다가구주택 반지하세대의 실내공기질 실태 및 영향요인 분석†

An analysis of the Influencing Factors and Actual State of Indoor Air Quality in Semi-underground Multi-family Housing Units

최윤정* · 김선영 · 김지영 · 최솔지
충북대학교 생활과학대학 주거환경학과

Choi, Yoon Jung* · Kim, Sun Young · Kim, Ji Young · Choe, Solji
Dept. of Housing & Interior Design, Chungbuk National University

Abstract

The purposes of this study were to investigate the actual state of indoor air quality in semi-underground multi-family housing units in early summer, to analyze the influencing factors, and to make suggestions for improvement. A series of field investigations were conducted in four target units between June 22, 2010, and June 28, 2010. The field investigations included measurements of indoor air quality as well as the observation of architectural characteristics and living conditions. In addition to the field investigation, on-site questionnaire surveys were administrated to residents in 90 units. The findings are summarized as follows: (1) The average CO_2 levels in each of the four units ranged from 759ppm to 1885ppm. CO_2 levels in three units exceeded the evaluation standard (1000ppm), and one unit was lower than the standard. This unit had smaller number of staying person and a large amount of ventilation than others; (2) the average CO levels in each unit were almost 0ppm, but 0.1～1.1 levels of CO were revealed at several times; (3) the average PM-10 levels ranged from 8$\mu g/m^3$ to 40$\mu g/m^3$, which distributes within the standard (150$\mu g/m^3$). The influencing factors of PM-10 levels were analyzed as inflow from outside, the use of a gas range, and the residents' activities; (4) therefore, it was evaluated to be necessary to improve ventilation for the indoor air quality of semi-underground housing in aspect of CO_2 levels.

Keywords: Indoor air quality, Semi-underground multi-family housing units, Actual state, Influencing factor

Ⅰ. 서론

우리나라는 1970년대 이후 산업·경제의 급속한 발전으로, 인구가 도시로 집중되는 현상이 발생하였고, 주택부족문제 해결을 위해 다가구주택 건설이 촉진되면서 지하주거가 저소득층의 주거로 이용되고 있다. 통계청의 인구주택총조사(2005)에 따르면 전국 지하(반지하) 거주가구는 586,649가구에 이르는 것으로 집계되었으며, 이는 전국 일반가구의 3.7%에 해당된다. 또한 하성규 외(2005)에 의하면, 지하거주가구의 소득수준은 전체 조사가구의 84.2%가 월평균 소득 200만원 이하로 나타나 지하거주가구의 대부분이 도시근로자가구 평균소득에 미

† 본 논문은 2011년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음
* Corresponding author: Choi, Yoon Jung
Tel: 043-261-2714, Fax: 043-276-7166
E-mail: ychoi@chungbuk.ac.kr

치지 못하고 있으며, 특히 월평균 소득 100만원 이하인 최저소득가구가 40.9%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 지하(반지하)주거는 저렴한 임대료로 인하여 저소득층 가구의 보금자리로 이용되고 있는 실정으로 생각된다.

지하층이란, 건축법 제2조 1항 5목에 따르면 건축물의 바닥이 지표면 아래에 있는 층으로서 바닥에서 지표면까지 평균 높이가 해당 층 높이의 2분의 1 이상인 것을 말한다. '반지하'는 법규에 규정된 용어는 아니고 일반인들이 흔히 사용하는 용어인데, 홍인옥(2002)에 따르면 '반지하'는 지상부로 창이 나 있어 채광과 통풍이 완전 지하에 비해 양호한 지하주거공간으로 주로 다세대주택과 다가구주택의 지하공간을 가리킨다.

그러나 이러한 지하주거공간은 습도, 공기질, 일조 등의 실내환경요소가 지상공간에 비해 불리하고, 뉴시스("반지하 '병든집증후군', 저소득층 아토피 악화시킨다", 2006)는 지하주거공간에서는 환기가 어려워 고온다습한 환경이 조성되어 거주자가 곰팡이, 진드기, 독성물질이나 유해가스에 더 많이 노출됨에 따라 천식, 아토피, 알레르기 등의 환경성 질환의 발생률이 높게 나타난다고 하였다.

그럼에도, 지금까지 반지하세대의 실내공기환경 관련 연구는 반지하세대 실내공기환경 측정 관련연구(방정현 외, 1998; 한태식 외, 2005)와 반지하세대 지하주거의 실내공기 및 환기팬 관련연구(권영철, 박진철, 2008; 장근호 외, 2005) 정도로 매우 소수에 불과하다.

또한 지하공간의 실내공기환경을 다룬 법률로는 1997년 제정된 「지하생활공간공기질관리법」이 있었으나, 2003년 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」으로 개정되었다. 따라서 현재는 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」이 지하공간의 실내공기를 직접적으로 다루고 있는 유일한 법이라고 할 수 있다. 그런데 이 법은 다중이용시설의 실내공기질 관리를 위해 제정되어, 지하공간으로 지하역사와 지하도 상가 등을 적용대상으로 포함하고 있고 지하주거공간은 적용대상이 아니다. 따라서 지하주거공간의 실내공기환경에 관한 법령은 현재 거의 없다고 해도 과언이 아니다.

따라서 지하주거공간의 실내공기환경에 대한 실태파악 및 개선을 위한 연구가 필요한 실정이며 건물 외피에 의한 실내공기환경 실태파악 및 영향요인 분석을 위해서는 냉난방을 가동하지 않는 계절에 측정을 포함한 현장조사를 하는 것이 적합하다고 생각된다. 이러한 관점에서 연구를 진행하는 과정에서 냉난방을 가동하지 않는 계절 중 초여름철에 측정을 포함한 현장조사와 설문조사를 진행하게 되었다. 즉, 본 연구는 다가구주택 반지하세대의 초여름철 실내공기환경 실태파악 및 영향요인을 분석하고 문제점과 개선안을 도출하는 것을 목적으로 하였다.

Ⅱ. 문헌고찰

1. 선행연구

본 연구의 선행연구로서 다가구주택 반지하세대의 실내공기환경 관련연구를 살펴본 결과, 반지하세대 실내공기환경 측정 관련연구로서 다세대주택 반지하세대의 실내공기환경측정에 관한 연구(방정현 외, 1998)와 지하주거공간의 실내공기환경(IAQ) 실태조사 연구(한태식 외, 2005)가 수행되었다. 반지하세대 실내공기환경 개선대책 관련연구로는 수도권 지하주거의 환경실태 조사 및 공기환경 개선방안의 연구(장근호 외, 2005)와 지하주거의 실내공기환경 실태조사와 CO_2 조절기 및 타이머에 의한 환기팬 자동운전에 관한 연구(권영철, 박진철, 2008)가 수행되었다.

이들 4개의 논문은 모두 반지하세대의 실내공기환경을 연구주제로 하였으나, 실제 측정치가 제시된 논문은 2개였고, 개선대책 관련연구들은 환기팬 설치시의 효과를 분석하였다. 따라서 본 연구와 같이 실내공기환경의 영향요인 분석, 특히 생활요인을 파악한 연구는 없었다.

본 연구는 다가구주택 반지하세대를 대상으로 연구설계를 하였는데, 측정주택이 모두 원룸형으로 선정되었고, 설문조사 응답주택도 소규모가 많아, 원룸형 주택에 대한 선행연구를 고찰하였다.

원룸형 다가구주택의 실내공기질 관련 연구를 고찰해본 결과, 대학생 거주 원룸형 다가구주택의 겨울철 실내열공기환경 실태(최윤정, 김운학, 2010) 뿐이었다. 이 연구는 다가구주택의 일반(지상) 세대를 대상으로 겨울철 실내열공기환경 실태와 이에 영향을 미치는 요인을 분석하였는데, 본 연구와 계절적인 차이는 있으나, 다가구주택 일반 세대와의 비교자료가 될 수 있다고 보인다.

2. 평가기준

현행법규 중 다가구주택을 대상으로 한 실내공기질 유지기준은 별도로 규정된 바 없고, 공동주택에 대한 규정을 포함하고 있는 실내공기질 관련법규는「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」이 있으나, 이 역시 신축 공동주택에 대한 것으로 입주 전 공기질(휘발성유기화합물, 포름알데히드)에 대한 측정공고 규정과 권고기준 뿐이다.

본 연구의 측정대상 주택에서 현장조사시 면접을 통하여 생활특성을 알아본 결과, 측정시간에 해당하는 낮 시간에는 주택 내에서 주로 컴퓨터, 독서, 공부 등의 활동을 하는 것으로 나타났다. 또한 20대 청년의 거주공간이므로 도서관과 같은 공간의 상황과 유사하다고 판단하여, 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」시행규칙(2008.10. 10 일부개정)의 실내공기질 유지기준 중 도서관이 포함된 시설군의 유지기준(PM10 150$\mu g/m^3$이하, CO_2 1,000 이하, CO 10ppm이하)을 평가기준으로 적용하였다. 이 시설군에는 지하역사 등도 포함되어 있어 반지하세대라는 연구대상의 특성 측면에서도 타당하다고 보았다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구방법의 개요

연구방법은 <표 1>과 같이 요약된다. 연구자가 접근 가능한 청주시 다가구주택 반지하세대 4개 주택을 대상으로 실내공기환경 요소를 현장측정하면서 관련요인을 관찰기록하고, 측정세대의 건축적 특성 및 생활특성 등을 면접조사하는 현장조사를 하였으며, 이와 별도로 다가구주택 반지하세대 거주자 90명을 대상으로 설문조사를 병행하였다. 현장측정의 본측정 전에 현장측정방법에 대한 점검과 측정요소 결정을 위하여 예비측정을 하였으며, 설문조사 전에 설문문항에 대하여 반지하세대 4개 주택의 거주자를 대상으로 예비조사 후, 설문지를 수정・보완 하였다.

