

# 청주시 아파트 일반가정의 겨울철 실내열·공기환경 현장측정조사

## The Indoor Thermal and Air Environment of General Apartment Houses during Winter in Cheongju City

조 준 행\*

Cho, Jun Haeng

최 윤 정\*\*

Choi, Yoon Jung

### Abstract

The purposes of this study were to investigate the actual state of the indoor thermal and air environment in general apartment houses during winter in Cheongju City, to analyze the related factors with the indoor thermal and air environment, and to make suggestions for the improvement. A series of visiting field investigation was conducted in twenty units between 28th December, 2010, and 11th March, 2011. The field investigations included the measurement of physical indoor environmental conditions, the observation of architectural characteristics and resident's behavior, and the on-site questionnaire survey of residents. The measured values of each units were compared to evaluation standard and were categorized to group by the difference between units. Factors related to the difference of the measured values between the groups were analyzed. The findings are summarized as followed. The indoor temperature of apartment houses during winter in Cheongju City was generally suitable. The relative humidity was slightly dry, while the CO<sub>2</sub> concentration was found to be excessively high. The factors related indoor environment were analysed as heating operation, ventilation, gas range use, and hanging out the wash to dry in indoors.

키워드 : 청주시 아파트, 겨울철, 실내열·공기환경

Keywords : Cheongju City Apartment House, Winter, Indoor Thermal & Air Environment

### 1. 서론

대부분의 사람들은 하루의 80% 이상을 실내에서 생활하고 있다. 다양한 원인에 의한 실내공기오염은 의식적이든 무의식적이든 채실자의 건강에 많은 영향을 주고 있으며, 특히 실내공간 중에서도 주택은 가장 많은 시간을 보내는 공간으로 하루 중 대략 50% 이상을 체류한다(통계청, 2009). 현대의 주택은 단열성, 기밀성이 강화되고 화학합성재료가 사용되면서, 거주자가 의도적으로 환기를 하지 않을 경우 실내공기에의 노출을 통해 새집증후군 증상이 나타나기도 하고 천식이나, 아토피질환, 호흡기질환과도 관련이 있다고 보고되고 있어, 현대사회에 있어 주거공간의 실내공기 질은 건강과 복지를 결정하는 중요한 요소가 되고 있다. 국민건강보험공단(2010)의 2009년 주요 환경성 질환 진료환

자 분석에 의하면 2002년에서 2009년까지 주요 환경성질환(알레르기 비염, 아토피 피부염, 천식)을 주상병(主傷病)으로 진료를 받은 환자를 분석한 결과, 2008년에는 주요 환경성질환으로 759만 명이 진료를 받았으나 2009년에는 2008년 대비 9.0% 증가한 830만 명으로 증가하였다. 즉, 환경성질환의 증가에 따라 실내환경의 유지관리가 중요함을 시사하고 있다.

한편, 배누리 외(2007)가 1980년대부터 2000년대까지 총 53편의 연구문헌을 조사·분석한 결과, 국민소득의 증대와 건축물의 고기밀화에 따라 우리나라 주택의 실내온도는 높아지고 착의량은 낮아지는 경향을 보였다. 특히, 최근의 연구에서 겨울철에도 실내에서 0.5clo 정도의 착의량을 보여 착의량을 낮게 유지하는 생활습관에 의한 과다난방의 가능성을 보여주고 있다고 하였다. 또한 최윤정 외(2008)에서는 아파트 단위주거 20곳을 대상으로 거주자의 생활을 수용한 상태에서 실내온열환경을 측정하였는데, 겨울철 실내온열환경의 물리적 실태는 대체로 따뜻하고 건조한 상태이며, 거주자는 중간기 착의상태, 온열감에 대해서는 따뜻한 측에 반응하는 상태였다. 즉, 착의와 난방조절의 개선이 필요한 상태였다.

이러한 연구결과는 최근 저에너지 녹색성장을 위한 정책

\* 주저자, 동화바이텍스(주) 기술연구소 주임연구원  
(wind-legend@hanmail.net)

\*\* 교신저자, 충북대학교 주거환경학과 교수(ychoi@cbnu.ac.kr)  
이 논문은 2010년 충북대학교 주거환경학과에서 실시한 '주거실내환경 진단 개선 서비스 프로그램'에서의 주택별 진단결과를 종합·분석한 연구로서, 주저자는 운영담당, 교신저자는 책임교수로 프로그램을 진행함. 이 논문은 (사)한국생활과학회 2011 동계학술대회에 발표한 내용을 수정·보완한 논문임.

동향 측면에서 볼 때 개선이 시급한 상태로서, 에너지절약적이면서도 환경성질환을 예방할 수 있는 실내환경의 조성이 요구된다. 따라서, 일반가정을 대상으로 겨울철에 효율적인 에너지 사용은 물론 환경성질환과 관련된 온열 및 공기오염정도를 측정, 점검하고 개선사항을 컨설팅하는 노력이 필요하다.

이에 충북대학교 주거환경학과는, 환경부의 '친환경 건강도우미 방문서비스<sup>1)</sup>'에서 착안하여 거주 중 주택의 실내환경을 진단하고 개선을 도와주기 위한 봉사 프로그램으로서, 청주지역에서 진단을 신청받아, 겨울철 실내환경 실태를 방문측정하고, 측정주택별로 그 결과와 개선안이 포함된 진단결과를 우송하는 프로그램을 진행하였다.

본 연구는 2010년도 프로그램에서의 주택별 진단결과를 종합·분석하는 것을 목적으로 하였으며, 21개 진단주택 중 20개 아파트 일반가정의 실내열·공기환경 진단결과를 분석하였고, 본 논문의 내용은 진단 프로그램에서의 조도와 소음 부분은 제외하고 실내열·공기환경으로 하였다. 따라서 본 연구는 청주시 아파트 일반가정의 겨울철 실내열·공기환경의 실태를 파악하고, 관련요인을 분석하여 개선안을 제안하는 것을 목적으로 하였다.

## 2. 문헌고찰

### 2.1 선행연구

거주 중 주택의 겨울철 실내온열환경 관련연구를 살펴본 결과, 윤정숙·유복희(1997)와 전정윤·김효진·배누리(2005), 최윤정·정연홍(2008)이 수행되었다. 이들 논문에서 겨울철 주택의 실내온열환경 측면의 문제는 높은 실내온도와 낮은 상대습도, 낮은 착의량으로 파악되었다.

거주 중 주택의 겨울철 실내공기질 관련연구는, 이승민 외(1996), 전정윤 외(2004), 이윤규 외(2004), 심현숙 외(2008), 국립환경 과학원(2009), 황진아 외(2010) 등이 수행되었다. 이들 논문에서 겨울철 주택의 실내공기질 측면의 문제는 CO<sub>2</sub>농도가 높은 상태가 많았고, 폼알데하이드의 경우도 기준치를 초과하는 세대가 많았다.

이들 연구들은 한 주택을 하루 이상 측정분석하는 방법으로 조사하여 측정대상의 수가 적은 경우가 많고, 실내환경에 미치는 영향요인에 대한 분석이 이루어진 연구는 매우 소수였다. 본 연구는 방문측정방법을 이용하여 20개 단위주거라는 측정대상의 수를 확보한 것과 영향(관련)요인을 분석한 것이 선행연구와의 차별성이라 하겠다.

### 2.2 평가기준

측정결과를 평가하기 위한 기준을 고찰한 결과, 현행법규에는 거주중인 일반주택의 겨울철 실내 온·습도에 관한 유지관리기준은 규정되어 있지 않으며, 「건축물의 에너지절약설계기준」(일부개정 2010.12.31)의 냉·난방장치의 용량계산을 위한 실내 온·습도 기준이 거의 유일한 법적기준

이다. 그러나 이 기준에서 상대습도는 냉방시 기준만이 제시되어 있어, 상대습도의 평가기준을 참고할 수 있는 선행연구를 고찰한 결과, 최윤정·정연홍(2008)연구에서 선행연구 및 국외평가기준 등을 근거로 실내온도는 22~25℃, 상대습도는 50±20%를 기준으로 적용하였는데, 겨울철 실제주택에서 생활을 수용한 상태의 측정이라는 상황이 유사하여 본 연구에서도 이 기준을 적용하였다.

또한, 현행법규에 거주중 주택의 실내공기질 유지·관리기준이 없으므로, 측정결과를 평가하기 위한 기준치로 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」(일부개정2010.5.25)의 실내공기질 유지 및 관리기준 중 주택과 가장 유사한 환경인 보육시설, 국공립 노인요양시설을 포함한 시설군의 기준을 적용하였다. 본 프로그램에서 사용한 TVOC와 HCHO 측정기기의 측정값은 ppm으로 나타나며 기준치와의 효율적인 비교 및 평가를 위해 μg/m<sup>3</sup>단위의 법적 기준치를 심현숙·최윤정(2008)이 환산한 ppm단위의 환산치로 재적용하였다.

