

에어컨용 공기청정기술

이 성 화 | LG전자(주) DAC 본부연구소
 책임연구원
 E-Mail : shlee@lge.com

1. 머리말

최근 에어컨의 보급이 급속히 증대됨에 따라 냉난방기능과 더불어 에어컨의 사계절 사용에 대한 기대가 증대하면서 에어컨에 공기청정기능을 부가한 공기청정에어컨(Air Cleaning Air Conditioner)에 많은 관심이 집중되고 있다. 1996년 전까지만 하여도 통상 에어컨에는 온도, 습도, 복사온도, 기류, 착의량 및 활동량의 제어에 의한 온열 환경을 통한 쾌적감을 주로 평가하였으나, 생활공간의 밀폐화로 실내공기질이 악화되면서, 생활수준 향상과 개인의 건강에 대한 관심이 높아지면서 실내 공기질을 고려한 쾌적감 평가에 대한 기대치가 높아지고 있다고 생각된다.

실내 환경의 오염이 건강문제의 주요한 원인으로 여겨지면서, 주 오염원으로 담배연기, 먼지 및 알레르겐과 같은 입자상 물질과 냄새, 휘발성 유기화합물 및 배기가스 등과 같은 가스상 물질이 표 1에서와 같이 거론되고 있다.

특히 알레르겐과 같은 입자상 물질 속에는 박테리아, 곰팡이 및 바이러스와 같은 부유 미생물 오염물질이 최근 중국에서의 중증급성호흡기증후군(SARS) 발생으로 인하여 더욱 관심의 초점이 되고 있다. 이에 기술 동향을 살펴보면 초기에는 에어컨에 그물망과 같은 프리필터를 장착하여 실면지나

머리카락과 같은 큰 먼지 제거용으로 사용되었으나, 최근에는 비싼 가격으로 구입한 에어컨을 계절성을 탈피하여 1년내 사용 가능토록 하는 개념을 에어컨에 도입하여, 공기청정 기술의 복합화로, 실내의 담배연기, 먼지 및 냄새 오염물질을 제거하거나 음이온 및 산소 발생과 같은 적극적 공기청정 기술을 추가하여 사용 가치를 증대시키고 있다.

그리고 최근에는 선진국에서 실내 생활환경에 대하여도 휘발성 유기화합물 농도의 규제가 강화되면서, 제거 대상도 먼지나 냄새, 배기가스에서 휘발성 유기화합물과 부유 미생물 오염물질로 점차 확대되고 있다. 그러나 공기청정 에어컨도 결국 에어컨이 기본으로 냉난방 성능이 우선으로 유지되면서 공기청정 성능이 발휘되어야 함을 잊지 말아야 한다.

따라서 본고에서는 에어컨이 설치되는 건물의 용도에 따른 실내공기의 주요 오염 발생원을 살펴보고, 에어컨에 적용되는 공기청정 기술에 대하여 그 특성을 소개하고자 한다.

2. 실내의 오염 발생

실내공기에 포함되어 있는 오염물질은 수 백 종류에 이를 정도로 다양하다. 일반 빌딩에서는 산업환경의 오염물질과 달리 특정한 오염물질의 발생은 없으나 표 1에서와 같이 건축자재와 인체 그리고

표 1. 주요 실내공기 오염물질의 발생원

오염물질	발생원
먼지	흡연지, 실내 바닥 먼지, 실먼지
담배연기	담배
연소가스	CO, NO ₂ , SO ₂ , 연료 연소 및 가스렌지
라돈	콘크리트, 흙, 화강암
포름알데히드	각종 합판, 가구, 단열재, 담배연기 등
석면	단열재, 절연재, 석면 타일, 방열재
미생물 물질	곰팡이, 박테리아, 꽃가루, 애완동물, 카펫, 목욕탕
유기용제	페인트, 접착제, 스프레이 등
악취	음식물 썩는 냄새, 땀 냄새, 발 냄새

일상생활에서 다양한 오염물질이 발생하고 있다. 에어컨이 설치되는 건물의 용도에 따라서 실내공기의 주요 오염발생원이 다르며 따라서 오염물질의 종류 및 농도 등 오염특성이 상당히 다르다.

