

친환경소재인 항균동망 필터의 실내 부유 미생물 제거 연구

김동우¹, 제동현¹, 지근호^{2*}
¹(주)제이케이골드, ²부경대학교 기초과학연구소

The Removal of Indoor Suspended Microorganisms of Eco-friendly Antimicrobial Copper Net Filter

Dong-Woo Kim¹, Dong-Hyun Je¹, Keunho Ji^{2*}

¹JK Gold Co., Ltd., ²Basic Science Institute, Pukyong National University

요약 최근 현대인들의 삶이 윤택해질수록 실내공기질 (Indoor Air Quality)의 개선이 강하게 요구되고 있다. 생물학적 공기 오염원(세균, 진균, 바이러스 등)의 제거를 위해서 UV/광촉매 장치 또는 오존발생장치, 항균물질의 도포와 같은 방법을 사용하고 있다. 추가 에너지 소모 또는 높은 부식성과 독성, 낮은 항균력 등의 단점을 가지고 있으며, 이를 보완하기 위하여 항균력을 가진 구리를 이용하여 필터를 제작하였다. 항균동 필터의 항균력 검증을 위하여 2종의 곰팡이 (*P. pinophilum*, *C. globosum*) 와 1종의 균 (*S. aureus*) 에 대한 항균력을 측정하였고, 부유미생물 제거능력을 챔버 단계부터 건물의 공조시설까지 단계별 시험을 실시하였다. 그 결과 2종의 곰팡이에 대해서는 24시간 후 100% 항균력을 나타내었고, 1종의 균에 대해서는 18시간 후 99.9% 항균력을 나타내었다. 단계별 부유미생물 제거능력에서는 챔버와 공기청정기를 이용한 시험에서 항균효과 필터보다 높은 항균력을 나타내었다. 건물의 공조시설을 이용한 시험에서는 공간이 밀폐되지 않았고 지속적인 가동을 하지 않았지만 설치 후 약 2주 후부터 항균 효과가 나타나는 것으로 확인하였다. 항균동 필터의 항균력 검증 결과 제작 방법 및 소재의 연구가 더욱 필요하지만 항균 필터로써 충분한 항균력을 가진 것으로 판단된다.

Abstract As the lives of people have improved, the demand for improved indoor air quality has increased. Various methods are used to remove biological air pollutants, such as UV/photocatalytic devices and ozone generators. However, these methods have disadvantages such as energy consumption, high corrosivity and toxicity. To overcome these disadvantages, an antibacterial copper filter was fabricated and its antimicrobial activity was then tested against two fungi (*P. pinophilum*, *C. globosum*) and one bacteria (*S. aureus*). Moreover, the ability to remove suspended microorganisms was tested step by step from the chamber stage to the air conditioning system. The results revealed 100% antimicrobial activity after 24 hours for the two fungi, while this value was 99.9% after 18 hours for the bacteria. Moreover, the antibacterial activity was higher when the chamber and air purifier were used than was obtained using a general antibacterial HEPA filter. Also, as a filter for system air conditioner, the antibacterial activity was lowered in offices and hospitals. In conclusion, the copper filter was found to have sufficient antibacterial activity for use as an antibacterial filter; however, further research on its preparation methods and materials is warranted.

Keywords : Air filter, Antimicrobial copper, Eco-friendly material, Indoor air quality, Indoor suspended microorganism

1. 서론

현대인들은 삶이 윤택해질수록 주위 환경의 쾌적성과

청결에 대한 욕구가 높아짐에 따라 실내 공기질(Indoor Air Quality)의 개선이 강하게 요구되고 있다 [1]. 이에 현대인의 필수 제품으로 실내공기청정기의 판매가 지속

이 성과는 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2017R1D1A1B03036405).

*Corresponding Author : Keunho Ji (Basic Science Institute, Pukyong Nat. Univ.)

