Journal of the Korea Convergence Society
Vol. 10. No. 4, pp. 147-151, 2019

ISSN 2233-4890
https://doi.org/10.15207/JKCS.2019.10.4.147

# 광대역대 활성광촉매를 활용한 융.복합 구조 공기살균정화장치 개발

윤승배[1], 황윤정[2], 김승천[3*]
[1]한성대학교 스마트융합컨설팅학과 박사, [2]한국열린사이버대학교 창업경영컨설팅학과 교수, [3]한성대학교 IT융합공학부 교수

# Development of air-sterilization purification system of fusion and composite structure using broadband-to-active photocatalyst

**Sueng-Bae Yoon[1], Yun-Jung Hwang[2], Seung-Cheon Kim[3*]**
**[1]Ph. D., Division of Smart Convergence Consulting, Hansung University**
**[2]Prof. The department of business, Open Cyber University of Korea**
**[3]Prof. Mechanical Systems Engineering. Hansung University**

요 약 현대인들은 가정, 학교 혹은 직장, 병원, 쇼핑몰, 지하철역과 객실, 주차장 등 일상생활의 대부분을 실내에서 보내게 된다. 이렇듯 실내에 갇힌 현대인들은 갇힌 공기 속에서 살아갈 수밖에 없다. 이에 실내 공기질 향상을 위한 공기정화장치는 많이 개발되었으나 대다수의 공기정화장치는 필터에 의한 필터링과 유해세균 살균방식에 있어 자외선이라는 제한된 영역에서의 살균방식에 국한 할 수밖에 없었다. 여기서는 실내 공기질 향상은 물론 원천적으로 실내공기중의 부유 세균을 제거하고, 자외선뿐만 아니라 가시광선에서도 활동하는 광촉매를 적용한 미디어광촉매필터를 활용한 광대역대 활성광촉매를 활용한 융.복합 구조 공기살균정화장치 개발하고자 한다.

주제어 : 공기살균기, 공기청정기, 광촉매제, 부유세균, 바이러스

**Abstract** Modern people spend most of their daily lives in their homes, schools, or workplaces, hospitals, shopping malls, subway stations, rooms, and parking lots. According to the survey, air quality management at the multi-use facility is less than 50% satisfied. In this study, a photocatalytic filtration system is developed by utilizing a broadband-to-active photocatalyst that utilizes a media photocatalyst filter that removes airborne germs from indoor air as well as indoor air quality and operates on visible light as well as ultraviolet light.

**Key Words :** Air sterilizer, air purifier, photocatalyst, floating bacteria, virus

## 1. 서론

현대적 건물은 에너지 효율화에 대한 욕구가 급증함에 따라 건물 냉난방부하 저감을 위한 고단열, 및 고 절연이 필수적인 요소로 인식되어 설계되고 건축되어지고 있으며, 대부분의 현대인들은 가정, 학교 혹은 직장, 병원, 쇼핑몰, 지하철역과 객실, 주차장 등 일상생활의 대부분을 실내에서 보내게 된다. 최근 환경부 조사에 의하면 영화관, 푸드코트, 다목적 홀 등 다중이용시설에서의 공기질을 조사해보니 공기질관리법에 의한 충족은 50%에도 미치지 못하고 있는 것으로 나타났다. 실내공기오염이란 다양한 실내 공간(다중이용시설: 주택, 학교, 사무

*This research was financial supported by HanSung University.
*Corresponding Author : Kim seung cheon(kimsc@hansung.ac.kr)
Received February 11, 2019 Revised March 19, 2019
Accepted April 20, 2019 Published April 28, 2019

실, 공공건물, 병원, 지하시설물, 교통수단 등)에서 공기가 오염된 상태를 말한다. 특히, 다중이용시설의 경우 실내공기질이 적정 수준으로 관리되지 않을 때. 해당시설을 이용하는 불특정 다수의 이용자들에게 미치는 파급효과가 크다는 점에서 더욱 심각한 문제를 야기 할 수 있기 때문이다. 요즘 공조설비가 없는 소규모 다중이용시설에서는 공기정화장치의 수요가 급격히 요구 되는바, 실내환경 유해물질 저감 기술 및 제품은 실내 공기 내에 존재하는 입자상, 가스상 오염물질의 제거를 통해 공기 내 농도를 줄이는 기술과 실내 환경 내 오염물질의 방출을 줄이거나는 또는 제거할 수 있는 제품으로 이를 통해 실내경을 개선하여 인간의 실내생활을 쾌적하게 만드는 공정 및 제어 기술이 발전하고 있다.

