

신축 아파트의 TVOC 농도 및 거주자의 새집증후군 반응

TVOC Concentrations and Residents' Responses on Sick House Syndrome of Newly-Built Apartments

최윤정* / Choi, Yoon-Jung 안혜정** / An, Hye-Jung
강미라*** / Kang, Mi-Ra 이혜민**** / Lee, Hye-Min

Abstract

The purpose of this study was to identify the influence of living factors on TVOC(Total Volatile Organic Compounds) concentrations and personal factors to reduce the Sick House Syndrome for newly-built apartments. The field measurements of TVOC concentrations were made totally 30 times(5 times per one subject house) in six apartment units in which residents recently moved. Those apartments authorized its business approval before May 2004, the Act of Indoor Air Quality Management for multi-use facilities. The Questionnaire surveys of residents' subjective responses on the Sick House Syndrome were carried out in 2nd measurement of each house. Respondents consisted of 20 residents living in the measured houses.

The findings were as follows: The TVOC concentrations of the measured subject apartments ranged from about 1/10 of the recommended standard for multi-use facilities(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) to up to 90 times as high as the standard. Since then, the Recommended Standard of Indoor Air Quality Management for newly-built apartment house was announced in December 2005. In accordance with this standard(2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) it ranged from about 1/100 to up to 15 times as high as the standard.

The subject house whose TVOC concentrations reduced below the recommendation standard in the shortest period had the largest amount of ventilation (all the windows were open for ventilation in the past three months) among all measured houses. The reason of another house whose TVOC concentrations were much higher than the rest was fronted with new furniture in the room. There turned out to be no apparent relations between the TVOC concentrations and the residents' individual responses of Sick House Syndrome. The responses were serious in those who stayed in their new houses for a long period or had disease like allergy. It's recommended that they should open all the windows for at least three months for ventilation in newly-built houses, and it would be better to avoid remodeling than needs be.

키워드 : 총휘발성유기화합물, 거주자반응, 새집증후군, 신축 아파트

Keywords : TVOC(Total Volatile Organic Compounds), Resident's responses, Sick house syndrome, Newly built apartments

1. 서론

1.1. 연구의 목적

2003년 새집증후군 관련 프로그램 방영을 기회로, 신축건물 실내공기질 관리의 중요성에 대한 인식이 증대되었다. 이에 환경부에서는 일정 수준 이상의 실내공기질을 확보하기 위하여 2003년 5월에 기존의 “지하생활공간공기질관리법”을 “다중이용

시설등의실내공기질관리법”으로 개정하고 법령의 범위에 신축 공동주택도 포함시켜 입주전에 실내공기의 질을 측정하여 보고 및 공고하도록 하고, 2004년 2월부터 공기청정협회에서 주관하여 건축자재에 대해 유해물질 배출정도에 따라 인증등급을 부여하는 ‘친환경건축자재 품질인증제’가 시행되기 시작하였다.

그러나, “다중이용시설등의실내공기질관리법”은 2004년 5월 이후 사업승인된 신축 공동주택부터 의무가 적용되므로, 그 이전에 사업승인된 아파트의 입주자를 위한 대책이 매우 필요하다. 그러나 입주자를 대상으로 하는 새집증후군 관련 홍보자료인 새집증후군 예방을 위한 가이드북(건설교통부, 2004)는 입주 전 일주일 이상 베이크아웃, 입주후 2~3개월 동안 충분한 환

* 정회원, 충북대학교 주거환경·소비자학과 부교수, 이학박사

** 정회원, (주)이도아트 디자이너

*** 정회원, 충북대학교 주거환경·소비자학과 졸업

**** 정회원, 충북대학교 주거환경·소비자학과 졸업

기와 난방을 하라고 권장하는 정도로서, 입주자가 실생활에 반영할 수 있는 구체적 지침은 아니었다.

한편, 신축 아파트 실내공기질에 대한 조사가 수행되어졌는데, 2년 미만 신축아파트 18가구에서 총휘발성유기화합물 농도를 측정된 결과, 300~1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며(한국소비자보호원, 2004), 신축공동주택 733세대에 대한 조사 결과, 실내 공기오염물질의 평균이 포름알데히드 249.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 벤젠 5.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 톨루엔 1,003 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 에틸벤젠 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 자일렌 286.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 스티렌 63.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타내(국립환경과학원, 2005), 신축 아파트의 실내공기오염이 심각한 상황으로 알려졌다.

그런데, 새집증후군 관련 선행연구는 신축 공동주택의 VOCs 농도 실태, 주택의 계절의 변화에 따른 VOCs 농도의 변화추이, VOCs농도의 저감대책에 관한 연구 등이 진행되었는데, 학술연구이므로 학문적인 결과를 제시하고 있어 입주자들이 실생활에 참고할 수 있는 내용과는 거리가 있었다. 따라서 신축 아파트 입주자들이 새집증후군을 감소시킬 수 있는 구체적인 방법 즉, 신축 아파트의 오염농도는 얼마이고, 기준치 이하로 감소하려면 얼마 기간 동안을 얼마나 창을 열어 환기해야 하는지에 대한 가이드가 필요한 실정이다.

이에 본 연구는 다중이용시설등의실내공기질관리법의 적용시기 이전에 사업승인된 신축 아파트에서 TVOC(총휘발성유기화합물) 농도 및 관련요인, 거주자의 새집증후군 반응을 조사하여, TVOC 농도 실태와 생활적 요인과의 관련성, 거주자의 새집증후군 반응과 개인적 요인과의 관련성을 분석함으로써, 신축 아파트 입주자들에게 새집증후군을 감소시킬 수 있는 생활적·개인적 요인을 제시하는 것을 목적으로 하며, 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 거주자가 생활하고 있는 신축 아파트의 TVOC 농도를 1개월 간격으로 5회 측정하여 그 실태와 생활적 요인과의 관련성을 분석한다.
2. 측정주택 거주자의 새집증후군 반응 및 개인적 요인과의 관련성을 분석한다.

12. 선행연구 고찰

건물의 휘발성유기화합물(VOCs)에 관한 국내 연구는 1995년에 이론 고찰을 위주로 한 연구가 있었고 2000년대초부터 농도측정을 비롯한 다수의 연구들이 진행되었다. 그 중 주택을 대상으로 한 연구로는 신축 공동주택의 VOCs 농도실태, 주택의 계절의 변화에 따른 VOCs 농도의 변화추이, VOCs농도의 저감대책에 관한 연구 등이 진행되었다.