Tel: +82-10-3852-2948 email: jkh@pknu.ac.kr

Received January 8, 2018

Revised (1st February 5, 2018, 2nd February 12, 2018)

Accepted April 6, 2018

Published April 30, 2018

적으로 상승하고 있으며, 에어컨 구매에 있어서도 공기 정화시스템이 포함된 제품을 선호하고 있다. 공기청정기 및 기타 공기정화장치에서 공기 정화를 담당하는 중요한 부위는 필터로써 현재 HEPA 필터와 활성탄필터가 가장 많이 사용되고 있다.

공기오염원으로는 가스형태의 화학적인 오염원과 생물학적 오염원으로 나눌 수 있다. 생물학적인 오염원으로는 세균, 진균, 바이러스 등이 있으며, 진균에 의한 냄새와 알레르기, 천식등의 질병을 유발할 수 있다 [2-4]. 현재 나온 공기정화제품의 경우는 화학적인 오염원 제거에 중점을 두고 만든 제품으로써 생물학적 오염원 제거에는 취약한 편이다. 또한 생물학적 오염원의 공기 중 제거방법이 포집에 의한 것이라면 이는 필터여재상에 같이 포집된 이물질에 의하여 증식이 일어나고 더욱 심각한 생물학적 오염원이 될 수 있다 [5,6]. 그렇기 때문에 생물학적 오염원은 살균에 의한 완전 제거를 실시하여야 한다.

생물학적인 오염원의 완전 제거를 위하여 개발된 장치로는 UV/광촉매 장치 [7]와 오존발생장치 [8], 항균물질의 도포 [9]가 있다. UV/광촉매 장치는 에너지 소비량이 증가하여 추가 전력이 필요하고, 오존발생장치는 높은 부식성과 독성을 가진다는 단점이 있다 [10]. 본 연구에서는 이런 단점을 보완하기 위하여 친환경소재로써 항균력을 본래의 성질로 가지고 있는 구리를 필터의 소재로 사용하였다.

구리는 금속 이온 중 항균성이 우수한 것으로 알려져 있으며 사람이나 동물에게도 유해하지 않은 것으로 알려져 옛날부터 식기나 젓가락 등의 생활용품의 소재로 사용하여 왔다. 구리의 항균메커니즘은 습식조건에서 용출된 금속 이온이 균의 단백질과 결합하여 균 세포를 파괴하거나 금속의 촉매작용에 의해 공기 중의 산소를 활성 산소로 변화해서 균의 표면 구조에 손상을 주는 것으로 알려졌다 [11]. 현재 구리를 이용한 생활용품(식기, 보관용기, 쓰레기통 등)은 제작되어 판매되고 있으나 공기정화용 필터를 제작하여 판매하는 곳은 없다.

본 연구에서는 항균력을 지닌 구리를 가는 스트립 형태로 가공하고 폴리에스터와 같이 직조하여 제조한 제품의 생물학적 공기오염원 제거 능력을 측정하고자 한다. 구리를 폴리에스터와 직조하게 되면 적은 양의 구리를 사용하여 보다 넓은 면적에서 항균 효과를 볼 수 있다. 또한 구리 사용량이 줄어들어 제품 가격을 낮추어 시장 경쟁

력을 상승시키는 효과를 볼 수 있다.

2. 재료 및 방법

2.1 항균동망 (Antimicrobial copper net)의 제작

공기 중 부유하는 미생물 (Airborne bacteria)의 성장 억제제를 위하여 구리를 스트립 (Strip) 방식으로 얇게 만든 후 실을 축으로 하여 여러 번 꼬아서 망 (Net)의 형태로 제작하였다.

2.2 항균동망의 항균력 측정

제작한 항균동망의 항균력을 측정하기 위하여 2종의 곰팡이 (*Penicillium pinophilum*, *Chaetomium globosum*)를 PDB (Potato Dextrose Broth) 배지에 배양한 후 항균동망이 포함된 PBS (Phosphate Buffer Saline) buffer에 접종하였다. 대조군으로 접종 후 즉시 PDA (Potato Dextrose Agar) 배지에 도말하였으며, 실험군은 각각 5hr, 7hr, 그리고 24hr 배양한 후 PDA 배지에 도말하였다. 실험은 3회 반복 실험을 하였으며 결과는 평균값으로 하였다.

