

# 포스트 코로나 시대의 대학교 주변 원룸형 주택에 대한 실내 공기질 분석 및 위해성 평가

## An Analysis of Indoor Air Quality and Risk Assessment for One-room Housing around the University in the Post-Corona Era

포 위\*  
Bao, Wei

정 재 연\*\*  
Jung, Jaeyoun

정 인 수\*\*\*  
Jeong, Insoo

### Abstract

In this study, in order to grasp the current situation of indoor environmental pollution and indoor ventilation in one-room around the university in the post-corona era, we analyzed the experimental data and conducted a questionnaire survey on university students. By analyzing the content, the effects of formaldehyde, dust and other pollution on the human body, which are usually not easily detectable, are digitized and more easily taken into account. Among the experimental results, the concentration of VOC and HCHO, gas pollutants among indoor pollutants, exceeded the recommended criteria of the Ministry of Environment in most studio apartments. Overall, the average CO<sub>2</sub> concentration was lower than the Ministry of Environment's maintenance standard (1000ppm), but it was relatively high in summer and winter, and it is believed to be caused by cooling and heating in an enclosed space. The levels of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, particulate pollutants, increased in November and December, and it is believed that ventilation defects due to degradation in external temperature. There was no clear difference between the two types, and there was a very high correlation between PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, HCHO and VOC. It was found that temperature was closely correlated with all sources except CO<sub>2</sub>, and humidity was closely correlated with all sources except PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>. Health risk assessment was conducted for formaldehyde. The average ECR of studio R2 in May was 3.91E<sup>-4</sup>, and the ECR figure in September was 3.65E<sup>-4</sup>, which was very high compared to other residential spaces. The R2 level was calculated as 4 people per 10,000 people in the lifetime risk of cancer of residents, exceeding the allowable risk. R8 also showed higher ECR results than other spaces after R2, especially in October, 2.01E<sup>-4</sup>, six times higher than R7 measured in October, and 1.87E<sup>-4</sup> in July, four times higher than R9.

주요어 : 원룸, 실내공기질, 포름알데히드, 위해성 평가

Keywords : One room, Indoor air quality, Formaldehyde, Risk assessment

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

2020년 전 세계를 강타한 코로나19가 세계 인류의 생활양식을 근본적으로 바꾸고 있다. 가장 큰 변화의 물결은 언택트(Untact, 비대면) 문화의 확산이다. 예전에 상상도 못했던 직장인의 재택근무와 학생들의 온라인 수업이 일상화가 되었으며, 쇼퍼카 여가 등 다양한 활동들이 비대면 방식으로 현재까지 이루어지고 있다. 전문가들은 코로나19가 종식되더라도 언택트 문화는 앞으로 영역을 더욱 넓혀 나갈 것으로 예상하고 있다.

코로나 바이러스 감염증(COVID-19) 1차 발병이 시작된 2019년 12월을 시작으로, 한국은 2020년 1월 20일 최초 확진자가 발생한 이후 현재까지도 종식되지 않고 있으며, 확진자가 점차 증가하면서 2022년 2월에는 코로나19 일일 확진자 수는 15만 명

을 돌파했다. 학교들이 온라인 수업을 권장하게 되면서 많은 학생들이 이전과는 다른 수업체제로 공부하게 되었다. 따라서 코로나로 인해 실내에 머무는 시간이 많아졌다.

실내공기 오염물질 발생원은 실내 환경, 인간의 활동, 외부공기의 유입 등 매우 다양하며, 이로 인하여 발생하는 실내오염물질의 종류 및 그 농도는 개별 시설의 특성에 따라 다양한 양상을 보이고 있다. 또한, 실외 오염물질의 유입에 의해서도 실내 공기질은 오염될 수 있으며, 오염된 실내공기질은 쉽게 정화되지 않아 저농도라 하더라도 장기간 노출되게 되면 위해성이 증가하게 된다(Cho et al., 2017)<sup>1)</sup>.

이에 환경부에서는 2004년 5월에 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」을 제정 시행하여 다수의 대중들이 이용하는 시설에 대해 실내공기질을 관리하고 있으며, 관리대상 항목은 폼알데하이드(HCHO)와 미세먼지(PM10), 총부유세균(TBC), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO)와 총휘발성 유기화합물(VOCs), 라돈

\* 전북대학교 주거환경학과 박사과정

\*\* 전북대학교 주거환경학과 박사과정

\*\*\* 전북대학교 주거환경학과 교수, ph.D

(Corresponding Author: Insoo Jeong, Dept. of Housing Environmental Design, Jeonbuk National Univ, jeonis @jbnu.ac.kr)

1) Cho, Kyunghwa, Soonjung Kwon, Minki Sung, and Sunsook Kim. "Analysis of Indoor Air Quality in Vulnerable Facilities According to Building Characteristics." Journal of The Korea Institute of Healthcare Architecture 23(2), (June 15, 2017). pp.19 - 26.

(Rn), 석면(Asbestos), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>)으로 총10가지 물질이며, 유지기준과 권고기준으로 구분된다(Won et al., 2012)<sup>2)</sup>.

그중 미세먼지는 심폐질환으로 인한 수명단축과 시정감소의 원인으로 작용하여 건강에 직간접적인 피해를 주고 있으며, 천식, 폐질환 등 호흡기 관련 질환과 심혈관 질환의 발생 위험을 높이는 것으로 보고되고 있다(Bae, 2014). 폼알데하이드는 자극성 냄새를 갖는 가연성 무색 기체로 살균제나 방부제로 사용되며, 특히 주요 발생원으로는 단열재나 섬유옷감, 장롱, 싱크대, 바닥재, 난방연료의 연소과정, 흡연, 생활용품, 의약품, 접착제이다. 건축자재에서 발생된 폼알데하이드는 건축자재의 수명, 실내온도 및 습도, 환기율에 따라 그 방출량이 영향을 받으며, 인체에 미치는 영향으로는 눈, 코, 목 등의 자극 증상이 있고, 발암성이 있다. 또한, 총부유세균은 실내환경에 존재하고 있는 미생물로 다습하고 환기가 불충분하며 공기질이 나쁠 경우 잘 증식하게 되는데 전염성 질환, 알레르기 질환, 호흡기 질환 등을 유발시킨다. 이러한 미생물성 물질의 발생은 인간의 활동 및 일반가정에서 사용되는 각종 살포제, 공기 정화기, 냉장고, 가습기 등으로부터 기인하며, 특히 시설 내부에서 음식 조리나 이루어지는 시설의 경우 총부유세균 관리에 열악한 환경을 가지고 있기 때문에 저항력이 약한 노약자나 환자, 어린이에게는 매우 치명적인 영향을 줄 수 있다(KECO, 2017; Cho et al., 2017)<sup>3)</sup>.

