

## 건강한 주택과 실내공기오염물질

건강한 주택에 있어서 쾌적한 실내공기를 만들기위해, 문제가 되고있는 실내공기오염물질에 대해서 소개하고자 한다.

차 희 운

GS건설(주) 기술본부 연구개발팀(hucha@gsconst.co.kr)

최근 실내환경에서의 거주자의 관심도가 높아져 건축물의 실내공기 오염 문제가 많은 화제가 되고 있다. 환경부에서는 2004년 4월 고시된 '실내공기질 공정시험법'과 2005년부터 '다중이용시설 등의 실내공기질관리법'을 시행하고 있고, 건설교통부에서도 2005년 9월, '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 일부개정령안'에서 공동주택의 환기기준과 환기설비 설치기준을 정하여, 공동주택의 실내공기질 개선을 통하여 국민의 건강 증진에 기여할 것으로 기대하고 있다. 또한, 건설업체에서도 이러한 공동주택의 실내공기질에 대한 법규강화와 거주자에게 최적의 실내공기조건을 제공하기 위해, 신축아파트에서의 환기설비 설치와 친환경 건축자재의 사용, 측정 기술 혹은 이러한 기술의 표준화를 비롯하여, 각종 기술개발 및 시책의 정비가 급속히 진전되어지고 있다. 그러나, 이러한 화학물질은 건축자재나 가구뿐만 아니라 화장품, 자동차, 담배연기 등 우리 주변에서 쉽게 볼 수 있는 생활용품에서 방출되기도 하고, 인체에 대한 영향도 개인의 체질이나 건강상태에 따라 다를 수 있다. 또한, 실내공기에는, 건축자재 및 가구 등에서 발생하는 여러 가지 화학물질 외에도 미세먼지, 곰팡이, 진드기, 세균 등 여러 오염물질이 포함되어 있다. 본 고에서는 새집증후군과 비슷한 증상으로 혼동하기 쉬운 화학물질 과민증과 흔히 지나치기 쉬우나 건강한 주택을 만들기 위해 더욱 주의를 가져야할 몇 가지 실내오염물질에 대해

소개하고자 한다.

### 새집증후군(Sick House Syndrome)과 화학물질 과민증(Multiple Chemical Sensitivity)

주택의 기밀화 및 화학물질을 방출하는 건재·내장재의 사용등에 의해, 신축·개축후의 주택에 있어서 화학물질에 의한 실내공기오염에 의해, 거주자의 다양한 증상이 발생하는 상태가 많이 보고되어지고 있다. 증상이 다양하고 증상 발생의 메카니즘을 비롯하여 명확하지 않은 부분이 많고, 또 다양한 복합요인이 생각되어질 수 있어 새집증후군이라고 불리워지고 있다. 이에 반해 화학물질 과민증은, 처음에 어느 정도 양의 화학물질에 노출되면, 알레르기 질환으로 불리우는 감각(感作: 생체를 항원에 대하여 예민한 상태로 만드는 것)과 동일한 것 같은 증상이 되어, 그 이후에 같은 물질에 소량이라도 노출되어지는 경우 과민증상이 일어난다. 임상환경의학회에서는, Total body load(신체가 받아들일 수 있는 허용한계)라고 하는 용어로 화학물질과 건강과의 관계를 설명하고 있다. 실내공기, 대기오염, 건축재료, 식품첨가물, 화장품, 농약, 일용품 등에 포함되어 있는 화학물질은 미량일지라도 장기간에 걸치면 체내에 축적된 양이 용기에서 넘쳐나오는 것처럼 신체에서의 허용량(Total body load)(그림 1)을 초과하게 된다. 이러한 상태가 되면, 화학물질에 대해 지나칠

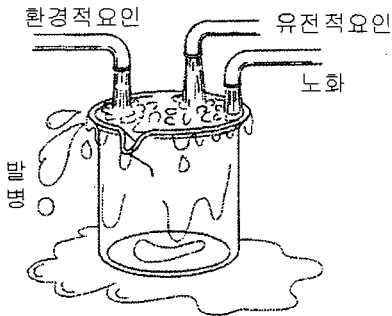
정도로 민감해져, 어떠한 기회가 되면 알레르기증상(그림 2)이 나오게 된다. 또, 처음에 노출되었던 물질과 두 번째에 노출되었던 물질이 다른 경우도 있어, 화학물질과의 인과관계 및 발생메카니즘에 대해서는 해명되지 않은 부분이 많다. 일본건축학회에서 발행한 '식 하우스(Sick House) 사진'에서는 화학물질 과민증의 정의와 증상에 대해 다음과 같이 설명하였다.