광대역대 활성광촉매를 활용한 융·복합 구조의 공기살균정화시스템 개발은 자외선뿐만 아니라 가시광선에서도 활성하는 광촉매를 개발하고, 이를 적용한 미디움 광촉매필터를 개발하여 사용자에게 높은 살균성능을 제공하는 효율적인 공기살균정화 시스템이다. 따라서 공기살균정화기술은 흡입 및 방출 방식이 융·복합된 공기살균시스템으로 자외선뿐만 아니라 가시광선 영역에서도 활성화되는 새로운 광촉매기술과 타원형 및 격자형 구조를 갖는 공기살균정화장치를 개발하고자 하는 것이다[1-4].

## 2. 이론적 배경

### 2.1 공기살균정화장치

공기살균정화기술은 기존 공기살균기(청정기)의 취약한 정화성능을 획기적으로 보완할 수 있는 기술로, 광대역대 미디움광촉매 및 세라믹 bead 광촉매모듈에 의한 흡입형 살균정화기술을 통해 부유세균 및 바이러스 등 실내오염물질에 대한 제거효율을 향상시키는 기술이다.

공기살균정화기술의 구성은 광대역대 활성 광촉매필터모듈(미디움Type, 세라믹bead Type), 플라즈마 살균램프모듈, 항균 시코로펜, 이온클러스터발생모듈 및 장치내에서 공기의 흐름을 원활하게하기 위한 전기/전자 및 기구/기계적 설계 등 다양한 요소기술의 개발을 통해 구현되며, 위와 같은 광대역대 광촉매살균기술공법은 대기오염물질을 정화하는 대형장치의 응용으로 범위를 확장할 수 있는 효과적인 공기살균정화기술이다. 기존의 공기살균 정화 기술은 보통 여러 단계의 필터를 통하여 공기를 정화 및 살균하였다. 이러한 방식의 구조는 여러 가지 단점으로 구조가 복잡하여 수리 및 정비가 용이하지 않고, 필터가 공기의 흐름을 방해하는 문제점을 가지게 된다. 여기서는 각 부품을 모듈(module)식으로 구성하여 각 모듈을 결합하는 방식으로 모듈화된 구성품은 모듈별로 분리하여 교체 및 수리가 가능하도록 설계하였다.

이와 같이 설계된 공기살균정화장치는 크게 3개의 모듈로 구성되어 있는바, 먼저 공기를 흡입하는 흡입 모듈, 흡입된 공기를 살균 및 정화하는 살균.정화 모듈, 살균.정화된 공기가 빠져나가는 토출 모듈 등으로 구성된다. 특히 공기살균정화장치의 내부의 복잡성으로 인하여 공기의 흐름이나 살균 되는 공기의 양에 제한을 받지 않도록 내부 구조의 굴곡 등이 발생하지 않도록 노력하였다. 기존 공기살균정화의 기능이 오염공기 살균을 위해 5가지 이상의 필터를 장착하는 복잡한 기능을 가졌다면 공기살균정화기술은 3단계 필터와 팬, 램프의 구조를 통해, 공기의 유입부터 배출까지 공기체류시간을 파악하고, 그에 맞게 하드웨어적인 구조를 개별적으로 개발하여 높은 살균 효능을 제공하는 기술인 것이다[5-7].