이러한 코로나 바이러스가 확산된 이후로 사람들의 일상생활에 많은 변화를 주었으며, 그 변화 정도에 따라 실내오염물질들의 발생 정도도 변화가 있을 것이라 생각 된다. 포스트 코로나 시대를 맞이하여 재택근무, 온라인수업, 원격의료 등이 비대면 형태의 생활 문화를 확산시켰다. 이러한 비대면 문화의 확산으로 집에 머무는 시간이 증가하였고 특히 생활공간이 협소하고, 밀집되어져 있는 원룸은 실내공기 오염정도가 더 증가되었을 것이라고 생각된다.

따라서 본 연구는 코로나 19로 인하여 좁은 공간에서 생활하고 있는 대학로 주변 원룸의 실내 오염물질 농도가 어떠한 상태인지 그 실태를 파악하고 분석 하고자 실시하였다.

## 1.2 선행연구 고찰

본 연구에 관련성이 많다고 생각되는 실내 공기질 분석에 관한 연구와 공간이 협소한 오피스텔 및 원룸에 대한 연구 그리고 환기에 대한 연구 순으로 선행연구에 대하여 고찰 하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

남기철(2017)은 주택 실내 공기환경의 실태를 조사하기 위하여 기존주택을 연구의 대상으로 선정하였으며, 주택의 사용 연

수에 따른 실내 공기환경의 변화과정을 분석하고 이에 대한 실증자료를 제시하였다<sup>5)</sup>.

이시내(2011)는 친환경건축물 인증제도에서 평가대상으로 하고 있는 실내환경 요소를 파악하여 정리한 후, 거주자들을 대상으로 설문조사를 실시하여 거주자들이 중요하게 생각하고 있는 실내환경의 요소와 실내환경의 만족도에 대한 상관성을 분석하였다<sup>6)</sup>.

정경윤(2013)은 서울 내 오피스 건물을 대상으로 건축·설비 현황을 분석하고 건물 실내에서 발생하는 물질(총휘발성유기화합물, 폼알데하이드, 일산화탄소, 이산화탄소, 미세먼지, 석면 등)을 분류하여 계절별로 실태를 조사하여 실내공기환경의 유지관리 현황을 조사하였다<sup>7)</sup>.

장하나(2007)는 오피스텔의 실내공기환경 개선에 유용한 자료를 제공하기 위하여 거주자 중심의 실태를 파악하고자 실내공기환경에 대한 의식, 만족도, 자각증상 및 대처방안, 요구사항 등을 파악하고 이를 토대로 거주자로서의 오피스텔 실내공기환경 개선방안을 제시 하였다<sup>8)</sup>.

최윤정(2013)은 원룸형 다가구주택의 건축경년에 따라 측정대상을 선정하여 거주중인 원룸형 다가구주택의 실내공기질 실태와 이에 영향을 미치는 요인을 분석하였다<sup>9)</sup>.

한정우(2017)는 건강친화형 주택이외의 소규모 신축 원룸형 다가구 주택에 대한 실내 공기질 조사 분석을 통하여 문제점을 도출하고 효과적인 실내 공기질 개선 방향을 제시하였다<sup>10)</sup>.

김현주(2020)는 환기에 따른 이산화탄소, 미세먼지 그리고 라돈의 농도변화를 측정하여 음식물 조리나 건축자재 등에 의해 실내에 오염된 다양한 유해물질들을 저감할 수 있는 환기방법을 조사하였다<sup>11)</sup>.

선행연구 분석 결과를 통한 본 연구의 차별성은 기존 연구에서 다루어지지 않았던 포스트 코로나시대의 원룸형 주택을 대상으로 연구를 실시하였다는 점이다.

또한 실험을 통하여 실내공기 환경에 대한 실태조사를 실시했다는 점에서는 선행 연구들과 접근 방법이 유사하다고 할 수 있으나, 기존의 연구들은 신축공동주거시설 및 오피스 그리고 친환경 건축물 대상으로 연구를 실시한 반면 본 연구는 언택트환경에서 원룸생활에 대한 실내 오염물질 농도변화에 대한 실태조사를 실시하였다는 점에서 시기적으로 필요한 연구라고 생각된다.

5) 남기철, 주택 실내 공기환경 실태조사에 관한 기초연구, 서울과학기술대학교원, 석사학위논문, 2017, pp.121-131.

6) 이시내, 박진철, 이연구, 거주후 평가를 통한 공동주택의 실내환경 성능평가요소 분석에 관한 연구, 한국태양에너지학회논문집, 31(2), 2011, pp.128-134.

7) 정경윤, 오피스 건물의 실내 공기환경 실태조사에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 석사학위논문, 2013, pp.1-80.

8) 장하나, 김진영, 권오정, 오피스텔의 실내공기환경 개선에 관한 연구: 거주자의 의견과 요구사항을 중심으로. 한국주거학회논문집, 18(1), 2007, pp.124-128.

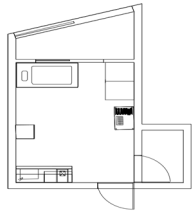
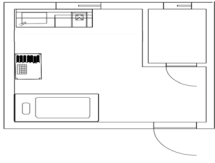
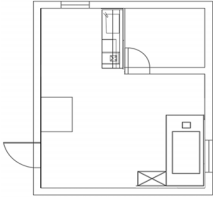
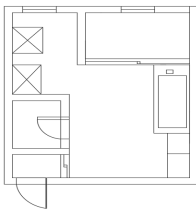
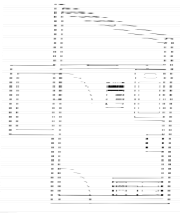
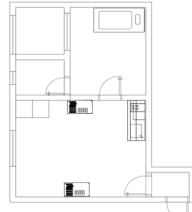
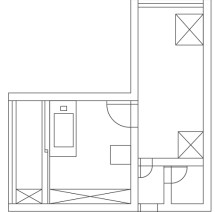
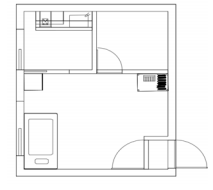
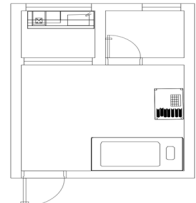

9) 최윤정, 이미지, 홍진원, 거주중인 원룸형 다가구주택의 건축경년에 따른 실내공기질 비교. 한국생활과학회 학술대회논문집, 2013(5), 2013, pp.243-244.

10) 한정우, 신축 원룸형 다가구 주택의 실내공기질에 관한 연구, 서울과학기술대학교 석사학위논문, 2017, pp.23-56.

11) 김현주 외 3인, 한국의 주거환경에서 실내공기 중 유해물질 저감에 미치는 환기의 영향, 분석과학, 33(1), 2020, pp.58-65.

