(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0060618
(43) 공개일자 2023년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 99/00 (2011.01) *C12Q 1/02* (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01M 99/008 (2013.01)
C12Q 1/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0144803
(22) 출원일자 2021년10월27일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
이승훈
경상남도 창원시 성산구 가음정로 23번길 10-21
박주영
경상남도 창원시 성산구 창이대로 737(사파동, 사파동성아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이지

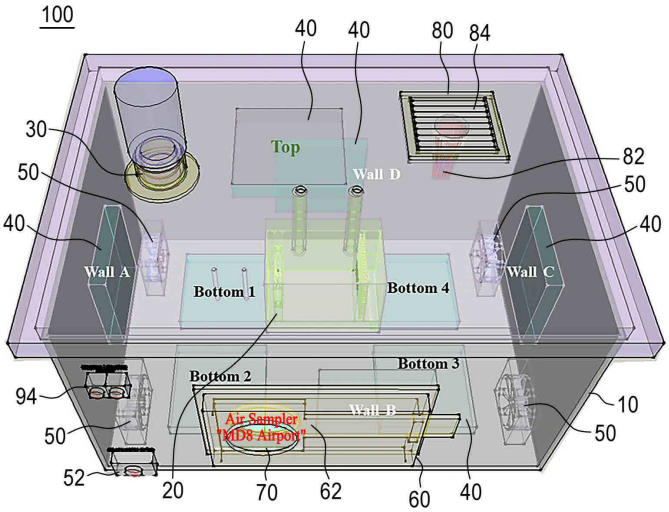
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템 및 이를 이용한 평가 방법**

(57) 요 약

본 발명은 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템 및 이를 이용한 평가 방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게, 본 발명은 공기 중 부유한 세균, 바이러스, 곰팡이 (이하, 병원체라고 함)를 포집, 살균, 및/또는 비활성화시키는 병원체 방역용 제품의 방역성능을 평가하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01M 99/005 (2013.01)
(72) 발명자
백기호
경상남도 창원시 성산구 용지로 56(중앙동)
정성훈
경남 창원시 성산구 상남동 61~80
변은연
경상남도 창원시 성산구 원이대로878번길 9 (가음동, 창원 가음 한화 꿈에그린)
박홍현
경상남도 창원시 성산구 신사로 135-1(사파동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711139403
과제번호	PNK7400
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	국가과학기술연구회
연구사업명	한국재료연구원 운영비지원사업
연구과제명	(방역 소재) 저온 플라즈마 응용 병원체 제거 소재 및 시스템 개발(3/5)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	국가과학기술연구회
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

평가 대상 시험품이 장착되는 시험품 거치부를 구비하고 외부와 격리된 챔버;

상기 챔버 내부에 병원체를 에어로졸 형태로 주입하는 병원체 분사기;

상기 챔버 내벽의 복수 개소에 부착되는 부착병원체 포집 배지부;

상기 챔버 내부의 부유병원체 입자를 지속적으로 부유시키는 대류용 팬;

상기 챔버 내부의 부유병원체 입자의 포집 시에만 열리는 밀폐형 문;

상기 밀폐형 문에 장착된 흡기형 부유병원체 포집기; 및

상기 챔버 내부로 외부기체를 유입시키는 외부기체 유입구;를 포함하는, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 시험품은 에어필터, 플라즈마, 자외선, 및 광촉매 중 1종 이상으로 구성된 방역제품인, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 시험품 거치부는 시험품에 공기를 공급하는 내장 팬이 구비되는, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 병원체는 대장균(*Escherichia coli*), 표피포도구균(*Staphylococcus epidermidis*), 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*), 살모넬라균 (*Salmonella spp.*), 및 치구균(*Mycobacteria smegmatis*) 중 1종 이상인, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 병원체 분사기는 네뷸라이저(nebulizer) 또는 아토마이저(atomizer)인, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 부착병원체 포집 배지부는 챔버 내부의 천장, 바닥, 및 측면에 구비되는, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 외부기체 유입구는 챔버 내부의 압력을 유지시키는 역류 방지 필터 및 HEPA 필터가 장착된, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 챔버 내부의 온도 및 습도를 모니터링하기 위한 온도계 및 습도계가 더 구비되는, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 챔버 내부의 압력을 모니터링하기 위한 압력 측정장치가 더 구비되는, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 챔버 내부의 오존 또는 질소산화물의 농도를 모니터링하기 위한 오존 흡입구 및 오존 농도 측정기가 더 구비되는, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 기재된 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템을 이용한 방역제품의 성능 평가 방법으로,

i) 챔버 내부를 살균 소독하는 단계;

ii) 챔버 내의 시험품 거치부에 평가 대상 시험품을 거치하는 단계;

iii) 챔버 내벽에 복수 개의 부착병원체 포집 배지부를 부착하는 단계;

iv) 챔버 내부의 대류용 팬을 가동하는 단계;

v) 병원체 분사기를 통해 챔버 내부로 병원체를 분사하는 단계;

vi) 평가 대상 시험품을 작동시키는 단계;

vii) 상기 vi) 완료 후, 부착병원체 포집 배지부를 수거하여 포집된 병원체 농도를 측정하는 단계; 및

viii) 상기 vi) 완료 후, 흡기형 부유병원체 포집기를 통해 포집된 병원체 농도를 측정하는 단계를 포함하는, 방역제품의 성능 평가 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

단계 i)의 상기 시험품은 에어필터, 플라즈마, 자외선, 및 광촉매 중 1종 이상으로 구성된 방역제품인, 방역제품의 성능 평가 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

단계 ii)에서 상기 부착병원체 포집 배지부는 챔버 내부의 천장, 바닥 및 측면에 부착되는, 방역제품의 성능 평가 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

챔버 내부의 온도 및 습도를 모니터링하고 일정하게 유지되도록 제어하는 단계를 더 포함하는, 방역제품의 성능 평가 방법.

청구항 15

제11항에 있어서, 챔버 내부의 오존 또는 질화산화물의 농도를 모니터링하는 단계를 더 포함하는, 방역제품의 성능 평가 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템 및 이를 이용한 평가 방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게, 본 발명은 공기 중 부유한 세균, 바이러스, 곰팡이 (이하, 병원체라고 함)를 포집, 살균, 및/또는 비활성화시키는 병원체 방역용 제품의 방역성능을 평가하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 코로나19 대유행으로 다양한 방역 관련 제품들이 출시되고 있다. 하지만, 갑작스런 방역 시장 확장으로 인해 방역제품들의 성능을 정량적으로 검증할 수 있는 장치 및 방법에 대한 가이드라인이 부족한 상태이다.

[0004] 예를 들면, 코로나19 대유행으로 가장 많이 홍보되고 있는 방역 관련 제품은 공기청정기이다. 현재 국내에서 판매 중인 공기청정기의 부유병원체 제거성능 평가 기준은 공기 중에 부유한 병원체의 농도가 공기청정기 운전시간에 따라 감소하는 것을 측정하여 평가한다(참고: 공기청정기 미생물 제거성능, SPS-KACA402-1566, 한국공기청정협회).

[0005] 하지만, 세균, 바이러스 등에 의한 2차 감염은 공기 중 병원체에 의해 발생하는 것뿐만 아니라, 인간의 손이 닿는 다양한 물체 표면에 존재하는 병원체에 의해서도 발생한다. 앞서 설명한 '공기청정기 미생물 제거성능' 기준은 물체 표면에 존재하는 병원체의 방역 효과를 검증하지 못하기 때문에 완전한 평가법이 될 수 없다.

[0007] 또 다른 방역제품인 자외선 조사 방식의 방역제품들이 다수 판매되고 있다. 자외선 방역제품들은 표면에 부착된 병원체를 효과적으로 살균할 수 있는 장점이 있으나, 공기 중 부유 병원체들을 방역하기 위해서는 필터와 같은 포집부품이 추가적으로 필요하다. 따라서, 자외선 제품으로 특정 공간을 방역하는 경우, 표면뿐만 아니라 공기 중 부유병원체 감소 효과에 대한 검증이 필요하다.

[0009] 그 외 플라즈마 또는 오존 기반의 방역제품도 다수 판매되고 있다. 플라즈마 기반의 방역제품은 공기를 전기방전시켜 발생하는 오존 또는 질소산화물을 활용하는 방식을 주로 사용한다. 플라즈마 방식의 방역제품은 방역 공간 내에 오존과 같은 산화력이 강한 기체를 방출하고 이를 통해 부유병원체와 부착병원체를 제거한다. 하지만, 산화력이 강한 기체는 인간에게도 유해하기 때문에 방역이 이루어지는 공간 내의 오존 또는 질소산화물 등의 가스 농도 측정이 필요하다.

[0011] 따라서, 병원체 방역용 제품의 방역 방식에 상관없이 부유병원체와 부착병원체에 대한 방역 성능을 모두 효율적으로 평가할 수 있는 병원체 방역용 제품의 방역성능 평가 장치 및 방법에 대한 요구가 있다.

[0012] 또한, 플라즈마 방역제품의 경우, 방역이 이루어지는 공간 내의 오존 또는 질소산화물 등의 농도를 측정하여 유해성도 평가할 필요가 있다.

[0014] 본 발명의 배경기술로 대한민국 등록특허 제10-1327522호에 공기정화기에 대한 부유세균의 제거성능 평가 방법이 기재되어 있고, 대한민국 등록특허 제10-1721190호에 미생물 필터 테스트 장치에 대해 기재되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명의 목적은 병원체 방역용 제품의 방역 방식에 상관없이 부유병원체와 부착병원체의 방역 효과를 모두 효율적으로 평가할 수 있는 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템 및 평가 방법을 제공하는 것이다.

[0017] 본 발명의 다른 목적은 플라즈마 방역제품의 경우, 방역이 이루어지는 공간 내의 오존 또는 질소산화물 등을 측정하여 유해성도 추가로 평가할 수 있는 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템 및 평가 방법을 제공하는 것이다.

[0018] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 더욱 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

[0020] 일 측면에 따르면, 평가 대상 시험품이 장착되는 시험품 거치부를 구비하고 외부와 격리된 챔버; 상기 챔버 내부에 병원체를 에어로졸 형태로 주입하는 병원체 분사기; 상기 챔버 내벽의 복수 개소에 부착되는 부착병원체 포집 배지부; 상기 챔버 내부의 부유병원체 입자를 지속적으로 부유시키는 대류용 팬; 상기 챔버 내부의 부유병원체 입자의 포집 시에만 열리는 밀폐형 문; 상기 밀폐형 문에 장착된 흡기형 부유병원체 포집기; 및 상기 챔버 내부로 외부기체를 유입시키는 외부기체 유입구;를 포함하는, 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템이 제공된다.

