

신축주택에서 포름알데히드 농도저감에 대한 공기 촉매제의 효과에 관한 연구

An Effects of Air-Assisted-Catalyst Element for Reducing Density of Formaldehyde in a New House

조현우* 박우열** 조훈희*** 조호규**** 강경인*****
Joh, Hyoun-woo Park, U-yeol Cho, Hun-hee Jo, Ho-kyoo Kang, Kyung-in

Abstract

The sick house syndrome is occurred from the harmful elements that the building interior materials are given off after building construction or renovation. The appropriate methods, which is to prevent sick house syndrome from spreading have to be selected before building construction or renovation. Thus, this study is to measure the density of formaldehyde, one of the volatile organic compounds after sprinkling air-assisted-catalyst on the building interior space. As a result, the emit value of formaldehyde is measured 0.07ppm that is lower than the standard of Environmental Protection Agency and World Health Organization, 0.1ppm, and the standard of Ministry of Health, Labour, and Welfare of Japan, 0.08ppm.

키워드 : 새집증후군, 공기촉매, 건축자재, 포름알데히드, 휘발성유기화합물

Keywords : Sick House Syndrome, Air-Catalyst, Interior Materials, Formaldehyde, Volatile Organic Compound.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 필요성

최근 삶의 질 향상에 대해 관심이 높아지면서 주거 환경에 있어서도 자연 친화적인 요구가 높아지고 있다. 기존에 환경 문제는 주로 수질오염, 대기오염 등에 그 초점을 맞추어 왔으나, 주거환경의 변화에 따라 실내공기 오염에도 관심을 보이고 있다. 특히 현대인들은 실내에서 생활하는 시간이 증가하게 되면서 실내의 구성에 많은 관심을 가지게 되었고 그 결과 내부 건축자재로부터 방산되는 오염물질로 인한 실내오염에도 관심이 증대되고 있는 실정이다.

이처럼 실내의 공기 오염에 따라 발생하는 부작용을 「새집증후군」이라 한다. 이것은 실내 공기 중에 특정 화학물질 혹은 여러 화학물질이 복합적으로 인체에 작용하여 나쁜 영향을 미치는 현상을 총칭하여 이르는 말이다. 새집증후군(Sick House Syndrome)은 「신축 빌딩 증후군」(Sick Building Syndrome)에서 파생한 것으로 1979년에 덴마크의 P.O 핑거에 의해 제창된 「실내 기후」에 의한 것이다. 새집증후군은 신축주택 또는 리모델링한 건물에 새로이 입주하는 경우 많이 발

생하며, 그 현상으로 대표적인 것이 원인모를 우울증 또는 몸이 나른해지는 것이다.

우리나라의 경우도 대부분의 사람들이 실외에서 보내는 시간보다는 실내에서 보내는 시간이 월등히 많아지게 되면서 실내공기질 관리의 실효성 확보 및 규제 체계의 수립이 시급하게 요구되고 있는 실정이다. 이를 일부 해소하기 위해, 환경부에서는 실내공기질 관리 대상을 확대하고, 관리 방법을 선진화 하는 등 일괄적인 실내공기질 관리를 위하여 「다중이용시설등의실내공기질관리법」등을 제정하여 실내공기질에 대한 합리적이고 체계적인 관리의 기초를 마련하게 되었다.

따라서 점차 증가하는 거주자들의 요구에 맞출 수 있도록 새집증후군에 대한 과학적인 고찰이 필요할 것이며, 그 영향성을 파악, 대책을 위한 방안 모색이 절실히 요구되고 있다.

1.2 연구의 목적 및 방법

본 연구는 「새집증후군」의 원인이 되는 여러 가지 실내공기오염물질을 저감하기 위해 공기촉매를 코팅시공하여 그 저감되는 상황을 실험을 통해 파악하여 저감률을 측정하는데 그 목적이 있다.

이를 위한 방법으로 신축 공동주택을 대상으로 공기촉매 코팅제를 실제 시공한 곳과 시공하지 않은 곳의 포름알데히드(HCHO) 농도 변화를 측정하였다. 이것을 바탕으로 공기촉매 코팅제의 실내공기 오염물질에 대한 저감률을 파악하였다.

* 고려대학교 건축공학과 석사과정

** 영산대학교 건축학부 전임강사, 공학박사

*** 한국해양대학교 해양공간건축학부 전임강사, 공학박사

**** 현대기술연구소 선임연구원

***** 고려대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2. 신축건물의 오염물질

2.1 오염 물질

과학적 연구를 통해 현재까지 밝혀진 실내 오염 물질로는 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 이산화질소(NO₂), 아황산가스(SO₂), 오존(O₃), 중금속(Heavy metal), 석면(Asbestos), 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds<VOCs> : 벤젠, 톨루엔, 크실렌 등), 포름알데히드(HCHO), 미생물성 물질(microbic substance), 라돈(Rn) 등이 있다. 이 가운데 『새집 증후군』을 유발하는 유해한 화학물질은 주택에 사용되는 각종 전자재에서 배출되는 휘발성유기화합물(VOC), 포름알데히드(HCHO) 등이 알려져 있다.