2.1 주거용 건물

단독주택이나 아파트를 비롯한 주거용 건물 내에서 발생하는 오염에는 호흡에 의한 이산화탄소와 체취 등과 같이 거주자의 신체에서 직접 발생하는 것과 거주자의 생활 활동에 따라 발생하는 것이 있다. 실내에서 각종 작업을 수행할 때 발생하는 오염에는 동작과 함께 의복 등에서 발생하는 먼지, 흡연에 의해서 발생하는 담배연기, 일산화탄소, 이산화탄소 및 악취 등이 있다.

그밖에 취사나 난방을 위한 연소기구에 의한 질소산화물, 이산화탄소, 일산화탄소, 연기 및 악취 등도 중요한 발생 오염원이다. 또한 유해 물질을 방출하는 건축자재를 사용하는 경우에는 오랜 기간동안 석면이나 포름알데히드 등 유해물질이 방출된다. 특히 신축건물에서 이러한 오염물질 농도가 높게 나타난다.

2.2 사무용 건물

사무실 내에서의 주요 오염발생원은 주거용 건물과 마찬가지로 실내에서 일하고 있는 사람에게 있다. 사람은 호흡 등에 의해 이산화탄소나 체취 등이 직접 발생할 뿐만 아니라 활동에 의해 의복이나 바닥 등에서 분진이 발생하고, 흡연에 의해 담배연기, 일산화탄소, 탄산가스 및 냄새가 다량 발생한다.

특히 회의실에서는 비교적 좁은 공간에서 다량의 흡연이 이루어져 대책이 요망된다. 또한 사무실에서는 건물을 구성하는 건축자재, 가구, 복사기, 프린터기 등의 사무기기에서도 오염물이 발생한다.

이들로부터 포름알데히드, 휘발성유기화합물 등의 화학물질, 각종 분진, 세균, 진균, 라돈 및 고온에서 광화학반응을 일으켜 오존이 발생되기도 한다.

2.3 상가용 건물

상가건물 내에서도 주요 오염발생원은 종업원과 손님을 포함하는 사람이다. 그러나 식료품 등 악취를 발생하는 상품을 취급하는 경우에는 상품에서 발생하는 오염에 대해서 고려해야 한다. 또 백화점

과 같이 많은 수의 손님이 점내를 여기저기 걸어 다니는 경우에는 사람으로부터 발생하는 오염량은 사무실 등에 의한 경우보다 훨씬 크다고 보고되고 있다. 취급하는 물품에 따라서 물품제조과정에서 사용되었던 재료로부터 다양한 휘발성유기화합물이나 포름알데히드와 같은 오염물질이 방출된다.

2.4 복합 건물

최근에는 상가와 사무실, 사무실과 주택, 상가와 주택 등의 이른바 복합 건물이 대단히 많아지고 있다. 이러한 건물에서는 부분적으로 발생하는 오염물의 종류나 양도 상당히 다르다.

따라서 건물의 공기청정계획도 오염발생의 상위에 따라서 조닝(Zoning)을 설치해야 한다. 즉 건물의 내부를 오염발생 특성에 따라 구분하고, 각각 다른 계통의 공기청정 공조설비를 설치한다.

2.5 지하상가

지하상가는 백화점과 거의 마찬가지로이지만 가로 부분은 통로로서 이용되기 때문에 이 곳을 통과하는 사람 수를 파악해야 한다. 또한 외부로 통하는 출입구가 대단히 많고 개방되어 지상으로 통해 있기 때문에 지상 차도로부터 자동차 배기가스와 각종 먼지 등으로 상당히 오염된 외기가 다량 유입되는 것도 오염부하로서 고려해야 한다. 잡화매장이나 의류매장이 밀집되어 있는 일부 지하상가의 경우 배기가스의 유입과 상가내 옷가지에서 방출되는 포르말린 가스에 의하여 포름알데히드의 농도가 상당히 높게 나타난다.