표 1. 평가기준 요약

| 측정항목            | 평가기준                         | 출처                                                                                       |
|-----------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 실내온도            | 20~22℃<br>(에너지절약설계기준)        | 「건축물의 에너지 절약설계기준」의 냉·난방장치의 용량계산을 위한 실내 온·습도 기준                                           |
|                 | 22~25℃<br>(국내 선행연구 겨울철 평가기준) | 최윤정·정연홍(2008) 재적용                                                                        |
| 상대습도            | 50±20%                       |                                                                                          |
| CO <sub>2</sub> | 1,000ppm 이하                  | 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법 시행규칙」의 실내공기질 유지·관리기준 중 의료기관, 보육시설, 국공립 노인요양시설 및 노인전문병원, 산후조리원 시설군 기준 |
| CO              | 10ppm 이하                     |                                                                                          |
| PM10            | 100μg/m <sup>3</sup> 이하      |                                                                                          |
| TVOC            | 0.10ppm 이하                   |                                                                                          |
| HCHO            | 0.08ppm 이하                   |                                                                                          |

## 3. 연구방법

프로그램의 진단신청가정을 대상으로 현장방문조사를 하였는데, 현장측정 및 관련요인을 관찰기록하고 측정중 거주자 1인에게 설문지 작성을 의뢰하였다.

### 3.1 조사대상

측정대상은 본 프로그램을 신청한 가정으로서, 청주지역 21개 주택(분석은 20개 아파트만을 대상으로함)이다.

측정주택 거주자의 생활습관과 주택의 특성 등의 관련요인을 알아보기 위하여 측정대상 주택의 거주자 1인을 대상으로 현장방문조사시 설문지 작성을 의뢰하였다.

### 3.2 조사내용 및 방법

측정방법은 방문측정으로서 거주자의 생활을 수용한 상태에서 측정하였다. 측정기간은 2010년 12월 28일~2011년 3월 11일로, 주택당 1회 방문하였다. 외기온이 낮은 기간이므로 30분 이상 기기적응시간을 가진 후 실내환경을 측정하고 관찰조사하여 소요시간은 1시간 30분정도였다. 외부환경 중 날씨, 온도, 습도는 측정시간에 해당하는 기상청자료를 이용하였으며, 미세먼지, CO, CO<sub>2</sub>는 측정주택 방문

1) 환경부는 2009년부터 거주주택에서 환경성질환 원인물질을 측정·점검하고 환경개선사항컨설팅을 동시에 제공하는 '친환경 건강도우미 방문서비스'를 실시하고 있다.

표 2. 연구방법의 개요

| 조사방법 | 현장방문조사                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | 현장측정                                                                                                                            | 관찰·면접                                                                                                                                                                                                                                      | 설문                                                                                                                                                                                                                                            |
| 조사목적 | 실내환경요소 측정 및 관련요인 조사                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            | 측정치 해석을 위한 관련요인 조사                                                                                                                                                                                                                            |
| 조사대상 | 본 프로그램에 신청한 21개 주택(이중 20개 아파트 분석)                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                            | 각 측정 주택의 거주자 1인                                                                                                                                                                                                                               |
| 조사시기 | 2010년 12월 28일 ~ 2011년 3월 11일(주택당 1회 방문)                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                               |
| 조사내용 | ·실내환경요소(온·습도, CO, CO <sub>2</sub> , 미세먼지, HCHO, TVOC)<br>- 공간당 10분 간격으로 3회 측정하여 평균치 이용<br>·외부요소측정(CO, CO <sub>2</sub> , 미세먼지)   | ·측정주택 특성조사(주변환경, 주거유형, 거주층수, 발코니유무, 실구성, 보일러 위치)<br>·측정공간 특성조사(마감재의 종류, 곰팡이발생여부, 조명기구(종류, 개수, 점등상황), 창문의 유형, 일조조절장치, 난방가동형태, 실내설정 온도, 습도조절 상태, 창개방, 환기설비 가동 여부)<br>·거주자 생활습관 조사(취사설비 사용여부, 청소 및 환기여부, 재실자의 지속재실시간)<br>·측정시 관련요인 관찰기록, 사진촬영 | ·주택의 특성 : 방위, 면적, 건축년도, 입주 시기, 난방방식, 난방설비 및 취사설비의 종류<br>·거주자의 특성 : 성별, 연령, 직업, 흡연여부 및 흡연량, 환경성 질환 보유 여부, 작업량, 주관적 실내환경의 문제점<br>·실내환경 관련요인 : 애완동물 보유 여부, 리모델링 실시여부, 새가구 구입 유무<br>·실내환경 조절특성 : 청소 횟수 및 도구, 난방의 가동 시기, 습도 및 환기조절정도, 생활화학물질의 사용빈도 |
| 조사도구 | ·미세먼지측정기(Model 3442)<br>·CO,CO <sub>2</sub> 측정기(IAQ-CALC™ 7545)<br>·HCHO 측정기(Formaldemeter™ 400)<br>·TVOC 측정기(IAQ RAE PGM-5210) | 현장측정표 카메라                                                                                                                                                                                                                                  | 설문지(자기기입식)                                                                                                                                                                                                                                    |
| 측정모습 |                                                |                                                                                                                                                           |                                                                          |
|      | 1번주택                                                                                                                            | 13번주택                                                                                                                                                                                                                                      | 16번주택      18번주택(설문지 기입모습)                                                                                                                                                                                                                    |

전·후에 대상주택의 외부에서 측정하였다.

본 프로그램에서 사용한 기기는 대부분 순간치 현장직독 식이기 때문에 공간당 10분 간격으로 3회 반복하여 측정평균치를 분석하였다. 측정위치는 현장 방문측정시 이용가능한 소반이나 책상 등을 활용하여 가급적 공간의 정중앙 바닥면으로부터 0.7m~1.2m 높이에서 측정하였다.

관찰·면접의 조사내용은 현장측정표를 이용하여 측정주택 특성, 측정공간 특성, 거주자 생활습관을 조사하였으며, 사진촬영을 통해 관련요인을 기록하였다.

설문 내용은 주택별 진단을 위한 선행프로그램들의 조사내용과 추가적인 이론적 고찰을 통해 작성하였다. 설문조사의 내용은 주택의 특성, 거주자의 특성, 실내환경 관련요인, 실내환기조절 특성으로 구성하였다.

### 3.3 분석내용 및 방법

1) 현장측정, 설문조사 실시 후 측정주택별로 측정결과를 평가기준과 비교, 측정결과에 영향을 미치는 요인을 파악하여 진단결과를 작성 우수하였다.(여기까지가 프로그램의 진행범위임)

2) 프로그램에 신청한 총 21개 측정대상 중 1개 주택만이 단독주택이고, 20개 주택이 모두 아파트였으므로 본 연구에서는 1개 단독주택을 제외하고 분석하였다.

3) 측정대상별 조사결과를 측정주택의 특성, 응답자 및 가족특성, 실내환경 관련요인 및 조절특성에 따라 구분 정리 후 측정대상간 측정결과와의 차이를 분석하였다.

4) 설문지에서 선택항목으로 조사된 내용은 백분율표로 작성하고 개방형 항목은 그 기재내용을 요약하여 표로 정리하여 분석하였다. 중복응답 항목은 전체측정대상에 대한 비율로 분석하였다.

5) 측정대상별 관련요인은 진단프로그램에서 우수완료한 주택별 진단결과에서 명백히 관련요인으로 판단한 항목만을 분석하였다. 주택별 진단결과에서 측정요소의 영향요인으로 포함된 요인을 모두 추출하여 표(예. 표 5)로 정리하였는데, 각 주택에서 관련요인으로 파악된 경우는 빗금으로 표시하였다. 동일한 방법으로 모든 측정요소를 분석하였으며(지면관계상 표는 생략하였으나 표 5와 같은 방식으로 분석함), 측정요소별로 측정대상을 측정치에 따라 그룹화하고 그룹간 차이의 관련요인을 파악하였다.

6) 관련요인 파악 후 선행연구와 이론에 근거하여 그룹별 측정요소의 문제점을 도출하고 이를 거주자 측면, 공급자 측면, 제도적 측면으로 개선안을 제안하였다.

## 4. 조사결과 및 해석

### 4.1 조사대상의 특성

#### 1) 측정대상의 특성

측정대상의 건축년도는 1990~1994년(40%), 주거면적으로는 30평대(40%), 주변환경으로는 동인접도로(45%)가 가장 많았다. 방위는 남향(75%), 발코니 확장하지 않음(70%), 난방방식으로는 지역난방(60%), 화학오염물질 관련 사항에서는 최근 1년간 가구를 구입하지 않음(80%), 리모델링을 실시하지 않음(75%), 바닥 마감재의 종류로 PVC바닥재(50%), 천장·벽의 마감재로는 일반벽지(65%), 취사설비로는 가스레인지(100%)가 대다수인 것으로 나타났다(표 3).

