

알레르기 질환과 관련된 주거환경내 화학물질 -새집 증후군을 중심으로-

인제의대 내과

정 재 원

서 론

얼마 전 TV에서 일반 주거환경 내에서 발생하는 유해물질에 의해 거주자의 건강이 심각하게 위협받을 수 있다는 내용의 다큐멘터리가 방송되고, 사회적으로 웰빙(well-being) 열풍의 고조됨에 따라 실내 공기오염에 대한 관심이 어느 때보다도 높아졌다.

인간이 실내에서 생활하는 시간은 하루 중 80% 이상을 차지하고 있으며, 실내공기 질은 실외와는 달리 오염될 경우 쉽게 정화되지 않아 쾌적한 실내환경의 저해요인이 될 뿐만 아니라, 재실자들의 건강까지도 위협하게 되기 때문에 실내공기의 오염은 중요하다.

실내오염의 실례로 “빌딩증후군”(Sick Building Syndrome: SBS) 문제는 건물 내 거주자들이 일시적 또는 만성적인 건강과 관련된 증상을 호소하면서 비롯되었다(Table 1). 그 원인물질로는 사람들의 여러 가지 실내활동, 실내건축에 사용되는 마감재료, 생활용품 등에서 배출되는 것으로 주요 오염물질로는 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 이산화질소(NO₂), 아황산가스(SO₂), 오존(O₃), 미세먼지(PM₁₀), 중금속(Heavy metal), 석면(Asbestos), 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds: VOCs), 포름알데히드(HCHO), 미생물성 물질(microbial substance), 라돈(Rn) 등이 있다(Table 2).

Table 1. Sick building syndrome symptoms defined by WHO

1. Mucous symptoms of eyes (especially bulbar conjunctiva), nasal, and guttural mucosa
2. Mucous dryness
3. Red spots on the skin
4. Fatigue
5. Headache, frequent respiratory tract infection
6. Choking, asthma
7. Nonspecific hypersensitivity
8. Dizziness, nausea, vomiting

Table 2. 실내공기 요소 중 질병을 일으킬 가능성이 있는 인자

물리적 인자	생물학적 인자	화학적 인자
온도	바이러스(인플루엔자 등)	NO ₂ , CO ₂ , O ₃ , SO ₂
습도	박테리아	염소
빛	진균	금속, 광물류
소음	식물화분	포름알데히드
전기자기장	진드기	휘발성유기화합물
전리방사선	벌레	살충제
	설치류	
	애완동물(피부, 털)	

일본에서는 실내에 장기간 거주하는 사람에게 나타나는 증상으로 머리가 무겁고 목이 아프거나 기분이 나빠지는 증상들을 유발하는 주택이라는 개념인 “Sick House Syndrome” 문제가 부각되었고, 특히 신축하거나 개축한 직후 실내에서 두통, 어지러움, 손발저림, 호흡곤란 등 다양한 신체이상을 호소하는 질병을 일컬어 “새집증후군”이라고 부른다.

“화학물질과민증”(Multiple Chemical Sensitivity; MCS)은 보통사람들에게는 증상을 일으키지 않는 낮은 농도의 화학물질에 노출되었을 때 여러 장기의 증상들이 반복해서 나타나는 이상으로 정의하는데, 새집증후군도 넓은 의미의 화학물질 과민증에 속한다고 볼 수 있다. 여러 가지 복합적으로 신체 이상이 나타날 수 있으나 대부분, 이유 없이 온몸에 붉은 반점이 나고 비염, 아토피성피부염, 두드러기, 천식, 심한 두통, 기관지염 등 각종 질병으로 고통받는다. 화학물질과민증 환자의 약 반 이상에서 다른 알레르기 질환을 가지고 있으므로 관심을 기울여야 한다.

여기에서는 앞서 언급한 다양한 실내 오염물질 중에서도 특히 새로이 짓거나, 개량한 주택에서 많이 방출되어 “새집증후군”의 원인으로 주목받고 있는 포름알데히드(이하 HCHO)와 휘발성유기화합물(이하 VOCs)에 대해서 자세히 알아보려고 한다(Table 2).

