

공기청정기와 바이오 기능

유 경 훈 | 한국생산기술연구원 에어로졸필터연구실
수석연구원
E-Mail : khyoo@kitech.re.kr

1. 서 론

공기청정기이란 제한된 공간의 공기를 정화하는 것을 목적으로 하는 기기이다. 산업자원부의 산업 분석에 의하면 공기조화 중 공기청정도를 생성, 유지시키는데 필요한 장치 및 부품을 가리키며 그 기능에 따라 공기청정기, 클린룸 설비, 에어필터로 구성되어 있다.

따라서, 공장이나 발전소, 보일러 등에서 대기로 방출되는 배기가스 설비는 공기청정기에 포함되지 않는다. 공기청정기란 이러한 공기청정기기의 한 분야로서 기본적으로 집진 기능과 탈취 기능을 가지는 것을 말한다.

즉, 담배 연기, 분진, 먼지 등의 미립자들을 집진 하는 것에 더해 공간의 악취에 대해서도 탈취 또는 소취를 행하는 것을 가리킨다. 다만, 본고에서 언급하는 공기청정기의 범위에는 일부 탈취 기능을 가지지 않고 집진 기능만을 가지는 공기청정기를 포함한다. 공기청정기의 분류는 수요분야에 따라 크게 가정용, 업무용, 차량용(자동차용)으로 나눌 수 있다.

가정용은 일반 가정이 거주하는 주택용을 가리킨다. 업무용은 일반 빌딩(사무실, 음식점, 물건 판매 점포 등), 병원, 호텔, 오락시설 등을 위한 것이다. 차량용은 일반 차량을 대상으로 자동차에 탑재되는 것을 가리킨다.

최근에는 에어콘의 기능으로 조립되어 있는 예가

증가하고 있으나 이러한 경우에는 공기청정기능이 주된 기능이 아닌 선택적인 것이므로 이는 공기청정기에 포함되지 않는 것으로 본다.

현재 국내의 공기청정기 시장규모는 정확하게 파악된 것이 없지만 대략 2001년도의 경우 약 500억 원 정도로 한국공기청정협회는 추정하고 있다. 참고로 표 1에 일본의 공기청정기 시장규모를 수록하였다.

한편, 공기청정기의 집진 기능 및 탈취 기능, 그 외의 부가 기능의 관점에서 보면, 집진 기능에 대해서는 이미 충분한 레벨에 이르고 있다고 볼 수 있다. 공기청정기 메이커들의 주력 신상품들은 적어도 HEPA 필터를 베이스로 집진 성능을 확보하고 있어 집진 성능을 차별화의 대상으로 삼는 것은 어렵다.

집진 기능의 다음의 테마로서 이미 채택된 것이 탈취 기능이지만, 향후의 차별화 요인을 찾기 위해 지금은 새로운 기능을 모색하는 단계에 있는 실정이다. 이러한 미래의 차별화 기능으로서 바이오 기능에 의해 공기청정기의 차별화가 진행될 것이 확실하다.

본고에서는 우선 공기청정기의 필터 방식, 제품 동향 등을 살펴보고 공기청정기의 집진 및 탈취 기능에 가세해서 고기능성 공기청정기의 부가적인 기능으로서 항균, 항바이러스, 살균, 인체 진정작용, 인체 쾌적성 등의 바이오 기능을 발휘하기 위해 공기청정기에 채택 가능한 신규 공기청정기술에 대해

표 1. 일본의 출하대수 및 출하금액에 의한 공기청정기의 시장규모

(단 위 : 천대, 백만엔)

| 年 | | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 (추정치) | 2005 (예상치) | 2010 (예상치) |
|-------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|---------------|---------------|
| 가 정 용 | 출하대수 | 1,722 | 1,691 | 1,541 | 1,581 | 1,518 | 1,896 | 2,305 | 2,941 |
| | 구성비(%) | 72.0 | 73.1 | 71.9 | 73.0 | 72.4 | 86.9 | 86.9 | 86.9 |
| | 출하금액 | 27,440 | 26,300 | 24,000 | 24,250 | 22,500 | 28,100 | 34,200 | 43,600 |
| | 구성비(%) | 46.5 | 44.5 | 42.0 | 42.4 | 40.3 | 47.5 | 47.5 | 47.5 |
| 업 무 용 | 출하대수 | 224.4 | 235.6 | 247.0 | 249.5 | 260.1 | 286.1 | 347.8 | 443.8 |
| | 구성비(%) | 10.0 | 11.4 | 11.6 | 11.5 | 12.4 | 13.1 | 13.1 | 13.1 |
| | 출하금액 | 26,360 | 28,550 | 29,010 | 29,010 | 29,635 | 31,090 | 37,790 | 48,230 |
| | 구성비(%) | 44.7 | 48.2 | 50.8 | 50.8 | 53.1 | 52.5 | 52.5 | 52.5 |
| 차 량 용 | 출하대수 | 430.8 | 357.6 | 354.0 | 336.3 | 318.8 | - | - | - |
| | 구성비(%) | 18.0 | 15.5 | 16.5 | 15.5 | 15.2 | - | - | - |
| | 출하금액 | 5,170 | 4,300 | 4,080 | 3,870 | 3,680 | - | - | - |
| | 구성비(%) | 8.8 | 7.3 | 7.2 | 6.8 | 6.6 | - | - | - |
| 합 계 | 출고대수 | 2,377.2 | 2,284.2 | 2,142.0 | 2,166.8 | 2,096.9 | 2,182.1 | 2,652.8 | 3,384.8 |
| | 출하금액 | 58,970 | 59,150 | 57,090 | 57,130 | 55,815 | 59,190 | 71,990 | 91,830 |
| | 구성비 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

고찰하고자 한다.

2. 공기청정기의 필터 방식의 분류와 동향

2.1 필터 방식의 분류

공기청정기에 있어서의 필터 방식은 4~5 종류로 나눌 수 있다. 필터를 용도별로 분류하면 집진필터, 탈취필터 외에도, 프리필터, 촉매필터, 항균필터 등이 사용되고 있다. 프리필터는 먼지의 제 1 관문에 해당하는 조진필터이다.

본격적인 집진은 집진필터에 맡기기 때문에 좀 엉성한 것들을 잡는다. 집진필터는 그 이름과 같이

집진용이다. 공기청정기에 있어서의 집진 필터에는 전기집진 방식과 여재필터 방식이 있다. 가정용 공기청정기의 집진필터에서는 여재필터 방식을 많이 볼 수 있고 영업용의 경우에는 전기집진 방식을 많이 볼 수 있다. 가정용에서는 필터 방식의 리더적 위치를 차지하는 ULPA 필터가 최고급의 성능을 갖추고 있어 HEPA와 함께 집진필터의 중심을 차지하고 있다. HEPA는 0.3 μm 의 입자를 99.97%, ULPA는 0.15 μm 의 입자를 99.9995%로 제거하는 고성능으로 그 이상의 새로운 개발에 대한 필요성은 현재로서는 거의 없다. 필터 시스템으로서 광촉매나 플라즈마 등 다른 방식과 복합됨으로써 집진 능력의 향상이 이루어지고 있다.

