J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.
Vol. 37, No. 5, pp. 512-518 September 2024
doi: https://doi.org/10.4313/JKEM.2024.37.5.7
ISSN 1226-7945(Print), 2288-3258(Online)

Regular Paper

# 가시광 촉매가 적용된 인간 중심 조명 장치를 이용한 상시 공간 항균 기술

장두원[1], 김충혁[2]

[1] 광운대학교 대학원 플라즈마바이오디스플레이학과
[2] 광운대학교 인제니움학부

# Always Space Antibacterial Technology Using a Luminaire Applied with a Visible Light Catalyst

Doowon Jang[1] and Chunghyeok Kim[2]

[1] Department of Plasma-Bio and Display, Kwang-woon University, Seoul 01897, Korea
[2] Department of Ingenium, Kwang-woon University, Seoul 01897, Korea

(Received May 9, 2024; Revised May 18, 2024; Accepted May 21, 2024)

**Abstract:** Titanium oxide ($TiO_2$), a representative photocatalyst, reacts to ultraviolet ray energy and has antibacterial, deodorizing, and antifouling properties using superhydrophilic properties, so it is widely used in various industrial fields such as environmental purification, building exterior walls, and road facilities. However, due to the nature of the photocatalyst, it reacts to ultraviolet rays known to be harmful to the human body, and is designed to react to natural light outdoors and to ultraviolet light sources inside a sealed device indoors, so indoor space is extremely limited. This study aims to develop spatial antibacterial technology for everyday living spaces by researching methods for antibacterial and deodorization by reacting titanium oxide ($TiO_2$)-based photocatalysts with the visible light range emitted from lighting devices in everyday spaces. Through the results of this study, it was verified through experiments that the photocatalyst exhibits antibacterial and deodorizing properties in response to lighting devices (LED, fluorescent lights, etc.) used in daily life. Based on the research results, we hope that various studies will be conducted to create a safer living environment by applying this technology to various fields such as large-scale complex facilities where an unspecified number of floating populations gather, airports, port waiting rooms, and public transportation.

**Keywords:** Visible light catalyst, Titanium oxide, Space antibacterial, Space deodorization, Human centric lighting

## 1. 서 론

코로나19 확산으로 인하여 실내 공기질 관리의 중요성이 커지면서 공기청정기, 자외선 기반 살균기, 플라즈마를 이용한 살균기 등의 공기질 관리 시스템의 시장이 크게 성장하고 있으며, 실내 공기질의 관리 및 유해물질 저감을 위해 친환경 소재, 친환경 접착제 등에 대한 관련 업계의 관심이 커지고 있다 [1-3]. 새집증후군의 원인으로 알려진 휘발성유기화합물(VOCs)은 벤젠, 포름알데히드, 자일렌, 에틸렌, 스틸렌, 아세트알데히드 등의 유해물질을 통칭하며 석유화학 정유 도료 도장공장의 제조와 저장과정, 자동차

✉ **Chunghyeok Kim; hyeokkim@kw.ac.kr**

Copyright ©2024 KIEEME. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

의 배기가스, 페인트나 접착제 등의 건축자재, 식물 등 자연계에서 발생하기도 한다 [4-6]. 또한 외출 후 옷, 가방 등을 통해 실내로 유입되는 부유세균과 결로에 의해 발생하는 곰팡이 등은 휘발성 유기화합물과 더불어 실내 공간의 공기질을 더욱 나쁘게 하는 요인으로 작용하고 있어, 실내 공기질 관리 시스템의 중요성이 점차 부각되고 있다 [1-3].