[0021] 일 실시예에 따르면, 상기 시험품은 에어필터, 플라즈마, 자외선, 및 광촉매 중 1종 이상으로 구성된 방역제품일 수 있다.

[0022] 일 실시예에 따르면, 상기 시험품 거치부는 시험품에 공기를 공급하는 내장 팬을 구비할 수 있다.

[0023] 일 실시예에 따르면, 상기 병원체는 대장균(*Escherichia coli*), 표피포도구균(*Staphylococcus epidermidis*), 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*), 살모넬라균 (*Salmonella spp.*), 및 치구균(*Mycobacteria smegmatis*) 중 1종 이상일 수 있다.

[0024] 일 실시예에 따르면, 상기 병원체 분사기는 네뷸라이저(nebulizer) 또는 아토마이저(atomizer)일 수 있다.

[0025] 일 실시예에 따르면, 상기 부착병원체 포집 배지부는 챔버 내부의 천장(top), 바닥(bottom), 및 측면(wall)에 구비될 수 있다.

[0026] 일 실시예에 따르면, 상기 외부기체 유입구는 챔버 내부의 압력을 유지시키는 역류 방지 필터 및 HEPA 필터가 장착될 수 있다.

[0027] 일 실시예에 따르면, 상기 챔버 내부의 온도 및 습도를 모니터링하기 위한 온도계 및 습도계가 더 구비될 수 있다.

[0028] 일 실시예에 따르면, 상기 챔버 내부의 압력을 모니터링하기 위한 압력 측정장치가 더 구비될 수 있다.

[0029] 일 실시예에 따르면, 상기 챔버 내부의 오존 또는 질소산화물의 농도를 모니터링하기 위한 오존 흡입구 및 오존 농도 측정기가 더 구비될 수 있다.

[0031] 다른 측면에 따르면, 본원에 기재된 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템을 이용한 방역제품의 성능 평가 방법으로, i) 챔버 내부를 살균 소독하는 단계; ii) 챔버 내의 시험품 거치부에 평가 대상 시험품을 거치하는 단계; iii) 챔버 내벽에 복수 개의 부착병원체 포집 배지부를 부착하는 단계; iv) 챔버 내부의 대류용 팬을 가동하는 단계; v) 병원체 분사기를 통해 챔버 내부로 병원체를 분사하는 단계; vi) 평가 대상 시험품을 작동시키는 단계; vii) 상기 vi) 완료 후, 병원체 포집 배지를 수거하여 포집된 병원체 농도를 측정하는 단계; 및 viii) 상기 vi) 완료 후, 흡기형 부유병원체 포집기를 통해 병원체 농도를 측정하는 단계를 포함하는, 방역제품의 성능 평가 방법이 제공된다.

[0032] 일 실시예에 따르면, 단계 i)의 상기 시험품은 에어필터, 플라즈마, 자외선, 및 광촉매 중 1종 이상으로 구성된 방역제품일 수 있다.

[0033] 일 실시예에 따르면, 단계 ii)에서 상기 병원체 포집 배지부는 챔버 내부의 천장, 바닥 및 측면에 부착될 수 있다.

[0034] 일 실시예에 따르면, 챔버 내부의 온도 및 습도를 모니터링하고 일정하게 유지되도록 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0035] 일 실시예에 따르면, 챔버 내부의 오존 또는 질화산화물의 농도를 모니터링하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0037] 일 실시예에 따르면, 흡기형 부유병원체 포집기 및 챔버 내벽에 부착된 병원체 포집용 배지부를 구비하여, 병원체 방역제품을 시험품 거치부에 장착하고 방역 성능평가 시 필터형 방역제품, 자외선 조사 방식 방역제품, 플라즈마형 방역제품 등의 부유병원체와 부착병원체의 제거성능을 모두 효율적으로 평가할 수 있다.

[0038] 일 실시예에 따르면, 오존 또는 질소산화물의 측정부를 구비하여, 플라즈마형 방역제품을 시험품 거치부에 장착하고 방역이 이루어지는 공간 내의 오존 또는 질소산화물 등을 측정하여 방역제품의 유해성도 평가할 수 있다.

[0039] 일 실시예에 따르면, 필터형 또는 플라즈마형 등의 방역제품을 시험품 거치부에 장착하고 방역 성능평가 시 방역제품의 사용시간과 병원체 종류에 따른 부유병원체와 부착병원체의 제거성능도 효율적으로 평가할 수 있다.

[0040] 일 실시예에 따르면, 챔버 문에 장착되는 흡기형 부유병원체 포집기를 구비하여, 방역 성능평가의 정확도를 극대화 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템을 개략적으로 나타낸 투영도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템을 개략적으로 나타낸 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 방역성능 평가 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 생성된 병원체 에어로졸의 크기를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 챔버 내부를 순환하는 에어로졸 입자의 고속 카메라 이미지이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 챔버 내부를 순환하는 병원체 에어로졸 입자의 고속 카메라 이미지의 촬영 개략도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 필터의 사진과 플라즈마 필터를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 필터의 작동 시간에 따른 오존 농도를 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 필터의 방역성능을 나타내는 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 HEPA 필터와 플라즈마 필터를 통해 공간 방역성능을 평가한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0044] 본 출원에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0045] 본 출원에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서 전체에서, "상에"라 함은 대상 부분의 위 또는 아래에 위치함을 의미하는 것이며, 반드시 중력 방향을 기준으로 상 측에 위치하는 것을 의미하는 것이 아니다.

[0046] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

[0048] 본원에서 병원체(病原體)란 바이러스, 세균 등 질병을 일으키는 미생물 등을 포함한다. 일반적으로 질병을 일으킬 수 있는 어떠한 것이라도 포함된다. 또한, 본원에서 부유병원체란 공기 중 부유하고 있는 병원체를 의미하며, 부착병원체란 본원의 챔버 시스템의 챔버 내벽을 포함한 특정 공간 상의 내벽 표면상에 존재 및/또는 부착될 수 있는 병원체를 의미한다.

[0050] 상술한 바와 같이, 다양한 방역 관련 제품들이 개발 및 출시되고 있으나, 이러한 방역제품들의 성능에 대한 평가 방법이 규제되지 않아 표준화된 평가와 객관적인 비교가 어렵다. 따라서, 본 발명자들은 실제 환경을 시뮬레이션하는 병원체 방역제품의 방역성능 평가용 챔버 시스템을 개발하여, 부유병원체와 부착병원체를 살균하는 장치와 같은 방역제품의 기능을 객관적으로 평가할 수 있는 본 발명을 완성하였다.

[0052] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템을 개략적으로 나타낸 투영도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템을 개략적으로 나타낸 단면도이다.

[0053] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본원의 일 측면에 따라 제공되는 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템(100)은 평가 대상 방역제품이 장착되는 시험품 거치부(20)를 구비하고 외부와 격리된 챔버(10); 상기 챔버(10) 내부에 병원체를 에어로졸 형태로 주입하는 병원체 분사기(30); 상기 챔버(10) 내벽의 복수 개소에 부착되는 부착병원체 포집 배지부(40); 상기 챔버(10) 내부의 부유병원체 입자를 지속적으로 부유시키는 대류용 팬(50); 상기 챔버(10) 내부의 부유병원체 입자의 포집 시에만 열리는 밀폐형 문(62); 상기 밀폐형 문(62)에 장착된 흡기형 부유병원체 포집기(70); 및 상기 챔버(10) 내부로 외부기체를 유입시키는 외부기체 유입구(80);를 포함한다.

[0055] 상기 챔버(10)의 부피는 시험품의 방역성능을 정확하게 평가할 수 있는 크기이면 제한은 없고, 이에 한정되는 것은 아니나 약 60 리터일 수 있다.

[0057] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 시험품은 에어필터, 플라즈마, 자외선, 및 광촉매 중 1종 이상으로 구성된 방역제품일 수 있다. 본원의 방역제품 성능 평가용 챔버 시스템(100)은 병원체 방역용 제품의 방역 방식에 상관없이 다양한 방역제품의 방역 성능을 효과적으로 평가할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 예시적으로 상기 에어필터는 HEPA 필터일 수 있고, 이온빔 전처리로 표면개질층이 형성된 폴리머 필터층 및 상기 폴리머 필터 상에 코팅된 금속층을 포함하는 에어필터일 수 있다.

[0059] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 시험품 거치부(20)는 시험품에 공기를 공급하는 내장 팬(22)을 구비할 수 있다. 상기 내장 팬(22)은 병원체 분사기(30)를 통해 챔버(10) 내로 분사되어 공기 중에 부유하고 있는 병원체 에어로졸이 시험품인 방역제품을 통과할 수 있도록 공기를 공급할 수 있다. 또한, 한 차례 시험품의 방역성능 평가 절차가 끝나면, 시험품 거치부(20)의 시험품을 교체하여 다른 종류의 시험품을 거치한 새로운 시험품 거치부(20')를 구비하고 내장 팬(22')을 통해 병원체 에어로졸이 시험품인 방역제품을 통과할 수 있도록 공기를 공급한다.

[0061] 본원의 병원체는 용액상태로 병원체 분사기(30)에 공급되어, 병원체 분사기(30) 통해 에어로졸 형태로 챔버(10) 내부로 공급된다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 병원체는 대장균(*Escherichia coli*), 표피포도구균

(*Staphylococcus epidermidis*), 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*), 살모넬라균 (*Salmonella spp.*), 및 치구균(*Mycobacteria smegmatis*) 중 1종 이상일 수 있다.

[0063] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 병원체 분사기(30)는 네뷸라이저(nebulizer) 또는 아토마이저(atomizer)일 수 있다.

[0065] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 부착병원체 포집 배지부(40)는 챔버 내부의 천장, 바닥 및 측면에 각각 복수 개로 구비될 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 부착병원체 포집 배지부(40)는 챔버 내부의 천장에 1개 이상, 바닥에 2개 이상, 측면에 2개 이상 구비되는 것이 부착병원균의 농도를 보다 정확하게 측정할 수 있고, 바닥에 3개 이상, 측면에 3개 이상 구비되는 것이 보다 적합할 수 있다.