2) Won S R, Lim J Y, Shim I K, et al. Characterization of PM2. 5 and PM10 concentration distribution at public facilities in Korea[J]. J. Korean Soc. Indoor Environ, 9(3), 2012, pp.231-236.  
3) Bae H J. Effects of Short-term Exposure to PM 10 and PM 2.5 on Mortality in Seoul[J]. Journal of Environmental Health Sciences, 2014, 40(5), pp.352-354.  
4) Korea Environment Corporation (KECO), Multi-use indoor air quality consulting business: Elderly care facility, day care center, postnatal care center, 2011, pp.7-9.

Table 1. Oneroom floor plans and building information for survey respondents

원룸	room 1	room 2	room 3	room 4	room 5
오픈형 원룸					
건축 구조	철근 콘크리트조 면적: 19.04m <sup>2</sup> 건축년도: 2003	철근 콘크리트조 면적: 14.82m <sup>2</sup> 건축년도: 2005	철근 콘크리트조 면적: 19.07m <sup>2</sup> 건축년도: 2015	철근 콘크리트조 면적: 19.07m <sup>2</sup> 건축년도: 2011	철근 콘크리트조 면적: 19.07m <sup>2</sup> 건축년도: 2003
원룸	room 6	room 7	room 8	room 9	room 10
분리형 원룸					
건축 구조	철근 콘크리트조 면적: 31.64m <sup>2</sup> 건축년도: 2012	철근 콘크리트조 면적: 25.43m <sup>2</sup> 건축년도: 2008	철근 콘크리트조 면적: 15.51m <sup>2</sup> 건축년도: 2011	철근 콘크리트조 면적: 12.56m <sup>2</sup> 건축년도: 2016	철근 콘크리트조 면적: 17.52m <sup>2</sup> 건축년도: 2001

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구대상 및 조사 방법

본 논문은 포스트 코로나 시대를 맞이하여 전라북도 전주시에 위치한 J 대학교 주변 원룸 10개를 선정하여 2021년 4월부터 2021년 12월까지 실내 공기 오염물질 농도를 측정하였다. 측정은 각 원룸별로 한 달 주기로 하루를 선정하여 오전 9시부터 오후 9시까지 시간 별로 10분 간격으로 3회 반복 측정하여 그 평균치를 측정값으로 사용하였다.

측정대상 원룸은 <Table 1>과 같이 형태별로 오픈형 원룸과 분리형 원룸으로 나눌 수 있었으며, 오픈형 원룸은 거주공간과 취사공간이 일체로 구성되어 있는 14.82 - 19.07m<sup>2</sup> 정도의 면적 이었고, 분리형 원룸은 침실과 주방이 분리 되어 있는 12.56-31.64m<sup>2</sup> 범위의 면적이었다.

측정부위는 원룸 거실 중앙 부위에서 바닥면으로부터 1.2m-1.5m 높이에서 측정하였으며, 실내환경 측정기(ISR-310, Sensoronic, Korea)를 사용하여 휘발성유기화합물(VOC), 포름알데히드(HCHO), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), PM2.5, PM10, 온도, 습도를 측정하였다.

설문조사는 J대학교에 다니는 원룸 거주자 100명을 무작위로 선정하여 서면 설문조사를 실시하였다.

또한 조사 결과에 나타난 data를 바탕으로 위해성 평가 및 통계분석을 실시하였다.

### 2.2 연구결과 분석 및 평가

측정된 오염물질 분석은 각 원룸별, 계절별, 실 내외간 비교

및 기준치와의 차이를 비교 분석을 하였으며, 오픈형 원룸과 분리형 원룸 간의 차이 비교는 평균 농도로 비교 분석하였다. 또한 각 오염물질 간의 통계분석은 통계학 프로그램인 IBM SPSS Statistics 26을 사용하여 Pearson 분석법으로 오염 요소 별 각각의 상관관계를 비교분석하였으며, T-test 분석을 통하여 오픈형 원룸과 분리형 원룸간에 차이 유무를 분석하였다.

설문조사는 J대학교 주변 원룸에서 거주하는 대학생 100명을 무작위로 선정하여 채식시간, 취사횟수, 환기시간, 오염원, 오염 요소에 관한 항목으로 서면 조사를 실시하였다.

위해성 평가는 호흡률의 적용을 한국노출계수핸드북<sup>12)</sup>(Jang et al, 2014)에서 제시한 성인 남성의 호흡률 15.7m<sup>3</sup>/day과 성인 여성의 호흡률 12.8m<sup>3</sup>/day의 평균치인 14.25m<sup>3</sup>/day를 사용하였다. 체중은 원룸 거주자들의 체중을 측정하여 평균치인 62.8kg를 사용하였다. 노출 빈도는 각각 거주자의 채식 시간 등 현황을 조사하고 기준치에서 통계청 생활시간조사(2015)에서 제시한 15hr/day를 대입해서 적용하였다.

본 연구에서는 식 (1), (2)와 같이 해석단위별로 그래프 아래 면적을 계산하여 LADD 산출에 적용하였고, LADD 산출 치료 식 (3)과 같이 ECR 수치를 산출하였다.

$$TE = \sum \left( \frac{C_n + C_{n+1}}{2} \cdot t_n \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$LADD = \frac{(TE/3600) \times (EF/24) \times IR}{BW \times AT \times 1000} \dots \dots \dots (2)$$

$$ECR = CFS \times LADD \dots \dots \dots (3)$$

12) Jang JY, Kim SY, Kim SJ, et al. General factors of the Korean exposure factors handbook. J Prev Med Public Health, 47(1), 2014, pp.7-13.

$C$ : 농도 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
 $C_n, C_{n+1}$ :  $n, n+1$ 번째 시간대의 농도 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
 $TE$ : 총노출량 [ $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{sec}$ ]  
 $t_n$ :  $n$ 번째 시간대의 길이 [sec]

Table 2. Health Risk Assessment Condition

Factors	Value	
Body Weight	M	58kg
	F	48kg
	F	57kg
	M	72kg
	M	75kg
	M	75kg
	M	70kg
	M	60kg
	F	56kg
	F	52kg
Exposure Frequency	15 hr/day	
Average occupancy time	18hr	
	15hr	
	18hr	
	22hr	
	24hr	
	24hr	
	20hr	
	12hr	
	12hr	
	15hr	

### 3. 측정 결과 및 분석

#### 3.1 공기질 분석

본 연구는 포스트 코로나 시대를 맞이하여 J 대학교 주변 원룸의 실내공기 오염 물질 분석 및 위해성을 평가하기 위하여 대상원룸 10개를 정하여 측정하였다. 측정원룸은 오픈형 원룸(R1-R5)과 분리형 원룸(R6-R10)으로 나누어 재실자들의 생활습관을 그대로 유지한 채 일상생활과 동일한 조건 하에서 측정을 진행하였다. 대상 원룸을 측정한 후 원룸번호 R1-R10 표시하여 순서대로 Fig.1에서 Fig.7에 나타내었으며, 측정은 4월부터 12월 까지 하였다. 분석 결과는 다음에 나타난 바와 같다.