표 1. 휘발성 유기화합물과 독성

휘발성 유기화합물	독성지표
포름알데히드	비인두점막 자극
톨루엔	신경행동기능 및 생식발생에 영향
크실렌	출생아의 중추신경계발달에 영향
스티렌	뇌나 간장에 영향

주) 일본 Committee on Sick House Syndrome의 Guidline을 재구성

1) 포름알데히드(HCHO)

포름알데히드는 수소, 탄소, 산소원자로 이루어지는 HCHO 구조를 가진 자극성이 강한 무색의 기체로 물에 용해되기 쉬워서 37% 수용액(포르말린)의 경우는 살균·방충제로 사용된다. 반면에 포름알데히드는 여러 가지 화학물질과 반응하여 유용한 제품을 만들어 내기도 한다. 즉 화학공업의 원료로 포름알데히드는 오래전부터 대량으로 사용되었으며, 요소와 포름알데히드를 원료로 하는 접착제는 합판이나 파티클보드의 접착제에 적합하여 많이 사용되었다. 그러나 합판이나 파티클보드에 사용된 접착제에서 포름알데히드가 가스로 생성되어 실내에 발산되므로 장기간에 걸쳐서 실내를 오염시키게 된다.

2) 휘발성 유기화합물(VOC)

VOC는 Volatile Organic Compound의 약자로 Volatile은 휘발성, Organic Compound는 유기물질, 즉 탄소를 포함한 화학물질을 의미하는 영어로 탄소를 포함한 화학물질로 휘발성이 있는 것을 통틀어 VOC라고 부른다. VOC는 탄소 외에 많은 수소원자가 포함되어 있으며, 또한 수소보다는 적은 양이지만 산소, 질소, 황, 인 등이 포함되어 있는 경우도 있다. VOC는 이러한 여러 원소의 조합에 의해 수없이 많은 종류의 화학물질로 구성된다. 산소를 포함한 VOCs에는 포름알데히드, 아세트알데히드 등 알데히드류나 아세톤 등의 케톤류가 있다. 이들은 접착제의 원료로 대량으로 사용된다. 인을 포함한 VOC는 방충제의 클로로피리포스와 같이 강한 독성을 가진 화학물질이 많다.¹⁾

2.2 오염물질과 인간과의 관계

1) 박진철, 주거건축물의 실내공기환경 개선에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 19권 6호, pp.129-137, 2003.

『새집 증후군』을 유발하는 많은 공기오염물질은 인체에 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 표 2는 이러한 오염물질이 발생하는 주요발생원과 오염물질이 인체에 미치는 영향에 대해 나타내고 있다.

표 2. 주요 공기오염물질의 발생원인과 인체에 미치는 영향

오염물질	주요발생원	인체에 미치는 영향	
VOCs	Benzene	연기, 세척 및 청소용품, 페인트, 접착제, 파티클 보드	골수손상, 혈소판 감소증, 백혈구 감소증, 빈혈증
	Toluene	페인트, 접착제, 난방기구, 카페트, 단열재, 왁스, 코킹제 등	간, 혈액, 신경 등에 독성 피로감, 정신착란 유발
	Xylene	페인트, 접착제, 난방기구, 카페트, 코킹제, 염료착색제	신경계에 대한 독성이 아주 강함
	Ethyl benzene	가구광택제, 페인트, 바닥왁스, 전기용품 등	신경계에 대한 독성이 강함
	펜타클로로벤젠	목재방부제, 곰팡이 제거제, 증약	정서불안, 신경착란, 피로감
디클로로벤젠	방향제, 곰팡이 제거제, 증약	어지럼증, 신경계 손상, 피로감	
포름알데히드	목재방부제, 화장품, 가구, 합판, 단열재, 접착제	어지럼증, 신경계 손상, 피로감, 발암유발	

주) 윤동원, 건축자재에서 발생하는 오염물질과 특성, 한국설비기술협회, 설비/공조·냉동·위생, 2004. 1.

1) 포름알데히드가 인체에 미치는 영향

사람이 포름알데히드의 냄새를 감지하는 농도는 500~1000 ppb²⁾이지만, 그 이하에서도 만성적으로 노출된 경우 화학물질 과민증을 일으킬 가능성이 있다.

표 3. 포름알데히드 농도에 따른 인체에 미치는 영향

농도(ppm)	발생하는 증상
0.01-1.6	눈의 자극이 시작되는 최저 값
< 0.04	신경조직의 자극이 시작됨
0.05-10	냄새가 느껴지는 최저 값
0.08-1.6	눈과 코에 자극
0.08	WHO, 일본의 기준 값(치침값)
0.1	독일의 최소 오염농도
0.25-0.33	호흡장애의 시작
0.5	몸의 자극이 시작되는 최저 값
2-3	눈을 찌르는 듯 아파짐
10-20	심하게 눈물이 남
30~	생명이 위험

주) 日本建築学会 `シックハウス事典` 技報堂出版 `2001

2) VOCs가 인체에 미치는 영향

다음 그림 13)은 VOC 농도와 건강과의 관계를 개략적으로 표시한 그림이다. 화학물질의 농도에 따른 반응을 보았을 때, 소량일 경우 인체의 반응은 개인차가 나타나지만, 다량으로

2) 1 ppm (Part per Million) = 1000 ppb (Part per Billion) 이다.