탈취필터에 대해서는, 활성탄, 활성탄소섬유를 모체로 한 필터가 사용되고 있다. 탈취 능력을 올리기 위해서 흡착시키기 위한 면적을 넓히는 공리가 메이커의 개발 방향이 되고 있다. 또, 새로운 흐름으로서 용도별로 몇 개의 탈취필터를 준비해 유저가 선택하게 하는 방법이 취해지고 있다. 이는 주택의 고기밀화, 프라이버시 중시에서 높아지는 생활취향에의 관심에 대응한 것이라고 할 수 있다.

항균필터는 항균·항바이러스 기능에 대한 관심의 증가에 의해 대두되었다. 일본의 경우 마츠시타 정공이 1996년에 히트한 카테킨 필터로 대표되는데, 침착형이 주류이다. 카테킨이란 고대 중국의 약으로서 귀중한 보물로 여겨 온 차이이며 이 차로부터 추출한 천연 성분을 필터에 침착시켜 감기 대책으로 발매되어 시장에 큰 영향을 준 것이다. 카테킨의 효과로 균이나 바이러스를 제거시켜 불활성화시킨다. 카테킨 외에도 알레르기 대책이 되는 키토산(게나 새우의 등껍데기 등에 많이 포함되어 있는 천연 성분), 노송나무로부터 추출한 천연 오일 등 천연 성분이 가지는 힘을 항균에 활용하고 있어, 다른 천연 성분을 사용한 항균필터의 등장도 향후 충분히 짐작할 수 있다.

마지막으로 촉매필터의 경우는 광촉매, 플라즈마 촉매, 할로젠 촉매 등을 들 수 있다. 산화 티타늄의 광촉매필터는 빛을 맞으면 과산화수소(H₂O₂)와 수산화 라디칼(OH)을 발생시켜 2개의 강력한 산화력의 상승효과로 악취 성분을 무취 성분으로 분해한다. MO 하니콤 촉매는 오존의 산화 분해 작용을 촉진시키면서 오존량을 컨트롤 한다. 그 밖에 플라즈마 촉매, 할로젠 촉매 등이 있어 향후 새로운 방법을 적용해 갈 때에 여러 가지로 개발될 수 있는 필터라고 추측된다.

이러한 필터들은 각각이 조합됨으로써 기능이 상승되어 한층 더 큰 힘을 발휘한다. 특히 고액 기종

이 되면 하나의 기기에 HEPA나 ULPA가 있으면 광촉매 필터도 있고 탈취필터나 항균필터도 갖춰지고 있다는 것이 당연하게 되고 있다. 그러한 효과적인 편성을 모두 도입하게 되면 필터도 4층, 5층으로 되지 않을 수 없다. 특히 고기능형 공기청정기에서는 다층 필터가 주류로 되어 가는 것이 예상되어 비용을 포함한 엄격한 운전 대응이 요구될 것이다.

2.2 필터 방식의 동향-일본의 경우

세계적으로 공기청정기 시장이 가장 활발한 일본에서 현재 사용되고 있는 공기청정기용 필터를 구체적으로 살펴보면 표 2와 같이 정리된다. 집진필터에서는 HEPA 필터가 표준 사양이 되어 있다. ULPA 필터는 HEPA 필터보다 넓게 만들어 복합기능도 늘려서 당연히 HEPA 필터보다 고액으로 팔리고 있다. 필터를 주로 하는 공기청정기 메이커인 마츠시타 정공이나 산요전기를 시작으로 플라즈마 방식의 마츠시타 전공이나 미쯔비시 전기, 플라즈마 클러스터 이온의 샤프, 그리고 토시바 캐리어 등의 대기업 가전 메이커는 모두 ULPA 필터를 라인업하고 있고 미쯔비시 전기 등은 ULPA 필터를 표준으로 취급하고 있다. 대기업 가전으로서는 단가가 비싼 고액 기종에 주력하고 싶은 것이며, 이러한 다양한 상품은 당연한 일이라고 생각된다. 한편, 젠켄, 象印마호빈, 미쓰비시중공 냉열기재 등의 대기업 가전 이외의 메이커는 HEPA 사양이다. 다이킨공업은 롤 광촉매필터, 티아크는 알루미늄 하니콤 필터라고 하는, HEPA나 ULPA 필터가 아닌 다른 필터를 사용하고 있다. 메이커의 주요 기종의 필터 수명을 보면, 산요전기가 가장 길어서 8년, 다이킨공업이 7년, 미쯔비시 전기, 象印마호빈, 미쓰비시중공 냉열기재가 6년, 마츠시타 정공, 샤프, 토시바 캐리어가 5년이다. 다만, 재생에 의한 필터 수명의 연장이라고 하는 방법도 나오고 있어 토시바 캐