##### (1) VOC 농도 변화

휘발성유기화합물은 일상적으로 생활하고 있는 온도에서 액체상태의 물질이 기체가 되어 공중으로 흩어져 날아가는 성질이며, 탄소를 주성분으로 하는 화합물질이다.

<Fig.1>에 나타나는 바와 같이 대부분의 원룸 평균치는 환경부 권고기준(0.12ppm)을 초과 하였으며, 특히 원룸 R2에서의 휘발성유기화합물의 농도가 다른 원룸보다 상대적으로 매우 높게 나타났다. R2에 대한 조사 결과 R2공간은 가구배치가 많고 실내 유일의 환기창이 옆 건물로 가려져 있어 실내 환기가 쉽지 않은 상황이라 발생하는 오염원이 제대로 배출되지 않는 것으

로 나타났다. 오픈형원룸 전체 VOC 평균값은 0.19ppm이었고 분리형 원룸 전체 평균값은 0.15ppm으로 나와 두 type간 차이는 크지 않았다.

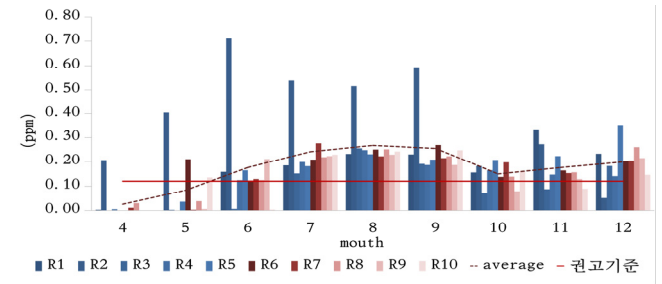


Fig. 1. Oneroom Indoor concentration of VOC

##### (2) HCHO 농도 변화

HCHO 단기 노출의 유력한 증상은 코와 목의 자극으로, 불쾌감, 재채기, 기침, 메스꺼움, 호흡곤란 그리고 사망까지 유발하며, 건축물의 마감재나 단열재, 실내 가구 등에서 방출되는 물질로 HCHO가 함유된 건축자재 등으로부터 수년에 걸쳐 지속적으로 방출된다. <Fig.2>에 나타나는 바와 같이 조사 원룸 HCHO 평균값 대부분이 환경부 유지기준(0.08ppm)을 초과하였다. HCHO값도 VOC값과 마찬가지로 원룸 R2의 농도가 상대적으로 높게 나타났으며, 이 또한 환기 불량임을 알 수 있었다. 오픈형 원룸 전체 HCHO 평균값은 0.11ppm이었고 분리형 원룸 전체 평균값은 0.10ppm으로 나와 두 type간 차이는 크지 않았다.

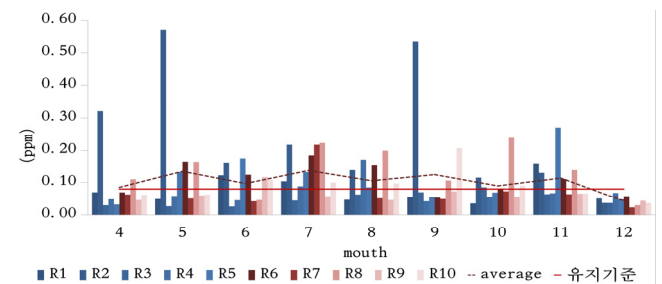


Fig. 2. Oneroom Indoor concentration of HCHO

##### (3) CO 농도 변화

이철구 등(2017)은 CO는 일반적인 건물에서 문제가 되는 유해가스이며 무색, 무취이면서 독성이 매우 강하며, 같은 농도의 CO라 하더라도 노출된 시간이 길수록 그만큼 위험하게 된다고 하였고, 포위(2021)는 원룸에서의 일산화탄소 발생원은 흡연 및 조리과정 및 환기 불량이라 하였다. <Fig.3>에서 나타난 바와 같이 CO는 매우 낮은 수치로 나타났으며, 환경부 유지기준인 10ppm를 초과하지 않았다. 본 연구에서는 오픈형 원룸 및 분리형 원룸 모두 전체 CO 평균값이 0.14ppm로 낮게 나타났으며, 차이가 없었다.

13) 이철구 외 5명, 건축환경의 이해, 세진사, 2017, p.153.

14) 포위, 전북대학교 주변 원룸의 환기평가와 CFD를 이용한 시뮬레이션 해석, 전북대학교 석사학위논문, 2021, p.68.

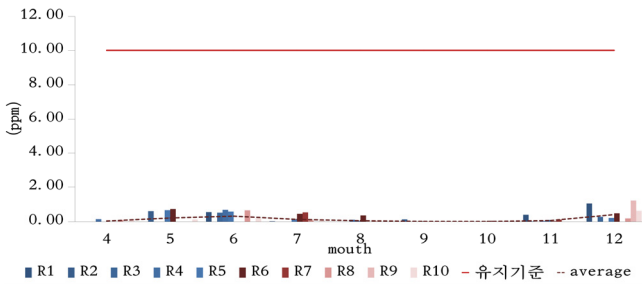


Fig. 3. Oneroom Indoor concentration of CO

#### (4) CO<sub>2</sub> 농도 변화

CO<sub>2</sub>는 인체호흡 또는 연소 기구에서 발생하는데 무색, 무미, 무취의 가스로서 자체의 독성은 크지 않으나 이산화탄소와 각종 공기 오염물질들과 관련성이 많아 실내공기오염을 대표하는 요소로 취급된다. <Fig.4>에서 나타난 바와 같이 전반적인 경향은 환경부 유지기준 1000ppm보다 평균값이 낮게 나타났으나, 여름철(7월, 8월)과 겨울철(11월, 12월)에 상대적으로 높게 나타났으며, 기준치도 약간 초과하였다. 이는 밀폐된 공간에서의 여름철 에어컨 가동과 겨울철 난방에서의 활동이 원인이라 생각된다. 또한 원룸 R2, R8등 몇몇 원룸에서의 유지기준 초과가 뚜렷했으며, 이는 환기 및 생활습관에서 나타난 개인차라고 생각된다. 오픈형 원룸 전체 CO<sub>2</sub> 평균값은 841.53ppm이었고 분리형 원룸 전체 평균값은 894.32ppm으로 나와 두 type간 차이는 크지 않았으며, 유지기준치 보다 낮았다.

