

주택 내부의 실내공기오염 특성과 대책

윤 동 원

경원대학교 건축설비학과 (dwyoon@mail.kyungwon.ac.kr)

건강한 주거 환경

대도시에서 한정된 대지의 효율적 이용을 위해 보급이 증가되고 있는 아파트는 보편적인 주거유형으로 정착되고 있으며, 주거용 건물은 일반건물과 달리 24시간동안 재실하며 취사, 취침, 접대, 청소 등 다양한 활동이 행해지기 때문에 재실인원에 비해 오염물질이 발생할 가능성이 높다. 이때 발생하는 오염물질은 비록 저농도라 하더라도 거주자가 실내에서 보내는 시간이 길기 때문에 건강측면에서 무시할 수 없다. 또한, 고층아파트의 환기성능은 매우 다양한 요소에 영향을 받는다. 재실자들이 온도, 습도와 같이 인체의 감각으로 판단할 수 있는 요소에 대해서는 비교적 쉽게 쾌적한 환경을 조성할 수 있으나, 실내공기오염의 경우에는 유해물질이 비교적 저농도이고 당장에 문제가 되지 않기 때문에 의식을 하지 못하거나 무시해 버리기 쉽다. 건물은 거주자에게 최적의 거주환경을 제공하는 것이 무엇보다 중요하며 최근 환경오염과 더불어 건강에의 피해가 사회문제로 부각되고 있는 시점에서 쾌적한 환경과 건강의 문제에 대한 기본적인 욕구를 충족시켜 주는 것이 매우 중요한 사항으로 인식이 되고 있다. 일반적으로 주거용 건물은 재해로부터의 안전성, 생리적, 정신적 충족과 생활욕구의 만족, 경제적 조건의 만족 등이 충족되어야 한다. 이러한 기본적 조건을 만족하면서 거주자에게 쾌적성을 제공하고 건강한 생활을 보장하기 위하여 한걸음 더 나아가 쾌적하고 건강한 주거 환경의 개념이 새롭게 정립되고 있다.

최근에 『건강 주택』, 『건강 자재』, 『무공해 건축자재』 등의 말이 자주 등장하고 있다. 건강이란 가족 구

성원의 개개인의 신체적 특성으로 나타나는 결과로 질병으로부터 자유로운 상태를 말하는 것이므로 주거 공간은 『건강한 거주환경』이란 말로 대신할 수 있다. WHO(세계보건기구)에서는 “쾌적하고 건강한 거주환경이란 구조적으로 안정되고 사고에 의한 위험성이 없으며, 여기에 살고 있는 사람마다 만족한 생활을 할 수 있는 충분한 공간환경을 보장하는 것”이라 정의하고 있다. 따라서 거주공간에는 적절한 공급설비와 위생처리설비를 비롯하여 기후와 외부환경 변화에 따라 거주자를 보호할 수 있어야 한다. 더욱이 과민성체질의 사람이나 생활에 특별한 지원을 필요로 하는 사람을 포함하여 거주인에게 신체적, 정신적으로 과도한 부담을 적절히 완화시킬 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

건물의 기밀성능 향상과 더불어 고단열 건물의 보급으로 인하여 주택의 건축자재에서 발생하는 휘발성유기화합물질에 의한 건강에의 피해가 현저하게 증가하고 있다. 특히 『화학물질 과민증』의 체질을 지닌 거주자의 피해가 증가하고 있으므로 건축자재로부터 발생하는 화학물질에 대하여 정량적, 정성적인 자료를 기초로 하여 주거용 건축의 신축, 개보수 등에 적용하여 대책을 마련하고 주택의 구입과 유지관리 등에 반영하여 건강한 거주환경을 확보하는 것이 중요하게 인식되고 있다. 실내공간에서 사용되는 건축재료나 가구 등은 재료의 내구성 향상과 작업의 편의성을 위하여 여러 가지 화합물질들이 사용되고 있으며, 다양한 종류의 휘발성유기화합물질이 실내공기 중으로 방출되고 있다. 화학물질에 의한 실내오염물질의 농도는 건축자재의 종류와 생산과정, 경과시간의 정도에 따라 방출강도가 다르며 부적절한 건축



집 중 기 획 건물에서의 실내공기질 문제

자재의 선정은 오염물질의 농도를 가중시키고 있는 것을 볼 수 있다. 실내오염물질의 저감을 위해서는 환경친화형 건축의 보급과 오염물질을 방출하는 건축자재의 사용제한, 무공해 건축자재의 개발 등에 대한 정책적 방안이 필요하다고 할 수 있다.