본 연구의 조사대상 선정 시 연구자의 의도가 개입되지 않도록, 협조의사 이외의 주택특성, 거주자 특성 등의 조건은 전혀 고려하지 않았는데, 4개 주택 선정 결과 모두 원룸형인 소규모 주택이었다.

〈표 1〉 연구방법의 개요

<table>
<tr><td rowspan="3">조사
방법</td><td colspan="3">현장조사</td><td rowspan="2">설문조사</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">현장측정</td><td rowspan="2">면접</td></tr>
<tr><td>예비측정</td><td>본측정</td><td>예비조사</td><td>본조사</td></tr>
<tr><td>조사
대상</td><td>예비조사대상
중 1개 주택</td><td colspan="3">다가구주택 반지하세대 4개 주택 및 거주자 4명</td><td>다가구주택
반지하세대
거주자 90명</td></tr>
<tr><td>조사
시기</td><td>2010년 6월 11일</td><td>2010년 6월
22, 23, 27, 28일</td><td colspan="2">2010년 6월 11～14일</td><td>2010년
6월22일～7월26일</td></tr>
<tr><td>조사목적
및 내용</td><td>・현장측정방법에 대한 점검
・현장측정요소의 결정
・실내공기환경 요소 측정</td><td>・실내공기환경 요소측정
・실내공기환경 관련요인 관찰기록</td><td>・주변환경 및 건축적, 설비특성
・측정공간의 특성
・거주자특성
・생활적특성
・실내공기조절특성</td><td>・설문문항에 대한 이해도 점검</td><td>・주택특성
・거주자 및 생활특성
・실내공기조절특성
・거주자의 실내공기환경에 대한 주관적 반응</td></tr>
</table>

2. 현장조사

1) 현장측정

현장측정내용 및 방법은 <표 2>와 같다. 예비측정은 예비조사대상 중 1개 주택을 임의로 선정하였고, CO_2 농도, CO 농도, 미세먼지 농도 측정을 실시하였다. 예비측정 결과, 3개 항목의 측정요소 모두 본측정이 필요하다고 판단되었고, 본측정 진행이 연구자 1인이라도 무리 없이 진행 가능한 것으로 판단되었다. 또한 측정공간이 매우 소규모이므로 실제 거주자 외에 측정자가 추가적으로 재실하는 경우 평소의 실내공기환경이 왜곡 측정될 가능성이 있기 때문에 1곳당 1명의 연구자만이 측정 및 관찰기록을 담당하기로 결정하였다.

측정시간은 실내공기환경 실태파악을 위해서는 주택당 24시간 측정이 의미가 있다고 판단하였으나, 거주 중인 상황이므로 취침시간만 제외하고 오전 10시부터 오후 9시까지 총 11시간을 측정시간으로 정하였다.

측정위치는 방의 중심으로 하였고, 입식생활 1곳을 제외한 대부분의 주택이 좌식을 기거양식으로 하고 있기 때문에, 바닥 착석시 거주자의 가슴~얼굴 높이를 측정높이로 정하여 15분 간격으로 거주자의 생활을 수용한 상태에서 측정하였다. 연구자가 측정시간 30분 전에 방문하여 측정기기를 설치하고 30분간 기기를 가동하여 안정시킨 후 본측정을 시작하였다. 외부측정은 각 측정요소별로 측정이 완료된 후 각 주택의 외부에서 30분간 측정하였다.

2) 면접

거주자 면접은 본측정 전 예비조사시 실시하였으며, 면접내용은 면접결과를 정리한 <표 4>에서 보는 바와 같이, 주변환경 특성, 건축적 특성, 설비 특성, 측정공간 특성, 거주자 특성, 평소 생활특성, 평상시 실내공기환경 조절특성으로 구성하였으며, 측정자가 거주자들에게 직접 질문하고 답을 기록하는 방식으로 진행하였다.

3) 분석방법

현장조사 자료는 측정치와 관련요인을 정리한 원자료를 만들고, 이를 다시 <표 5>와 같이 측정대상별로 현장측정결과와 관련요인을 요약하였다. 이 표를 중심으로 측정대상주택별로 측정치의 최소, 최대, 평균, 변동폭 등의 단순통계치를 평가기준과 비교하였다. 주택 간의 차이는 이에 영향을 미치는 요인이 무엇인지 현장에서 조사된 관련요인을 중심으로 분석하였다. 평가기준과의 차이는 일반 원룸형 다가구 주택을 대상으로 한 선행연구(최윤정, 김운학, 2010)에서의 측정결과와 비교 분석하였다. 또한 측정요소별로 [그림 1]과 같이 측정치와 관련요인을 시간변동그래프로 작성하여 주택 내 변동특성과 관련요인을 분석하였다.

3. 설문조사

설문조사는 다가구주택 반지하세대 거주자를 직접 방문하여 총 90부를 배부, 작성 후 바로 회수하였으며 (회수율 100%), 회수된 설문지 모두를 분석에 이용하였다.

설문조사의 내용은 <표 3>과 같이 구성하였으며, 공기오염감은 중간값(느끼지도 못 느끼지도 않음) 개념이 있을 수 없고, 못 느낄수록 좋은 감각이기 때문에 중간값 없는 5단계 척도로 구성하였다. 설문결과는 SPSS 12.0 PC를 이용하여, 각 문항별로 빈도, 백분율의 단순통계로 분석하였다.

〈표 2〉 현장측정내용 및 방법

측정요소	측정기기	측정위치	측정시간	측정조건
CO_2	IAQ-CLAC Indoor Air Quality Meter(Model 7545)	방의 중앙부 바닥 위 60~80cm	10:00 ~ 21:00 측정 (15분 간격 자동기록)	・9시 30분에 방문하여 측정기기 설치 후, 30분간 기기를 가동하여 안정 후 측정 ・1곳당 1명의 연구자가 측정과 관찰기록 담당
CO				
미세먼지	광산란식 Digital 분진계 (KANOMAX-Model 3442)			

〈표 3〉 설문조사 내용

조사항목	조사내용
주택특성	· 지역, 창 앞의 조건, 면적 · 환기설비 종류, 취사설비 종류, 반지하 거주기간 · 구성공간, 방과 부엌의 분리여부, 리모델링 여부, 가구구입 여부 및 시기
응답자 기초항목 및 생활특성	· 성별, 연령, 직업, 흡연여부, 하루동안 주택내에서의 흡연량 · 기거양식, 재실시간, 주택내에서의 생활행위, 취사여부
실내공기환경 조절특성 (응답일 기준)	· 방과 부엌을 분리하는 문의 개방여부, 환기정도(횟수, 시간, 창문 개방 면적), 환기를 실시한 이유(실시하지 않은 이유) · 환기설비의 가동정도(레인지후드, 부엌 환기팬, 공기 청정기, 현관 환기팬, 방 환기팬, 화장실 환기팬)
실내공기환경에 대한 주관적 반응(응답일 기준)	· 공기오염감, 공기오염을 느낄 때

Ⅳ. 조사결과 및 해석

1. 현장조사 결과

조사대상 다가구주택 반지하세대 4곳의 특성은 <표 4>와 같고, 현장측정 및 관련요인 관찰결과의 요약은 <표 5>와 같다.

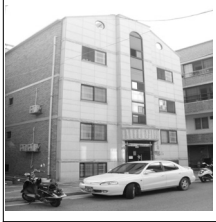
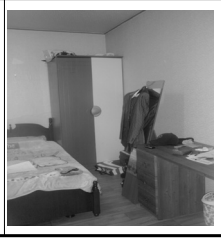
1) CO_2 농도

다가구주택 반지하세대 4개 주택의 초여름철 CO_2 농도 측정결과를 평가기준 및 주택간 비교하면, <표 5>와 같이 A주택은 1216～2925ppm(평균 1885ppm), B주택은 668～1543ppm(평균 1017ppm), C주택은 607～1176ppm(평균 759ppm), D주택은 815～2563ppm(평균 1455ppm)이었다. 평가기준과 비교해보면 C주택의 CO_2 농도 평균은 평가기준(1000ppm) 미만이었고, A, B, D주택의 CO_2 농도 평균은 평가기준을 초과하였다.