표 2. 일본의 대표적 공기청정기용 필터 예

| 기업명 | 상품명 (브랜드명) | 집진필터 | 추가필터 | 표준가격 (엔) | 표준 교환시기 |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------|------------------|
| 산요전기 | ABC-UL20 | ULPA필터 | | 7,000 | 8년에 1회 |
| | ABC-HS20 | HEPA필터 | 탈취필터(3層) | 4,000 | 8년에 1회 |
| | ABC-HD12 | HEPA필터 | NEO 카본필터 | 6,000 | 4년에 1회 |
| | ABC-S12 | HEPA필터 | 카본필터 NEO 카본필터 | 4,000 4,500 | 2년에 1회 2년에 1회 |
| 샤 프 | FU-M40CX | 업타이트(アパタイト) 항균ULPA 필터 | 세척가능 스테미너파워 카본 세척가능활성탄탈취필터 | 7,000 | 5년에 1회 |
| | FU-M21CX | 업타이트 항균 ULPA필터 | 활성탄탈취필터 | 6,000 | 2년에 1회 |
| | FU-M21S | 업타이트 항균 | | 4,500 | 2년에 1회 |
| | FU-M20G | HEPA필터 | | | |
| 젠 켄 | 그린필터(グリーン フィールド) ZFC-200 | 유기 HEPA필터 | 광촉매필터+粒狀활성탄필터 + 산·알칼리탈취필터 | 14,200 | 2년에 1회 |
| 象印마호빈 (マホービン) | 에어브리저 (エアブリーズ) | | | 4,500 | 2년에 1회 |
| | PA-LS08 | 고성능HEPA필터 | | 5,000 | 2년에 1회 |
| | PA-MS12 | 고성능HEPA필터 | | 5,500 | 6년에 1회 |
| | PA-EE10 PA-EH10D | 항균카테킨가공 HEPA필터 | LSI 탈취필터 | | |
| 다이킨공업 | 쾌걸광클리어 (快傑光クリエール) | 롤형 광촉매필터· 오모테(オモテ)面 | 롤 광촉매필터· 우라(ウラ)面(탈취) | 5,500 | 7년에 1회 |
| 티아크 (ティアック) | 이온클리스터(イオン クリスタ) IC-10 | 알루미늄(アルミ) 하니콧필터 | 활성탄하니콧필터(탈취) | 5,000 | 2년에 1회 |
| 마츠시타 精工 마츠시타 전기산업 | 카테킨ULPA F-P06U4 | ULPA필터 | 크랏슈(クラッシュ)카본필터 (탈취) | 5,500 2,000 | 5년에 1회 3년에 1회 |
| | F-P06U3 | ULPA필터 | 크랏슈 카본필터(탈취) | 5,500 | 5년에 1회 |
| | | | 선택형 탈취필터 | 2,000 | 3년에 1회 |
| | | | 담배냄새용 | 2,500 | |
| | | | 애완동물냄새용 | 2,500 | |
| | 광전플라즈마 에어클리너 | 하이퍼(ハイパー) ULPA필터 | | 7,000 | 5년에 1회 |
| | 카테킨HEPA F-P02H7(彩무늬) | HEPA필터 | 탈취필터 | 2,500 | 5년에 1회 |
| | 우루사(うるさ)컷트 (カット)에어클리너 | 하이퍼 HEPA필터 | 크랏슈 카본필터 | 3,100 1,400 | 3년에 1회 3년에 1회 |
| | | 하이퍼 탈취필터 | 6,000 | 7년에 1회 | |
| | | | 3,000 | 5년에 1회 | |

| | | | | | |
|---|---|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| 마츠시다 전 공 | 플라즈마 리프레 (プラズマリフレ) EH3553 EH3542 에어 리프레 (エアリフレ) EH3721 EH3711 | 플라즈마 ULPA필터 플라즈마 HEPA필터 | 용도별 탈취필터 담배냄새용 애완동물냄새용 체취용 | 5,800 | 4년에 1회 |
| | | | | 4,500 | 3년에 1회 |
| | | 키토산 HEPA필터 키토산 HEPA필터 | | 4,500 | 2년에 1회 |
| | | | | 4,000 | 2년에 1회 |
| | | 키토산 HEPA필터 | | 2,500 | 1년에 1회 |
| | | | | 2,500 | 1년에 1회 |
| 아쿠아 리프레 (アクアリフレ) 스모크컷트 (コスモクカット) 介護 룸 리프레 (ルームエアリフレ) | 키토산 HEPA필터 | | 2,500 | 1년에 1회 | |
| | 키토산 필터 | | 4,500 | 2년에 1회 | |
| | 화이버(ファイバ) 필터 | | 4,000 | 1년에 1회 | |
| 미쓰비시중공 냉열기재 | CT453-D | 항균 HEPA필터 | 광촉매산화티타늄필터(탈취) | 6,500 | 6년에 1회 |
| | | | | 6,500 | 6년에 1회 |
| 토시바 캐리어 | 마이너스이온速清快 CAF-05A | 크론(クロン)ULPA필터 | 할로겐촉매 W탈취필터 | 세트로 7,500 탈취만 2,500 | 5년에 1회 |
| | CAF-04A | 크론 HEPA필터 | 세척가능光재생탈취필터 할로겐촉매 W탈취필터 | 세트로 6,800 | 10년에 1회 5년에 1회 |
| | 마이너스이온 CAF-03A | 크론 HEPA필터 | 할로겐촉매 W탈취필터 | 필터세트 5,000 | 5년에 1회 |
| 미쓰비시 전기 | 플라즈마클린에어 이온리조트(リゾート) MA-V401 MA-V301 플라즈마클린에어 MA-F503US MA-F203US | ULPA필터 HEPA필터 | 산화티타늄배합 활성탄필터 산화티타늄배합 활성탄필터 | 6,500 | 6년에 1회 |
| | | | | 5,000 | 6년에 1회 |
| | | ULPA필터 | | 6,500 | 6년에 1회 |
| | | ULPA필터 | | 5,000 | 1.5년에 1회 |

리어는 필터를 씻어 말린다는 물과 태양광의 힘으로 5년이 10년으로 늘어난다고 하고 있다.

탈취필터에는 여러가지 호칭이 붙여져 있지만, 기본적으로는 활성탄의 기능을 여러가지로 강화한 것이다. 활성탄 이외의 것으로는 다이킨공업의 롤

광촉매 필터, 쟈켄의 광촉매 필터, 미쓰비시중공 냉열기재의 광촉매 산화티타늄 필터 등의 광촉매 방식과 쟈켄의 알칼리성, 산성의 가스에 초점을 맞춘 것을 독자적으로 조합한 산·알칼리 필터 등이 있다. 마츠시다 정공이나 마츠시다 전공의 경우에는

담배 냄새, 애완동물 냄새, 체취용 등과 같이 용도별로 몇 개의 탈취필터를 제작하여 사용자의 선택에 맡기는 방법이 행해지고 있어 향후는 빌딩병 증후군 대책을 포함해 개별 목적에 대응하는 용도별의 탈취필터를 옵션으로 제공해 나간다고 하는 체제도 대기업 가전을 중심으로 취해지고 있다. 탈취필터도 집진필터와 같이 수명의 장기화가 과제이며, 일회용이 아니고 재생하는 것으로 교환 시기를 연장시키는 타입이 나와 있다. 예를 들면 샤프의 세척가능 스테미너 파워 카본은 간단한 세척으로, 미

즈비시 전기의 산화 티탄 배합 활성탄 필터는 플라즈마의 힘으로 활성탄을 재생해서 수명의 장기화를 꾀하고 있다.

항균·항바이러스 기능은 집진필터에 부여되고 있는 경우가 많다. 광촉매 방식이나 플라즈마 방식은 그 자체가 항균 효과를 가지고 있지만, 그 경우에서도 많게는 필터라고 하는 형태로 항균·항바이러스 기능을 부가, 강화하고 있다. 또, 항균에 활용되는 것으로서는 대표적인 카테킨 외, 키토산, 노송나무 오일, 대나무 엑기스라고 하는 천연 성분이 가지는 힘이 활용되고 있다. 표 3은 일본의 대표적인 메이커들의 공기청정기의 항균·항바이러스 사양을 요약한 것이다.

