

## 아파트 개조 전후의 휘발성유기화합물 농도변화 실태

### The Concentration Variation of Volatile Organic Compounds before and after Renovation in Apartment Houses

최윤정\*  
Choi, Yoon-Jung

심현숙\*\*  
Shim, Hyun-Suk

신해철\*\*\*  
Shin, Hae-Chul

#### Abstract

The purposes of this study were to make clear the present condition of the TVOC and HCHO concentration after renovation in apartment houses. The field measurements of TVOC and HCHO concentration according to the Korea Test Method Standard for Indoor Air Quality were carried out in 4 subject apartment houses. The results are as follows; the TVOC concentration after renovation in apartment houses ranged from mean 0.35 ppm to mean 5.08 ppm and increased of 0.35~5.08 ppm. The TVOC concentration of 3 subjects exceeded the Indoor Air Quality Management standard for the newly-built apartment houses (0.58 ppm). The HCHO concentration after renovation ranged from mean 0.13 ppm to mean 0.43 ppm and increased of 0.06~0.26 ppm. The HCHO concentration of 2 subjects exceeded the Standard (0.17 ppm). As results of analysis on the relation of concentrated ascension and renovation elements, the amount and the types of finishing materials and adhesives affected concentrated ascension. Also, production method for installed or purchased furniture had certain effect on the TVOC and HCHO concentration ascension.

Keywords : TVOC (Total Volatile Organic Compounds), HCHO (Formaldehyde), IAQ (indoor Air Quality), Before and after renovation, Apartment houses, Field measurements

주요어 : 총휘발성유기화합물, 포름알데히드, 실내공기질, 개조 전후, 아파트

## I. 서론

### 1. 연구의 목적 및 필요성

최근 신축주택의 새집증후군에 대한 문제의식과 관심이 증대되면서 실내공기오염과 관련된 연구들이 다수 수행되었으며, 또한 지하생활공간공기질관리법이 다중이용시설 등의 실내공기질관리법으로 전면 개정되고, 이후 2005년 12월에는 신축 공동주택을 대상으로 하는 실내공기오염물질의 특정항목에 대한 권고기준이 마련되는 등 신축 공동주택의 새집증후군에 대한 관심은 관련분야나 일반인에 게도 확산되어 있다고 본다.

한편, 개조하는 건물에는 시공 과정상 새로운 건축 마감재를 사용하여 계획이 되고 있으며, 선행 연구결과에서 공동주택 개조 경험이 있는 조사대상중 마감재의 개조가 46~96.1%로 나타난 바 있다(홍선경·윤복자, 1995). 제주도의 신축된 단독주택, 개조 아파트, 일정규모 아파트 3 곳 등 5곳에 대해 2006년 3월에 공기질을 측정 한 결과, 모든 주택에서 포름알데히드, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌 등 6개 물질이 기준치를 2~10배나 초과 검출됐다고

한다(제주일보, 2006. 3. 1). 즉 실내공기오염이 신축 주택에만 한정된 문제가 아니라 개조의 경우에도 해당되는 문제임을 시사하고 있다.

그러나 지금까지 새집증후군 관련연구로 신축 공동주택의 실내공기질에 관한 연구와 건축자재에 의한 실내공기오염에 대한 연구는 다수 수행되었으나, 개조후 아파트의 실내공기질에 대한 실태파악은 연구 내용의 일부로 다루어진 적은 있으나 실제 개조후 아파트에서 실내공기질의 실태파악은 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 아파트 개조시 새집증후군 감소를 위한 기초연구로서, 전면개조와 부분개조 아파트에서 개조 전·후의 총휘발성유기화합물 농도와 포름알데히드 농도를 측정하여, 그 실태를 파악하는 것을 목적으로 하였다.

## II. 문헌고찰

### 1. 선행연구

본 연구의 배경으로, 실제로 아파트 개조가 많이 이루어지고 있는지, 이때 마감재 변경의 비율은 얼마나 되는지를 살펴보고자 아파트 개조실태 관련연구를 고찰한 결과, 아파트의 개조실태는 홍선경과 윤복자(1995)연구에서는 조사대상 가구의 약 70~74%까지 개조경험을 가지고 있는 것으로 나타났고, 오인옥과 조명은(2003)연구에서 보

\*정회원(주저자, 교신저자), 충북대학교 주거환경·소비자학과 부교수  
\*\*정회원, 충북대학교 일반대학원 주거환경학전공 석사과정  
\*\*\*정회원, 건국대학교 건축전문대학원 실내건축설계학과 석사과정

면 개조내용으로는 마감재 변경에서부터 크게는 구조 변경에 이르기까지 다양하게 일어나는 것으로 고찰되었다.

또한 아파트 개조시 실내공기오염 실태를 다룬 연구들을 검색해보았으나 이와 같은 선행연구들은 거의 찾을 수 없었으며, 신축된 공동주택을 대상으로 실내공기질을 평가한 연구들이 대부분이었다. 따라서 본 연구에서는 개조시 새로운 건축 마감재를 사용하며, 이것이 실내공기 오염의 원인이 된다는 점을 고려하여, 건축자재와 실내공기 오염관련연구를 고찰하였다.

건축자재와 실내공기오염 관련연구는 대부분 측정연구로서, 건축자재의 오염물질 방출특성 관련연구, 저오염물질 방출자재 관련연구로 구분된다. 이윤규(2004)의 연구에서는 발코니 확장시 사용된 마루판 및 접착제 사용량의 증가와 마루판에 대한 직달일사의 입사면적 증가에 의해 발코니 확장 주택이 나머지 주택보다 TVOC(총휘발성 유기화합물)의 농도가 상대적으로 높은 경향을 보이는 것으로 나타났으며, 주택의 실내온·습도가 증가할수록 오염물질방출양도 높아지는 것으로 나타났다. 김 옥 · 박우진 · 박진철(2005)의 연구에서는 목재용 접착제에서는 HCHO(포름알데히드), TVOC 두 물질 모두 방출 농도가 높게 나타났으며, 가구를 들여온 입주세대에서 TVOC가 6배가량 높은 2500 µg/m³ 정도의 수치를 나타냈다. 방승기 · 손장열 · 박병운(2005)의 연구에서는 Toluene(톨루엔)은 접착제에 의해 급격히 증가하며, 가구 설치 후 다른 오염물질을 제외한 톨루엔의 초기농도가 약 3000 µg/m³까지 높아지는 것으로 나타났다. 유형규 · 박진철 · 이언구(2005)연구에서는 목재제품이 포름알데히드의 주 방출원으로 나타났으며, 방승기 · 조우진 · 손장열(2006)연구에서 TVOC 농도는 부엌가구, 거실가구 및 신발장을 설치한 이후에 상승한 것으로 나타났다. 유형규 · 박진철 · 이언구(2006)연구에서는 포름알데히드는 온돌마루와 목재 문 시공 후 실내온도 상승과 함께 다량 방출되었고, 이후 가구 반입과 함께 185.5 µg/m³로 농도가 더욱 증가하는 것으로 나타났으며, TVOC는 타일 접착제 시공후 농도가 10087.6 µg/m³로 실내공기에 심각한 영향을 주는 것으로 나타났다.

2. 관련법규

1) 다중이용시설 등의 실내공기질관리법

지하생활공간공기질관리법이 다중이용시설 등의 실내공기질관리법으로 개정, 2004년 5월 시행되었다. 다중이용시설에 대해 오염물질의 유지, 권고기준이 규정되었으며, 공동주택에 대한 내용으로는, 신축 공동주택의 경우 입주 전 실내공기질 측정결과를 공고하게 하는 내용이 포함되었다. 이후 2005년 12월에는 신축 공동주택을 대상으로 실내공기오염물질의 특정항목에 대한 권고기준이 마련되었다.