3) 한국공기청정협회, 오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구, 환경부, 2003. 1.

함유되었을 경우에는 개인별 차이가 별로 발생하지 않는 것으로 나타났다.

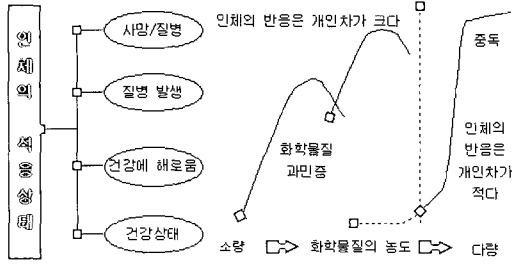


그림 1. VOC 농도와 건강에 미치는 영향

표 4는 이러한 인체의 영향에 대해 VOC 농도에 따른 영향 발생 정도를 나타낸 표이다. 표에서 나타났듯이 VOC의 농도가 3.0mg/m³일 경우 건강에 영향을 주기 시작하는 것임을 알 수 있다.

표 4. 총 VOC 농도와 건강에의 영향

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

주) 한국공기청정협회, 오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구, 환경부, 2003. 1.

2.3 대표적 건축 자재의 HCHO와 TVOCs 발생량

건축공사에는 많은 종류의 내장 재료들이 사용되며, 기술의 발달과 함께 여러 종류의 합성재료를 이용한 내장 재료들이 개발되고 있는 실정이다. 이러한 합성재료에는 다량의 휘발성 유기화합물질(VOCs)을 함유하고 있어 이들이 방출하는 오염물질들이 『새집증후군』의 원인이 되고 있는 것이다. 특히 주거용 건물은 동일한 바닥면적을 기준으로 할 때 다른 건물에 비하여 벽체의 내장 재료의 사용 면적이 증가하기 때문에 휘발성 유기화합물질(VOC)의 방출 면적도 증가할 수 있다.

표 5. 건축자재에 함유된 대표적인 유기화합물

건축자재	함유가능성이 있는 화학물질
염화비닐제품(장판)	가소제
원목마루	포름알데히드
합판, 파티클보드	포름알데히드
석고보드	포름알데히드
목재 보존제	톨루엔, 키실렌, 유기린계
페인트	키실렌, 톨루엔
래커	알콜계 중심
목공용 접착제	가소제
벽지용 접착제	가소제, 포르말린, 톨루엔
에폭시수지계 접착제	키실렌, 가소제
바닥왁스	톨루엔, 키실렌, 포름알데히드

주) 日本建築学会 `シックハウス対策のバイブル` 彰国社 `2002

집을 짓거나 보수(리모델링)하는데 주로 사용되는 건축자재들이 함유하고 있는 대표적인 유기화합물들은 다음 표 5에 제시된 것과 같다. 특히 우리가 최근에 실내가마를 화려하게 꾸미기 위한 자재들이 특히 많은 유기화합물들을 함유하고

있다는 것을 확인할 수 있다.

표 6. 각 재료의 측정 시간별 포름알데히드 방출율(mg/m³h)

종류	시간	3	6	9	12	18	24	30	36	48
가구재료		78.05	99.30	158.47	214.90	125.15	125.64	95.35	82.71	58.84
페인트		44.00	45.11	32.64	25.29	21.91	19.65	18.71	20.57	13.12
나무재료		30.89	32.81	30.65	61.67	67.13	38.38	30.08	31.52	31.08
벽지재료		28.22	64.30	48.53	47.60	45.65	34.17	34.91	25.61	25.95
타일재료		19.55	22.20	22.78	27.55	30.92	18.35	16.84	14.06	14.91
종류	시간	60	72	84	96	108	132	156	180	204
가구재료		44.00	50.62	63.81	52.50	62.91	63.00	84.13	70.81	86.50
페인트		17.90	20.12	16.62	18.69	13.15	11.91	12.16	14.65	16.63
나무재료		24.39	39.34	38.79	38.56	35.32	33.64	33.36	36.18	28.39
벽지재료		35.24	32.88	33.46	24.55	22.42	26.19	23.68	18.68	22.10
타일재료		20.84	24.59	27.28	23.11	25.59	25.05	21.10	23.70	27.35
종류	시간	252	300	396	492	660	828	1164		
가구재료		74.99	61.10	65.36	21.79	43.18	30.84	31.11		
페인트		13.96	14.75	11.83	12.12	8.345	4.65	10.49		
나무재료		26.89	16.74	11.26	10.36	11.74	23.25	N/A		
벽지재료		19.87	24.99	20.15	20.31	13.19	16.16	11.64		
타일재료		20.50	13.86	17.47	9.86	9.86	13.21	11.48		

주) 한국공기청정협회, 오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구(2003) 자료를 재구성한 것임

표 7. 각 재료의 측정 시간별 총 VOC 방출율(mg/m³h)