주거환경의 변천과 주택의 실내공기환경

우리나라 주거환경의 변천

우리나라에서는 고래로부터 풍수지리에 의한 양택

■ 전통 가옥

- ▶ 풍수지리, 양택론에 의한 전통가옥 (초가집, 기와집 등 전통 가옥)
- ▶ 여름철 시원하고 겨울철 따뜻한 실내의 거주환경 유지
- ▶ 주거의 형태 - 지역, 기후, 지형에 따른 건축양식과 주거형성



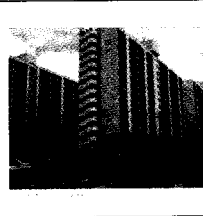
■ 60-70년대 가옥 - 개량주택의 등장

- ▶ 경제개발 5개년 계획, 새마을 운동 전개, 주거환경 개선
- ▶ 블록조, 슬레이트 지붕 구조의 가옥형태 출현
- ▶ 도시지역의 주거용 건물 보급율의 확대 필요
 - 저층아파트의 등장 - 점차로 고층화
- ▶ 알루미늄 창호의 등장 - 창호의 공장생산 시대
- ▶ 주택내부의 연탄 보일러 등장 (불안전 연소에 의한 CO 중독사고 빈번)



■ 80년대: 1,2차 에너지 위기 이후 주거환경 변화

- ▶ 고기밀 알루미늄샷시, 플라스틱 샷시의 보급
- ▶ 주거용 건물의 대량보급 필요에 따라 고층화, 공동주택의 보급확산 - 분양가격의 제한으로 아파트구조의 획일성 정착
- ▶ 기밀성능, 단열성능의 향상 - 최소환기량
- ▶ 실내 공기환경의 악화, 결로 문제 발생
- ▶ 난방효과의 향상을 위한 개량주택 등장, 보급
- ▶ 화석연료의 고갈성, 지구환경의 악화
- ▶ 새로운 개념의 에너지 절약기준의 필요성 (에너지자원의 유효이용과 대체에너지 개발)



■ 90년대 주거

- ▶ 200만호 주택보급 정책, 신도시개발
- ▶ 고층아파트의 전국 확산
- ▶ 새로운 건축자재 등장
- ▶ 알루미늄 창호 및 플라스틱 창호의 성능 개선
- ▶ 고기밀/고단열 주거형태 등장
 - 실내오염물질의 증가(HCHO, VOCs 등)
- ▶ 실내 환경의 쾌적성, 건강성 요구 특히 주거용 건물의 환기의 필요성 대두
- ▶ 아파트의 분양가격 제한 유지
 - 아파트 구조의 획일성



■ 2000년대 - 기후변화협약과 지구온난화 등 관심고조

- ▶ 환경에 대한 관심과 실내의 쾌적성 요구 증가
- ▶ 환경친화적 아파트의 등장
- ▶ 기존의 아파트와 차별화된 고급형 아파트의 보급 필요
- ▶ 계획환기의 개념 등장(자연환기 + 기계환기)
- ▶ 체계적 환기에 대한 연구 및 기술개발의 필요
- ▶ 에너지 절약형 냉난방 시스템의 필요 (냉난방/환기용 에너지 절약)
- ▶ 전열교환기에 의한 배열회수 장치의 보급
- ▶ 건강하고 쾌적한 주거환경, 주거문화의 정착