표 3. 일본 메이커의 공기청정기의 항균·항바이러스 사양

| | |
|-------------------|---|
| 산요전기 | 사과 카테킨이 첨착된 필터 |
| 샤프 | 업타이트 ULPA 필터 |
| 젠켄 | 노송나무 천연오일 필터+트리플 광탈취 필터 |
| 象印マホービン | 항균 카테킨 가공 HEPA 필터 |
| 다이킨 공업 | 광촉매 |
| 티아크 | 자외선 살균 램프+광촉매+오존으로 제균 |
| 마쯔시타 정공 마쯔시타 전기산업 | 카테킨 ULPA 필터 |
| 마쯔시타 전 공 | 키토산 HEPA 필터, 플라즈마 |
| 미쓰비시 중공냉열 기재 | 대나무 엑기스와 업타이트의 세척가능 항균 롱 라이프 프리필터+항균 HEPA 필터+광촉매 산화 티탄 필터 |
| 토시바 캐리어 | 항균·항바이러스 가공의 크론 ULPA 필터 |
| 미쓰비시 전 기 | 감 카테킨 가공의 파워풀 ULPA 필터 |

3. 바이오 기능의 신규 공기청정기술

3.1 광멸균 기술

빛의 살균작용이 1901년에 태양광선에 포함된 자외선(이하, UV)으로부터 확인된 이후 1세기가 경과한 지금 UV를 발생시키는 램프에 의해 열로 할 수 없는 것을 빛으로 가능하게 하는 특징으로부터 광범위의 분야에서 이 살균이 유효하게 이용되고 있다.

이러한 UV를 발생시키는 광멸균 램프로는 저압 수은램프, 고압 수은램프, 펄스크세논(Xenon, Xe) 램프 등이 있다. 신기술인 펄스 크세논 광멸균 필터는 크세논 램프를 탑재한 장치로서 이 장치는 크세논 가스를 동봉한 광원을 펄스를 이용해 순간적으로 점등시키고, 그 빛에 멸균하는 것이다. 본 기술은 1980년대에 용기나 필름의 살균에 이용이 검토되었지만, 그 무렵 파워 부족, 저압 수은램프의 고출력 타입의 등장 등에 의해 실용화로 이르지 못했다. 그런데, 1996년에 비록 식품 분야이긴 하지만 FDA의 인가를 취득한 미국의 퓨어 펄스사가 개발한 광펄스 멸균 장치가 등장했다.

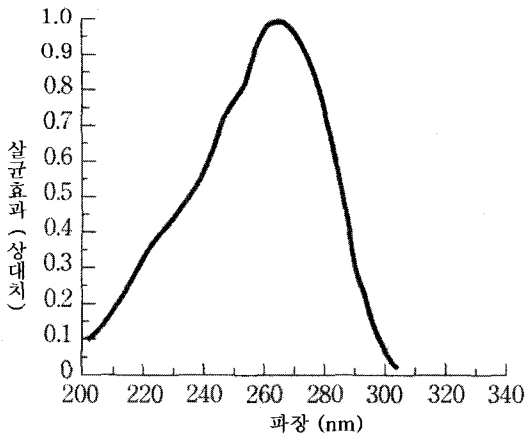


그림 1. 살균작용에 대한 분광특성

(1) 광조사(光照射)에 의한 살균 원리

빛에 의한 살균 원리에 관해서는 예전부터 연구되어 보고도 많지만, 아직 해명되지 않은 부분도 많이 있다. 다만, 간단히 말하면 빛이 미생물의 세포(특

히 핵)에 조사되는 것으로, 세포내에서 광화학 반응이 일어나, 세포 분열을 할 수 없게 되어 버리는 것이다. 빛이라고 해도 파장의 범위가 있어 이 빛의 파장과 살균작용과의 관계를 그림 1에 도시하였다. 그림으로부터 UV-C 영역(100 nm~280 nm)의 UV가 살균 작용을 보여주며 특히, 260 nm 부근의 UV가 최대로 작용한다.

(2) 광원(光源)

살균에 유효한 빛은 지구상에는 태양 광선이 오존층에서 흡수되기 때문에 자연에는 대부분 존재하지 않지만 램프로써 그 빛을 인공적으로 만들 수 있다. 일반적으로 살균용의 램프로써 전술한 대로 살균 작용이 큰 260 nm 부근(정확히는 253.7 nm)에서 발광하는 저압 수은 램프가 사용되고 있다.

그러나, 살균 작용의 UV는 영역을 가지고 있는 것이나 그림 2와 같이 램프의 종류도 많이 있어 그

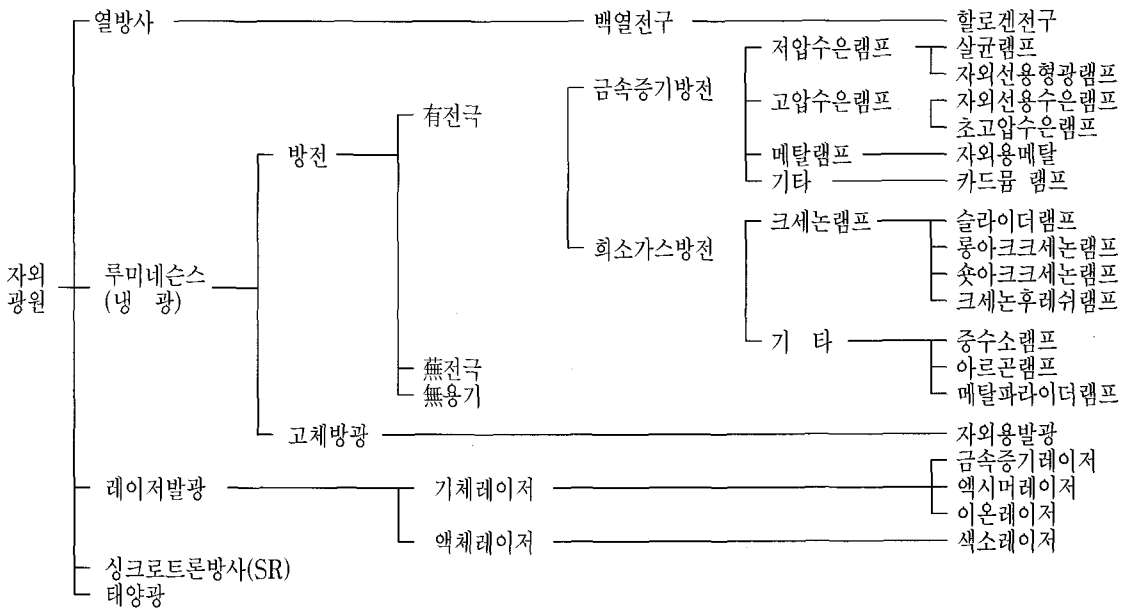


그림 2. 자외선 광원의 분류

특징에 맞춰 표 4에 나타난 램프를 탑재한 살균 장치의 선정하는 것이 필요한 시대가 되고 있다.