[0066] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 부착병원체 포집 배지부(40)는 페트리 디쉬(petri dish)를 포함할 수 있으며, 상기 페트리 디쉬에 한천(agar) 배지를 부어 만든 한천 평판(agar plate)을 구비하여 챔버(10) 내부 표면에 존재 및/또는 부착될 수 있는 병원체를 포집할 수 있다. 상기 배지는 포집하고자 하는 부착병원체에 따라 공지의 기술을 이용하여 다양한 변형이 가능할 수 있다.

[0068] 상기 챔버(10) 내부의 부유병원체 입자의 포집 시에만 열리는 밀폐형 문(62)은 패스 박스(60)에 구비되고 슬라이딩으로 작동되며, 부유병원체를 측정할 때만 오픈되어 상기 흡기형 부유병원체 포집기(70)로 부유병원체를 포집할 수 있다.

[0070] 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 외부기체 유입구(80)는 챔버(10) 내부의 압력을 유지시키는 역류 방지 필터(82) 및 HEPA 필터(84)가 장착될 수 있다. 상기 역류 방지 필터(82) 및 HEPA 필터(84)는 챔버(10) 내부의 압력을 유지시키는 기능 외에 챔버(10)에 존재하는 부유병원체가 상기 외부기체 유입구(80)를 통해 외부로 유출되지 않도록 방지하는 역할을 할 수 있다.

[0072] 이에 한정되는 것은 아니나, 본원의 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템(100)은 챔버 내부의 온도 및 습도를 모니터링하기 위해 온도계(90) 및 습도계(92)를 더 구비할 수 있다. 상기 온도계(90)를 통해 온도를 모니터링하여 온도 조절기 스위치(94)에 연결된 난방 조절기(96) 및 냉방 조절기(98)를 더 구비하여 챔버(10) 내부의 온도를 일정하게 유지하도록 제어할 수 있다. 또한, 상기 습도계(92)를 통해 습도를 모니터링하여 습도 조절기(미도시)를 더 구비하여 챔버(10) 내부의 습도를 일정하게 유지하도록 제어할 수 있다. 상술한 바와 같이 챔버(10) 내부의 온도 및 습도를 기록하고 일정하게 유지하도록 제어함으로써, 동일한 환경에서 시험품의 성능을 평가할 수 있어 보다 정확한 평가 결과를 얻을 수 있다.

[0074] 이에 한정되는 것은 아니나, 본원의 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템(100)은 챔버 내부의 압력을 모니터링하기 위한 압력 측정장치(미도시)를 더 구비할 수 있다.

[0076] 이에 한정되는 것은 아니나, 본원의 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템(100)은 챔버(10) 내부의 오존 농도를 모니터링하기 위한 오존 흡입구(미도시) 및 오존 농도 측정기(미도시)를 더 구비할 수 있다. 플라즈마를 이용하는 방역제품의 경우, 방역 공간 내에 오존과 같은 산화력이 강한 기체를 방출하므로 방역이 이루어지는 공간 내의 오존 또는 질소산화물 등의 가스 농도 측정이 필요하다. 따라서, 본원의 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템(100)은 챔버(10) 내에 오존 농도 측정기를 구비함으로써, 챔버(10) 내의 오존 또는 질소산화물의 잔존 농도를 측정 및 모니터링하여 유해성을 평가할 수 있다.

[0078] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 방역성능 평가 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도이다.

[0079] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본원의 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템(100)을 이용한 평가 방법은, i) 챔버(10) 내부를 살균 소독하는 단계(S10); ii) 챔버(10) 내의 시험품 거치부(20)에 평가 대상 시험품을 거치하는 단계(S20); iii) 챔버(10) 내벽에 복수 개의 부착병원체 포집 배지부(40)를 부착하는 단계(S30); iv) 챔버(10) 내부의 대류용 팬(50)을 가동하는 단계(S40); v) 병원체 분사기(30)를 통해 챔버(10) 내부로 병원체를 분사하는 단계(S50); vi) 평가 대상 시험품을 작동시키는 단계(S60); vii) 상기 vi) 완료 후, 부착병원체 포집 배지부(40)를 수거하여 포집된 병원체 농도를 측정하는 단계(S70); 및 viii) 상기 vi) 완료 후, 흡기형 부유병원체 포집기(70)를 통해 포집된 병원체 농도를 측정하는 단계(S80)를 포함한다.

[0081] 단계 S10은 본원의 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템(100)을 이용한 평가를 진행하기 이전에 챔버(10) 내부를 살균 소독하는 단계이다. 본원의 방역성능 평가 방법을 통해 평가를 진행하기 이전에 챔버(10) 내부에 병원체가 존재할 경우, 평가 결과에 오차가 발생할 수 있어, 챔버(10) 내부를 살균 소독하는 단계를 필수적으로 진행하는 것이 바람직하다.

[0083] 단계 S20은 챔버(10) 내의 시험품 거치부(20) 평가 대상 시험품을 거치하는 단계이다. 상기 단계 S20을 진행하기 이전 본원의 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템(100)의 모든 부품이 정상적으로 작동하는지 체크하여, 정상일 경우 단계 S20을 진행할 수 있다. 본원의 방역성능 평가 방법의 시험품은 방역성능을 갖는 다양한 방역제품이 될 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 단계 S20의 시험품은 에어필터, 플라즈마, 자외선, 및 광촉매 중 1종 이상으로 구성된 방역제품일 수 있다.

[0085] 단계 S30은 챔버(10) 내벽에 복수 개의 부착병원체 포집 배지부(40)를 부착하는 단계이다. 상기 부착병원체 포집 배지부(40)는 챔버(10) 내부 표면에 존재 및/또는 부착될 수 있는 부착병원체를 포집할 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 부착병원체 포집 배지부(40)는 챔버(10) 내부의 천장, 바닥 및 측면에 복수 개로 부착될 수 있다.

[0087] 단계 S40은 챔버(10) 내부의 대류용 팬(50)을 가동하는 단계이다. 대류용 팬 스위치(52)를 통해 챔버(10) 바닥 부분의 각 모서리에 설치된 대류용 팬(50)을 가동시킴으로써 챔버(10) 내부의 공기가 챔버(10) 바닥에서 천장까지 순환되도록 하고, 병원체 에어로졸이 챔버 내부로 골고루 분산되도록 할 수 있다. 또한, 상기 대류용 팬(50)을 가동하는 단계를 통해 챔버(10) 내부로 분산된 병원체 에어로졸이 챔버(10) 바닥에 가라앉지 않고 공기 중에 부유하도록 유지할 수 있다.

[0089] 단계 S50은 병원체 분사기(30)를 통해 챔버(10) 내부로 병원체를 분사하는 단계이다. 상기 단계 S50은 병원체 용액을 병원체 분사기(30) 내부로 공급하는 단계를 더 포함할 수 있다. 병원체 용액이 공급된 병원체 분사기(30)는 병원체 분사기 스위치(32)를 통해 가동되고, 챔버(10) 내부로 병원체를 분사할 수 있다.

[0091] 단계 S60은 평가 대상 시험품을 작동시키는 단계이다. 상기 단계 S60을 진행하기 이전 상기 시험품이 정상적으로 작동하는지 체크하여, 정상일 경우 단계 S60을 진행할 수 있다. 단계 S60은 방역 기능을 갖는 시험품을 작동하여 상기 단계 S50에서 챔버 내부로 분사된 병원체를 방역하는 단계이다. 평가 대상 시험품은 시험품 전원(24)을 통해 작동될 수 있다.

[0093] 단계 S70은 상기 단계 S60 완료 후, 부착병원체 포집 배지부(40)를 수거하여 포집된 병원체 농도를 측정하는 단계(S70)이다. 상기 부착병원체 포집 배지부(40)에 포집된 부유병원체의 농도를 측정함으로써 시험품의 방역 성능을 평가할 수 있다.

[0095] 단계 S80은 상기 단계 S60 완료 후, 흡기형 부유병원체 포집기(70)를 통해 병원체 농도를 측정하는 단계(S80)이

다. 상기 흡기형 부유병원체 포집기(70)는 패스박스(60)의 밀폐형 문(62)을 슬라이딩으로 오픈하여 챔버(10) 내부의 공기를 흡입하여 부유병원체를 포집할 수 있으며, 포집된 부유병원체의 농도를 측정함으로써 시험품의 방역 성능을 평가할 수 있다.

[0097] 상기 단계 S70 및 S80은 동시에 또는 순차적으로 진행될 수 있다. 상기 단계 S70 및 S80을 완료 후 각 단계의 병원체 농도를 측정하여 비교 분석함으로써 평가 대상인 시험품의 부착병원체 및 부유병원체에 대한 방역 성능을 평가 및 검증할 수 있다. 또한, 상기 단계 S70 및 S80을 완료 후 단계 S10부터 다시 진행하고, 단계 S20에서 거치되는 시험품을 다른 종류로 교체하여 상기 단계 S30 내지 S80을 반복하여 방역성능 평가를 진행할 수 있다. 상술한 바에 의하면, 다양한 방역제품의 방역성능을 객관적으로 평가할 수 있다.

[0099] 이에 한정되는 것은 아니나, 본원의 방역제품의 성능 평가 방법은 챔버 내부의 온도 및 습도를 모니터링하고 일정하게 유지되도록 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0101] 이에 한정되는 것은 아니나, 본원의 방역제품의 성능 평가 방법은 챔버(10) 내부의 오존 또는 질화산화물의 농도를 모니터링하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0103] 이하에서는 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 다만, 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는다 할 것이다.

[0105] **실시예**

[0106] **실시예 1. 방역제품의 방역성능 평가를 위한 60-리터 챔버 시스템 제작**

[0107] 본 발명자들은 실제 환경을 시뮬레이션하는 60-리터 챔버 시스템을 개발하여, 특정 공간을 방역할 수 있는 제품의 방역성능을 평가하였다. 방역제품의 살균력 비교를 위해, 시험품인 방역제품으로 오존 기반 살균장치에 이용될 수 있는 플라즈마 필터 및 상용 공기정화장치에 이용되는 HEPA 필터(H13등급)를 이용하여, 챔버 시스템의 효능을 평가하였다. 이하, 구체적인 실시예는 다음과 같다.