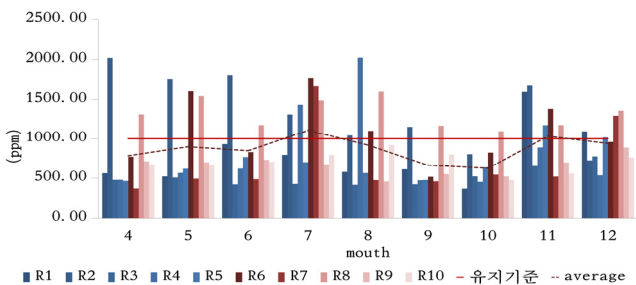


Fig. 4. Oneroom Indoor concentration of CO<sub>2</sub>

#### (5) PM<sub>2.5</sub> 농도 변화

미세먼지는 입자의 크기가 작아지면 작아질수록 폐속 깊숙이 유입되는 물론 유해성 가스나 중금속을 쉽게 흡착하여 인체에 전달하는 매개체가 되기도 한다. <Fig.5>에서 나타난 바와 같이 4월에서 10월까지는 평균치가 유지기준(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하지 않았으나 11월, 12월에 그 수치가 높아졌음을 알 수 있었으며 그 이유로 외부 온도 저하에 따른 환기 불량으로 짐작할 수 있었다. 초미세먼지 농도가 높아지는 원인은 실외 유입과 흡연 그리고 환기불량과 실내 요리 등(박수정 2019, 포위 2021)으로 보고되었다<sup>15)</sup>. 본 연구에서 수치가 높게 나타난 원룸을 조사한 결과 모두 기 보고된 원인과 같았으며, 특히 R1은 이러한 원인 외에 좁은 공간에 애완동물과 함께 생활하고

15) 박수정, 천식 환자 가정의 시간활동에 따른 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 농도의 연관성 분석, 순천향대학교 석사학위논문, 2019, pp.36-39.

있었다. 오픈형원룸 전체 PM<sub>2.5</sub> 평균값은 22.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, 분리형 원룸 전체 평균값은 25.65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나와 두 type간 차이는 크지 않았다.

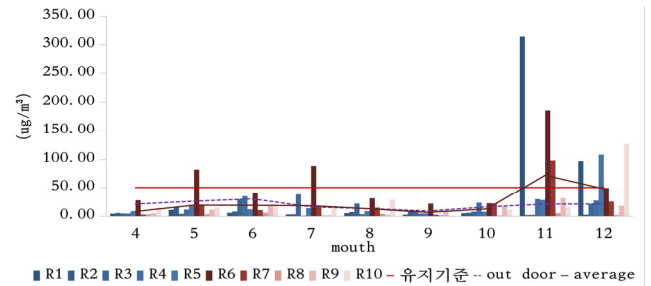


Fig. 5. Oneroom Indoor concentration of PM<sub>2.5</sub>

#### (6) PM<sub>10</sub> 농도 변화

거대입자 중 상대적으로 직경이 작은 2.5  $\mu\text{m}$ -10  $\mu\text{m}$ 의 중간 입자는 호흡 시 흡입 될 수 있으며 호흡기 계통의 질환을 가진 사람이 숨을 쉴 때 폐로 유입되는 경우 건강에 심각한 영향을 미칠 수 있다. <Fig.6>에서 PM<sub>10</sub>의 경향이 PM<sub>2.5</sub>와 같이 4월에서 10월까지는 평균치가 유지기준(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하지 않았으나, 11월, 12월에 그 수치가 높아졌음을 알 수 있었으며 그 이유 또한 외부 온도 저하에 따른 환기 불량으로 짐작할 수 있었다. 이처럼 PM<sub>10</sub>의 농도가 높아지는 원인은 환기불량과 재실활동이라 할 수 있으며, 본 연구에서 나타난 각 원룸에서의 계절별 경향과 수치는 PM<sub>2.5</sub>에서 나타난 경향과 수치와 거의 유사하였다. 오픈형 원룸 전체 PM<sub>10</sub> 평균값은 32.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 분리형 원룸 전체 평균값은 35.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나와 두 type간 차이는 크지 않았다.

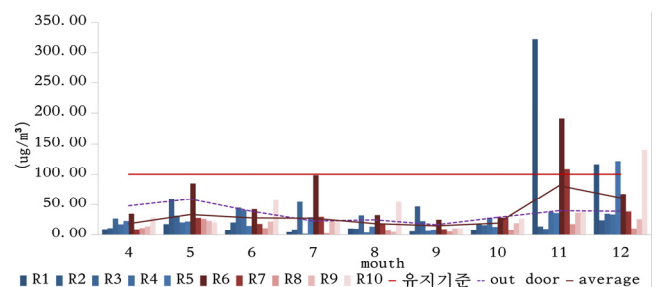


Fig. 6. Oneroom Indoor concentration of PM<sub>10</sub>

#### (7) 온·습도

<Fig.7(a)>에서 나타난 원룸 실내의 온도 변화는 외기의 영향을 받아 여름철에 높고 겨울철에 낮게 나타났으나 실외처럼 변화폭은 크지 않았으며, 이는 실내 활동을 함에 있어서 여름철 냉방 및 겨울철 난방이 주원인이었다. 오픈형 원룸 전체 평균 온도는 24.91°C였고, 분리형 원룸 전체 평균 온도는 24.56°C로 나타나 두 type간 차이는 거의 없었으며, 전반적으로 여름철을 제외한 대부분 외기보다 높게 실내 온도가 형성 되었다. <Fig.7(b)>에 나타난 실내 습도의 변화 또한 외기의 영향을 받아 여름철에 높고 겨울철에 낮게 나타났으며, 온도와는 달리 실내

습도의 변화폭은 온도 보다 크게 나타났다. 오픈형 원룸 전체 평균 습도는 57.99%였고, 분리형 원룸 전체 평균 습도는 53.99%로 나타나 두 type간 차이는 적었으나 오픈형 원룸이 분리형 원룸보다 4% 정도 높게 나타났다. 전반적으로 모든 원룸에서 외기보다 낮게 실내 습도가 형성 되었다. 계절별 평균 실내 습도는 봄과 가을철에는 쾌적 습도(40~60%) 범위에 있음을 알 수 있었고, 여름철에는 다소 높게, 겨울철에는 다소 낮게 형성되는 경향을 나타냈다. 염지선 (2011)은 주택 실내의 월 평균 온도는 외부온도보다 일 년 내내 높았고, 실내 월 평균습도는 외부습도 보다 항상 낮았다<sup>16)</sup>는 연구보고와 경향이 같았다.