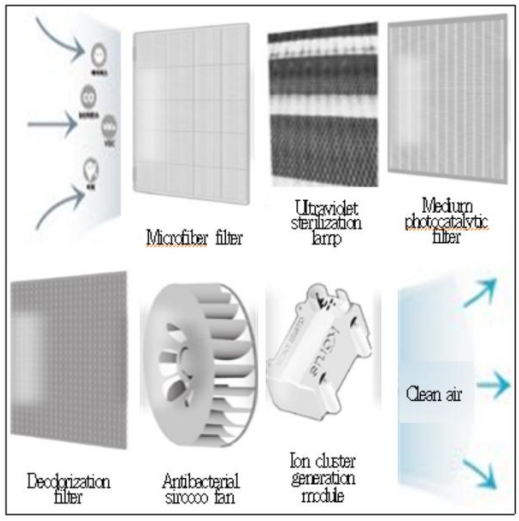



Fig. 1. Concept of air sterilization purification technology. Gootz

### 2.2 광대역대(자외선 및 가시광선) 광촉매 제조 기술

기존의 공기정화기술에서 광촉매는 자외선 파장에서만 반응하여 공기청정기 내에 자외선램프를 설치하게 되는데, 기존 조명등에 비해 고가이며, 자외선에서만 활성을 나타내는 경우, 살균효능이 떨어지는 문제점이 있었다. 그러나 공기살균정화기술이 개발하는 4가지 타입의

광촉매는 자외선 영역에서 뿐만 아니라 가시광선 영역에서도 광화학 반응이 일어난다. 이는 자외선 램프 뿐만 아니라 기존 형광등 사용이 가능하며, 이를 통해 램프 교체 비용 문제를 해결할 수 있는 기술이다. 공기살균정화기술은 개발하는 광촉매는 태양광에서 자외선 및 가시광선 모두 반응할 수 있으며, 실내용 공기살균시스템 뿐만 아니라, 다양한 장치에 응용이 가능한 효과적인 기술이다[8].

### 2.3 광촉매-미디움필터 개발

기존의 기술은 주로 HEPA필터를 사용 하였으나, HEPA필터의 기공은 워낙 좁기 때문에 압력손실이 증가하고 잦은 필터의 교환은 유지비용을 높이는 단점을 가지게 된다.

그러나 공기살균정화기술은 공기살균기에 HEPA필터 대신, 필터자체만으로 90%의 제거효율을 가지는 미디움 필터를 사용한다. 공기접촉 면적이 확장되도록 오염공기의 이동방향으로 장축을 갖는 타원형 및 격자형 구조로 접촉면적 및 체류시간 감소를 개선하여 정화성능을 향상시킬 수 있다.

기존에는 다양한 필터에 광촉매를 도포하여 사용하였으나, 이는 필터 기공에 폐색문제를 발생시키며, 이와 함께 장치 내 압력 손실에 대한 문제가 있었다.

공기살균정화기술은 오염공기 통과 시 0.3㎛사이즈이상의 물질을 90%이상 제거성능과 격자구조를 가지는 미디움 필터 표면에 광촉매를 도포하거나, 비드타입의 광촉매와 함께 구성을 이루는 복합필터모듈로 오염공기 통과 시 기공폐색 및 광촉매 탈리에 대한 충분한 신뢰성 TEST를 거쳐 최적의 제거성능조건을 발휘할 수 있도록 광촉매-미디움필터 모듈 기술을 확립하는 기술이다[9,10].

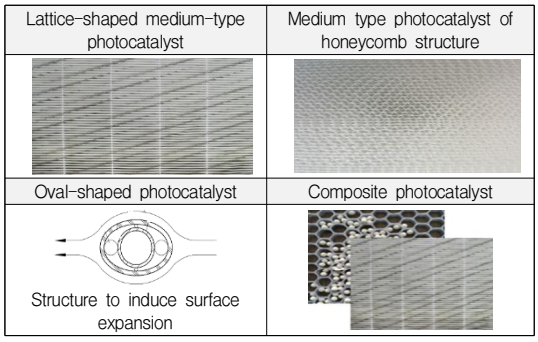



Fig. 2. Medium photocatalytic filters of various structures

### 2.4 하이브리드 탄소-이산화티타늄 박막) 제조 방법

Titanium alkoxide (TTIP, TBOT 등)를 이산화티타늄 전구체로 사용하며, 이산화티타늄 전구는 산, 알코올 등과 혼합하여 졸-겔 용액으로 제조하게 된다. 블록공중합체와 이산화티타늄 졸-겔 용액을 특정 비율로 혼합하여 박막 제조 후 표면 구조를 제어하여, 블록공중합체와 이산화티타늄 졸-겔 용액을 기판에 박막 코팅한 후, 비활성 기체 분위기에서 열처리함으로써 하이브리드 탄소-이산화티타늄 구조가 형성된다[11].