즉, 본 연구의 대상인 아파트 개조 시점의 실내공기질은 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」의 적용대상이 아니며, 오염물질의 유지 또는 권고기준이 없다. 따라서,

측정결과를 평가하기 위한 오염물질의 기준치로서, 신축 공동주택 권고기준을 살펴보고, 거주중인 건물에 대한 기준으로는 3개의 다중이용시설군 중 지하공간이 포함된 시설군을 제외한 보육시설 등의 시설군이 주택의 경우와 비교적 가까우므로 이 기준을 사용하였다<표 1>.

표 1. 다중이용시설 등의 실내공기질 유지·권고기준

| 적용대상 내용                                  | 유지·권고기준                                                                                                                  |                                 |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                                          | 유지기준<br>(법 제5조 관련,<br>시행규칙 별표2)                                                                                          | 권고기준<br>(법 제6조 관련,<br>시행규칙 별표3) |
| 의료기관,<br>국공립 보육시설,<br>노인전문요양시설,<br>산후조리원 | HCHO<br>120 µg/m³ 이하                                                                                                     | VOC<br>400 µg/m³ 이하             |
| 신축공동주택                                   | 권고기준<br>(법 제9조 관련, 시행규칙 별표4의 2)                                                                                          |                                 |
|                                          | 포름알데히드 210 µg/m³ 이하<br>벤젠 30 µg/m³ 이하<br>톨루엔 1,000 µg/m³ 이하<br>에틸벤젠 360 µg/m³ 이하<br>자일렌 700 µg/m³ 이하<br>스티렌 300 µg/m³ 이하 |                                 |

- 본 연구의 사용기기가 ppm으로 측정되므로 측정치를 법규기준과 비교하기 위해 기준치를 ppm으로 환산하였다.
- µg/m³로 규정된 법규기준을 ppm으로 환산하는 것은 원칙은 아니나, 생활적·건축적 변수가 많은 현장연구이기 때문에, 단위환산시에 생기는 오류는 현장연구에서의 변수에 비해 극히 적은 것으로 생각되어 다음과 같은 방법으로 환산하였다.
- 환산식<sup>1)</sup>은 ppm = mg/m³ × 22.4/M × t/273 × 760 mmHg/P (M:분자량 또는 평균분자량, t: 절대온도, P: 대기압)를 이용하였다. 환산조건은 실내공기질 공정시험방법(2004)에 따라 20°C, 1기압으로 계산하였다.
- 다중이용시설 유지기준 HCHO 120 µg/m³를 환산하면 0.1 ppm이며, 권고기준 총VOC 400 µg/m³를 환산한 결과 0.1 ppm 였다. 총VOC의 분자량은 공정시험방법에서 규정한 5개 측정항목 각각의 분자량의 평균으로 하였다.
- 신축 공동주택의 권고기준 포름알데히드 210 µg/m³를 환산하면 0.17 ppm, TVOC는, 벤젠 30 µg/m³는 0.01 ppm, 톨루엔 1,000 µg/m³는 0.26 ppm, 에틸벤젠 360 µg/m³는 0.08 ppm, 자일렌 700 µg/m³는 0.16 ppm, 스티렌 300 µg/m³는 0.07 ppm이었고, 이들의 합 0.58 ppm를 사용하였다.

표 2. KS규격 중 가정용 가구/마루 포름알데히드 방산량 기준

| 인증기관               | 산업자원부 기술표준원                                                                                                                                |             |             |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| 가정용<br>가구/마루<br>대상 | · KSG4008 목재 가정용 가구(우장 및 이불장)<br>· KSG4017 목재 가정용 가구(화장대)<br>· KSG4300 주택용 보통 침대<br>· KSG5700 가정용 주방 용구(물버림대 · 조리대 등)<br>· KSF3114 마루판용 합판 |             |             |
|                    | · KSF3101 보통합판, 개정 2002.2.25<br>· KSF3106 특수 가공 치장 합판, 개정 2002.09.14                                                                       |             |             |
| 기준                 | 구분                                                                                                                                         | 포름알데히드 방산량  |             |
|                    |                                                                                                                                            | 평균량         | 최대량         |
|                    | 완전무취(F0)                                                                                                                                   | 0.5 mg/L 이하 | 0.7 mg/L 이하 |
|                    | 무취(F1)                                                                                                                                     | 1.5 mg/L 이하 | 2.1 mg/L 이하 |
|                    | 준무취(F2)                                                                                                                                    | 5.0 mg/L 이하 | 7.0 mg/L 이하 |
|                    | · KSF3104 파티클 보드, 개정 2002.12.27<br>· KSF3200 섬유판, 개정 2002.12.27                                                                            |             |             |
| 구분                 | 포름알데히드 방산량                                                                                                                                 |             |             |
| E0 형               | 0.5 mg/L 이하                                                                                                                                |             |             |
| E1 형               | 1.5 mg/L 이하                                                                                                                                |             |             |
| E2 형               | 5.0 mg/L 이하                                                                                                                                |             |             |

1) 대기환경연구회(2000), 대기환경개론, 동화기술, 26-27.

2) 건축자재 관련제도

건축자재의 오염물질 방출정도를 평가하는 제도로는 친환경상품진흥원에서 실시하는 환경마크(표지)제도와 한국 공기청정협회에서 운영하는 친환경 건축자재 품질인증제도(HB)가 있다.

또한 산업자원부 KS(한국산업규격)인증제도에서는 파티클보드, 섬유판 등을 포름알데히드 방산량 기준으로 E0급(0.5 mg/L 이하), E1급(1.5 mg/L 이하), E2급(5.0 mg/L 이하)으로 분류하고 있다<표 2>.

III. 연구방법

1. 측정대상

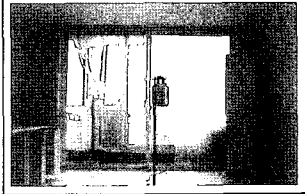
본 연구의 측정대상 주택은 개조계획이 있는 아파트로서 조사 협조의사가 있는 4곳을 선정하였고, 이들 조사대상 주택의 특성은 <표 3>과 같다.