- 1) 만성질환이다: 완치하기까지 증상이 계속된다.
  - 2) 재현성을 가지고 나타나는 증상을 가지고 있다: 한번 오염 화학물질에 반응해 증상이 나타난 경우에는 같은 오염화학물질에 반복해서 반응한다.
  - 3) 미량의 물질 노출에 반응을 나타낸다: 건강한 사람에게는 영향을 주지 않는 극미량의 오염화학물질에 반응한다.
  - 4) 관련성이 없는 많은 종류의 오염화학물질에 반응을 나타낸다: 오염화학물질은 그 구성에서 몇 개 인가의 종류로 나뉘어지지만 종류가 다른 오염 화학물질과도 반응해서 증상을 나타낸다.
  - 5) 원인물질의 제거로 개선 또는 치료된다: 아주 청정한 공기를 공급하는 클린룸이나 도시에서 공기가 깨끗한 도시 외곽에서의 전지 치료에 의해 증상이 개선되거나 완치된다.
  - 6) 증상이 많은 기관과 장기에 걸쳐있다: 예를 들면 기관에만 영향을 주는 것이 아니고 어지러움이나 두통, 습진 등 다양한 증상과 함께 나타난다.
- 이러한 새집증후군과 화학물질 과민증의 차이를 살펴보면, 증상은 비슷한 점이 있으나, 원인이 주거에서 유래하는 경우가 새집증후군으로, 원인이 되는

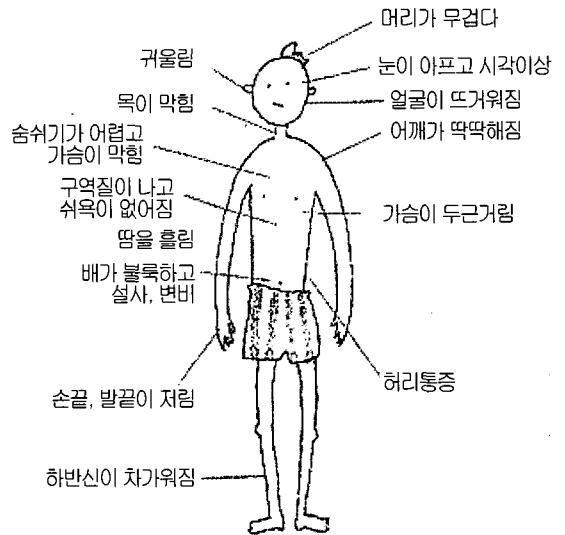
주거를 벗어나면 증상이 없어진다. 그러나 화학물질 과민증은 그 주거로부터 벗어나도, 그 후 여러 가지 화학물질에 과민하게 반응하게 된다. 화학물질 과민증의 원인물질은 매우 다양하여, 주거에 제한되지 않고 환경의 공기질의 오염도 원인이 된다(표 1). 그러나 원인물질에 의해 반드시 동일한 증상이 나타나는 것은 아니며, 증상의 강도도 개인차가 크며, 환자의 체질에 의해 결정된다. 앞에서 설명했듯이 화학물질 과민증의 원인물질(표 2)로는 여러 가지가 있으나, 새집증후군으로 발병하여 그 후 화학물질 과민증으로 된 경우가 60% 가까이 된다는 조사결과도 있다. 그러므로 새집증후군의 대비책이 화학물질 과민증의 예방에 도움이 될 수 있다. 새집증후군의 유의점은 다음과 같다.