측정당일 측정주택의 외부 CO_2 농도는 374～400ppm으로 일반적인 상태였고 주택간 차이가 거의 없었다. 그러나 실내 CO_2 농도 평균은 A주택, D주택, B주택, C주택 순이었다. <표 5>에서 관련요인을 보면, A주택은 베란다의 외기에 면한 창문을 10시간 45분 동안 소폭 개방하였으나, 블라인드를 사용하여 환기량이 많았던 것은 아닌 것으로 생각되고, 평균재실인원은 2.2명으로 많은 편이었다. D주택은 창문을 9시간 17분 동안 1/2개방하였으나, 평균재실인원이 2.3명으로 가장 많았다. B주택은 평균재실인원이 1.9명이었고, 창문을 4시간 36분간 소폭개방, 1시간 43분간 완전개방하였다. C주택은 평균재실인원이 1.8명으로 가장 적었고, 가스레인지를 5분간 사용하였지만, 창문과 베란다문을 측정 시작시부터 측정 종료시까지 완전개방하였고, 블라인드를 걷었기 때문에 환기량이 가장 많았다. 따라서 주택간 CO_2 농도가차이나는 원인은 재실인원과 창문개방으로 분석된다.

측정주택의 주택 내 변동특성 및 영향요인을 [그림 1]에서 살펴보면, A주택의 CO_2 농도 측정결과, 측정 시작시(10:00)부터 11:30까지 CO_2 농도가 1216ppm에서 1559ppm으로 343ppm 상승하였고, 측정 시작시에는 창문이 소폭 개방되어 있고, 베란다문이 닫혀있으나 10:45에 베란다문을 1/2개방하였고, 재실인원은 2명이었다. 11:30에서 12:15동안에는 1559ppm～1563ppm으로 거의 일정하게 유지되었다. 12:15에서 13:00동안에는 1563ppm에서 1714ppm으로 151ppm 상승, 13:00에서 14:00에는 1714ppm에서 2163ppm으로 449ppm 상승하였는데, 이때는 2명이었던 재실인원이 3명이 되었다. 14:00에서 16:15동안에는 2163ppm에서 1270ppm으로 893ppm 하강하였는데, 이때는 2명이 외출하여 3명이던 재실인원이 1명이 되었다. 16:15에서 19:15동안에는 1270ppm에서 2925ppm으로 1655ppm 상승하였는데, 이때는 외출하였던 2명이 귀가하여 재실인원이 3명이 되었다. 19:15에서 20:45까지는 2925ppm에서 1715ppm으로 1210ppm 하강하였다. 이때는 3명이던 재실인원이 2명이 되었고, 베란다문을 완전개방하였다. 따라서 A주택의

〈표 4〉 조사대상의 특성

특성 \ 주택명			A주택	B주택	C주택	D주택
주변 환경	주변환경		주택가에 위치, 창문 앞에 도로와 건물이 있음	주택가에 위치, 창문 앞에 건물이 있음	주택가에 위치, 창문 앞에 도로와 건물이 있음	주택가에 위치, 창문 앞에 도로와 건물이 있음
건축적 특성	건축년도		2002년	2001년	2005년	2001년
	주택면적(㎡)		20.02	25.48	25.38	19.27
	실구성		방1, 발코니1, 부엌1, 화장실1(방과 부엌 분리)			
설비 특성	환기 설비	종류	레인지후드	레인지후드 (사용못함-콘센트×)	레인지후드	레인지후드
		위치	부엌(취사설비 위)			
	취사 설비	종류	핫플레이트	핫플레이트	가스레인지	가스레인지
		위치	부엌			
측정 공간 (방) 특성	면적(㎡)		9.49	11.28	14.00	9.60
	천정고 높이(mm)		2300(화장실 2000)	2300(화장실 2000)	2300(화장실 2000)	2360(화장실 2000)
	창의높이(mm)		1150	1150	1000	1000
	창의크기(mm)		1700×950	2700×950	2400×1250	1800×1050
	창의 면적/거실 바닥면적(㎡)		1/5.9	1/4.4	1/4.7	1/5.1
거주자 특성	연령		만 22세	만 22세	만 23세	만 19세
	성별		남	남	남	여
	거주자수		1명			
평소 생활 특성	기거양식		좌식	입식	입식과 좌식 혼용	좌식
	낮시간 주 생활행위		컴퓨터 사용	컴퓨터 사용	컴퓨터 사용, 학습	컴퓨터 사용, 학습
	취사여부		점심, 저녁	아침	아침, 저녁	1～2주에 한번
평상시 실내공기환경 조절 특성	흡연여부		안함	흡연함(1일 반갑) (실내에서는 안함)	안함	안함
	환기 정도 (1일)	횟수	1회	1～2회	1회	0회
		시간	하루종일	30분 이상	10～20분 미만	-
		창문개방 정도	최소	반정도	반정도	-
주택과 측정공간의 모습						
						

CO_2 농도 변동에는 재실인원과 창문개방이 영향을 미친 것으로 해석된다.

B주택도 앞의 A주택과 같은 방법으로 시간경과를 따라 변동상황과 그 영향요인을 분석하였다. 측정 시작시(10:00)부터 10:15까지 CO_2 농도가 100ppm 상승하였는데, 측정 시작시부터 창문을 소폭개방, 베란다문을 완전개방하였고, 재실인원은 2명이었다. 10:15에서 11:00까지는 82ppm 소폭 하락하였는데, 이때는 창문을 완전개방하였다. 11:00에서 14:30동안에는 857ppm 상승하였는데, 이때는 창문을 닫았고 측정기기 근처에서 재실자가 점심식사를 하였다. 14:30에서 14:45동안, 15:15에서 16:00동안, 16:30에서 17:15동안에는 다소 하강하였는데 이때는 창문을 소폭 개방하였다. 16:00에서 16:30동안에는 168ppm상승하였는데, 이때는 창문, 베란다문을 모두 닫았다. 17:15에서 19:00동안에는 542ppm 상승하였는데, 이때는 창문을 소폭 개방하였으나, 2명이던 재실인원이 3명이 되었다. 19:00에서 20:45까지는 316ppm 하강하였는데, 이때는 3명이던 재실인원이 1명이 되었다. 따라서 B주택의 CO_2 농도 변동에는 재실인원과 창문개방, 거주자의 위치(측정기기 근처)가 영향을 미친 것으로 해석된다.

C주택은, 측정 시작시(10:00)부터 14:45까지 CO_2 농도가 102ppm 상승하는 정도로 거의 일정하게 유지되었다. 창문, 베란다문 완전개방 상태가 측정 시작시부터 종료시까지 계속 되었고, 측정 시작시에 1명이던 재실인원이 12:30에 2명이 되었다. 14:45에서 15:00동안에는 152ppm 상승하였는데, 이때는 거주자가 측정기기 근처에 17분간 누워 있었다. 15:00에서 17:45동안에는 대체로 일정하게 유지되었다. 17:45에서 18:30동안에는 436ppm 상승하였는데, 이때는 저녁식사 준비를 위하여 가스레인지를 5분간 사용하였고, 측정기기 근처에서 저녁식사를 하였다. 18:30에서 20:00동안에는 565ppm 하강하였는데, 이때는 가스레인지 사용과 식사가 종료되었다. 따라서 C주택의 CO_2 농도 변동에는 재실인원과 창문개방, 가스레인지 사용, 거주자의 위치(측정기기 근처)가 영향을 미친 것으로 해석된다.

D주택은, 측정 시작시(10:00)부터 12:30까지 CO_2 농도가 1504ppm 상승하였는데, 측정 시작시부터 1시간 30분동안 1/2개방 상태였던 창문과 완전개방 상태였던 베란다문을 닫았고, 측정 시작시 2명이던 재실인원이 3명이 되었다. 12:30에서 12:45동안에는 소폭 하강하였는데 이때는 현관문을 2분간 개방하였다. 그 이후 13:00에서 16:30동안에는 1435ppm 하강하였는데, 이때는 닫혀있던 창문을 1/2개방하였고, 베란다문을 완전개방하였으며, 3명이던 재실인원이 2명이 되었다. 16:30에서 17:30동안에는 154ppm 상승하였는데, 이때는 2명이던 재실인원이 3명이 되었다. 17:30에서 18:30동안에는 264ppm 하강하였는데, 이때는 재실인원이 다시 2명이 되었다. 따라서 D주택의 CO_2 농도 변동에는 재실인원과 창문개방이 영향을 미친 것으로 해석된다.

측정주택 CO_2 농도의 변동폭은 A주택 1709ppm, B주택 875ppm, C주택 569ppm, D주택 1748ppm으로, A주택과 D주택의 변동폭이 가장 크게 나타났다. A주택과 D주택은 CO_2 농도 평균도 높았는데, CO_2 농도가 최저치일 때의 재실인원이 1명이었고 창문 개방상태였으며, 최고치일 때는 재실인원이 3명이었고 창문도 닫혀있었다. 따라서 A주택과 D주택의 CO_2 농도 변동폭이 컸던 원인은 재실인원의 변동과 창문개방이 동시에 영향을 미친 것으로 분석된다. 또한 B, C주택의 CO_2 농도 변동폭이 작았던 원인은 평균재실인원이 각각 1.9명, 1.8명으로 적은 편이었을 뿐 아니라 재실인원이 거의 일정하였다.

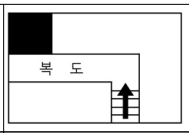
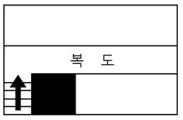
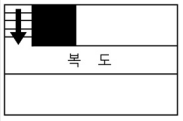
이상에서 CO_2 농도에 영향을 미친 생활요인 중 상승요인은 재실인원, 거주자의 위치(측정기기 근처), 가스레인지 사용이었고, 하강요인은 창문개방으로 분석되었다. 그 중 4개 주택의 CO_2 농도 변동에 공통적으로 영향을 미친 요인은 재실인원과 창문개방이었다.

