

ISSN 1738-8716(Print)

ISSN 2287-8130(Online)

Particle and Aerosol Research

Part. Aerosol Res. Vol. 17, No. 4: December 2021 pp. 107-114

<http://dx.doi.org/10.11629/jpaar.2021.17.4.107>

## 거실의 공기청정기가 거실과 침실의 초미세먼지 농도 저감에 미치는 영향

지 준 호<sup>1)\*</sup> · 주 상 우<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(주)에코픽처스

(2021년 11월 3일 투고, 2021년 11월 22일 수정, 2021년 11월 23일 게재확정)

### Effect of living room air purifier on reducing PM<sub>2.5</sub> in living room and bedroom

Jun-Ho Ji<sup>1)\*</sup> · Sang-Woo Joo<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>*EcoPictures Co., Ltd., Korea*

(Received 3 Nov 2021; Revised 22 Nov 2021; Accepted 23 Nov 2021)

#### Abstract

In this study, the effect of the air purifier located in the living room on the reduction of PM<sub>2.5</sub> concentration in the living room and bedroom was investigated. Measurements were carried out in real-life for about 2 weeks in a Korean apartment building where a 3-person household had lived and the exclusive private area was 84.9 m<sup>2</sup>. When the air purifier in the living room was operating, the change in PM<sub>2.5</sub> concentration was measured when the door to the bedroom connected to the living room was opened and closed. In the case of living with the bedroom door open, the average PM<sub>2.5</sub> concentrations in the living room and bedroom were almost the same. When living with the bedroom door closed, the average PM<sub>2.5</sub> in the living room was higher than in the bedroom. The ventilation and cooking effects in the living room mainly affected the PM<sub>2.5</sub> concentration in the living room. Only one air purifier in the living room was able to keep the PM<sub>2.5</sub> concentration in the living room and bedroom low.

**Keywords:** Air purifier, PM<sub>2.5</sub> concentration, Living room, Bedroom, Apartment building

---

\*Corresponding author.

Tel : +82-2-6959-5899

Email : [caputjun@gmail.com](mailto:caputjun@gmail.com)

## 1. 서 론

통계청의 2014년 분석 결과에 따르면 한국 성인은 평일에 14.9 시간, 하루 중 62.1%의 시간을 자택에 머물렀다. 주말에는 주택 내에서의 활동이 평일에 비해 많았고, 16.5 시간 하루 중 68.6% 동안 체류하였다(Yoon et al., 2017). 이와 같이, 사람들이 오랜 시간 주택 내에 머무르기 때문에 주택 내 미세먼지나 초미세먼지의 농도를 관리하는 것은 매우 중요하다.

주택에서 공기청정기를 사용하면 초미세먼지의 재실자 노출 감소에 효과적일 것으로 기대되지만, 실제 주택 내에서 공기청정기의 효과에 대한 신뢰성 있는 실증 데이터가 부족하고, 소비자들이 공기청정기를 선택할 수 있는 기준이나 사용 지침에 대한 구체적인 정보는 많지 않다. 특히, 공기청정기의 사용 효과에 대한 신뢰성 있는 실증 연구를 찾기 어려웠는데, 이것은 공기청정기의 효과가 복잡한 변수에 의해 영향을 받기 때문이다. 주택 내 사용 공간의 면적, 창틈이나 문틈이 주로 영향을 미치는 사용공간의 기밀도, 공기청정기 사용면적 등과 같이 고정된 변수에만 영향을 받는 것이 아니라, 바깥 미세먼지의 농도와 크기분포, 풍향 및 풍속 등의 기상상태와 실내의 온도차 등 외부 공기의 실내 유입에 영향을 주는 인자, 환기 방식과 조리 방식 등 주택 재실자의 행동 방식 등 다양한 변수가 실내 미세먼지와 초미세먼지 농도에 복합적으로 영향을 준다. 또한 공기청정기의 처리용량이 공기청정기의 사용면적만으로 결정되는 것이 아니라, 운전 풍량이나 자동운전 설정 등 공기청정기를 사용하는 방식에도 영향을 받기 때문에, 신뢰성 있는 데이터를 분석하여 제공하기 어려웠을 것으로 생각된다.