제작한 항균동망의 bacteria 성장 억제제는 *Staphylococcus aureus*를 이용하여 진행하였으며, KS K 0693의 방법에 따라 FITI 시험연구원(<https://www.fiti.re.kr>)에 의뢰하여 실시하였다.

2.3 Scale up을 통한 항균동망 활성 측정

2.3.1 항균동망 필터 활성 측정

제작한 항균동망의 실제 적용가능성을 확인하기 위하여 scale up 실험을 실시하였다. 초기 scale up 단계에서는 풍량을 100 CFM (Cubic Feed per Minutes)로 조절된 2개의 챔버(W×D×H; 400×400×500)를 제작하여 공기 유출입 부분에 각각 필터를 설치하였다. 유출 부분은 2개 챔버 모두 동일한 일반 HEPA필터 (HEPA filter)를 사용하였으며, 유입부분은 각각 항균HEPA필터, 항균동망으로 감싼 일반필터를 사용하였다. 각 챔버는 외부로부터 공기유입을 제한하여 팬을 통해서만 가능하게 하였다. 각 챔버에 PDA 배지와 LB (Luria Bertani) Agar 배지를 장치하여 공기 부유세균을 24시간 포집한 후 24시간 배양하였다. 실험은 3회 반복 실험을 하였으며 결과

는 평균값으로 하였다.

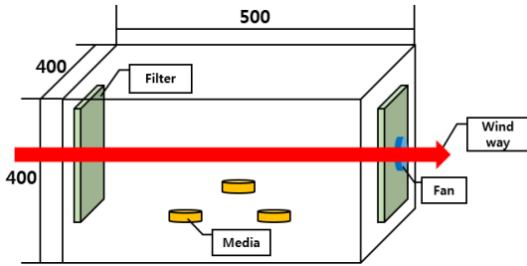


Fig. 1. Experimental chamber (W×D×H; 400×400×500). It was made of acrylic, and the pen was powered by a computer power supply.

2.3.2 In filed 검사를 통한 scale up 및 활성 측정

제작한 항균동망의 in field 검사를 실시하였다. 첫번째로 A사의 10평형대 공기청정기를 이용하였으며 대조군 및 실험군 비교 실험에서 동일한 조건 (실험장소 10평, 150 CFM, 24시간 포집 후 24시간 배양)하에 실험을 진행하였다. 항균동망 필터의 항균력 측정을 위하여 필터부 조건만 변경하였다. 대조군의 경우 프리 필터 (pre-filter), 카본 필터 (Carbon filter), 헤파필터로 구성되어있으며 실험군은 카본 필터를 제거하고 항균동망을 설치하여 실험을 실시하였다.

두번째로 B사의 시스템 에어컨을 이용하여 항균활성을 검사하였다. 시스템 에어컨의 프리 필터부분에 항균동망 장착 유무로 실험군 및 대조군으로 분리하였다. 대조군은 항균동망 장착 전 24시간동안 균을 포집하였으며, 실험군은 항균동망을 장착한 후 24시간 동안 균을 포집하였다. 부유균 포집 후 24시간동안 배양하여 억제 활성 유무를 확인하였다. 실험은 3회 반복 실험을 하였으며 결과는 평균값으로 하였다.

2.4 항균동망의 실제 적용 및 활성

Scale up 및 in field 검사를 통해서 효과가 검증된 항균동망을 실제 생활 환경에 적용하여 활성 여부를 조사하였다. 본 연구를 위하여 부산에 위치한 C 요양병원으로부터 연구 협력을 받아서 진행하였으며, 연구 진행 기간 동안 환자, 보호자 및 간호사들의 일체의 행동 제약 없이 일상의 조건에서 연구를 진행하였다. C 요양병원으로부터 10인실, 6인실, 2인실을 각각 2개씩 받아 대조군과 실험군으로 사용하였다. 대조군은 아무런 처리를 하

지 않고 PDA와 LB agar 배지를 이용하여 공기중 부유세균을 채집하였으며 실험군에는 시스템에어컨의 프리 필터 부분과 건물 내 공기 순환장치부에 항균동을 설치한 후 배지를 이용하여 부유세균을 채집하였다. 채집은 24시간동안 진행하였으며 이후 24시간 동안 배양기에서 배양한 후 곰팡이 및 균의 성장억제를 확인하였다.