(3) 균의 광감수성(光感受性)

빛은 살균에 관하여 균의 종류에 관계없이 전부에 대해 유효하지만, 그 필요량은 균종(크기, 형상

등)이나 환경 등에 따라 크게 다르게 된다. 대표적인 미생물에 대해서 99.9 %를 살균하는데 필요한 UV 조사량을 표 5에 소개한다. 다만, 이 수치는 저압 수은램프에 의한 UV 조사량이며, 펄스 크세논 멸균 장치에서는 UV 조도의 정의나 조사량도 다르기 때문에 주의가 필요하다.

표 4. 여러 가지 광원의 특징

| 램 프 | 특 징 | 분 광 특 성 |
|---------------------------------|---|----------------------|
| <p>저압 수은램프</p> | <p>254 nm를 주 파장으로 발광하기 때문에 살균 램프라고도 불린다. 저압이라는 것으로부터 입력 전력(W)의 한도가 있어 4W~1kW 정도의 램프가 된다. 즉, 살균에 작용하는 방사 照度도 한도가 있다. 또 고 입력으로 되면 램프 파장이 길어진다.</p> | |
| <p>고압 수은램프</p> | <p>365 nm를 주 파장으로 하여, 254 nm, 303 nm, 313 nm의 UV를 효율적으로 발광한다. 저압 수은램프보다 입력 전력(W)으로부터의 살균에 작용하는 UV로의 변환 효율이 1/5~1/10 정도로 나쁘다. 단, 입력(W)을 많이 취할 수 있어 30 kW 정도인 것도 있기 때문에, 방사 조도를 많이 취할 수 있다. 그러나, 온도도 고온이 되기 때문에 주의가 필요하다.</p> | |
| <p>펄스발광 크세논램프</p> <p>펄스발광모델</p> | <p>UV 영역에서 IR(적외) 영역까지의 연속 발광이 가능하다. 100 μs 수준의 펄스로 발광하기 때문에 순간적으로 저압 수은램프의 1,000배 이상의 방사 조도가 된다. 펄스 발광이기 때문에 장치의 온도 상승도 적다. 다만, 많은 횟수의 조사로 인해 온도가 상승하며 일회에 많은 방사 조도를 얻는 경우는 진극에 부하가 걸리기 때문에 램프 수명에 주의가 필요하다.</p> | <p>MCPD SPECTRUM</p> |

표 5. 각종 미생물을 사멸시키는데 필요한 살균 조사량 (저압 수은램프의 경우)

| 균의 종류 | | 99.9%를 살균하는데 필요한 조사량 (mW · sec/cm ²) | |
|---------------------------------|--|--|-------|
| 그람음성균 (gram-negative trains) | Proteus Vulgaris Hau. | 3.8 | |
| | Shigella dysenterias. | 4.3 | |
| | Shigella Paradysenterias. | 4.4 | |
| | Eberthella typhosa (티프스균) | 4.5 | |
| | Escherichia coli communis (태양균) | 5.4 | |
| | Vibrio comma-Cholera.(콜레라균) | 6.5 | |
| | Pseudomonas aeruginosa. | 10.5 | |
| | S. tphimurium | 15.2 | |
| 그람양성균 (Gram-positive trains) | Streptococcus hemolyticus(GroupA-Gr.13) | 7.5 | |
| | Staphylococcus albus.(백색포도상구균) | 9.1 | |
| | Staphylococcus aureus.(황색포도상구균) | 9.3 | |
| | Streptococcus hemolyticus.(Group D.C-6D) | 10.6 | |
| | Streptococcus fecalis R. | 14.9 | |
| | Mycobacterium tuberculosis.(결핵균) | 10.0 | |
| | Bac. mesentericus fascus. | 18.0 | |
| | Bac.mesentericus fascus.(Spores) | 28.1 | |
| | Bac. subtilis sawamura.(枯草균) | 21.6 | |
| | Bac. subtilis sawamura.(Spores)(枯草균芽胞) | 33.3 | |
| 효모 (Yeasts) | Bakers Yeast | 8.8 | |
| | Saccharomyces ellipsoideus | 13.2 | |
| | Saccharomyces cerevi untergar.Munchen. | 18.9 | |
| | Saccharomyces Sake. | 19.6 | |
| | Zyga-Saccharomyces Barkeri. | 21.1 | |
| | Willia anomala. | 37.8 | |
| | Pichia miyagi. | 38.4 | |
| 곰팡이 (Mold stores) | | 포자의 색깔 | |
| | Oospora lactis | 흰 색 | 10.2 |
| | Mucor rocemosus | 회 색 | 35.4 |
| | Penicillium roqueforti | 녹 색 | 26.4 |
| | Penicillium expansum | 올리버색 | 22.2 |
| | Penicillium digitatum | 올리버색 | 88.2 |
| | Aspergillus glsucus | 청록색 | 88.2 |
| | Aspergillus 림편 | 청록색 | 120.0 |
| | Aspergillus niger | 흑 색 | 264.0 |
| | Rhizopus nigricans | 흑 색 | 222.0 |
| 바이러스 (Virus) | Polliovirus-Polimyelitus | | 6.0 |
| | Bacteriophage(E.Coli) | | 6.6 |

| | | |
|--------------------|---------------------------|-------|
| 원생동물 (Protozoa) | Influenza 인플루엔자 | 6.6 |
| | Infectious Hepitius | 8.0 |
| | Tobacco Mosaic | 440.0 |
| | Chlirella unlgaris(Algas) | 22.0 |
| | Nematode eggs | 92.0 |
| | Paramecium | 200.0 |

표 6. 고초균(아포)에 대한 펄스 크세논램프의 살균시험 (초기균수: 1.7×10^6 CFU)

| 펄스수 에너지 | 1 펄스 | 2 펄스 | 3 펄스 |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 300J | 1.1×10^4 (93.5 %) | 8.7×10^2 (99.5 %) | 1.2×10^2 (99.93 %) |
| 500J | 1.4×10^2 (99.2 %) | 6.7 (99.996 %) | 0 (99.9999 %이상) |
| 1000J | 0 (99.9999 %이상) | 0 (99.9999 %이상) | 0 (99.9999 %이상) |

(4) 펄스 크세논 멸균장치와 살균효과

펄스 발광 크세논램프의 장치는 광원·조사기·전원으로 이루어져 있다. 광원은 형광등과 같은 모양으로 전극과 석영관 등의 유리관 내부에 크세논 가스를 봉입한 것이다. 조사기는 빛이 효율적으로 처리물에 조사되도록 살균에 유효한 UV를 반사시키는 반사판과 광원의 냉각에 수냉이나 공냉 등의 기구를 마련하고 있다. 전원은 콘덴서로 전자를 모아 두어 순간적으로 고전압으로 방출시키게 되어 있다. 실제의 살균 효과를 주는 빛의 분량은 살균에 작용하는 광인 UV의 조도와 조사 시간과의 곱이기 때문에, 입력 에너지 전체는 살균 대상물이 받은 에너지가 아니라는 것을 명심하기 바란다. 광센서를 설치해 실제의 광량(光量)을 모니터할 필요가 있다. 단, 그 광량은 살균 효과가 있는 빛을 측정할 필요가 있다. 왜냐하면, 크세논 램프는 UV로부터 가시광선, 적외선까지 발광하고 있으므로, UV가 감

광되어도 전체를 측정해 버리면, 실제의 살균 효과가 떨어지고 있는데, 모니터의 광량은 저하되지 않는 경우가 있기 때문이다.