[그림 1] 우리나라 주거환경의 시대적 변화

론을 근거로 여름철에는 시원하게 통풍이 잘되고 겨울철에는 따뜻한 주거환경을 이루며 기와집과 초가집의 형태로 가옥구조가 발달되어왔다. 60-70년대에는 경제개발 5개년 계획의 성공적인 수행과 새마을운동, 주거환경 개선 등의 사업으로 전통주거에서 새로운 형태의 주거형태가 자리잡기 시작하였다. 서울을 비롯한 대도시 지역에 저층아파트를 중심으로 공동 주택의 보급이 확산되었으며, 알루미늄 창호와 건축자재의 대량생산이 가능해진 시기라 할 수 있다. 이 시기에는 연탄 아궁이나 연탄보일러의 보급으로 난방설비의 변화를 보이고 있으나 연탄의 불안전연소로 인하여 CO가스(연탄가스) 중독사고가 빈번히 발생하였던 시기로 기억된다.

80년대에는 79년대의 1,2차 에너지위기 이후에 경제적 부흥과 더불어 주거환경이 크게 변화한 시기라고 할 수 있다. 주거용 건물의 대량보급 필요에 따라 공동주택의 보급이 확산되고 고층화가 이루어 졌다. 주택의 단열 규정이 제정되면서 건물은 기밀성능과 단열성능이 향상되었으며, 에너지 절약을 위하여 최소환기량의 개념이 정착되기 시작하였다. 또한, 고기밀 알루미늄 샷시와 플라스틱 샷시의 보급으로 주거 환경의 개선이 이루어졌다. 그러나 최소환기량 개념이 정착되면서 실내의 환기량이 부족한 건물에서는 현대식 건물중후군과 결로의 피해가 발생하는 계기가 되었다. 더욱이 주택의 보급을 목적으로 정부에서 분양가격을 통제하면서 아파트구조와 형태, 설비, 환경 등의 획일로 인하여 주거문화의 발전을 저해하는 요인으로 작용하였다는 분석도 나타나게 되었다.

90년대에는 200만호 주택보급 정책으로 신도시의 개발이 이루어졌다. 고층아파트가 전국으로 확산되었고 30층 이상의 초고층아파트도 등장하였다. 다양한 종류의 새로운 건축자재들이 등장하면서 고기밀, 고단열의 주거형태가 계속되어 실내의 오염물질이 증가하였다. 생활 수준의 향상으로 실내 환경의 쾌적성 확보와 건강성 요구가 증가되었으며, 주거용 건물에서 환기의 필요성 대두되었다. 유럽국가와 미국을 중심으로 실내의 화학물질(HCHO, VOCs 등)에 의한 위해성이 보고되면서 국내외 학자들 사이에 이 분야에 대한 관심을 갖고 일련의 연구들이 진행되었다.

2000년대에는 90년대부터 세계적인 관심대



상인 기후변화협약과 지구온난화의 영향이 크게 나타날 것으로 판단된다. 환경친화적 아파트의 등장이라는 새로운 제도가 시행되어지고 있으며, 실내환경의 쾌적성에 대한 요구의 증가로 새로운 형태의 주거 문화가 정착될 것으로 판단된다. 특히 기존의 아파트와 차별화된 고급형 아파트의 보급이 시작되었으며, 에너지 절약형 냉난방 시스템의 필요성, 전열교환기에 의한 배열회수 장치의 보급, 계획환기의 개념정립이 새로운 과제로 제시되고 있다. 특히 실내의 오염물질이나 냄새의 제어를 위한 새로운 기술개발의 필요성과 더불어 주거용 건물에서 자연환기와 기계환기를 결합(hybrid ventilation system)한 체계적 환기에 대한 연구 및 기술개발의 필요성이 부각되고 있다. 2000년대는 거주자의 건강과 복지 향상을 위한 건축환경의 중요성이 크게 증가하여 주거용 건물에서도 이 분야의 기술발전과 관심이 크게 부각될 것으로 생각된다.