#### 2) 응답자 및 가족특성

가족구성원은 4~5인(70%), 화학물질함유 생활용품의 사용빈도로 방향제(70%), 헤어스프레이(65%), 향수(65%)

표 3. 측정대상의 특성

| 특성<br>주택 | 건축년도                   | 방위  | 면적  | 난방방식 | 발코니<br>유무   | 화학오염물질 관련사항   |               |                                   |           | 취사설비           | 주변 환경  |
|----------|------------------------|-----|-----|------|-------------|---------------|---------------|-----------------------------------|-----------|----------------|--------|
|          |                        |     |     |      |             | 리모델링<br>(1년내) | 가구구입<br>(1년내) | 천장·벽 마감재                          | 바닥<br>마감재 |                |        |
| 1        | 1999                   | 남향  | 50평 | 중앙난방 | 유           | 안함            | 책장            | 일반벽지                              | 강화마루      | 가스레인지          | 동 인접도로 |
| 2        | 2010                   | 남향  | 40평 | 지역난방 | 무(확장)       | 벽지<br>장판      | 소파<br>책장      | 일반벽지<br>벽 : 일부 대리석                | 강화마루      | 가스레인지          | 단지내부   |
| 3        | 2007                   | 남향  | 34평 | 지역난방 | 유           | 안함            | 안함            | 벽 : 실크벽지<br>일부 대리석, 나무<br>천장 : 나무 | 대리석       | 가스레인지          | 단지내부   |
| 4        | 1997                   | 남향  | 48평 | 개별난방 | 유           | 안함            | 안함            | 일반벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 동 인접도로 |
| 5        | 1999                   | 남향  | 37평 | 지역난방 | 유           | 안함            | 안함            | 일반벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 동 인접도로 |
| 6        | 1994                   | 남향  | 24평 | 지역난방 | 유           | 벽지<br>장판      | 안함            | 일반벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 주변녹지   |
| 7        | 1994                   | 남향  | 24평 | 지역난방 | 유           | 안함            | 안함            | 일반벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 주변녹지   |
| 8        | 2008                   | 남향  | 49평 | 지역난방 | 무(확장)       | 안함            | 콘솔            | 실크벽지<br>벽 : 일부 대리석                | 강화 마루     | 가스레인지<br>핫플레이트 | 단지내부   |
| 9        | 1992                   | 남향  | 32평 | 지역난방 | 유           | 안함            | 안함            | 일반벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 동 인접도로 |
| 10       | ※ 단독주택으로, 본 논문 분석에서 제외 |     |     |      |             |               |               |                                   |           |                |        |
| 11       | 1992                   | 남향  | 25평 | 개별난방 | 유           | 안함            | 안함            | 일반벽지                              | 강화마루      | 가스레인지          | 주변녹지   |
| 12       | 1996                   | 남향  | 23평 | 개별난방 | 유           | 벽지장판          | 안함            | 일반벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 동 인접도로 |
| 13       | 2002                   | 남동향 | 33평 | 개별난방 | 무(확장)       | 안함            | 안함            | 일반벽지                              | 강화마루      | 가스레인지          | 동 인접도로 |
| 14       | 2003                   | 남향  | 32평 | 지역난방 | 유           | 안함            | 안함            | 일반벽지                              | 강화마루      | 가스레인지          | 상가주변   |
| 15       | 2008                   | 남동향 | 34평 | 개별난방 | 무(확장)       | 안함            | 안함            | 일반벽지                              | 강화마루      | 가스레인지          | 주변녹지   |
| 16       | 1993                   | 남동향 | 32평 | 중앙난방 | 유           | 벽지            | 안함            | 실크벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 단지내부   |
| 17       | 2004                   | 남향  | 32평 | 지역난방 | 무(확장)       | 안함            | 안함            | 일반벽지<br>벽 : 일부 파벽돌                | 강화마루      | 가스레인지          | 동 인접도로 |
| 18       | 1994                   | 남향  | 24평 | 지역난방 | 유           | 안함            | 안함            | 실크벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 주변녹지   |
| 19       | 1994                   | 남동향 | 24평 | 지역난방 | 유           | 벽지            | 안함            | 실크벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 동 인접도로 |
| 20       | 1994                   | 남동향 | 24평 | 지역난방 | 유           | 안함            | 안함            | 실크벽지                              | PVC       | 가스레인지          | 주변녹지   |
| 21       | 2009                   | 남향  | 57평 | 개별난방 | 무<br>(사전확장) | 안함            | 소파            | 실크벽지<br>벽 : 일부 대리석                | 대리석       | 가스레인지<br>핫플레이트 | 상가주변   |

※ 20개주택 모두 주거유형은 아파트이고, 환기설비는 모두 레인지후드가 설치되어 있음

는 전혀 사용안함이 대다수였다. 욕실세제는 1주일에 1~2번(50%), 섬유탈취제는 전혀 사용안함(50%), 응답자의 착의량은 0.9clo(36.8%)가 가장 많았다(평균 0.8clo). 환경성 질환 보유여부로는 알레르기성 비염(35%)이 가장 많았고, 애완동물은 없음(85%), 흡연여부는 비흡연이(70%) 더 많은 것으로 나타났다.

3) 실내환경 관련요인 및 조절특성

① 외부환경

측정시의 날씨의 맑음(40%), 외부온도는 평균-1.6℃, CO<sub>2</sub>농도는 평균 432ppm, 습도는 평균 58%, 미세먼지는 평균 30μg/m<sup>3</sup>, CO농도는 평균 0.4ppm으로 우리나라 일반적인 겨울철 기후에서 벗어나지 않은 것으로 판단된다.

② 실내환경 조절특성

평시 실내환경 조절특성으로 창개방 환기횟수는 하루에 1~2회(75%), 환기설비 가동정도는 연기 및 냄새가 많은 음식을 조리할 때마다 사용(60%), 습도조절은 빨래 널기(55%)가 대다수였다. 창개방 정도는 반정도(45%), 환기시간은 10분 미만(30%)이 가장 많았다.

측정대상의 측정시 실내환경 조절특성으로 습도조절은 하지 않음(75%), 측정시간은 오전(9~13시)(55%), 재실인원은 2~3명(55%), 청소여부는 미실시(55%), 가스레인지 사용여부는 사용(55%)이 대다수로 나타났다. 환기여부는 측정시 환기(50%), 난방가동여부는 비가동(40%)이 가장 많았으며, 난방가동 설정온도는 20℃미만이 가장 많이 나타났다(표 4).

표 4. 측정시 실내환경 조절특성 ■ 최대빈도

| 구분             | 구분          | f             | %   |      |
|----------------|-------------|---------------|-----|------|
|                |             |               |     | 측정시간 |
|                | 오후(14시~18시) | 5             | 25  |      |
|                | 저녁(19시~22시) | 4             | 20  |      |
|                | 계           | 20            | 100 |      |
| 재실인원           | 2명~3명       | 11            | 55  |      |
|                | 4명~5명       | 8             | 40  |      |
|                | 6명          | 1             | 5   |      |
|                | 계           | 20            | 100 |      |
| 난방<br>가동<br>여부 | 비가동         | 8             | 40  |      |
|                | 가동          | 20℃미만(16~19℃) | 5   | 25   |
|                |             | 20℃이상~23℃미만   | 3   | 15   |
|                |             | 23℃이상~26℃미만   | 3   | 15   |
|                |             | 26℃이상~29℃미만   | 1   | 5    |
|                |             | 평균            | 21℃ |      |
| 계              | 20          | 100           |     |      |
| 환기여부*          | 실시          | 미실시           | 1   | 5    |
|                |             | 별도시간          | 3   | 15   |
|                |             | 측정전           | 8   | 40   |
|                |             | 측정시           | 10  | 50   |
|                | 항시          | 2             | 10  |      |
| 청소여부           | 미실시         | 11            | 55  |      |
|                | 측정전 실시      | 9             | 45  |      |
|                | 계           | 20            | 100 |      |
| 가스레인지<br>사용여부  | 사용          | 미사용           | 9   | 45   |
|                |             | 측정전           | 6   | 30   |
|                |             | 측정전·시         | 1   | 5    |
|                |             | 측정시           | 4   | 20   |
|                | 계           | 20            | 100 |      |
| 습도조절           | 실시          | 안함            | 15  | 75   |
|                |             | 빨래건조          | 3   | 15   |
|                |             | 빨래+어항         | 2   | 10   |
| 계              | 20          | 100           |     |      |

\* 중복응답

4.2. 측정결과 및 관련요인 분석

1) 실내온도

① 측정결과 및 평가기준과의 비교

각 단위주거의 실내온도는 18.5~25.7℃(평균 21.5℃)로, 전체 평균은 에너지절약설계기준(20~22℃)에 적합한 상태였다. 측정결과를 평가기준과 비교, 구분하면 에너지절약설계기준을 초과하는 단위주거는 5곳(25%)이었고, 에너지절약설계기준 초과 단위주거 중 1개 단위주거만이 국내 선행연구 평가기준(22~25℃)을 초과하였다. 에너지절약설계기준에 만족하는 단위주거는 10곳(50%), 에너지절약설계기준보다 낮은 단위주거는 5곳(25%)이었다.

② 관련요인 분석

에너지절약설계기준을 초과한 5개 단위주거(이하 초과그룹)와 에너지절약설계기준에 만족하는 10개 단위주거(이하 만족그룹), 에너지절약설계기준의 하한치에 못 미치는 5개 단위주거(이하 미만그룹)로 구분하여 <표 5>와 같이 관련요인 평균을 정리하였다. 그룹간 실내온도 차이에 관련있는 요인은 난방설정온도, 환기여부, 가족구성원 중 노약자의 재실여부, 전기장판 사용으로 판단된다. 이론상, 겨울

철 외부온도에 의한 벽체표면온도의 하강, 창개방에 의한 외부 찬 공기의 유입은 실내온도에 영향을 미치는 요인이다. 이외에 거주자 특성(노약자 기거) 등을 고려하여 거주자가 난방가동에 의해 실내온도를 조절하고 있는 것으로 판단되며, 난방비 절약을 위해 난방설정온도를 낮추고 국부난방을 이용하기도 하는 것으로 보인다.