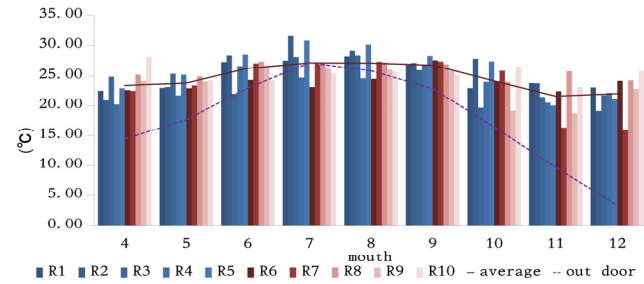


Fig. 7. (a). Oneroom Indoor concentration of Temperature

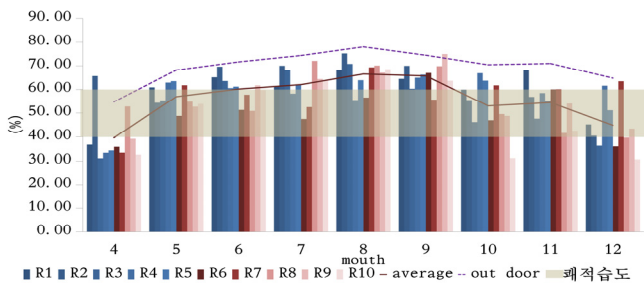


Fig. 7. (b). Oneroom Indoor concentration of Humidity

### 3.2. 통계 분석

오픈형 원룸과 분리형 원룸 간의 차이 유무를 분석하기 위해 T-test 분석을 하였다. <Table.3>에 서 알 수 있듯이 오픈형 원룸과 분리형 원룸의 오염물질 농도의 T-test 결과를 보면 휘발성유기화합물을 제외하고 모두  $p>0.05$ 으로 나타나 두 type간 뚜렷한 유의한 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 원룸 같은 좁은 공간에서 공기 오염 농도에 관여하는 것은 구조적인 차이보다는 환기, 흡연, 요리시간 등 개인적인 요소가 더 큼을 알 수 있었다. 실내 공기 오염 요소 간에 미치는 영향을 확인하기 위하여 Pearson 상관분석을 실시하여 <Table.4>에 나타내었다.

Table 3 T-test results between different types of indoor pollutants

	Pair	t	p
Open type	PM2.5	-1.296	0.195
	PM10	-0.961	0.337
Oneroom	HCHO	1.686	0.092
	VOC	4.141	0.000
Separation type	CO2	-1.177	0.240

16) 염지선, 이기영, 주택 실내의 1년간 온, 습도 변화[J]. 대한보건협회 보건종합 학술대회, 2011(0), 2011, p.126.

Table 4. Correlation between indoor pollutants

	PM2.5	PM10	HCHO	VOC	CO2	Temp
PM10	0.000***					
HCHO	0.012	0.000***				
VOC	0.000***	0.000***	0.000***			
CO2	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***		
Temp	0.000***	0.000***	0.011*	0.000***	0.060	
RH	0.357	0.799	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***

N=1170

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

<Table 4>에서 나타났듯이 각 오염 요소 간에 매우 높은 상관성이 있는 것으로 확인 할 수 있었다. 특히 PM2.5와 PM10은 상관관계수가 .943( $p<0.001$ )으로 가장 높은 상관관계를 나타냈으며, 그 뒤 HCHO와 VOC가 .526( $p<0.001$ )으로 그 뒤를 이었다. 이처럼 PM2.5와 PM10, HCHO와 VOC는 서로 간에 발생요소가 밀접한 관계가 있으며, 이는 서로 간 오염 발생 원인과 환경적 요인에서 나타난 결과가 비슷하다는 것을 말해준다. 발생 원인으로서는 실내 활동, 밀폐된 공간, 가구 및 벽지에 사용되는 화학 물질 등을 들 수 있으며 <Fig. 1,2,3,4,5,6>의 설명에서 언급하였다. 환경적 요인은 대표적으로 온도 및 습도 등을 들 수 있다. <Table 4>에 나타난 것처럼 환경적 요인 중 온도는 CO2를 제외한 모든 오염원과 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있었다. PM2.5와 PM10은 외부 온도 저하에 따른 환기 불량과 겨울과 봄철에 발생하는 미세먼지 영향으로 짐작 할 수 있으며, HCHO와 VOC는 증기압이 높아 대기 중으로 쉽게 휘발되는 물질로 온도에 영향이 크다 할 수 있다. 또한 습도는 PM2.5와 PM10( $p<0.05$ )을 제외한 HCHO, VOC, CO2 그리고 온도와 높은 상관관계( $p<0.001$ )가 있음을 알 수 있었다. 이는 우리나라는 여름철이 고온 다습하고, 겨울철에는 저온 저습한 경향으로 온도와 습도가 매우 밀접한 관계가 있음을 알 수 있으며, 온도와 밀접한 관계가 있는 HCHO, VOC 또한 습도와도 높은 상관관계가 있음을 알 수 있다. 또한 좁은 공간에서의 채실자의 수와 채실 시간의 증가는 상대습도의 증가와 관련성이 있으며, 이는 CO2 농도와도 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다.

### 3.3 설문조사 분석

본 연구의 설문조사는 J대학교 주변 원룸 거주자 100명을 무작위 선정하여 설문조사를 조사를 실시하였다. <Fig.8>에 나타난 바와 같이 코로나19 시기를 맞이하여 코로나 이전 시기보다 채실시간이 증가하였다는 응답자(72%)가 증가하지 않았다는 응답자(28%) 보다 많았으며, 채실시간 증가 정도는 4시간미만이 39%로 가장 많았으며, 6시간미만이 33%, 8시간미만이 16%, 2시간미만이 7%의 순으로 나타났다<Fig. 9>. 코로나 시기 원룸에서의 취사횟수 증감을 <Fig. 10>에 나타냈으며, 65%가 취사 횟수가 증가 하였다고 하였다. 이 중 매일 취사를 하는 거주자가 33%, 자주 취사 한다는 거주자가 57%, 가끔 한다는 거주자가 10%로 자주 취사한다는 거주자가 가장 많았다<Fig. 11>. 코로나 기간 실내 환기 시간 증감에 대해서는 응답자의 80%가 증