주택의 실내공기 오염물질

실내공기환경에 영향을 미치는 요소에는 온·습도

<표 1> 발생원에 따른 주요 실내오염물질

발생원	실내오염물질
인체	호흡재채기, 기침, 대화 피부의류 화장품
사람의 활동	흡연 보행 등의 동작 연소기기 사무기기
건축자재	합판류, 내화재 단열재, 시공 발생물
유지관리	작업, 재료
	이산화탄소, 수증기, 냄새 세균입자 피부조각, 비듬, 입모니아, 냄새 섬유, 모래먼지, 세균, 곰팡이, 냄새 각종 미량물질 분진, 타이어, 니코틴, 각종발암물질 모래먼지, 섬유유, 세균 CO ₂ , CO, NO _x , SO ₂ , 매연, 냄새 암모니아, 오존, 용제류 폼알데하이드, 아스베스토스, 유리섬유 라돈, 접착제, 용제, 곰팡이, 세균 모래먼지, 분진, 섬유세제, 용제, 곰팡이, 세균

<표 2> 가스상태의 오염물질의 발생원 및 건강에 미치는 영향

오염물질	주요 발생원	건강영향
이산화탄소(CO ₂)	인체, 연소기구	고농도가 아니면 직접적인 영향 없음
일산화탄소(CO)	연소기구, 대기오염, 흡연	저농도라도 독성이 강함
질소산화물(NO _x)	연소기구, 대기오염, 흡연	NO ₂ 는 기관지, 폐에 유독 NO는 인체에 대한 해는 불명하지만, 산화하여 NO ₂ 가 됨
포름알데히드(HCHO)	합판, 칩보드, 단열재(요소수저계)	눈, 피부, 점막에 자극, 두통 및 구역질을 일으킴
이산화황(SO ₂)	연소기구, 대기오염	눈, 피부, 점막에 자극
오존(O ₃)	건설복사기, 대기오염	눈, 피부, 점막, 기도에 자극
라돈(Rn)	토양, 석재, RC, 지하수	폐암 유발
악취	인체, 조리냄새, 담배	육체적 장애를 주지는 않지만 불쾌감을 준다.

나 풍속과 같은 물리적 요소와 일산화탄소, 이산화질소, 담배연기 같은 화학적 요소 및 세균, 바이러스, 벌레 같은 생물학적 요소가 있다. 이 중에서 화학적 요소와 생물학적요소가 실내의 공기질에 영향을 주는 오염물질이라 할 수 있다.

실내 공기오염은 온도, 습도, 기류, 복사열 등의 열환경요소와 일산화탄소, 이산화탄소, 질소산화물 등의 가스성분 및 공기 중에 떠다니는 부유분진, 각종 미생물 등의 오염물질요소가 복합적으로 작용하여 진행된다. 먼저 재실자들이 산소를 마시고 이산화탄소를 배출하고 있으며, 흡연 및 생활활동을 하면서 많은 오염물질을 발생시키고 있다. 더욱이 최근에는 새로운 건축자재가 개발·사용됨에 따라 폼알데히드, 휘발성유기화합물질(VOC), 석면(Asbestos), 라돈 등과 같은 의외의 오염물질이 실내에 방출되고 있다.

표 1은 실내에서 발생하는 주요 오염물질을 발생원에 따라 나타낸 것으로, 오염물질은 건물자체 뿐만 아니라, 사람의 몸, 사람의 활동 등에서 다양하게 발생하는 것을 알 수 있다. 또한, 실내에서 가스버너나 스토브 등의 연소기구를 사용하면 일산화탄소(CO), 질소산화물(NO_x)과 탄화수소(HC) 등의 유해가스가 발생한다.

사람들의 생활형태가 변하고, 주거환경수준의 요구도가 높아지면서 건축생산의 대량체계화와 더불어 노동임금의 상승 등으로 종래의 전통 건축자재는 대량생산 체제에의 대응이 어려워지므로 효율적인 건축활동이 가능한 건축자재를 개발하여 보급하여 왔다. 즉, 황토벽이나 목재, 대리석, 종이와 같은 천연재료에서 접착제를 이용한 합판이나 파티클 보드(Particle Board) 등의 가공품, 복합화학제품인 플라스틱, 합성수지나 복합재료로 대체되고 있다. 이러한 제품은 기본적으로 석유추출물로 만들어져 다양한 휘발성 유기화합물(VOCs ; Volatile Organic Compounds)을 공기 중으로 방출한다. 인간 생활에