다가구주택 반지하세대의 CO_2 측면에서의 문제점 및 개선안과, 선행연구의 측정결과와 비교 분석해보면, 다세대주택 반지하세대를 대상으로 한 선행연구 방정현 외(1998)의 중간기(3월 15일～4월 11일) CO_2 농도는 가스레인지 off시 평균 2560ppm, 하계(7월 29일～9월 14일) 가스레인지 off시 평균 1660ppm로, 중간기보다 하계가 더 낮게 나타났는데, 이는 창문을 개방하는 계절적인 특성이 영향을 미친 것으로 생각된다. 본 연구의 조사시기 또한 창문을 개방하는 초여름철에 해당하며 CO_2 농도 측정값은 평균 1279ppm로 선행연구의 하계 측정값과 유사한 것으로 보인다.

최윤정, 김운학(2010)의 원룸형 다가구 10개 주택의 겨울철 CO_2 농도 평균은 965～3259ppm(평균 1932ppm)으로 10개 주택 중 9개 주택이 평가기준을 초과하였고, 일반주택에 비해 높게 나타난 원인을 체적이 작다는 점과 환기량(창문개방과 환기설비 사용)의 차이로 설명하였다. 본 연구 측정주택의 CO_2 농도는 주택별 평균 759～1885ppm(평균 1279ppm)으로 최윤정, 김운

〈표 5〉 현장측정 및 관련요인 관찰결과

평가기준 부적합

항목 \ 주택			A		B		C		D	
CO_2 (ppm) 기준 : 1,000ppm 이하	최소	최대	1216	2925	668	1543	607	1176	815	2563
	평균	변동폭	1885	1709	1017	875	759	569	1455	1748
CO(ppm) 기준 : 10ppm 이하	최소	최대	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.1
	평균	변동폭	0.1	0.6	0.0	0.0	0.1	1.1	0.0	0.1
PM10($\mu g/m^3$) 기준 : 150$\mu g/m^3$ 이하	최소	최대	5	71	1	14	11	44	29	54
	평균	변동폭	33	66	8	13	20	33	40	25
외부CO_2(ppm) (30분간)			400		385		374		367	
외부CO(ppm) (30분간)			0.1		0		0		0	
외부PM10($\mu g/m^3$) (30분간)			26		27		25		24	
날씨			맑음		비, 안개비, 박무		맑음		박무	
평균재실인원(명)			2.2		1.9		1.8		2.3	
개방 정도	출입문		8회		7회		5회		6회	
	부엌문		2시간 19분 (완전개방) 1시간 49분(소폭)		5시간 37분 (1/2개방) 5시간 3분 (완전개방)		개방 상태 계속		9시간 50분 (완전개방)	
	화장실문		5회		13회(37분)		4회 10시간 2분 (완전개방)		6회	
	베란다문		2시간 26분 (완전개방) 7시간 49분 (1/2개방)		10시간 45분 (완전개방)		개방 상태 계속		9시간 3분 (완전개방)	
	창문		10시간 45분 (소폭)		4시간 36분(소폭) 1시간 43분 (완전개방)		개방 상태 계속		9시간 17분 (1/2개방)	
취사여부			핫플레이트 사용 (46분) 전기밥솥 사용		핫플레이트 사용 (17분)		가스레인지 사용 (5분)		취사 안함 (배달음식 먹음)	
			점심		점심		저녁		-	
환기설비 사용여부			사용 안함							
건물 내에서의 위치										
활동내용			컴퓨터 사용, 독서,공기청정제 사용, 친구 방문, 식사, 요리, 설거지, 이불정리, 낮잠		컴퓨터 사용, 영화시청, 낮잠, 요리, 식사, 설거지, 청소, 친구 방문, 부엌 수납장 정리		컴퓨터 사용 (동영상 시청), 식사, 낮잠, 공부, 침대에서 DMB시청		친구 방문, 식사, 낮잠, 매니큐어 바름, 선풍기 가동, 컴퓨터 사용 (동영상 시청)	

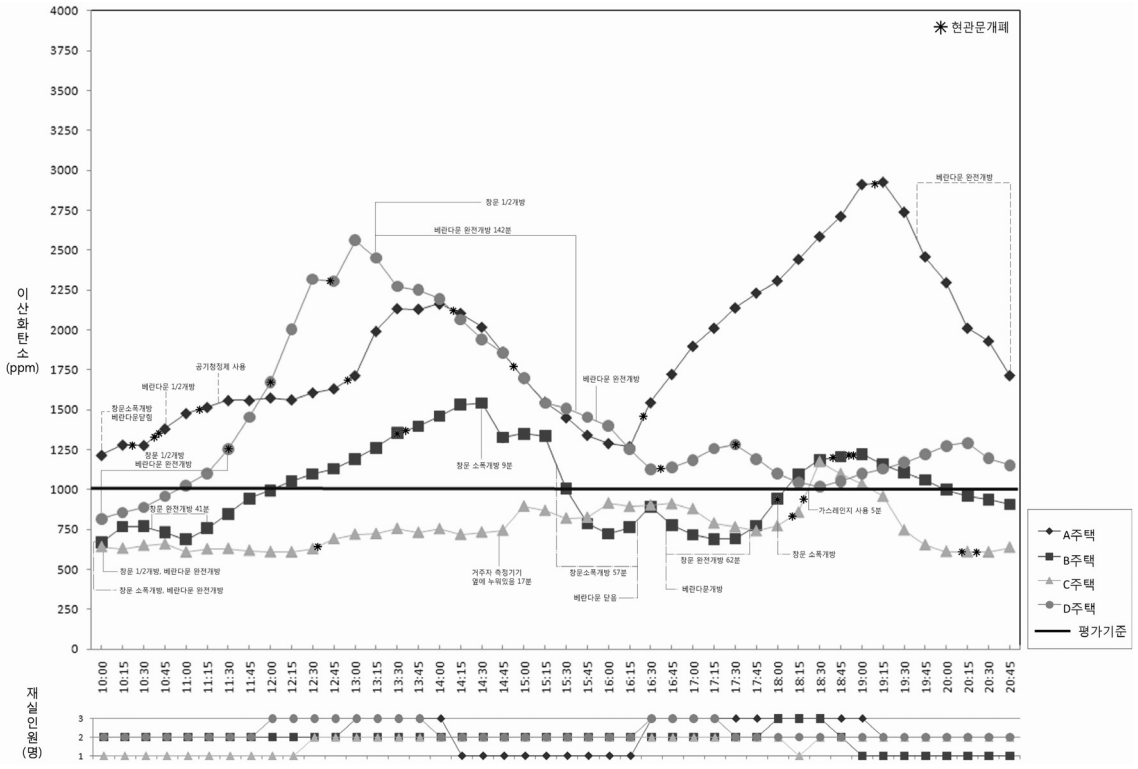
학(2010)의 평균보다는 낮은 편이었다. 본 연구의 재실인원은 1.8～2.3명(평균 2.1명), 최윤정, 김운학(2010)의 재실인원은 0.9～1.6명(평균 1.3명)으로 본 연구의 재실인원이 더 많았음에도 CO_2 농도 평균이 낮게 나타난 것은 본 연구 측정주택의 창문개방 시간이 6시간 39분～11시간(평균 9시간 25분)으로 최윤정, 김운학(2010)의 50분～3시간 10분(평균 1시간 43분)보다 많았기 때문으로 보인다. 또한, 최윤정, 김운학(2010)의 연구에서는 모든 주택에서 취사기구(가스레인지, 가스버너)를 사용하였고, 난방을 가동하였으나 본 연구에서 가스레인지를 사용한 주택은 1개 주택뿐으로 이 또한 5분간으로 짧게 사용하였다. 따라서 본 연구의 측정주택이 CO_2 를 발생시키는 생활요인이 적었던 것도 CO_2 농도가 상대적으로 낮게 측정된 원인으로 생각된다. 본 연구 측정주택은 최윤정, 김운학(2010)과 마찬가지로 원룸형으로 체적이 적은 상태에서 재실인원이 많아질수록 CO_2 농도가 급격히 올랐고, 창문과 베란다문을 완전개방하여 환기량이 가장 많았던 주택에서는 CO_2 농도가 평가기준 미만으로 나타났다.

2) CO 농도

CO 농도 측정결과, A주택은 0～0.6ppm(평균 0.1ppm), B주택은 0ppm(평균 0ppm), C주택은 0～1.1ppm(평균 0.1ppm), D주택은 0～0.1ppm(평균 0ppm)이었다. 평가기준과 비교해보면 측정주택 모두 평가기준(10ppm) 미만으로, 거의 평균 0ppm에 가까웠다.

측정당일 30분간 측정한 외부CO 농도 평균은 A주택 0.1ppm, B주택 0ppm, C주택 0ppm, D주택 0ppm이었다. 3개 주택의 외부CO 농도 평균은 0ppm으로, 주거지역의 일반적인 상황이었다. 그러나 A주택의 경우에는 창문 앞에 자동차와 보행자의 통행량이 많고, 보행자의 흡연이 발생하여 다른 3개 주택보다는 CO가 다소 발생될수 있는 환경으로 관찰되었다.