바깥의 미세먼지가 실내로 유입되는 특성에 관한 연구는 다양하게 진행되어 왔다. 대기 미세먼지는 창과 문이 닫힌 상태에서도 창틈과 문틈을 통해 실내로 유입될 수 있고(Chao et al., 2003), 침기와 입자의 침착이 고려된 유입계수로 나타낼 수 있다(Long et al., 2001; Nazaroff, 2004). 실내 조리 종류에 따라 실내 미세먼지 농도를 크게 높일 수 있다는 실증 연구 또한 다양하게 보고되었다(Li et al., 1993; He et al., 2004). 본 연구진은 이전 연구에서 우리나라 대표 아파트에 대한 미세먼지 농도 특성을 분석하기 위해 실증 측정 연구를 수행

하였는데, 국내 대표 주택의 기밀도를 측정하였고, 바깥 미세먼지의 실내 유입 특성과 외부 풍속의 상관성을 분석하여 주택의 기밀도의 영향이 실내 초미세먼지 농도에 크게 영향을 미치는 것을 확인하였다(Joo and Ji, 2019). 또한, 실증 측정을 통해 아파트 주방에서 이루어지는 다양한 조리의 영향이 실내 미세먼지의 농도와 크기분포에 미치는 영향을 확인하였다(Joo and Ji, 2020). 이와 같은 다양한 변수들은 실생활에서 실내 미세먼지나 초미세먼지의 농도에 직접 혹은 간접적으로 영향을 미치게 된다. 공기청정기의 실증 연구를 수행하고 분석하기 위해서는 이와 같은 주택 기밀 특성과 초미세먼지 발생원에 대한 이해가 필요하다.

많은 소비자들은 거실에 공기청정기 1대를 사용하기도 하고, 거실과 각 방에 공기청정기를 각각 동시에 사용하기도 한다. 하지만, 거실에 설치된 공기청정기가 각 방의 초미세먼지를 얼마나 감소시킬 수 있는지에 대한 데이터가 부족하여 불안감으로 방마다 공기청정기를 설치하여 사용하기도 한다. 실내 초미세먼지 농도에 대한 공기청정기의 효과를 측정하고 분석하는 여러 실증 측정 연구가 있었지만, 사람들이 거주하는 실생활 조건에서 환기나 조리 등 사람들의 활동을 포함하고, 주택의 자체 기밀도와 기밀도에 영향을 미치는 외기 풍속 등의 영향, 사용면적과 운전 풍량 등 공기청정기의 운전 특성을 확인하여 공기청정기의 효과를 실증 분석한 연구는 찾기 어려웠다.

본 연구에서는 거실에 설치된 공기청정기가 거실과 침실의 초미세먼지 농도 저감에 미치는 영향을 실증 측정하였다. 측정 대상 주택은 국내에 가장 많은 가구가 거주하는 아파트를 대상으로 하였다. 분석 과정에서, 환기나 조리 등 거주자의 활동, 거실과 침실의 기밀도 특성을 고려하였고, 외기 풍속의 변화의 영향 또한 검토하였다. 공기청정기의 가동 유무와 거실과 연결된 침실의 방문을 열어둔 경우와 닫은 경우에 대해 거실에서 가동되는 공기청정기의 효과를 분석하여 거실 공기청정기의 사용 방안을 제안하였다.

## 2. 실험 방법

본 연구는 경기도 용인의 아파트 단지에 위치한 전용면적 84.9 m<sup>2</sup>의 주택에서 이루어졌다. 주택의

거실(40.3 m<sup>2</sup>, 약 12평)에서 진행되었고, 주택의 구조와 측정 장치의 위치는 그림 1에 나타났다. 실증 측정은 2019년 4월 5일 ~ 2019년 4월 17일까지 2 주 동안 이루어졌다. 측정기간 동안 주택에는 재실자 3명이 거주하였고, 공기청정기의 가동 유무와 거실과 연결된 침실의 방문을 열어둔 경우와 닫은 경우의 영향을 확인하였다. 그림 1은 대상 아파트의 구조와 공기청정기의 위치, 거실과 침실의 미세먼지 측정기의 위치를 나타낸다. 초미세먼지의 농도는 실시간 측정이 가능한 2 대의 OPC (Optical particle counter, Model 11A, Grimm, Germany)를 이용하여 1분 단위로 연속 측정하였다. 거실과 침실에서 바닥으로부터 약 1.0 m 높이에서 측정하였다. 초미세먼지 유입 특성 분석에 쓰인 1 시간 단위의 대기 미세먼지 농도는 대상 주택에서 동서남북으로 반경 약 7 km 이내에 위치한 한국환경공단 관측소들 다섯 곳(기흥, 김량장동, 동탄, 영통동, 중부대로)의 건조 질량농도를 관측소 간 비교하고, 농도변화를 살펴 지역의 전반적인 추세에 어긋나는 데이터가 없는지를 확인하고 평균하여 사용하였다. 외부 풍속값은 기상청 측정소의 자료를 이용했다. 측정 프로세스에 대한 상세한 내용은 Joo and Ji (2019)를 참조하면 된다. 실증 측정에 사용된 공기청정기는 정격 풍량에서 적용면적이 60 m<sup>2</sup>과 32 m<sup>2</sup>인 두 대의 공기청정기를 사용하였고, 각각 운전 풍량 조건에서 계산한 성능 조건은 사용면적 대비 약 80%(32 m<sup>2</sup>)와 40%(16 m<sup>2</sup>)였다.