[0109] **1-1. 60-리터 챔버 제작**

[0110] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템을 개략적으로 나타낸 투영도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템을 개략적으로 나타낸 단면도이다.

[0111] 도 1 및 도 2를 참조하면, 투명한 플라스틱 재질의 60-리터 챔버(550 ㎜ x 380 ㎜ x 300 ㎜)(10) 내부에 시험품 거치부(20), 병원체 분사기(30), 복수 개의 부착병원체 포집 배지부(40), 대류용 팬(50), 패스박스(60), 밀폐형 문(62), 상기 밀폐형 문(62)에 장착된 흡기형 부유병원체 포집기(70), 외부기체 유입구(80), 역류 방지 필터(82), HEPA 필터(84), 온도계(90) 및 습도계(92)가 구비된 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템(100)이 제작되었다.

[0113] 시험품 거치부(20)는 챔버(10)의 천장 중앙에 설치되었으며, 내장 팬(22)을 구비하여 평가 대상이 되는 시험품에 공기를 공급하였다.

[0115] 병원체 분사기(30)인 피에조 액츄에이터(piezo actuator) 유형의 네뷸라이저는 챔버(10) 내부의 천장에 배치되었다. 병원체 용액을 피에조 액츄에이터에 주입하여 네뷸라이저를 통해 에어로졸 형태로 분사함으로써 챔버(10) 내부에 병원체 에어로졸을 공급하였으며, 챔버(10) 내부로 주입된 병원체 용액은 2 mL이었다. 액츄에이터의 진

동 주파수는 98.5kHz, 용액 주입 속도는 2 mL/min이었다, 상기 병원체 분사기(30)는 병원체 분사기 스위치(32)로 조작하여 작동되었다. 챔버(10) 내부의 습도가 55%에서 80±2%로 증가하였으며, 온도는 27℃로 유지되었다.

[0117] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 생성된 병원체 에어로졸의 크기를 나타내는 도면이다.

[0118] 도 4를 참조하면, 본원의 일 실시예에 따라 챔버(10) 내부로 분사된 대장균 (*Escherichia coli*, *E. Coli*) 병원체 에어로졸 입자의 크기 분포를 확인할 수 있다. 표피포도구균(*Staphylococcus epidermidis*, *S. epidermidis*) 및 치구균(*Mycobacteria smegmatis*, *M. smegmatis*)의 에어로졸 크기 또한 대장균과 동일하게 생성되었다. 챔버(10) 내부로 분사된 병원체 에어로졸의 직경은 캐스케이드 임팩터(Cascade impactor, Tisch, TE-10-800)으로 측정하였다.

[0120] 대류용 팬(50)은 챔버(10) 바닥 부분의 각 4개의 모서리에 설치되었다. 대류용 팬(50)은 챔버(10) 내부의 공기가 챔버 바닥에서 천장까지 순환되도록 하여 병원체 에어로졸이 챔버(10) 내부에 골고루 분산되도록 하였다. 또한, 상기 대류용 팬(50)에 의해 형성된 인공 기류는 챔버(10) 내부로 분사된 병원체 에어로졸이 챔버 바닥에 가라앉지 않고 공기 중에 부유하도록 유지하는 역할을 하였다.

[0122] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 챔버 내부를 순환하는 병원체 에어로졸 입자의 고속 카메라 이미지이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 챔버 내부를 순환하는 병원체 에어로졸 입자의 고속 카메라 이미지의 촬영 개략도이다.

[0123] 도 5 및 도 6을 참조하면, 병원체 에어로졸은 병원체 분사기를 통해 챔버 내부로 분사된 후 8초 뒤, 대류용 팬(50)에 의해 챔버(10) 내부에 고루 분산되어 있음을 확인할 수 있다.

[0125] 복수 개의 부착병원체 포집 배지부(40)는 챔버(10)의 천장에 1개의 페트리 디쉬, 바닥에 4개의 페트리 디쉬, 측면에 4개의 페트리 디쉬가 부착되었으며, 각 실험 진행시마다 교체될 수 있도록 하였다. 상기 부착병원체 포집 배지부(40)는 미생물 배지인 영양 agar 배지(Nutrient agar plates)를 포함하였다.

[0127] 흡기형 부유병원체 포집기(70)는 에어 샘플러(MD8, Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG)를 사용하였으며, 에어 샘플링 포트를 통해 젤라틴 필터에 부유병원체 에어로졸을 포집하였다.

[0128] 흡기형 부유병원체 포집기(70)가 장착되어 있는 밀폐형 문(62)은 흡기형 부유병원체 포집기(70)의 작동 시에만 열리며, 작동이 완료된 후 닫혀 본원의 챔버(10)가 밀폐되도록 하였다. 부유병원체 포집을 위한 상기 밀폐형 문(62) 및 흡기형 부유병원체 포집기(70)로 구성된 구조를 패스 박스(Pass box, 60)로 정의하였다.

[0130] 외부 기체 유입구(80), 역류 방지 필터(82) 및 HEPA 필터(84)는 챔버(10)의 천장에 배치하여 흡기형 부유병원체 포집기(70)를 통해 부유병원체를 포집 시 일정한 압력을 유지하도록 하였다.

[0132] 온도계(90) 및 습도계(92)를 구비하여 챔버(10) 내부의 온도 및 습도를 모니터링할 수 있도록 하였다. 상기 온도계(90)를 통해 온도를 모니터링하고, 온도 조절기 스위치(94)에 연결된 난방 조절기(96) 및 냉방 조절기(98)를 더 구비하여 챔버(10) 내부의 온도를 일정하게 유지할 수 있도록 하였다. 또한, 습도 조절기(미도시)를 더 구비하여 챔버(10) 내부의 습도를 일정하게 유지할 수 있도록 하였다.

[0134] **1-2. 병원체 용액 준비**

[0135] 생물안전 2등급 검사실에서 사용되는 대표적인 병원균 3종인, 그람음성 대장균(the gram-negative *E. coli*)(KCTC 1039), 그람양성 표피포도구균(gram-positive *S. epidermidis*)(KCTC 1917), 그람양성 치구균(gram-

positive *M. smegmatis*)(KCTC 9108)이다. *E.Coli* 와 *S. epidermidis*는 Difco™ Nutrient Agar(BD)에 도포하여 37℃에서 1~2일동안 배양한 반면, *M. smegmatis*는 Middlebrook 7H11 Agar(Sigma)에 도포하여 37℃에서 3일동안 배양하였다. 해당 고체배지에서 병원체 집락을 적절히 배양한 후 50 mL broth 배지에 접종하였다. *E. Coli*와 *S. epidermidis*는 각각 37℃에서 50mL Difco™ Nutrient Broth(BD)에서 접종하여 250rpm으로 흔들어준 반면, *M. smegmatis*는 37℃에서 10% OADC 보충물 (BD), 0.5% 글리세롤 및 Tween 80이 함유된 50mL Difco™ Middlebrook 7H9 Broth (BD)에서 접종하여 250rpm으로 흔들었다. 배양물 (broth culture)은 OD600 값 1.0까지 성장하였으며, -80℃ 초저온 냉동고에 균주를 보관하기 전에 글리세롤 (최종 부피의 20%)을 첨가하였다. 보관된 균주는 통기되는 플라스크 (Corning)가 있는 125mL Erlenmeyer에서 각각의 배지 25mL에서 성장하였고, 37℃에서 1~3일 동안 250rpm으로 교반하였다. 각각의 배양배지 (broth culture)에서 2mL를 취하고, 농도가 10^6 CFU/mL가 될 때까지 희석하여, 본원의 방역성능 평가를 위한 병원체 용액을 준비하였다.

[0137] **1-3. 시험 절차**

[0138] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 방역성능 평가 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도이다.

[0139] 도 3을 참조하면, 다양한 병원체 에어로졸이 존재하는 방역제품을 평가하기 위해 제작된 60-리터 급의 챔버(10) 내부를 70% 에탄올 분무를 이용하여 살균했으며, 잔여 에탄올은 닦고 건조하여 제거하였다. 챔버(10) 내부를 살균 소독한 후, 모든 부품이 정상적으로 작동함을 확인한 후 챔버(10) 내부의 시험품 거치부(20)에 평가 대상인 시험품을 거치하고, 부착병원체 포집 배지부(40)를 챔버 천장, 바닥 및 측면에 부착하였다. 이후 대류용 팬(50)을 작동시키고, *E. coli*, *S. epidermidis* 및 *M. smegmatis*의 병원체 용액을 병원체 분사기(30)인 네뷸라이저(nebulizer)를 통해 챔버 내로 에어로졸화하여 분사하였다. 분사 후 시험품을 작동하여 방역을 진행, 방역성능 평가 절차를 시작하였다. 방역 후 부착병원체 포집 배지부(40)를 수거, 배양하여 부착병원체 농도를 측정하였다. 더하여 방역 후 흡기형 부유병원체 포집기(70)(MD8, Sartorius)로 부유병원체를 포집하였다. 흡기형 부유병원체 포집기(70)는 2분 동안 60L/min의 기류 속도로 $0.066m^3$의 공기 풍량을 수집하였으며, 흡기형 부유병원체 포집기(70)의 부유병원체가 포집된 젤라틴 필터를 고체 배지로 옮겨 37℃에서 배양하여 부유병원체 농도를 측정하였다.

[0141] **2. 실험예**

[0142] **2-1. 플라즈마 제품을 활용한 방역성능 평가**

[0143] 본 실험예는 공기 플라즈마를 통해 오존을 발생하는 플라즈마 필터의 방역성능을 평가한 예시이다.

[0144] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 필터의 사진 및 플라즈마 필터를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0145] 도 7을 참조하면, 플라즈마 필터는 단면적 50 mm x 50 mm이며, 풍속은 1 m/s의 조건으로 운전되었다. 최대 전압 및 파형(waveform) 주파수는 각각 4-5kV 및 20-35kHz에서 변조되었으며, 소비 전력은 3.4W이었다. 또한, 챔버 내로 분사된 균 입자들은 플라즈마 필터를 통과할 수 있는 크기였다. 상기 플라즈마 필터는 저온 공기 플라즈마를 이용한 플라즈마 필터로, 유전체 장벽 방전으로 플라즈마를 발생시킬 수 있다. 상기 플라즈마 필터는 유전체 장벽으로 세라믹 비드(Al_2O_3 Bead)를 이용하였다.