종류	시간	3	6	9	12	18	24	30	36	48
가구재료		0.88	0.00	1.38	0.93	0.79	0.65	0.66	0.38	0.37
페인트		0.54	0.54	0.58	0.87	0.46	0.49	0.50	0.39	0.23
나무재료		0.38	0.43	0.67	0.46	0.42	0.41	0.29	0.30	0.22
벽지재료		0.30	0.43	0.74	0.36	0.33	0.36	0.31	0.27	0.25
타일재료		0.25	0.54	0.59	0.52	0.45	0.37	0.28	0.22	0.24
종류	시간	60	72	84	96	108	132	156	180	204
가구재료		0.33	0.35	0.30	0.29	0.29	0.32	0.30	0.38	0.37
페인트		0.21	0.19	0.18	0.17	0.18	0.22	0.15	0.20	0.24
나무재료		0.21	0.20	0.16	0.20	0.19	0.21	0.16	0.18	0.16
벽지재료		0.30	0.24	0.23	0.23	0.20	0.20	0.24	0.21	0.18
타일재료		0.20	0.18	0.18	0.20	0.19	0.19	0.21	0.23	0.23
종류	시간	252	300	396	492	660	828	1164		
가구재료		0.32	0.38	0.29	0.27	0.33	0.30	0.20		
페인트		0.22	0.17	0.23	0.16	0.23	0.21	0.17		
나무재료		0.17	0.20	0.17	0.15	0.12	0.14	0.15		
벽지재료		0.17	0.24	0.20	0.22	0.13	0.20	0.14		
타일재료		0.19	0.21	0.15	0.20	0.17	0.18	0.16		

주) 한국공기청정협회, 오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구, 환경부, 2003. 1.

한국공기청정협회에서 시행한 “오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구(2003)”의 건축자재 오염물질 방출시험 측정 및 결과분석 중에서 주요자재의 화학물질 방출농도를 측정된 결과를 살펴봄으로서 좀 더 자세히 그 유해정도를 판단할 수 있는데, 측정자재는 일반적으로 주거용 아파트에서 많이 사용되고 있는 가구재료(문짝), 페인트, 나무재료(바닥재), 벽지, 타일재료를 선정하였고, 벽지와 타일 재료는 시공시 사용되는

접착제를 이용하여 석고보드에 부착한 상태로 샘플을 제작하였다. 측정용 샘플의 제작은 시료의 샘플링 방법을 준수하여 채취하고 시료의 제작 후 수일 내에 실험실로 반입되었으며, 화학물질의 방출을 억제하기 위하여 비닐 랩으로 포장한 상태로 상온의 연구실에서 보관하였다. 보관기간은 2개월 정도였다.

표 6과 7은 각 재료의 측정 시간별 포름알데히드 방출율과 총 VOC 방출율을 각각 나타내고 있다. 실험결과 각 재료의 포름알데히드 방출율 및 총 VOC 방출율은 대체로 일정하게 유지되었으나, 시간이 지남에 따라 온도 및 습도의 변화에 따라 약간 씩의 증감은 발생하고 있다.

3. 오염물질 저감 방법

3.1 친환경자재 사용

유해 오염물질의 발생량을 억제하기 위해서는 유해물질의 방산량이 적은 친환경 자재의 선정이 우선되어야 한다. 실내 마감재와 가구류에서 방산되어 실내공기를 오염시키는 대표적인 유해 오염물질인 휘발성 유기화합물과 포름알데히드의 경우 선진국에 비해 국내의 측정 및 평가기술은 아직 도입단계에 불과하며, 건축자재별 방산량에 대해서도 국내의 자료는 거의 없는 상황이다. 또한 건축 자재와 함께 포름알데히드 및 VOCs의 방출량으로 문제가 되고 있는 가구류 역시 친환경적인 자재로 만들어지지 않는다면 「새집 증후군」을 유발할 수 있는 요소가 된다. 하지만 국내 전자재 시장의 영세성과 급속한 시장변화에 대응하는 신뢰성 있는 성능평가 데이터가 부재하여 시공 시 자재 선정의 큰 어려움을 겪고 있다.⁴⁾

3.2 보조재의 시공

「새집 증후군」을 최소화하기 위해서는 적절한 설계를 통해 유해화합물을 방출하지 않는 건축자재를 사용하는 것이 최선의 것이다. 그러나 모든 건축자재를 유해화합물이 방출되지 않는 것으로 적용하면 건축비용은 상당히 상승할 것이다. 또한 기존의 가구들도 몸에 이롭지 못한 화합물을 배출할 가능성 또한 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 기존에 사용된 자재에 적절한 보조재를 시공하여 유해화합물의 방출을 최소화할 수 있다면 전체적으로 건축자재를 교체하는 것과 비교하여 매우 효과적인 방법이라 할 수 있다.

3.3 기타 방법

환기 효과에 의한 실내 유해 오염물질의 농도 저감의 경우, 오염물질의 발생량이 아무리 많더라도 단순히 외기도입 환기량을 늘리는 것 만으로도 공기 오염 물질을 배출하는 것이 가능하다. 그러나 이러한 과대한 외기도입은 건물의 냉난방 에너지의 손실 등 여러 가지 문제를 일으키게 되리라 사료되는 바이다.