3. 결과

3.1 항균동망의 항균력 측정

2종의 곰팡이 *P. pinophilum*, *C. globosum*을 항균동망이 포함된 PBS에 접종하여 시간별로 배양한 결과는 다음과 같다 (Figure 2). 접종 직후 도달에서는 많은 수의 곰팡이가 증식하였다. 5시간 배양 후 도달한 결과에서 *P. pinophilum*에 대한 항균력은 74%였고, *C. globosum*에 대한 항균력은 62%로 나타났다. 5시간과 7시간 (75%와 70%)의 결과에서는 큰 차이가 없었지만 지속적으로 균수가 줄어드는 것은 확인할 수 있었다. 24시간 이후에는 균이 완전히 사멸되어 배지 내에 균이 증식하지 않은 것을 확인할 수 있다. 이는 표면 접촉을 통한 항균활성을 가진다는 연구결과 [12]와 동일한 결과가 도출되었으며, 또한 24시간 이내에 유해 곰팡이가 제거되는 것을 확인하였다. 항균동망의 *S. aureus*에 대한 성장억제를 확인한 결과는 Table 2와 같다. KS K 0693의 방법에 따라 진행한 결과 99.9%의 항균력을 확인하였다.

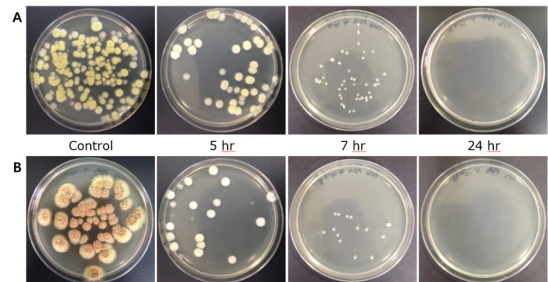
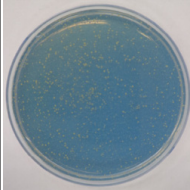
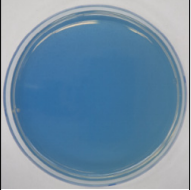


Fig. 2. Test fungi strain was inoculate in PBS buffer containing antimicrobial copper net and then viable cells were counted after 5 to 24 hrs reaction. A; Antifungal activity against *P. pinophilum*, B; Antifungal activity against *C. globosum*.

Table 1. Antifungal activity (CFU/mL).

	Control	5hrs	7hrs	24hrs
<i>P. pinophilum</i>	1.71×10^3	4.4×10^2	4.2×10^2	0
<i>C. globosum</i>	4.7×10^2	1.8×10^2	1.4×10^2	0

Table 2. Antibacterial activity.

	Blank	Sample
Figure		
At beginning	2.3×10^4	2.3×10^4
After 18h	3.3×10^6	<10
Reduction rate	-	99.9 %

3.2 Scale up을 통한 항균력 측정

항균해파필터와 항균동망으로 감싼 일반필터를 각각 설치한 챔버에서 포집한 부유세균의 결과는 다음과 같다 (Figure 3). 항균해파필터의 경우 설치한 배지 내에 부유세균 및 곰팡이가 증식하였으며, 항균동으로 감싼 일반필터의 경우 설치한 배지 내에 아무것도 증식하지 않았다. 이는 항균동의 성질인 표면 접촉을 통한 항균활성이 순간적인 접촉이어도 가능하다는 것을 나타낸다. 또한 일반적으로 판매되고 있는 항균해파필터에 비하여 항균동으로 제작한 필터가 보다 높은 항균활성을 가진다는 것을 시사하는 결과이다.

실제 제품에 항균동망을 설치하여 실험을 실시한 결과는 다음과 같다 (Figure 4,5). A사의 10평형대 공기청정기를 가동하였을 때는 부유세균 및 곰팡이가 설치한 배지 내에서 증식한 것을 관찰하였다. 하지만 항균동망을 설치한 10평형대 공기청정기를 가동하였을 때는 부유세균 및 곰팡이가 관찰되지 않았다. B사의 시스템 에어컨을 이용한 검사에서도 동일한 결과를 얻었다. 이는 항균동망을 이용한 필터를 실생활에 적용하였을 때도 실험실에서 검사한 결과와 똑같은 효과를 볼 수 있다는 것을 의미한다.