<표 3> 입자상태의 오염물질의 발생원 및 건강에 미치는 영향

오염물질	주요 발생원	건강영향
먼지 -모래먼지 -부유상입자	외기, 의복,	알레르기 반응
담배연기	흡연	폐암 등
세균	식품, 인체, 외기	병원성은 적으나 공기오염의 지표
진균(곰팡이)	건축재료, 외기	알레르기 반응
화분	외기	알레르기 반응
휘발성유기화합물질	건축자재, 접착제, 카펫	알레르기, 호흡기질환, 발암성물질
석면(아스베스토스)	단열재, 내화피복재	폐암, 악성종괴, 기타



집 중 기 획 건물에서의 실내공기질 문제

유해한 공기오염물질은 크게 가스상태의 것과 입자상태의 것으로 분류한다. 표 2에는 가스상태의 오염물질, 표 3은 입자상태의 오염물질의 대표적인 것과 발생원 및 인체의 건강에 미치는 영향을 정리하였다.

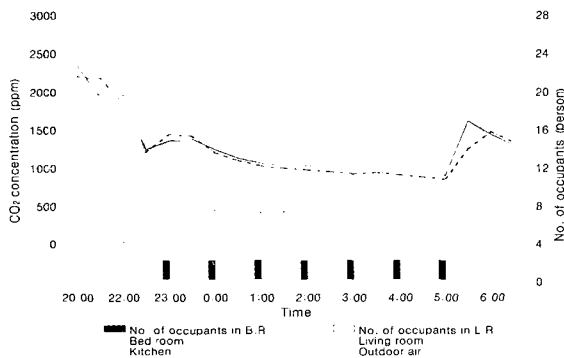
아파트의 실내공기 오염실태

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 실태과약을 위하여 수도권에 위치한 고층아파트의 실내 CO₂농도 변화를 측정할 사례로부터 주거용 아파트 건물의 실내 공기오염 실태를 살펴볼 수 있다. 그림 2는 환기방식에 따른 실제 주거상황을 설정하여 재실인원과 취침인원을 제한하여 측정할 시간대별 야간 이산화탄소농도의 농도변화를 나타낸다. 그림 2(a)는 대부분의 아파트와 같이 자연환기방식이 적용된 28평형 아파트에서의 측정결과로 외기농도는 400ppm 정도이며, 실내 농도는 670 ~ 2,800ppm, 평균 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. 외기농도

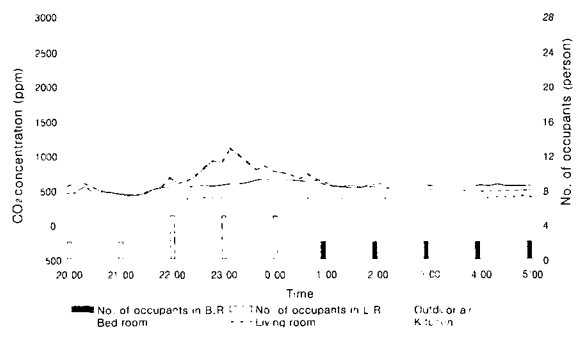
는 390ppm 정도였으며, 실내 농도는 400 ~ 1,100ppm, 평균 550ppm으로 나타났다. 취침전 5명이 재실하는 거실의 최대 이산화탄소 농도는 약 1,100ppm로 나타났다. 타 측정점들의 이산화탄소의 농도변화도 거실의 농도변화와 비슷한 경향을 보이고 있다. 침실은 환기가 이루어지고 있기 때문에 오염도가 낮게 나타났으며, 실내 이산화탄소의 기준인 1,000ppm이하로 양호한 실내환경을 보이고 있다. 2명이 취침한 침실 1에서 이산화탄소 농도는 600ppm을 넘지 않았으며, 자연환기방식이 적용된 아파트에서와 같이 기준치를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