표 3. 측정대상 주택의 개요

|        |         | A 주택                          | B 주택                 | C 주택                                   | D 주택                               |                      |
|--------|---------|-------------------------------|----------------------|----------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| 단지 특성  | 완공시기    | 1993년                         | 1984년                | 2002년                                  | 1997년                              |                      |
|        | 난방방식    | 중앙난방                          | 개별난방<br>(가스보일러)      | 개별난방<br>(가스보일러)                        | 지역난방                               |                      |
|        | 구조      | 철근콘크리트                        |                      |                                        |                                    |                      |
|        | 환기설비    | 욕실 팬, 레인지후드                   |                      |                                        |                                    |                      |
| 주택 특성  | 층 수     | 2층/14층                        | 12층/12층              | 14층/15층                                | 1층/15층                             |                      |
|        | 면 적     | 42평                           | 31평                  | 38평                                    | 32평                                |                      |
|        | 평면구성    | LDK+4B                        | LDK+3B               | LDK+3B                                 | LDK+3B                             |                      |
|        | 방 위     | 남향                            |                      |                                        |                                    |                      |
|        | 거실창     | 페어글래스단창                       |                      |                                        |                                    |                      |
|        | 발코니창    | 페어글래스단창                       |                      |                                        |                                    |                      |
| 개조 특성  | 이전개조 시기 | 1998년                         | 1996년                | 2002년 완공                               | 2004년                              |                      |
|        | 개조 기간   | 06.01.16 ~01.27               | 06.03.25 ~04.14      | 06.02.11 ~02.13                        | 06.03.27 ~04.07                    |                      |
|        | 개조 내용*  | 전면 개조<br>(거실 및 부엌의 마루 바닥재 제외) | 전면 개조<br>(부엌가구 제외)   | 부분개조<br>(모든 방의 바닥재, 부엌, 안방, 서재의 벽지 교체) | 부분개조<br>(부엌, 거실, 안방, 현관, 욕실 가구 교체) |                      |
|        | 디자이너 특성 | 전공자<br>(경력10년)                | 비전공자                 | 전공자<br>(경력9년)                          | 부엌가구 전문업체 구입·시공                    |                      |
| 측정일 특성 | 개조 전    | 측정일                           | 06.01.09<br>(비겨주)    | 06.02.08<br>(비겨주)                      | 06.02.10<br>(비겨주)                  | 06.03.25<br>(비겨주)    |
|        |         | 외부온도                          | -1.6°C<br>(-7.0~3.0) | -7.2°C<br>(-9~3.9)                     | 1.4°C<br>(-1.7~4.0)                | 8.9°C<br>(4.4~14.8)  |
|        |         | 외부습도                          | 57.5%                | 53.3%                                  | 65.0%                              | 48.6%                |
|        | 개조 후    | 측정일                           | 06.01.28<br>(비겨주)    | 06.04.15<br>(비겨주)                      | 06.02.15<br>(겨주)                   | 06.04.08<br>(비겨주)    |
|        |         | 외부온도                          | 1.3°C<br>(-3.0~6.0)  | 12.0°C<br>(8.8~16.2)                   | 4.6°C<br>(2.9~4.0)                 | 10.2°C<br>(6.6~14.8) |
|        |         | 외부습도                          | 53.9%                | 32.1%                                  | 77.5%                              | 40.0%                |

\*A, B주택은 거의 모든 공간에서 마감재 교체, 문·창호, 가구교체가 이루어져 '전면개조'로 표현하였고, C주택은 일부공간의 마감재교체, D주택은 가구 구입만이 이루어져 '부분개조'로 표현하였다.  
\*\*외부온도, 습도는 기상청의 서울시 자료를 이용하였다.

표 4. 측정내용 및 방법

| 측정요소      | TVOC 및 HCHO 순간농도                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 측정기기      | TVOC 측정기(IAQ RAE PGM-5210)<br>- 0~500 ppm(0~99 ppm 일때 0.01 ppm resolution)<br>HCHO 측정기(PPM Formaldemeter™ 400)<br>- 0~10 ppm(10% at 2 ppm level)            |                                                                                     |
| 측정조건      | - 초기 30분(7시 30분~8시)간 외부에 면한 모든 개구부, 실내 출입문, 수납가구의 문 등을 개방하여 환기하고 5시간(8시~13시) 동안 밀폐한 후 그 이후 측정(13시~17시)<br>- 실내온도는 20°C 이상 유지<br>- 실내의 이동을 위한 문과 수납가구 등의 문개방 |                                                                                     |
| 측정시간 및 간격 | 13시~17시 동안 20분 간격으로 다회(13회) 측정                                                                                                                              |                                                                                     |
| 측정위치      | 거실 중앙에서 바닥면으로부터 1.2~1.5 m의 높이                                                                                                                               |  |

2. 측정방법 및 내용

TVOC와 HCHO농도 측정은 원칙적으로는 환경부의 실내공기질 공정시험방법(2004)에 따라 실시하였다.

다만, 공정시험방법에서는 13시~17시 사이에 30분 동안 공기를 포집하여 휘발성유기화합물을 분석하도록 규정하고 있으나, 본 연구에서 사용한 기기는 순간치 현장직독식이므로 13시~17시 동안 20분 간격으로 순간농도를 다 회 측정하는 방법으로 하였다<표 4>.

3. 개조내용조사

개조내용조사는 연구자가 개조 전·후 측정일에 관찰 및 사진촬영에 의해 조사하고, 이와는 별도로 거주자와 디자이너를 대상으로 심층면접을 하였다.

조사방식은 공간별로 구조 변경, 마감재 교체, 창호 및 블라인드 교체, 조명기구 교체, 가구 설치 또는 구입이 있는지를 세밀히 파악하였다. 그 후 거주자와 디자이너에게, 사용한 자재 및 접착제, 가구의 종류, 각 제품의 성능 및 품질등급에 대해 면접조사하였다.

이 과정에서 면접대상자가 각 제품의 정확한 품질등급을 파악하고 있지 못한 경우 조사의 한계가 있었다. 거주자나 디자이너들은 접착제의 종류나 자재의 품질등급을 모르고 있는 경우가 대부분이었으며, 디자이너들은 시공업자에게 위임하는 것이 일반적인 방식이라고 하였다. 설치된 부엌가구 또는 구입된 생활가구의 등급은 구입 및 시공회사의 품질표시에서 파악하였으며, 직접 제작한 제품은 품질 파악이 불가능하였다.

4. 분석방법

현장측정 자료는 각 주택별 TVOC 및 HCHO 농도 측정치를 개조 전·후 측정값과 영향요인을 표로 작성하고, 측정치의 평균 등의 단순 통계를 이용하여 분석하였다.

### IV. 측정결과 및 해석

#### 1. 주택별 측정결과

4개주택 측정결과 측정시간동안 대부분 실내온도 20°C 이상으로 유지되었다. CO 농도는 4주택 모두 개조 전·후 거의 0 ppm으로 측정되어, TVOC와 HCHO를 제외한 기타 오염물질은 거의 없는 것으로 볼 수 있었다.

##### 1) A주택 측정결과

개조 전 측정결과, TVOC 농도는 모든 측정치가 0.00 ppm이었으며, HCHO 농도는 0.00~0.04(평균 0.01) ppm으로 나타났다. 이 주택은 1993년 완공 이후 1998년에 거실의 전면발코니, 북쪽 침실의 발코니, 다용도실의 일부를 확장하고 마감재를 교체하는 전면 개조를 한 후 8년 경과된 상태였다.

개조 내용을 요약하면 전면 개조로, 거실(부엌 포함) 바닥을 제외한 모든 실의 마감재 교체 및 페인트를 시공하였고, 사용된 거의 모든 마감재는 일반 자재였다. 부엌기구와 현관장을 제작설치하였으며 서재의 가구 일체와 거실장 및 각 방의 서랍장(E1급의 B사 브랜드 제품)을 구입하여 실내에 반입이 된 상태였다. 각 실의 창호를 교체하고 롤블라인드를 설치하였으며, 조명기구를 교체하였다.

개조 시공 직후 측정결과, TVOC 농도는 4.16~5.48(평균 5.08) ppm으로 개조 전에 비해 평균 5.08 ppm 상승된 농도이다. 측정치는 '다중이용시설 등의 실내공기질관리법'의 보육시설 등의 시설군 TVOC 권고기준(0.1 ppm)의 약 50배에 달하는 농도이며, 신축 공동주택의 실내공기질 권고기준(TVOC 0.58 ppm)의 약 9배에 달하는 농도로 이는 이론상 두통이나 메스꺼움 및 어지러움, 구토증세, 기침 등을 유발 할 수 있는 수준이다.<sup>2)</sup>

HCHO 농도는 0.10~0.19(평균 0.14) ppm으로 개조 전에 비해 평균 0.13 ppm이 상승된 농도이다. 측정치는 보육시설 등의 다중이용시설군 HCHO 유지기준(0.1 ppm)과 비교할 때 약 1.5배에 달하는 농도이며, 신축 공동주택의 HCHO 권고기준(0.17 ppm)과 거의 비슷한 농도였다.

