ng /m²h	0.005ng /m²h	물질
냄새	무취성의 재료 (냄새에 대한 불만족도 15%이하)	강한 냄새가 나지 않는 재료 (냄새에 대한 불만족도 30%이하)	
기타	플라스터 등에는 카세인이 포함되지않아야 함		
대상자재	바닥재, 페인트, 니스, 보드류, 광물섬유, 플라스터, 첨가제 등		

- 전자재 오염물질 방출 등급 인증 제도 (M1 Classification)
· 핀란드 건설정보센터(RTS)에서 주관

3) 독일

독일은 소비자들로 하여금 환경친화적 상품을 구매하도록 할 목적으로 1997년 독일 접착제 생산업체들이 GEV(Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlege - werkstoffe)라는 비영리 단체를 만들어 환경라벨링을 실시하고 있으며 현재 유럽 5개국, 30개 업체가 참가하여 400 여 제품에 대해 EMICODE 등급(2000년 기준)을 부여하고 있다.

[표 12]. 독일 건축자재(실내공기환경) 인증기준

등급	방출량 범위	총 VOC (프라이머)	총 VOC (모르타르)	총 VOC (접착제 등)
EMICODE EC1	매우 낮음	100 μ g /m ² 하	200 μ g /m ² 하	500 μ g /m ² 하
EMICODE EC2	낮음	100-300 μ g /m ²	200-600 μ g /m ²	500-500 μ g /m ²
EMICODE EC3	다소 높음	300 μ g /m ² 상	600 μ g /m ² 상	1500 μ g /m ² 상

● 독일정부의 Blue Angel

UBA(Federal Environmental Agency) 와 BAM(Federal Institute for Materials)이 공동으로 목재 제품에 대한 Eco-Label(RAL-UZ38 rev)을 만들었다. 포름알데히드(0.1ppm) 및 VOCs(<250g/L : 액상 자재, <300 μ g/m³ : 일반 자재) 등 실내공기환경과 관련된 오염 물질 인증 기준 뿐만 아니라 제품 포장, 재생 원료 사용률, 사후 처리등도 인증기준에 포함되어 있다.

- EMICODE

- 독일 접착제 제조자들로 구성된 비영리 단체인 GEV가 주관
- 챔버법에 의해 10일 이후 측정값으로 판정

구분	TVOC 농도 (μ g/m ³)		
	EC 1	EC 2	EC 3
접착제	500	1500	발암물질만
프라이머	100	300	함유하지
충진제	200	600	없을 경우

- Blue Angel

- 독일 환경부에서 주관
- 88개 생활용품에 대해 환경에 유해한 정도, 재활용성, 인체 유해성, 폐기물활용 등을 평가하여 친환경 마크 부여
- 접착제, 페인트, 벽지 등의 건자재를 포함

- RAL-UZ38

- Blue Angel의 일환으로 환경부와 연방재료연구소가 제정
- 챔버법에 의해 일정시간 경과 후 공기농도로 판정

구분	평면형상의 제품 (도어,판넬,적층플로어링,목재바닥)		입방형상의 제품 (가구 등)	
	초기값	최종값	초기값	최종값
	24시간 후	28일 후	24시간 후	28일 후
포름알데히드	-	0.05ppm	-	0.05ppm
VOCs	-	300 μ g /m ³	-	600 μ g /m ³
SVOCs	-	100 μ g /m ³	-	100 μ g /m ³
발암물질	1 μ g /m ² 만	1 μ g /m ² 만	1 μ g /m ² 만	1 μ g /m ² 만

4) 미국

- 카펫 인증 프로그램 (시험 방법 : ASTM D5116)

- 카펫과 피혁 협회(CRI Carpet and Rug Institute) 주관

구분	성분	기준 (mg/m ² h)
카펫	TVOC	0.5
	Styrene	0.4
	4-phenylcyclohexene	0.05
	Formaldehyde	0.05
접착제	TVOC	10
	Formaldehyde	0.05
	2-Ethyl-1-Hexanol	3