VOCs 농도실태에 대한 연구로서, 유복희·윤정숙(2002)에 의하면 측정대상인 1개의 신축 공동주택(입주직후 2개월)에서 외부공기에 비해 실내에서 더 많은 수의 VOCs의 검출이 확인되었으며 실내에 존재하는 VOCs의 종류 중 발암성의 위험이

있는 물질이 다수 확인되었고, TVOC는 고농도(합계 농도 2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 나타났다. 전정윤·박준석·손장열·Kouichi Ikeda(2004)의 신축 공동주택을 대상으로 VOCs의 농도 실태를 조사한 연구의 측정결과를 살펴보면 건축년수 1년 미만의 신축 주택의 경우 VOCs 합계농도는 기존주택에 비해 높게 검출되었으며, 단독주택보다 아파트에서 VOCs 농도가 높게 나타났고, 이는 주택의 기밀성과 관련된 주택의 환기량과 연관이 있을 것으로 추측하였다. 한국소비자보호원의 연구(2004)에서는 신축아파트(2년 미만)의 총휘발성유기화합물 농도는 일본 후생노동성 권장치인 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 가구가 총 18가구 중 11가구로 나타났으며, 300~1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가구별로 많은 차이를 보인 것으로 나타났다. 또한 국립환경과학원 연구(2005)에 의하면 2005년 5월~8월 전국 신축공동주택 733세대에 대한 실태조사 결과, 실내 공기오염물질의 평균오염도는 포름알데히드 249.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (최대 1,497.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 벤젠 5.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 톨루엔 1,003 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (최대 5,013.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 에틸벤젠 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 자일렌 286.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 스티렌 63.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

휘발성유기화합물 농도의 계절변화에 관한 연구로서, 전정윤·박준석·손장열(2005)에 의하면, 입주후 거주상태 주택의 경우 포름알데히드와 VOCs 농도 모두 겨울철이 여름철보다 높게 나왔으며 이는 실내의 온습도나 구조체의 온도의 영향보다 여름철에 창문을 열고 생활함으로 인해 늘어난 환기량이 계절간 농도변화에 더 큰 영향을 끼치는 것으로 추측되어졌다.

VOCs농도의 저감대책에 관한 연구로서, 조현·박용승·유복희·홍천화(2004)에 의하면 입주전 신축아파트를 대상으로 초기농도 저감의 한 방법인 Bake Out 실시 전후의 실내오염물질의 농도를 비교한 결과 Bake Out의 효과는 물질별로 차이를 보이고 있으나 일부 물질의 저감량이 90% 이상으로 나타나 뛰어난 저감능력이 확인되었다. 또한 박용효·김종민(2004)에 의하면 신축 공동주택의 실내오염물질 중 총휘발성유기화합물의 농도는 저감물질(반투명 액체를 시멘트 위에 코팅하는 형식) 시공 후 오염물질이 78~99% 정도 농도 감소가 있었으며 환기의 병행으로 농도가 크게 감소하는 것으로 나타났다.

이상에서, 주택의 휘발성유기화합물에 대한 국내 선행연구를 살펴본 결과, 신축아파트 입주자들이 새집증후군을 감소시킬 수 있는 생활방안으로 참고할 수 있는 결과를 제시한 연구는 거의 없었다.

일본¹⁾의 휘발성유기화합물(VOCs)로 인한 실내공기오염 관련 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

일본 국립공중위생원의 '실내화학물질 오염의 실태에 관한 전국조사'에 의하면 실내화학오염물질은 건축년수가 길면 길수

1)일본건축학회 편 김현중 역(2004), 새집증후군 대책의 바이블, pp.25-55. 강경인·김광희(2004), 이제는 집도 웰빙이다, pp.93-117.를 통해 일본의 선행연구를 고찰하였다.

록 TVOC의 농도가 감소하는 경향이 보여진다. 또한 실내별 TVOC 농도는 서양식 방, 화장실에 비교적 높은 값으로 나타났는데, 이든 서양식 방은 보통 많이 사용되지 않아 창의 개폐가 적고 화장실은 방향제 등의 사용이 원인으로 추측된다.

東北(Tohoku)대학의 '새집증후군 환자가 발생한 주택의 실태'에 의하면 새집증후군의 원인은 건자재와 생활용품으로부터 발생하는 오염화학물질이지만 실내의 농도는 오염물질 발생량과 실내 환기량으로 결정되기 때문에 환기의 부족도 원인의 하나로 판단되며, 새집증후군 증상을 살펴본 결과 주부가 모두 남편과 자녀에 비해 새집증후군 증상이 심하게 나타났는데, 이는 주부가 남편과 자녀에 비해 주택에서 보내는 시간이 많은 만큼 실내공기오염의 영향을 받기 쉬워 새집증후군의 발병확률이 비교적 높다고 판단하였으며 새집증후군이 발병한 사람을 대부분이 발병 이전에 병력을 가지고 있고 알레르기 체질인 사람이 발병하기 쉽다고 하였다.

新潟(Niigata)대학의 '생활양식과 실내화학물질 오염의 실태에 관한 조사'에 의하면 생활양식과 실내화학물질 오염간에는 관련성이 있는 것으로 확인되어졌는데, 흡연자가 있는 경우 흡연에 의해 실내의 공기가 오염되며, 틈새의 면적이 비교적 큰 주택에서는 포름알데히드의 농도가 낮고, 왁스 또는 살충제를 사용하면 실내 VOCs 농도가 높아졌다.

이들 연구는 연구방법에 있어서는 측정과 앙케이트조사를 병행하는 경우가 많았으며, 측정조사에 있어서는 포름알데히드 농도와 TVOC 농도를 측정하는 경우가 많았다. 앙케이트 조사에 있어서는 대부분의 연구에서 개인적 요인, 주택요인, 거주자의 새집증후군 반응과 TVOC 농도에 영향을 주는 거주자의 생활상 요인 등으로 그 내용을 구성하고 있었다.

1.3. 관련 법규 고찰

본 연구내용과 가장 밀접한 관련 법규를 고찰하여, 본 연구에서 적용한 부분들을 간략히 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 신축공동주택의 공기질 측정 관련 법규 요약

출처	환경부령 제156호 다중이용시설등의실내공기질관리법 시행규칙 제6, 9조, 2003년 5월 개정, 2004년 5월시행	좌동, 2005년 12월 개정, 2006년 1월 1일 시행
시행 내용	2004년 5월 이후 사업승인된 신축공동주택은 주민입주 3일전까지 시장·군수·구청장에게 제출하고, 주민입주 3일전부터 60일간 공동주택 관리사무소 입구 게시판, 각 공동주택 출입문 게시판에 주민들이 잘 볼 수 있도록 공고하여야 한다.	좌동
측정 항목	포름알데히드, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 1,4-디클로로벤젠, 스티렌	포름알데히드, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌
권고 기준	· 공동주택을 위한 기준 미정. · 국공립 보육시설, 의료기관, 요양시설 및 노인전문병원, 산후조리원 등 : TVOC 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 · 도서관, 공황시설 중 여객터미널, 도서관·박물관 및 미술관 등 : TVOC 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	신축공동주택 포름알데히드 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 / 벤젠 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 톨루엔 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 에틸벤젠 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 자일렌 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 스티렌 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 (5개 물질 합계 2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)

2. 연구방법

2.1. 연구방법의 개요

본 연구는 현장측정 및 측정주택에서의 거주자 반응조사를 하였으며, 연구방법의 개요는 <표 2>와 같다.