4. 공기측매 코팅제를 적용한

4) Well being과 실내 공기질, 이승민, 한국설비기술협회

포름알데히드 저감

공기측매 코팅제는 인산티타늄 화합물, 산화티탄, F118피트 종합액으로 구성된다. 산화 티탄을 통해 빛을 이용한 VOCs 및 포름알데히드 분해 작용과 동시에 인산티타늄 화합물은 빛이 없는 곳에서 공기중의 물과 산소를 촉매로 유기물질을 분해하는 역할을 한다. F118의 경우 식물추출액으로 냄새 제거 및 항균 효과가 있다.

이와 같은 공기측매 코팅제는 벽, 카펫, 천정 등에 스프레이 시공을 통해 VOCs 및 포름알데히드의 방출량을 저감하는 역할을 한다. 공기측매 코팅제의 성분 구성과 성분 특징 및 효과는 다음 표 8⁵⁾에 나타나 있다.

표 8. 공기측매 코팅제의 배합 성분 및 효과

배합 성분명	효과·효능	지속성	성분 특징
산화 티탄	◎ 냄새를 제거	장기간 지속	유해 물질을 형광등이나 태양광으로 물과 탄산 가스로 분해.자외선·가시광이 닿는 것으로, 조금씩 광촉매 기능의 효과를 발휘. 1회의 도포로 장기간 냄새제거·항균과 실내오염 화학물질의 분해 작용이 있다.
	○ 항균		
	○ 새집 증후군 대책		
SiO2	◎ 초친수	장기간 지속	욕실, 타일, 화장실, 부엌, 유리등, 무기질에 실리카 유리막을 만들어 견고하게 밀착, 초친수방오효과로, 유수에 의해 셀프 클리닝, 결로방지 효과도 있다.
	◎ 방오셀프 클리닝		
	○ 결로방지		
인산 티타늄 화합물	◎ 냄새를 제거	장기간 지속	공기중의 산소와 물에 반응해, 빛이 없어도 산화 티탄과 같은 「유기물 분해 기능」을 가진다. 도포후 48시간으로 효과를 발휘해, 장기간의 소취·항균·방곰팡이와 실내오염 화학물질의 분해 작용이 있다.
	◎ 항균		
	◎ 방곰팡이		
피트 틸트 종합액 (F118)	◎ 냄새를 제거 ○ 항균 ○ 새집 증후군 대책	즉효성	118종의 피트틸트

5. 실험의 조건, 계획, 방법

5.1 『실내공기질공정시험방법』에 대한 고찰

환경부는 2004년 6월 5일부터 「다중이용시설등의실내공기질관리법」 제4조의 규정에 의하여 『실내공기질공정시험방법』을 고시하였다. 이는 「다중이용시설등의실내공기질관리법」에서 규정된 대상 시설인 공동주택, 다중이용시설의 실내공기질 시험방법 및 건축자재 오염물질 방출량의 시험방법을 규정하고 있어 다음과 같은 사항에 유의해야 한다.

1) 시료의 채취는 공동주택 단위세대의 거실 중앙부에서 실시하며, 원칙적으로 벽으로부터 최소 1m이상 떨어진 위치의

5) www.airguard.co.kr 국제그린산업(주)

바닥면으로부터 1.2~1.5m 높이를 기본 측정점으로 한다. 만약, 실내에 자연환기구나 기계환기시스템이 설치되어 있을 경우, 각각의 급배기구로부터 최소 1m 이상 떨어진 곳에서 측정하도록 한다.

- 2) 공동주택에서의 실내공기질환경의 측정을 위해서는 다음의 조건이 만족되는 경우를 표준적인 측정방법으로 한다.

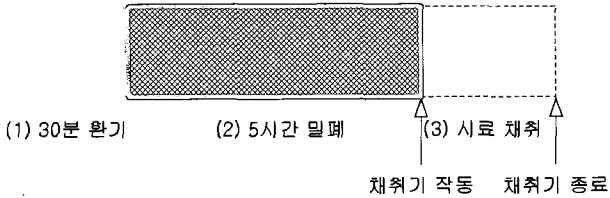


그림 2. 공동주택에서의 실내공기질환경 측정 조건

① 30분 이상 환기

공동주택 단위세대의 외부에 면한 모든 개구부(창호, 출입문, 환기구 등)와 실내출입문, 수납가구의 문 등을 개방하고, 이 상태를 30분 이상 지속한다.

② 5시간 이상 밀폐

외부공기와 면하는 개구부(창호, 출입문, 환기구 등)를 5시간 이상 모두 닫아 실내외 공기의 이동을 방지한다. 이때, 실내간의 이동을 위한 문과 수납가구 등의 문은 개방한다.

③ 시료채취

시료 채취는 원칙적으로 30분간 2회 실시한다. 단, 실내에 오염물질이 고농도로 존재하여 포집관의 파손이 일어나거나, 감도의 유지가 어려울 경우에는 시료채취량의 범위를 만족하는 선에서 측정시간을 변경할 수 있다. 실내에 자연환기구 및 기계환기시스템이 설치되어 있을 경우, 이를 밀폐하거나 가동을 중단하고 측정을 실시하는 것을 원칙으로 한다.