③ 문제점 및 개선안

초과그룹의 실내온도는 평균 24.7℃로 선행연구에너지절약설계기준(20~22℃)도 초과하는 상태였는데, 5개 단위주거 중 3개 단위주거에 노약자가 재실하였다. 선행연구<sup>2)</sup>의 전정윤 외(2005), 최윤정 외(2008)의 실내온도 평균과 비슷하여 우리나라 일반가정의 일반적인 실태로 보여진다. 그러나, 노약자가 거주하여 부득이한 경우가 아니라면 현재의 평균 착의량 0.7clo에서 내의를 착용하여 0.9~1.0clo정도(ASHRAE, ISO의 겨울철 기준착의량)로 늘리고 실내온도를 다소 낮추는 에너지절약적 조절이 바람직하다.

2) 상대습도

① 측정결과 및 평가기준과의 비교

표 5. 실내온도 측정결과 및 관련요인 요약

■ 평가기준 불만족 □ 관련요인

| 주택   | 항목실내온도(℃) | 평가기준 비교 |        | 측정시간** |                    |    | 외부온도(℃) | 난방가동(℃)                  | 환기여부***   |              |             | 착의량(clo) | 특이사항                               |
|------|-----------|---------|--------|--------|--------------------|----|---------|--------------------------|-----------|--------------|-------------|----------|------------------------------------|
|      |           | 20~22℃  | 22~25℃ | 오전     | 오후                 | 저녁 |         |                          | 시점        | 종류           | 시간          |          |                                    |
| 1    | 20.4      | 만족      | 미만     | ○      |                    |    | 2.0     | 비가동                      | 측정시       | 창개방          | 순간개방        | 무응답      | 없음                                 |
| 2    | 22.2      | 만족      | 만족     |        |                    | ○  | -1.1    | 가동(28℃)                  | 측정 전 20분전 | 모든창 개방       | 10~20분      | 0.7      | 만3세, 만1세                           |
| 3    | 20.0      | 만족      | 미만     |        |                    | ○  | -1.6    | 가동(21℃)                  | 측정시       | 창개방          | 1회(순간)      | 0.8      | 만5세                                |
| 4    | 25.7      | 초과      | 초과     | ○      |                    |    | -0.1    | 가동(24℃)                  | 측정시       | 문개방          | 1회(순간)      | 0.7      | 만3세                                |
| 5    | 24.8      | 초과      | 만족     | ○      |                    |    | -4.5    | 측정 전 가동                  | 측정 전 30분전 | 창개방          | 1회          | 0.7      | 만3세                                |
|      |           |         |        |        |                    |    |         |                          | 측정시       | 문개방          | 1회(순간)      |          |                                    |
| 6    | 19.0      | 미만      | 미만     | ○      |                    |    | -5.0    | 가동(20℃)                  | 측정시       | 창개방(부엌)      | 20분         | 0.7      | 전기장판위 카펫사용                         |
|      |           |         |        |        |                    |    |         |                          |           | 대인지후드        | 10분         |          |                                    |
| 7    | 19.4      | 미만      | 미만     | ○      |                    |    | -3.3    | 가동(20℃)                  | 측정시       | 문개방          | 1회(순간)      | 0.8      | 전기장판위 이불사용                         |
| 8    | 22.3      | 만족      | 만족     |        |                    | ○  | -6.3    | 가동(23℃)                  | 별도시간      | 창개방          | 오전          | 0.9      | 없음                                 |
|      |           |         |        |        |                    |    |         |                          | 항시        | 자연 환기구       | 항시          |          |                                    |
| 9    | 20.4      | 만족      | 미만     |        |                    | ○  | -6.5    | 비가동                      | 측정 전      | 문개방          | 재실자의 외출이 잦음 | 0.9      | 전기장판위 이불사용                         |
| 11   | 24.7      | 초과      | 만족     |        |                    | ○  | 0.9     | 가동(23℃)                  | 측정 3시간전   | 공기 청정기       | 10분 정도      | 0.8      | 환기부족                               |
| 12   | 21.6      | 만족      | 미만     |        |                    | ○  | -9.6    | 가동(22℃)                  | 별도시간      | 창개방          | 오전(최대)      | 0.9      | 환기부족, 다수재실                         |
|      |           |         |        |        |                    |    |         |                          | 측정시       | 창개방(부엌)      | 최소          |          | 전기장판위 이불사용                         |
| 13   | 19.1      | 미만      | 미만     | ○      |                    |    | -6.7    | 가동(19℃)                  | 측정시       | 레이저후드        | 40분         | 0.9      | 전기장판위 이불사용                         |
| 14   | 23.6      | 초과      | 만족     | ○      |                    |    | -7.0    | 측정 전 가동(24℃)             | 안함        | 안함           |             | 0.9      | 만1세, 환기부족                          |
| 15   | 24.5      | 초과      | 만족     | ○      |                    |    | -6.3    | 가동(19℃)                  | 측정 전      | 창개방          | 10분 미만      | 0.4      | 일사                                 |
| 16   | 21.6      | 만족      | 미만     |        |                    | ○  | -1.4    | 비가동                      | 측정 전      | 창개방          | 오전          | 0.7      | 만8세, 부의식환기                         |
| 17   | 20.3      | 만족      | 미만     |        |                    | ○  | 7.0     | 비가동                      | 측정 전      | 창개방          | 오전          | 0.8      | 부의식환기                              |
| 18   | 19.0      | 미만      | 미만     |        |                    | ○  | 3.2     | 가동(18℃)                  | 측정시       | 문개방          | 1회(순간)      | 0.7      | 환기부족                               |
|      |           |         |        |        |                    |    |         |                          | 항시        | 베란다 출입문      | 2cm정도(항시)   |          | 전기장판사용                             |
| 19   | 21.8      | 만족      | 미만     | ○      |                    |    | 0.5     | 가동(19℃)                  | 별도시간      | 창개방          | 10~20분 미만   | 0.8      | 카펫위 전기장판사용                         |
| 20   | 20.1      | 만족      | 미만     | ○      |                    |    | 2.1     | 가동(16℃)                  | 측정 전      | 창개방          | 오전          | 0.9      | 만1세, 환기부족                          |
|      |           |         |        |        |                    |    |         |                          | 측정시       | 베란다 출입문      | 순간개방        |          | 전기장판                               |
| 21   | 18.5      | 미만      | 미만     | ○      |                    |    | 10.8    | 비가동                      | 측정 전      | 창개방          | 10분 미만      | 0.9      | 만73세                               |
| 미만그룹 |           | 19.0    |        |        | 오전: 4<br>저녁: 1     |    | -0.2    | 미가동: 1 가동: 4<br>(평균 19℃) |           | 실시: 4 미실시: 1 |             | 0.8      | 노약자 거주: 1<br>환기부족: 1<br>전기장판 사용: 4 |
| 만족그룹 |           | 21.1    |        |        | 오전, 저녁: 3<br>오후: 4 |    | -1.5    | 미가동: 5 가동: 5<br>(평균 22℃) |           | 실시: 6 미실시: 4 |             | 0.8      | 노약자 거주: 4<br>환기부족: 2<br>전기장판 사용: 4 |
| 초과그룹 |           | 24.7    |        |        | 오전: 4<br>오후: 1     |    | -3.4    | 미가동: 2 가동: 3<br>(평균 22℃) |           | 실시: 2 미실시: 3 |             | 0.7      | 노약자 거주: 3<br>환기부족: 2<br>일사: 1      |

\* 평가기준 20~22℃:에너지절약 설계기준, 22~25℃:국내 선행연구 겨울철 평가기준

\*\* 측정시간 오전:9시~13시, 오후:14시~18시, 저녁:19시~22시

\*\*\* 환기여부는 주택별 관련요인으로 파악되어 빗금표시된 경우를 실시, 그 외를 미실시로 구분함

2) 전정윤·김효진·배누리(2005)에서 집합주택 12세대의 평균 실내온도는 24.66℃, 의복량은 0.51clo, 최윤정, 정연홍(2008) 전제서에서 실내온도는 21.2~27.2℃(전체평균 23.9℃)였고, 착의량은 0.39~0.89clo(평균 0.68clo)로 중간기 착의량 정도로 나타났다.

상대습도는 23.0~54.1%(평균 35.4%)로, 전체 평균은 평가기준(50±20%)에 적합하나 다소 건조한 상태였다. 측정 결과를 평가기준과 비교하면 만족하는 단위주거가 14곳(70%), 불만족하는 단위주거가 6곳(30%)이었다.