<표 2> 연구방법의 개요

조사방법	현장측정	측정주택 거주자 반응조사
조사목적	신축 아파트의 TVOC 농도 측정	측정주택 거주자의 새집증후군 반응조사
조사대상	신축된 지 3~4개월 이하인 아파트 6주택	측정주택의 모든 거주자 20명
조사시기	2005년 1월 ~ 8월 (주택당 5차, 1일 16회씩 측정 / 총 측정횟수 480회)	2005년 2월 ~ 5월 (주택당 2차 측정시 조사)
조사내용	· TVOC 농도 측정 : 입주 전 또는 입주직후 1차 측정후 1개월 간격으로 5번 · 기초항목(거주자특성, 주택특성) 조사 · TVOC 농도에 영향을 미치는 생활적요인 조사 : 개조내용, 환기방법, 식물 종류 및 수, 공기 청정기 유무, 난방기동, 냉방기동 등 · 사진촬영	· 응답자의 특성 : 연령, 직업, 기초 보유 질병 유무 등 · 새집증후군 증상 정도 : 두통, 현기증을 일으키는 두통, 눈 따가움, 눈물, 목 따가움, 잦은 기침, 코막힘, 콧물, 비염의 심화, 코피, 피부 가려움, 피부 발진, 아토피염의 심화, 메스꺼움, 심장 떨림, 맥의 이상함, 무기력증, 집중력 저하, 기력저하, 새집 냄새, 부종에 대한 5단계 척도(전혀 못느낌, 거의 못느낌, 약간느낌, 많이느낌, 매우 많이느낌)
조사도구	TVOC측정기(TEC-5000), 조사표	설문지

2.2. 현장측정

(1) 측정대상

측정대상은 완공한지 3~4개월을 경과하지 않은²⁾ 신축아파트를 원칙으로 하여, 조사 협조를 얻은 6개 주택을 <표 3>과 같이 선정하였다.

(2) 측정내용 및 방법

측정내용과 방법은 환경부의 실내공기질 공정시험방법(2004)에 따라 <표 4>와 같이 실시하였다. 다만, 공정시험방법에서는 30분 동안 TVOC 농도를 샘플링하여 실내공기질을 분석하도록 하였지만 본 연구에서는 보유기기가 순간치 측정만이 가능하므로 13시~18시까지 5시간동안 20분 간격으로 순간농도를 측정하는 방법으로 하였다. 본 연구에서 사용한 TVOC 측정기는 총휘발성유기화합물의 농도를 ppm으로 표시하며, 측정범위는 0.01~10ppm이다.

2)신축아파트의 실내공기질에 관한 국내 선행연구에서는, 대부분 신축 2년 미만, 또는 1년 미만을 대상으로 하고 있다. 그러나, VOCs는 건물의 완공 후 6개월 이내의 시점에서 대부분 발생하는 것으로 조사되었다는 점(손장열·윤동원, 1995, p.45)을 고려하여, 본 연구에서는 가장 신축에 가까운 대상을 선정하고자 하였다.

<표 3> 측정대상 주택

위 치		A 주택	B 주택	C 주택	D 주택	E 주택	F 주택
		청주시 D 아파트	청주시 H 아파트	청주시 H 아파트	청주시 H 아파트	용인시 G 아파트	용인시 S 아파트
건축적 요인	완공시기	2004년 12월	2005년 3월	2005년 3월	2005년 3월	2004년 12월	2004년 11월
	1차 측정시기	완공 후 1개월 경과	완공 후 0.5개월 경과	완공 후 1개월 경과	완공 후 1개월 경과	완공 후 3개월 경과	완공 후 4개월 경과
	입주시기	2005. 1. 27	2005. 4. 6	2005. 4. 22	2005. 4. 30	2005. 2. 23	2004. 12. 30
	난방방식	지역난방	가스보일러 개별난방	가스보일러 개별난방	가스보일러 개별난방	지역난방	지역난방
	방 위	남향	남향	남동향	남향	남향	남향
	층 수	7층/21층	12층/15층	10층/15층	7층/15층	15층/15층	18층/20층
	창의유형	미닫이 문	페어글라스 단창	미닫이문	싱글 글라스 단창	페어글라스 단창	페어글라스 단창
	발코니	페어글라스 이중창	페어글라스 이중창	페어글라스 이중창	싱글 글라스 단창	페어글라스 이중창	페어글라스 이중창
면 적		38평형	39평형	34평형	34평형	39평형	38평형
측정대상공간의 모습							

6주택 모두 구조는 철근콘크리트, 환기시스템은 설치되어 있지 않았으며, 평면구성은 LDK + 3B 형이었다.

<표 4> 측정내용 및 방법의 개요

측정기간	각 주택당 1개월 간격으로 5차
측정요소	TVOC 순간농도
측정기기	TVOC 측정기(TEC-5000)
측정조건	- 초기 30분(7시 30분~8시) 환기하고 5시간(8시~13시)동안 밀폐한 후 그 이후 측정(13시~18시) - 실내온도는 20℃ 이상 유지
측정위치	거실 중앙에서 바닥면으로부터 1.2~1.5m의 높이

2.3. 측정주택의 거주자 반응 조사

(1) 조사대상

TVOC 측정대상주택의 거주자 전원을 대상으로 2차 측정 당일에 실시하였다.

(2) 조사내용

측정주택 거주자의 증상 정도를 파악하기 위한 것으로서, 조사내용은 응답자 기초항목과 새집증후군에 대한 주관적 반응이었다. 새집증후군에 대한 주관적 반응은 유해물질에 의해 나타날 수 있는 신체적(생리적) 증상 21가지에 대해 각각의 정도를 5단계 척도로 조사하였다<표 5>.

<표 5> 거주자 반응 조사 내용

조사항목	조 사 내 용	
기초항목	사회인구학적 특성	연령, 직업
	기존 보유 질병 유무 (알레르기성 질환 등)	
새집증후군 주관적반응	새집증후군 증상 정도 : 두통, 현기증을 일으키는 두통, 눈 따가움, 눈물, 목 따가움, 잦은 기침, 코막힘, 콧물, 비염의 심화, 코피, 피부 가려움, 피부 발진, 아토피염의 심화, 메스꺼움, 심장 떨림, 맥의 이상함, 무기력증, 집중력 저하, 기억력 저하, 새집 냄새, 부종 에 대해 5단계 척도에 응답하게 함 (5단계 척도 : 전혀못느낌, 거의 못느낌, 약간느낌, 많이느낌, 매우 많이느낌)	

2.4. 자료처리

(1) 현장측정 자료는 각 주택별 TVOC 농도 측정치를 측정일별로 측정값과 TVOC의 영향요인을 표로 작성하였으며, 측

정치의 시간변동 그래프를 작성하고 평균 등의 단순 통계를 이용하여 분석하였다.