주택 내 변동특성 및 영향요인을 살펴보면, A주택은 CO 농도 측정결과, 거의 0ppm으로 유지되다가 두 차례 변동이 있었다. 12:30에서 13:15까지는 0.6ppm으로 상승했는데, 이때는 창문이 소폭개방, 베란다문이 1/2개방되어 있던 상태였고, 실내의 발생원인은 없었으므로 외부에서 유입된 것으로 추측된다. 18:30에서 19:15까지는 0.3ppm으로 상승하였고, 20:00까지 0.3ppm으로 유지되



[그림 1] CO_2 농도 측정결과

었고, 실내발생 원인은 없었고 부엌문과 베란다문이 완전 개방되어 있었으므로, 외부에서 유입된 것으로 추측된다. C주택은 측정 시작시부터 종료시까지 창문과 베란다문이 완전개방된 상태를 유지하였고, CO 농도 측정결과, 거의 0ppm으로 유지되다가 한 차례만 변동이 있었다. 18:15에서 18:30까지는 1.1ppm으로 상승했는데, 이때는 거주자가 저녁식사 준비를 위하여 가스레인지를 5분간 사용하였다. 이상에서 CO 농도 변동에 영향을 미친 요인으로는 외부유입과 가스레인지의 사용이 영향요인으로 분석되었다.

선행연구 방정현 외(1998)의 중간기(3월 15일～4월 11일) CO 농도는 가스레인지 off시 평균 1.2ppm, 하계 CO농도는 가스레인지 off시 평균 1.8ppm로, 가스레인지를 사용하지 않을 때의 CO농도는 낮은 편이었다. 최윤정, 김운학(2010)에서 원룸형 다가구주택의 겨울철 CO 농도는 주택별 평균 0.8～3.2ppm(평균 1.6ppm)로 전체 평균은 평가기준 미만이었다. 그러나 CO 농도가 높은 편인 주택과 낮은 편인 주택의 차이에는 실내흡연, 가스레인지 사용시간, 레인지후드 사용시간이 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 본 연구 측정주택에서는 실내에서 흡연한 거주자가 없었고, 가스레인지를 사용한 주택은 1개 주택뿐이었으며 사용시간은 5분간으로 짧았기 때문에 CO 농도가 낮게 측정된 것으로 보이며, 반지하세대의 특성 때문이기보다는 생활요인의 차이가 원인이었던 것으로 분석된다. 그러나 본 연구의 A주택은 다른 주택과 다르게 외부의 영향을 받은 것으로 판단되는데, 이는 최윤정, 김운학(2010)에서는 언급되지 않았던 원인이므로, 반지하라는 특성으로 생각된다.

3) 미세먼지 농도

실내미세먼지 농도 측정결과, A주택은 5～71$\mu g/m^3$(평균 33$\mu g/m^3$), B주택은 1～14$\mu g/m^3$(평균 8$\mu g/m^3$), C주택은 11～44$\mu g/m^3$(평균 20$\mu g/m^3$), D주택은 29～54$\mu g/m^3$(평균 40$\mu g/m^3$)이었다. 평가기준과 비교해보면 모든 주택이 평가기준(150$\mu g/m^3$) 미만이었다.

측정당일 외부미세먼지 농도 평균은 A주택 26$\mu g/m^3$, B주택 27$\mu g/m^3$, C주택 25$\mu g/m^3$, D주택 24$\mu g/m^3$이었다. 4개 주택의 외부미세먼지 농도 평균은 대체로 큰 차이 없이 비슷하였다. A주택과 D주택의 실내미세먼지 농도 평균은 외부미세먼지 농도 평균보다 높았고, B주택과 C주택의 실내미세먼지 농도 평균은 외부미세먼지 농도 평균보다 낮았다. 따라서 실내미세먼지 농도는 외부미세먼지 농도에 의한 영향은 아니라고 판단된다.

측정주택들 중 D주택의 실내미세먼지 농도가 가장 높았는데, 이의 영향요인을 <표 5>에서 살펴보면, D주택의 경우에는 재실인원의 변동과 이불정리 등의 생활행위가 있어서 다른 측정주택들에 비해 다소 높게 측정된 것으로 판단된다. 그 다음으로 높은 A주택은 먼지를 유발시키는 생활행위가 많이 일어났으며, 측정주택들 중 유일하게 주택 내에 애완동물을 기르고 있었다. 그 다음 C주택은 측정 시작시부터 측정 종료시까지 베란다문과 창문이 완전개방 상태가 계속되었는데, 근처에 공사장이 위치하여 외부로부터 먼지가 실내로 유입된 것으로 보인다. B주택은 측정주택들 중 실내미세먼지 농도가 가장 낮았는데, 미세먼지를 발생시키는 생활행위가 거의 없었고, 반지하층 복도의 가장 안쪽에 위치하여, 통풍조건이 좋지 않아 창문개방에 의한 외부유입이 없었던 것으로 보인다.

따라서 주택간 미세먼지농도가 차이나는 원인은 창문개방에 의한 외부유입, 먼지를 일으키는 생활행위, 통풍조건에 의한 외부 미세먼지 유입 가능성 등으로 분석된다.

주택 내 변동특성을 [그림 2]에서 살펴보면, A주택의 실내미세먼지는 측정 시작시(10:00)부터 10:45까지 거의 일정하게 유지되었는데, 이때는 창문이 소폭 개방되어 있었으나, 재실인원이 2명이었고, 베란다문이 닫혀있는 상태였다. 그 이후 11:15에 30분 동안 11$\mu g/m^3$상승하였는데, 이때는 닫혀있던 베란다문을 1/2 개방하였고 내부에서의 관련 요인이 관찰되지 않아 외부로부터 먼지가 유입되었을 것으로 생각된다. 11:30에서 12:00동안에는 44$\mu g/m^3$ 상승하였는데, 이때는 재실자가 방에서 부엌을 오가며 먼지를 유발시키는 생활행위(설거지, 쌀 씻기, 밥통개폐, 이불정리)가 많았다. 12:00에서 12:30동안에는 17$\mu g/m^3$ 하강하였는데, 이때는 미세먼지를 유발시켰던 다양한 활동들이 끝나고 부엌에서 조리를 시작하였다. 12:30에서 13:00동안에는 거의 일정하게 유지되었는데, 이때는 2명이던 재실인원이 3명으로 되었지만, 먼지를 발생시킬 만한 행위는 없었다. 그 이후 15:30에는 28$\mu g/m^3$ 하강하였는데, 이때는 조리가 끝난 후 방에서 식사를 하였고, 3명이던 재실인원이 1명이 되었다. 따라서 A주택의 실내미세먼지 상승요인은 창문개방에 의한 외부유입, 먼지를 유발시키는 생활행위가 영향을 미친 것으로 해석된다.

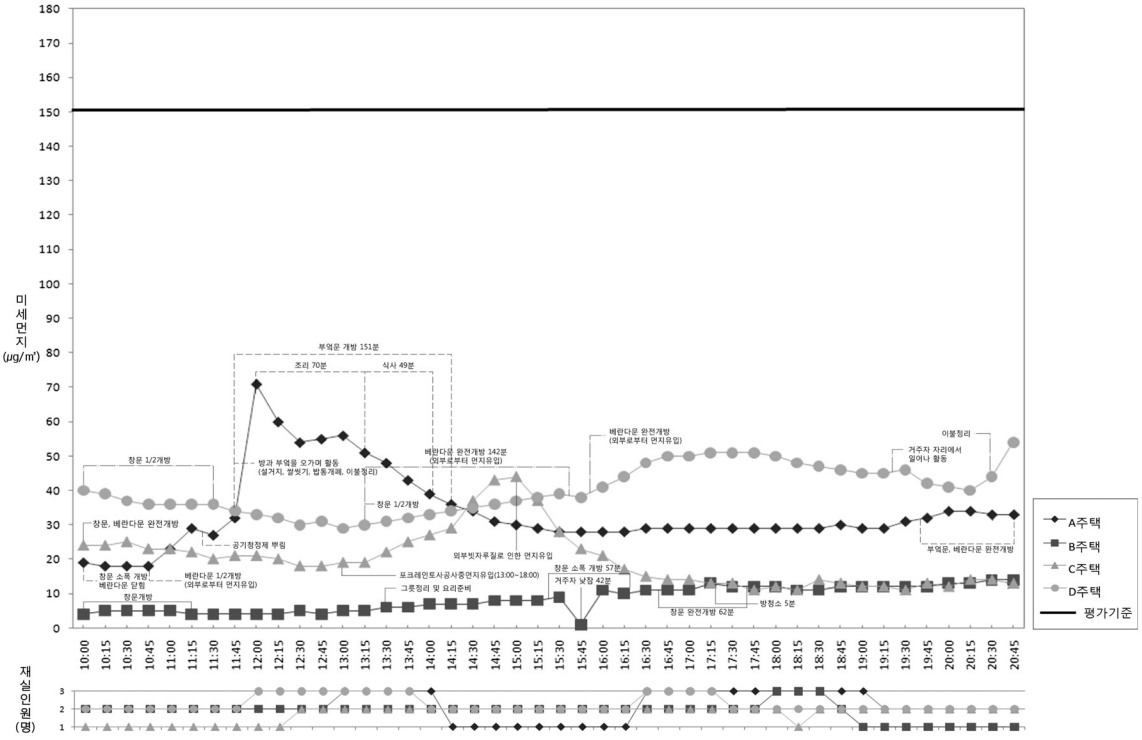
B주택은, 측정 시작시(10:00)부터 15:30동안 거의 일정하게 유지되었는데 이때는 재실인원이 2명이었고, 관

련요인이 관찰되지 않았다. 그 이후 15:45에는 8$\mu g/m^3$ 하강하였으며 이때는 베란다문이 완전개방 되어있었고, 창문이 소폭 개방되어 있는 상태였으며, 거주자가 낮잠을 자서 먼지를 일으킬 만한 행위는 없었다. B주택은 A주택과는 달리 창문 개방시 미세먼지가 상승하지 않아 외부유입 가능성이 적은데, 통풍조건이 좋지 않기 때문인 것으로 생각된다. 15:45에서 16:00동안에는 10$\mu g/m^3$ 상승하였는데, 이때는 창문을 닫았다. 따라서 B주택의 실내 미세먼지농도 하강요인은 창문개방이다.