인간 중심 조명(human centric lighting)은 인간의 활동과 각성, 수면의 질, 건강 등 신체·정신적인 부분에 빛이 미치는 영향을 고려하여 설계한 조명으로 상관 색 온도, 밝기, 배광, 연색성 등을 조절하여 시각적으로 편안함을 제공해 생산성 및 심리적 안정 등을 향상시키고 [7], 자외선이나 광촉매가 적용된 인간 중심 조명은 주거공간, 사무공간, 불특정 다수가 모이는 공공시설 등의 실내 공기질 개선 및 유해물질 저감을 통해 실내 재실비율이 높은 현대인의 건강을 케어할 수 있는 영역으로 기능이 확대되고 있다. 기존 조명기구의 폼팩터 변화 없이 적용할 수 있는 가장 좋은 방식은 광촉매를 조명기구 표면에 흡착하는 방식이다. 광촉매 반응은 자외선이 조사된 광촉매 표면에서 생성된 OH 라디칼의 강력한 산화력을 이용해 항균, 탈취, 방오 작용을 하지만, 인체에 유해한 자외선 대역에서만 반응하기 때문에 표 1과 같이 자외선이 포함된 태양광을 이용할 수 있는 실외 공간(건축물 외장, 도로 표지판 등)에 주로 적용되고 있으며, 자외선이 존재하지 않는 실내 공간에서는 자외선 LED 또는 자외선 형광 램프의 빛이 외부로 노출되지 않는 환경적 제약이 있는 일부 제품(살균기 등)에서만 적용하고 있다 [8-10].

본 연구는 산화티타늄($TiO_2$) 기반의 가시광 촉매가 일상공간에 설치되어 있는 인간 중심 조명 장치에서 발생되는 가시광 영역에 반응하도록 하여 항균, 탈취되는 방안을 연구하여 일상생활 공간에서의 상시 공간항균이 가능하도록 하고자 하며, 주거공간에서의 현장 실험을 통해 가시광 촉매가 흡착된 인간 중심 조명이 설치된 공간의 항균과 탈취 성능을 검증하여 고찰하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 가시광 감응형 $TiO_2$+산화물 광촉매 매커니즘

가시광 촉매를 조명기구에 사용하는 가장 큰 목적은 종래의 광촉매 기반 기술을 사용하기 위해서는 빛 중에서 자외선에 반응하여 항균을 하는 특성 때문에 일상생활에서 사용에 큰 제약이 따랐으며 이러한 문제를 해결하기 위해 일상생활에서 누구나 사용하고 있는 인공조명(형광등, LED 조명 외)의 가시광 대역에서 반응하여 유해물질의 제거, 탈취, 항균작용을 하는 광촉매를 연구하고자 한다 [1,2].

그림 1과 같이 광촉매는 빛을 받으면 전자가 활성화되어 촉매의 표면에 존재하는 활성 부위와 상호작용을 통해 전하 상태를 변경시키며, 이를 통해 화학반응을 촉진시켜 촉매반응이 필요한 대상물의 표면에 흡착하여 사용하게 된다. 공기 중의 산소 분자나 물 분자와 흡착된 표면에 충돌할 때 화학 반응을 일으켜 OH 라디칼을 생성시키며 세균 등을 제거하여 항균기능을 갖게 한다. 광촉매는 반응에 직접 참여하지 않고 촉매로서의 역할을 수행하므로 표면의 물리적 파손 등이 일어나지 않는다면 반영구적으로 사용할 수 있으며, 방오기능을 통해 표면의 청결함을 유지할 수 있어 장기간 사용할 수 있는 친환경 소재로 알려져 있다.

광촉매의 가장 큰 장점은 표면 흡착형으로 사용되기 때문에 흡착이 가능한 대부분의 분야에 적용 가능하며 건축

**Table 1.** Differences between existing photocatalysts and visible light catalysts.

| Category | Photocatalyst | Visible light catalyst |
|---|---|---|
| Catalyst | $TiO_2$ | $TiO_2$ + Oxide |
| Light source | Ultraviolet, Sunlight | Sunlight, Visible light source (LED, etc.) |
| Application areas | Indoors: air purifier, interior paint<br>Outdoor: sidewalk blocks, asphalt, building exterior walls | Applicable to all photocatalyst use fields<br>All objects with a surface, such as indoor wallpaper and lighting covers |
| Photocatalyst reaction time | Daytime (sunlight), UV LED operating time for some devices | Almost all daily life times, including lighting time and indoor lighting time |
| Economic feasibility of artificial reactions | Very low<br>(UV LED is expensive and has a lifespan of 5,000 to 10,000 hours) | Very high<br>(Use of popular general LED package and lifespan of 50,000~100,000 hours) |