### 신축주택의 입주직후 유의점

신축후 얼마동안은, 방출강도가 높은 물질의 방출이 예상되어지므로, 냄새가 나는 경우나 눈이 따끔 따끔한 경우에는 환기를 실시하는 것이 좋다. 환기는 창을 여는것과 동시에 실내의 출입문들을 개방하여 통풍을 확보하는것이 좋다. 반면, 창을 열고 창주위의 환기팬을 작동시키면, 공기가 국부적으로만 통과하므로 충분한 공기의 순환이 되지않는 경우가



[그림 1] Total body load



[그림 2] 화학물질 과민증의 증상



있으므로 주의가 필요하다. 특히 여름철과 같은 온도가 높은 시기에는, 건축자재·시공자재로부터의 오염물질 방출이 촉진되어지므로, 환기 회수에 신경을 쓰는 것이 좋다.

**일상생활에서의 유의점**

- 1) 외기조건(기온, 외기의 질)에도 좌우되지만, 일상생활에 있어서 창을 개방에 의한 자연환기를 적극적으로 한다.
- 2) 급기구가 있는 경우, 가능한한 개방형태로 한다.
- 3) 실내 출입문을 개방하여 통기경로를 확보하도록 한다.
- 4) 창을 닫은 경우는, 예를들어 욕실, 화장실, 주방

등의 환기팬을 자주 운전시켜 환기량을 확보하는 것에 신경쓴다.

- 5) 수일간에 걸쳐 집을 비우는 경우에는, 특히 환기에 주의하는 것이 중요하다.
- 6) 생활에 있어서 건축자재 시공재료 이외에도 실내공기오염원이 되는 가능성이 있는 물질이 많다. 그러한 것들은 가능한한 실내에 들여놓지 않을 것, 또는 사용에 있어서 충분한 환기에 주의한다.

**입자상 오염물질**

부유입자상물질은, 일반적으로 수 100 μm 이하의

<표 1> 화학물질과민증의 원인물질

생물	털, 진드기, 곰팡이, 꽃가루
식품	효모, 계란, 우유, 보리, 콩, 육류, 어류, 식품첨가물, 방부제, 착색제
의류	직물, 카펫, 클리닝, 세제
화학물질	유기용제, 살충제, 포르말린, 농약, 제초제

<표 2> 건재, 시공재외 오염발생원의 가능성이 있는 물질을 함유한 발생원

발생원	오염물질
세정제 (클리너, 왁스등)	포름알데히드, 톨루엔
도료 및 관련제품 (도료, 스프레이 등)	톨루엔
농약 등 (살충제, 방충제 등)	자일렌, 클로로피리호스, 아레스린, 페루메트린, 휘트트로치온, 헥시온, 마라치온
점착/접착제 (다목적접착제, 고무용접착제 등)	톨루엔, 자일렌, 포름알데히드
화장품 등 (샴푸, 향수, 헤어스프레이 등)	포름알데히드
자동차용품 (휠, 휘발유, 왁스 등)	톨루엔, 자일렌
취미용품 등 (사진용약제, 전문접착제 등)	톨루엔, 자일렌, 포름알데히드, 가연제(DEHP)
가구, 의류 등 (가구, 커튼, 매트리스, 카펫 등)	포름알데히드, 가연제(DEHP)
개방형연소기구 등	포름알데히드
담배연기	포름알데히드

(예시한 제품이 우측에 있는 물질을 반드시 함유하고 있는것은 아님)