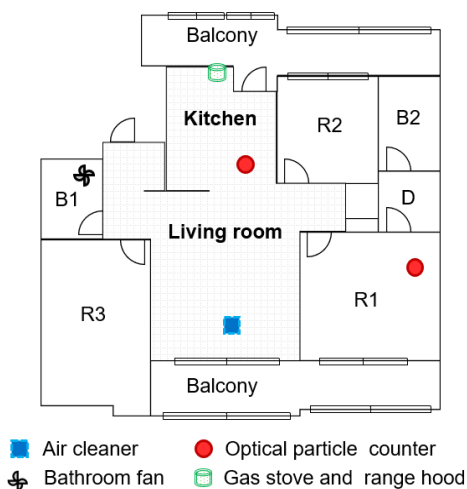


Figure 1. A layout of the apartment house and the arrangement of research devices.

### 3. 결과 및 토의

#### 3.1 공기청정기를 사용하지 않은 조건의 거실과 안방의 초미세먼지 농도 측정 예

먼저 공기청정기를 사용하지 않은 경우, 거실과 침실의 초미세먼지 농도 특성을 확인하였다. 그림 2는 공기청정기를 가동하지 않았을 때, 침실의 방문이 열린 경우와 닫힌 경우에 대한 24 시간 측정 결과의 대표 실측 예이다.

침실 방문이 열린 8일 10시에서 13시 사이와 9일 8시에서 10시 사이에는 거실 창문을 열어 환기하였고, 바깥의 초미세먼지 농도와 거실과 침실의 농도가 거의 같았다. 거실의 초미세먼지 농도와 침실의 초미세먼지 농도가 비슷하거나 거실의 농도가 약간 높게 나타났다. 방문이 열려있기 때문에 침실과 거실 간의 공기 흐름이 만들어져 섞이고, 실내 초미세먼지도 공기의 흐름과 일부 확산의 영향으로 거실과 침실의 농도가 비슷하게 된다.

그림 2의 8일 14시부터 9일 8시까지 침실의 방문이 닫혀있는 경우, 거실의 초미세먼지 농도가 침실보다 높았다. 거실과 침실의 초미세먼지 농도는 모두 바깥 보다 낮았는데, 이것은 창문을 닫은 경우 창틈이나 문틈으로 외부 공기가 유입되는 과정에서 초미세먼지의 상당량이 제거되기 때문이다 (Joo and Ji, 2019). 실외에 바람이 세게 부는 경우 (평균풍속 2 m/s 이상) 실내 초미세먼지의 농도는 외부의 60~70% 수준인 반면, 바람이 잠잠한 경우 (평균풍속 1 m/s 이하) 외부의 50% 이하로 감소하는 것을 알 수 있다. 측정 주택에서 대기의 바람속도에 의한 영향은 Joo and Ji (2019)에 상세히 설명되어 있다. 그림 2에서 9일 3시부터 8시까지 바깥의 바람속도가 1 m/s 이하에서 4 m/s로 서서히 증가하는 과정에서 바깥에서 실내로 유입되는 공기량이 증가함에 따라 거실의 초미세먼지 농도가 높아지는 것을 확인할 수 있었지만, 침실의 경우 외기의 바람속도의 영향을 거의 받지 않았고, 초미세먼지 농도가 유지되는 것을 확인할 수 있다. 취침 시간인 8일 22시부터 9일 7시까지 거실에서 환기나 조리 등의 활동이 없는 조건에서도 거실과 연결된 침실의 방문을 닫은 경우, 침실의 초미세먼지 농도는 거실보다 낮았다. 이것은 침실의 기밀도가 거실보다 높기 때문이다. 즉, 침실의 경우 창틈

으로 외부의 공기가 적게 들어오고, 들어오는 과정에서 초미세먼지가 더 많은 비율로 제거되기 때문이다. 24시간 평균 데이터를 살펴보면, 바깥 초미세먼지 농도 대비 실내 초미세먼지 농도의 비율은 거실의 경우 79.5%였고, 침실의 경우 51.6%였다. 침실 대비 거실의 초미세먼지 평균 농도가 154%로 높았다. 상세한 데이터는 표 1에 정리하였다.