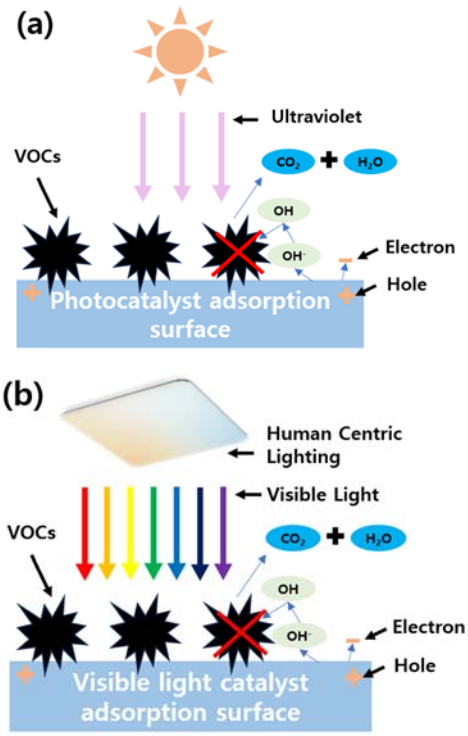


**Fig. 1.** (a) Reaction mechanism of existing photocatalyst and (b) reaction mechanism of $TiO_2$ + oxide photocatalyst reacting to visible light.

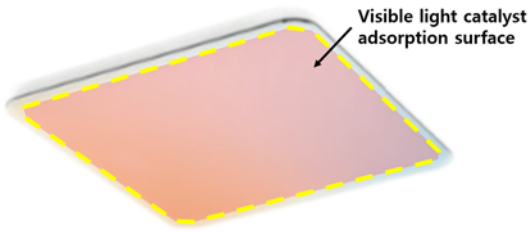


**Fig. 2.** Visible light catalyst adsorption of Human centric lighting diffuser surface.

1. Quantification of reactants: TTIP, H2O, IPA reaction, $TiO_2$ nanoparticle production for 6 hours
2. $TiO_2$ modified material input: Manganese Nitrate, etc.
3. Reaction: Reaction for 4 hours, generation of Mn doped TiO2 nanoparticles, induction of reaction in visible light region
4. Cooling process: Cooling at room temperature

**Fig. 3.** Visible photocatalyst production process.

물의 외장재, 도로 표지판, 보도블록, 아스팔트 등 항상 태양광에 노출되어 있는 곳에서는 주로 방오기능의 역할로 손쉬운 세척을 목적으로 적용하는 경우가 많다. 이 외에도 다양한 가전제품에도 적용되고 있으나 자외선을 사용 [11] 해야 한다는 제약으로 인해 제품의 노출된 부분이 아닌 밀폐되어 있는 공간에 광촉매를 적용하고 있다. 대표적으로 적용되는 제품은 공기청정기이며 공기 중 파티클을 제거하기 위해 필터를 사용하며 필터에 오염물질이 포화되면 유해물질 제거 효과가 현저히 감소하기 때문에 주기적으로 교체해 주어야 한다. 필터는 곰팡이나 담배연기, 폼알데하이드, 휘발성 유기화합물과 같은 입자가 작은 물질은 제거가 어려운 단점이 있어 공기청정기 내부에 광촉매를 흡착시켜 자외선을 조사하는 방식으로 사용되어 필터와 광촉매가 상호 보완하는 형태로 적용되고 있다.

### 2.2 실험 방법 및 순서

본 실험의 대상 공간으로 사용승인일 이전 입주가 진행되지 않은 전남 여수시의 신축 A아파트를 선정하였다. 자외선이 아닌 가시광에서 반응하는 가시광 촉매를 사용하기 때문에 기존의 광촉매처럼 밀폐되어 있는 공간에서의 제한적 사용을 고려할 필요가 없다. 실험 방법은 실험 공간에 설치되어 있는 LED 조명을 그대로 사용할 예정이며, LED 조명이 부착되어 있는 상태에서 가시광 촉매를 흡착하여 휘발성 유기화합물 중 유해성이 가장 널리 알려진 폼알데하이드와 부유세균을 저감되는 것에 대한 실험 및 검증을 진행하고자 한다.

가시광 촉매를 조명기구에 적용하기 위해서는 빛이 반사되는 반사판 또는 LED의 빛을 확산하는 커버에 흡착하게 되며, 손쉬운 흡착을 위해 액상 분사형으로 조성물을 구성하였다. 실험 현장에 설치된 LED 등기구는 평판형 LED 등기구로 가시광 촉매의 흡착부위는 광확산의 표면에 흡착하기로 했다.