- 포름알데히드 인증 프로그램

- 주택도시개발부(HUD)와 합판 협회(HPVA) 주관

구분	기준	Loading Factor (ft ² /ft ³)
벽용 합판	0.2ppm	0.29
파티클보드, 산업용 합판	0.3ppm	0.13

- 파티클 협회 (National Particleboard Association) 주관

구분	표준	기준	Loading Factor (ft2/ft3)
산업용 파티클보드	ANSI A208.1	0.3ppm	0.13
바닥용 파티클보드	ANSI A208.1	0.2ppm	0.13
데크용 파티클보드	HUD	0.3ppm	0.13
MDF	ANSI A208.2	0.3ppm	0.08

- Green Guard

- 비영리 단체에 의해 운영되는 친환경 가구 및 건축자재 인증 프로그램
- ASTM D5116에 의한 시험방법으로 96시간째의 농도로 판정

구분	성분	기준
접착제 일반건축재 바닥재	TVOCs	0.50ng /m³
	Formaldehyde	0.05ppm
	Total aldehydes	0.1ppm
	4-phenylcyclohexene	0.0065ng /m³
가정용 가구	Styrene	0.70ng /m³
	TVOCs	0.50ng /m³
천정재 단열재	Formaldehyde	0.05ppm
	Total aldehydes	0.1ppm
	분진	0.05ng /m³
	TVOCs	0.50ng /m³
사무가구 (의자, 데스크, 테이블 등)	Formaldehyde	0.025ppm
	Total aldehydes	0.05ppm
	4-phenylcyclohexene	0.00325ng /m³
	TVOCs	0.50ng /m³
페인트	Formaldehyde	0.05ppm
	Total aldehydes	0.1ppm
	Styrene	0.070ng /m³
	TVOCs	0.50ng /m³

구분	성분	기준
벽지	TVOCs	0.50ng /m³
직물	Formaldehyde	0.05ppm
가구	Total aldehydes	0.1ppm
(워크스테이션)	4-phenylcyclohexene	0.0065ng /m³

5) 캐나다

- Environmental ChoiceM Program

(<http://www.terrachoice.ca/>)

- 캐나다 환경부에서 1988년 실시
- 29개 생활용품에 대해 환경에 유해한 정도, 재활용성, 인체 유해성, 폐기물활용 등을 평가하여 친환경 마크 부여
- 첩착제, 페인트, 카펫트 등의 건축자재 포함
- 용도별로 VOCs 함유량 및 독성물질 기준 지정

종류	성분	기준	비고
페인트	VOCs 함량	200g/L 이하	
카펫트	TVOC	0.25ng /m³h	24시간 이후
	포름알데히드	0.02ng /m³h	48시간 이후
카펫트접착제	TVOC	0.05ng /m³h	72시간 이후
	포름알데히드	0.02ng /m³h	72시간 이후

6) 일본

일본에서도 최근 SBS(Sick Building Syndrom)가 사회 이슈화되어 건설성을 비롯하여 후생성, 농림성등 정부기관에서 실내공기환경 오염에 관한 지침을 제정하였으며 건설성에서는 2000년 6월 주택품질확보촉진법을 고시하고 실내공기환경에 대한 성능평가기준을 마련하여 파티클 보오드, 합판, 목재집성판, 복합바닥재에서 방출되는 포름알데히드량에 따라 각각 3등급으로 구분하여 평가·인증을 하고 있다. 또한 농림성에서는 일본

의 합판공업조합과 함께 JAS(일본농림규격)을 제정하여 오염물질 방출량에 따라 3등급으로 분류하여 제품에 대한 Labelling을 실시하고 있다.

- JIS (일본공업규격)

- 경제산업성, 일본공업규격협회 주관
- 2003년 3월 20일 개정 (대상 자재 확대 및 강화, 방산속도 개념 적용)

등급	방산속도($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	비고	시험 방법
F☆☆☆☆	5 이하	건축기준법상 제한 없음	JIS A 1901
F☆☆☆	20 이하	건축기준법상 면적 제한	
F☆☆	120 이하		
등급외	120 초과	건축기준법상 사용 금지	
적용 자재	접착제류 6종 (마루 마무리재용 접착제, 나무 블록용 접착제, 벽·천정 보드용 접착제, 발포 플라스틱 보온판용 접착제, 조각용 접착제, 마루 응용 접착제) 단열재류 3종 (인조 광물 섬유 보온재, 주택용 인조 광물 섬유 단열재, 취입용 섬유질단열재)		