[0147] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 필터의 작동 시간에 따른 오존 농도를 나타낸 그래프이다.

[0148] 도 8을 참조하면, 플라즈마 필터의 작동시간에 따라, 챔버 내 오존농도는 1분당 1 ppmv(부피비)의 속도로 증가하였다. 상기 오존 농도율은 병원체 용액 주입 종료 후인 습도 80%에서 측정하였다.

[0150] 본 실험예에서는 *E. Coli*, *S. epidermidis* 및 *M. smegmatis* 3종의 균에 대하여 각각 방역성능을 평가하였다. 각 균종을 포함한 병원체 배양액은 용량 2mL씩 10^6 CFU/mL의 농도로 1분간 네뷸라이저를 통해 에어로졸화하여 분사되었다. 균 분사가 완료된 직후부터 플라즈마 필터 및 내장 팬(22)을 작동하였다. 챔버(10)의 천장에 1개, 바닥에 4개, 측면에 4개 부착된 부착병원체 포집 배지부(40)의 영양 Agar 배지 (Nutrient agar plate)를 통해

챔버(10) 내벽에 부착되는 부착균의 농도를 확인하였다. 챔버(10) 내 부유균은 부유병원체 측정구를 통해 흡기형 부유병원체 포집기(70) (MD8, Sartorius)를 통해 젤라틴 배지에 포집된 후 고체배치에 옮겨 배양되었다.

[0152] **2-2. 필터 제품을 활용한 방역성능 평가**

[0153] 본 실험예는 상술한 플라즈마 필터 제품을 시험품 거치부(20)로부터 탈착하고, 단면적 50 mm x 50 mm의 HEPA 필터(3M filter)로 교체 및 장착하여 1 m/s 풍속으로 챔버(10) 내부의 공기를 순환하는 조건에서 방역성능을 평가한 예시이다.

[0154] 본 실험예에서는 *E. Coli*, *S. epidermidis*, *M. smegmatis* 3종의 균에 대하여 각각 방역성능을 평가하였다. 각 균종을 포함한 병원체 배양액은 용량 2mL씩 10^6 CFU/mL의 농도로 1분간 네뷸라이저를 통해 에어로졸화하여 분사되었다. 균 분사가 완료된 직후부터 HEPA 필터에 연결된 순환 팬(22')을 작동하였다. 챔버(10)의 천장에 1개, 바닥에 4개, 측면에 4개 부착된 부착병원체 포집 배지부(40)의 영양 Agar 배지를 통해 챔버(10) 내벽에 부착되는 부착균의 농도를 확인하였다. 챔버(10) 내 부유균은 부유병원체 측정구를 통해 흡기형 부유병원체 포집기(70) (MD8, Sartorius)를 통해 젤라틴 배지에 포집된 후 고체배치에 옮겨 배양되었다.

[0156] **2-3. 결과**

[0157] **2-3-1. 플라즈마 제품을 활용한 방역성능 평가 결과**

[0158] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 필터의 방역성능을 나타내는 그래프이다.

[0159] 도 9의 (A)와 (B)는 *E. Coli* 균을 분사 완료한 직후, 플라즈마 필터를 가동하지 않는 경우, 1분 가동 후 및 10분 가동 후의 부유균 농도를 분석한 결과이다. 균 분사 직후에는 1.8 log CFU/m^3의 부유균 농도를 나타내며, 플라즈마 필터를 1분, 10분 작동 후에는 부유균은 포집되지 않았다. 부착균 분석에서는 1분간 작동 후에는 0.1-0.3 log CFU/plate 수준의 부착균 감소율을 보이며, 챔버 천장(Top)의 부착균은 포집되지 않았다. 플라즈마 필터를 10분간 작동한 경우에는 부착균이 검출되지 않았다. 본원의 실험예를 통해 챔버 내에 분사된 부유균은 1분 후 챔버 내벽에 대부분 부착됨을 확인하였다. 기존의 '공기청정기의 미생물 제거성능' 평가법에 따라 본 실험을 해석시 장치 작동 1분 후에 실험 공간 내 균이 모두 제거되는 것으로 해석될 우려가 있다. 하지만, 본 실험예를 통해서는 챔버 내벽에 부착된 균이 증식됨을 확인함으로써 부착균들이 여전히 존재함을 알 수 있다. 플라즈마 필터를 10분간 작동한 후에는 챔버 내벽의 부착균 역시 모두 살균됨을 알 수 있으며, 이때의 챔버 내 오존농도는 분당 1 ppm씩 증가하여 10 ppm 수준이다. 이를 통해 10분의 플라즈마 필터 작동을 통해 *E. Coli* 부착균과 부유균을 모두 살균할 수 있어, 방역성능이 우수함을 결론지을 수 있다.

[0160] 도 9의 (C)와 (D)는 *S. epidermidis* 균을 분사 완료한 직후, 1분 후 및 10분 후의 부유균과 부착균의 농도를 분석한 결과이다. 앞서 설명한 도 9의 (A)의 경우와 거의 동일한 결과를 나타낸다. 균 분사 직후에는 1.7 log CFU/m^3의 부유균 농도를 나타내며, 플라즈마 필터를 1분, 10분 작동 후에는 부유균은 포집되지 않았다. 부착균 분석에서는 1분간 작동 후에는 0.3-0.7 log CFU/plate 수준의 부착균 감소율을 보이며, 챔버 천장(Top)의 부착균은 포집되지 않았다. 플라즈마 필터를 10분간 작동한 경우에는 부착균이 검출되지 않았다. 본 실험결과는 챔버 내에 분사된 부유균이 1분 후에 챔버 내벽에 대부분 부착됨을 나타낸다. 플라즈마 필터를 10분간 작동한 후에는 챔버 내벽의 부착균 역시 모두 살균됨을 알 수 있으며, 이때의 챔버 내 오존농도는 분당 1 ppm씩 증가하여 10 ppm 수준이다. 이를 통해 10분의 플라즈마 필터 작동을 통해 *S. epidermidis* 부착균과 부유균을 모두 살균할 수 있어, 방역성능이 우수함을 결론지을 수 있다.

[0161] 도 9의 (E)와 (F)는 *M. smegmatis* 균을 분사 완료한 직후, 30분 후 및 60분 후의 부유균과 부착균의 농도를 분석한 결과이다. 상술한 도 9의 (A) 및 도 9의 (C)의 실험과 다르게, *M. smegmatis* 균의 특성으로 실험 진행 시간을 길게 하였다. *M. smegmatis* 균은, 상기 *E. coli* 및 *S. epidermidis* 균보다 균막이 두꺼워 외부 스트레스에 강하여 살균이 어려운 균으로 알려져 있다. 균 분사 직후에는 3.3 log CFU/m^3의 부유균 농도를 나타내며, 플라즈마 필터를 30분, 60분 작동 후에는 부유균은 포집되지 않았다. 부착균 분석에서는 30분간 작동 후에는 0.3-0.5 log CFU/plate 수준의 부착균 감소율을 보였다. 플라즈마 필터를 60분간 작동한 경우에는 부착균이 검출되지 않았으며 이때의 챔버 내 오존농도는 분당 1 ppm씩 증가하여 60 ppm 수준이다. 따라서 플라즈마 필터를 60분간 작동한 후에는 벽면의 부착균 역시 모두 살균됨을 알 수 있으며, 이를 통해 60분의 플라즈마 필터 작동을 통

해 *M. smegmatis* 부착균 및 부유균을 모두 살균할 수 있음을 결론지을 수 있다.

[0163] **2-3-2. 필터 제품을 활용한 방역성능 평가 결과**

[0164] 도 10은 HEPA 필터와 플라즈마 필터를 통해 공간 방역성능을 평가한 결과이다.

[0165] 3종류의 균을 에어로졸 형태로 챔버 내에 분사한 후, 부착균과 부유균의 농도를 일정 시간 후에 측정하였다. 도 10의 (A)는 *E. coli*를 챔버 내에 분사 완료한 후, 10 분간 공간방역기 (HEPA 필터 또는 플라즈마 필터)를 작동하고 나서 부유균을 측정한 결과이다. 공간방역기를 작동하지 않고 챔버 내부 대류팬만 작동시킨 경우 1.8 log CFU/m^3 수준의 부유균 농도를 나타냈으며, HEPA 필터와 플라즈마 필터를 10분간 작동한 후 부유균 농도는 각각 0.5 log CFU/m^3 와 측정불가로 나타났다.

[0166] 도 10의 (B)는 챔버 벽면에 설치된 배지에 포집된 부착균은 공간방역기 작동시간 10분 후에 부유균 포집기를 사용한 후, 벽면에 부착된 배지를 수거하여 측정한 결과이다. 대조군의 경우 바닥(Bottom), 측면(Wall), 천장(Top)의 순으로 부착균의 농도가 높게 나타났으며, HEPA 필터를 작동한 경우 대조군보다 약 0.5-1 log CFU/plate 수준의 부착균 감소를 보였다. 다만, 천장에서는 HEPA 필터를 작동한 경우에 더 높은 부착균 농도가 관찰되었으며, 이는 HEPA 필터에 장착된 대류팬이 작동하여 챔버 내 기류를 변화시킨 결과로 예상된다. 반면에 플라즈마 필터를 작동한 결과, 전체 배지에서 콜로니가 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 공간상 부유한 균이 플라즈마 필터를 통과하면서 살균되는 효과와 공간상에 존재하는 오존이 부착균과 부유균을 산화시켜 나타난 결과로 볼 수 있다. 플라즈마 필터를 10분간 연속동작하는 경우, 챔버 내에는 분당 1 ppm의 속도로 최종 오존농도 10 ppm이 형성된다.

[0167] 도 10의 (C)는 *S. epidermidis*를 챔버 내에 분사 완료한 후, 10분간 공간방역기를 작동하고 나서 부유균을 측정한 결과이다. E. coli 경우와 유사하게 대조군의 부유균 농도는 1.8 log CFU/m^3를 보였으며, HEPA 필터와 플라즈마 필터를 10분간 작동한 후 부유균 농도는 각각 0.3 log CFU/m^3, 측정불가로 나타났다.