- 3) 온도조건 : 시료채취시의 실내온도는 20℃ 이상을 유지하도록 한다.
- 4) 기류조건 : 환기시스템이 가동하는 경우, 급기나 배기구로부터의 영향을 받지 않는 지점에서 측정한다.
- 5) 채취 시간 : 일반적으로 시료채취는 오후 1시에서 5시 사이에 측정하는 것을 원칙으로 한다.
- 6) 포름알데히드 시험 방법은 공동주택의 공기 중에 존재하는 포름알데히드 농도를 측정하기 위한 시험방법으로 DNPH Cartridge와 HPLC분석법을 사용한다.

그러나 실내 오염 물질에 대한 실험 및 분석 방법의 경우 비용과 시간이 많이 들게 된다. 그러므로 본 연구에서는 실내 공기의 채집 조건에 대한 내용을 준수하면서, 측정 및 분석 방법에 있어서 환경부에서 제시한 방법이 아닌 간이 측정기계를 이용하여 공기촉매 코팅제를 시범 시공한 곳과 그렇지 않은 곳의 포름알데히드의 수치를 비교 공기촉매 코팅제의 포름알데히드 저감율을 측정하고자 한다.

5.2 실험 계획

1) 공기촉매 코팅제의 시공

① 시공 장소

서울시 송파구 잠실동 H빌라 4층의 침실 1, 2

② 시공 장비

공기촉매 코팅제의 실내공기 오염물질 저감을 측정 및 시범 시공에 사용되는 실험 장비들은 다음과 같다.

ㄱ. 공기 압축기

공기 촉매 코팅제를 분사하기 위해 공기를 압축하여 압력을 만드는데 사용된다.

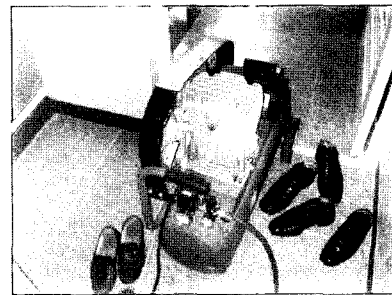


그림 3. 공기 압축기

ㄴ. 압출 분사기

공기 촉매 코팅제와 공기압축기에서 압축된 공기를 바탕으로 공기 촉매 코팅제를 가구, 벽, 유리 등에 나노 입자의 형태로 분사하는 역할을 한다.

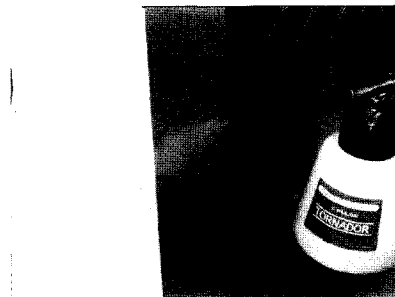


그림 4. 압출 분사기

③ 시공 방법

시범 시공은 2004년 9월 3일 오후 1시에서 2시에 시공하였고, 시공당시 실험 대상의 실내 온도는 28℃이고, 그림 5의 순서에 따라시범 시공하였다.

2) 포름알데히드 농도 측정

① 측정 방법

시료의 채취는 공동주택 단위세대의 거실 중앙부에서 실시하며, 원칙적으로 벽으로부터 최소 1m 이상 떨어진 위치의 바닥면으로부터 1.2~1.5m 높이를 기본 측정점으로 하였다. 공동주택에서의 실내공기질환경의 측정을 위해서는 다음의 조건이 만족되는 경우를 표준적인 측정방법 설정하였으며 상세한 내용은 다음과 같다.

- ㄱ. 30분 이상 환기 : 공동주택 단위세대의 외부에 면한 모든 개구부(창호, 출입문, 환기구 등)와 실내출입문, 수납

가구의 문 등을 개방하고, 이 상태를 30분 이상 지속하였다.

- ㄴ. 5시간 이상 밀폐 : 외부공기와 면하는 개구부(창호, 출입문, 환기구 등)을 5시간 이상 모두 닫아 실내의 공기의 이동을 방지한다. 이때, 실내간의 이동을 위한 문과 수납가구 등의 문은 개방하였다.
- ㄷ. 온도조건 : 시료채취시의 실내온도는 20℃ 이상을 유지하였다.
- ㄹ. 채취 시간 : 일반적으로 시료채취는 오후 1시에서 5시 사이에 측정하였다.
- ㅁ. 침실 1,2 가운데 침실 1은 공기축매 코팅제를 이용해 시범 시공을 하여 포름알데히드의 농도 변화를 살펴보고, 침실 2는 블랭크 상태를 유지하면서 포름알데히드의 농도 변화를 측정하였다.