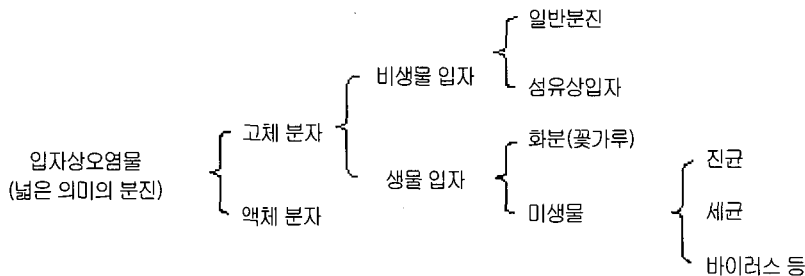
부유성고체와 저증기압의 액체입자로 되어있다. 한마디로 부유분진이라고 해도 그 물리적, 화학적성상은 다양하다. 그림 3에 入江(1988)가 분류한 실내공기중에서 발견되어진 부유입자상물질을 나타낸다. 입도별 부유입자상물질의 폐포침착율에 대해서, 그림 4(Hatch et al., 1964)에 보이는것과 같은 특성이 알려져 있다. 일반적으로, 입자의 크기가 클 경우, 공기중에 부유하는 것이 어렵고, 설령 호흡되었다고 하더라도 10 μm 이상의 입자는 비강의 부분에서 머물 것으로 생각되어진다.

실내에서 일반부유입자상물질의 주요발생원은, 사람의 활동이다. 표 3에 인체로부터의 발생량을 정리하였다.

한편, 사람은 호흡을 통하여 생명유지에 필요한 산소를 얻고 있다. 호흡에 의해 흡입하는 공기중에 에어로졸 입자가 포함되어 있는 경우, 이들 입자는 관성충돌, 중력침강, 확산 등의 여러 가지 침착기구에 의해 비강, 기관 기관지, 폐 등 호흡기도의 각부에 그 크기별로 침착한다. 이때의 침착양식을 모델화한 것을 '호흡기침착모델'이라고 한다. 이 모델에서는 호흡기도를 5개의 영역(ET1, ET2, BB, bb, AI)으로 나누어, 각각의 영역별로 침착 에어로졸량을 평가할 수 있다. 1시간동안의 호흡량이 1.2 m<sup>3</sup> 인 성인이 코로 호흡한 경우의 호흡기도부위별 침착율의 입경의존성을 그림 5에 나타낸다.

<표 3> 인체로부터의 입자상물질 발생량

활동상황	입경(μm)	발생량(10'개/분)
정 지	0.5 이상	10
"	1 "	20~70
"	5 "	2~8
보행 (3.6 km/h)	0.5 이상	500
" (4.0 km/h)	1 "	90~400
" ( " )	5 "	7~40
보행 (5.6 km/h)	0.5 이상	750
보행 (8.0km/h)	0.5 이상	1,000
"	1 "	250~700
"	5 "	15~60
경 작 업	0.5 이상	50~100
기립/착석동작	0.5 이상	250
도 약	0.5 이상	1,500~3,000
비 고	인체로부터의 발생량을 중량농도로 표시한 데이터는 비교적 적으나, 실측에 의하면 사무실내의 1인당 발생량은, 10 mg/h 정도이다.	



[그림 3] 부유입자상 물질의 분류



**부유세균**

부유세균은, 살아있는 미생물이나 꽃가루 등의 부유입자 및 생물구성성분 등의 생물유래물질로 되어 있는 부유입자 전반을 지칭한다.

미생물에는, 세균(박테리아), 진균(곰팡이), 바이러스, 클라미디아, 원충 등이 있다. 미생물 자체의 크기로, 최소는 박테리아로 20 nm에서 250 nm 정도이다. 세균은 0.5 μm에서 10 μm 정도이다.

미생물의 형상은 다양하여, 그 물질조성과 표면상태도 여러 가지이다.

미생물이 부유입자로서 환경중에 방출되는 경우의 생존율 및 입자형태 등에서도 앞으로의 검증이 필요한 분야이다. 미생물의 생존율은, 그 미생물자신의 성질과 환경요인이 크게 관계한다. 세균도 포자로 된 것은 온도, 습도의 변화에 상당히 강하다. 더구나, 세균의 포자를 가지고 있지 않은 바이러스 등은, 각종 소독제에 대해서 저항성을 가지고 있는 것도 많다.

미생물의 오염은 크게 공기오염과 비말감염으로 나뉘어진다.