가시광 촉매를 PC 재질의 광확산판에 균일하게 흡착시키는 액상 조성물을 생성하기 위해서는 그림 3과 같이 4가지 공정을 거치게 된다. 티타늄, 네오디뮴 및 탄탈륨을 함유하는 것을 특징으로 하는 가시광 감응형 광촉매 조성물을 생성하여 조명의 광확산 PC에 전용 노즐을 이용하여 도포하여 6시간을 상온에서 경화시키면 가시광 촉매가 적용된 조명의 준비가 완료된다. 실험 공간은 그림 4와 같이 공

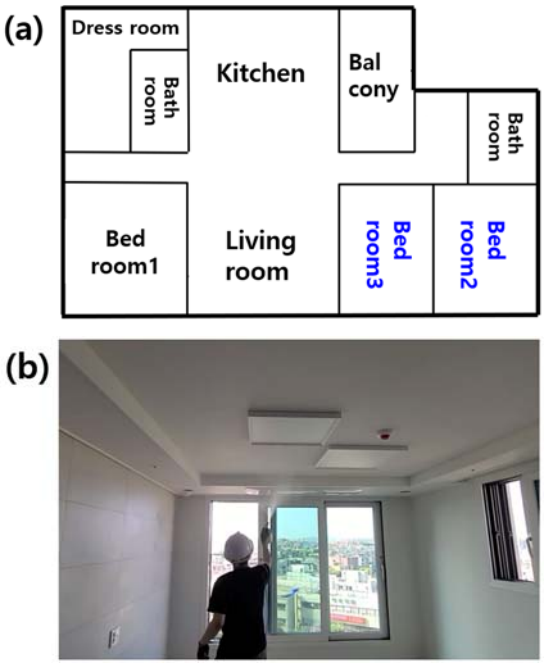


**Fig. 4.** (a) Drawing of the experimental space and (b) scene of visible photocatalyst application and adsorption.

기의 흐름을 제한할 수 있는 침실 2, 침실 3을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험에 사용되는 조명은 현장에 설치되어 있는 LED 조명등기구에 직접 가시광 촉매를 도포하고 6시간 이상 자연경화 시켜 흡착 완료된 후 실험이 진행되었다.

실험의 객관성을 확보하기 위해 가구는 2개 호, 4개 실을 대상으로 실험하였으며, 각 호의 침실 2에는 가시광 촉매 도포 및 흡착을, 각 호의 침실 3에는 가시광 촉매를 도포하지 않은 상태에서 각각 측정을 실시하였다.

세부적인 측정 방법은 다음과 같으며 표 2의 장비를 사용하여 채취 및 분석을 진행하였다.

1) 실내 공기 중 폼알데하이드를 채취하기 위한 시료 채취 유량은 0.5 L/min으로 하며 30분씩 총 2회 측정하여 시료를 채취한다.
2) 실내 공기 중 총부유세균을 채취하기 위한 시료 채취 유량은 28.3 L/min으로 하며 4분씩 총 3회 측정하여 시료를 채취한다.
3) 폼알데하이드는 2,4-디니트로페닐히드라진이 코팅된 실리카겔관을 연결한 후 시료를 채취하여 고성능 액체크로마토그래피를 이용, 분석하여 농도 값을 산출하였다.
4) 총부유세균은 시료를 채취하여 배양기에서 48시간 배양하여 세균 집락수를 계수하여 농도를 산출하였다.

**Table 2.** Equipment used for sample collection and analysis.

| Equipment name | Equipment photo | Flow rate |
|---|---|---|
| Formaldehyde sampling device | | 0.5 L/min |
| Total floating bacteria sampling device | | 28.3 L/min |
| High performance liquid chromatograph | | - |
| Incubator | | - |

**Fig. 5.** Experimental space equipped with measuring equipment.

본 실험의 공간인 XX1호 침실 2, 침실 3과 XX2호 침실 2, 침실 3의 공간에 태양광에 대한 반응을 억제하기 위해 암막을 설치하였으며 측정의 순서는 XX1호 침실 2부터 XX2호 침실 3으로 순차적으로 진행하였다. 조명은 실험기간 동안 24시간 상시 점등상태를 유지했으며 측정장비인 폼알데하이드 시료 채취 장치와 총부유세균 시료 채취 장치는 각 실의 중앙에 배치하였다. 가시광 촉매 도포 전 폼알데하이드 2회, 총부유세균 3회에 걸쳐 1차 측정하였으며 각 호실의 침실 2에만 가시광 촉매의 도포 및 흡착한 후 3일이 경과된 시점에서 폼알데하이드 2회, 총부유세균 3회를 측정하여 비교하였다.