[0168] 도 10의 (D)는 챔버 내 공간에 따른 부착균 농도이다. 바닥, 측면, 천장 순으로 부착균의 농도가 높게 나타났으며, HEPA 필터의 대류팬 작동시 천장의 부착균 농도가 증가하는 현상은 *E. coli* 실험과 동일하다. *S. epidermidis* 부착균은 대조군과 HEPA 필터군과 큰 차이를 보이지 않았으며, 이는 자연적으로 감소하는 비율이 낮은 균의 특성과 유사하다.

[0169] 도 10의 (E)와 도 10의 (F)는 *M. smegmatis*를 분사 후, 30분간 공간방역기를 작동한 후의 부유균과 부착균의 농도를 측정한 결과이다. 세포벽이 두꺼워 10분간의 플라즈마 필터 작동으로는 방역효과를 확인하기 어려워 작동시간을 30분으로 증가시켰다. *M. smegmatis* 부유균의 대조군 농도는 3 log CFU/m^3이며, HEPA 필터와 플라즈마 필터 작동시 1 log CFU/m^3와 측정불가 수준의 농도를 보였다. 부착균 농도 분포는 바닥, 측면, 천장 순으로 높게 나왔다. HEPA 필터를 작동한 경우 0.5 log CFU/plate 수준의 부착균 농도 감소를 보였으며, 플라즈마 필터를 작동한 경우에도 HEPA 필터와 유사하거나 0.3 log CFU/plate 정도 낮은 부착균 농도를 보였다. 세포벽이 상대적으로 두꺼운 *M. smegmatis*는 30분의 플라즈마 필터 작동으로 분당 1 ppm씩 증가하여 최종 30 ppm이 형성되는 오존으로는 효과적인 살균이 어려움을 평가할 수 있다.

[0170] 따라서, 도 10은 공간방역기의 성능 측정시 부유균만 고려할 경우 방역성능이 과대평가될 수 있음을 보여준다. HEPA 필터의 경우 부유균을 90% 이상 제거할 수 있지만 공간 내 면에 부착된 균에 대한 방역효과는 미미하다. 반면에 플라즈마 필터는 부유균과 부착균 방역에 있어 효과적임을 본 실험을 통해 확인할 수 있다.

[0172] 본원에서는 60-리터 챔버 시스템을 개발하여 특정 공간의 표면 및 공기 중 병원체 및 감염성 입자를 비활성화할 수 있는 다양한 방역제품의 방역기능을 표준화된 방식으로 객관적으로 평가하는 방법을 제공하고자 하였다. 또한, 본원에서는 는 밀폐된 공간에서 여러 감염성 호흡기 병원체를 이용하여 체계화하고자 하는 다양한 공기 중 병원체의 불활성화 시험을 위한 실용적인 평가 시스템 및 방법을 개발하였다. 상기 결과로 나타난 바와 같이, 본원의 병원체 방역제품 성능 평가용 챔버 시스템은 흡기형 부유병원체 포집기 및 챔버 내벽에 부착된 부착병원체 포집 배지부를 구비하여, 필터형 방역제품 및 플라즈마형 방역제품의 부유병원체와 부착병원체의 방역성능을 모두 효율적으로 평가할 수 있었다. 또한, 다른 두 종류 방역제품의 살균력, 즉 방역성능을 비교 평가할 수 있

었다. 이 결과로 본원의 병원체 방역제품 성능 평가용 챔버 시스템은 현재 상업적으로 유통될 수 있는 가장 최적의 안정적인 챔버 시스템이 되어 공기 중 부유병원체 및 특정 공간의 표면에 부착된 부착병원체에 대한 방역제품의 방역성능 평가방법을 표준화하여 보다 안전하고 효과적인 방역제품이 개발됨을 기대할 수 있다.

[0174] 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되지 않으며, 후술되는 청구범위 및 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0176] 100 : 병원체 방역제품의 성능 평가용 챔버 시스템

10 : 챔버

20, 20' : 시험품 거치부

22, 22' : 내장 팬

24 : 시험품 전원

30 : 병원체 분사기

32 : 병원체 분사기 스위치

40 : 부착병원체 포집 배지부

50 : 대류용 팬

52 : 대류용 팬 스위치

60 : 패스박스(Pass box)

62 : 밀폐형 문

70 : 흡기형 부유병원체 포집기

80 : 외부기체 유입구

82 : 역류 방지 필터

84 : HEPA 필터

90 : 온도계

92 : 습도계

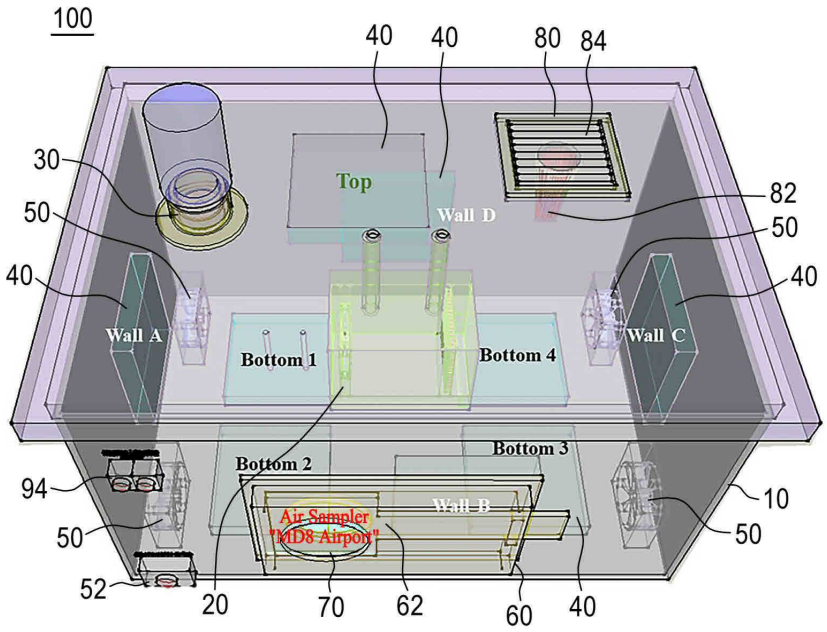
94 : 온도 조절기 스위치

96 : 난방 조절기

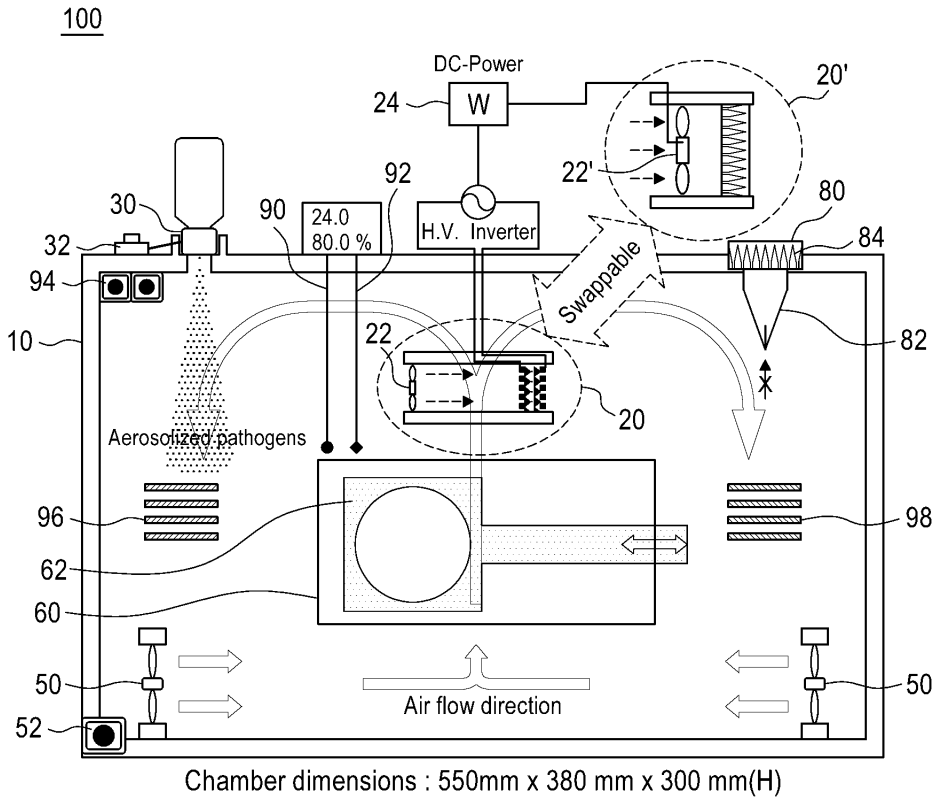
98 : 냉방 조절기

도면

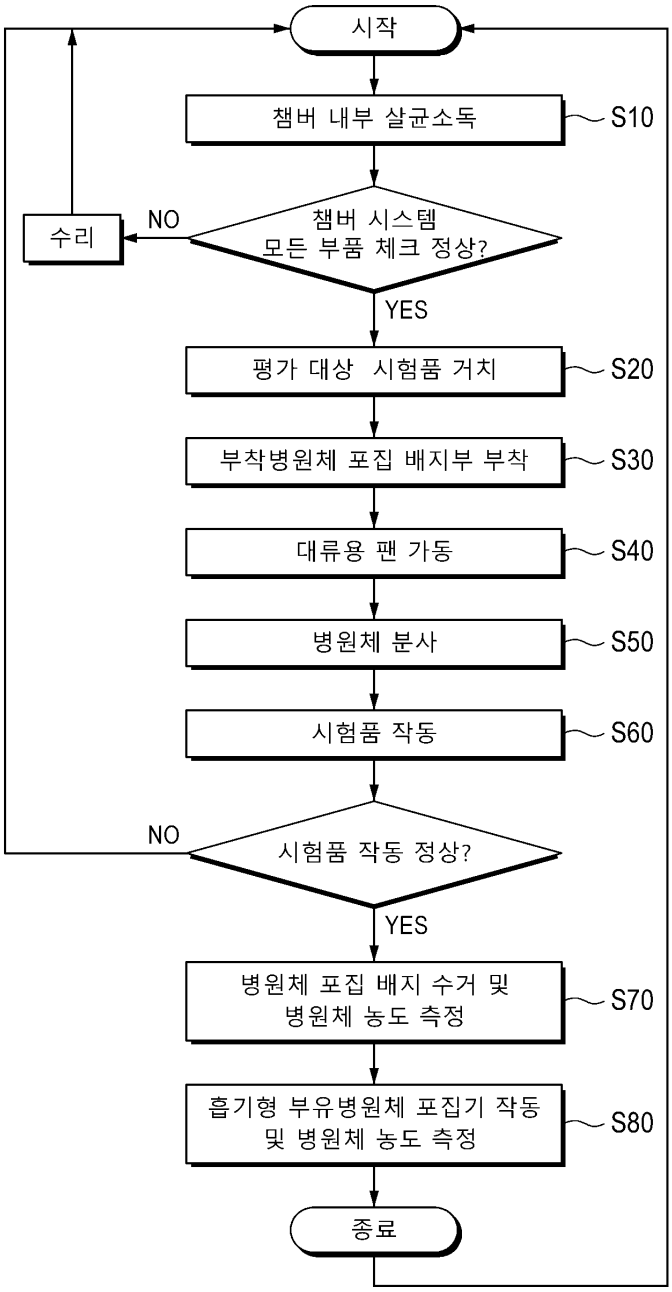
도면1


100
40
40
80
84
30
50
40
Top
Wall D
82
50
40
Wall A
Bottom 1
Bottom 4
Wall C
Bottom 2
Bottom 3
94
50
Air Sampler
"MD8 Airport"
Wall B
10
50
52
20
70
62
60
40