**• 공기오염**

공기오염에 의한 감염증으로서의 결핵, 수두, 레지오넬라증의 일차감염 등을 들 수 있다. 공기감염에는, 환자 등에서 배출되는 병원체를 포함한 비말(직경 5 μm 이상의 수분 등을 포함한 입자)의 수분이 증발해 발생하는 비말핵(직경 5 μm 이하의 입자)을 흡

입하여 감염하는 비말핵 감염과 병원체를 포함한 분진을 흡입해 감염하는 분진감염이 있다. 비말핵 등의 미세입자는, 장기간 공기중에 부유하여, 기류에 의해 광범위하게 확산하는 위험성이 높다.

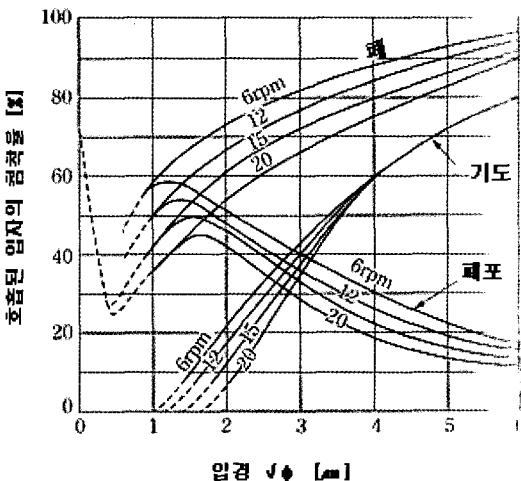
공기오염대책으로서, 감염성입자의 발생예방과 실내공기의 정화, 오염공기의 실외유출을 막는 것이다. 공기의 청정화는, HEPA필터 등 공조필터의 이용과 충분한 환기회수를 확보하는 것이 중요하다.

**• 비말감염**

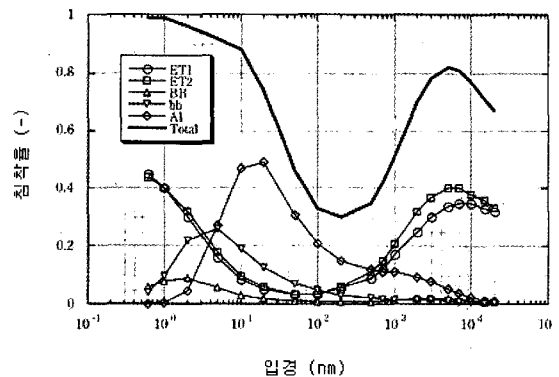
비말감염은, 환자 및 보균자가 기침, 재채기, 객담, 회화 등을 할 때라던지 기관흡입 등의 처치를 행할 때에, 병원체가 작은 물방울등과 함께 주위에 날아 흩어져, 결막, 비점막, 입 등을 통해 감염이 일어나는 것을 말한다. 통상, 직경 5 μm보다 큰 입자로, 자연낙하속도도 크고, 대략 수 m의 범위에서 감염하는 것으로 알려져 있다. 대책으로서, 입경이 커서 실내기류에 영향을 받지 않기 때문에, 거의 대부분이 수 m의 범위 내에 낙하하므로, 특수한 공조 및 환기가 필요하지는 않다. 환자 주위의 바닥, 침대 및 테이블 등 병원체가 부착되어있는 가능성이 있는 곳을 소독약으로 소독하는 것이 좋다.

**담배연기**

담배연기는 주변에 흔히 있는 에어로졸의 하나이



[그림 4] 입도별 입자상물질의 폐포침착율



[그림 5] 호흡기도 부위별 침착율의 입경의존성

\* ET1: 胸郭외영역, ET2: 胸郭외영역2, BB: 氣管支영역, bb: 細氣管支영역, Al: 肺胞-間質영역

다. 담배연기는 필터에서 나와서 흡연자가 흡입하는 연기와, 담배 말단부분에서 피어오르는 연기가 있다. 전자를 주류연(mainstream smoke), 후자를 부류연(sidestream smoke)이라고 한다. 실내에 부유하고 있는 담배연기는 환경담배연기(Environmental Tobacco Smoke, ETS)라고 한다.