순간적으로 종래의 저압 수은램프보다 1,000배 이상의 방사 조도를 얻을 수 있으므로, 단시간에 높은 살균 효과를 얻을 수 있고 더우기 254 nm의 빛이 투과하지 않아도 살균 효과가 있는 300 nm 이하의 파장의 빛이 연속 발광하고 있으므로 이용 범위가 넓고 포재를 통한 내용물의 살균에도 유리하다. 표 6에 대표적인 지표가 되는 표준균인 고초균(古草菌)의 아포(Bac.subtilis(spores))에 대한 입력 에너지와 펄스수의 차이에 의한 살균 효과를 소개했다. 입력 에너지를 500 J로 2 펄스 조사에 의해 총 1,000 J로 했을 경우와 1,000 J로 1 펄스의 조사로 입력 에너지를 맞추어도 후자의 살균 효과가 더 높은 것을 알 수 있다. 또, 광살균으로 광감수성이 약한 흑국곰팡이(Aspergillus niger)에 대해서도 살

균효과 실험을 실시했다. 램프의 입력 에너지를 500 J로 해서 건조 상태로 2 펄스 조사를 106 CFU 수준의 곰팡이에 실시했는데, 생존된 곰팡이 수는 0으로 되었다. 그러나, 습윤 상태에서는 그 효과가 격감되었는데 이로부터 펄스 크세는 멸균 장치의 멸균에는 가시광선이나 적외선(열)의 작용도 있다는 결과도 알 수 있었다.

3.2 살균용 효소필터

필터여재의 내부 환경은 미생물의 번식에 최적인 조건이 성립되면 필터내에서 미생물이 증식해서 출구측에서 비산되어 실내 미생물 오염원의 하나가 되어 2차 오염을 일으키는 것이 최근 밝혀졌다. 최근, 결핵균이나 MRSA(메치시린에 내성을 획득한 황색 포도상 구균) 등에 의한 집단 발병 사건이 끊이지 않고 특히 양로원 등 집단 생활자의 경우, 결핵균 등에 의해 집단 감염하는 케이스가 많다. 따라서, 철저한 실내공기 관리하에서 부유균 대책이 중요한 과제가 되고 있다. 이러한 상황에서 물리적 여과 기능에 가세해서 환경에 좋고, 한편 강력하게 부유 세균 등 미생물을 포획 살균하는 고기능 필터 여재가 개발되어 공기청정기 분야, 식품·음료·제약 공장의 클린룸이나 클린부스, 병원·빌딩 공조 분야 등에서 환경조화형 하이브리드(hybrid) 살균용 효소 필터로서 사용되어 높은 성능 평가를 얻고 있다.

(1) 미생물 2차 오염

HEPA필터는 그 성능에 있어 진균이나 세균 등의 미생물을 거의 100% 가깝게 포집할 수가 있다. 그러나, 식품 공장이나 제약 공장 및 병원 등에 있어서는, 필터 사용후 3~4개월 경과하는 경우에서, HEPA 필터내에서 세균이나 곰팡이 등이 증식해, 눈으로 확인할 수 있는 수준까지 오염되고 있는 상

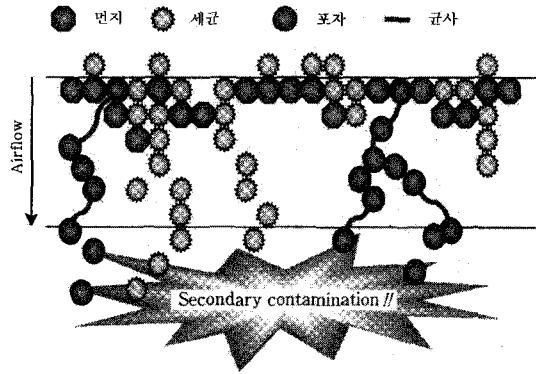


그림 3. 2차 오염의 개념

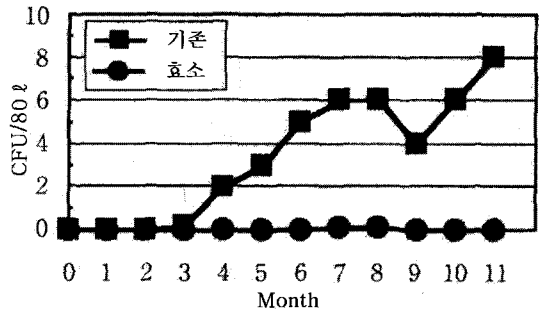


그림 4. 공중 부유 샘플러에 의한 클린룸 측정결과

황도 많이 볼 수 있다. 이러한 오염 상황은 그림 3과 같이 필터 내에서 미생물이 증식해 하류영역에 비산하는 2차 오염(Secondary contamination)이 일어나 필터 자체가 미생물의 온상이 되어 오염원이 된다. 그림 4로부터 분명한 것처럼 HEPA필터 교환 시에는 미생물 오염이 확인되지 않지만, 교환 후 3개월 이후에서는 미생물의 존재가 확인되었다. 이러한 미생물은, 필터로부터의 유출 비산으로 생각된다. 만일 HEPA 필터를 약 3개월마다 교환한다면, 이런 종류의 2차 오염 문제는 어느 정도 회피할 수 있을 것이지만, 현실 문제로서 그렇게 빈번하게 교환할 수 있는 것은 아니고, 2차 오염에 대한

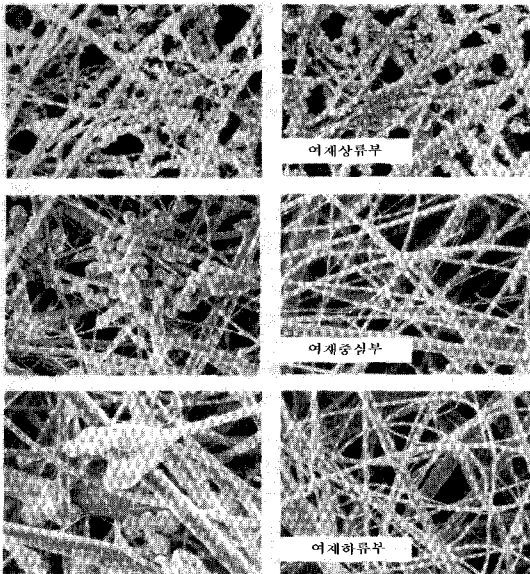


그림 5. 기존 및 효소 HEPA필터의 2차오염 방지실험 결과

대책이 필요하다고 생각된다.