### 3.2 거실에 공기청정기를 사용하는 조건의 거실과 안방의 초미세먼지 농도 특성 예

침실의 방문을 열어둔 경우와 닫은 경우에 대해 공기청정기의 초미세먼지 저감 특성을 분석하였다. 공기청정기의 영향으로 거실과 침실 모두 바깥에 비해 초미세먼지 농도를 낮게 유지할 수 있었다. 그림 3은 사용면적의 40%에 해당하는 운전조건으로 공기청정기를 24시간 가동한 날의 예이다. 가로축은 날짜와 시간을 나타내고, 왼쪽 세로축은 초미

세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 농도를, 오른쪽 세로축은 대기의 풍속을 나타낸다. 거실과 침실의 초미세먼지 측정값은 1분 평균 데이터를 사용하였고, 대기 데이터는 기상측정소의 1 시간 평균 데이터를 사용하였다.

16일 8시부터 20시까지는 방문이 열린 상태로 거실과 침실의 초미세먼지 농도가 거의 비슷했고, 공기청정기의 효과로 바깥에 비해 매우 낮게 유지되었다. 조리나 환기의 경우에 거실의 농도가 순간적으로 높게 나타나는 경우가 많았지만, 시간이 지나면 그림과 같이 거실과 침실의 초미세먼지 농도는 비슷해졌다. 16일 11시부터 20시까지는 사람들이 외출한 경우로 거실과 침실의 초미세먼지 농도가 비슷했다.

사람들이 귀가하여 방문을 닫고 생활한 16일 20시에서 17일 8시까지, 환기와 조리 활동이 진행되면서 공기청정기가 가동되는 거실의 농도가 침실

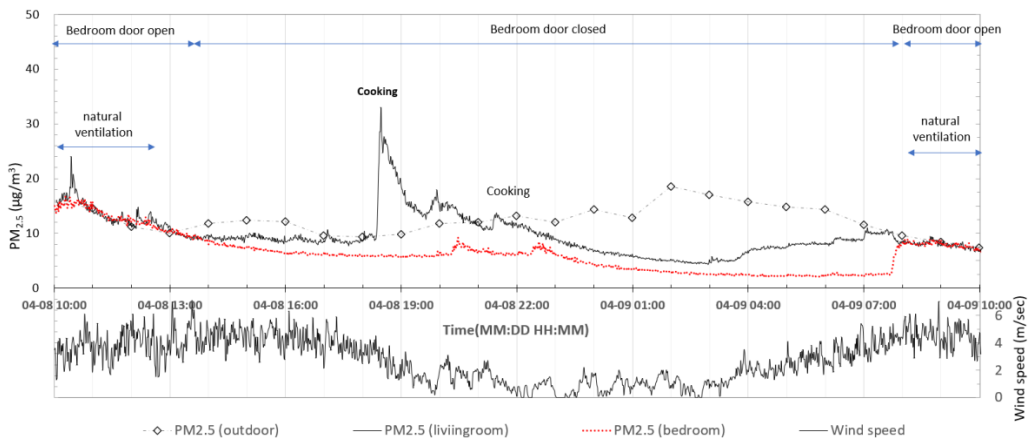


Figure 2. PM<sub>2.5</sub> changes in livingroom and bedroom (not operating air purifier).

Table 1. 24-hour average data and conditions for PM<sub>2.5</sub> measurements.

	PM <sub>2.5</sub> , µg/m <sup>3</sup> (I/O ratio)			PM <sub>2.5</sub> ratio (Livingroom/bedroom)	Wind speed (m/sec)	
	Outdoor	Livingroom	Bedroom			
Air purifier off	12.3	9.8 (79.5%)	6.3 (51.6%)	1.54	2.8	
Air purifier on	40% applied area	16.4	4.3 (26.2%)	3.6 (21.8%)	1.20	1.4
	80% applied area	32.2	8.2 (25.5%)	6.6 (20.7%)	1.24	1.6

의 농도보다 평균적으로 높게 나타났다. 이것은 거실의 활동이 침실보다는 거실의 초미세먼지 농도에 상대적으로 큰 영향을 미치기 때문이다. 환기나 조리가 끝나고 시간이 충분히 지나면 거실의 공기청정기의 영향으로 거실의 초미세먼지 농도가 침실보다 낮아졌지만, 침실 또한 거실의 공기청정기 영향으로 초미세먼지 농도를 공기청정기를 사용하지 않는 경우보다 더 낮게 유지할 수 있었다. 대략 외부에서 침입하는 공기량에 따라 실내 초미세먼지 농도는 바깥 초미세먼지 농도의 12~40% 수준이었다. 24시간 평균 데이터를 살펴보면(표 1 참조), 바깥 초미세먼지 농도 대비 실내 초미세먼지 농도의 비율은 거실의 경우 26.2%였고, 침실의 경우 21.8%였다. 침실 대비 거실의 초미세먼지 평균 농도가 20% 정도 높았는데, 거실에서의 환기나 조리의 영향 때문이다.