포름알데히드(formaldehyde: HCHO)

1. 포름알데히드의 특성

포름알데히드(HCHO)는 자극성 냄새를 갖는 가연성 무색 기체로 인화점이 낮아서 폭발의 위험성이 있으며, 살균 방부제로 이용된다. 물에 잘 녹아서 40% 수용액을 포르말린이라고 한다. 화학적인 반응성이 매우 강하여, 결합제나 접합제, 합판, 포말절연체, 건축용 합판과 하드보드의 원료인 요소-HCHO, 페놀-HCHO를 만드는데 주로 사용된다.

2. 포름알데히드의 발생원

포르말린은 자연적으로도 발생하는데, 죽은 수목이 분해되거나 관엽식물에서 방출되는 화학물질의 변환으로 생성된다. 주요 발생원으로는 일반주택 및 공공건물에 많이 사용되는 단열제인 요소수지품(Urea

Formaldehyde Foam Insulation; UFFI)과 실내가구의 칠, 가스난로 등의 연소과정, 접착제, 흡연, 생활용품, 의약품 등에서 방출된다.

3. 유해성

WHO에서는 포름알데히드를 인체 유해성에 대한 인과관계가 비교적 정확하게 규명된 물질로 분류하고 있으며, 실내공간 오염물질의 기준설정을 위한 지표로 역할을 하는 물질로 분류하고 있다.

포름알데히드는 강력한 자극제로서 농도, 노출기간에 따라 그 영향은 심각해진다. 증상으로는 코의 따끔 거림, 인후건조, 인후염을 포함한 상기도 자극과 눈 따가움 등의 증상이 동반된다. 고농도의 포름알데히드에 노출되면 하기도 자극과 기침, 흉부 압박감 등의 증상이 나타난다(Table 3). 또한 피부 접촉으로 인해 피부염, 두드러기 등이 나타난다. 오랫동안 포름알데히드에 폭로되었을 경우 정서적 불안정, 기억력 상실, 정신집중의 곤란 등을 유발하고 동물실험에서는 폐수종, 비염의 증상을 유발하는 것으로 나타났다.

미국 환경보호청(EPA)에서는 1987년부터 포름알데히드를 사람에게 암을 일으킬 수 있는 위험이 있는 물질로 분류하고 있다.

Table 3. 농도에 따른 포름알데히드의 인체 위해성

농도 (ppm)	인체영향
0.1~5	눈의 자극, 최루성, 상부기도의 자극
<1	눈, 코, 목의 자극
0.25~5	기관지천식 환자에서 발작 유발
10~20	기침, 흉부압박감, 머리가 무거움, 심장빈맥, 폐수종, 폐렴
50~100	입으로 마실 경우 구강, 목, 복부의 통증, 구토, 설사 현기증, 경련, 의식불명, 사망

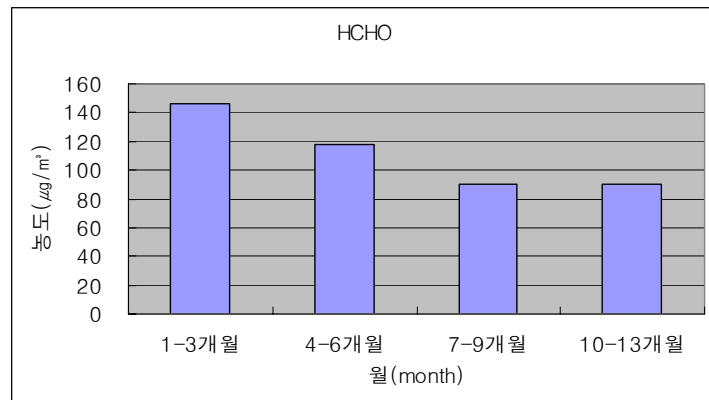


Fig. 1. 입주-측정시기별 평균농도변화 (환경부 보도자료, 2004)

4. 포름알데히드 방출 특성

2004년 5월 환경부에서 조사한 “신축 공동주택과 다중이용시설의 실내공기질 실태조사”에 서는 입주시기별로 볼 때 입주기간이 길어질수록 주거환경 내 포름알데히드의 농도가 감소하는 것으로 발표하였고 (Fig. 1), 이는 2000년 일본 국토교통성의 연구 결과와도 유사하였다.