등급	방산량(mg/L)	비고	시험 방법
F☆☆☆☆	0.120이하	건축기준법상 제한 없음	JIS K 5601-4-1
F☆☆☆	0.35 이하	건축기준법상 면적 제한	
F☆☆	1.8 이하		
등급외	1.8 초과	건축기준법상 사용 금지	
적용 자재	도료류 11종 (알루미늄 페인트, 유성 조합 페인트, 합성 수지 조합 페인트, 프탈산 수지 바니시, 프탈산 수지 에나멜, 유성계 기초 도료, 일반용 방수제 페인트, 다채 모양 도료, 가정용 옥내목상도료, 가정용 목부 금속부 도료, 건물용 마루 도료) * F☆☆☆☆등급만 규정하고 있는 자재 도료류 16종 (셀락 니스류(셀락 니스·흰색 셀락 니스), 니트로 셀룰로스 래커, 래커계 실러, 래커계 기초 도료, 염화 비닐 수지 바니시, 염화 비닐 수지 에나멜, 염화 비닐 수지 프라이머, 아크릴 수지 바니시, 아크릴 수지 에나멜, 건축용 폴리우레탄 수지 도료, 광택 합성 수지 에멀전 페인트, 합성 수지 에멀전 페인트 및 실러, 합성 수지 에멀전 모양 도료, 합성 수지 에멀전 파테, 아크릴 수지계 비수분산형 도료, 가정용 옥내벽 도료)		

7) 우리나라의 환경라벨링제도

건축자재(실내공기질)와 관련하여 시행한 환경라벨링은 제 1 유형에 속하는 환경표지제로 전체 49개 대상제품 중 건축자재(실내공기질) 관련 제품은 목재성형제품, 사무용 목재 책상 및 테이블, 유성페인트, 수성페인트에 대하여 시행. 2001년 부터 국제표준화기구에서 추진중에 있는 3가지 유형의 환경라벨링 국제표준화 규격(ISO 14020s) 중 제 3 유형인 「환경성적표지규격」 제도 도입

- KS(한국공업규격)

건재	등급	포름알데히드 방산량(mg/L)	
		평균	최대
합판 (KS F 3101)	F1	0.5	0.7
기타 합판류	F2	5	7
	F3	10	12
파티클보드 (KS F 3104)	E0	0.5	
섬유판 (KS F 3200)	E1	1.5	
치장 목질 플로어링보드 (KS F 3126)	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	

- 친환경 건물 인증 제도

- 환경부와 건설교통부에서 시행하고 주택공사에서 인증
- 유해물질 지방출 자재 사용에 따른 가점 부여

- 환경마크

- 환경부와 환경마크 협회에서 주관
- 일부 건자재 등 생활용품에 대해 환경에 유해한 정도, 재활용성, 인체 유해성, 폐기물활용 등을 평가하여 친환경 마크 부여

4. 주택의 실내공기환경 개선대책

4.1 건축자재와 실내의 환경인증제도

최근 환경친화적 건축에 대한 인식이 높아지면서 건축자재 생산업체 들은 건축자재의 재활용, 유독가스 배출 현황, 휘발성 유기화합물질(VOCs), 실내공기환경, 폐기물, 건물의 각종설비와 에너지절약 등을 포함한 건축자재의 오염물질 배출강도 등에 대한 종합대책을 마련하고자 노력하고 있다. 건축자재의 환경성능에 대한 인식이 변화하면서 구매자의 가장 큰 욕구인 가격, 성능, 미적 감각 등을 만족하도록 고려할 뿐만 아니라 제품의 생산과정과 제품자체에 대한 환경측면의 “그린”개념을 도입하여 많은 신제품을 개발하고 있다. 선진국에서는 재활용 짚섬보드를 사용한 건식벽체, 저농도 VOC방출 페인트, 수용성 접착제, 낮은 포름알데히드 방출 건축재 등을 개발하여 보급하고 있다.

환경건축에 관한 관심이 높아지면서 건축자재의 그린화와 이에 대한 인증제도가 새롭게 관심을 모으고 있다. 영국에서는 이미 신축건물에 대하여 환경성능에 기초한 평가에 의하여 건물의 인증제도를 제도화하였으며, 각 분야별 성능에 따른 평점제도를 도입하여 건물의 수준을 평가하고 있다. 영국의 BREEAM에 의한 인증제도는 매우 성공적이며, 건축가나 건축주, 임차인 모두에게 영향을 주어 건설 시장에 널리 보급되고 있다. 미국에서도 환경건축에 관한 적용방안으로 그린인증제도 (green certification systems)을 도입하고 있다. 핀란드에서는 건축자재의 오염물질 방출강도의 특성을 활용하여 실내환경, 마감재

료에 대한 분류규정을 제정하여 실내 환경설계를 위한 설계지침으로 활용하고 있다.