그림 4는 사용면적의 80%에 해당하는 운전조건으로 공기청정기를 24 시간 가동한 날의 예이다. 공기청정기의 영향으로 거실과 침실 모두 초미세먼지 농도가 바깥에 비해 매우 낮게 유지되었다. 12일 10시부터 19시까지 침실의 방문을 열고 거실에 설치된 공기청정기를 작동한 경우, 공기청정기를 운전하지 않은 그림 2와 사용면적이 40% 용량의 공기청정기를 사용한 경우인 그림 3의 경우와 마찬가지로 거실과 침실의 초미세먼지 농도가 비슷하게

나타났다. 12일 16시 30분부터 19시까지의 거실 측정 데이터의 손실로 그림 4에 나타나지 못했지만, 조리가 시작되기 전까지 농도가 비슷하게 나타나는 것을 확인했다. 12일 12 ~ 13시 사이에 창문을 열어 환기하는 동안에는 거실과 침실의 초미세먼지 농도는 모두 바깥 농도 수준으로 증가했다. 창문을 닫자 공기청정기 영향으로 실내 농도가 급격히 감소하였는데, 시간 차이가 약간 있었지만 거실과 침실의 초미세먼지의 농도가 일정한 수준으로 함께 감소하였다. 이 때, 공기청정기가 설치된 거실의 농도가 상대적으로 빨리 감소하는 것을 확인할 수 있지만, 침실의 초미세먼지 농도 또한 약 10분 후에 비슷한 농도로 감소하였고 일정한 시간이 지나면 거실과 침실의 농도가 거의 같아졌다.

12일 19시부터 13일 10시까지 침실의 방문을 닫고 거실에 설치된 공기청정기를 작동한 경우, 환기와 조리 활동이 진행되면서 공기청정기가 가동되는 거실의 농도가 침실의 농도보다 평균적으로 높게 나타났다. 거실에 공기청정기가 작동함에 불구하고 거실의 초미세먼지 농도는 환기나 조리에 직접적인 영향으로 급격하게 농도가 증가한 반면, 방문이 닫힌 상태의 침실은 거실의 급격한 농도 변화의 영향을 적게 받았다. 하지만 환기와 조리가 끝나고 시간이 지난 후에는 공기청정기의 효과로 거실의 초미세먼지 농도가 지속적으로 낮아져서

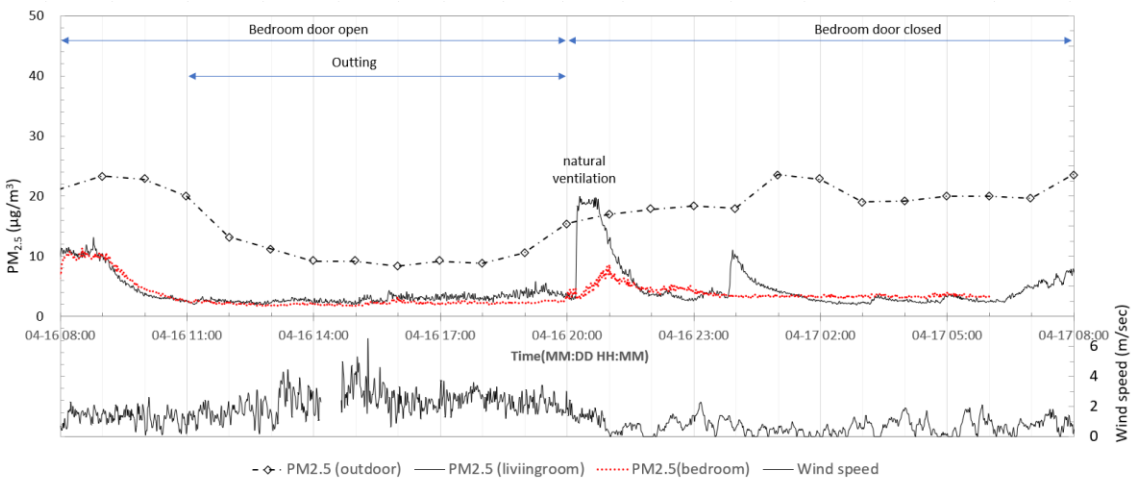


Figure 3. PM<sub>2.5</sub> changes in livingroom and bedroom (operating an air purifier in the livingroom, air purifier with 40% applied area).