② 관련요인 분석

상대습도 평가기준에 만족하는 단위주거 중 상대습도 40%이상인 단위주거 4곳(이하 일반만족그룹), 40%미만인 10곳(이하 저습도만족그룹)과 평가기준보다 낮은 6곳(이하 미만그룹)으로 구분하여 관련요인 평균을 정리하였다(표 6). 그룹간 상대습도 차이에 관련이 있는 요인은 실내온도, 환기여부(환기부족상태), 습도조절여부로 판단된다. 이론상, 겨울철의 경우에는 난방에 의한 실내온도 상승으로 상대습도가 저하될 수 있으며, 선행연구 최윤정 외(2008)에서 건조한 겨울철의 환기는 실내 상대습도를 저하시키는 것으로 나타난 바 있다. 본 측정자료의 분석결과 겨울철 일반가정의 상대습도는 실내온도와 환기실시에 의해 영향을 받으며, 의도적인 조절은 빨래건조 정도인 것으로 판단된다.

③ 문제점 및 개선안

평가기준보다 낮게 나타난 미만그룹(6개 단위주거)은 상대습도가 평균 26.7%로 매우 건조한 상태였으며, 위의 선행연구<sup>3)</sup>에 비해서도 낮은 편으로 나타났다. 상대습도 30% 이하의 현저히 건조한 실내는 피부와 기도점막의 건조를 일으키고, 기도의 세균 감염 예방작용을 약하게 한다(안옥희·한재숙, 2002). 따라서 이들 단위주거는 건조한 실내환경을 개선하기 위한 대책이 요구되며, 과다난방 단위주거는 실내온도를 낮추고 습도보충으로는 어항의 배치, 가습기의 이용 등을 고려할 수 있다.

3) CO농도

① 측정결과 및 평가기준과의 비교

CO농도는 0.0~5.9ppm(평균 1.2ppm)으로 측정대상 모두 평가기준(10ppm이하)에 만족하는 상태였다. 모두 만족 상태였으나 측정대상별 측정결과를 비교하여 구분하면 1.0ppm을 초과하는 농도를 보인 단위주거가 8곳(40%), 0.1

~1.0ppm의 농도를 보인 단위주거가 9곳(45%), 0.0ppm으로 미검출된 단위주거가 3곳(15%)이었다.

② 관련요인 분석

CO농도가 1.0ppm초과의 농도를 나타낸 단위주거 8곳(이하 일반그룹)과 0.0ppm으로 미검출된 3곳을 포함하여 1.0ppm이하의 농도를 나타내어 거의 미검출에 가까운 12곳(이하 저농도그룹)으로 구분하여 관련요인 평균을 정리하였다(표 7). 그룹간 CO농도의 차이에 관련이 있는 요인은 외부 CO농도, 가스레인지 사용여부, 환기여부(환기부족상태)로 판단된다. 이론상, 환기가 부족한 실내에서는 산소농도가 저하되어 불완전 연소가 되고, 이때 CO가스가 발생되며 이는 산소농도를 더욱 저하시키는 악순환이 되는 것(윤정숙·최윤정, 2011)과 유관하다고 본다.

③ 문제점 및 개선안

1.0ppm초과의 농도를 나타낸 일반그룹(8개 단위주거)의 CO농도는 평균 2.4ppm으로 평가기준 만족상태이나, 선행연구<sup>4)</sup>보다 높게 나타났다. 이들 단위주거 중 가스레인지 사용이 5곳, 환기부족이 4곳으로 나타났다. CO가스는 매우 유독한 물질로서 CO농도 5ppm에서 20분 동안 노출이 있을시 뇌의 반사작용의 변화가 있는 정도(윤정숙·최윤정, 2011)이므로 가스레인지 사용시 반드시 환기 또는 레인지 후드 사용이 바람직하다.

4) CO<sub>2</sub>농도

① 측정결과 및 평가기준과의 비교

CO<sub>2</sub>농도는 673~2729ppm(평균 1056ppm)으로, 전체 평균은 평가기준(1000ppm이하)을 초과하는 상태였다. 측정 결과를 평가기준과 비교하여 구분하면 평가기준을 초과하는 단위주거는 5곳(25%), 평가기준에 만족하는 단위주거는 15곳(75%)이었다.

② 관련요인 분석

CO<sub>2</sub>농도가 평가기준을 초과하는 단위주거 5곳(이하 초과그룹)과 평가기준에 만족하는 15곳(이하 만족그룹)으로 구분하여 관련요인 평균을 정리하였다(표 8). 그룹간 CO<sub>2</sub>

표 6. 상대습도의 관련요인 요약

| 구분          | 항목 | 상대습도(%)<br>평가기준<br>50±20% | 실내온도<br>(°C) | 측정일의 외부환경                         |       | 환기여부         | 재실인원(명) |     | 습도조절(거실)      | 특이사항    |
|-------------|----|---------------------------|--------------|-----------------------------------|-------|--------------|---------|-----|---------------|---------|
|             |    |                           |              | 날씨                                | 습도(%) |              | 측정전     | 측정시 |               |         |
| 미만그룹        |    | 26.7                      | 21.6         | 맑음: 4 구름조금: 2                     | 47    | 실시: 5 미실시: 1 | 3       | 4   | 안함: 5 습도조절: 1 | 없음      |
| 저습도<br>만족그룹 |    | 35.8                      | 21.5         | 맑음: 2 박무: 3 연무: 2<br>눈: 2 구름많음: 1 | 67    | 실시: 5 미실시: 5 | 3       | 4   | 안함: 9 습도조절: 1 | 환기부족: 3 |
| 일반만족<br>그룹  |    | 47.5                      | 21.0         | 맑음: 2 연무: 1 눈: 1                  | 52    | 실시: 2 미실시: 2 | 3       | 4   | 안함: 1 습도조절: 3 | 환기부족: 2 |

표 7. CO농도의 관련요인 요약

| 구분    | 항목 | CO(ppm)<br>10이하 | 외부 CO농도<br>(ppm) | 환기여부         | 가스 레인지 사용여부  | 재실인원(명) |     | 특이사항    |
|-------|----|-----------------|------------------|--------------|--------------|---------|-----|---------|
|       |    |                 |                  |              |              | 측정전     | 측정시 |         |
| 저농도그룹 |    | 0.4             | 0.2              | 실시: 9 미실시: 3 | 사용: 6 미사용: 6 | 3       | 4   | 환기부족: 1 |
| 일반그룹  |    | 2.4             | 0.6              | 실시: 3 미실시: 5 | 사용: 5 미사용: 3 | 4       | 4   | 환기부족: 4 |

3) 전정윤·김효진·배누리(2005). 전계서. 상대습도 평균은 31.30%, 최윤정, 정연홍(2008)에서는 19.5~58.8%(전체평균 36.6%)로 나타났다.

4) 심현숙, 최윤정(2008). 리모델링 후 3개월 이내의 거주중인 20개 아파트 단위주거에서 측정된 CO농도 평균은 2.0ppm으로 나타났으며, 황진아, 오예슬, 최윤정(2010)의 4인 가족 3개 아파트를 대상으로 측정한 연구에서 CO농도 주택별 평균은 0.5~1.5ppm을 나타냈다.

농도 차이에 관련이 있는 요인은 상대습도, 외부 CO<sub>2</sub>농도, 환기여부(환기부족상태), 가스레인지 사용여부로 판단된다. 이론상, 실내에 다수인이 장시간 밀집하여 있으면 CO<sub>2</sub>농도가 증가한다. 본 측정자료의 분석결과 재실인원은 CO<sub>2</sub>농도와 관련여부를 명확히 판단할 수 없었으나 환기여부는 관련요인으로 파악되었다. 따라서 다수가 재실하는 경우는 수증기 증가나 냄새 등이 인지되므로 거주자가 어느정도는 환기에 의해 실내공기오염을 조절하고 있는 것으로 보인다. 그러나 가스레인지 사용여부가 CO<sub>2</sub>농도의 관련요인으로 나타난 것은 거주자가 가스레인지 사용에 의한 공기오염은 잘 인지하지 못 하는 것으로 보인다. 또한 상대습도가 관련요인으로 나타난 것은, 환기부족상태인 단위주거는 재실자 호흡에 의한 CO<sub>2</sub>농도와 함께 수증기 증가가 동반되는 것으로 판단된다.

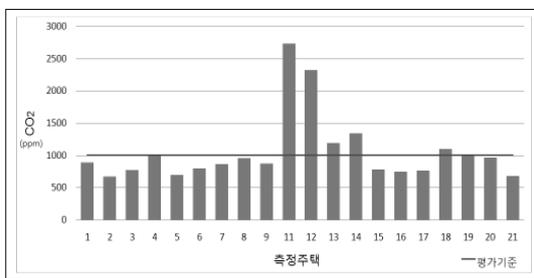


그림 1. CO<sub>2</sub>농도 측정결과 및 평가기준과의 비교

③ 문제점 및 개선안

평가기준(1000ppm이하)보다 높은 CO<sub>2</sub>농도를 나타낸 초과그룹은 평균 1735ppm으로 선행연구<sup>5)</sup>와 비교하면, 심현숙 외(2008), 국립환경과학원(2009)에서 측정된 평균 CO<sub>2</sub>농도 보다 높게 나타났다. 초과그룹 중 4개 단위주거가 가스레인지를 사용하였으며, 환기부족상태로 판단되었으므로 환기에 유의하고, 특히 가스레인지 사용시 환기를 습관화 하는 것이 필요하다.