##### 2) B주택 측정결과

개조 전 측정결과 TVOC 농도는 모든 측정치가 0.00 ppm이었으며, HCHO 농도는 0.00~0.01(평균 0.00) ppm으로 나타났다. 이 주택은 1984년 완공 이후 1996년에 전면 개조 한 후 10년 경과된 상태였다.

개조 내용을 요약하면, 전면 개조로 모든 실의 마감재 및 페인트를 시공하였고, 사용된 마감재 중 벽지는 모두 친환경 제품이며, 온돌마루는 일반제품이었다. 거실장과 현관장, 발코니의 수납장을 제작설치하였으며, 부엌기구는 그대로 사용하면서 일부(싱크볼, 벽면타일, 후드, 싱크대 상판)만 교체를 하였다. 욕실은 타일마감재와 위생기기를 모두 교체하는 전면 수리를 하였으며, 현관, 다용도실, 부엌

















2) 손장열 · 윤동원(1995), 실내공기환경에서 유기화합물질(VOCs)의 특성과 제어방법, 공기조화냉동공학, 24(1), 44-55.

의 모든 타일을 교체하였고, 각 실의 모든 조명기구가 교체되었다.

개조 직후 측정결과, TVOC 농도는 1.27~2.88(평균 1.86) ppm으로 개조 전에 비해 평균 1.86 ppm 상승된 농도이다. 측정치는 보육시설 등의 시설군 TVOC 권고기준

표 5. A주택 측정결과 ( ) : 평균

|      | 개조 전                 | 개조 후                 |
|------|----------------------|----------------------|
| TVOC | 0.00~0.00 (0.00) ppm | 4.16~5.48 (5.08) ppm |
| HCHO | 0.00~0.04 (0.01) ppm | 0.10~0.19 (0.14) ppm |
| CO   | 0.00~0.00 (0.00) ppm | 0.00~0.00 (0.00) ppm |
| 실내온도 | 23.1~23.9 (23.7)°C   | 22.1~22.7 (22.6)°C   |
| 상대습도 | 16~18 (16.4)%        | 24~26 (25.2)%        |

|             |     |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 개조 전 · 후 모습 | 현관  |    |    |
|             | 거실  |    |    |
|             | 부엌  |  |  |
|             | 안방  |  |  |
|             | 침실2 |  |  |
|             | 자녀방 |  |  |
|             | 서재  |  |  |
|             | 발코니 |  |  |

1. 이전 개조 시기: 1998년(8년 경과)
2. 거실 바닥을 제외한 모든 실의 마감재 교체 및 페인트 시공(모든 마감재는 일반 자재이나 자녀방 한쪽 벽면의 벽지와 목공용 접착제는 친환경 제품임).
3. 부엌기구, 현관장 교체(제작품, 자극적 냄새 관찰됨).
4. 서재 가구 일체, 거실장, 안방과 자녀방의 서랍장 구입(E1급의 B사 브랜드 제품).
5. 각 실 창호 교체, 롤블라인드 설치.
6. 모든 조명기구 교체.

(0.1 ppm)의 20배에 달하는 농도이며, 신축 공동주택의 TVOC 권고기준(0.58 ppm)의 약 3배를 초과하는 농도이고, 이론상 두통이나 메스꺼움 및 어지러움, 구토증세, 기침 등을 유발 할 수 있는 수준이었다.

HCHO 농도는 0.21~0.30(평균 0.23) ppm으로 개조 전에 비해 평균 0.23 ppm이 상승된 농도이다. 측정치는 보육시설 등의 시설군 HCHO 유지기준(0.1 ppm)의 약 2.5배에 달하는 농도이며, 신축 공동주택의 HCHO 권고기준(0.17 ppm)의 약 1.5배에 달하는 농도이고, 이론상 눈, 코에 약한 자극을 줄 수 있는 수준이었다.<sup>3)</sup>

표 6. B주택 측정결과 ( ) : 평균

|      | 개조 전                 | 개조 후                 |
|------|----------------------|----------------------|
| TVOC | 0.00~0.00 (0.00) ppm | 1.27~2.88 (1.86) ppm |
| HCHO | 0.00~0.01 (0.00) ppm | 0.21~0.30 (0.23) ppm |
| CO   | 0.00~0.00 (0.00) ppm | 0.00~0.00 (0.00) ppm |
| 실내온도 | 19.8~21.6 (20.9)°C   | 20.3~21.7 (20.7)°C   |
| 상대습도 | 18~19 (18.5)%        | 25~28 (26.4)%        |

| 개조 전 · 후 모습 | 현관  |  |  |
|-------------|-----|--|--|
|             | 거실  |  |  |
|             | 부엌  |  |  |
|             | 안방  |  |  |
|             | 자녀방 |  |  |
|             | 욕실  |  |  |
|             | 발코니 |  |  |

1. 이전 개조 시기: 1996년(10년 경과)
2. 모든 실의 마감재 및 페인트 시공(벽지는 모두 친환경 제품, 온돌마루는 일반제품).
3. 거실장, 현관장, 발코니 수납장 설치(제작품).
4. 부엌가구는 그대로 사용하면서 일부(싱크볼, 벽면타일, 후드, 싱크대 상판)만 교체.
5. 욕실 전면 수리(타일마감, 위생기 모두 교체).
6. 현관, 다용도실, 부엌의 모든 타일 교체. 7. 모든 조명기구 교체.

3) C주택 측정결과

개조 전 TVOC 농도는 0.08~0.14(평균 0.12) ppm이며, HCHO 농도는 0.12~0.21(평균 0.17) ppm이었다. 이 주택은 2002년 완공 후 4년 경과한 아파트로, 실내 마감재는 완공 후 그대로의 상태였고, 거주자가 맞벌이부부인 관계로 주택에 거주하는 시간이 적어 환기를 거의 하지 않았다고 하였다.

개조 내용을 요약하면, 부엌과 안방의 한쪽 벽면의 벽지 및 서재의 벽지를 일반자재로 교체하였고, 안방, 서재, 침실2의 바닥재를 친환경 제품으로 교체하였으나, 접착제는 일반 자재였다.

개조 직후 거주자가 입주하여 책장, 화장품, 이불, 옷 등의 생활재가 모두 반입된 상태였고, 측정일에는 거주자에 의해 물, 가스렌지 등의 사용이 다소 이루어졌다.

개조 직후 측정결과 TVOC 농도는 2.74~3.48(평균 3.09) ppm으로 개조 전에 비해 평균 2.97 ppm 상승된 농도이다. 측정치는 보육시설 등의 시설군 TVOC 권고기준(0.1 ppm)의 약 30배에 달하는 농도이며, 신축 공동주택의 TVOC 권고기준(0.58 ppm)의 약 5배에 달하는 농도이고, 이론상 두통이나 메스꺼움 및 어지러움, 구토증세, 기침 등을 유발 할 수 있는 수준에 근접하였다.

HCHO 농도는 0.35~0.52(평균 0.43) ppm으로 개조 전에 비해 평균 0.26 ppm이 상승된 농도이다. 측정치는 보육시설 등의 시설군 HCHO 유지기준(0.1 ppm)의 약 5배에 달하는 농도이며, 신축 공동주택의 HCHO 권고기준(0.17 ppm)의 약 2.5배가 넘는 농도로, 이론상 호흡장애의 시작이 되는 수준이었다.