C주택은, 측정 시작시(10:00)부터 13:15동안에는 3시간 이상동안 거의 일정하게 유지되었는데, 측정 시작시부터 측정 종료시까지 창문과 베란다문을 완전개방하였고 12:30에 1명이던 재실인원이 2명이 되었다. 그 이후 15:00에는 25$\mu g/m^3$ 상승하였는데, 이때는 C주택 창문 앞 공사장에서 포크레인으로 공사를 하였고, 콘크리트 뚫기가 몇 분간 지속되었으며, 창문 앞 도로면에서 빗자루질을 하였다. 즉 외부유입이 원인으로 판단된다. 15:00에서 16:45동안에는 30$\mu g/m^3$ 하강하였고, 16:45에서 20:45까지는 거의 일정하게 유지되었다. 따라서 C주택의 실내미세먼지 상승요인은 외부유입이며 이때 외부에서는 공사장 먼지, 외부 빗자루 청소가 있었다.

D주택은, 측정 시작시(10:00)부터 13:00동안에는 11$\mu g/m^3$ 하강하였는데, 측정 시작시부터 1시간 30분 동안 창문을 1/2개방하였고, 12:00에 2명이던 재실인원이 3명이 되었다. 13:00에서 15:30동안에는 10$\mu g/m^3$ 상승하였다. 이때는 창문 1/2개방과 베란다문을 완전개방 하였고 내부에서 관찰된 요인은 없었으므로 외부에서 유입된 것으로 추측된다. 15:30에서 15:45동안에는 일정하였는데, 이때는 베란다문을 잠시 닫았다. 15:45에서 16:45동안에는 12$\mu g/m^3$ 상승하였는데, 이때는 닫혀있던 베란다문을 개방하였다. 16:45에서 20:15동안에는 거의 일정하였다. 20:15에서 20:45까지는 14$\mu g/m^3$ 상승하였고, 이때는 이불을 정리하였다. 따라서 D주택의 실내미세먼지 상승요인은 이불정리, 외부 미세먼지 유입이고, 하강요인은 창문개방이다. 즉 외부의 상태에 따라 창문개방에 의해 미세먼지가 상승하는 경우도 있고 하강하는 경우도 있는 것으로 판단된다.

이상에서 실내미세먼지 농도에 영향을 미친 생활요인 중 상승요인은 창문개방에 의한 외부유입, 먼지를 유발시키는 행위, 이불정리, 재실인원, 외부의 상태(공사장 먼지, 외부 빗자루질)이었고, 하강요인은 외부에 미세먼지 발생이 없을 때의 창문개방이 영향요인으로 분석되었다.



[그림 2] 미세먼지 측정결과

한태식 외(2005)는 2004년 5월 19일부터 2005년 2월 15일까지 측정하였는데, 미세먼지 농도는 14～159 $\mu g/m^3$(평균 46$\mu g/m^3$)이었고, 방정현 외(1998)의 중간기 미세먼지 농도는 평균 157$\mu g/m^3$이었고, 하계는 평균 201$\mu g/m^3$로 나타났다. 즉, 이들 연구에서도 하계의 미세먼지 농도가 더 높아 외부유입의 가능성이 있다고 판단된다. 본 연구는 선행연구보다 다소 낮게 측정되었는데 이는 가스레인지 사용이나 먼지를 유발하는 행위의 차이로 생각된다.

최윤정, 김운학(2010)에서 미세먼지 농도는 8～141 $\mu g/m^3$(평균 49$\mu g/m^3$)로 모든 주택이 평가기준 미만이었고, 실내흡연을 한 두 주택은 평가기준에 근접하였으며 최대치가 평가기준을 초과하였다. 미세먼지 측정결과가 일반 아파트에 비해 높았던 이유를 흡연과 적은 공간 체적에서의 먼지가 발생하는 생활행위(빗자루를 이용한 청소, 이불 털기)로 분석하였다. 본 연구는 이 보다는 낮았는데, 흡연이 없었기 때문으로 생각된다. 청소 및 이불 털기 등의 생활행위가 미세먼지의 농도에 영향을 미치는 점은 비슷하였으나, 본 연구에서는 외부 공사, 외부 빗자루질로 인한 실내로의 먼지유입이 있었다. 일반적으로 미세먼지 농도는 겨울철에는 두꺼운 옷이나 이불 등으로 인해 미세먼지가 많이 발생하기 때문에 여름철보다 높게 나타난다. 본 연구는 측정시기가 초여름이었기 때문에 최윤정, 김운학(2010)에 비해 창문의 개방시간이 길었고 미세먼지 농도도 낮게 나타났지만, 반지하세대라는 특성상 외부로부터의 먼지유입이 있어 큰 차이가 나타나지는 않았다.

2. 설문조사 결과

1) 기초항목

응답자가 거주하는 주택의 특성은 <표 6>과 같다. 응답자가 거주하는 주택이 위치한 지역은 주택가(81.1%), 창 앞의 조건은 다른 건물(65.2%), 주택의 면적은 17㎡ 이상～33㎡ 미만(70.8%), 환기설비 종류는 레인지후드(76.4%), 취사설비 종류는 가스레인지(65.6%), 방과 부엌의 분리여부는 분리(61.1%)가 가장 많았다.

응답자의 기초항목과 생활특성은 <표 7>과 같다. 응답자의 성별은 남자(69.7%), 연령은 20～24세(60.7%), 직업은 기타(학생, 무직 등)(91.0%), 흡연여부는 비흡연(70.5%)이 가장 많았으며, 동거인이 있는 경우는 7사례였다. 기거양식은 좌식(36.7%), 취사여부는 저녁을 취사하는 비율이 74.4%였다.

2) 환기특성

환기특성은 응답일 기준으로 답하도록 하였고, 응답자의 환기특성은 <표 8>과 같다. 방과 부엌을 분리하는 문의 개방여부는 개방(40.4%), 1일 창 개방 환기 횟수는 4회 이상(32.2%), 1회 환기시간은 30분 이상(29.1%), 환기시 개방한 창문의 면적은 최대(50.0%), 환기를 하는 이유는 답답해서(62.4%), 환기를 하지 않는 이유는 필요성을 못 느껴서(42.1%)가 가장 많았다.

리모델링한 아파트를 대상으로 한 심현숙, 최윤정(2008)의 환기횟수는 하루에 1～2회가 65%로 가장 많았고, 1회 환기 시간은 30분 이상이 30%로 가장 많았다. 본 연구에서의 환기횟수는 4회 이상이 32.2%로 가장 많게 조사되었으므로, 반지하세대 거주자들이 리모델링한 아파트 거주자에 비해 환기를 자주 하고 있고 1회 환기시간은 비슷한 정도임을 알 수 있다.

응답자의 환기설비 가동정도는 <표 9>와 같다. 현재 사용하고 있는 환기설비 중 '레인지후드'의 가동정도에 관한 질문에서는 '연기 및 냄새가 많은 음식을 조리할 때만 사용한다'가 38.6%로 가장 많았고, '부엌환기팬'은 77.3%, '현관환기팬'은 모든 응답자가, '방 환기팬'은 95.5%, '화장실 환기팬'은 59.1%가 기기가 없다고 하였다.

최윤정, 김운학(2010)에서는 측정대상 10개 주택 중 환기설비가 레인지후드 1개뿐인 주택은 3개 주택이었고, 나머지 7개 주택에는 레인지후드를 비롯한 환풍기 또는 화장실 환풍기가 있었다. 그러나 본 연구에서는 레인지후드를 제외하고는 거의 환기설비가 없는 것으로 보이는데, 이로 미루어보아 다가구주택 반지하세대는 다가구주택 일반세대에 비해 설치되어 있는 환기설비의 종류가 적은 것으로 보인다.