## 3. 시험 결과 및 고찰

각 호실의 침실 2, 3에 가시광 촉매를 도포하기 전 30분씩 연속 2회 측정한 폼알데하이드의 측정농도 결과는 표 3과 같다.

각 호실의 침실 2, 3에 가시광 촉매를 도포하기 전 4분씩 연속 3회 측정한 총부유세균의 측정농도 결과는 표 4와 같다.

각 호실의 침실 2에 가시광 촉매를 도포한 후 6시간 이상 자연경화 시간을 주어 흡착이 이루어지게 한 후 30분씩 연속 2회 측정한 폼알데하이드의 측정농도 결과는 표 5와 같다.

각 호실의 침실 2에 가시광 촉매를 도포한 후 6시간 이상 자연경화 시간을 주어 흡착이 이루어지게 한 후 30분씩 연속 2회 측정한 총부유세균의 측정농도 결과는 표 6과 같다.

**Table 3.** Formaldehyde concentration before visible light catalyst application.

| No. | Measuring position | Measurement time (min) | Round | Flow rate (L/min) | Measured concentration ($\mu g/m^3$) | Measurement result average ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | XX1 bedroom 2 | 30 | 1 | 0.5 | 30 | 37.1 |
| | | 30 | 2 | | 44 | |
| 2 | XX1 bedroom 3 | 30 | 1 | 0.5 | 31.2 | 33.7 |
| | | 30 | 2 | | 36.1 | |
| 3 | XX2 bedroom 2 | 30 | 1 | 0.5 | 44.9 | 46.9 |
| | | 30 | 2 | | 48.9 | |
| 4 | XX2 bedroom 3 | 30 | 1 | 0.5 | 40.8 | 40.2 |
| | | 30 | 2 | | 39.5 | |

**Table 4.** Total floating bacteria concentration before applying visible light catalyst.

| No. | Measuring position | Measurement time (min) | Round | Flow rate (L/min) | Measured concentration ($\mu g/m^3$) | Measurement result average ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | XX1 bedroom 2 | 4 | 1 | 28.6 | 1,033 | 1,041 |
| | | 4 | 2 | | 1,050 | |
| | | 4 | 3 | | 1,041 | |
| 2 | XX1 bedroom 3 | 4 | 1 | 28.6 | 1,091 | 1,102 |
| | | 4 | 2 | | 1,143 | |
| | | 4 | 3 | | 1,073 | |
| 3 | XX2 bedroom 2 | 4 | 1 | 28.6 | 891 | 861 |
| | | 4 | 2 | | 844 | |
| | | 4 | 3 | | 847 | |
| 4 | XX2 bedroom 3 | 4 | 1 | 28.6 | 851 | 840 |
| | | 4 | 2 | | 854 | |
| | | 4 | 3 | | 815 | |

**Table 5.** Formaldehyde concentration after applying visible photocatalyst.

| No. | Measuring position | Measurement time (min) | Round | Flow rate (L/min) | Measured concentration ($\mu g/m^3$) | Measurement result average ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | XX1 bedroom 2 | 30 | 1 | 0.5 | 30.2 | 37.1 |
| | | 30 | 2 | | 44 | |
| 2 | XX1 bedroom 3 | 30 | 1 | 0.5 | 31.2 | 33.7 |
| | | 30 | 2 | | 36.1 | |
| 3 | XX2 bedroom 2 | 30 | 1 | 0.5 | 44.9 | 46.9 |
| | | 30 | 2 | | 48.9 | |
| 4 | XX2 bedroom 3 | 30 | 1 | 0.5 | 40.8 | 40.2 |
| | | 30 | 2 | | 39.5 | |