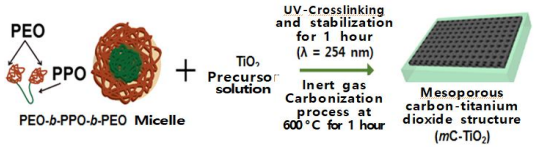



Fig. 3. dcarbon – Titanium dioxide thin film manufacturing scheme

## 3. 공기살균정화장치의 차별성

### 3.1 기술혁신성

기술혁신성은 기술의 첨단성 및 수준, 기술의 차별성, 기술의 수명주기상 위치 등의 지표로 평가한다.

실내공기를 특화된 광대역대 광촉매기술을 이용하여 흡입과 배출과정에서 오염원을 제거하는 공기살균정화시스템을 제공할 수 있으며, 광대역대 광촉매, 구조별 미디움 필터, 광촉매 미디움 필터, 이온클러스터모듈과 같은 다양한 기술이 융합된 장치로 첨단성이 인정된다.

기술의 차별성을 살펴보면, 공기살균정화기술은 융·복합 구조 공기살균정화장치의 하드웨어 모듈 설계 개발을 통하여 유입된 공기가 장치 내부의 장착된 각 부속품의 압력 손실로부터 방지할 수 있고, 2차 오염을 방지한다는 것이 공기살균정화기술의 가장 큰 장점이며, 광촉매-미디움필터를 제공하는 공기정화시스템 기술은 현재 상용화 된 바 없으므로, 공기살균정화기술은 최초로 상용화 되는 차별성이 우수한 기술이다.

기술의 수명 주기상 위치를 살펴보면, 공기살균정화기술은 지속적인 환경변화로 인한 환경보존 및 삶의 질 향상에 대한 관심도가 증가하면서 실내 오염물질 저감 및 제거할 수 있는 제품에 대한 발전을 미루어 볼 때, 공기정화시스템 기술은 수명 주기상 성장기에 있다고 할 수 있다.[12,13].

### 3.2 기술 경쟁력

기술경쟁력은 기술의 자립도, 기술의 응용 및 확장가능성, 제품화 용이성, 경쟁·대체기술 출현가능성 등의 지표로 평가한다.

기술의 응용 및 확장가능성을 살펴보면, 공기살균정화기술은 일반 공기청정기과 같은 기능은 아파트, 주택과 같은 주거지와 빌딩, 사무실 등에 적용가능하며, 기능을 특화한 기술을 이용하여 각종 환경산업으로 응용이 가능하고, 최근 부상되고 있는 친환경 건축 분야와 연동가능하며, 건축외장/내장재, 고층창문, 자동차 사이드미러와 같은 셀프클리닝으로써 적용가능하기 때문에 확장 가능성이 매우 높다고 판단된다.

경쟁·대체기술 출현가능성을 살펴보면, 공기살균정화기술은 현재 사용 및 개발 중인 전기집진방식, 세정방식 및 다양한 방식의 하이브리드 시스템과 경쟁기술이라 할 수 있으나, 이 기술들은 가정용 소형화 기술 및 비용에 대한 문제 등이 남아 있어 상용화까지는 많은 시간이 걸릴 것으로 판단되고 있다.

## 4. 결론 및 시사점

### 4.1 연구 결과 요약

공기살균정화기술은 광대역대 활성광촉매를 활용한 융·복합 구조의 공기살균정화시스템 개발은 자외선뿐만 아니라 가시광선에서도 활성 하는 광촉매를 개발하고, 이를 적용한 미디움광촉매필터를 개발하여 사용자에게 높은 살균효능을 제공하는 효율적인 공기살균정화 시스템이다.