(2) 효소 필터의 2차오염 방지 효과

효소 HEPA 필터를 이용한 2차 오염방지의 검증

은 기존 HEPA필터 및 효소 HEPA필터를 동일한 조건에 대해 사용 후, 필터로부터 여재를 샘플링해서 그의 상류부, 중심부 및 하류부를 주사형 전자현미경에 의해 분석할 수 있다. 그림 5는 동일 조건으로 1년간 연속 사용된, 종래형 HEPA 필터와 효소 HEPA 필터를 비교한 결과 예를 나타낸다. 종래형 HEPA 필터는, 필터여재의 중심부에서 하류영역에 이르는 각각의 부분에서 진균을 중심으로 한 미생물의 존재가 확인된다. 한편, 동일 조건에서의 사용이 끝난 효소 HEPA 필터여재에서는 미생물의 존재가 확인되지 않는다.

(3) 효소 필터의 살균 메카니즘과 성능

효소 필터에서는, 여재의 표면에서 증식한 세균 등 미생물이 여재 표면에서 출구로 향해 이동하는 중에 여재 섬유 내부에서 포집·살균하는 것을 목적으로, 여재 섬유 전체에 안전 무해한 수식용균(修飾溶菌) 효소를 균일하게 분자 레벨로 화학 결합하여 고정화시켜, 높은 살균성능·안전성·안정성(장수명)을 유지하고 있다. 살균 메카니즘은 그림 6에 나타내듯이 여재 섬유에 분자 수준으로 고정화된 수식 효소에 의해, 세균의 세포벽을 구성하는 결

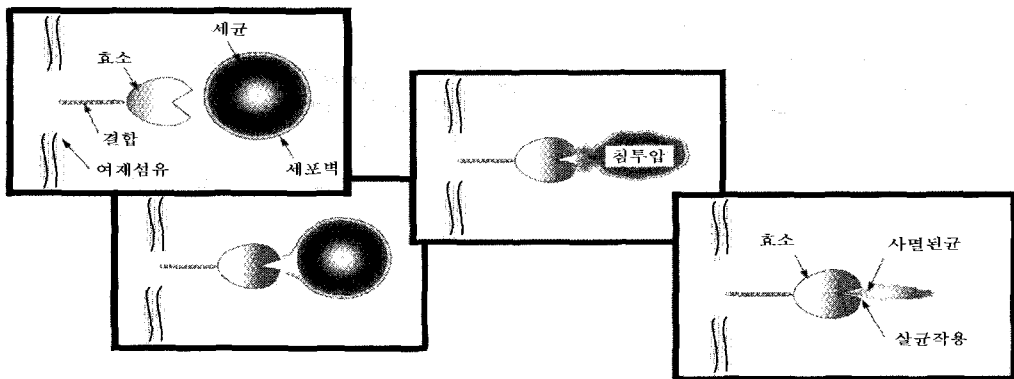
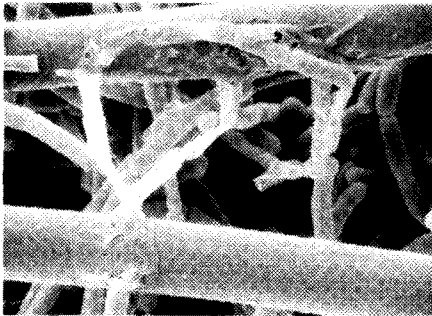
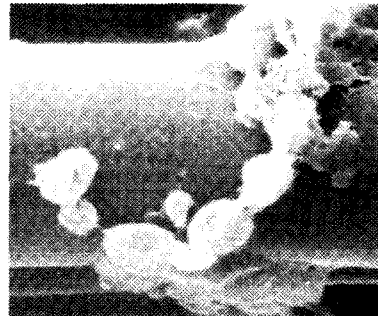


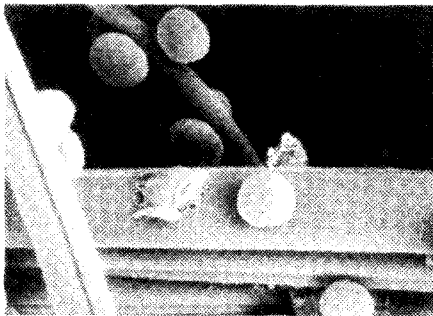
그림 6. 여재섬유에 고정화된 효소에 의한 살균메카니즘



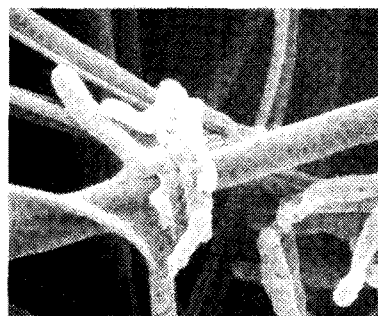
고고균



MRSA



표피포도상구균



결핵균

그림 7. 효소필터 상의 각종 세균의 살균상태

합 부분(글리코시드, 아미드, 펩티드 등)이 가수분해 반응으로 절단되고 구멍이 생겨 세균 내부의 침투압에 의해 세포막이 파열해, 세균을 사멸시킨다. 또, 효소 필터는, 부가 수식을 하는 용균효소를 이용하고 있어 폭넓은 살균 스펙트럼을 가지고 있다. 그림 7은 효소 필터의 살균 성능을 측정해서 효소 작용에 의해 각종 세균이 여재 상에서 사멸한 상태를 분석한 전자현미경 사진을 나타낸다.

여기서 효소에 대해 한마디로 말하면, 「촉매 작용(자기 자신은 외관상 변화하지 않고, 화학반응으로 A 물질을 다른 B 물질로 변화시키는 작용)을 가지는 단백질로, 단순한 천연 물질(무생물)」이라고 표현할 수 있다. 효소는 3,000 종류 이상 존재하며

분류하면 6가지 타입의 효소 (① 가수분해, ② 산화 환원, ③ 전이, ④ 이탈, ⑤ 異性화, ⑥ 합성)로 나눌 수 있다. 본 효소 필터에 널리 사용되고 있는 용균 효소는 주로 가수분해 효소에 속한다.