4) D주택 측정결과

개조 전 측정결과 TVOC 농도는 모든 측정치가 0.00 ppm이었으며, HCHO 농도는 0.04~0.1(평균 0.07) ppm으로 나타났다. 이 주택은 1997년 완공·입주시 전면 수리를 하였고 이후 2004년에 마감재 교체를 다시 한 후 2년 경과된 상태였다.

개조 내용을 요약하면 마감재 교체 없이 부엌가구, 거실장, 안방의 침대, 불박이장, 현관장을 모두 E1급인 H사 브랜드제품으로 구입·시공하였다. 서재와 안방, 거실 앞 발코니에 롤블라인드를 설치하였고, 공용욕실 세면대를 교체하였다.

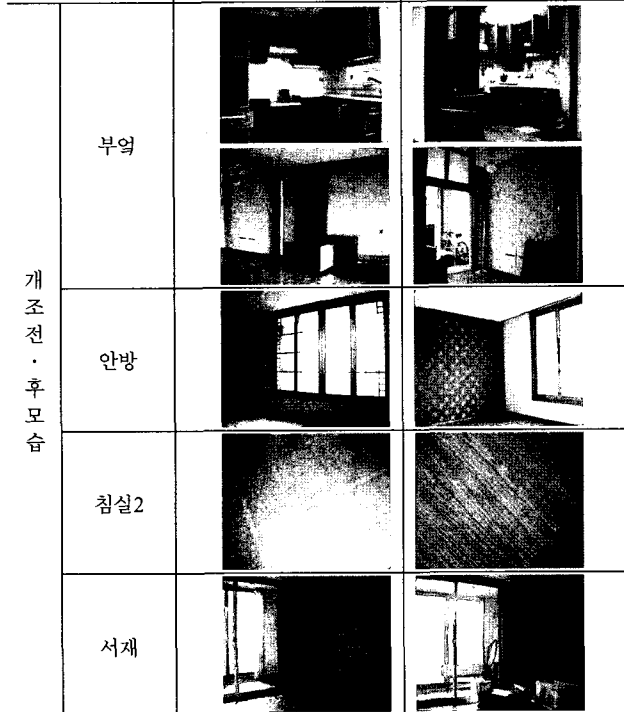
개조 직후 측정결과 TVOC 농도는 0.30~0.41(평균 0.35) ppm으로 개조 전에 비해 평균 0.35 ppm 상승된 농도이다. 측정치는 보육시설 등의 시설군 TVOC 권고기준(0.1 ppm)의 약 3.5배에 달하는 농도이고, 신축 공동주택의 TVOC 권고기준(0.58 ppm)보다는 낮은 수준이며, 이론상 인간의 지각 등으로 오염물질을 감지할 수 있는 정도이었다.

HCHO 농도는 0.10~0.16(평균 0.13) ppm으로 개조 전에 비해 평균 0.06 ppm이 상승되었다. 측정치는 보육시설

3) 마사오 이노우에 저, 김현중 역(2004), 새집증후군 실태와 대응전략, 한국목재신문사, 61.

표 7. C주택 측정결과 ( ): 평균

|      | 개조 전                 | 개조 후                 |
|------|----------------------|----------------------|
| TVOC | 0.08~0.14 (0.12) ppm | 2.74~3.48 (3.09) ppm |
| HCHO | 0.12~0.20 (0.17) ppm | 0.38~0.52 (0.43) ppm |
| CO   | 0.00~0.00 (0.00) ppm | 0.00~2.00 (1.00) ppm |
| 실내온도 | 16.7~20.2 (19.1)°C   | 21.7~23.7 (23.3)°C   |
| 상대습도 | 28~31 (28.8)%        | 43~50 (44.5)%        |

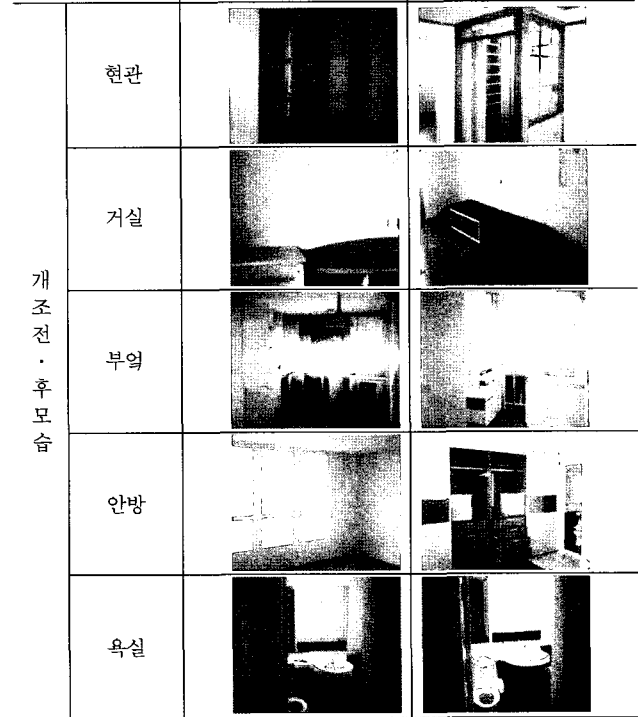


개조 전 · 후 모습

- 개조내용
1. 완공시기: 2002년(입주 후 거의 환기하지 않음).
  2. 부엌과 안방 한쪽 벽면의 벽지 및 서재 벽지 교체(일반자재).
  3. 안방, 서재, 침실2의 바닥재 교체(친환경 제품, 접착제는 일반자재).
  4. 시공 직후 거주 시작, 생활재의 반입과 기타 물, 가스렌지 등의 사용.

표 8. D주택 측정결과 ( ): 평균

|      | 개조 전                 | 개조 후                 |
|------|----------------------|----------------------|
| TVOC | 0.00~0.00 (0.00) ppm | 0.30~0.41 (0.35) ppm |
| HCHO | 0.04~0.09 (0.07) ppm | 0.10~0.16 (0.13) ppm |
| CO   | 0.00~0.00 (0.00) ppm | 0.00~0.00 (0.00) ppm |
| 실내온도 | 23.0~24.0 (23.8)°C   | 19.1~20.5 (20.1)°C   |
| 상대습도 | 18~20 (19.1)%        | 27~28 (27.9)%        |



개조 전 · 후 모습

- 개조내용
1. 완공(1997년도) 시 입주 전 전면 수리.
  2. 2004년 마감재 교체(2년 경과).
  3. 부엌가구, 현관장 교체(E1급인 H사 브랜드제품, 시공).
  4. 거실장과 안방의 침대 및 불박이장 구입(E1급인 H사 브랜드제품 시공).
  5. 서재 및 안방, 거실 앞 발코니에 롤블라인드 설치.
  6. 공용 욕실 세면대 교체.
  7. 조명기구 교체.

등의 시설군 HCHO 유지기준(0.1 ppm)과 비교할 때 약 1.5배에 달하는 농도이며, 신축 공동주택의 HCHO 권고기준(0.17 ppm)과 근접한 농도이고, 이론상 눈, 코에 자극을 줄 수 있는 수준이었다.