(2) 측정기기에서 ppm으로 표시된 모든 측정값은 다중이용시설등의 실내공기질관리법 권고기준과의 비교를 위하여 단위를 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 환산하여 분석하였다. 단위환산은 분석당시 실내공기질관리법 권고기준에 명시된 VOC의 6개 물질(벤젠, 톨루엔, 자일렌, 에틸벤젠, 1·4-디클로로벤젠, 스티렌)의 각각의 단위 환산값의 평균³⁾을 적용하였다. 그 후 2005년 12월 신축공동주택의 권고기준이 발표되어, 이에 대한 비교를 연구내용에 추가하였다.

(3) 거주자 반응 조사 자료는 개인별 새집증후군 항목별 응답을 레이다 차트로 작성하여 분석하였다.

3. 측정결과 및 해석

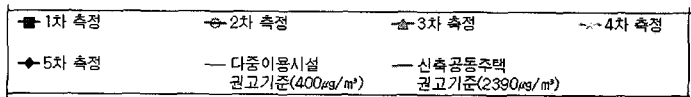
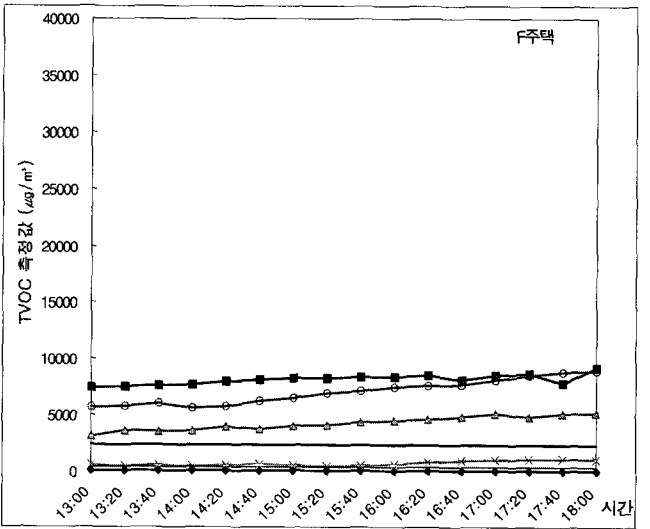
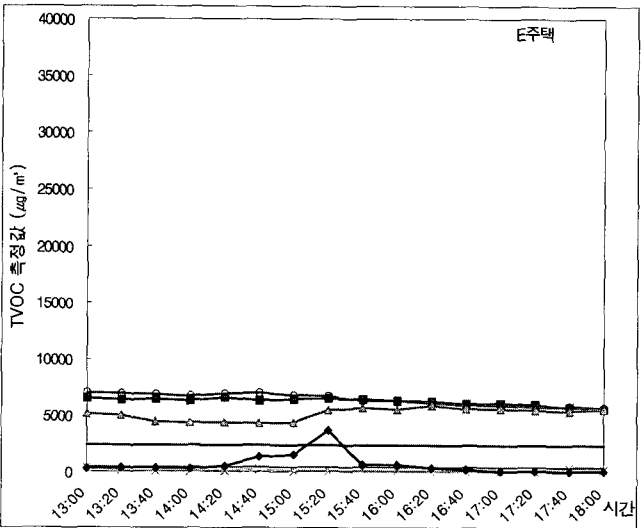
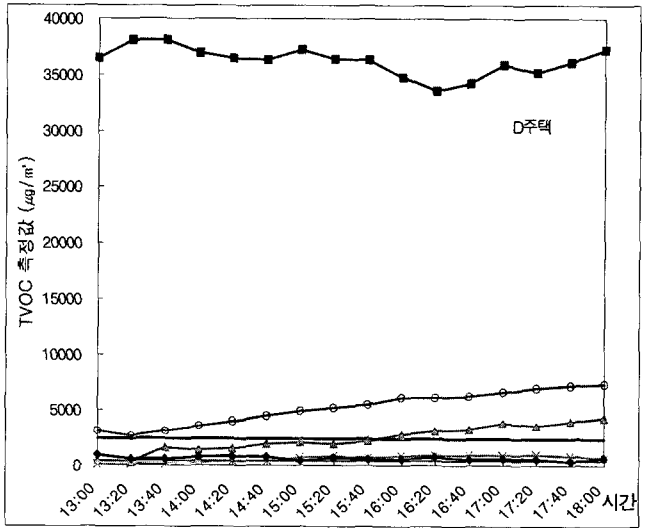
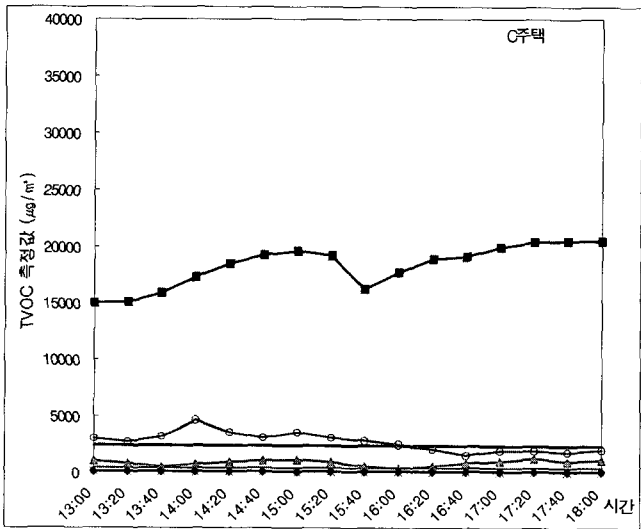
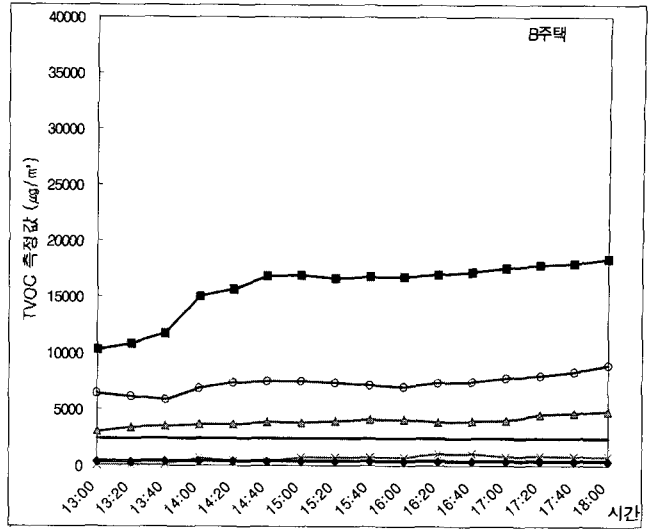
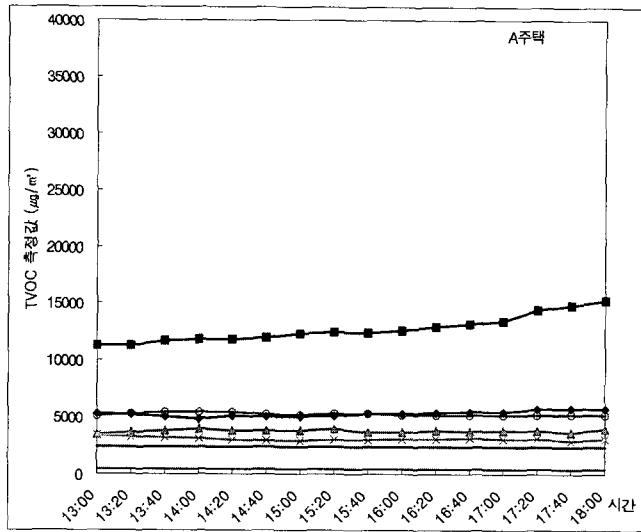
6개 측정주택의 측정결과 및 영향요인은 그림1, 표6과 같다. 6개 측정주택은 30평대 아파트로서 모두 입주전에 일부 마감재와 가구를 교체하였으며 A~D주택은 입주 전에 1차(완공1개월 당시) 측정을 시작하고 E, F주택은 입주 후에 측정을 시작하였다(완공 3개월, 4개월 당시)