보다 상세하게는 오염된 실내공기를 특화된 광대역대 광촉매기술을 이용하여 흡입과 배출과정에서 오염원을 제거하는 공기살균정화시스템으로써, 오염된 공기를 제품내부로 흡입하는 과정과 정화된 청정공기를 배출하는 과정에서, 또 한 번 정화하는 흡입/방출복합형 공기정화기술이다. 장치 내에 탑재된 광촉매 및 이온클러스터 모듈 등을 통해, 실내공기 중에 존재하는 각종 유해물질인 부유세균, 먼지, 부유바이러스, 박테리아, 곰팡이 및 냄새물질을 저감시키는 장치로써, 실내 공기를 쾌적하게 유지시켜 생활의 질을 향상시키고 건강한 삶을 추구할 수 있는 효과적이고 실용적인 공기살균정화기술개발 장치인 것이다.[14.15]

### 4.2 시사점

공기살균정화기술은 오염된 실내공기를 특화된 광대역대 광촉매기술을 이용하여 흡입과 배출과정에서 오염원을 제거하는 공기살균정화시스템으로써, 핵심기술을 개발하여 실내오염물질 저감 제품으로 확장함으로써 다양한 기술적인 파급효과를 가져올 수 있다. 또한 비용을 절감하고 실내 환경 산업에 기여하며, 부가가치를 극대화하는 기술로 경제 및 산업적인 파급효과를 기대할 수 있으며, 기술적인 측면과 경제 및 산업적인 측면에서 살펴보기로 한다.

#### 4.2.1 기술적인 측면연구 결과

일반적인 공기청정기 및 공기살균기 기능에 가시광촉매 활성 및 이온클러스터 모듈을 융합함으로써 실내공기 저감 제품으로 응용을 확장하고 있으며, 광대역에서 활성 하는 광촉매를 포함하여 별도의 자외선램프를 구입할 필요가 없어 램프비용을 줄이고 교체를 단순화 할 수 있다. 광촉매미디움필터는 유입된 오염공기에 의한 공기폐색 및 압력손실 방지가 가능하게 하며, 포집된 필터모듈에서 오염물질이 재 비산하여 발생되는 2차 오염을 방지가 가능함으로서 기존 판매중인 공기살균장치에 적용. 개발함으로써 응용분야 확장이 가능하다.

#### 4.2.2 경제 및 산업적인 측면

형광등에 적용 가능함으로써 비용이 절감되어 지며, 심각해진 실내 공기질과 같은 사회적 측면에서 사용자 니즈에 부합하며 부가가치를 극대화 할 수 있다. 쾌적한 삶에 대한 수요증가에 기여할 수 있으며, 실내 공기 질(Indoor Air Quality, IAQ)'에 대한 관심도 커지고, 이에 따라 전자제품이 방출하는 유해물질을 분석, 안정성을 인증하는 수요도 갈수록 늘어나는 추세로서 경제 및 산업적인 측면에서의 파급효과는 대단히 커지게 된다.

## REFERENCES

[1] M. S. Jeong. (2015). *Introduction to Air Pollution.* Paju : Shinkwang Cultural History.

[2] S. O. Beck. (2014). *Urban areas Hazardous Air Pollutants (HAPs) monitoring.* Incheon : National Institute of environmental Research.

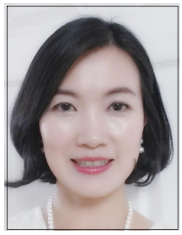
[3] Y. N. Jeon. (2014). *Pollution Prevention Techniques.*