**Table 6.** Total floating bacteria concentration after application of visible light catalyst.

| No. | Measuring position | Measurement time (min) | Round | Flow rate (L/min) | Measured concentration ($\mu g/m^3$) | Measurement result average ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | XX1 bedroom 2 | 4 | 1 | 28.6 | 859 | 831 |
| | | 4 | 2 | | 824 | |
| | | 4 | 3 | | 821 | |
| 2 | XX1 bedroom 3 | 4 | 1 | 28.6 | 1,013 | 1,022 |
| | | 4 | 2 | | 1,025 | |
| | | 4 | 3 | | 1,007 | |
| 3 | XX2 bedroom 2 | 4 | 1 | 28.6 | 551 | 557 |
| | | 4 | 2 | | 550 | |
| | | 4 | 3 | | 571 | |
| 4 | XX2 bedroom 3 | 4 | 1 | 28.6 | 881 | 866 |
| | | 4 | 2 | | 865 | |
| | | 4 | 3 | | 852 | |

폼알데하이드의 저감 성능 확인을 위해 각 호실의 침실 2, 3에 가시광 촉매를 도포하기 전 30분 간격으로 연속 2회 측정을 실시하였다. 이후 각 호실의 침실 2에만 가시광 촉매를 도포 및 흡착하여 1차 측정과 동일하게 30분 간격으로 연속 2회 측정해 비교한 결과 표 7의 1번, 3번과 같이 가시광 촉매 LED 등기구를 설치한 침실 2에서는 -21.5%, -31.5%로 폼알데하이드가 저감되는 것을 확인했으며, 표 7의 2번, 4번과 같이 가시광 촉매 LED 등기구를 사용하지 않은 침실 3에서는 -2.1%, -1.5%로 상대적으로 낮은 수준의 저감이 확인되었다.

총부유세균의 저감 성능 확인을 위해 각 호실의 침실 2, 3에 가시광 촉매를 도포하기 전 30분씩 연속 3회 측정을 실시하였다. 이후 각 호실의 침실 2에만 가시광 촉매를 도포 및 흡착하여 1차 측정과 동일하게 30분 간격으로 연속 3회 측정해 본 결과 표 8의 1번, 3번과 같이 가시광 촉매 LED 등기구를 설치한 침실 2에서는 -20.2%, -35.3%로 총부유세균이 저감되는 것을 확인했으며, 표 8의 2번, 4번과 같이 가시광 촉매 LED 등기구를 사용하지 않은 XX1호 침실 3에서는 -2.0%, XX2호 침실 3에서는 +3.1%로 오히려 총부유세균이 증가되는 것이 확인되었다.

**Table 7.** Changes in formaldehyde concentration before and after application of visible light catalyst.

| No. | Measuring position | 1st measurement result ($\mu g/m^3$) | Visible light catalyst adsorption | 2nd measurement results ($\mu g/m^3$) | Increase/ decrease rate (%) | Average increase/ decrease rate (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | XX1 bedroom 2 | 30.2 | O | 29.1 | -3.6 | -21.5 |
| | | 44.0 | | 29.0 | -36.1 | |
| 2 | XX1 bedroom 3 | 31.2 | X | 34.8 | +11.5 | -2.1 |
| | | 36.1 | | 31.1 | -13.9 | |
| 3 | XX2 bedroom 2 | 44.9 | O | 32.5 | -27.6 | -31.1 |
| | | 48.9 | | 32.0 | -34.6 | |
| 4 | XX2 bedroom 3 | 40.8 | X | 41.5 | +1.7 | -1.5 |
| | | 39.5 | | 37.7 | -4.6 | |

**Table 8.** Change in total floating bacteria concentration before and after application of visible light catalyst.

| No. | Measuring position | 1st measurement result ($\mu g/m^3$) | Visible light catalyst adsorption | 2nd measurement results ($\mu g/m^3$) | Increase/ decrease rate (%) | Average increase/ decrease rate (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | XX1 bedroom 2 | 1,033 | O | 859 | -16.8 | -20.2 |
| | | 1,050 | | 824 | -21.5 | |
| | | 1,041 | | 821 | -21.1 | |
| 2 | XX1 bedroom 3 | 1,091 | X | 1,013 | -7.1 | -2.0 |
| | | 1,143 | | 1,025 | -10.3 | |
| | | 1,073 | | 1,007 | -6.2 | |
| 3 | XX2 bedroom 2 | 891 | O | 551 | -38.2 | -35.3 |
| | | 844 | | 550 | -34.8 | |
| | | 847 | | 571 | -32.6 | |
| 4 | XX2 bedroom 3 | 851 | X | 881 | +3.5 | +3.1 |
| | | 854 | | 865 | +1.3 | |
| | | 815 | | 852 | +4.5 | |