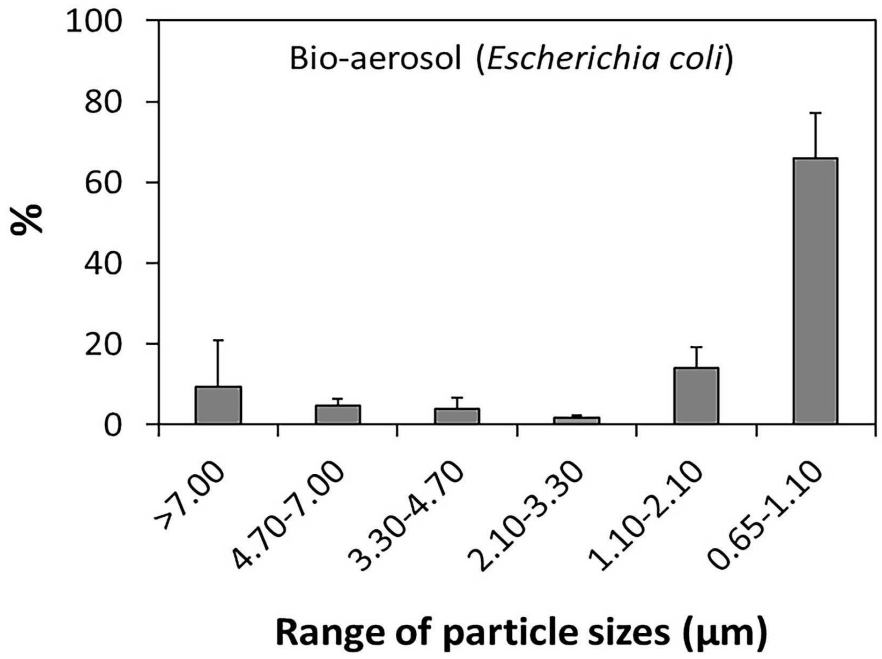
도면2


100
DC-Power
24
W
20'
22'
92
30
90
24.0
80.0 %
H.V. Inverter
80
84
32
Swappable
94
22
82
10
20
Aerosolized pathogens
96
98
62
60
50
50
52
Air flow direction
Chamber dimensions : 550mm x 380 mm x 300 mm(H)

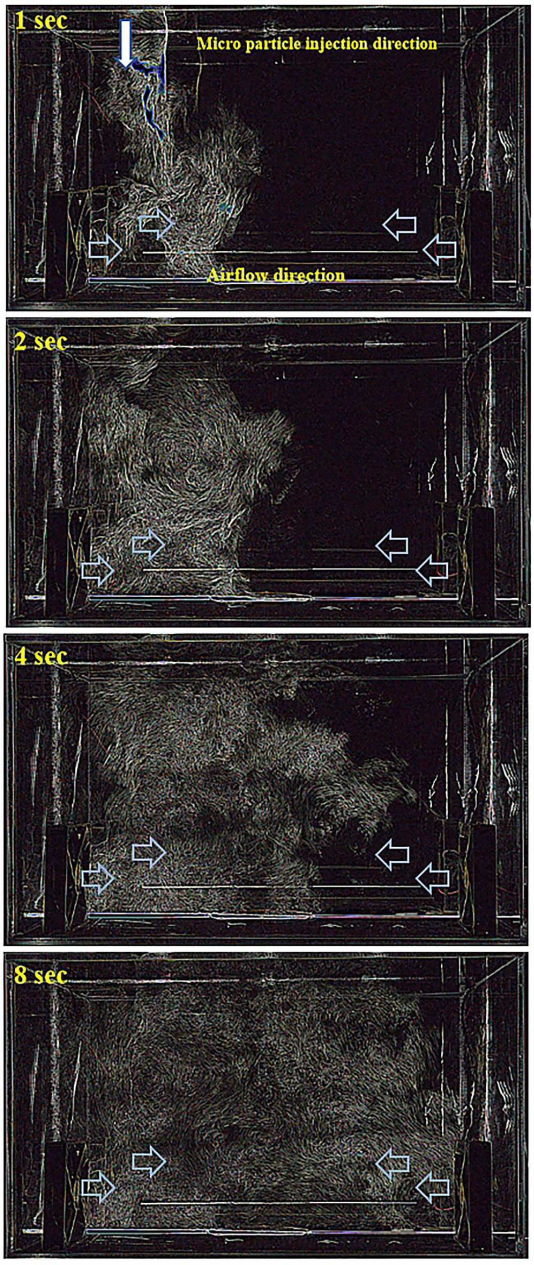
도면3


시작
챔버 내부 살균소독
S10
챔버 시스템
모든 부품 체크 정상?
NO
수리
YES
평가 대상 시험품 거치
S20
부착병원체 포집 배지부 부착
S30
대류용 팬 가동
S40
병원체 분사
S50
시험품 작동
S60
시험품 작동 정상?
NO
YES
병원체 포집 배지 수거 및
병원체 농도 측정
S70
흡기형 부유병원체 포집기 작동
및 병원체 농도 측정
S80
종료

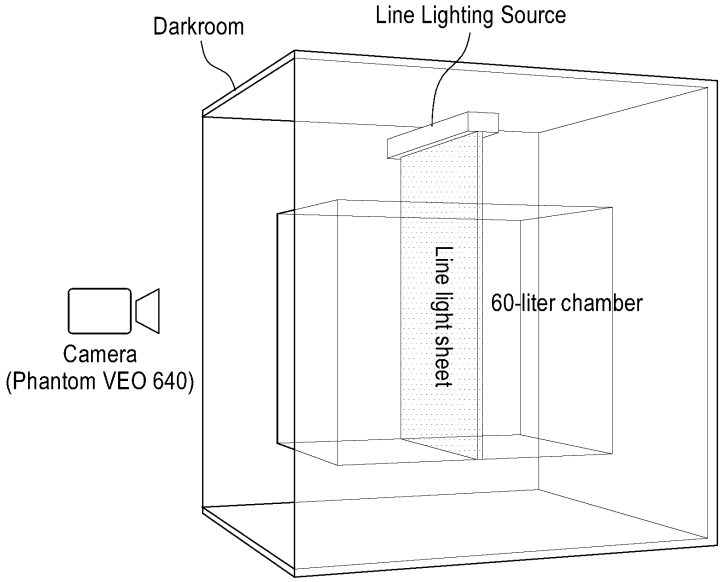
도면4


Bio-aerosol (Escherichia coli)
100
80
60
40
20
0
%
>7.00
4.70-7.00
3.30-4.70
2.10-3.30
1.10-2.10
0.65-1.10
Range of particle sizes (μm)

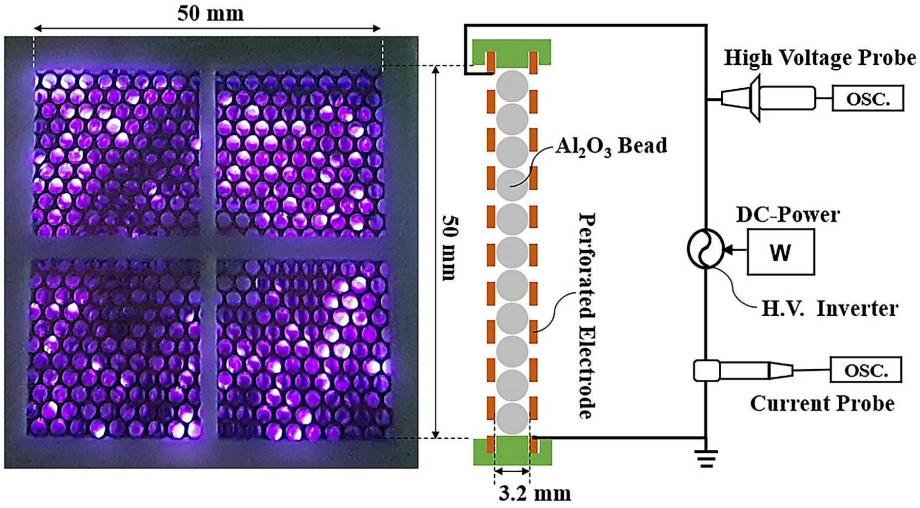
도면5


1 sec
Micro particle injection direction
Airflow direction
2 sec
4 sec
8 sec

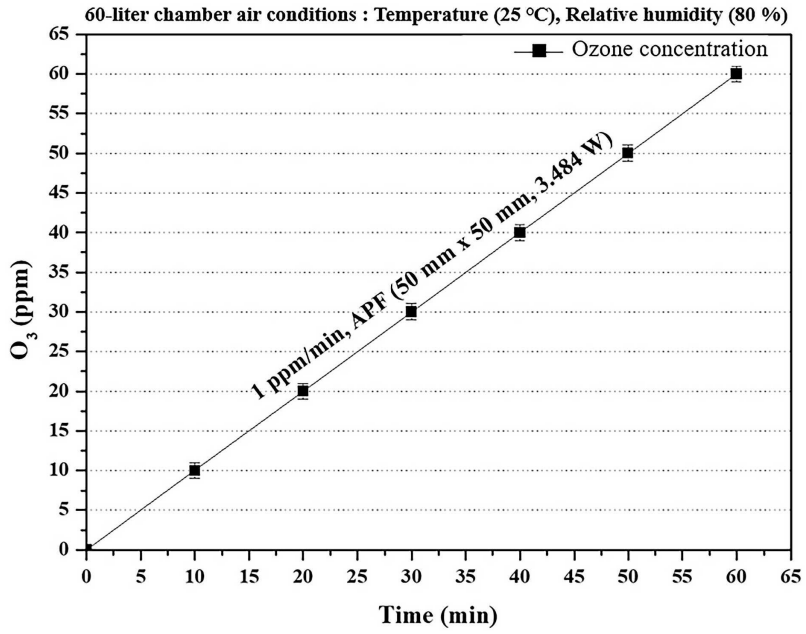
도면6


Darkroom
Line Lighting Source
Line light sheet
60-liter chamber
Camera
(Phantom VEO 640)