3.1. 권고기준과의 비교평가

A주택의 TVOC 농도는 일평균 12,705.3(1차)~3,040.2(4차)⁴⁾ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 환경부 다중이용시설의 국립보육시설 등의 권고기준 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 31.8~7.6배였으며, 신축공동주택 권고기준

3)조영일(1985), 화학공학양론, 형설출판사, pp.11-67의 단위환산방법에 따라, 권고기준 각각의 물질의 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 ppm 값을 평균한 역수, 즉 1ppm = 4537.6168 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 적용함.

4)주택당 측정일 평균값의 표기는 측정일 평균 중 최대값~최소값으로 표기함.



<그림 1> TVOC 측정결과 그래프

<표 6> 측정결과 및 영향요인 분석 종합

		입주				
		1차	2차	3차	4차	5차
A 주택	TVOC 농도(평균)	12,705.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,218.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [7,487.0 급격감소]	3,766.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [1,452.1 감소]	3,040.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [726.0 감소]	5,263.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [2,223.4 증가]
	완공후경과	1개월 (2005.1.17)	2개월 (2005.2.19)	3개월 (2005.3.19)	4개월 (2005.4.16)	5개월 (2005.5.16)
	영향요인	· 내부 마감재 및 가구 교체 · 입주전 난방 가동하지 않고, 앞·뒤 발코니 모두 개방하여 하루 2~3시간씩 7회 환기	· 생활난방상태로 앞·뒤 발코니 개방하여 30분~1시간씩 일주일에 5회 이상 환기			· 에어컨 설치, 화장실 타일 교체 · 난방 가동하지 않고 앞·뒤 발코니를 15분씩 주 2회 정도 환기 · 5월 황사로 환기량 감소시킴.
B 주택	TVOC 농도(평균)	15,790.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,260.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [8,530.7 급격감소]	3,902.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [3,357.8 감소]	609.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [3,293.2 감소]	90.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [5,183.4 감소]
	완공후경과	0.5개월 (2005.4.4)	1.5개월 (2005.5.4)	2.5개월 (2005.6.10)	3.5개월 (2005.7.1)	4.5개월 (2005.8.7)
	영향요인	· 내부 마감재 및 가구 교체 · 입주 전 난방 가동하지 않고, 앞 뒤 발코니 모두 개방하여 24시간씩 3회 환기	· 내부 마감재 일부교체 · 난방 가동하지 않고 앞·뒤 발코니 1/4개방하여 하루 평균 1시간 이하 환기	· 난방 가동하지 않고 앞·뒤 발코니 1/4 개방하여 하루 평균 1시간 이하 환기	· 난방 가동하지 않고 안방을 제외한 모든 방의 창문을 개방하여 24시간 환기	
C 주택	TVOC 농도(평균)	18,332.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,722.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [15,609.4 급격감소]	862.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [1,860.5 감소]	45.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [8,167.1 감소]	45.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [8,167.1 감소]
	완공후경과	1개월 (2005.4.18)	2개월 (2005.5.20)	3개월 (2005.6.19)	4개월 (2005.7.17)	5개월 (2005.8.15)
	영향요인	· 내부 마감재 및 가구 교체 · 입주전 환기 하지 않음	· 생활난방상태로 모든 창문을 매일 24시간 개방하여 환기 · 맞통풍이 가능한 조건	· 난방 가동하지 않고 앞·뒤 발코니와 모든 창문 개방하여 12시간 이상 매일 환기	· 난방 가동하지 않고 앞·뒤 발코니와 모든 창문 개방하여 18시간 이상 매일 환기	
D 주택	TVOC 농도(평균)	36,210.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,218.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [30,991.9 급격감소]	2,404.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [2,813.4 감소]	635.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [1,769.6 감소]	589.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [45.4 감소]
	완공후경과	1개월 (2005.4.29)	2개월 (2005.5.20)	3개월 (2005.6.29)	4개월 (2005.8.8)	5개월 (2005.8.31)
	영향요인	· 내부 마감재 및 가구 교체 · 서재 책장에서 심한 냄새 · 완공후 베이카아웃 약간 실시 후 인테리어 공사	· 생활난방상태로 앞·뒤 발코니와 모든 창문 개방하여 취침시간 제외하고 16시간 동안 매일 환기	· 난방 가동하지 않고 앞·뒤 발코니와 모든 창문 개방하여 취침시간 제외하고 16시간 동안 매일 환기		
E 주택	TVOC 농도(평균)	5,717.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6,352.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [635.3 증가]	4,719.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [1,633.6 감소]	635.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [4,083.8 감소]	635.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [5,445.5 증가]
	완공후경과	3개월 (2005.3.12)	4개월 (2005.4.9)	5개월 (2005.5.13)	6개월 (2005.6.13)	7개월 (2005.7.9)
	영향요인	· 내부 마감재 교체 · 생활난방상태로 모든 창문 개방 15~30분씩 주4~5회 환기	· 생활난방상태로 전체 창문 개방하여 15~30분씩 일주일에 4~5회 환기	· 난방 가동하지 않고 전체 창문 개방하여 15~30분씩 매일 환기 실시	· 난방 가동하지 않고 모든 창문 개방하여 3~4시간씩 매일 환기 · 내부 현관문 항상 개방	· 난방 가동하지 않고 모든 창문 개방하여 8~10시간씩 매일 환기 · 내부 현관문 항상 개방 · 측정시 네일 리무버 사용
F 주택	TVOC 농도(평균)	8,167.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,078.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [1,089.0 감소]	4,265.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [2,813.3 감소]	726.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [3,539.4 감소]	45.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [8,167.1 감소]
	완공후경과	4개월 (2005.3.26)	5개월 (2005.4.30)	6개월 (2005.5.22)	7개월 (2005.6.26)	8개월 (2005.7.24)
	영향요인	· 내부 마감재 및 가구 교체 · 생활난방상태로 이틀에 한번 30분씩 집안 전체 환기	· 내부 마감재 일부교체 · 생활난방상태로 앞·뒤 발코니와 모든 창문 개방하고 20~30분씩 이틀에 한번씩 환기	· 난방 가동하지 않고 앞·뒤 발코니와 모든 창문 개방하여 20~30분씩 이틀에 한번씩 환기	· 난방 가동하지 않고 앞·뒤 발코니와 모든 창문 개방하여 16시간 매일 환기	· 난방 가동하지 않고 앞·뒤 발코니와 모든 창문 개방하여 24시간 매일 환기