실내의 휘발성 유기화합물질(VOC) 오염

주거용 건물의 공기환경은 거주환경에 대한 공간의 물리적 성상과 청정도를 말하는 것이며 최근에 고기밀화, 고단열화 주거용 건물의 보급으로 인하여 거주자들에게 현대식 건물증후군이 빈번히 발생하고 있다. 특히 신축건물에서 생활하는 거주인들의 경우에 잠을 충분히 자고 아침에 일어나도 머리가 무겁고 기분이 상쾌하지 않은 상태를 빈번히 호소하는 경우가 증가하고 있다. 이러한 건물증후군의 원인을 규명하기 위하여 선진국에서는 많은 조사와 연구가 진행되었으나 그 원인이 명확하게 규명되지 못하고 있지만 최근에는 휘발성 유기화합물(VOCs)와 포름알데히드(HCHO) 등에 의해서도 발생하는 것으로 주목하고 있다. 알러지나 화학물질 과민증, 호흡기 환자, 아토피성 피부염 등의 예방을 위한 실내환경 관리의 중요성을 인식하고 이에 대한 정보의 제공을 통하여 쾌



(a) 자연환기시스템



(b) 공조시스템

[그림 2] 취침시 환기시스템별 이산화탄소농도변화



주택 내부의 실내공기오염 특성과 대책

적한 실내환경을 유지할 수 있는 교육과 홍보를 통하여 거주민들의 이해를 통한 자발적 참여를 촉진하는 것도 바람직한 방안으로 제시되고 있다.

일본의 씨크하우스(sick house) 문제

일본에서는 최근 씨크하우스(sick house)라고 하는 주택 내부의 공기환경에 관한 문제가 크게 부각되고 있다. 씨크하우스란 주택의 실내에서 장시간 거주하는 사람에게 나타나는 증상으로 머리가 무겁고, 목이 아프고 기분이 나빠지는 상태와 이러한 증상이 발생하는 주택을 통칭하는 용어로 사용되고 있다. 이는 일반건물에서 나타나는 기존의 건물증후군(SBS:sick building syndrome)과 같은 개념으로 이해할 수 있다. 주택의 고기밀화, 고단열화의 영향으로 에너지 소비량은 크게 감소하였지만 반면에 실내의 오염물질로 인하여 거주자에 대한 건강문제가 새롭게 나타나기 시작한 것이다.

1996년 5월 7일, 일본의 중의원에 씨크하우스에 관한 문제가 상정되면서 주거용 건물에 대한 환경문제가 일반에게 널리 알려지는 계기가 되었다. 1996년 7월에는 일본의 정부기관(건설성, 후생성, 통상성, 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 3종류의 화학물질과 3종류의 화학약품을 선정하였다. 물론 주택에서는 이들 6종의 물질이외에도 많은 화학물질을 사용하고 있기 때문에 6종류의 물질에 대한 대책을 마련하였다고 하여 실내의 화학물질 오염문제가 해결되는 것은 아니다. 만약에 이러한 문제의 해결을 위하여 유해한 다른 물질로 대체하

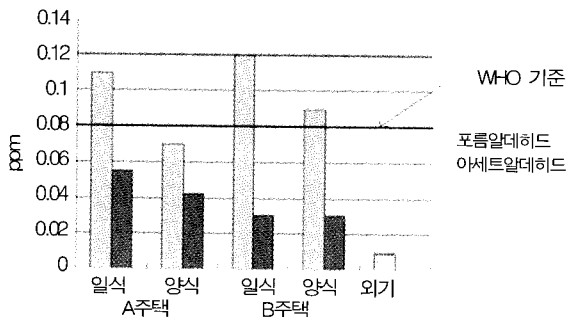
여 사용한다면 또 다른 새로운 물질에 의한 공기오염 가능성이 있기 때문이다.