2.6 지하역사, 여객터미널

지하역사내 승강장에서는 역시 승객에 의한 인체 발생물이 주요 오염물질을 이룬다. 추가하여 열차의 브레이크와 철로의 마찰 등에 의하여 터널내에

서 자체 발생한 분진이 열차가 통행할 때 생기는 열차풍에 의하여 승강장으로 유입된다.

또한 지역에 따라서 노출되어 있는 암반이나 지하수에 함유된 라돈이 공기중으로 방출되기도 하고, 버스 및 항만터미널에서는 각종 내연기관의 배기가스로 배출되는 오염물질에 주목해야 한다. 스파크 점화기관에서는 산소부족에 의한 일산화탄소 발생이 많고 디젤기관과 같이 압축점화기관에서는 질소산화물과 매연이 주로 발생오염물이며 이외 탄화수소, 포름알데히드, 악취 등이 발생한다.

2.7 병원

병원에 입원하는 대부분의 환자는 24시간을 병실에서 보내고 일반 내원자도 병원균에 대한 저항력이 약한 상태이므로 병원내 실내공기질 유지는 매우 중요하다. 환자는 실내공기 오염으로부터 보호받아야 할 대상이면서 동시에 오염발생원이기도 하다. 병원성 감염을 유발시킬 수 있는 포도상구균, 그람음성균, 레지오넬라균 및 기타 미생물성균의 증식을 방지하도록 하고 그 오염발생원을 제거하거나 예방하여야 한다. 이러한 균류뿐만 아니라 마취과, 수술실 등에서 사용하는 각종 약품으로부터 포름알데히드와 각종 휘발성 유기화합물이 발생되고 병원 특유의 냄새가 발생한다.

3. 공기조화와 공기청정

공기는 지구를 둘러싸고 있는 무색, 투명, 무취의 기체로서 산소 20.99%, 질소 78.03%, 아르곤 0.94%, 탄산가스 0.03%, 수소 0.01%, 네온 0.0012% 및 헬륨 0.00043% 등이 포함되어 있으며 동,식물의 호흡과 소리의 전파에 불가결한 요소이다.

공기조화란 공기의 질을 향상시켜 쾌적한 생활공간 조성을 위한 모든 수단과 방법으로 온도, 습도,

청정 및 조절의 4요소가 적절히 조합되어 인간이 심리적, 생리적으로 쾌함을 느낄 수 있는 쾌적 환경 조성을 목적으로 한다.

실내 생활자의 쾌적을 이루는 요소로는 육체적 요인, 물리적 요인 및 심리적 요인으로 나눌 수 있으며, 특히 물리적 요인으로는 온열 환경, 공기질 환경, 음 환경, 광 환경, 수 환경 및 특수 환경을 나열할 수 있다.

공기청정은 설비 또는 시설의 최대 효율 발휘 및 관리를 위한 최상의 조건을 부여하고, 인간의 쾌적한 생활환경의 유지 및 관리를 위해 필요한 것으로 공기질 향상을 위해서는 오염물질 제거, 오염물질 배출의 수동적 제어와 성분 조절의 능동적 제어가

요구된다.

4. 에어컨용 공기청정기술

에어컨에서의 공기청정기술은 공기청정기 단독 제품과는 달리 냉난방의 기본 기능을 근본으로 하여 공기청정 기능의 첨가가 되어야 한다. 즉 냉난방 성능이 만족되는 범위에서 공기청정 성능이 만족되어야 한다. 이를 위해서는 기술 개발시 낮은 압력손실, 고효율, 사용 수명 증대, 편리한 보수 유지 및 박형화가 우선적으로 고려되어야 한다고 생각된다.