5) 미세먼지

① 측정결과 및 평가기준과의 비교

미세먼지농도는 8~64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (평균 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )로 측정치 오류인 1번 주택을 제외한 19개 단위주거 모두 평가기준(100

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)에 만족하는 상태였다. 측정대상별 측정결과를 비교하여 구분하면 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과의 농도를 나타낸 단위주거가 9곳(47%), 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하의 농도를 나타낸 단위주거가 10곳(53%)이었다.

② 관련요인 분석

미세먼지농도가 측정치 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과인 9개 단위주거(이하 일반그룹)와 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하인 10곳(이하 저농도그룹)으로 구분하여 관련요인 평균을 정리하였다(표 9). 그룹간 미세먼지농도 차이에 관련이 있는 요인은 외부 미세먼지농도, 환기여부, 청소여부, 가스레인지 사용여부로 판단된다. 이론상, 실내먼지의 발생은 크게 실외 대기 중의 유입과 실내 자체의 발생으로 구분할 수 있다. 실내 자체에서 발생하는 먼지로는 실내 바닥에서 비산된 먼지, 흡연, 각종 난방 및 취사에 따른 연소기기의 연소, 사무기기의 사용 등을 들 수 있다. 또한, 사람에게서도 어느 정도 먼지가 발생된다(김기현 외, 2006). 환기는 다른 실내공기오염물질과 마찬가지로 외기가 매우 불량한 지역이 아닌 경우 이러한 실내 미세먼지농도를 저하시키는 방법이다. 본 분석결과도 이와 유관하다. 청소는 이론적인 배경은 명확하지 않으나 먼지의 흡입과 제거로 인한 효과가 있을 것으로 생각할 수 있다.

③ 문제점 및 개선안

20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 초과 농도를 나타낸 일반그룹은 평균 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 평가기준 이하였으며, 이는 국립환경과학원(2009)에서 측정한 수도권지역 아파트의 미세먼지농도 6~284 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (평균 53.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  낮게 나타나 큰 문제는 없는 상태이다. 그러나 일반그룹 중 환기 미실시가 5곳, 청소 미실시가 6곳, 가스레인지 사용이 6곳으로 나타났으므로 환기와 청소에 유의하고, 가스레인지 사용시 레인지후드 사용이 바람직하다.

6) HCHO

① 측정결과 및 평가기준과의 비교

HCHO농도는 0~0.14ppm(평균 0.03ppm)으로, 전체 평균은 평가기준 (0.08ppm이하)에 만족하는 상태였다. 측정결과를 평가기준과 비교, 구분하면 평가기준을 초과하는 단위주거가 3곳(15%), 미검출은 아니지만 평가기준을 만족하는 6곳(30%), 미검출 11곳(55%)이었다.

② 관련요인 분석

표 8. CO<sub>2</sub>농도의 관련요인 요약

| 구분   | 항목   | CO <sub>2</sub> (ppm) | 상대습도(%) | 외부 CO <sub>2</sub> 농도(ppm) | 환기여부          | 가스 레인지 사용여부  | 재실인원(명) |     | 특이사항    |
|------|------|-----------------------|---------|----------------------------|---------------|--------------|---------|-----|---------|
|      |      | 1,000이하               |         |                            |               |              | 측정전     | 측정시 |         |
| 만족그룹 |      | 829                   | 33.5    | 419                        | 실시: 11 미실시: 4 | 사용: 7 미사용: 8 | 3       | 4   | 환기부족: 1 |
|      | 초과그룹 | 1735                  | 39.1    | 470                        | 실시: 1 미실시: 4  | 사용: 4 미사용: 1 | 3       | 4   | 환기부족: 4 |

표 9. 미세먼지농도의 관련요인 요약

| 구분    | 항목   | 미세먼지( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 외부 미세먼지농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 환기여부         | 청소여부 (청소도구)  | 가스 레인지 사용여부  | 재실인원(명) |     | 특이사항    |
|-------|------|----------------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------|-----|---------|
|       |      | 100이하                            |                                       |              |              |              | 측정전     | 측정시 |         |
| 저농도그룹 |      | 11                               | 15                                    | 실시: 7 미실시: 3 | 실시: 6 미실시: 4 | 사용: 5 미사용: 5 | 3       | 4   | 환기부족: 2 |
|       | 일반그룹 | 41                               | 48                                    | 실시: 4 미실시: 5 | 실시: 3 미실시: 6 | 사용: 6 미사용: 3 | 3       | 3   | 환기부족: 3 |

5) 심현숙, 최윤정(2008). 전계서. CO<sub>2</sub>농도 평균은 1241.1ppm, 국립환경과학원(2009)의 수도권지역 아파트 100세대 평균은 918ppm였다.

HCHO농도가 평가기준을 초과하는 단위주거 3곳(이하 초과그룹)과 평가기준을 만족하는 6곳(이하 검출만족그룹), 0.00ppm인 11곳(이하 미검출그룹)으로 구분하여 관련 요인 평균을 정리하였다(표 10). 그룹간 HCHO농도 차이에 관련이 있는 요인은 상대습도, CO<sub>2</sub>농도, 환기여부(환기부족상태), 가스레인지 사용여부, 빨래건조로 판단된다. 이론상 HCHO는 실내온도와 습도가 높을수록 방출속도가 빨라지며 HCHO가 포함된 화학용품 사용시, 취사시 발생한다(윤정숙·최윤정, 2011). 또한 심현숙, 최윤정(2008)<sup>6)</sup>에서 아세톤·헤어스프레이의 사용, 빨래에서의 섬유유연제 냄새 등이 있을때 HCHO농도가 증가하였다. 본 측정자료의 분석결과 CO<sub>2</sub>농도가 HCHO농도에 직접적인 영향요인은 아니지만 환기부족으로 판단된 단위주거가 많은 그룹의 CO<sub>2</sub>농도가 높았으며 HCHO농도도 높게 나타나는 것으로 파악되었다.

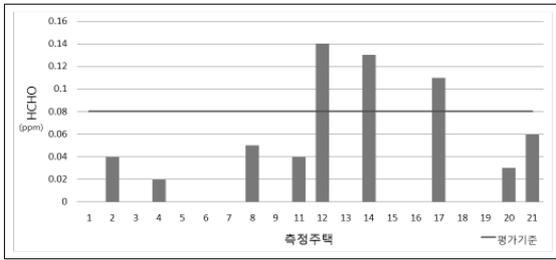


그림 2. HCHO농도 측정결과 및 평가기준과의 비교

③ 문제점 및 개선안

평가기준(0.08ppm이하)보다 높은 농도를 나타낸 초과그룹은 평균 0.13ppm이었다. 이 그룹은 상대습도 평균 49.0%, CO<sub>2</sub>농도 평균 1473ppm로 그룹들 중 가장 높았으며 3곳 모두 가스레인지를 사용하였다. 초과그룹 3개 단위주거 중 2곳이 빨래건조를 하였으며, 2곳이 환기부족상태로 판단되었다. 따라서 적절한 환기를 실시하는 것이 매우 바람직하다. 또한 필요이상의 높은 습도는 오히려 건강한 실내환경이 되지 못하며, 겨울철 습도보충을 위하여 실내에 세탁물을 건조시키는 경우 세제나 섬유유연제로 인해 HCHO가 방출될 수 있음을 유의하고 가스레인지의 사용에서도 HCHO가 발생할 수 있으므로 레인지후드 사용이 바람직하다.

7) TVOC

TVOC농도는 모든 측정치가 0ppm으로 검출되지 않았다. 이론상 VOCs는 건축건물의 건축자재, 세탁용제, 페인트, 살충제 등에서 발생(윤정숙·최윤정, 2011)하는데, 본 연구의 측정대상이 건축경년이 오래되고 5개월 경과된 신축이 1개 단위주거 뿐이었으며 생활상 요인에서도 TVOC의 원인이 없었기 때문인 것으로 생각된다.

4.3. 개선안 제안

<표 11>과 같이, 측정결과 및 문제점을 요약하고 거주자 측면, 공급자 측면, 제도적 측면에서 개선안을 제안한다.

실내온도의 경우, 초과그룹은 에너지절약설계기준을 초과하는 상태였으므로, 거주자 측면에서 착의량을 늘리고 실내온도를 다소 낮추는 에너지절약적 조치가 바람직하다고 제안한다. 공급자 측면에서는 측정대상 중 일사의 긍정적인 영향이 나타난 점을 반영할 필요가 있다.

상대습도의 경우, 일반만족그룹은 중성역에 가까운 상태이며, 선행연구에 비해 높은 편으로 나타났다. 이의 요인 중 환기부족은 공기오염 진행 상태일 수 있으며, 결로, 곰팡이 등의 미생물과 집먼지진드기와 같은 미세곤충의 번식이 쉬우므로 거주자 측면에서 의도적인 환기가 필요하다. 저습도 만족그룹과 미만그룹은 거주자 측면에서 건조한 실내환경을 개선하기 위한 대책이 필요하며, 과다난방 단위주거는 실내온도를 낮추어야 한다. 공급자 측면에서는 환기부족시 상대습도와 CO<sub>2</sub> 등의 공기오염물질 농도가 같이 높은 것으로 나타났으므로, 법적 규정에도 있듯이 자연환기구 또는 기계환기설비를 설치하고, CO<sub>2</sub>농도의 기준초과시 알람이 되는 CO<sub>2</sub>센서를 설치하거나 자동환기창 등의 도입을 제안한다.