휘발성유기화합물(VOCs)

1. 특징

휘발성유기화합물은 상온 상압에서 기체상태로 존재하는 모든 유기화합물질을 통칭하는 의미로 사용되며, 증기압이 높아 대기 중으로 쉽게 증발하고, 물질에 따라 인체에 발암성을 보이고 있다. 대기 중에서는 광화학 반응을 일으켜 오존을 생성시켜서 광화학 스모그를 유발하는 물질로 알려져 있다.

실제 실내 생활공간에서는 매우 많은 종류의 화학물질의 종류가 검출되고 있다. 미국의 환경보호청(EPA) 발표에 따르면 학교건물의 실내에서 150여 종의 VOCs가 측정되었고 사무소 건물의 경우에는 600여 종류의 VOCs가 측정되었다. 다양한 종류의 VOCs 물질에 대하여 종류별로 정량/정성적으로 위해성이나 기준농도 등을 제시하고 각각의 특성을 개별적 파악하기는 매우 어려운 실정이며, 각각의 측정, 분석, 평가도 쉽지 않은 상황이다. 따라서 선진외국에서는 VOCs에 대한 특성을 분석 평가할 경우에 위해성이 큰 물질 별 제한을 하는 경우도 있지만 측정평가에 많은 노력과 비용이 소요되고 또한 그 결과에는 VOCs 물질별 상호작용 등의 특성을 평가하기 곤란한 점을 착안하여 여러 가지 종류의 VOCs 농도의 총합을 총 VOC (TVOC: Total Volatile Organic Compounds)로 정의하여 기준의 설정에 활용하고 있다.

2. VOCs의 발생원

휘발성유기화합물(VOCs)의 발생원은 여러 가지가 있지만, 크게 실내에서의 발생원, 인위적인 발생원, 자연적인 발생원으로 구분할 수 있다. 실내에서의 VOCs 발생원으로는 실내공기 청정물질이나 스프레이와 같이 인간의 일상생활과 밀접한 관계가 있는 소비상품 또는 페인트, 접착제, 카펫, 벽지 등의 건축자재와 마감재료에서 와 취사, 흡연 등의 개인적인 활동에 의해 발생된다. 인위적인 발생원으로는 용제를 사용하는 도장시설, 석유정제 및 석유화학제품 제조시설, 정유사 및 저유소의 저장시설과 출하시설, 주유소, 세탁소 및 인쇄소, 자동차, 기차, 선박, 비행기 등의 운송수단이 있다. 자연적으로는 습지나 혐기성 조건하에서의 박테리아의 분해를 통해 생성되는 메탄이 있으며, 인체에서도 알코올 성분, 알데히드, 케톤, 톨루엔, 페놀 등 12종류 이상의 VOCs가 방출된다. 또한, 화장품, 향수 등의 사용도 실내 VOCs의 발생원으로 작용하고 있다(Table 4).

3. VOCs의 유해성

VOCs에 대한 노출은 급성과 만성적인 건강 상의 장애를 일으킬 수 있으며, 이러한 질병 유발 가능성은 동물 실험이나 작업장에서의 자료에 근거하고 있으나 VOCs의 저농도나 간헐적인 노출 영향에 대한 자료