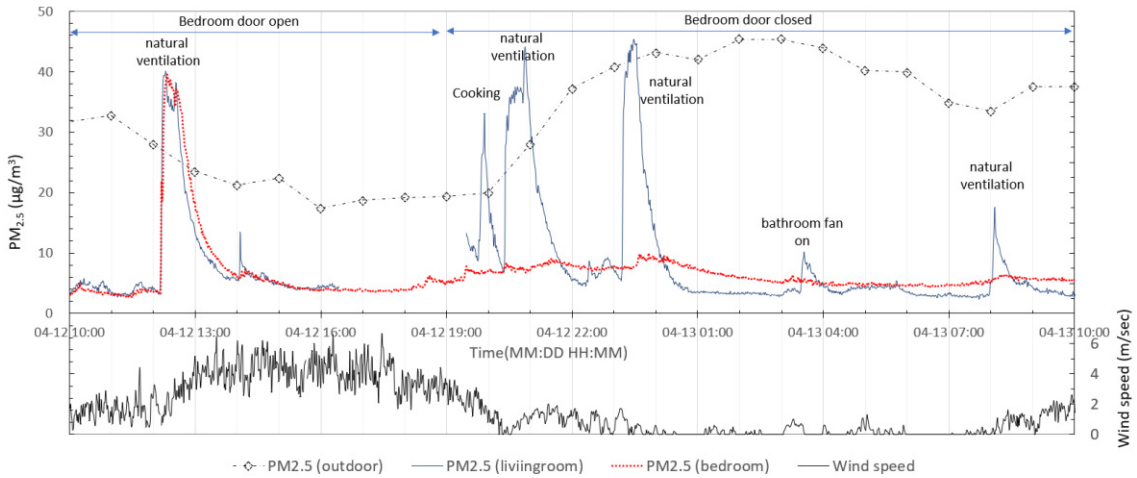


Figure 4. PM<sub>2.5</sub> changes in livingroom and bedroom (operating an air purifier in the livingroom, air purifier with 80% applied area).

침실 농도보다 낮게 유지되었다. 이것은 공기청정기의 사용면적이 거실면적의 40% 수준인 경우와 달리 80% 수준 정도면 공기청정기의 효과가 거실의 침기의 효과보다 상대적으로 더 크기 때문이다. 거실의 활동이 없는 경우, 실내 초미세먼지 농도는 바깥 초미세먼지 농도의 7~25%였다. 외기의 바람이 잠잠하여 침기가 적은 경우에는, 공기청정기의 처리공기량이 바깥에서 실내로 유입되는 공기량에 비해 충분히 많기 때문에 실내 초미세먼지 농도를 바깥대비 7%까지 낮게 유지할 수 있었다. 반면, 약 4 m/s로 침기가 많은 경우는 실내 초미세먼지 농도가 바깥의 약 25% 수준으로 상대적으로 높게 유지되었다. 24시간 평균 데이터를 살펴보면(표 1 참조), 바깥 대비 실내 초미세먼지 농도의 비율은 거실의 경우 25.5%였고, 침실의 경우 20.7%였다. 초미세먼지 평균 농도는 거실이 침실 대비 124%였다. 24 시간 평균 데이터의 경우, 그림 3의 경우인 공기청정기의 사용면적의 40% 조건과 차이가 크지 않은 것처럼 나타났는데, 이것은 공기청정기가 사용면적의 80% 조건이었음에도 24 시간 동안 실내의 조리 활동이 3회 정도 이루어졌고, 환기도 3회로 거실에서 초미세먼지 농도를 높이는 활동이 많았기 때문이다. 바깥의 풍속이 평균 1.6 m/s로 약간 높았던 것도 공기청정기의 효과가 감소한 원인의 하나였을 것으로 추정된다. 즉, 공기청정기의

처리용량이 높아도, 실내 초미세먼지 발생 활동이 많거나 침기가 많아 바깥에서 창틈이나 문틈으로 유입되는 공기량이 많아지면, 공기청정기의 효과가 크게 감소한다는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.3 거실의 공기청정기 사용 유무에 따른 거실과 안방의 초미세먼지 농도 특성 분석

그림 5는 공기청정기 작동 유무와 침실의 방문의 개폐 여부를 나누어, 초미세먼지의 평균 실내외 농도비를 나타낸 것이다. 데이터는 각각 네 가지 경우에 해당하는 조건을 추출하여 초미세먼지 농도의 평균값을 데이터로 사용하였다. 분석 결과에는 환기와 조리 등 거실의 실내 활동이 모두 포함된 데이터이고, 일부 실내 활동이 없는 기간의 데이터 또한 포함되었다. 분석 데이터는 각각 조건에 해당하는 평균 3~6 시간의 평균값을 사용하였다.