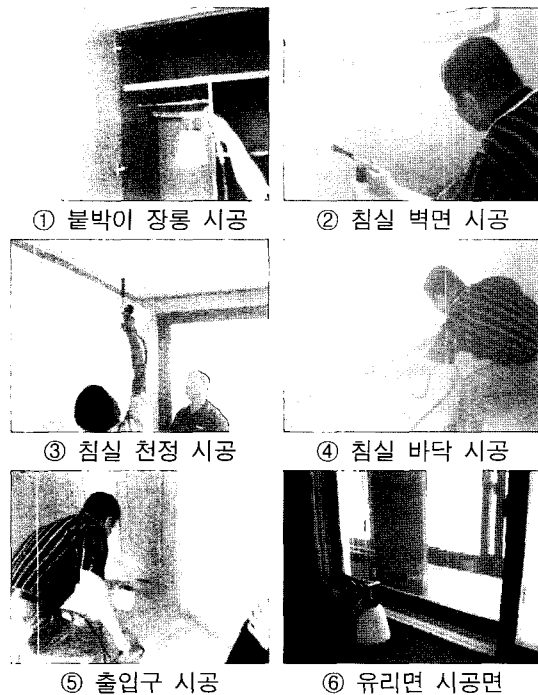
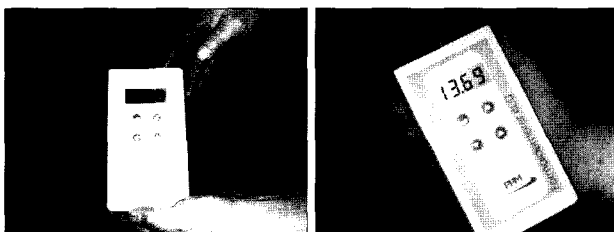


그림 5. 공기축매 코팅제의 시공



시범 시공 전 HCHO의 측정값 시범 시공 직후 HCHO의 측정값

그림 6. 시범 시공 전후의 HCHO 측정값 변화

② 측정 시간

시범시공이 이루어진 침실 1의 경우는 시범시공 직후 1시간 간격으로 3회 측정한 다음 24시간 간격으로 3일간 측정하였고 시범시공이 이루어지지 않은 침실 2의 경우 24시간 간격으로 3일간 측정하였다.

③ 측정 장비

간이 측정 도구 : 실내에서 발생한 포름알데히드의 농도는 간이 측정 도구를 이용하였는데, 실내의 온도에 따라 캘러 브레이팅을 이용해 측정 기기를 조정해야 한다.

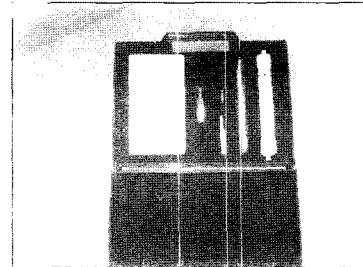


그림 7. 간이 측정 도구

6. 실험의 결과 및 분석

6.1 실험 결과 및 분석

시범시공을 한 침실 1과 미시공한 침실 2의 포름알데히드 측정값 과 저감률은 표 9과 같다.

표 9. 침실 1, 2의 포름알데히드 저감률

측정항목	시공 전	시공 직후	1시간 후	2시간 후	3시간 후	1일 후	2일 후	3일 후	저감률 (%)
실험시공 침실의 포름알데히드 (ppm)	0.53	13.69	12.14	11.18	10.60	1.85	.88	.07	87.5
미시공 침실의 포름알데히드 (ppm)	.48	.48	.48	.48	.48	.50	.49	.50	-

표 9에 나타난 포름알데히드 농도가 시공 직후부터 2일까지 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있는데 이러한 현상은 공기축매제의 화학 반응에 의해 건축 자재 및 가구에서 방출되는 포름알데히드가 공기축매와 반응하면서 포름알데히드가 분해되는 과정이 촉진되어 나타나는 현상으로 판단된다.

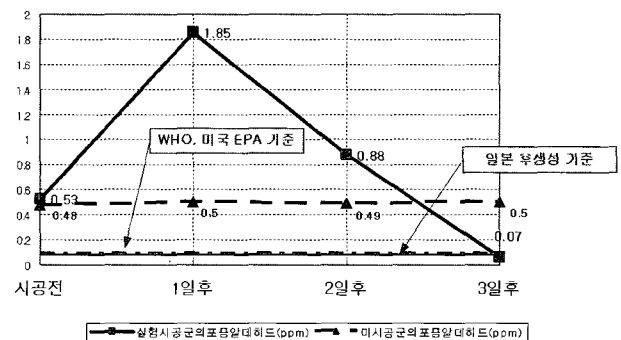


그림 8. 포름알데히드 측정 농도 변화

6.2 『실내공기질공정시험방법』에 의한 HCHO의

저감율과 비교

본 연구의 대상인 공기촉매 코팅제를 시공 후 건물의 포름알데히드 농도의 변화를 분석한 『한국화학시험연구원』의 보고서와 비교하면 표 10과 같다. 『한국화학시험연구원』의 분석방법은 앞서 설명한 『실내공기질공정시험방법』의 의해 시행된 결과이다.