4.1 오염물질 제거

오염물질의 제거 기술은 수동적 공기청정 방법으

표 2. 입자상 오염 물질 분류

연 무 체 (Aerosol)	분진	고체가 화학적 조성을 변화지 않고 형, 크기가 변하여 입상으로 되어 공기 중에 부유하는 것, 즉 물리적 파쇄 과정에서 발생 (통상 1~100 μ m)
	스모크	연소할 때 발생하는 소위 "연기"에 속하는 것으로 유기물의 불완전 연소로 수분 등을 포함한 유색성 입자(통상 1 μ m 이하)
	흙	어떤 물질이 연소, 승화, 증발할 때 일단 고온상태에서 기체 분자가 되거나 화학반응으로 새로운 물질이 생성되어 대기중에서 냉각되어 콜로라이드 상태로 된 물리화학적 반응으로 생성되는 고체상의 물질 (통상 0.001~1 μ m)
	미스트	액체가 증발 응축한 것으로 미소한 액체입자를 총칭(통상 0.01~10 μ m)
	먼지	고체 입자가 기체속에서 떠다니는 현상(통상 1 μ m 이상)
미생물 (Microbe)	세균	원핵 세포로 되어 있는 하등 미생물 중에서 Blue-Green 박테리아를 제외한 미생물군으로 구균, 간균, 나선균의 형태임 (통상 폭 0.5~1 μ m, 길이 0.5~5 μ m)
	진균	세균류에 비하여 진화되어 복잡한 구조로 세포핵에는 핵막이 존재하고 미토콘드리아, 리보솜 등을 함유하고 있는 독립 영양군 (통상 3~30 μ m)
	바이러스	단독으로 증식할 수 없고 숙주 생물에 기생하여 생활함 (통상 직경 150~180nm)
고형물	머리카락	(통상 30~300 μ m)
	꽃가루	(통상 10~100 μ m)
	진드기	(통상 100~300 μ m)

로 집진 기술, 탈취 기술 및 항/살균 기술로 크게 분류할 수 있다.

4.1.1 집진 기술

실내에서 발생되거나 대기에서 유입되는 입자상 물질을 주로 제거하는 기술로 입자상 오염 물질을 크게 분류하면 표 2와 같다.

제거 기술로는 큰먼지 제거용 필터와 미세먼지 제거용 필터로 구분할 수 있는데 고품볼과 같은 큰먼지 제거용 필터에는 PP나 PE로 그물망 형상의 필터를 만들어 통상 사용하고 있으며, 일정 시간 사용 후 물로 세척하여 반영구적으로 사용이 가능하다. 이때 그물망 필터에 통상 유무기계 항균제를 코팅하여 항균 기능을 부여하고 있다.

미세먼지 제거용 필터로는 압력손실이 적은 정전부직포 필터나 단순 전기집진 필터를 적용하고 있으며, 최근에는 고효율의 HEPA 필터, 전기집진과 정전부직포를 결합한 정전식 필터 및 먼지와 냄새를 동시에 제거하기 위해 플라즈마 필터를 적용하고 있다.

정전부직포 필터는 섬유 제작시 섬유상에 정전기를 부여하여 분극에 의해 극성을 갖게 하고 이를 부직포로 제작하여 필터로 사용한다. 통상 에어컨용의 경우 저압력손실이 요구되어 성능이 낮은 $100\text{g}/\text{m}^2$ 이하의 필터를 주로 사용한다.

또한 적용 형태도 단순히 평판형에서 압력손실을 줄이고 포집면적을 확대하기 위하여 주름진 형태로 제작하여 적용하는 경우가 유리하나 주기적으로 교환해 주어야 하는 불편한 점이 있다.

전기집진 필터의 경우는 그림 1에서와 같이 먼지를 하전하는 전리부와 먼지를 포집하는 포집부로 나눌 수 있는데 전리부와 포집부가 일체로 구성된 것을 1단식이라고 하며 통상 가정용 룸에어컨의 경우 제품이 박형으로 많이 적용되고 있으며, 전리부와 포집부가 별개로 구성된 2단식의 경우는 대형