이 규정에서는 건축주나 시공업체, 건축가, 건축자재 생산업체 등이 필요한 건축공사 관리규정, 건축공사 시방서, 설비공사 시방서, 건축시공 업체와 건축가를 위한 설계지침, 기타 건축행위에 따른 각종 관계서류에 첨부되어 활용되고 있다.

일본농림성에서는 실내에 HCHO의 방출량이 많은 바닥목재와 합판재의 규격을 설정하여 제품에 라벨을 부여하고 있다. 일본의 합판공업조합과 함께 JAS(일본농림규격)을 제정하여 오염물질 방출 강도에 따라 F1(0.5mg/L이하), F2(5mg/L이하), F3(10mg/L이하)의 3등급으로 구분하여 마크를 부여하도록 규정하고 있다. [그림 5]는 일본JAS에서 제정한 마크의 예를 나타낸다. 또한 일본 벽장재료협회에서는 [그림 6]과 같이 벽지에 대한 등급마크를 제정하여 실내 오염물질 방출 강도에 영향을 미치는 재료별 지침을 정하여 운영하고 있다.

우리나라에서도 환경부와 건교부를 중심으로 건물의 환경친화성 인증제도의 적용을 위한 관련제도를 준비하고 있으며, 주거용 아파트에 대하여서는 2000년도에 시범적용하고, 2001년부터 아파트를 중심으로 환경친화형

[표 4]. 포름알데히드와 VOCs 대책

제어의 종류	제어 방안	비 고
VOCs 등의 발생 억제	건축자재의 선정시 Non-HCHO 또는 Non-VOCs 제품의 선정	미래에는 이 방법이 주로 이용될 전망이다
환기에 의한 VOCs의 배출	계획환기에 의한 오염물질 제거, 24시간 소풍량 환기	운전비용이 싸다 가구나 생활중에 방출되는 화학물질에 대한 대책
VOCs 등의 흡착	VOCs 제어용 공기청정기	기존 건물 중에서 환기설비가 미비된 공간

인증제도의 본격적인 시행을 위하여 적용방안을 마련하고 있다. 이러한 추세에 의해 앞으로는 건축자재에 대한 오염물질의 방출특성이 매우 중요한 사항으로 부각될 것이며, 무공해(non-toxic) 건축자재의 활용이 확대되고 건축계획 및 시공과정에서의 건축자재선정의 기준으로 활용될 것으로 예측된다

4.2. 주택 환기방식의 개선

1) 주택의 환기계획 및 환기시스템 도입

필요 환기량은 실내의 오염물질의 종류와 농도에 따라 변화한다. 환기량은 모든 오염원으로부터 발생하는 전체 발생량을 기준으로 하며, 필요환기량을 결정하기 위해 제어대상의 오염물질을 파악하여야 한다. 주된 오염물질은 기초로 충분한 환기량이 결정되면 기타의 부수적인 오염물질은 상대적으로 허용농도 이하로 유지할 수 있다. 따라서 환기량은 주요 오염물질의 농도를 적절한 수준으로 유지하기 위하여 실내공기를 희석하는데 요구되는 필요환기량을 의미한다. 일반적으로 필요환기량을 확보하고 오염농도를 기준이하로 유지하고, 오염원의 발생을 최소화시킨다면 건강과 쾌적감을 충족시킬 수 있다.

2) 가족건강의 고려한 오염물질의 제거

① 먼지, 황사, 화분, 미생물, 곰팡이 포자 등의 제거 : 호흡기의 자극과 질환을 유발할 수 있고, 알레르기 원인물질이므로 이를 제거하기 위하여 제진기능을 확보하여야 한다. 공기청정기에 고성능 Air Filter를 설치하여 미세먼지와 곰팡이 포자 등을 제거하여야 한다.

② 담배연기와 냄새의 제거(제진, 탈취 기능) : 실내기나 공기청정기에 고성능 에어필터를 설치하여 0.01 μm 이상의 미세먼지를 제거하고, 활성탄 필터로 탈취기능을 유지한다.