Table 4. VOCs 물질 발생원과 인체영향

물 질	발생원	영향
Benzene	플라스틱, 고무용매, 흡연, 페인트, 광택제, 염료, 필터, 가구, 가솔린 증기 흡입	발암물질, 호흡기 자극
Xylene	접착제, 흡연, 벽지, 바닥재, 광택제	마취제, 자극제: 심장, 간, 신장, 신경계 영향
Toluene	용매제, 유성접착제, 수성접착제, 벽지, 복합화합물, 비닐바닥덮개, 코팅벽지, 페인트, 보드, 흡연, 히터	마취제, 빈혈
Styrene	플라스틱, 페인트, 합성고무, 합성수지	중추신경계 영향, 발암 가능성
Toluene diisocyanate (TDI)	폴리우레탄, 페인트	발암가능성, 호흡기 자극, 천식
Trichloroethylene	페인트용매, 기름, 왁스, 니스, 드라이크리닝, 세제화합물	발암물질, 중추신경계 영향
Ethyl benzene	유기용매, 스티렌 관련제품	눈과 호흡기 자극, 중추신경계 영향
Methylene chloride (Dichloromethane)	페인트제거제	마취제, 중추신경계 영향
Para-dichlorobenzene	실내 방취제, 방충제	발암가능성
Benzyl chloride	Butyl benzyl phthalate와 결합하여 플라스틱화한 비닐타일	마취제, 눈과 호흡기 자극
2-butanone	바닥/벽 덮개, 흡연, 섬유보드, 입자보드	간, 신장, 중추신경계 영향
Petroleum distillates	세제용품, 용매, 페인트제거제	중추신경계 자극제
4-phenylcyclohexane	스티렌 부타디엔 라텍스 부산물, 합성섬유 카펫 접착제	신장, 눈, 호흡기 자극
		중추신경 자극
		중추신경 자극
		눈, 호흡기 자극, 중추신경영향

는 아직 부족하다.

대부분의 VOCs는 강력한 마취제로 중추신경계 억제 작용을 나타내며, 눈과 호흡기계를 자극하고 피부, 심장에 과민반응을 일으키기도 하고, 고농도에서는 간과 신장에 손상을 입히기도 한다. VOCs 노출에 의해 나타나는 증상(두통, 흥분, 집중력 감퇴 등)을 합쳐서 “용매에 의한 뇌장애(Solvent encephalopathy)”라고 한다. 실내에 존재하는 많은 VOCs들 중에는 발암 물질(benzene, carbon tetrachloride, chloroform, trichloroethylene, tetrachloroethylene, p-dichlorobenzene 등)이 포함되어 있다. 1,1,1-trichloroethane, styrene 등의 물질은 돌연변이 유발물질이면서 발암 가능 물질이다.

VOCs 노출에 의한 증상은 노출 정도에 따라 다르지만 피로감, 두통, 졸음, 현기증, 무력감, 관절통, 말초 신경 마비, 흉부압박감, 불안감, 눈의 침침함, 피부 과민증, 눈과 호흡기계의 과민증, 심부정맥 등이 있다.

4. VOCs의 방출특성

포름알데히드와 마찬가지로 VOCs 또한 준공 이후 시간이 지날수록 방출량이 감소한다. 휘발성이 강하고 분자량이 적은 물질부터 빨리 방출되며, 실내 온도와 습도가 높을수록 방출량은 늘어난다.

국내의 실내 공기질 관리

환경부에서도 웰빙(Well-Being)과 “새집증후군”에 대한 국민적 관심이 크게 높아짐에 따라 그간 다중이용시설(지하역사, 지하도상가)에만 적용하던 오염물질의 권고기준을 신축 공동주택에도 확대 적용하는 내용을 포함한 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”을 입법 시행하였다. 우선 기존에 비해 적용대상을 확대하였고, 미세먼지(PM₁₀), 이산화탄소(CO₂), 포름알데히드(HCHO), 총부유세균, 일산화탄소(CO)에 대해서는 유지기준을 두어 위반시 제재 조치를 가하고, 이산화질소(NO₂), 라돈(Rn), 총 휘발성유기화합물(TVOC), 석면, 오존(O₃)에 대해서는 권고기준을 두어 자율적인 준수를 유도하고 있다.

또, 100세대 이상 신축 공동주택 시공자에게는 주민입주 전에 유해물질(포름알데히드, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 1,4-디클로로벤젠, 스티렌)을 측정하여 지자체 장에게 제출하고 게시판에 60일 간 공고하도록 의무규정을 두고 있다. 현재는 기업의 자율규제를 위해 유해물질 특정/공고의 의무만 부여하여 시공사 자율적으로 오염물질 방출이 적은 건축자재를 사용하도록 유도하고 있다.