담배연기입자의 전자현미경사진을 그림 6에 나타낸다. 담배연기입자는 열분해로 생긴 증기성분이 응축해서 생긴 액적입자이므로, 구형으로 되어있어, 1 μm보다 작은 것을 알 수 있다.

담배연기는 기체와 입자로 구성되어있으나, 양쪽 모두 많은 종류의 화학물질이 소량 포함되어있다. 현재 확인되어져있는 화학물질의 수는 약 4,000, 그 존재가 알려져 있는 것은 약 100,000 정도라고 알려져 있다. 이들 화학물질중 주요한 것을 표 4에 나타낸다. 니코틴은 주로 입자에 포함되어있다. 연기의 발생량은 흡인방식에 따라 다르므로 국제표준흡연조건(1분에 1회, 35 ml를 2초간 흡인)에 측정된 값을 나타내고 있다. 담배갑에는 니코틴량과 타르량이 표시되어있으나, 타르는 수분과 니코틴을 제외한 연기입자다.

**음이온**

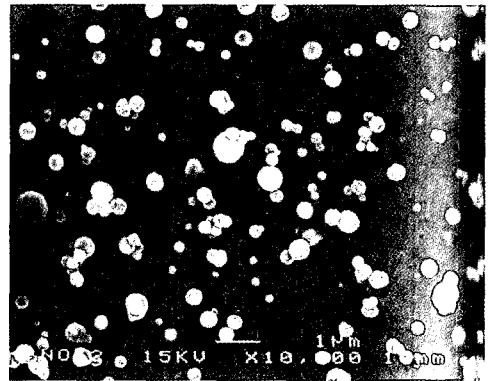
• 이온의 생체영향

이온의 인체나 동식물에 미치는 영향에 대해서, 최

근 화제가 되고 있다. 흔히, 플러스이온은 신체의 세포에서 전자를 빼앗아, 세포를 산화 불안정화 시켜, 어깨통증이나 흉통 등 마이너스의 작용이 있다고 한다. 반면, 마이너스이온은 세포의 활성화를 촉진하여, 자율신경의 조정과 혈액의 정화, 피로의 회복촉진 등 플러스작용이 있다고 한다. 그러나 이러한 효과에 대해서는 해명되어지지 않은 부분도 많아, 건강촉진작용에 대해서는 의문시하는 연구자도 있다.

• 이온의 이용

음이온효과를 선전하는 상품이 시판되고 있는 것처럼, 그 종류 수량은 매년 증가하고 있다. 음이온의 발생 그 자체를 목적으로 한 음이온발생기를 비롯하여,



[그림 6] 담배연기 입자의 전자현미경 사진

<표 4> 담배 한 개당 각종 성분량

성분명	주류연 (MS) [mg]	부류연 (SS) [mg]	SS/MS
연기입자	13.0	7.9	0.61
니코틴	0.79	5.6	7.1
일산화탄소	11.3 (=9.7 ml)*	54.1 (=46.5 ml)*	4.8
이산화탄소	41.9 (=22.9 ml)*	47.4 (=259 ml)*	11.3
질소산화물	0.23	0.9	3.9
암모니아	0.02	9.1	455
포름알데히드	0.02	0.73	36.5
아세트알데히드	0.63	4.2	6.7
아크로레인	0.07	1.3	18.6
벤젠	0.05	0.3	6.6

\* 실온을 20℃로 한 경우의 체적



음이온 발생기능을 부가한 공기정화기, 에어컨, 드라이기 등의 가전제품, 더 나아가 섬유제품까지, 다수의 상품이 나와 있다. 또, 음이온에 의한 실내환경과 대기환경 등의 개선(주환경의 개선, 음이온환경주택, 음이온수의 농업이용), 음이온에 의한 제균·항균·식품보존기술 등 음이온의 응용에도 광범위하다.

그러나, 음이온효과에 대해서는 확실하지 않은 문제도 많아, 앞으로의 연구 검토가 필요하다.

반면, 이미 확립시킨 이온응용기술도 다수 있어, 그 대표적 예로 전기집진장치가 있다. 전기집진장치는 공업적으로 발생하는 먼지를 음이온을 부여하여, 정전기력을 이용하여 먼지를 집진극으로 모아 제거하는 장치로, 각종 집진장치중에서도 집진효율이 가장 높고, 넓게 이용되고 있다.