Paju : Cheongmungak.
[4] H .Y. Inoue, (2014). *The Secret Killer Ultrafine Dust PM 2.5*. Seoul : Jeonnamusup.
[5] S. Y. Jo. (2015). *A Study on Concentration Characteristics and Secondary Production of Fine Particulate Matters(PM2.5) by Region*. Inchen: National Institute of environmental research.
[6] Y. J. Choi. (2015). *A Study on Indoor Air Quality Management of Welfare Facilities in Seoul: Focusing on Day Nurseries and Senior Citizens Center*. Seoul : The Seoul Institute.
[7] Y. J. Choi. (2013). *A Study on Improvement of Indoor Air Quality in Homes*. Seoul : The Seoul Institute.
[8] Friends consulting. (2016). *A Report on the Development of a Fusion Composite Air Disinfection System with Wide Band - to - Active Photocatalyst and Ion Cluster Generation Module*. Seoul : Friends consulting.
[9] I. S. Yoo. & S. D. Na. (2015). *Air Sterilization/Purification Device having Elliptical Tube-Shaped Photocatalyst Module and Ion Dluster Generation Module*. Gyeonggi-do : International Application Published with International Search Report.
[10] D. H. Kim. (2015). *Hybrid nanostructure thin film photocatalyst*. Seoul : Ewha Womans University Industry Collaboration Foundation *patent*
[11] Y. H. Lee, Y. J. Choi. & J. O. Choi. (2017). Convergence Evaluation of Indoor Air Measurement in Medical Institution. *Journal of the Korea Convergence Society, 8(1),* 71-76.
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.1.701
[12] J. W. Lee & J. S. Yang (2018). Backcasting of Future Energy Service Industry based on Energy-A ICBM technology onvergence. *Journal of the Korea Convergence SCociety,* 9(7), 33-40
DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.7.033
[13] J. G. Kim, J. M. Park. (2015). A Study on Design Method depending upon Low Carbon Green Architecture of Big Medical Center. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers,* 35(4), 987-996.
[14] Y. W. Song, Y. K. Yang, T. W. Kim, M. Y. Kim, & J. C. Park. (2018). A Study on the Reduction of Indoor Air Pollutants by Photocatalytic. J*ournal of the Architectural Institute of Korea.* 38(2), 290-291
[15] D. W. Kim, D. H. Je, & K. B. Ji. (2018) The Removal of Indoor Suspended Microorganisms of Eco-friendly Antimicrobial Copper Net Filter. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society,* 19(4), 311-316
IOD : 10.5762/KAIS.2018.19.4.311

윤 승 배(Yoon, Sueng Bae) [정회원]

- 1988년 2월 : 경남대학교 전산학과 (공학사)
- 2015년 8월 : 한국방송통신대학원 이러닝학과(이학석사)
- 2018년 11월 : 한성대학교 대학원 박사과정(스마트융합컨설팅학과)
- 2012년 2월 ~ 2017년 9월 : ㈜구츠 기술연구소 책임연구원
- 2015년 3월 ~ 현재 : 한국열린사이버대학교 창업경영컨설팅학과 외래교수
- 관심분야 : IoT, AI, 공기질 향상, 사회적경제
- E-Mail : ysb518910@naver.com

황 윤 정(Hwang , Yun-Jung) [정회원]



- 1999년 2월 : 둥국대학교 역사교육학과(문학사)
- 2007년 2월 : 숙명여자대학교 테크노경영대학원 e비즈전공(경영학석사)
- 2011년 8월 : 숙명여자대학교 일반대학원 경영학과 (경영학박사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 한국열린사이버대학교 창업경영컨설팅학과 교수
- 관심분야 : e비즈, 커머스, IoT, 경영전략, 사업성분석
- E-Mail : webcaster@naver.com

김 승 천(Kim, Seung Cheon) [정회원]

- 1994년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 연세대학교 전자공학과( 공학석사)
- 1999년 8월 : 연세대학교 전기컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2000년 1월 ~ 2001년 1월 : Univ. of Sydney Research Fellow
- 20001년 2월 ~ 2003년 8월 : LG전자 DTV/DA 연구소 선임연구원
- 20003년 9월 ~ 2015년 2월 : 한성대학교 정보통신공학과 교수
- 20015년 3월 ~ 현재 : 한성대학교 IT융합공학부 교수
- 관심분야 : 네트워크 보안, 블록체인 서비스, 사물인터넷 보안, 5G 이동통신망 서비스
- E-Mail : kimsc@hansung.ac.kr