새집증후군의 예방

1. 건축자재

주거환경 내 오염물질에 의한 새집증후군을 예방하기 위한 가장 확실한 방법은 오염물질을 방출하는 건축자재를 사용하지 않는 것이다. 그러나 사람들의 생활형태가 변하고, 주거 환경수준의 요구도가 높아지면서 전통적인 건축자재는 대량생산 체제에의 대응이 어려워지므로 효율적인 건축활동이 가능한 건축자재를 사용할 수 밖에 없다.

차선택으로는 오염물질 방출량이 적거나 없는 무공해 건축자재를 개발하여 건축에 사용하는 것인데, 이미 선진국에서는 건축자재 및 마감자재를 친환경 인증제도에 따라 분류하여 사용/관리하고 있다.

우리나라에서도 건축물의 내장재로 사용되는 일반자재(합판, 바닥재, 벽지, 목재, 판넬 등), 페인트, 접착제 등에서 방출되는 포름알데히드와 총휘발성유기화합물의 농도에 따라 5단계로 등급으로 인증등급을 분류, 적용하고 있다.

2. 환기

새집으로 이사하기 전에 충분한 기간동안 고온이 난방을 해서 벽지나 바닥재, 가구 등에서 나오는 휘발성유기화합물의 방출량을 증대시켜 환기시키는 것이 중요하다. 즉, 휘발성유기화합물의 방출 특성상 고온, 다습한 실내환경에서 방출량이 늘어나므로 이사하기 전 2주 전부터 난방을 최고로 올리고 환기를 자주 시켜주는 등의 조치를 해 주어야 한다.

3. 광촉매코팅제

광촉매제는 특히 새로 지은 건물 아파트 등에 환기가 잘되지 않아서 발병하게 되는 ‘빌딩증후군(Sick

Building Syndrome)’의 해결책의 일환으로, 최근 페인트 등에 섞어 ‘광촉매 코팅제’ 형태로 사용량이 급증하고 있다. 빛(UV)을 받으면 촉매반응을 일으켜 벤젠, 탄화수소, 다이옥신, 염화비닐(PVC) 등의 유기염소계 화합물에 붙어있는 염소성분을 떼어버림으로써 무해한 물질로 바꾸고 이산화탄소(CO₂)와 물을 생성한다는 것이다. 광촉매제로는 내산성, 내알칼리성 등이 좋아 인체에 무해한 이산화티타늄이 가장 많이 사용되고 있다.

그러나, 광촉매 코팅제는 빛이 있어야만 분해가 가능하므로, 실내현장에 적용할 경우, 실내로 들어오는 햇빛의 양 또는 형광등으로부터 방출되는 UV(자외선)량이 외부에 비해 상당히 적기 때문에 촉매를 통한 유기화합물 분해속도가 느린데다가 분해과정에서 중간물질, 특히 새로운 유해성물질을 방출할 가능성이 높다.

요 약

건축물의 단열 강화에 따른 환기부족과 건축자재에서 방출되는 여러가지 화학물질에 의한 실내 거주자의 건강장애가 최근 사회문제가 되고 있다. 대표적인 오염물질로는 포름알데히드와 휘발성유기화합물이 있으며, 우리가 사용하고 있는 건축자재에 광범위하게 함유되어 있으며 오랜 시간 동안 서서히 방출된다.

새집증후군을 예방하기 위해서는 오염물질을 적게 함유하고, 방출량이 적은 친환경 건축자재를 개발/시공하고, 거주자는 입주전/후 지속적으로 충분한 환기를 해 주어야 한다.

참 고 문 헌

- 1) 환경부. 오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구 2003
- 2) 환경부. 실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구 2002
- 3) 환경부. 신축 공동주택과 다중이용시설의 실내공기질 실태조사 2004
- 4) 환경부. 다중이용시설등의 실내공기질 관리법 2003
- 5) Dales R, Raizenne M. residential exposure to volatile organic compounds and asthma. J Asthma 2004;41(3):259-70