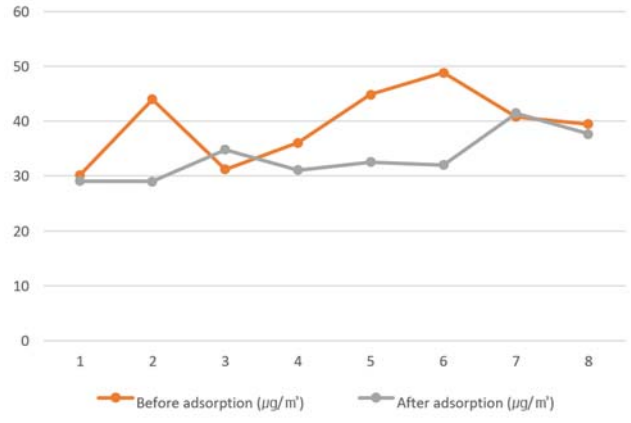


**Fig. 6.** Change in concentration of formaldehyde before and after application of visible light catalyst.

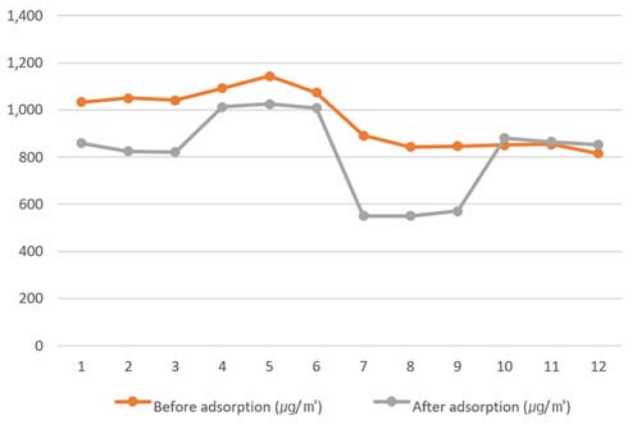


**Fig. 7.** Change in concentration of total floating bacteria before and after application of visible light catalyst.

가시광 촉매의 효과를 정확히 파악하고자 현장에 설치되어 있는 LED 등기구에 직접 가시광 촉매의 도포 및 흡착하는 방법으로 진행하였으며 도포 전 1차 측정과 도포 및 흡착 후 6시간이 경과된 시점에서 2차 측정해 본 결과 폼알데하이드(-26.3%)와 총부유세균(-27.8%)이 상당히 의미 있는 수준으로 저감되는 것을 확인하였으며, 상대적으로 가시광 촉매를 도포하지 않은 곳에서는 폼알데하이드(-1.8%)와 총부유세균(+0.6%)의 저감효과가 상대적으로 매우 낮거나 오히려 증가되는 것을 확인하였다.