이러한 여재에 고정화된 용균효소는 은이나 유기계통 곰팡이방지제의 독성 작용을 이용한 제품과 달리, 수식 효소 자신 독성이 없고 안전해서 자연 메카니즘을 이용한 강한 살균성을 가지고 있는 것이 최대의 특징이다. 또, 효소가 여재 표면 살포는 아니고, 여재 섬유에 분자수준으로 균일하게 화학 결합하고 있기 때문에 소비되지 않고, 반영구적으로 살균 성능을 유지할 수 있다. 또, 필터로서의 압력 손실 등의 물리 성질과 상태는 기존품과 동등하

기 때문에, 세균이나 곰팡이 등의 2차 오염 방지에 최적인 사양이라고 할 수 있다.

3.3 폭포수효과에 의한 음이온발생 기술

입경이 수 nm의 음이온은 인체의 진정 작용 등의 바람직한 생리 효과 때문에 주목받고 있으며 자연의 폭포나 삼림에서는 그 수가 많다고 알려져 있다. 공기 중에서 음이온을 인공적으로 발생시킬 수 있는 방법으로는 코로나 방전, 방사성원소법(radiolysis), 자외선광전자법(UV/photoelectron) 등이 일반적으로 잘 알려져 있다. 그러나, 이러한 방식이외에 그림 8과 같이 대기중에 물을 분사시켜 고체면에 충돌시킴으로써 액적이 분체되어 미립화될 때 음이온이 다량으로 발생될 수 있다.

이러한 현상을 레너드 효과(Lennard effect), 즉 폭포수 효과라고 한다. 레너드 효과란 노벨물리학 수상자인 레너드 박사에 의해 발견된, 폭포수 효과라고도 불리어지는 효과로서 폭포 주변에서 액적이 분체될 때 다량의 음이온이 발생되는 효과와 같은 원리이다.

일본의 한 연구 결과에 의하면 1 cm³당 약 수천~수만 개 이상의 다량의 음이온을 발생시킬 수 있고 이때의 음이온은 거의 O₂⁻(H₂O)_n 이라고 보고되고

있다. 이러한 많은 양의 음이온을 품은 공기를 방안의 공기와 접촉시키면 잡다한 세균, 악취 등을 음이온의 정전기적 중화작용에 의해 응집시켜 초미세 액적의 기체상 수분 클러스터에 부착시켜 세정시킨다. 초미세 액적(음이온성분)과 입자직경이 큰 액적(양이온성분)을 기액분리기에서 분리시켜 음이온과 기체상 수분 클러스터가 부유되어 나오는 공기를 흡출구를 통해 방산시키면 실내를 대자연의 습기가 있는 상쾌한 공기로 가득하게 할 수 있다. 이는 폭포 근처에서 상쾌함을 느낄 수 있는 것과 같다. 따라서, 인위적인 금속성 코로나 방전과는 달리 대자연이 주는 상쾌함을 느낄 수 있다. 이러한 폭포수를 이용한 음이온 발생기를 개발하여 고기능성 공기청정기에 장착할 수 있다.

4. 맺음말

건강 및 환경에 대한 관심이 높아지고 있는 현재, 실내의 공기를 쾌적한 상태로 유지하고 싶다는 욕망이 높아지면서 공기청정기의 수요가 상승일로에 있다. 공기청정기가 등장한 이후로 집진 기능, 탈취 기능, 추가 기능 등의 순으로 제거 대상은 확대되고 고기능화되어 왔지만 여전히 생활 속에서 건강에 심각한 손상을 받는 사건들도 자주 일어나고 있다.

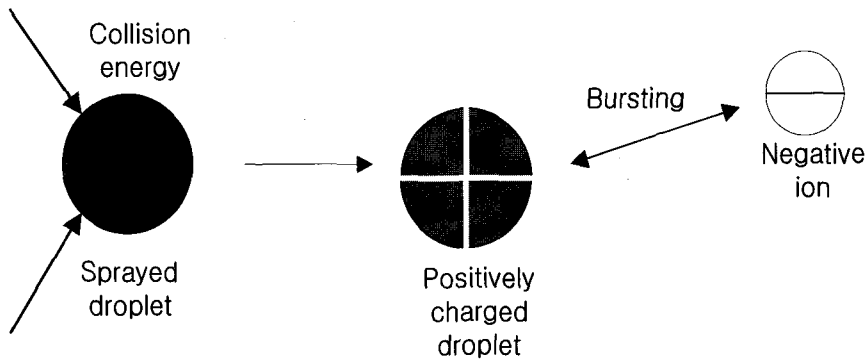


그림 8. 레너드 효과의 원리

SARS 등이 맹위를 떨친 지 수 개월이 지났지만, MRSA(황색 포도상구균) 등 위험한 균·바이러스는 여전히 많이 있다. 공기청정기능을 매물로 하는 공기청정기 메이커로서는 이것을 놓쳐서는 안된다. 바로 진균, 세균, 바이러스의 제거기술의 고도화를 위한 바이오 기능성 필터 방식의 신기술 및 이를 장착한 공기청정기의 개발에 본격적으로 임하는 것이 요구된다고 하겠다. 이와 같이 공기청정기의 장래는 바이오 기능과 같은 BT 기술과 융합하면서 건강 및 환경 분야에 크게 공헌할 수 있는 가능성을 가지고 있다.

- 참고문헌 -

1. 株式會社 矢野經濟研究所, 2002, 空氣清淨關連市場の展望と戰略 2002年版, 동경, 한국공기청정협회 所藏
2. 한국산업기술평가원, 2002, 열유체기계부문 산업 분석, 보고서 No. 연구보고 202-06-117, 산업자원부.
3. 五箇野 幹子 등, 2003, “環境調和型 殺菌用 酵素フィルタ”, クリーンテクノロジー-(클린테크놀로지), 5월호, Vol. 13, No. 5, pp. 51~53.
4. 木下 忍, 2002, “パルスドキセノン 滅菌装置”, クリーンテクノロジー-(클린테크놀로지), 2002년 7월호, Vol. 12, No. 7, pp. 36~39.
5. 菊地 清, 2003, “UVオゾン 室内殺菌脱臭装置”, クリーンテクノロジー-(클린테크놀로지), 2003년 1월호, Vol. 13, No. 1, pp. 60~61.
6. 배귀남, 2002, “실내공간의 미생물 오염 현황”, 공기청정기술, Vol. 15, No. 3, pp. 13~23.
7. Okuyama, K., 2001, “Ion and Nano-Particle Measurement in Ion-Induced Nucleation process”, Aerosols in Nano Technology, COEX, Seoul, 한국과학기술원 기계공학과 환경입자제어연구실 주최, pp. 35~46.
8. 河村典彦 등, 1999, “マイナスイオンの粒径制御に関する研究”, 第17回 空氣清淨とコンタミネーションコントロール研究大會, pp.350-351.