③ VOCs와 CO₂의 제거, 배출 : 휘발성 유기화합물질(VOCs)이나 CO₂ 등에 오염된 실내의 공기는 전열교환기나 환기유니트, 공조용 실내 유니트에서 처리하여 실외로 배출한다.

④ 온도조절과 제습작용 (실내습도 60%이하 유지) : 실내 유니트 내부에 습도센서를 설치하여 최적의 조건으로 운전하며, 조건에 따라 제습운전을 실시하여 실내의 상대습도를 60%이하로 유지하며 곰팡이 등의 미생물 번식을 억제한다.

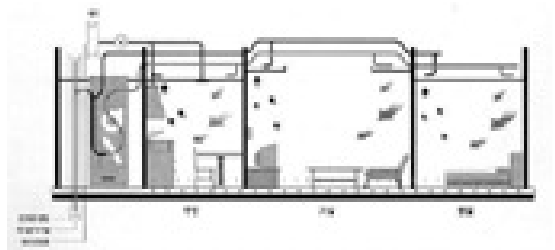
3) 쾌적성의 확보

세대 전체를 쾌적하고 건강한 환경으로 유지

세대내 공기가 적절하게 순환되고 쾌적환경을 조성하기 위하여 각 실의 온도차가 없도록 유지하며, 화장실, 욕실, 주방 등도 설정온도를 유지하도록 운전한다.

4) 에너지 절약

전열교환기 채택(전열회수율 60~70% 정도)



[그림 7] 단위세대 환기흐름도 (중앙식 환기설비)

에너지 절약기술로 경제적 운전 경비

실내온도를 유지와 배열회수에 적합한 전열교환기를 이용한 환기 유닛을 설치하여 외기를 도입하고 실내의 배열을 회수한다. 외기의 조건에 의해 실내온도가 영향을 받지 않으므로 쾌적한 실내환경을 유지하면서 에너지 절약을 달성할 수 있다.

5) 주방의 배기

- ① 열, 습기의 제거 : 주방에서 음식물을 조리할 때 발생하는 열과 습기를 효과적으로 제거할 수 있다. 조리시 발생하는 열과 습기, 냄새가 주변으로 유출되지 않도록 고려한다.
- ② 연소상 오염물질의 배출 : 조리시 사용하는 가스 레인지에서 발생하는 오염물질과 열이 효과적으로 배출될 수 있도록 레인지 후드의 설계, 신선공기의 공급 및 공기흐름 등을 고려하여 효과적인 주방의 배기장치를 설계한다.
- ③ 냄새의 제거 및 확산의 차단 : 조리시 발생하는 음식물 냄새를 효과적으로 배출하고 인접실로 확산되지 않도록 환기계획을 수립한다. 주방과 인접실과의 기류의 흐름과 차압등을 고려하여 냄새가 주변이나 건물 전체로 확산되는 것을 방지한다.
- ④ 주방용 배기와 세대내의 Air Balance : 배기용 후드와 흡입공기량, 공급공기량, 인접실과의 차압 특성, 취출구와 흡입구의 위치, 공기의 유동특성 등을 고려하여 효과적인 환기계획을 수립한다.

실내 공기질의 중요성이 인식되면서 실내 공기에 대한 각종 오염원의 종류와 특성, 오염원의 제어방안과 환경오염 방지대책에 관한 관심이 증가하고 있으며, 실내환경의 규제방법과 개선방안을 위하여 노력하고 있다. 외국에서는 보건, 위생적으로 안전한 거주공간의 공기환경을 유지하기 위한 설계지침은 물론 효과적인 관리방법 등을 위한 환경기준을 제시하고 있다. 현재까지 재실자들로 부터 방출되는 물질이 실내 공기오염의 주원인으로 취급하여 왔으나 실내공기의 오염원인은 재실자보다도 실내의 가구나 내장재료, 카펫트, 환기설비 등을 포함한 건축물 자체에서 기인되는 것으로 평가되고 있다. 최근 아파트의 고층화, 대형화, 고기밀화로 인하여 자연환기의 한계가 한계가 나타나고 이러한 환기부족의 문제를 해결하기 위하여 종래의 자연환기방식이나 주방과 화장실에 설치된 국소적인 강제배기방식을 탈피하여 근본적으로 실내환경을 개선시킬 수 있는 24시간 지속적인 세대내의 환기설비와 냉난방 설비 등 아파트 설비계획의 보완이 중요한 과제로 생각되어진다.