· 측정기기의 측정 가능 범위 (0.01 ~ 10 ppm = 45.4 ~ 45376.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 미만을 의미함.

2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 5.3~1.3배였다. B주택의 TVOC 농도는 일평균 15,790.9(1차)~90.8(5차) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 권고기준 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 39.5~1/4배였으며 2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 6.6배~1/25이었다. C주택의 TVOC 농도는 일평균 18,332.0(1차)~45.4(4차, 5차) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 권고기준 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 45.8~1/10배였으며 2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 7.7~1/50배였다. D주택의 TVOC 농도는 일평균 36,210.2(1차)~589.9(5차) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 권고기준 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 90.5~1.5배였으며 2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 15.2~1/4배였다. E주택의 TVOC 농도는 일평균 5,717.4(1차)~90.8(4차) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 권고기준 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 14.3~1/4배였으며 2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 2.4~1/25배였다. F주택의 TVOC 농도는 일평균 8,167.7(1차)~45.4(5차) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 권고기준 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 20.4~1/10배였으며 2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 3.4~1/50배였다. 따라서 6주택 모두 초기 측정결과가 신축공동주택 권고기준을 상회하는 상태였다.

3.2. 환기량과 농도감소 특성

측정기간 동안 일평균 TVOC 농도가 권고기준(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁵⁾ 미만으로 감소하거나 권고기준에 근접한 주택은 5개 주택으로서, 가장 단시간에 감소한 C주택은 신축 4개월(입주 후 3개월) 시였으며, 그 다음은 B주택으로 신축 4.5개월(입주 후 4개월), D주택은 신축 5개월(입주 후 4개월), E주택은 신축 6개월(입주 후 5개월), F주택은 신축 8개월(입주 후 7개월) 순이었다.

C주택은 입주 후 1개월가량 생활난방상태로 모든 창문을 개방하여 매일 24시간 동안 환기하였고, 그 후 2개월 동안은 난방은 가동하지 않고, 매일 12시간 이상을 환기하여 6개 측정주택 중 환기량이 가장 많은 편에 해당한다. 또한 입지적 조건이

5) 이 부분은 입주 후 수개월 경과시의 농도에 대한 해석이므로 신축공동주택의 권고기준이 아닌 유지기준 성격의 권고기준 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 비교하였다.

인근동보다 높은 지대에 위치해 있었으며, 주택의 전·후면에 맞통풍을 방해하는 건물이 없었고, 측면에 위치한 언덕은 바람의 방향을 건물 쪽으로 향하게 하는, 통풍에 매우 유리한 환경이었다. B주택의 환기량은 입주 후 2개월 가량 난방은 가동하지 않고, 앞·뒤 발코니를 개방하고 매일 1시간 이하 환기하였다. 그 후 2개월 이후 난방은 가동하지 않고, 앞·뒤 발코니와 안방을 제외한 모든 방의 창문을 개방하여 매일 24시간 환기하였다. D주택의 환기량은 입주 후 1개월 가량 생활난방상태로 앞·뒤 발코니와 모든 창문을 개방하여 취침시간 제외하고 매일 16시간 이상 환기하고, 그 후 3개월 동안은 난방은 가동하지 않고 앞·뒤 발코니와 모든 창문을 개방하여 취침시간 제외하고 매일 16시간 이상 환기하여 C주택과 함께 환기량이 가장 많은 편에 해당한다. 그러나 1차 측정시의 농도가 다른 주택에 비해 2배 이상 높아서인지 5차 측정까지 권고기준에 근접한 농도로 밖에 감소되지 않았다. E주택의 환기량은 입주 후 2개월 가량 생활난방상태로 모든 창문을 개방하여 15~30분씩 일주일에 4~5회 환기하고, 그 후 1개월 가량은 난방은 가동하지 않고 전체 창문을 개방하여 매일 15~30분씩 환기하였으며, 그 후 1개월 가량은 난방은 가동하지 않고 모든 창문을 개방하여 매일 3~4시간씩 환기하였다. F주택의 환기량은 입주 후 1개월 가량 이틀에 한번씩 집안 전체를 30분 가량 환기하고, 그 후 1개월 가량은 생활난방상태로 앞·뒤 발코니와 모든 창문을 개방하여 이틀에 한번씩 20~30분 가량 환기하였고, 그 후 1개월 가량은 난방은 가동하지 않고 앞·뒤 발코니와 모든 창문을 개방하여 이틀에 한번씩 20~30분 가량 환기하였고, 그 후 1개월 가량은 난방은 가동하지 않고, 앞·뒤 발코니와 모든 창문을 개방하여 매일 취침시간 제외하고 16시간 이상 환기하였고, 그 후 1개월 가량은 매일 24시간 환기하였다. 따라서, 환기량과 농도 감소는 매우 직접적인 관련이 있는 것으로 생각된다.

3.3. 입주에 의한 농도감소

1개월 사이에 급격한 TVOC 농도 감소가 나타난 경우는 입주가 이루어진 전·후였다. 또한 입주 상태에서 1차 측정된 E, F주택은 입주 전에 1차 측정된 4개 주택에 비해 1차 측정일의 농도가 훨씬 낮았다. 이는 입주전 측정시에는 가구와 일부 마감재 교체에 의한 영향이 있었고, 입주후 측정시는 입주로 인해 자연적으로 생활적 환기량이 증가된 것과 거주자가 의도적으로 창문을 개방하여 환기량을 증가시켰기 때문이며, TVOC 농도에 긍정적 영향을 미칠 수 있는 식물도 도입되었기 때문으로 해석된다. 또한 입주전·후 이외에 많은 양의 농도가 감소한 경우(E주택의 4차 측정시, F주택의 4차 측정시) 역시 환기량의 증가에 의한 것임을 알 수 있다.