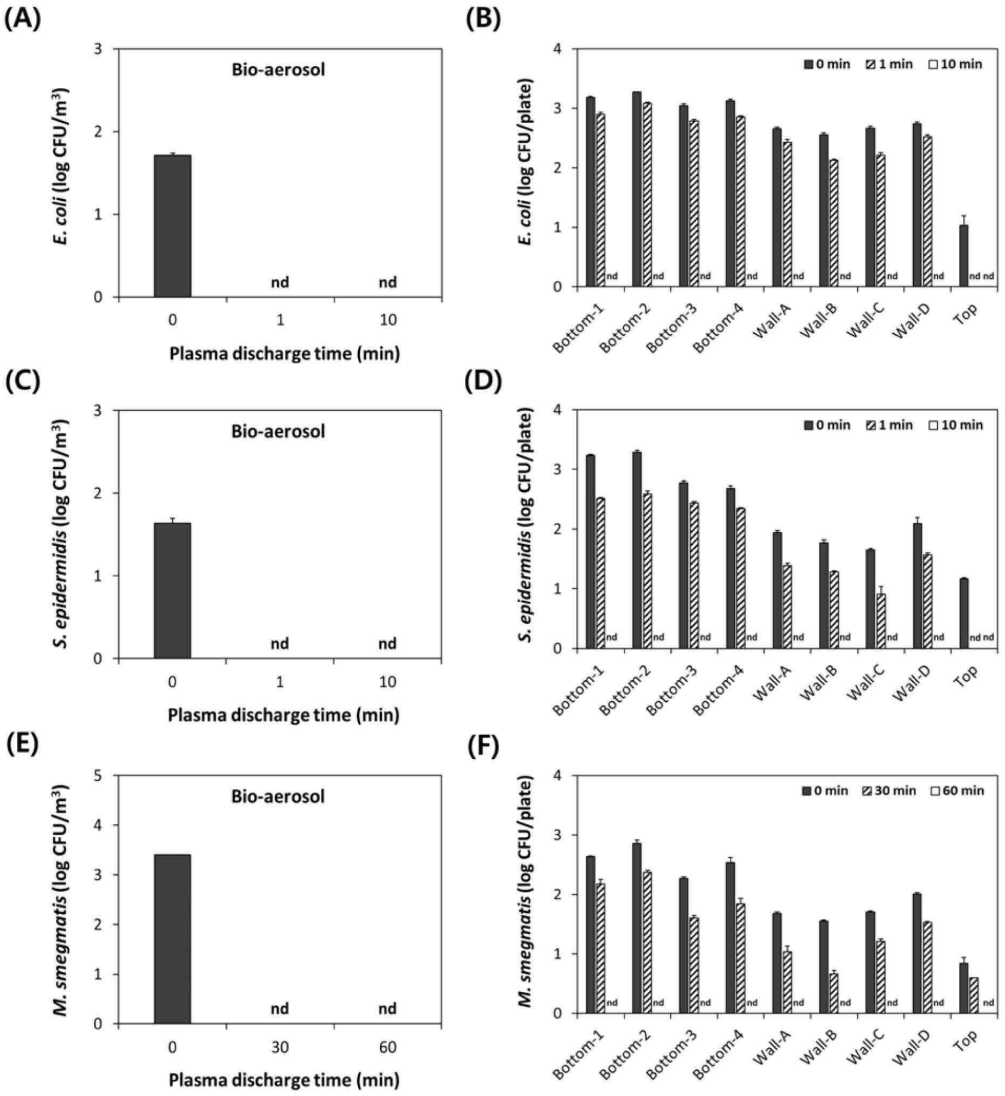
도면7


50 mm
50 mm
Al_2O_3 Bead
Perforated Electrode
3.2 mm
High Voltage Probe
OSC.
DC-Power
W
H.V. Inverter
OSC.
Current Probe

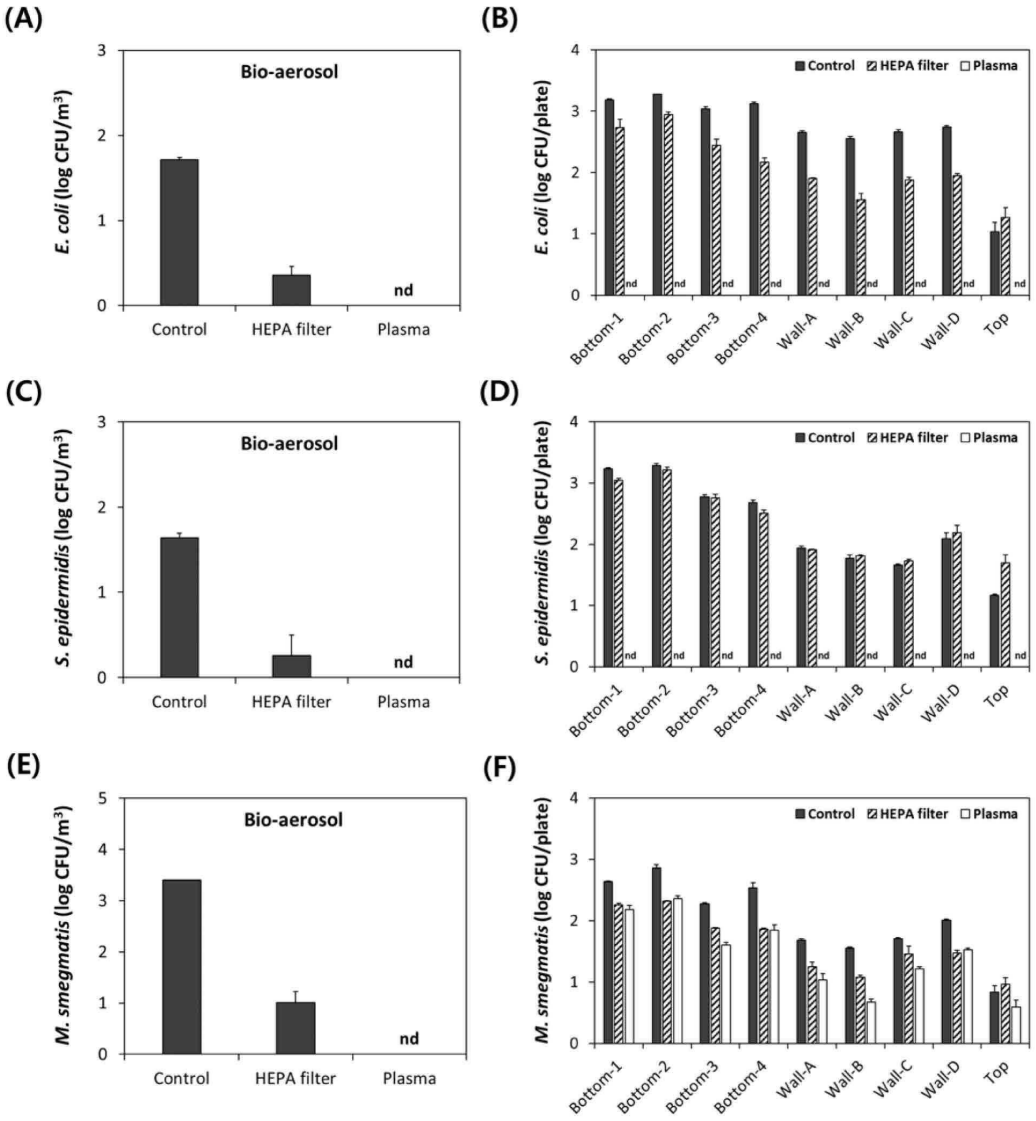
도면8


60-liter chamber air conditions : Temperature (25 °C), Relative humidity (80 %)
Ozone concentration
1 ppm/min, APF (50 mm x 50 mm, 3.484 W)
O3 (ppm)
Time (min)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65

도면9


(A)
Bio-aerosol
E. coli (log CFU/m³)
nd
nd
0
1
10
Plasma discharge time (min)
(B)
0 min
1 min
10 min
E. coli (log CFU/plate)
Bottom-1
Bottom-2
Bottom-3
Bottom-4
Wall-A
Wall-B
Wall-C
Wall-D
Top
(C)
Bio-aerosol
S. epidermidis (log CFU/m³)
nd
nd
0
1
10
Plasma discharge time (min)
(D)
0 min
1 min
10 min
S. epidermidis (log CFU/plate)
Bottom-1
Bottom-2
Bottom-3
Bottom-4
Wall-A
Wall-B
Wall-C
Wall-D
Top
(E)
Bio-aerosol
M. smegmatis (log CFU/m³)
nd
nd
0
30
60
Plasma discharge time (min)
(F)
0 min
30 min
60 min
M. smegmatis (log CFU/plate)
Bottom-1
Bottom-2
Bottom-3
Bottom-4
Wall-A
Wall-B
Wall-C
Wall-D
Top

도면10


(A)
Bio-aerosol
E. coli (log CFU/m³)
Control
HEPA filter
Plasma
nd
(B)
Control
HEPA filter
Plasma
E. coli (log CFU/plate)
Bottom-1
Bottom-2
Bottom-3
Bottom-4
Wall-A
Wall-B
Wall-C
Wall-D
Top
(C)
Bio-aerosol
S. epidermidis (log CFU/m³)
(D)
S. epidermidis (log CFU/plate)
(E)
Bio-aerosol
M. smegmatis (log CFU/m³)
(F)
M. smegmatis (log CFU/plate)