- 포름알데히드,톨루엔, 키틴렌 ----- 3종의 화학물질
- 목재보존제, 가스제, 방충제 ----- 3종의 화학약품

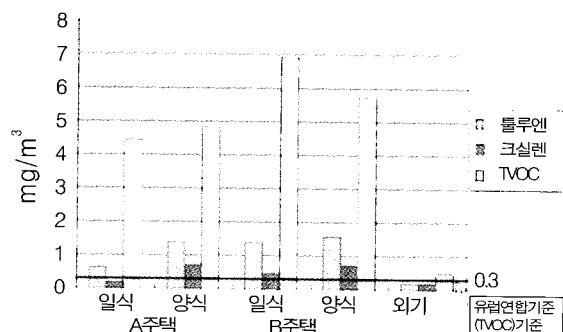
일본 주택의 화학물질 측정사례

일본의 주택에서 발생하는 공기오염물질로 과거에는 주로 개방형 석유스토브나 가스레인지의 사용으로 인하여 발생하는 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 질소산화물(NOx) 등의 오염물질이나 거실에 설치된 다다미에서 서식하는 진드기류와 같은 미생물에 의한 피해의 보고가 빈번히 일어나고 있다. 그러나 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(guideline)인 0.08 ppm 보다 낮은 수준으로 측정되었지만 실내의 화학물질에 대하여 중요하게 취급하여야 한다는 사회적인 분위기를 조성하는 계기가 되었다.

와세다대학에서 일반 아파트를 대상으로 실내 화학물질의 오염실태를 조사하였다. 측정 결과로 나타난 포름알데히드(HCHO)와 휘발성 유기화합물질(VOCs)의 농도는 그림 3과 그림 4에 나타난다. 그림 3에서 A주택은 낮은 포름알데히드를 함유한 재료를 사용한 경우이고 B주택은 일반적인 재료를 사용한 경우에 대하여 실내 오염농도의 측정 결과를 나



[그림 3] 아파트의 포름알데히드의 농도(일본)



[그림 4] 아파트의 휘발성유기화학물질의 농도(일본)



타낸 것이다. A 주택의 일식방에서 0.11 ppm, 양식방에서 0.07 ppm으로 나타났으며, B주택의 일식방에서 0.12 ppm, 양식방에서 0.09 ppm의 분포를 보이고 있다. 이는 저농도 포름알데히드 재료를 사용하지 않을 경우에 일본후생성의 지침(guideline)인 0.08 ppm을 모두 초과하고 있음을 알 수 있다. 그림 4는 톨루엔, 크실렌, 총휘발성물질(TVOC)의 농도 분포를 나타낸 것이다. 실내의 총휘발성물질(TVOC)의 농도는 A주택의 경우 일식방에서 6.90 mg/m³, 양식방에서 5.60 mg/m³, B주택의 경우에 일식방에서 4.40 mg/m³, 양식방에서 4.80 mg/m³로 측정되었으며 이는 WHO에서 제시하는 지침(guideline) 0.3 mg/m³와 비교하면 10 ~ 20배의 높은 값을 보이고 있다.

주택의 실내공기환경 개선대책

건축자재와 실내의 환경인증제도

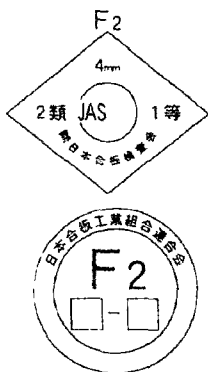
최근 환경친화적 건축에 대한 인식이 높아지면서 건축자재 생산업체 들은 건축자재의 재활용, 유독가스 배출현황, 휘발성 유기화합물질(VOCs), 실내공기환경, 폐기물, 건물의 각종설비와 에너지절약 등을 포함한 건축자재의 오염물질 배출강도 등에 대한 종합대책을 마련하고자 노력하고 있다. 건축자재의 환경성능에 대한 인식이 변화하면서 구매자의 가장 큰 욕구인 가격, 성능, 미적 감각 등을 만족하도록 고려할 뿐만 아니라 제품의 생산과정과 제품자체에 대한 환경측면의 “그린”개념을 도입하여 많은 신제품을 개발하고 있다. 선진국에서는 재활용 칩섬보드를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

착제, 낮은 포름알데히드 방출 건자재 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 제도화 하였으며, 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, 마감재료에 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 바닥재와 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 5는 일본JAS에서 제정한 마크의 예를 나타낸다. 또한 일본 벽장재료협회에서는 그림 6과 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



[그림 5] JAS 마크의 예



[그림 6] 일본 벽장재료협회의 벽지등급 마크



주택 내부의 실내공기오염 특성과 대책

중심으로 환경친화형 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.