CO농도의 경우, 일반그룹은 평가기준을 만족하나, 선행연구보다 높게 나타났으므로, 거주자 측면에서 가스레인지 사용시 반드시 환기 또는 레인지후드 사용을 습관화할 필요가 있다.

CO<sub>2</sub>농도의 경우, 초과그룹은 평가기준을 초과하는 상태이며 선행연구보다 높게 나타났다. 따라서 거주자 측면에서 재실자가 많거나 장시간 재실시 특히 환기에 유의하고, 가스레인지 사용시 환기 습관화가 필요하다.

표 10. HCHO농도의 관련요인 요약

| 구분     | 항목   | HCHO (ppm) | 실내온도 (°C) | 상대습도 (%) | CO <sub>2</sub> (ppm) | 환기여부         | 화학오염물질 관련사항(1년 내) |              | 가스레인지 사용여부                                   | 특이사항 |
|--------|------|------------|-----------|----------|-----------------------|--------------|-------------------|--------------|----------------------------------------------|------|
|        |      |            |           |          |                       |              | 리모델링              | 가구구입         |                                              |      |
| 미검출 그룹 | 0.00 | 20.9       | 30.8      | 883      | 실시: 8 미실시: 3          | 미실시: 8 실시: 3 | 미구입: 10 구입: 1     | 미사용: 6 사용: 5 | 빨래건조: 2 환기부족: 1                              |      |
|        | 0.04 | 22.3       | 37.1      | 1163     | 실시: 3 미실시: 3          | 미실시: 5 실시: 1 | 미구입: 3 구입: 3      | 미사용: 3 사용: 3 | 빨래건조: 1 환기부족: 2 측정건 화학생활용품사용: 3 신축(1년반 내): 2 |      |
| 초과그룹   | 0.13 | 21.8       | 49.0      | 1473     | 실시: 1 미실시: 2          | 미실시: 2 실시: 1 | 미구입: 3            | 사용: 3        | 빨래건조: 2 환기부족: 2                              |      |

6) 심현숙, 최윤정. (2008). 전계서. TVOC와 HCHO는 아이들이 놀이기구(인형, 베게, 트램블린 등)를 가지고 뛰어다닐 때, 아세톤·헤어스프레이의 사용, 빨래에서의 섬유유연제 냄새 등과 추가리 모델링 행위(새가구 배달, 시트지 부착작업) 할 때 농도가 증가하였다.

표 11. 측정결과 및 개선안 요약

| 측정 요소              | 평가 기준과 비교 | 측정결과 및 문제점                                                                                                   | 개선안                                                                                                                     |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
|--------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |           |                                                                                                              | 거주자 측면                                                                                                                  | 공급자 측면                                                                                                                                      | 제도적 측면                                                                                                                                                       |
| 실내 온도              | 초과 그룹     | ·측정치 평균 24.7℃<br>·에너지절약설계기준을 초과하는 상태이나 선행연구의 실내온도와 비슷함<br>·난방설정온도 평균 23℃(15번 주택 제외)<br>·5개 단위주거 중 3곳에 노약자 제실 | ·노약자가 거주하여 부득이한 경우가 아니라면 내의를 착용하여 착의량을 0.9~1.0clo 정도로 늘리고 실내온도를 다소 낮추는 에너지절약적 조절 권장                                     | ·측정대상 중 일사의 긍정적인 영향이 나타났으므로 겨울철 실내온도 유지를 위해 일사획득 가능한 설계 필요                                                                                  |                                                                                                                                                              |
|                    | 만족 그룹     | ·측정치 평균 21.1℃<br>·에너지절약설계기준 만족상태이며 선행연구의 실내온도 평균보다 낮고 착의량이 다소 높음<br>·난방설정온도 평균 22℃<br>·10개 단위주거 중 4곳에 노약자 제실 | ·각 단위주거의 상황에 맞는 실내온도 설정과 착의량의 조절이 바람직하며, 거주자의 생활상에 문제가 없다면 현재 상태가 바람직한 에너지절약적 조절 상태로 판단됨                                |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
|                    | 미만 그룹     | ·측정치 평균 19.0℃<br>·에너지절약설계기준보다 낮음<br>·난방설정온도 평균 19℃                                                           |                                                                                                                         |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
| 상대 습도              | 일반 만족 그룹  | ·측정치 평균 47.5%<br>·상대습도 증성역에 가까운 상태이며 선행연구의 상대습도에 비해 높은 편<br>·4개 단위주거 중 3곳에서 습도조절, 2곳은 환기부족                   | ·건조한 겨울철에 증성역에 가까운 실내 습도가 유지되는 요인 중 환기부족은 공기오염이 되고 있는 상태일 수 있으며, 결로, 곰팡이 등의 미생물과 집먼지진드기와 같은 미세곤충의 번식이 쉬우므로 의도적인 환기가 요구됨 | ·가스레인지 사용시 자동 가동되는 레인지 후드 설치<br>·자연환기구 설치 또는 기계환기설비 설치(법규상)<br>·보급형 CO <sub>2</sub> 센서 설치(기준초과시 알람)<br>·자동환기창 도입<br>·오염물질방출 건축자재의 사용금지(법규상) | ·「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」제 11조 신축 또는 리모델링하는 건물의 경우 시간당 0.7회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하여야 하는 법규가 있으나 해당 제도적용 이전(06년 2월 13일)의 주택에 대한 추가적인 제도의 보완이 필요 |
|                    | 저습도 만족 그룹 | ·측정치 평균 35.8%<br>·평가기준 만족상태이나 다소 건조한 상태<br>·10개 단위주거 중 5곳이 환기 실시, 3곳이 실내온도 매우 높음, 1곳이 습도조절                   | ·건조한 실내환경을 개선하기 위한 대책이 요구됨                                                                                              |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
|                    | 미만 그룹     | ·측정치 평균 26.7%<br>·평가기준보다 낮은 매우 건조한 상태였으며 선행연구보다 낮은 편<br>·6개 단위주거 중 5곳이 습도조절을 하지 않았으며, 2곳은 실내온도 매우 높음         | ·과다난방 단위주거는 실내온도를 낮추고 습도보충도는 어항의 배치, 가습기의 이용 등을 고려할 수 있음                                                                |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
| CO 농도              | 일반 그룹     | ·측정치 평균 2.4ppm<br>·평가기준 만족하나 선행연구보다 높음<br>·8개 단위주거 중 5곳이 가스레인지 사용, 4곳이 환기부족                                  | ·가스레인지 사용시 반드시 환기 또는 레인지후드 사용                                                                                           |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
| CO <sub>2</sub> 농도 | 초과 그룹     | ·측정치 평균 1735ppm<br>·평가기준 초과상태이며 선행연구보다 높음<br>·상대습도 평균 39.1% 으로 높은 편<br>·5개 단위주거 중 4곳이 가스레인지 사용, 환기부족         | ·시간당 0.7회 이상의 환기를 의도적으로 실시<br>·환기에 유의하고, 특히 가스레인지 사용시 환기 습관화                                                            |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
|                    | 만족 그룹     | ·측정치 평균 829ppm<br>·평가기준 만족하였으며 선행연구보다 낮음<br>·15개 단위주거 중 11곳이 환기를 실시                                          |                                                                                                                         |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
| 미세먼지 농도            | 일반 그룹     | ·측정치 평균 41μg/m <sup>3</sup><br>·평가기준 만족하며 선행연구보다 낮음<br>·9개 단위주거 중 6곳이 청소미 실시, 가스레인지 사용, 5개 단위주거가 환기 미 실시     | ·환기에 유의하며 특히, 가스레인지 사용시 레인지후드 사용<br>·흡연자의 외출복과 물품등을 베란다나 실외에 걸어두는 등의 관리가 필요                                             |                                                                                                                                             | ·새 가구 중 후균을 예방하기 위한 관련 제도 신설 필요                                                                                                                              |
| HCHO 농도            | 초과 그룹     | ·측정치 평균 0.13ppm<br>·평가기준 초과상태이나 선행연구와 비슷함<br>·3개 단위주거 중 2곳이 빨래건조, 환기부족상태                                     | ·적절한 환기 실시<br>·실내에서 빨래건조시, 가스레인지의 사용시 HCHO가 방출될 수 있음에 유의<br>·리모델링의 건축재료나 새 가구 등에서 HCHO의 발생예방을 위한 사전대책(베이크아웃)이 필요        |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
|                    | 검출 만족 그룹  | ·측정치 평균 0.04ppm<br>·평가기준 만족상태<br>·6개 단위주거 중 2곳이 신축건물, 환기부족상태                                                 |                                                                                                                         |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |

미세먼지농도의 경우, 일반그룹은 평가기준을 만족하는 상태이며, 선행연구보다 낮게 나타났다. 그러나 저농도그룹에 비해 청소를 하지 않았거나, 가스레인지를 사용하였거나 환기를 하지 않았고, 1개 단위주거에 흡연자가 거주하였다. 따라서 거주자 측면에서 환기와 청소에 유의하고, 가스레인지 사용시 레인지후드 사용이 바람직하다. 또한, 흡연자가 있는 단위주거는 실내에서 흡연을 하지 않아도 미세먼지농도가 나타나므로 흡연자의 외출복과 물품 등을 베란다나 실외에 걸어두는 관리가 필요하다.