3.4. 입주시기(계절)에 따른 농도 특성과 재방산

5차 측정시까지 TVOC 일평균 농도가 권고기준(2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 이하로 감소하지 않았을 뿐 아니라, 다시 농도가 증가한 A주택은 입주 전에 환기를 하였음에도 불구하고 겨울철에 입주하여 입주 후 환기를 3개월 가량 일주일에 5회 이상 앞·뒤 발코니만을 개방하여 하루에 30분~1시간씩 실시하였고, 5차(5월) 측정시에는 황사로 인해 앞·뒤 발코니만 개방하여 일주일에 2회 정도 하루에 15분씩 환기하는 것으로 환기횟수와 환기량을 줄였기 때문에 TVOC 평균 농도가 권고기준 이하로 감소되지 않고 재방산된 것으로 판단된다. 따라서 신축 아파트의 TVOC 농도는 계절적 상황이 환기량에 영향을 주므로, 우리나라의 경우 겨울철의 입주는 입주 직후 환기량을 크게 하기 어렵고 또한 입주 몇 개월 후 황사의 영향까지 받을 수 있어, 바람직하지 않다고 할 수 있다.

3.5. 가구설치와 농도 특성

D주택의 1차 측정시 TVOC 평균 농도는 입주전 환기를 하였음에도 입주전 1차 측정된 같은 조건의 다른 주택들에 비해 2배 이상으로 나타났다. 이는 측정시 서재에 설치한 전면 책장에서 냄새가 심하게 관찰된 것에 원인이 있다고 생각된다.

4. 측정주택 거주자 반응 결과

측정주택의 거주자 반응을 종합하면 <표 7>, <그림 2>와 같다. 측정주택에서 2차 측정시(일평균 TVOC 농도 2,722.6~7,260.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 조사한 거주자의 새집증후군 반응정도는 개인별 평균 3.4 ~ 1.6으로 나타났으며, 측정된 TVOC 농도와 주관적 반응 정도는 뚜렷한 관련성을 나타내지 않았다.

6개 주택의 새집증후군 거주자 반응은 대체로 남편에 비해 거주시간이 긴 주부와 자녀들이 증상 정도가 높아 새집증후군 증상은 거주시간과 관련이 있는 것으로 보인다. 또한 동일 주택에서 다른 응답자보다 증상정도를 높게 반응한 응답자는 기존에 비염, 천식, 알레르기, 아토피 피부염, 피부 가려움 등의 질병이 있는 경우가 많았다.

이러한 결과는 일본의 선행연구 東北(Tohoku)대학의 새집증후군 환자를 일으킨 주택의 실태에 대한 앙케이트 조사에서 주부는 모두 남편과 자녀에 비해 새집증후군 증상이 심하게 나타났으며, 이는 주택에서 보내는 시간이 많은 만큼 실내의 공기오염의 영향을 더 받기 쉬워 비교적 발병확률이 높다고 볼 수 있으며, 새집증후군이 발병한 쪽은 대부분이 발병 이전에 병력을 가지고 있고 알레르기 체질인 사람이 새집증후군이 발병하기 쉽다고 제시한 결과와 일치한다.

또한, 아토피 피부염이나 피부 알레르기가 있는 응답자는 피

부 가려움에 증상정도를 높게 응답 하였고, 천식, 비염, 축농증, 코막힘이 있는 응답자는 코 관련 증상의 반응 정도에 높게 응답하였다. 그리고 소화불량이 있는 응답자는 메스꺼움의 반응 정도가 높다고 응답 등 질병과 관련된 신체 부위에 해당하는 새집증후군 증상에 반응 정도가 높게 나타났다.

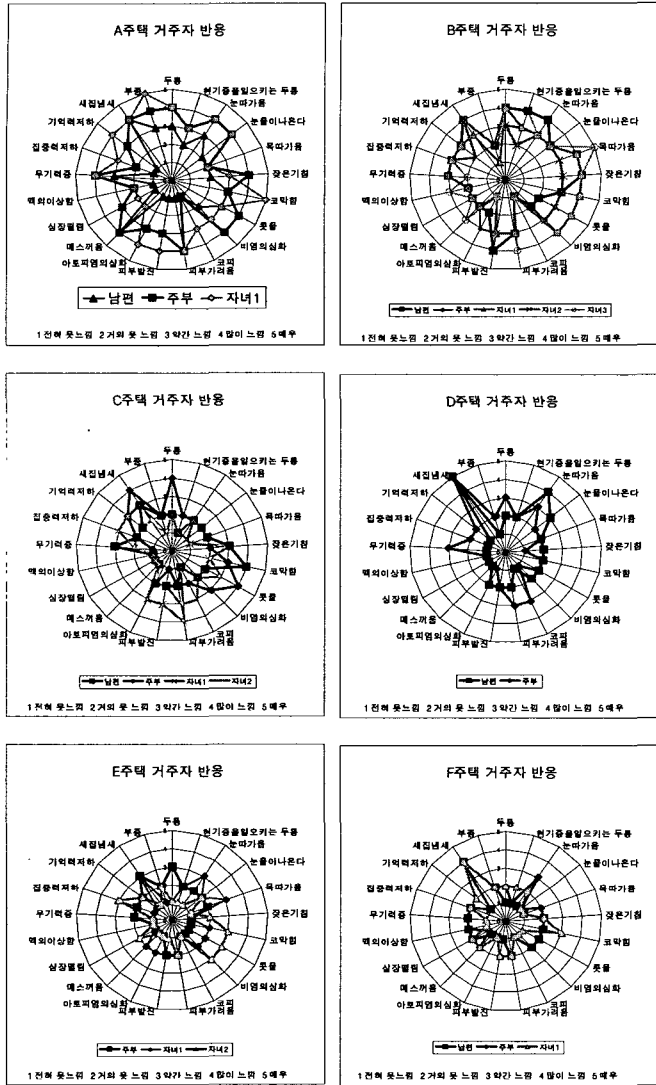
400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 90~30배, 신축 공동주택 권고기준 2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 15~5배로, 이는 이론적으로 두통, 메스꺼움, 어지러움, 구토 증세, 기침 등을 유발 수 있는 정도였다. 입주 후 5개월 동안은 대체로 8,167.7~45.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로서 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 20~1/10배, 2390 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 3.5~1/100배였다.

TVOC 농도가 가장 단시간에 감소한 주택은 통풍에 유리한 입지적 조건과 함께 3개월 정도 모든 창을 개방하여 환기를 하여 측정주택 중 가장 환기량이 많았던 것이 원인으로 생각된다. 한편, 1개월 사이에 급격한 TVOC 농도 감소가 나타난 경우는 입주가 이루어진 전·후였다. 입주전 측정시에는 가구와 일부 마감재 교체에 의한 영향이 있었고, 입주후 측정시는 입주로 인해 자연적으로 생활적 환기량이 증가된 것과 거주자가 의도적으로 창문을 개방하여 환기량을 증가시켰기 때문이며, TVOC 농도에 긍정적 영향을 미칠 수 있는 식물도 도입되었기 때문에 해석된다. 또한 1차 측정시 TVOC 농도가 타주택에 비해 훨씬 높게 나타난 주택은 큰 면적의 불박이 가구 설치가 원인인 것으로 추측되고, TVOC 농도의 감소가 가장 잘 이루어지지 않았을 뿐 아니라, 다시 농도가 증가한 주택은 겨울에 입주하여 환기량이 적었을 뿐 아니라 몇 개월 후 황사의 영향으로 환기량을 감소시킨 계절적 원인이 있는 것으로 판단된다.