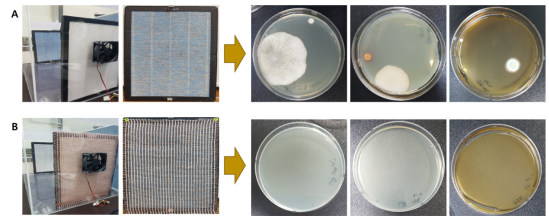


Fig. 3. Investigated the antimicrobial activities using a each filter which that existing antimicrobial filter and equipped with antimicrobial copper net. A; General HEPA filter (control), B; Antimicrobial net filter (experimental).

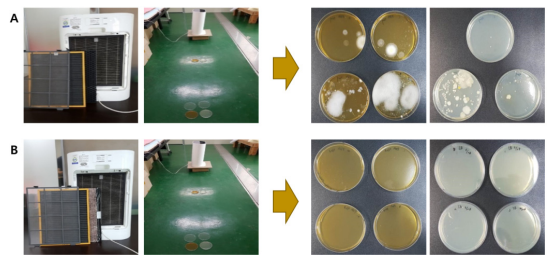


Fig. 4. After validating the antimicrobial activity of copper net, scale up test was carried out to confirm the field application. A; General air purification (control), B; Air purification with antimicrobial copper filter (experimental).

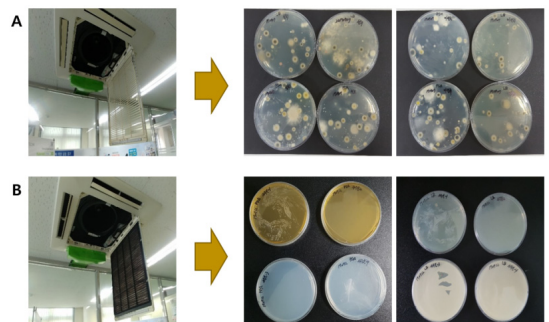


Fig. 5. Scale up test. A; General system air-conditioner (control), B; System air-conditioner with antimicrobial copper filter (experimental).

3.3 항균동망의 실제 적용 및 활성

항균동망을 실제 생활 환경에 적용하여 활성 여부를 조사한 결과는 다음과 같다 (Figure 6). 초기 부유세균 및 곰팡이를 포집하였을 때는 일반 사무실보다 많은 수가 관찰되는 것을 확인하였다. 그 후 약 2주 후부터 부유

세균 및 곰팡이의 수가 감소하는 것을 확인하였고, 처음 설치 후 약 1달이 경과하였을 때는 부유 세균 및 곰팡이의 수가 확연히 줄어든 것을 확인하였다.

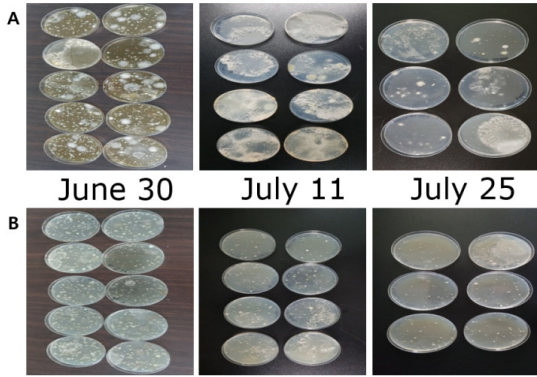


Fig. 6. After confirmed the scale up test, antimicrobial activity of copper net was verified applying multi-use facilities. A; LB media for bacteria, B; PDA media for fungi.

4. 결론

본 연구에서는 제품의 소재로 사용한 구리의 항균력을 우선 확인하였고, 구리를 이용하여 제작한 필터 제품의 생물학적 공기오염원 제거 능력을 실험실 범위에서 실생활 범위까지 순차적으로 측정하였다.