2. 측정결과 종합

1) 개조 후 각 주택의 TVOC 및 HCHO 농도실태

4개 측정주택의 개조 후 TVOC 농도는 평균 0.35~5.08 ppm으로, 개조 전 농도에 비해 0.35~5.08 ppm 상승하였다<그림 1>. 이는 보육시설 등의 시설군 TVOC 권고기준(0.1 ppm)의 약 3.5~50배에 해당하는 농도이며, 신축 공동주택의 TVOC 권고기준(0.58 ppm)과 비교할 때, D주택을 제외한 나머지 3개 주택이 권고기준의 약 3~9배에 해당하는 농도였다. 기준을 초과한 3개 주택은 이론상 두통이나 메스꺼움 및 어지러움, 구토증세, 기침 등을 유발할 수 있는 수준(2~10 ppm)이었다.

개조 후 HCHO 농도는 평균 0.13~0.43 ppm으로, 개조 전 농도에 비해 0.06~0.26 ppm 상승하였다<그림 2>. 이

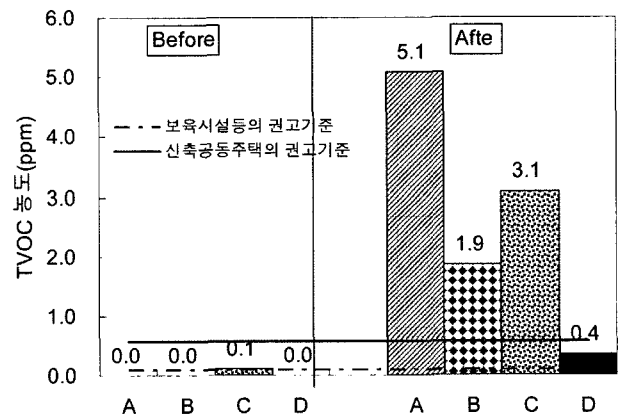


그림 1. 각 주택의 개조 전·후 TVOC 평균농도 변화

는 보육시설 등의 시설군 HCHO 유지기준(0. ppm)의 약 1.5~4.5배에 해당하는 농도이며, 신축 공동주택의 HCHO 권고기준(0.17 ppm)과 비교할 때, 2개 주택(A, D주택)은

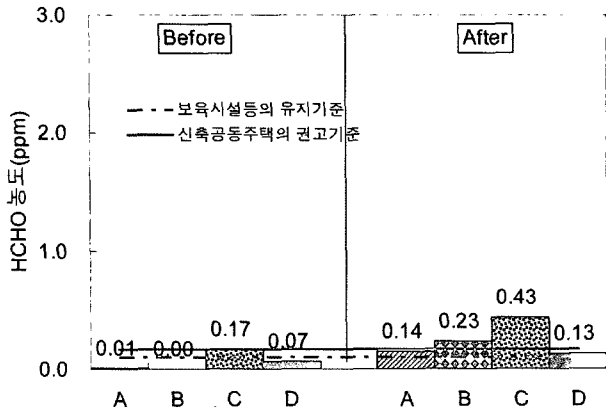


그림 2. 각 주택의 개조 전·후 HCHO 평균농도 변화

관고기준 미만이었으나, 나머지 2개 주택(B, C주택)은 권고기준의 약 1.5~2.5배에 해당하는 농도였다. 측정주택 모두 이론상 눈, 코에 자극을 줄 수 있는 수준(0.08~1.6 ppm)이었다.

#### 2) 전면 개조 주택의 농도상승 특성

개조 후 TVOC 농도가 가장 많이 상승한 주택은 A주택이다. A주택은 주택 자체의 면적이 가장 넓고 개조 내용도 가장 많아, 다른 주택에 비해 페인트나 벽지, PVC 바닥재 등 새로 사용된 마감재나 가구의 양, 그리고 이러한 마감재나 가구를 시공하기 위한 접착제의 사용량이 많았기 때문에 해석된다. 또한 부엌가구와 현관장에서 자극적 냄새가 관찰된 것으로 보아 이들 가구에서 방출되는 물질들이 원인으로 생각된다. 이러한 부엌가구, 현관장에 의한 TVOC 농도 상승은 선행연구(방승기·조우진·손장열, 2006)에서 일반자재를 쓴 경우 부엌가구, 거실가구 및 신발장 설치 후 TVOC가 급격하게 상승(약  $8 \times 10^4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이상)되었다고 보고된 바 있다. 그러나 HCHO의 농도상승은 적었는데, 이는 마루시공을 하지 않았고 주택 내 반입된 가구는 많았지만 E1급 브랜드 제품으로 HCHO가 적게 포함된 목재가 사용된 것으로 생각된다.

B주택은 전면 개조 하였으나 개조 후 TVOC의 농도 상승이 네 주택 중 세 번째였다. 이러한 결과를 전면 개조로 농도 상승이 큰 A주택과 비교하면, B주택은 상대적으로 면적이 적고, 사용 자재 중 친환경 제품이 많았으며, 부엌가구를 그대로 사용하면서 일부만 교체한 것에 차이가 있다. 그러나 A주택보다 HCHO 농도는 높게 상승하였는데, 이는 A주택이 마루를 교체하지 않았고, 구입가구가 E1급 브랜드제품인 것에 비해, B주택은 거실과 부엌의 온돌마루시공이나, 거실장, 현관장, 발코니장의 제작에 사용된 목재가 원인일 것으로 생각된다. 이러한 현상은 목재제품이 HCHO 농도상승의 원인으로 보고한 선행연구(이윤규, 2004; 유형규·박진철·이언구, 2005; 김 옥·박우진·박진철, 2005; 유형규·박진철·이언구, 2006)와, 목재용 접착제에서 HCHO, TVOC 모두 방출농도가 높게 나타난다고 보고된 선행연구(김옥·박우진·박진철, 2005)

결과와 유관하다.

#### 3) 부분 개조 주택의 농도상승 특성

부분 개조한 C주택은 다른 측정주택에 비해 개조 내용이 적고 마감재 중 바닥마감재가 친환경 제품이었음에도 불구하고 TVOC와 HCHO의 상승량이 상당히 컸고, 특히 HCHO는 측정주택 중 상승폭이 가장 컸다. 이는 마감재 자체가 친환경자재라 하더라도 벽지나 장판 시공시 사용된 접착제에서 방출되는 화학물질이 농도변화에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 천연재료인 바닥재를 사용하였음에도 시공에 사용된 접착제로 인해 TVOC 방출량이 높은 것으로 보고한 선행연구(유형규·박진철·이언구, 2006) 결과와 유관하다. 또한 C주택은 개조 후 측정시 유일하게 거주상태로서, 실내온도(23.3°C)와 상대습도(44.5%) 조건이 다른 측정일에 비해 다소 높았던 것이 휘발성유기화합물 방출에 영향을 준 것으로 생각되며, 이는 실내 온·습도가 증가할수록 오염물질 방출양도 높아지는 것으로 보고한 선행연구(이윤규, 2004)를 근거로 한다. 이외에도 측정 당시 거실에 펼쳐져 있던 침구류나 책자, 화장품 등의 생활제에서 다소의 오염물질이 방출되었을 것으로 생각된다.

그러나 부분 개조한 D주택은 개조 후 TVOC, HCHO 농도 상승이 가장 적어, 개조 후의 농도가 신축 공동주택 권고기준 이하였다. 그러나 개조 내용은 부엌가구 전체 교체, 현관장, 안방의 침대와 불박이장의 설치 등으로 오히려 C주택보다 많았다. 그러나 마감재 교체는 전혀 없어 마감재 시공에 필요한 접착제는 전혀 사용되지 않았다. 또한 A주택 측정시 부엌가구에서 자극적 냄새가 관찰되었던 것에 비해, D주택은 측정시 거의 냄새가 관찰되지 않았는데 부엌가구를 포함한 개조된 모든 가구가 E1급 이상인 브랜드 제품이므로 오염물질 방출이 적은 것으로 생각된다. D주택의 부엌가구와 불박이장 등을 A주택의 부엌가구와, B주택의 목재 가구와 비교할 때, 오염물질 농도는 가구의 제작 방법 또는 자재가 크게 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다.