그림 5에서 알 수 있는 것처럼, 침실의 방문이 열려있는 경우에는 공기청정기 사용 유무와 관계없이 거실과 침실의 평균 초미세먼지 농도는 비슷했고, 대략 바깥의 60~105% 수준으로 상대적으로 낮았다. 이것은 창틈이나 문틈으로 외부 공기가 유입되는 과정에서 초미세먼지의 상당량이 제거되기 때문이다. 침실의 방문이 닫혀있는 경우에는 거실의 초미세먼지 평균 농도가 높았는데, 거실에서 환기나 조리 등 초미세먼지 농도가 높아지는 활동이

주된 이유이다. 특히, 그림 5(a)와 같이 공기청정기를 가동하지 않는 경우에는 침실 농도는 바깥의 약 20 ~ 60% 수준으로 낮았고, 거실 농도는 침실 대비 150%에서 280%까지 상대적으로 높았는데, 침실의 방문이 닫혀있기 때문에 조리과 자연환기 등 거실에서 초미세먼지 농도를 높이는 활동이 침실에 영향을 적게 미치고, 기밀도가 낮은 침실은 창틈에서 초미세먼지가 더 많이 걸러져 들어오기 때문이다(Long et al., 2001; Nazaroff, 2004).

그림 5(b)는 거실 공기청정기를 사용한 경우로, 방문이 열린 경우에는 바깥의 약 30% 정도로 비슷했다. 방문이 닫힌 경우는 거실이 바깥의 약 25% 수준으로 방문이 열린 경우보다 낮았는데, 거실에서 환기나 조리 활동으로 생성된 초미세먼지가 침실로 확산되기 이전에, 거실에 설치된 공기청정기가 신속하고 효율적으로 초미세먼지를 처리할 수 있음을 나타낸다. 침실의 방문이 닫혀있을 때, 침실의 초미세먼지 평균 농도가 바깥의 약 20% 이하 수준으로 가장 낮았다. 거실에 하나의 공기청정기를 사용하면, 침실의 방문을 닫고 생활하는 것이 거실과 침실의 평균 초미세먼지 농도 모두를 가장 낮게 유지할 수 있었다.

2주 동안 데이터 중, 이상 데이터로 나타난 경우가 2건 있었다. 첫 번째는 공기청정기를 사용하지 않은 경우로 거실 농도가 침실의 250% 이상 매우 높게 나타났는데, 이 경우는 거실에서 고기를 구운 경우로 고농도의 초미세먼지가 생성된 경우였다. 반대로 거실이 침실에 비해 50% 수준으로 낮게 유지된 경우가 있었는데, 이 때는 거실에서 환기나 조리 활동이 전혀 없고 바람도 불지 않아 바깥에서 유입되는 침기가 거의 없는 경우였다. 이 때, 공기청정기는 사용면적의 약 80% 조건이었다.

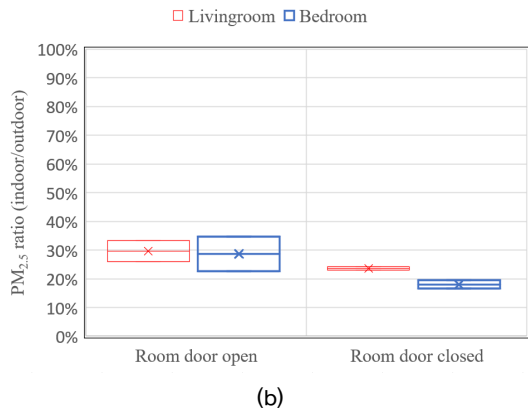
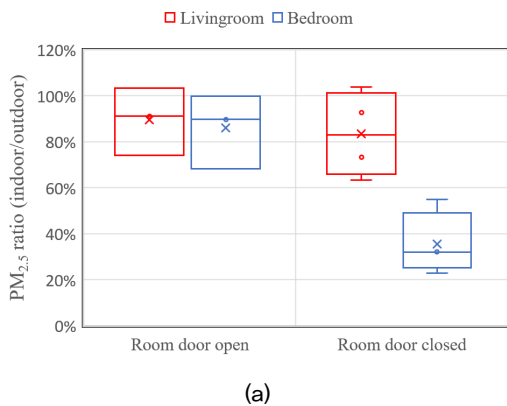


Figure 5. PM<sub>2.5</sub> ratio (indoor/outdoor) with bedroom door open or closed (a) w/o air purifier and (b) w/ an air purifier in the livingroom.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 거실에 설치된 공기청정기가 거실과 침실의 초미세먼지의 농도 저감에 미치는 영향을 실증 측정, 분석하였다. 측정 대상 주택은 우리나라에서 가장 많은 가구가 거주하는 면적 대에 해당하는 전용면적 84.9 m<sup>2</sup>의 아파트이고, 공기청정기의 가동 유무와 거실과 연결된 침실의 방문을 열고 생활하는 경우와 닫은 경우의 영향을 확인하였다.