구리는 알려진 것과 같이 표면 접촉을 통한 높은 항균 활성을 나타내었다. M. Yasuyuki 의 연구결과 [13]에서는 24시간이 지나도 항균활성이 나타나지 않는 것으로 보고되었다. 하지만 본 연구에서는 18시간 반응 후 99.9% 항균활성을 나타내었다. 또, K. Malachova의 연구결과 [14]에서는 구리의 항미효과가 미흡한 것으로 보고되었다. 하지만 본 연구에서는 24시간 반응 후 100% 항균 활성이 나타난 것을 확인하였다. 이는 시료의 상태 차이로 표면적이 넓은 항균동망이 구리판보다 높은 항균 활성을 나타낸다고 생각되어진다.

그 효과는 필터에 접촉하기에 충분하다고 판단되었다. 구리의 항균력은 금속 표면에 미생물이 접촉하였을 때 발생하는 것으로 구리의 표면적을 늘리기 위하여 구리를 얇고 가늘게 만들었다. 이를 폴리에스터 재질의 섬유와 직조함으로써 같은 면적에 사용하는 구리의 양은 낮추면서 항균력은 유지한 제품을 제작하였다.

제작된 제품을 사용하여 챔버에 설치하여 항균력을 측정하였을 때, 항균효과필터와 비교하면 높은 항균력을 나타낸 것으로 판단된다. 이를 10평형대 공기청정기에 적용하여 실험한 결과 역시 높은 항균력을 나타낸 것으로 생각된다. 하지만 이를 시스템 에어컨에 적용하여 실생활에 적용하였을 때는 이에 미치지 못하는 결과가 나타났다. 이는 사무실보다 병원에서 실험하였을 때 더욱 낮은 항균력을 나타내었다. 이런 결과의 원인은 실생활에서의 밀폐되지 않은 공기에 의한 것으로 판단된다. 실제 생활환경의 경우 외부인의 출입이 잦으며, 시스템 에어컨을 24시간 가동하지 않기 때문인 것으로 판단된다. 이 같은 이유로 인하여 실험실 범위에서의 결과에는 미치지 못하지만 병원에서의 결과를 보았을 때 약 2주 후부터 확연하게 미생물이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 타 제품에 비하여 높은 항균력을 나타낸 것이다.

구리를 이용하여 항균동망을 제작하고 이를 필터로 사용하였을 때 생물학적 공기오염원 제거 능력이 있는 것을 확인하였다. 타 제품에 비하여 우수한 결과를 나타내었으나 실생활에 적용하였을 때 기대보다는 낮은 항균력을 나타내었다. 이는 항균동망의 제작 방법 및 소재 변화를 통한 개선이 필요할 것으로 판단된다. 차후 연구로는 항균동망내의 구리양의 변화에 따른 항균력 측정과 다양한 구리 합금의 항균력 측정 및 항균동망 적용에 대한 연구가 필요하다.

References

- [1] K. Miura, T. Takatsuka, U Yanagi, S. Yamazaki, "Evaluation method and evaluation result of antibacterial performance of air-conditioning equipment subjected to antibacterial treatment", *Air cleaning technology*, vol. 22, no. 2, pp. 40-49, 2009.
- [2] K. Y. Yoon, J. H. Park, Y. S. Kim, C. W. Park, J. H. Hwang, "Numerical Study on the Microbial Contamination of Antimicrobial Air Filters", *Korean Society for Atmospheric Environment*, 2009.
- [3] G. R. Ahn, "Concentration and Diversity of Fungi in Indoor Air of Multiuse Facilities and Water-damaged Houses in Korea", Department of Microbiology Dankook University, 2017.
- [4] Y. A. Jang, S. Y. Yoo, S. W. Lee, S. K. Kam, M. G. Lee, "E. coli Antibacterial Performance of Fixed Antibacterial Filter for Air Purifier", *Proceedings of the Korean Environmental Sciences Society Conference*, vol. 16, no. 1, pp. 542-544, 2007.
- [5] J. H. Hwang, K. Y. Yoon, J. H. Byeon, J. H. Park, C.