건축설계시 오염물질을 많이 방출하는 마감자재를 선정한 경우에 실내 환기량을 증가시켜 실내의 환경을 개선하려는 시도할 수 있으나 이러한 방법은 매우 불합리하며, 환경의 목표치를 달성하기에는 어려운 방법이라 할 수 있다. 일반적으로 필요환기량을 결정할 때 실내 건축자재로부터 방출되는 오염물질의 농도를 처리할 수 있도록 충분히 고려하기는 매우 어려운 상황이다. 왜냐하면, 건축 마감재료의 선정은 대부분 건축공사 과정의 후기단계에서 이루어지는 경우가 많기 때문이다. 건축자재로 부터 방출되는 오염물질의 특성과 실내공간에 미치는 영향을 조사분석하여 이에 대한 합리적인 대책

5. 결론

이 시급히 요구되며, 이에 대한 건축자재의 분류작업을 통한 데이터베이스를 구축하고 이를 활용한 설계지침과 유지관리방법 등을 제시하기 위한 체계의 확립이 요구된다. 또한 실내공기의 질(IAQ)은 재실자에게 보건 위생적으로 안전하고 쾌적한 조건으로 유지되어야 한다. 실

내에서 발생할 수 있는 오염물질을 충분히 제거 또는 희석시킬 수 있도록 고려되어야 하며, 에너지절약과 실내공기의 질적 향상이란 상반된 입장을 모두 만족시킬 수 있는 방법이 면밀히 검토되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. 윤동원, 2001, 건축재료의 VOCs 방출농도의 측정평가 방법, 제17회 공기청정기술세미나 '2001 자료집.
2. 윤동원, 2000, 주거용건물의 화학물질에 관한 고찰, 주택 제 66호, 대한주택공사
3. 김신도, 2000, 건축 자재에서의 VOCs 방출량 측정, 실내 VOCs 토론회 자료집, 한국공기청정협회
4. 환경부, 2001, 실내공간의 VOCs 특성 및 제어방안에 대한 기초조사
5. 한국공기청정협회, 1999, 국제공기청정심포지움 '99 자료집.
6. 한국공기청정협회, 2000, 제17회 공기청정 기술세미나 '2000 자료집.
7. 壁織材料協會, 2000, 放散試驗方法, 建築材料揮發性有機化合物(VOC)及汚染物類放散測定
8. Bruce A. Tichenor, Mark A. Mason, 1988, Organic Emissions from Consumer Products and Building Materials to the indoor Environment, JAPCA, Vol. 38, No. 3, pp. 264~268.
9. K Levsen, E Iigen, J Angerer, P Schneider and J Heinrich, 1999, HUMAN'S EXPOSURE TO BENZENE AND OTHER AROMATIC HYDR OCARBONS : INDOOR AND OUTDOOR SOURCES, Indoor Air 99, Vol. 5, pp. 312~317.
10. J.S.Park, S.Fujii, 1999, EVALUATION OF VOC EMISSION FROM SOLID BUILDING MATERIALS BY DIFFUSION MODEL, Indoor Air, Vol. 5, pp. 161-166
11. L.Molhave, G.Clausen, B.Berglund, J.DE Ceaurriz, A.Kettrup, T.Lindvall, M.Maroni, A.C.Pickering, U.Risse, H. Rothweiler, B.Seifert and M. Younes. (1997), Total Volatile Organic Compounds(TVOC) in Indoor Air Quality Investigations, Indoor Air, (7) 225-240.
12. H.N.Knudsen, U. D. Kjacr, P. A. Nielsen, P. Wolkoff.(1999), Sensory and chemical characterization of VOC emissions from building products : impact of concentration and air velocity, Atmosperic Environment, 1217-1230.
13. Rikke bramming jorgensen, Olav bjorseth and bjarne malvik. (1999), Chamber testing of adsorption of Volatile Organic Compounds(VOCs) on material surfaces, Indoor Air, (9) 2-9.
14. S.K.Brown, (1999), Chamber assessment of formaldehyde and VOC emissions from wood-based panels, Indoor Air, (9) 209-215.