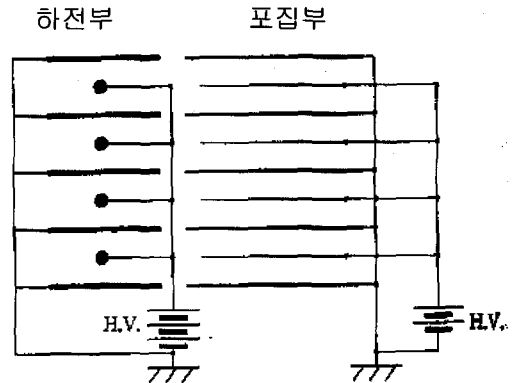


그림 1. 전기집진 필터

아파트나 사무실에 주로 적용되는 사무실용 에어컨에 주로 적용되고 있다. 이들 모두 일정 시간 사용 후 포집된 먼지를 물로 세척하여 재사용이 가능하여 제품 수명 이상으로 사용이 가능한 장점이 있다.

이때 전리부의 전극구조는 방전선대 평행평판 혹은 침상전극대 평행평판 구조로 인가되는 전압의 극성이 정(+)극성이면 먼지가 정극성으로 대전되고, 부(-)극성이면 먼지가 부극성으로 대전되어 포집부에서 포집된다. 전기집진 필터를 설계할 때는 먼저 오존 발생량을 규정치 이하로 유지될 수 있도록 설계하고 다음 먼지제거 성능을 평가하여야 한다.

통상 오존발생량을 낮추기 위해서는 정(+)극성의 전압을 인가하고 전리부의 전극 직경도 가늘수록 발생량이 적어 직경이 0.1mm 이하의 가는 텅스텐선을 주로 적용하며, 동일 고전압에서는 부(-)극성에 비하여 1/10 수준이다.

또한 포집부의 경우는 그림 2와 같이 일반적으로 평행평판형을 적용하나 포집면적을 확대하여 효율을 높이기 위하여 띠전극을 권선형 구조로 하거나, 도전성도료를 절연성이 우수한 수지물 한쪽 면에 코팅하여 전극 간격을 좁게하여 효율을 향상시키기도 한다.

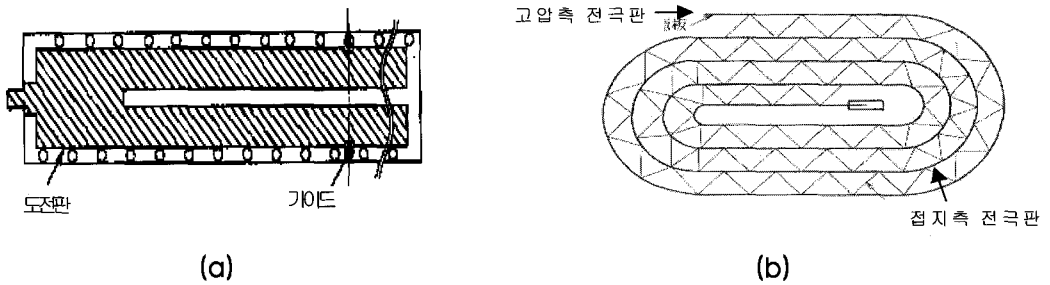


그림 2. 포집부 전극 구조

HEPA 필터는 고효율의 필터로 먼지 포집 성능은 우수하나 압력손실이 아주 커 특수한 경우를 제외하고는 적용이 어려우며, 최근에는 성능은 유지하고 압력손실을 낮추기 위하여 정전섬유로 제작한 HEPA 필터의 개발도 되고 있다.

정전식 필터는 전기집진 필터의 전리부와 정전부직포 필터의 부직포 필터를 결합한 형태이거나 필터 여재 자체에 전압을 인가하는 여재유전형 필터로 구성되는데 전리부에서 강제를 통과되는 먼지를 대전시키고, 이를 후단에서 정전부직포로 포집하여 제거하기에 효율이 높으나 주기적으로 필터를 교환

해야 하며, 표 3은 정전식 필터 방식을 나타낸다.

4.1.2 탈취 기술

실내에서 발생되거나 대기에서 유입되는 가스상 물질을 주로 제거하는 기술로 실내에서 장소별 발생하는 가스상 오염 물질을 분류하면 표 4와 같다.