W. Park, "Bio-aerosol control technology using antibacterial filter coated with silver nanoparticles", *Air cleaning technology*, vol. 20, no. 1, pp. 57-65, 2007.

- [6] C. S. Kong, J. Y. Bang, H. S. Kim, "Study on Production of Kimchi Enzyme Antibacterial Filter Using Electrospray", *Textile Science and Engineering*, vol. 50, no. 2, pp. 120-125, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.12772/TSE.2013.50.120>
- [7] Y. H. Yoon, S. H. Nam, J. C. Joo, H. S. Ahn, "Photocatalytic disinfection of indoor suspended microorganisms (*Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* spore) with ultraviolet light", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 15, no. 2, pp. 1204-1210, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.2.1204>
- [8] H. G. Lee, T. H. Kim, J. S. Jung, J. G. Kim, "A Basic Study on Inner Air Filter Sterilization System using Ozone", *The Korean Institute of Electrical Engineers*, pp. 1206-1207, 2015.
- [9] S. Y. Park, J. H. Jung, G. B. Hwang, G. N. Bae, Y. P. Kim, C. W. Nho, "Comparison of Antibacterial Ability of Air Filter Media Treated with a Natural Antibacterial Agent by Three Treatment Methods", *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, vol. 29, no. 2, pp. 125-134, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.5572/KOSAE.2013.29.2.125>
- [10] I. S. Chang, J. Y. Kim, "Water treatment sterilization technology using ultraviolet rays", *The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, vol. 19, no. 5, pp. 14-21, 2005.
- [11] J. A. Lemire, J. J. Harrison, R. J. Turner, "Antimicrobial activity of metals: mechanisms, molecular targets and applications", *Nature review. Microbiology*, vol. 11, no. 6, pp. 371-384, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro3028>
- [12] G. Grass, C. Rensing, M. Solioz, "Metallic copper as an antimicrobial surface", *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 77, no. 5, pp. 1541-1547, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.02766-10>
- [13] M. yasuyuki, K. Kunihiro, S. Kurissery, N. Kanavillil, Y. Sato, Y. Kikuchi, "Antibacterial properties of nine pure metals: a laboratory study using *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*", *Biofouling*, vol. 26, no. 7, pp. 851-858, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1080/08927014.2010.527000>
- [14] K. Malachova, P. Praus, Z. Rybkova, O. Kozak, "Antibacterial and antifungal activities of silver, copper and zinc montmorillonites", *Applied Clay Science*, vol. 53, no. 4, pp. 642-645, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2011.05.016>

김 동 우(Dogn-Woo Kim)

[정회원]



- 2015년 2월 : 부경대학교 미생물학과 (이학학사)
- 2017년 2월 : 부경대학교 화학과 (이학석사)
- 2017년 1월 ~ 2017년 7월 : 부경대학교 나노과학기술연구소 전임연구원
- 2017년 9월 ~ 현재 : (주)제이케이 골드 전임연구원

<관심분야>

미생물학, 생화학, 기능성 금속 소재

제 동 현(Dogn-Hyun Je)

[정회원]



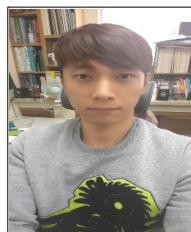
- 1988년 2월 : 부경대학교 금속공학과 (공학학사)
- 2008년 2월 ~ 2013년 1월 : (주)제 무진 이사
- 2013년 3월 ~ 2015년 7월 : CP COMPANY 전무
- 2015년 9월 ~ 현재 : (주)제이케이 골드 대표이사

<관심분야>

금속 가공, 재료 금속, 비철금속

지 근 호(Keunho Ji)

[정회원]



- 2008년 2월 : 부경대학교 미생물학과 (이학석사)
- 2016년 2월 : 부경대학교 미생물학과 (이학박사)
- 2016년 3월 ~ 2017년 8월 : 부경대학교 기초과학연구소 전임연구원
- 2017년 9월 ~ 현재 : 부경대학교 기초과학연구소 연구교수

<관심분야>

미생물학, 생화학, 균학