#### 4) 개조 전 TVOC, HCHO가 검출된 주택

개조 전 측정시 A, B주택은 TVOC와 HCHO가 거의 검출되지 않았던 것에 비해 C, D주택은 검출되었다. C주택의 경우, 완공 후 약 4년 경과 되었으나 거주자가 맞벌이부부로 집에 거주하는 시간이 적어 환기를 거의 하지 않았다고 한 것으로 보아 신축시의 오염물질이 잔류하고 있는 것으로 생각된다. D주택의 경우는 마감재 교체 이후 2년밖에 경과되지 않아 그 영향이 남아있는 것으로 보여진다. 따라서 마감재 교체 후 2년까지 또는 환기가 거의 이루어지지 않을 경우는 신축후 4년 정도까지도 영향이 지속될 수 있는 것으로 해석된다.

## V. 결 론

본 연구는 아파트 개조시 새집증후군 감소를 위한 기

표 9. 측정결과 및 영향요인 종합 단위 TVOC, HCHO: ppm, 실내온도: °C, 상대습도: %

| 주택특성       | 측정결과(평균) |          |      |      | 특이 사항<br>(다른 측정주택과의 차이점) | 개조 내용 |                                                                                                                                                                                    |      |    |    |    |    |      |     |    |    |     |   |  |  |
|------------|----------|----------|------|------|--------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|----|----|----|------|-----|----|----|-----|---|--|--|
|            | 완공 시기    | 이전 개조 시기 | 측정항목 | 개조 전 |                          | 개조 후  | 상승량                                                                                                                                                                                | 마감재  | 현관 | 거실 | 부엌 | 안방 | 침실 2 | 자녀방 | 서재 | 욕실 | 발코니 |   |  |  |
| A 주택 (42평) | 1993년    | 전면 수리    | TVOC | 0.00 | 5.08                     | 5.08  | · 부엌가구와 현관장(제작품)에서 자극적 냄새 관찰.<br>· 모든 실의 마감재 교체 및 페인트 시공(거실 마루 제외).<br>· 가구(서재가구 일체, 거실장, 안방과 자녀방의 서랍장 모두 E1급 브랜드제품) 구입.                                                           | 바닥   |    |    |    | ●  | ●    | ●   | ●  |    |     |   |  |  |
|            |          |          | HCHO | 0.01 | 0.14                     | 0.13  |                                                                                                                                                                                    | 벽    | ●  | ●  | ●  | ●  | ●    | ●   | ●  | ●  |     |   |  |  |
|            |          |          | 실내온도 | 23.7 | 22.6                     | -     |                                                                                                                                                                                    | 천장   | ●  | ●  | ●  | ●  | ●    | ●   | ●  | ●  | ●   |   |  |  |
|            |          |          | 상대습도 | 16.4 | 25.2                     | -     |                                                                                                                                                                                    | 문·창호 | ●  | ●  | ●  | ●  | ●    | ●   | ●  | ●  | ●   |   |  |  |
| B 주택 (31평) | 1984년    | 전면 수리    | TVOC | 0.00 | 1.86                     | 1.86  | · 모든 실의 벽지, 페인트 시공(벽지는 모두 친환경 제품).<br>· 거실 및 주방의 마루 바닥재 시공, 거실장 설치(제작품).<br>· 마루 시공용 접착제 사용.<br>· 현관장, 거실장, 발코니 수납장 제작(제작품).<br>· 욕실 전면 수리.<br>· 현관, 다용도실, 부엌의 모든 타일 교체.           | 바닥   | ●  | ●  | ●  | ●  |      |     | ●  | ●  | ●   | ● |  |  |
|            |          |          | HCHO | 0.00 | 0.23                     | 0.23  |                                                                                                                                                                                    | 벽    | ○  | ○  | ○  | ○  |      |     | ○  | ○  | ○   | ○ |  |  |
|            |          |          | 실내온도 | 20.9 | 20.7                     | -     |                                                                                                                                                                                    | 천장   | ○  | ○  | ○  | ○  |      |     | ○  | ○  | ○   | ○ |  |  |
|            |          |          | 상대습도 | 18.5 | 26.4                     | -     |                                                                                                                                                                                    | 문·창호 | ●  |    |    | ●  |      |     |    |    |     |   |  |  |
| C 주택 (38평) | 2002년    | -        | TVOC | 0.12 | 3.09                     | 2.97  | · 완공 후 4년 경과하였으며, 입주 후 거의 환기하지 않았다고 함.<br>· 부엌, 안방, 서재의 벽지 교체(일반자재).<br>· 안방, 서재, 침실2의 바닥재 교체(친환경 제품, 일반접착제).<br>· 거주자의 생활재(이불, 책, 화장품 등).<br>· 개조후 측정시 실내온도, 상대습도가 모든 측정일중 가장 높음. | 바닥   |    |    |    | ○  | ○    |     |    | ○  |     |   |  |  |
|            |          |          | HCHO | 0.17 | 0.43                     | 0.26  |                                                                                                                                                                                    | 벽    |    |    | ●  | ●  |      |     |    |    | ●   |   |  |  |
|            |          |          | 실내온도 | 19.1 | 23.3                     | -     |                                                                                                                                                                                    | 천장   |    |    |    |    |      |     |    |    |     |   |  |  |
|            |          |          | 상대습도 | 28.8 | 44.5                     | -     |                                                                                                                                                                                    | 문·창호 |    |    |    |    |      |     |    |    |     |   |  |  |
| D 주택 (32평) | 1997년    | 마감재 교체   | TVOC | 0.00 | 0.35                     | 0.35  | · 거실장, 안방의 침대 및 불박이장, 부엌가구, 현관장(모두 E1급 브랜드 제품) 구입.                                                                                                                                 | 바닥   |    |    |    |    |      |     |    |    |     |   |  |  |
|            |          |          | HCHO | 0.07 | 0.13                     | 0.06  |                                                                                                                                                                                    | 벽    |    |    |    |    |      |     |    |    |     |   |  |  |
|            |          |          | 실내온도 | 23.8 | 20.1                     | -     |                                                                                                                                                                                    | 천장   |    |    |    |    |      |     |    |    |     |   |  |  |
|            |          |          | 상대습도 | 19.1 | 27.9                     | -     |                                                                                                                                                                                    | 문·창호 |    |    |    |    |      |     |    |    |     |   |  |  |
|            |          |          |      |      |                          |       |                                                                                                                                                                                    |      |    |    |    |    |      |     |    |    |     |   |  |  |

●: 자극적 냄새 관찰 ○: E1급 자재, ●: 일반자재, ○: 친환경자재+일반접착제, ■: 신축 공동주택 권고기준(TVOC 0.58 ppm, HCHO 0.17 ppm) 초과, □: 보육시설 등의 시설군 유지· 권고기준(TVOC 0.1 ppm, HCHO 0.1 ppm) 초과

초연구로서, 아파트 개조 전·후의 총휘발성유기화합물 농도와 포름알데히드 농도를 측정하여, 그 실태를 파악하는 것을 목적으로 하여, 4개 아파트 개조 전·후에 TVOC와 HCHO 농도를 측정하면서 개조내용을 조사하였다.