제거 기술로는 흡착법, 분해법, 은폐법 및 미생물 법으로 나눌 수 있는데 흡착법에는 활성탄이나 활성탄소 섬유의 유기질계를 이용하거나 제올라이트와 같은 무기질계를 이용한 물리적 흡착법과 약품 처리 활성탄이나 이온교환체를 이용한 화학적 흡착

표 3. 정전식 공기청정방식

전기집진식	1단식	전리부와 포집부와 일체	
	2단식	전 리 부	선 방전극식 침 방전극식
포 집 부		알루미늄 평행평판형 도전성도료 코팅 적층 플라스틱형 권선형 반절연수지형	
정전필터식	전압인가형	여재유전형 입자하전형 입자하전 여재유전형	
	전압무인가형	정전부직포 필터 여재형	
	혼합형	입자 하전 + 정전부직포 필터 여재형	

표 4. 가스상 오염 물질

장 소	발생 냄새 종류	대표적인 악취 성분
화 장 실	화장실냄새>담배냄새	암모니아, 황화수소, 트리메틸아민, 아세트알데히드, 황화메틸
목 욕 탕	곰팡이냄새>체취	지오스민
부 욕	요리냄새>쓰레기냄새>생선냄새	황화수소, 메틸메캅탄, 암모니아, 초산, 트리메틸아민, 지오스민
현 관 (신발장)	땀냄새>애완동물냄새>곰팡이냄새	암모니아, 황화수소, 황화메틸, 트리메틸아민, 메틸아민, 지오스민
거 실	담배냄새>먼지냄새>체취	아세트알데히드, 황화수소, 암모니아, 피리딘, 이소부티르산
침 실	체취>먼지냄새>담배냄새	암모니아, 이소부티르산, 초산, 황화수소, 메틸메캅탄, 아세트알데히드, 포름알데히드
어린이방	먼지냄새>체취	암모니아, 황화수소, 아세트알데히드, 초산
노 인 방	노인냄새>체취	암모니아, 황화수소, 아세트알데히드, 초산, 포름알데히드, 이소부타르산, 지오스민
벽옷장/장농	곰팡이>포르말린	지오스민, 포르말린
지하실/다락	곰팡이>먼지	지오스민

법으로 나눌 수 있다. 또한 분해법에는 오존이나 자외선 램프를 이용한 오존산화법, 촉매담지 다공성 세라믹이나 플라스틱을 이용한 촉매산화법, 오존발생과 촉매산화법을 결합한 오존 촉매 산화법, 직접 연소 및 촉매 연소를 이용한 연소법, 화학 약품이나 식물추출액을 이용한 약액처리법 및 전기 방전으로 OH 라디칼 발생에 의한 플라즈마법 등이 있다. 그리고 향수를 이용한 은폐법과 미생물을 이용한 미생물 탈취법이 있다.

국내에서 에어컨에 적용되는 탈취 기술로는 1993년까지는 약품 침착 활성탄이나 촉매 침착 지올라이트를 이용한 저온촉매 필터를 주로 사용하였으나, 먼지 부착이나 높은 압력 손실의 문제점이 있었으며 단지 가스상 물질만을 제거할 수 있었다. 1997

년에는 입자상 먼지와 가스상 물질을 동시에 제거할 수 있고 압력 손실이 적은 필터 개발의 필요성을 인식하여 빠른 풍속과 상온 조건에서 산화력이 강한 OH 라디칼을 발생시킬 수 있는 전기적 방전법을 이용한 저온 플라즈마 필터가 상용화되어 입자 대전에 의한 입자상 물질과 산화 분해에 의한 가스상 물질을 동시에 제거 가능하였다.