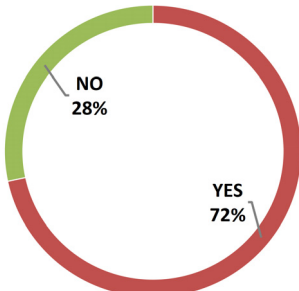


Fig. 8. Is the time in the room increased

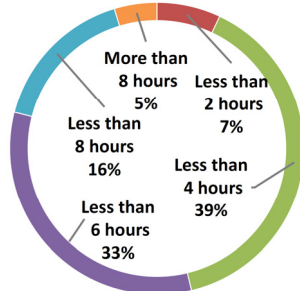


Fig. 9. Increase by a few hours

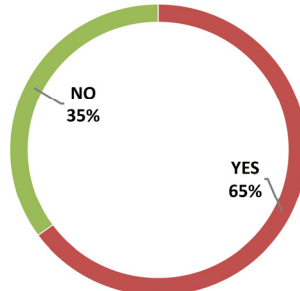


Fig. 10. Does cooking frequency increase

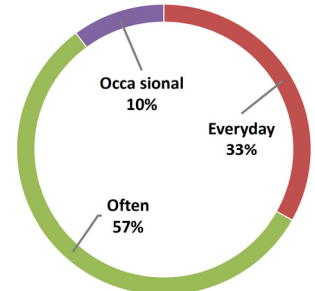


Fig. 11. The degree of increase in the number of cooks

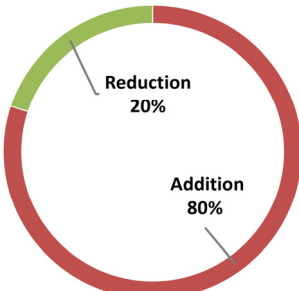


Fig. 12. During the COVID-19 period, whether the daily ventilation time increased than before COVID-19

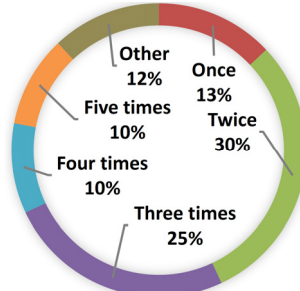


Fig. 13. How many times a day during COVID-19

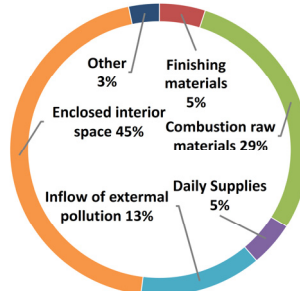


Fig. 14. Awareness of indoor pollutant sources.

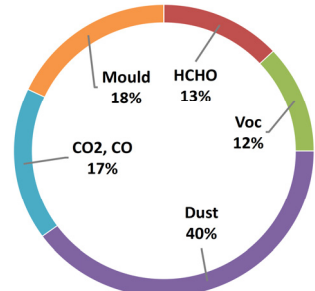


Fig. 15. The kind of substance are most concerned about among air quality pollutants

가하였다고 하였으며, 20%는 감소하였다고 하였다<Fig. 12>. 또한 코로나시기 하루 환기 횟수는 평균 두 번 정도가 30%로 가장 많았으며 세 번 정도가 25%, 네 번과 다섯 번이 10% 순이었다<Fig. 13>. 지금 살고 있는 원룸에서 실내 공기오염을 증가시키는 주요 원인이 무엇인가에 대한 설문을 <Fig. 14>에 나타냈으며, 밀폐된 실내 공간이 45%로 가장 많았으며, 그 다음으로 연소기구(29%), 외부 오염된 공기(13%) 순이었다. 또한 오염 물질 중 가장 걱정되는 물질이 무엇인가라는 조사에서 40%가 실내먼지(PM2.5, PM10)였으며 다음으로 18%가 곰팡이, 17%가 CO, CO<sub>2</sub>였으며 그다음으로 포름알데히드, 휘발성유기화합물 순이었다. 설문 조사에서 나타난 바와 같이 코로나 시기를 맞이하여 원룸에 거주하는 학생들은 재실시간 증가와 함께 원룸에서의 취사횟수가 늘어났으며, 하루 환기 횟수가 2번 정도로 증가하였다고 하였다. 또한 실내 공기오염 주요원인을 밀폐된 실내공간이라 하였으며 실내에서 발생하는 미세먼지가 가장 건강에 해롭다고 하였다.

### 3.4 위해성 평가

각 원룸별 오염물질 측정 결과 위해성이 높고 대부분 유지기준을 초과한 포름알데히드에 대해 건강위해성 평가를 실시하였다. 건강위해성 평가는 <Table 2>을 참고하여 초과발암위해도(Excess cancer risk, ECR)를 산출하였다.

<Fig. 16>에 보는 바와 같이 대부분 원룸에서 허용위해도 범위( $10^{-6}$ - $10^{-4}$ )를 유지하여 나타났으나, 몇몇 원룸에서는 허용위해도 범위를 초과하였다. 특히 원룸 R2가 가장 눈에 띄게 큰 수치로 나타났다. R2의 5월 평균 ECR은  $3.91E^{-4}$ 로 5월 최저

수치인 R3의 ECR 수치보다 30배가 높았다. 9월에도 나타난 R2의 ECR 수치가  $3.65E^{-4}$ 로 나타나 9월에 측정된 다른 주거공간에 비해 매우 높았으며, 특히 원룸 R4보다 23배를 초과하였다. R2 수치는 거주자 평생 초과발암위해도에서 1만명 당 4명으로 산출되어 허용 위해도를 초과하였다. R8 또한 R2 다음으로 다른 공간보다 높은 ECR 결과로 나타났다. 특히 10월에는  $2.01E^{-4}$ 로 나타나 10월에 측정된 R7보다 6배 높았으며, 7월에는  $1.87E^{-4}$ 로 나타나 R9보다 4배 높게 나타났다.

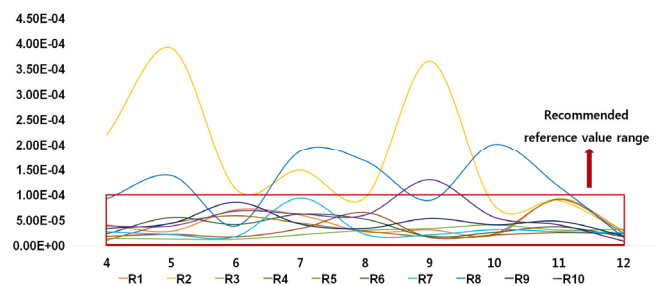


Fig. 16. Results of Health Risk Assessment

## 4. 결론

본 연구는 포스트 코로나 시대에 대학 주변 원룸의 실내공기질 오염물질 현황을 조사하여 실내 오염물질 농도분석, 통계분석, 설문조사 그리고 위해성 평가를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 실내 오염물질 중 가스상 오염물질인 VOC와 HCHO의 농

도는 대부분의 원룸에서 평균치가 환경부 권고기준(VOC: 0.12ppm, HCHO: 0.08ppm)을 초과하였다. CO<sub>2</sub> 농도는 전반적으로 환경부 유지기준(1000ppm)보다 평균값이 낮게 나타났으나, 여름철과 겨울철에는 상대적으로 높았으며, 밀폐된 공간에서의 냉난방 가동이 원인이라 생각된다. CO는 매우 낮은 수치로 나타났으며, 환경부 유지기준(10ppm)을 초과하지 않았다. 입자상 오염 물질인 PM<sub>2.5</sub>와 PM<sub>10</sub>은 모두 4월에서 10월까지는 평균치가 유지기준(PM<sub>2.5</sub>: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM<sub>10</sub>: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하지 않았으나 11월과 12월에 그 수치가 높아졌음을 알 수 있었으며, 외부온도 저하에 따른 환기불량이 원인으로 생각된다. 온도와 습도의 실내 변화는 외기의 영향을 받아 여름철에는 높게, 겨울철에는 낮게 형성이 되었다. 월별 평균 실내 온도는 외기보다 높게, 실내습도는 외기보다 낮게 형성이 되었으며, 냉난방의 영향으로 월별 온도의 변화의 폭은 적었다.