표 10. 공기촉매 코팅제 시공후 HCHO 측정 비교

구분	실험일시	위치	분석방법	측정결과		
				초기치 (ppm)	3일후 (ppm)	저감율 (%)
본 연구	2004.9.3 ~2004.9.6	잠실동 'H'빌라	간이측정기를 이용한 직접측정	0.53	0.07	87.5
한국화학 시험연구원	2004.8.3 ~2004.8.6	천안시 'I'아파트	실내공기공정 시험방법에서 규정한 방법	0.09	0.05	45.9

표 10에서 나타난 것처럼 공기촉매 코팅제를 시공한 침실의 경우 45.9%의 저감율을 보이고 있다. 그러나 이는 20℃ 1기압의 조건에서의 수치이다. 그러므로 본 연구에서 포름알데히드(HCHO) 농도가 높게 나오는 것은 온도 및 수분의 영향을 받았기 때문으로 사료된다. 또한 블랭크 시료의 포름알데히드(HCHO)의 농도가 본 연구에서의 것보다 낮은 농도의 것이기 때문에 공기촉매 코팅제에 의한 포름알데히드(HCHO)의 저감율이 비교적 낮은 값인 45.9%의 저감율을 보이고 있는 것이라 사료된다.

7. 결 론

사회 환경의 변화에 따라 등장한 '새집증후군'은 인체에 유해한 물질인 휘발성유기화합물이 그 원인이다. 본 연구에서는 이러한 휘발성유기화합물을 저감하기 위해 공기촉매 코팅제를 시공하였으며, 그에 따른 저감률을 측정하였다.

본 연구에서는 실험을 위해 공기촉매 코팅제를 시공한 주택과 아무런 처리를 하지 않은 주택의 포름알데히드 농도를 측정하였는데 3일간 외부와의 공기를 차단하고 공기촉매 코팅제를 시공하지 않은 상태에서 측정한 결과 포름알데히드 수치는 0.53ppm이다. 이는 일본후생성이 제시하는 0.08ppm의 약 7배에 해당되고, 미국 EPA에서 제시한 0.10ppm에 약 6배에 해당되는 것으로 나타났다.

그러나 공기촉매 코팅제를 시범 시공한 직후의 포름알데히드 값은 13.69ppm으로 측정되었는데 이는 공기촉매제가 실내의 포름알데히드와 반응하며 그것을 제거하는 과정에서 나타난 현상으로 판단되며, 이 수치는 매 시간 약 1ppm씩 감소하여 공기촉매 코팅제 시공이 이루어진지 24시간 후 1.85ppm으로 감소하고, 72시간 후 0.07ppm으로 감소하였다. 따라서 공기촉매 코팅제를 시공한 후 3일 이후 측정치는 일본의 후생성과 미국의 EPA와 WHO에서 제시한 기준 이하의 포름알데

히드 값으로 감소한 것으로 확인 되었다.

공기촉매 코팅제 시공 3일후 측정된 포름알데히드 농도가 시공전 측정된 농도 대비 87.5%가 감소할 수 있었던 것은 공기촉매 코팅제가 신축 주택에서 방출되는 포름알데히드를 저감시키는데 탁월한 효과가 있다고 할 수 있다. 또한 이러한 시공을 통해 『새집증후군』을 유발하는 유해물질을 감소시킴으로서 쾌적한 실내 환경의 조성이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 강경인, 김광희, 이제는 집도 웰빙이다, 도서출판 대가, 2004. 9.
2. 김소영, 한진석, 김희강, 휘발성유기화합물의 주요배출원의 배출물질 구성비에 관한 연구, 대기환경학회 vol. 7, no. 3, 2001.
3. 김현중 역, 새집증후군의 실체와 대응전략, 한국목재신문사, 2004. 1.
4. 박진철, 주거건축물의 실내공기환경 개선에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 19권 6호, pp.129-137, 2003.
5. 백성욱, 국내 실내외환경에서의 VOCs 오염실태, 한국대기보전학회 측정분과회 워크 , 1997.
6. 실내공기질 관리 및 측정(Indoor Air Quality 2003), 한국대기환경학회, 2003.
7. 안장성, 실내 공기질의 리모델링, 리모델링 no. 9, 2004.
8. 오석재 외 2인, 건축자재로 인한 실내 공기질 오염에 관한 제도적 개선연구, 한국환경정보 연구센터, 2003. 12.
9. 윤동원, 건물의 리모델링과 실내 공기질의 관리, 리모델링, no. 9, 2004.
10. 윤동원, 건축자재에서 발생하는 오염물질과 특성, 한국설비기술협회, 설비/공조·냉동·위생, 2004. 1.
11. 윤동원, 실내의 VOC 오염과 제어 대책, 2000년 실내 VOCs 토론회, 2000.
12. 이승민, Well being과 실내 공기질, 한국설비기술협회, 설비/공조·냉동·위생, 2004. 5.
13. 장성기, 실내공기질 공정시험방법 작성방향, 주택도시, no. 79.
14. 한국공기청정협회, 오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구, 환경부, 2003. 1.
15. 환경부고시 제2004-80호, 실내공기질공정시험방법, 2004. 6.
16. www.airguard.co.kr 국제그린산업(주)
17. 日本建築学会 `シックハウス事典`技報堂出版 `2001
18. 日本建築学会 `シックハウス対策のバイブル`彰国社 `2002