이상으로 실내공기 오염물질에 대해서 간략히 알아보았다. 물론 이외에도 이산화질소, 라돈, 오존 등

여러 가지 오염물질이 존재한다. 이러한 오염물질을 제거하기 위해 환기설치, 공기정화기 등이 개발되고 있지만, 가장 근본적인 대책으로는 주위에 존재하는 오염원을 가능한한 제거하고 쾌적한 실내공기를 유지하기 위해 거주자가 항상 높은 관심과 주의를 갖는것이 중요하다. 끝으로 환경부에서 제시한 쾌적한 실내공기질 확보를 위해 기본적으로 지켜야 할 주요 생활공간별 관리방법을 표 5에 소개한다.

**참고 문헌**

1. Hatch, T. E and Gross, P., Pulmonary Deposition and Retention of Inhaled Aerosols, Academic Press, 1964.
2. 池田耕一, 空氣環境と人體, 日本建築學會編 建築設計資料集成1環境, 1978.

<표 5> 생활공간별 실내공기질 관리

	장소	영향	관리방법
부엌	청소용품	자극적 냄새	• 친환경 재료로 만들어진 제품 사용 • 용품의 사용량 등은 제조사의 지침을 따름
	조리기구 및 습기	미생물 번식이 용이	• 근처에 국소 배기팬 설치 및 가동
	목재 압축성형 가구	포름알데히드 발생	• 가급적 압축성형하지 않은 목재나 칠재가구를 구입
욕실	가스스토브 및 가스레인지	CO 가스 발생	• 버너의 정기적 점검 및 청결유지 • 근처에 국소 배기팬을 설치하여 조리시 반드시 가동
	입욕 및 세탁시 습기	미생물의 번식이 용이결로의 원인	• 국소배기팬 설치 및 가동
거실	방향제	휘발성유기화합물 발생	• 창문개방 • 국소배기팬 설치 및 가동
	목재 압축성형 가구	포름알데히드 및 휘발성유기 화합물 발생	• 친환경 제품 구입 • 새 가구의 설치 후, 창문개방하고 충분히 환기시킴
	카펫	수분이 흡수되면 미생물 번식 및 유해 가스 발생	• 설치하기 전에 환기가 잘 되는 곳에 두어 오염물질을 충분히 방출시킴 • 정기적으로 진공청소기를 이용하여 청소
	에어컨	미생물 번식 우려	• 필터를 정기적으로 청소 또는 교체 • 배수 드레인의 막힘과 물의 고임의 정기적 점검
	흡연	수천가지의 각종 유해화학물질 발생	• 실내에서는 흡연을 금지
침실	애완동물	동물의 털 등은 알레르기의 원인	• 애완동물은 실외에서 기르도록 함 • 집안의 정기적 청소
	가습기	미생물 번식 우려	• 제조사의 지침에 따라 사용 및 청소 • 매일 새로운 물로 교체
	드라이클리닝한 물품	사용된 화학약품에서 휘발성 유기 화합물 등 발생	• 환기가 잘되는 곳에서 유해한 가스를 충분히 방출시킴

3. 入江建久, 浮遊粒子狀物質, 空氣調和・衛生工學 第62卷 第7號, 1988.
4. 石川哲, 化學物質過敏症ってどんな病氣, 合同出版, 1993
5. ICRP Publication 66, Annals of the ICRP, Vol. 24, Nos 1-3, 1994.
6. 健康住宅研究會, 室内空氣汚染の低減のための ユーザーズ マニュアル, 1998
7. 日本公衆衛生協會, 感染症予防必携, 山鳴修道他 (編), 1999.
8. 社團法人 日本建築學會, シックハウス事典, 技報堂出版, 2001.
9. イオン情報センター, 空氣マイナスイオンの科學と應用, イオン情報センター(編), 2004.
10. 環境부, 공동주택 실내공기질 관리, 2005 (㉔)