침실의 방문을 열어두고 생활하는 경우는 거실과 침실의 초미세먼지 농도가 거의 비슷하게 나타났는데, 이것은 실내 공기가 열린 방문을 통해 거실과 침실이 서로 순환하기 때문이다. 공기청정기를 가동하지 않고 침실의 방문을 닫고 생활하는 경우, 환기나 조리 등이 영향으로 거실에서 노출되는 평균 초미세먼지의 농도가 높았다. 침실의 방안 초미세먼지 농도는 실외 대비 20~60% 수준으로 낮게 유지되었는데 거실보다 침실의 기밀도가 높기 때문이다. 거실과 비교할 때 바깥 공기가 침실의 창틈을 통해 잘 들어오지 못하고, 유입되는 초미세먼지의 많은 부분이 제거된다.

거실의 창문과 현관문이 닫혀있고 침실의 창문이 닫혀있는 상태라면, 침실의 방문을 열고 생활하는 경우 거실에만 한 대의 공기청정기를 가동하

라도 거실과 침실의 초미세먼지 농도를 비슷하게 낮게 유지할 수 있었다. 거실에 한 대의 공기청정기를 가동하고 침실의 방문을 닫고 생활하면, 같은 조건에서 침실 방문을 열고 지내는 경우보다 거실과 침실의 평균 초미세먼지의 노출 농도가 더 낮았다. 특히, 방문이 닫힌 침실은 거실의 공기청정기의 효과를 일부 공유하면서 거실의 환기나 조리 등의 초미세먼지 발생의 영향은 덜 받기 때문에, 공기청정기를 따로 설치하여 가동하지 않아도 초미세먼지 농도를 낮게 유지할 수 있었다. 하지만, 침실의 방문을 닫고 생활하는 경우, 침실 내 이산화탄소 농도가 크게 높아질 수 있다. 이산화탄소 농도의 영향은 개인마다 다르게 나타날 수 있으므로 불쾌감을 느끼는 사람은 문을 약간이라도 열어둘 것인지, 닫고 지낼 것인지를 판단해야 한다.

본 연구에서 얻은 실증 데이터와 분석 결과는 국내 대표 아파트에 적용할 수 있다. 하지만, 오래된 단독 주택이나 기밀도가 훨씬 좋은 신축 아파트의 경우 정량적으로 다른 결과를 나타낼 수 있다. 향후, 국내 다양한 종류의 주택에 대한 실증 측정 분석 결과를 데이터화 할 수 있다면, 가정에서 미세먼지의 위험을 관리할 수 있는 효과적이고 신뢰성 있는 지침을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

## 감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부, 환경부, 보건복지부)의 재원으로 한국연구재단-미세먼지 국가전략프로젝트사업(과제번호:2017M3D8A1091924)의 지원을 받아 수행함.

## 참고문헌

- Chao, C.Y., Wan, M.P., and Cheng, E.C. (2003). Penetration coefficient and deposition rate as a function of particle size in non-smoking naturally ventilated residences, *Atmospheric Environment*, 37(30), 4233-4241.
- He, C., Morawska, L., Hitchins, J., and Gilbert, D. (2004). Contribution from indoor sources to particle number and mass concentrations in residential houses, *Atmospheric Environment*, 38(21), 3405-3415.
- Joo, S.W., and Ji, J.H. (2019). Infiltration characteristics of particulate matter at a Korean apartment house, *Particle and Aerosol Research*, 15(4), 149-157.
- Joo, S.W., and Ji, J.H. (2020). Size distribution characteristics of particulate matter emitted from cooking, *Particle and Aerosol Research*, 16(1), 9-17.
- Li, C. S., Lin, W. H., and Jenq, F. T. (1993). Size distributions of submicrometer aerosols from cooking, *Environment International*, 19, 147-154.
- Long, C.M., Suh, H.H., Catalano, P.J., and Koutrakis, P. (2001). Using time-and size-resolved particulate data to quantify indoor penetration and deposition behavior, *Environmental Science and Technology*, 35(10), 2089-2099.
- Nazaroff, W.W. (2004). Indoor particle dynamics, *Indoor Air*, 14(s7), 175-183.
- Yoon, H., Shuai, J.F., Kim T., Seo J., Jung D., Ryu, H., and Yang W. (2017). Microenvironmental time-activity patterns of weekday and weekend on Korean adults, *Journal of Odor and Indoor Environment*, 16(2), 182-186.