주택 환기방식의 개선

• 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 오염물질을 기초로 충분한 환기량이 결정되면 기타의 부수적인 오염물질은 상대적으로 허용농도 이하로 유지할 수 있다. 따라서 환기량은 주요 오염물질의 농도를 적정한 수준으로 유지하기 위하여 실내공기를 희석하는데 요구되는 필요환기량을 의미한다. 일반적으로 필요환기량을 확보하고 오염농도를 기준이하로 유지하고, 오염원의 발생을 최소화시킨다면 건강과 쾌적감을 충족시킬 수 있다.

• 가족건강의 고려한 오염물질의 제거

- 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.

- 담배연기와 냄새의 제거(제진, 탈취 기능) 실내기나 공기청정기에 고성능 에어필터를 설치하여 0.01 μ m 이상의 미세먼지를 제거하고, 활성탄 필터로 탈취기능을 유지한다.

- VOCs와 CO₂의 제거, 배출

휘발성 유기화합물질(VOCs)이나 CO₂ 등에 오염된 실내의 공기는 전열교환기나 환기유니트, 공조용 실내 유니트에서 처리하여 실외로 배출한다.

- 온도조정과 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.

• 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.

• 에너지 절약

- 전열교환기 채택(전열회수율 60~70% 정도) 에너지 절약기술로 경제적 운전 경비 실내온도를 유지와 배열회수에 적합한 전열교환기를 이용한 환기 유니트를 설치하여 외기를 도입하고 실내의 배열을 회수한다. 외기의 조건에 의해 실내온도가 영향을 받지 않으므로 쾌적한 실내환경을 유지하면서 에너지 절약을 달성할 수 있다.

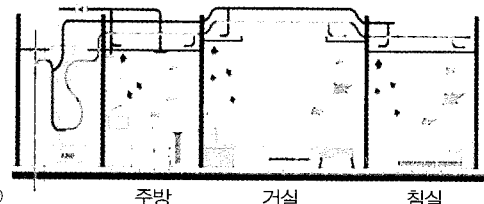
• 주방의 배기

- 열, 습기의 제거 주방에서 음식을 조리할 때 발생하는 열과 습기를 효과적으로 제거할 수 있다. 조리시 발생하는 열과 습기, 냄새가 주변으로 유출되지 않도록 고려한다.

- 연소상 오염물질의 배출

조리시 사용하는 가스 레인지에서 발생하는 오염물질과 열이 효과적으로 배출될 수 있도록 레인지

배기



운수열 : 난방
외기급수+기술
냉수(냉방용)

[그림 7] 단위세대 환기흐름도 (중앙식 환기설비)

<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 전망임
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



후드의 설계, 신선공기의 공급 및 공기흐름 등을 고려하여 효과적인 주방의 배기장치를 설계한다.

- 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.

- 주방용 배기와 세대내의 에어밸런스

배기용 후드와 흡입공기량, 공급공기량, 인접실과의 차압 특성, 취출구와 흡입구의 위치, 공기의 유동특성 등을 고려하여 효과적인 환기계획을 수립한다.

결 론

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, 카펫, 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 선정을 대부분 건축공사 과정의 후기단계에서 이루어지는 경

우가 많기 때문이다. 건축자재로 부터 방출되는 오염물질의 특성과 실내공간에 미치는 영향을 조사분석하여 이에 대한 합리적인 대책이 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. 실내에서 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.

참고문헌

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. 壁藏材料協會, 2000, 放散試驗チャンバー法, 建築材料の揮發性有機化合物(VOC)及びアルデヒド類放散測定
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



주택 내부의 실내공기오염 특성과 대책

- 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) pp.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, pp.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) pp.2-9.
 14. S.K.Brown, 1999, Chamber Assessment of Formaldehyde and VOC Emissions from wood-based Panels, Indoor Air, (9) pp.209-215. 