본 연구를 통하여 가시광 촉매를 기존 등기구에 도포함으로써 실생활 공간에서의 폼알데하이드와 총부유세균의 저감이 확인되었다. 입주 이전 세대에서의 테스트라는 제한적 환경에서 실험이 진행된 것으로 다양한 환경변수를 고려하여 실험하기에는 한계가 있었다. 예를 들어 입주 후 가구 등에서 발생할 수 있는 폼알데하이드, 재실자의 외출 및 복귀를 통해 의류 등에 묻어 들어올 수 있는 총부유세균의 변화, 인간 중심 조명을 제어(상관 색 온도 및 밝기 변화)할 때의 저감률 변화, 공조기를 사용했을 때와 사용하지 않았을 때의 대류 현상에 따른 저감률 변화 등에 대한 영향을 고려하여야 한다. 또한 가시광 촉매의 장기적인 안정성, 흡착률, 비용 효율성에 대한 추가 연구가 필요하다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 가시광 촉매를 활용하여 아파트 내에서의 휘발성유기화합물 폼알데하이드와 총부유세균의 저감효과를 조사하였다. 실험 결과 폼알데하이드 농도는 26.3% 감소하였으며, 총부유세균 농도는 27.8% 감소하였음을 확인하였다. 이러한 결과는 가시광 촉매가 실내 환경에서 환경오염물질과 세균을 효과적으로 저감시켜 실내 공기질을 개선시킬 수 있는 가능성을 보여준 것이라고 판단된다. 또한 본 연구는 가시광 촉매의 작용 매커니즘의 이해와 휘발성유기화합물 및 총부유세균 저감에 의한 실내 환경의 공기질 개선을 통해 재실자의 건강한 생활 환경을 조성하는 데 기여할 뿐만 아니라 인간 중심 조명의 중요성도 강조된다. 대다수 실내 공간에 설치되어 있는 조명은 가시광 촉매를 활용할 수 있는 최고의 플랫폼이 되며 실내 공기질을 개선함으로써, 인간의 건강과 안전을 고려한 인간 중심 조명 환경을 조성할 수 있다는 가능성을 제시한다. 이는 건물 내 조명 시스템의 설계 및 운영에 새로운 관점을 제공할 수 있다. 또한 가시광 촉매는 사용자가 조명을 사용하는 시간대에는 별도의 전력 소모 없이 실내 공기질을 개선할 수 있으므로 탄소배출량 저감에도 큰 기여를 할 것으로 기대되어 우리나라가 탄소중립국으로 가는 여정에 큰 도움이 될 것이라고 판단된다. 그리고 입주 전 세대에서의 테스트라는 제한적 환경에서 실험이 진행된 것으로 다양한 환경변수를 고려하여 실험하기에는 한계가 있었다. 추후에는 거실, 욕실, 주방 등 다양한 환경과 차양막을 설치했을 때와 제거했을 때, 인간 중심 LED 조명 등기구를 이용하여 조도 조절, 상관색 온도 조절, 특정 시간 소등과 같은 라이프스타일에 맞춘 연구가 필요하다고 판단된다.

## ORCID

Chunghyeok Kim https://orcid.org/0000-0003-2694-0431

## REFERENCES

[1] J. H. Kim, J. I. Bang, A. S. Choi, and M. K. Sung, *J. Korean Inst. Archit. Sustainable Environ. Build. Syst.*, **13**, 590 (2019). doi: https://doi.org/10.22696/jkiaebs.20190051

[2] J. I. Bang, J. H. Kim, and M. K. Sung, *Korean Soc. Living Environ. Syst.*, **26**, 851 (2019). doi: https://doi.org/10.21086/ksles.2019.12.26.6.851

[3] J. I. Bang, J. H. Kim, A. S. Choi, and M. K. Sung, *J. Korean Inst. Archit. Sustainable Environ. Build. Syst.*, **14**, 756 (2020). doi: https://doi.org/10.22696/jkiaebs.20200064

[4] S. Y. Choi, *Elastomers Compos.*, **48**, 221 (2013). doi: https://doi.org/10.7473/EC.2013.48.3.221

[5] S. H. Park, Y. Choi, H. J. Lee, and C. G. Park, *J. Environ. Health Sci.*, **47**, 540 (2021). doi: https://doi.org/10.5668/JEHS.2021.47.6.540

[6] S. Y. Choi, *Elastomers Compos.*, **48**, 221 (2013). doi: https://doi.org/10.7473/ec.2013.48.3.221

[7] S. J. Lee, *J. Archit. Inst. Korea*, **38**, 141 (2022). doi: https://doi.org/10.5659/JAIK.2022.38.2.141

[8] M. C. Kim, *Anal. Sci. Technol.*, **24**, 493 (2011). doi: https://doi.org/10.5806/AST.2011.24.6.493

[9] S. H. Lee and C. Y. Lee, *Appl. Chem. Eng.*, **29**, 298 (2018). doi: https://doi.org/10.14478/ace.2017.1129

[10] S. J. Park, J. W. Lee, S. S. Kim, and S. O. Lee, *Text. Color. Finish.*, **30**, 245 (2018). doi: https://doi.org/10.5764/TCF.2018.30.4.245

[11] S. Y. Choi and S. G. Yang, *Elastomers Compos.*, **48**, 209 (2013). doi: https://doi.org/10.7473/EC.2013.48.3.209