3) 실내공기환경에 대한 주관적 반응

실내공기환경에 대한 주관적 반응은 응답일 기준으로 답하도록 하였으며, 공기환경에 대한 주관적 반응은 <표 10>과 같다. 방의 '공기오염감'에 대한 주관적 반응은 '약간 오염되어 있다'가 63.3%로 가장 많았고, 그 다음으로는 '오염되어 있다'가 20.0% 등으로 나타나, 대부분의 응답자들이 실내공기가 오염되어 있다고 느끼고 있음

〈표 6〉 주택 특성

구분		f	%
지역	차로변	13	14.4
	주택가	73	81.1
	상업지역 또는 유흥가	4	4.4
	계	90	100.0
거주 기간	1개월 미만	1	1.1
	1개월～6개월	31	34.4
	6개월～1년	36	40.0
	1년～2년	16	17.8
	2년 이상	6	6.7
	계	90	100.0
창 앞의 조건*	다른 건물	58	65.2
	골목길	43	48.3
	나무	10	11.2
	주차장	5	5.6
	차로	14	15.7
	담장	11	12.2
	기타	2	2.2
면적	17㎡미만	4	4.5
	17㎡ 이상～33㎡ 미만	63	70.8
	33㎡ 미만～48㎡ 미만	19	21.3
	48㎡ 미만～66㎡ 미만	2	2.2
	66㎡ 미만～83㎡ 미만	1	1.1
	계	89	100.0
환기 설비 종류*	레인지후드	68	76.4
	욕실환기팬	27	30.3
	방 환기팬	2	2.2
	부엌환기팬	21	23.6
	공기청정기	4	4.5
	기타	3	3.4
취사 설비 종류	가스레인지	59	65.6
	가스버너	4	4.4
	핫플레이트(전기레인지)	25	27.8
	핫플레이트+가스버너	1	1.1
	기타	1	1.1
	계	90	100.0
구성 공간*	방	90	100.0
	화장실	90	100.0
	부엌	85	94.4
	베란다	72	80.0
	다용도실	5	5.6
	보일러실	11	12.2
방과 부엌 분리	분리	55	61.1
	미분리	35	38.9
	계	90	100.0
리모델링	했다	8	8.9
	안했다	82	91.1
	계	90	100.0
가구 구입	구입함	8	8.9
	구입하지 않음	82	91.1
	계	90	100.0

무응답 제외, *중복응답

〈표 7〉 응답자 기초항목 및 생활특성

구분			f	%
응답자	성별	남	62	69.7
		여	27	30.3
		계	89	100.0
	연령	15～19세	7	7.9
		20～24세	54	60.7
		25～29세	28	31.5
		계	89	100.0
	직업	기술공 및 준전문가	1	1.1
		사무직	4	4.5
		서비스 종사자	1	1.1
		장치, 기계조작 및 조립종사자	1	1.1
		단순 노무 종사자	1	1.1
		기타(학생, 무직 등)	81	91.0
		계	89	100.0
	흡연 여부	흡연	26	29.5
		비흡연	62	70.5
		계	88	100.0
동거인	성별	남	6	85.7
		여	1	14.3
		계	7	100.0
	연령	20～24세	5	71.4
		25～29세	2	28.6
		계	7	100.0
	직업	사무직	1	14.3
		기타(학생, 무직 등)	6	85.7
		계	7	100.0
	흡연 여부	비흡연	7	100.0
		계	7	100.0
기거양식		좌식	33	36.7
		입식	30	33.3
		혼용	27	30.0
		계	90	100.0
재실시간		3～6시간	5	5.9
		7～10시간	30	35.3
		11～14시간	40	47.1
		15～18시간	10	11.8
		계	85	100.0
생활 행위*		취침	87	96.7
		학습	41	45.6
		컴퓨터 사용	79	87.8
		TV 시청	51	56.7
		가사(취사,세탁,청소)	75	83.3
		친구들과의 모임	19	21.1
		식사, 간식	50	55.6
취사 여부*		아침	51	56.7
		점심	30	33.3
		저녁	67	74.4
		기타	6	6.7

무응답 제외, *중복응답

〈표 8〉 환기 특성

구분		f	%
방과 부엌 분리 문의 개방	미개방	19	21.3
	개방	36	40.4
	냉・난방시에만 닫음	5	5.6
	취사시에만 닫음	8	9.0
	냉난방, 취사시 닫음	1	1.1
	문이 없음	20	22.5
	계	89	100.0
환기 횟수	하지않음	13	14.4
	1회	19	21.1
	2회	22	24.4
	3회	7	7.8
	4회 이상	29	32.2
	계	90	100.0
1회 환기 시간	순간적으로 열었다 닫음	3	3.5
	10분 미만	17	19.8
	10～20분 미만	15	17.4
	20～30분 미만	3	3.5
	30분 이상	25	29.1
	하루종일	23	26.7
	계	86	100.0
환기 시 개방한 창문 면적	최소	6	7.0
	반정도	36	41.9
	최대	43	50.0
	기타	1	1.2
	계	86	100.0
환기를 한 이유*	더워서	32	37.6
	답답해서	53	62.4
	냄새 때문에	29	34.1
	공기가 오염된 것 같아서	40	47.1
	기타	2	2.4
환기를 하지 않은 이유*	귀찮아서	5	26.3
	필요성을 못 느껴서	8	42.1
	외부 소음이 시끄러워서	4	21.1
	외부로부터 먼지가 들어와서	4	21.1
	사생활 노출이 꺼려져서	4	21.1
	기타	3	15.8

무응답 제외, *중복응답

〈표 9〉 환기설비의 가동정도

구분		f	%
레인지 후드	기기가 없다	15	17.0
	거의 사용하지 않는다	9	10.2
	연기 및 냄새가 많은 음식을 조리할 때만 사용한다	34	38.6
	모든 음식을 조리할 때마다 사용한다	26	29.5
	집안 공기가 탁할 때 사용한다	3	3.4
	기타	1	1.1
	계	88	100.0
부엌 환기팬	기기가 없다	68	77.3
	거의 사용하지 않는다	8	9.1
	연기 및 냄새가 많은 음식을 조리할 때만 사용한다	8	9.1
	모든 음식을 조리할 때마다 사용한다	3	3.4
	집안 공기가 탁할 때 사용한다	1	1.1
	계	88	100.0
현관 환기팬	기기가 없다	88	100.0
	계	88	100.0
방 환기팬	기기가 없다	84	95.5
	거의 사용하지 않는다	1	1.1
	집안 공기가 탁할 때 사용한다	1	1.1
	방에 있을 때 가끔 사용한다	2	2.3
	계	88	100.0
화장실 환기팬	기기가 없다	52	59.1
	거의 사용하지 않는다	4	4.5
	화장실을 이용할 때 가끔 사용한다	10	11.4
	화장실을 이용할 때 수시로 사용한다	7	8.0
	화장실을 이용할 때 늘 사용한다	15	17.0
	계	88	100.0

무응답 제외

을 알 수 있었다. ‘공기오염을 느낄 때’는 ‘외출 후 귀가했을 때’가 37.8%로 가장 많았고, 그 다음으로 ‘이불을 털거나 옷정리를 할 때’가 30.0%, ‘요리를 할 때’가 23.3%, ‘실내에서 흡연을 했을 때’가 14.4% 등으로 나타났다.

〈표 10〉 실내공기환경에 대한 주관적 반응

구분		f	%
공기 오염감	매우 오염되어 있다	3	3.3
	오염되어 있다	18	20.0
	약간 오염되어 있다	57	63.3
	거의 오염되어 있지 않다	7	7.8
	오염되어 있지 않다	5	5.6
	계	90	100.0
공기 오염을 느낄 때*	아침에 일어났을 때	6	6.7
	실내에서 흡연을 했을때	13	14.4
	냉・난방을 많이 했을때	3	3.3
	요리를 할 때	21	23.3
	이불을 털거나 옷정리를 할 때	27	30.0
	외출 후 귀가했을 때	34	37.8
	기타	1	1.1

무응답 제외, *중복응답

3. 조사결과 요약 및 개선안

본 연구의 측정요소별 문제점을 요약하고, 이에 따른 개선안을 <표 11>과 같이 제안하였다.

Ⅴ. 결론 및 제언

본 연구는 다가구주택 반지하세대의 초여름 실내공기환경 실태파악 및 영향요인을 분석하고, 문제점을 파악하여 개선안을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 연구자가 접근 가능한 청주시 다가구주택 반지하세대 4곳을 대상으로 실내공기환경요소를 현장측정하면서 관련 요인을 관찰 기록, 거주자와 면접조사하는 현장조사를 하였으며, 다가구주택 반지하세대 거주자 90명을 대상으로