따라서, 2004년 5월 이전에 사업 승인된 신축 아파트에 입주하는 경우, 이론적으로 효과가 입증된 입주전 베이크 아웃(bake-out)을 실시하는 것이 바람직하고, 그렇지 못한 경우는 입주 후 최소 3개월 가량 모든 창문을 매일 24시간 개방하여 환기할 것을 권고한다. 그러나 베이크 아웃을 실시하거나 3개월 환기한 이후에도 환기량을 급격히 감소시킬 경우는 재방산 현상(re-bounding)이 발생할 수 있으므로 지속적인 환기가 중요하다. 또한, 가구와 마감재 교체(구입)에 의해 타주택보다 TVOC 농도가 높아질 수 있는 것으로 나타났으므로, 필요 이상의 개조를 지양하고 신중한 가구 및 마감재 선택이 요구된다.

조사대상주택 모두가 신축 아파트 입주시 가구 구입이나 다소의 마감재 교체로부터 전면개조까지 다양한 개조현상이 있었고, 이는 TVOC 농도에 영향을 미치는 것으로 나타났으므로, 주택 건설업체에서는 마감재를 시공하지 않고 분양하는 거주자 참여형(minus option, 구조체/내장 분리의 2단계 공급, 선택 사양 제도 등) 제도의 검토가 필요하며, 실내디자인 실무자는 자재 및 시공방법 선택시 이에 대해 고려할 필요가 있다.

TVOC 농도와 새집증후군에 대한 주관적 반응 정도는 뚜렷한 관련성이 없는 것으로 나타나, 유해물질에 노출이 되고 있어도 주관적으로 느끼지 못할 수 있으므로, 의도적인 주의가 필요하다고 생각된다. 특히, 주택내 거주시간이 길고 기준에 비염, 천식, 알레르기, 아토피 피부염, 피부 가려움 등의 보유질환이 있는 거주자는 증상정도가 높게 나타날 수 있으므로 더욱 주의가 요구된다.



<그림 2> 측정주택 거주자 반응 그래프

5. 결론 및 제언

본 연구는 2004년 5월 이전 사업 승인되어 실내공기질관리법의 의무대상에 해당되지 않으며 완공된지 3개월 이하인 신축 아파트의 TVOC 농도를 1개월 간격으로 5회 측정하여 그 실태와 생활적 요인과의 관련성을 분석하고, 측정주택 거주자의 새집증후군 반응 및 개인적 요인과의 관련성을 분석하기 위해, 6개 측정주택에서 현장측정과 함께 거주자 반응을 실시하였으며, 연구결과를 이를 바탕으로 한 결론 및 제언은 다음과 같다.

신축 아파트에서의 TVOC 측정결과, 입주전 완공 1개월 경과시 대체로 36,210.2~12,705.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 다중이용시설 권고기준

<표 7> 거주자 반응 분석 종합

■ : 가족 중 가장 높은 증상정도

		A 주택	B 주택	C 주택	D 주택	E 주택	F 주택
조사시 TVOC 농도(일평균)		5,218.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,260.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,722.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,218.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6,352.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,078.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
남편	반응평균	2.1	3.0	2.0	1.9	-	1.6
	기존질병	소화불량	없음	축농증, 코막힘	지루성 피부염		없음
	거주시간	평일 평균 12시간	평일 평균 12시간	평일 평균 13시간	평일 평균 12시간		평일 평균 11시간
주부	반응평균	3.3	2.9	2.2	2.1	1.7	1.9
	기존질병	천식, 아토피 피부염	없음	비염, 피부 알레르기	없음	소화불량	비염
	거주시간	평일 평균 20시간	평일 평균 12시간	평일 평균 20시간	평일 평균 12시간	평일 평균 15시간	평일 평균 9시간
자녀 1	반응평균	3.4	2.9	2.0	-	1.7	1.8
	기존질병	천식, 피부 알레르기, 아토피 피부염	감기 증세	아토피 피부염		없음	없음
	거주시간	평일 평균 15시간	평일 평균 16시간	평일 평균 17시간		평일 평균 10시간	평일 평균 11시간
자녀 2	반응평균	-	2.6	2.0	-	1.7	-
	기존질병	-	없음	아토피 피부염		없음	
	거주시간	-	평일 평균 12시간	평일 평균 18시간		평일 평균 10시간	
자녀 3	반응평균	-	3.2	-	-	-	-
	기존질병	-	알레르기				
	거주시간	-	평일 평균 12시간				

1. 전혀 못느낌 2. 거의 못느낌 3. 약간느낌 4. 많이느낌 5. 매우 많이느낌

참고문헌

1. 강경인·김광희, 이제는 집도 웰빙이다, 대가, 2004
2. 건설교통부, 새집증후군 가이드북, 2004
3. 박용호·김종민, 신축 공동주택의 실내공기질에 관한 연구 - 저감대책을 위한 현상 파악 중심 -, 대한건축학회연합논문집, 6(4), 2004
4. 손장열·윤동원, 실내공기환경에서 휘발성유기화합물(VOCs)의 특성과 제어방법, 공기조화 냉동공학, 24(1), 1995
5. 유복희·윤정숙, 신축 공동주택의 VOCs 실태조사, 한국주거학회지, 13(5), 2002
6. 일본건축학회 편, 김현중 역, 새집증후군 대책의 바이블, 선진문화사, 2004
7. 전정윤·박준석·손장열·Kouichi Ikeda, 겨울철 주택내 유기화합물 공기오염농도에 관한 측정연구, 대한건축학회논문집계획계, 20(5), 2004
8. 전정윤·박준석·손장열, 서울시 주택내 휘발성 유기화합물 공기오염농도의 계절변화에 관한 연구, 대한건축학회논문집계획계, 21(3), 2005
9. 조영일, 화학공학양론, 형설출판사, 1985
10. 조현·박용승·유복희·홍천화, Bake Out에 의한 실내오염물질 저감에 관한 연구, 한국주거학회학술발표논문집, 제15권, 2004
11. 한국소비자보호원, 신축 공동주택의 실내공기 오염물질 실태조사, 연구보고서, 2004
12. www.nier.go.kr (국립환경과학원), 신축공동주택 실내공기질 권고기준 설정연구 용역사업 결과에 대한 공청회(2005.9.15) 자료.
13. www.me.go.kr/ (환경부) 다중이용시설등의실내공기질관리법.

<접수 : 2006. 5. 29>