이들 상대습도, CO농도, CO<sub>2</sub>농도, 미세먼지농도, HCHO 농도의 개선을 위한 제도적 측면에서의 제안은 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제 11조 ‘신축 또는 리모델링하는 건물의 경우 시간당 0.7회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치’규정이 시행되기 이전에 건축된 주택에 대한 추가적인 제도의 보완이 필요하다.

HCHO농도의 경우, 초과그룹은 평가기준을 초과하는 상태이며, 빨래건조와 환기부족이 원인이므로 거주자 측면에서 적절한 환기를 하여야하며, 실내에서 빨래건조시 HCHO가 방출될 수 있음을 유의해야 한다. 검출만족그룹의 경우 평가기준을 만족하는 상태였으나, 일부 리모델링이 원인이었으므로 거주자 측면에서 건축재료나 새 가구 등에서 HCHO의 발생예방을 위한 사전대책(베이크아웃)이 필요하다. HCHO농도와 TVOC농도의 제도적 측면에서의 제안은 현행 규정 외에 새 가구 등에 대한 관련제도 신설이 필요하다.

CO농도, CO<sub>2</sub>농도, 미세먼지농도, HCHO농도, TVOC농도의 개선을 위해 공급자 측면에서는 가스레인지 사용시 자동 가동되는 레인지 후드, 자연환기구 또는 기계환기설비(법규상)를 설치, CO<sub>2</sub>농도 기준초과시 알람이 되는 보급형 CO<sub>2</sub>센서, 자동환기창, 오염물질방출 건축자재를 사용하지 않는 것(법규상) 등을 제안한다.

## 5. 결론

본 연구는 '주거실내환경 진단 개선 서비스 프로그램'의 신청가정을 대상으로 실내환경 진단을 위하여 주택당 1회 방문하여 현장측정 및 관련요인을 관찰기록하고, 거주자 설문조사를 포함하는 현장방문조사를 실시하였다. 측정기간은 2010년 12월 28일부터 2011년 3월 11일까지, 실내온도, 습도, CO, CO<sub>2</sub>, 미세먼지, HCHO, TVOC를 측정하였다. 그 결과, 청주시 아파트 일반가정의 겨울철 실내환경은 20개 측정대상 전체 평균을 평가기준과 비교할 때 실내온도는 대체로 적합한 상태였고, 상대습도는 적합하나 다소 건조한 상태였으며, CO<sub>2</sub>농도는 초과하는 상태였다. 문제가 있는 것으로 나타난 경우는 실내온도의 초과그룹, 상대습도 만족그룹, 상대습도의 미만그룹, CO<sub>2</sub>농도의 초과그룹, HCHO농도의 초과그룹이었다. 문제가 있는 경우 이들의 관련요인은 실내온도의 경우 난방설정온도, 노약자의 재실 여부였고, 상대습도는 실내온도, 환기여부였다. CO<sub>2</sub>농도는 상대습도, 환기여부(환기부족상태), 가스레인지 사용여부였으며, HCHO농도는 상대습도, CO<sub>2</sub>농도, 환기여부(환기부족상태), 가스레인지 사용여부, 빨래건조였다.

이에 따른 개선안을 다음과 같이 제안한다. 첫째, 거주자 측면에서 내의를 착용하여 착의량을 0.9~1.0clo 정도로 늘리고 노약자가 거주하는 부득이한 경우가 아니라면 실내온도를 다소 낮추는 에너지절약적 조절이 바람직하다. 과다난방 단위주거는 실내온도를 낮추고 습도보충으로는 어항의 배치, 가습기의 이용 등을 고려할 수 있다. 환기부족은 공기오염이 되고 있는 상태일 수 있으며 결로, 곰팡이 등의 미생물과 집먼지진드기와 같은 미세곤충의 번식이 쉬우므로 시간당 0.7회 이상의 환기를 의도적으로 실시하는 것이 바람직하다. 환기와 청소에 유의하고, 가스레인지 사용시 레인지 후드 사용이 바람직하다. 흡연자가 있는 단위주거는 실내에서 흡연을 하지 않아도 미세먼지 농도가 높게 나타났으므로 흡연자의 외출복과 물품 등을 베란다나 실외에 걸어두는 등의 관리가 필요하다. HCHO농도를 개선하기 위해서는 화학물질이 포함되어 있는 생활용품의 사용을 줄이고, 적절한 환기를 실시하는 것이 바람직하며, 실내에서 빨래건조시 HCHO가 방출될 수 있음을 유의해야 한다. 신축주택의 건축재료나 새가구 등에서 HCHO가 발생할 수 있으므로 이의 예방을 위한 사전대책(베이크 아웃)이 필요하다.

둘째, 공급자 측면에서, 측정대상 중 일사의 긍정적 영향이 나타났으므로 겨울철 실내온도유지를 위해 일사획득이 가능한 설계가 필요하다. 공기오염 및 습도 조절을 위해 법규상에도 있듯이 자연환기구 또는 기계환기설비 설치가 필요하며, 그 외 보급형 CO<sub>2</sub>센서 설치(기준초과시 알람)와 자동환기장치 도입이 필요하다. 또한, 법규에 따라 오염물질 방출 건축자재의 사용을 금하여야 한다.

셋째, 제도적 측면으로, 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제 11조 '신축 또는 리모델링하는 건물의 경우 시간당 0.7회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치' 규정의 시행전 건축된 주택에 대한 추가적인 제도의 보완이 필요하며, 새가구증후군을 예방하기 위한 관련 제도 신설이 필요하다.

그러나, 본 연구는 일시적 방문측정방법으로 조사하여 일시적인 영향요인에 의한 결과가 나타났을 수 있으므로, 장시간 측정에 의한 향후 연구가 요구된다.

## 참고문헌

1. 국립환경과학원. (2009). 주거공간별 실내공기질 관리방안 연구(I). 연구보고서. 인천: 국립환경과학원.
2. 국민건강보험공단. (2010). 2009년 주요 환경성 질환 진료환자 분석. 건강보험 통계분석 자료집. pp. 189-213.
3. 김기현, 김초천, 김용표, 김득수, 이강용. (2006). 대기환경학. 향문사. p. 318.
4. 배누리, 정연성, 강재식, 이승언. (2007). 건물에너지 절약을 위한 주거건물의 실내온도와 착의량에 관한 기초 연구. 대한건축학회 학술발표대회 논문집. 27(1), pp. 785-788.
5. 심현숙, 최윤정. (2008). 리모델링후 거주중인 아파트 단위주거의 실내공기질 평가. 대한건축학회 논문집 계획계. 24(12), pp. 303-312.
6. 안옥희, 한재숙. (2002). 한국인의 생활환경. 영남대학교 출판부. p. 223.
7. 윤정숙, 유복희. (1997). 공동주택의 실내 열환경의 계절별 특성 평가. 한국생활환경학회지. 4(2), pp. 29-35.
8. 윤정숙, 최윤정. (2011). 주거실내환경학. 교문사. p.96, p.104, p.119, p.122
9. 이승민, 손장열, 강순주, 강대식, 김성신. (1996). 겨울철 아파트의 실내공기환경 평가에 관한 연구. 대한건축학회 학술발표 논문집. 16(2), pp. 277-280.
10. 이윤규, 김창남. (2004). 기존 공동주택의 실내공기질 실태에 관한 측정 연구. 대한건축학회논문집 계획계. 20(11), pp. 327-334.
11. 전정윤, 김효진, 배누리. (2005). 공동주택 거실 온열 환경의 측정 및 거주자의 온도조절행위에 관한 연구. 대한건축학회 논문집 계획계. 21(8), pp. 209-216.
12. 전정윤, 박준식, 손장열, 地田耕一. (2004). 겨울철 주택내 유기화합물 공기오염 농도에 관한측정연구. 대한건축학회논문집 계획계. 20(5), pp. 171-177.
13. 최윤정, 정연홍. (2008). 아파트의 겨울철 실내온열환경 실태와 생활요인 분석. 한국주거학회논문집. 19(4), pp. 97-105.
14. 통계청. (2009). 제 1권 생활시간량편. 생활시간조사보고서.
15. 황진아, 오예슬, 최윤정. (2010). 아파트의 겨울철 저녁시간대 실내공기질 사례분석. 충북대학교 생활과학연구논총. 14(1), pp. 81-93.
16. www.kma.go.kr (기상청). 기후자료. 자료검색일 2011.06.20.
17. www.moleg.go.kr (법제처) 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 (일부개정, 2010.11.5.) 「건축물의 에너지절약설계기준」 (일부개정, 2010.12.31.) 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법 시행규칙」 (일부개정, 2008.10.10.)
18. ASHRAE(1992). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992
19. ISO(1994). Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort-. ISO Standard 7730.

투고(접수)일자: 2013년 3월 13일

수정일자: (1차) 2013년 6월 21일

(2차) 2013년 6월 26일

게재확정일자: 2013년 6월 26일