1) 4개 측정주택의 개조 후 TVOC 농도는 평균 0.35~5.08 ppm으로, 보육시설 등의 시설군 실내공기질 권고기준의 약 3.5~50배에 해당하는 농도이며, 신축 공동주택의 실내공기질 권고기준과 비교할 때, D주택을 제외한 나머지 3개 주택이 권고기준의 약 3~9배에 해당하는 농도였다.

개조 후 HCHO 농도는 평균 0.13~0.43 ppm으로, 보육시설 등의 시설군 실내공기질 유지기준의 약 1.5~4.5배에 해당하는 농도이며, 신축 공동주택의 실내공기질 권고기준과 비교할 때, 2개 주택(B, C주택)은 권고기준의 약 1.5~2.5배에 해당하는 농도였다.

2) 개조 후 TVOC 농도가 가장 많이 상승한 A주택은 주택 자체의 면적이 가장 넓고 개조 내용도 가장 많아, 실내마감재나 가구의 양과 이를 시공하기 위한 접착제의 사용량이 많았기 때문으로 생각된다. 그러나 적은 HCHO의 농도상승은 주택내 반입된 가구는 많았지만 HCHO가

적게 포함된 E1급 브랜드 제품사용과 마루교체가 없는 것을 원인으로 생각해 볼 수 있다.

B주택은 전면 개조 하였으나 A주택과 비교하면, 상대적으로 면적이 적고, 사용 자재 중 친환경 제품이 많았으며, 부엌가구를 그대로 사용하여 TVOC의 농도 상승이 적었다. 그러나 A주택보다 HCHO 농도는 높게 상승하였는데, 거실과 부엌의 온돌마루시공이나, 거실장의 제작에 사용된 목재가 원인일 것으로 생각된다.

3) 부분 개조한 C주택은, 개조내용이 마감재 교체만 이었는데도 TVOC와 HCHO의 상승량이 상당히 컸다. 이는 시공시 사용되는 접착제의 선택이 실내공기질에 영향을 미치는 중요한 요인임을 말해준다.

그러나 부분 개조한 D주택은 개조 후 TVOC, HCHO 농도가 신축 공동주택 권고기준 이하였다. 마감재 교체는 전혀 없었고, 부엌가구를 포함하여 설치한 모든 가구가 E1급 이상인 제품으로 오염물질 방출이 적은 것으로 생각된다.

4) 개조 전 측정시 C, D주택에서 TVOC와 HCHO가 검출되었다. C주택의 경우, 완공 후 약 4년 경과 했으나



거주자가 맞벌이부부로 집에 거주하는 시간이 적어 환기를 거의 하지 않았다고 한 것으로 보아 환기 부족이 원인일 것으로 생각되며, D주택의 경우는 마감재 교체 이후 2년밖에 경과되지 않아 그 영향이 남아있는 것으로 보여진다.

이상의 결과에서 아파트 개조 후 새로운 마감재나 가구 설치로 휘발성유기화합물 농도가 상승하는 것을 알 수 있었다. 상승된 농도 수준은 '다중이용시설 등의 실내공기질 관리법'의 신축 공동주택 권고기준'과 비교할 때, E1급 브랜드 가구 및 부엌을 설치한 부분개조 주택 1곳만이 권고기준 이하였고, 나머지 3개의 측정주택이 모두 권고기준을 크게 초과하고 있었다. 분석 결과, 아파트 개조시 휘발성유기화합물 농도변화는 전면개조인지 부분개조인지에 따라 농도 상승에 차이가 있었고, 사용한 마감재 및 접착제의 종류와 양, 설치 및 구입 가구의 제작 방법에 따라 차이를 보였다.

따라서 아파트 개조시 거주자는 필요이상의 개조를 지양하고 가구 및 마감재의 신중한 선택이 요구된다. 또한 신축 후 또는 개조 후 어느 정도의 시간이 지났다 하더라도 여전히 TVOC 및 HCHO가 검출되는 것을 볼 수 있었으므로 거주자에 의한 충분하고 지속적인 환기가 요구된다.

또한 본 연구결과와 관련이론을 근거로, 디자이너나 시공업체는 개조 계획에 마감재 특성을 고려하고, 디자이너는 시공에 사용되는 접착제 종류까지 확인하는 것이 필요하다. 휘발성유기화합물 농도 저감 방안으로 디자이너는 거주자에게 환기시스템의 설치나 공사후 환기(베이크아웃) 실시후 입주, 겨울철 보다는 환기량이 큰 여름철 공사 등을 조언할 수 있는 적극적 자세가 요구된다.

### 참 고 문 헌

1. 강순주(2002), 고층아파트 리모델링에 대한 거주자의 의식 및 요구, 대한건축학회논문집 계획계, 18(9), 131-138.
2. 김선중·김은덕·최영순·서종녀(2001), 중소형 분양 아파

- 트 거주자의 개조시 거주기간별 주택개조 내용, 한국주거학회지, 12(2), 109-122.
3. 김 옥·박우진·박진철(2005), 주거용 건물에서 건축 가구로부터의 오염물질방출 측정연구, 한국생태환경건축학회 춘계학술발표대회논문집, 5(1), 161-116.
4. 대기환경연구회(2000), 대기환경개론, 동화기술, 26-27.
5. 마사오 이노우에 저, 김현중 역(2004), 새집증후군 실체와 대응전략, 한국목재신문사, 61.
6. 방승기·손장열·박병윤(2005), 온돌용 마루와 가구에서 발생하는 휘발성유기화합물(VOCs)농도 감소 예측에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 계획계, 21(6), 125-132.
7. 방승기·조우진·손장열(2006), 신축아파트의 실내 마감재 변경 및 시공단계별 휘발성유기화합물 발생 특성, 설비공학논문집, 18(6), 486-492.
8. 손장열·윤동원(1995), 실내공기환경에서 유기화합물질(VOCs)의 특성과 제어방법, 공기조화냉동공학, 24(1), 44-55.
9. 송현진·김득현(2005), 새집증후군을 아십니까?, 법률출판사, 41-44.
10. 오인옥·조명은(2003), 거주자들의 참여 디자인 방법에 관한 연구-공동주택 입주시점의 개조행위를 통한-, 한국실내디자인학회논문집, 39, 62-72.
11. 유형규·박진철·이언구(2005), 실내건축자재 폼알데하이드 및 휘발성유기화합물 방출특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 계획계, 21(7), 141-148.
12. 유형규·박진철·이언구(2006), 건축자재 적용방안에 따른 실내공기오염물질 방출량 비교 연구, 대한건축학회논문집, 계획계, 22(5), 247-254.
13. 이윤규(2004), 실내공기중의 휘발성유기화합물 농도변화에 관한 연구, 한국생태환경건축학회논문집, 4(3), 129-136.
14. 홍선경·윤복자(1995), 아파트 거주자의 주택개조특성 분석모형, 대한건축학회논문집, 계획계, 11(11), 3-15.
15. 제주일보 2006년03월01일자, 새집 공기질 환경개선 중요하다.
16. <http://ecolabel.koeco.or.kr/>(친환경상품진흥원), 환경마크제도.
17. <http://www.kaca.or.kr/>(한국공기청정협회), 친환경건축자재 품질인증제도.
18. <http://www.me.go.kr/>(환경부), 다중이용시설 등의 실내공기질관리법(개정 2005.5, 일부개정 2005.12), 환경부고시 제 2004-08호 실내공기질공정시험방법.
19. <http://www.standard.go.kr/>(국가표준종합정보센터 산업자원부 기술표준원), 한국산업규격(KS)

(接受: 2007. 4. 1)