2) 오픈형 원룸과 분리형 원룸 간의 오염물질 농도 차이를 알기 위하여 T-test 분석을 하였으며 두 type간 뚜렷한 차이가 없음을 알 수 있었으며, 이는 좁은 공간에서의 오염 농도에 관여하는 것은 구조적인 차이보다는 개인 생활습관 차이가 더 컸음을 알 수 있었다. 실내공기 오염물질 요소간의 상관관계는 대부분 매우 높은 상관성이 있는 것으로 나타났으며, 특히 PM<sub>2.5</sub>와 PM<sub>10</sub>, HCHO와 VOC 사이는 매우 높은 상관관계로 나타났다. 온도는 CO<sub>2</sub>를 제외한 모든 오염원에서 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있었으며, 습도는 PM<sub>2.5</sub>와 PM<sub>10</sub>을 제외한 모든 오염원에서 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

3) 코로나 이전과 이후를 비교하는 설문조사에서 학생들은 재실시간 증가와 함께 원룸에서의 취사횟수가 늘었으며, 하루 환기 횟수가 2번 정도로 증가하였다고 하였다. 또한 실내 공기 오염 주요원인을 밀폐된 실내공간이라 하였으며, 실내에서 발생하는 미세먼지가 가장 건강에 해롭다고 하였다.

4) 위해성 평가는 위해성이 높고 대부분 환경부 유지기준을 초과한 포름알데히드에 대해 건강위해성 평가를 실시하였다. 대부분 원룸에서 허용위해도 범위( $10^{-6}$ - $10^{-4}$ )를 유지하여 나타났으나, 몇몇 원룸에서는 허용위해도 범위를 초과하였다. 특히 원룸 R2가 가장 눈에 띄게 큰 수치로 나타났다. 5월 R2 평균 ECR수치는  $3.91\text{E}^{-4}$ , 9월 평균 ECR수치는 나타난 ECR 수치가  $3.65\text{E}^{-4}$ 로 나타나 다른 주거공간에 비해 매우 높았다. R2 수치는 거주자 평생 초과발암위해도에서 1만명 당 4명으로 산출되어 허용 위해도를 초과하였다. R8 또한 R2 다음으로 다른 공간보다 높은 ECR 결과가 나타났으며, 특히 10월에는  $2.01\text{E}^{-4}$ 로 나타나 10월에 측정된 R7보다 6배 높았다.

이와 같이 본 연구 결과 원룸형 주택의 실내 공기질 관리의 문제점 및 개선 방향을 다음과 같이 제시한다.

첫 번째, 건물의 건축 구조적인 문제로서 밀집된 건물 및 취약한 환기 배출 구조이며, 이는 근본적인 문제로서 많은 논의가 필요하며 이에 따른 필요한 법률개정등의 대책이 요구된다.

두 번째, 거주자의 생활 습관 문제로서 자주 환기를 하는 습관이 필요하며 특히, 흡연 및 취사 시 환기를 동반한 생활 습관

이 필수적으로 요구된다. 또한 금연 건물 지정도 하나의 방법이 될 수 있다.

세 번째, 가구 및 실내 마감재에서 나오는 공기 오염 물질이다. 이는 주택 건축 시 친환경 건축 마감재 사용 및 잦은 환기가 요구된다.

실내 공기질 관리는 포스트 코로나 시대를 맞이하여 국민 건강의 핵심 요소이다. 본 연구가 원룸형 주택의 실내 공기질 관리 및 개선을 위한 유용한 자료로 이용되길 기대한다.

## 참고문헌

1. 김현주 외 3인, 한국의 주거환경에서 실내공기 중 유해물질 저감에 미치는 환기의 영향, 분석과학, 33(1), 2020.
2. 남기철, 주택 실내 공기환경 실태조사에 관한 기초연구, 서울과학기술대학교 석사학위논문, 2017.
3. 박수정, 천식 환자 가정의 시간활동에 따른 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 농도의 연관성 분석, 순천향대학교 석사학위논문, 2019.
4. 염지선, 이기영, 주택 실내의 1년간 온, 습도 변화, 대한보건협회 보건종합학술대회, 2011(0), 2011.
5. 이시내, 박진철, 이연구, 거주후 평가를 통한 공동주택의 실내환경 성능 평가요소 분석에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, 31, 2011.
6. 이철구 외 5명, 건축환경의 이해, 세진사, 2017.
7. 장하나, 김진영, 권오정, 오피스텔의 실내공기환경 개선에 관한 연구: 거주자의 의견과 요구사항을 중심으로, 한국주거학회논문집, 18(1), 2007.
8. 정경윤, 오피스 건물의 실내 공기환경 실태조사에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 2013.
9. 최윤정, 이미지, 홍진원, 거주중인 원룸형 다가구주택의 건축경년에 따른 실내공기질 비교, 한국생활과학회 학술대회논문집, 2013(5), 2013.
10. 포위, 전북대학교 주변 원룸의 환기평가와 CFD를 이용한 시뮬레이션 해석, 전북대학교 석사학위논문, 2021.
11. 한정우, 신축 원룸형 다가구 주택의 실내공기질에 관한 연구, 서울과학기술대학교 석사학위논문, 2017.
12. Bae, H. J., Effects of Short-term Exposure to PM 10 and PM 2.5 on Mortality in Seoul, Journal of Environmental Health Sciences, 40(5), 2014.
13. Cho, Kyunghwa, Soonjung Kwon, Minki Sung and Sunsook Kim, Analysis of Indoor Air Quality in Vulnerable Facilities According to Building Characteristics, Journal of The Korea Institute of Healthcare Architecture, 23(2), 2017.
14. Jang, J. Y., Kim, S. Y., Kim, S. J. et al., General factors of the Korean exposure factors handbook, J Prev Med Public Health, 47(1), 2014.
15. Korea Environment Corporation(KECO), Multi-use indoor air quality consulting business: Elderly care facility, day care center, postnatal care center, 2011.
16. Won, S. R., Lim, J. Y., Shim, I. K. et al., Characterization of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> concentration distribution at public facilities in Korea, J. Korean Soc. Indoor Environ, 9(3), 2012.

접 수 일 자 : 2022. 07. 08

초 심 환 료 일 자 : 2022. 07. 29

게 제 확 정 일 자 : 2022. 08. 01