〈표 11〉 조사결과에 따른 문제점 및 개선안

요소	실태 및 문제점	개선안		
		거주자 측면	공급자 측면	제도적 측면
CO_2 농도	・측정치 759～1885ppm ・4개 주택 중 3개 주택은 평가기준을 초과하는 상태 ・공간체적에 비해 재실인 원이 많고 환기량이 부족함 ・평가기준을 만족하는 1개 주택은 계속 창문을 개방하였음	・손님 등 재실인원이 많을 때는 환기를 하도록 함 ・가스레인지 사용시 레인지후드 사용 또는 창문개방 하도록 함	・환기설비 설치 ・환기가 충분히 가능한 창문 설치	・현행법규[1]의 '채광을 위하여 거실에 설치하는 창문등의 면적은 그 거실의 바닥면적의 10분의 1 이상이어야 한다'조항을 1/5로 개정 제안 ・현행법규[2] '신축 또는 리모델링하는 100세대 이상의 공동주택(기숙사 제외)이나 주택을 주택외의 시설과 동일 건축물로 건축하는 경우로서 주택이 100세대 이상인 건축물은 시간당 0.7회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치'의 대상에 반지하주택 포함 필요. 환기횟수는 환기량이 적은 반지하주택에 맞는 적정수준으로 기준 마련
공기 오염감	・약간 오염되어 있다(63.3%) ・오염되어 있는 쪽(86.6%)			
CO 농도	・측정치 0.0～0.1ppm ・양호한 상태로 평가됨 ・창문 개방으로 인하여 외부의 영향 받았을 가능성 있음	・창문 앞에 흡연자나 차량 이동이 많을 시에는 창문을 개방하지 않도록 함 ・가스레인지 사용시 레인지후드 사용 또는 창문개방	・반지하 창문을 도로와 면하지 않게 설계 ・환기설비 설치	
미세 먼지 농도	・측정치 8～40$\mu g/m^3$ ・양호한 상태로 평가됨 ・상승요인 : 창문개방으로 인한 외부유입, 적은 공간체적에서 먼지 발생하는 행위 ・하강요인 : 창문개방	・실내에서 먼지 발생 생활행위시 환기를 하도록 함 ・외부에 먼지가 발생한때는 창문개방하지 않도록 함		

측정치는 주택별 평균을 요약함

1) 「건축물의 피난・방화구조 등의 기준에 관한 규칙」(일부개정, 2010.4.7) 제 17조 1항

2) 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」(일부개정, 2009.12.31) 제11조 1항

설문조사를 하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, CO_2 농도 측정 결과, 주택별 평균 759～1885ppm으로, 측정대상 4개 주택 중 3개 주택은 CO_2 농도 평균이 평가기준(1000ppm)을 초과하였고, 1개 주택은 평가기준 미만이었는데, 이 주택은 평균재실인원이 가장 적었고, 환기량이 가장 많았다. 주택간 CO_2 농도가 차이나는 원인은 재실인원과 창문개방으로 분석되어지며, 주택 내 CO_2 농도의 상승요인은 재실인원, 거주자의 위치(측정기기 근처), 가스레인지 사용이었고, 하강요인은 창문개방이 영향요인으로 분석되었다. 다가구주택 지상세대를 겨울철에 측정한 선행연구보다 CO_2 농도가 낮았는데, 이는 창문을 개방할 수 있는 계절적인 특성이 영향을 미친 것으로 보인다.

둘째, CO 농도 측정 결과, 주택별 평균이 모두 평가기준(10ppm) 미만으로 평균 0ppm에 가까웠다. CO가 다소 검출된 주택은 외부유입(창문 앞 자동차의 통행, 보행자의 통행과 흡연)과 가스레인지의 사용이 영향을 미친 것으로 분석되어진다. 앞의 선행연구와 비교해 보면, 취사를 하지 않아 CO가 발생하는 원인이 없었기 때문에 CO측면에서는 양호한 상태였으나, 일반 세대와는 달리 외부유입의 가능성이 있는 것으로 분석되었다.

셋째, 미세먼지 농도 측정 결과, 주택별 평균 8～40 $\mu g/m^3$으로 모두 평가기준(150$\mu g/m^3$) 미만이었다. 주택간 미세먼지 농도가 차이나는 원인은 창문개방에 의한 외부유입, 먼지를 일으키는 생활행위, 통풍조건에 의한 외부 미세먼지 유입 가능성 등으로 분석되어지며, 주택 내 미세먼지 농도의 상승요인은 창문개방에 의한 외부유입, 먼지를 유발시키는 행위, 이불정리, 재실인원, 외부의 상태(공사장 먼지, 외부 빗자루질)이었고, 하강요인은 외부에 미세먼지 발생이 없을 때의 창문개방이 영향요인으로 분석되었다. 앞의 선행연구와 비교해 보면, 반지하세대는 창문이 외부의 지반에 근접해있기 때문에 미세먼지 측면에서 외부의 영향을 받을 수 있다고 분석되었다.

넷째, 설문조사 결과, 응답일 기준 실내공기환경 조절 특성으로, 환기 특성 중 환기횟수는 4회 이상(32.2%), 1회 환기시간은 30분 이상(29.1%), 환기 시 개방한 창문의 면적은 최대(50.0%)가 가장 많았다. 환기설비 중 레인지후드는 연기 및 냄새가 많은 음식을 조리할 때만 사용한다(38.6%), 부엌환기팬(77.3%), 현관 환기팬(100.0%), 방 환기팬(95.5%), 화장실 환기팬(59.1%)은 대부분 기기가 없었다. 이를 선행연구와 비교하면 환기는 자주하고 있으나 환기팬 설치비율은 매우 낮았다.

다섯째, 응답일 기준 실내공기환경에 대한 주관적 반응으로, 공기오염감은 약간 오염되어 있다(63.3%), 공기오염을 느낄 때는 외출 후 귀가했을 때(37.8%)가 가장 많았다.

이상의 결과에 따라 반지하세대 실내공기환경 개선을 위해 다음과 같이 제안한다.

첫째, 거주자 측면에서는 재실인원이 많거나 먼지가 발생하는 생활행위시 환기를 하고, 가스레인지 사용 시에는 레인지후드를 사용하거나 창문을 개방해야 한다. 또한 창문 앞에 흡연하는 사람이 있거나 차량 통행이 많은 시간대, 외부상태가 먼지가 많을 때에는 창문을 개방하지 않도록 해야 한다.

둘째, 공급자 측면에서는 환기가 충분히 가능한 창문을 설치하되 도로와 면하지 않게 설계해야 하고, 환기설비를 설치해야 한다.

셋째, 제도적 측면에서는 「건축물의 피난・방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제 17조 1항의 '채광을 위하여 거실에 설치하는 창문등의 면적은 그 거실의 바닥면적의 10분의 1 이상이어야 한다'의 10분의 1을 5분의 1로 개정할 것을 제안한다. 또한「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」제 11조 1항의 '신축 또는 리모델링하는 100세대 이상의 공동주택(기숙사 제외)이나 주택을 주택외의 시설과 동일 건축물로 건축하는 경우로서 주택이 100세대 이상인 건축물은 시간당 0.7회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치'의 대상에 반지하주택을 포함할 것을 제안하며, 환기횟수는 환기량이 적은 반지하주택에 맞는 적정수준으로 기준을 마련하는 것이 필요하다.

주제어 : 실내공기질, 다가구주택 반지하세대, 실태, 영향요인

참 고 문 헌

권영철, 박진철. (2008). 지하주거의 실내공기환경 실태조사와 CO_2 조절기 및 타이머에 의한 환기팬 자동운전에 관한 연구. **한국생태환경건축학회논문집**,

8(4), 3-10.

방정현, 박진철, 이언구. (1998). 다세대주택 반지하세대의 실내공기환경측정에 관한 연구. **대한건축학회추계학술발표대회논문집**, **14**(2), 901-906.

심현숙, 최윤정. (2008). 리모델링후 거주중인 아파트 단위주거의 실내공기질 평가. **대한건축학회논문집**, **24**(12), 303-312

장근호, 정민희, 박진철, 이언구. (2005). 수도권 지하주거의 환경실태 조사 및 공기환경 개선방안의 연구. **한국태양에너지학회춘계학술발표회논문집**, 235-242.

최윤정, 김운학. (2010). 대학생 거주 원룸형 다가구주택의 겨울철 실내열공기환경 실태. **한국생활과학회지**, **19**(4), 745-760.

하성규, 홍인옥, 박진철, 여명석, 서종균, 신명호, 이호, 남원석, 김윤이, 김수영, 대한주택공사 (편). (2005). **주거빈곤가구의 주거안정대책에 관한 연구 3: 지하주거공간의 주거환경과 거주민 실태에 관한 연구**. 대한주택공사.

한태식, 여명석, 박진철. (2005). 지하주거공간의 실내공기환경(IAQ) 실태조사 연구. **한국생태환경건축학회학술발표대회논문집**, **5**(1), 83-88.

홍인옥. (2002). 지하주거의 실태와 문제점. 한국도시연구소. 도시연구 제8호 , 58-96

반지하 '병든집증후군', 저소득층 아토피 악화시킨다. (2006. 12. 19). **뉴시스**, 자료검색일 2010. 8. 12, 자료출처 http://www.newsis.com/article/view.htm?cID=&ar_ id=NISX20061219_0001257154

통계청. **2005 인구주택총조사**. 거주층별 가구(일반가구)-시군구. 자료검색일 2010. 6. 12, 자료출처 http://kosis.kr/gen_etl/start.jsp?orgId=101&tblId=DT_1GA0518& conn_path=I2&path=아 - 인구총조사 - 가구부문 - 총조사가구(2005) - 전수 - 거주층별 가구(일반가구)-시군구

"다중이용시설 등의 실내공기질관리법 시행규칙"(일부개정, 2008.10.10), "건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙"(일부개정, 2010.4.7), "건축물의 설비기준 등에 관한 규칙"(일부개정, 2009.12.31), "건축법"(타법개정, 2009.6.9) **법제처**. 자료검색일 2010, 6, 12. 자료출처 http://www.moleg.go.kr/

접 수 일 : 2011. 09. 19.
수정완료일 : 2011. 10. 14.
게재확정일 : 2011. 10. 19.