그림 3은 전기적 방전법의 반응기 종류를 나타낸 것으로 (a)는 펄스 스트리머 반응기로 코로나 방전 전극에 펄스 고전압을 인가하면 방전선 전극에 선 모양의 스트리머가 발생하여 전극간의 넓은 범위를 플라즈마화할 수 있다. 정(+)펄스 스트리머 방전에서는 다수의 스트리머가 진전되는 모습을 볼 수 있는데, 부(-)펄스 스트리머 방전의 경우는 정극성의

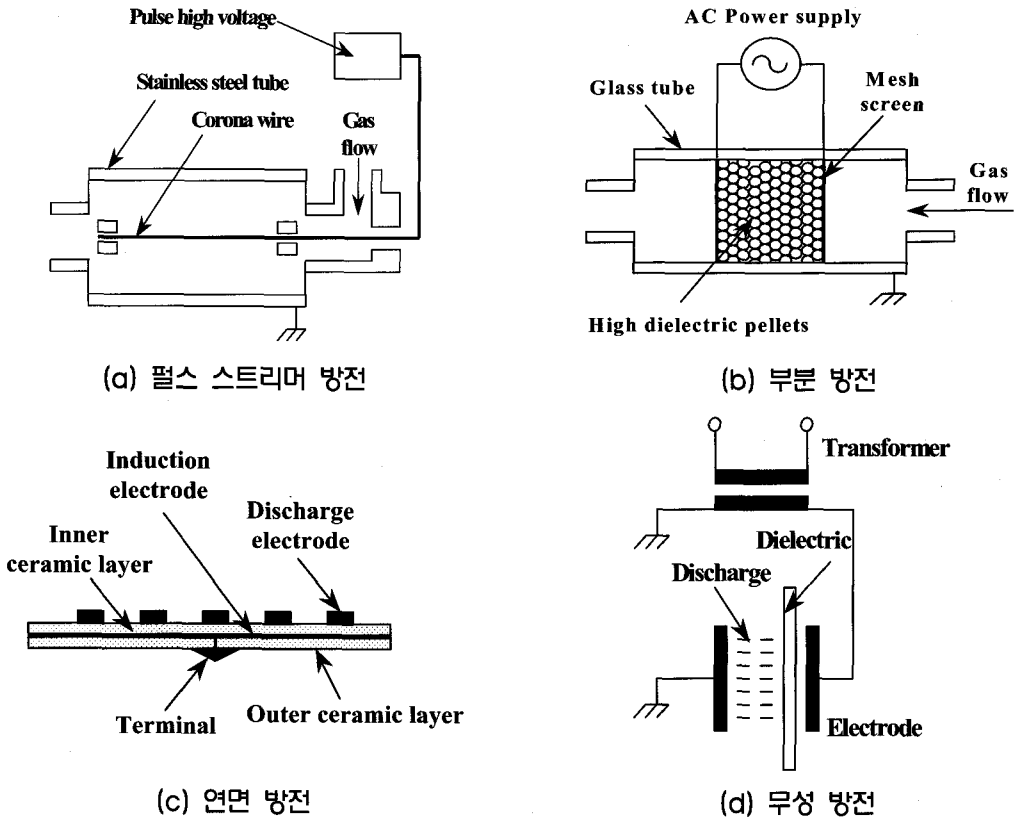


그림 3. 저온 플라즈마 발생장치

경우보다 그 범위가 좁다. 플라즈마는 전자 에너지가 높은 전계에 의하여 가속되어 기체분자를 전리시켜 생성되며, 전리할 때의 에너지를 전리전압이라 하고 그 값은 약 10~15[eV] 정도이다.

전리까지 이르지 않았지만 높은 에너지 상태로 여기된 라디칼 (활성종)도 플라즈마 중에 많이 생성되어 여러 가지 화학 반응이 일어나게 된다.

(b)에 나타낸 부분 방전은 BaTiO₃, PbTiO₃와 같은 강유전체 세라믹 펠렛으로 된 충전층의 양측에 금속망 전극을 설치하여 전극에 교류나 펄스 고전압을 인가하면 충전층내에 강한 부분 방전이 발생

된다.

이러한 부분 방전을 이용하면 반응기 전극간 내부의 통로 전체를 플라즈마화할 수 있는 장점이 있으나 축매로 인해 가스 흐름이 방해받아 반응기에서 풍속 저하 및 압력 손실을 증대시킨다. 부분 방전 반응기에서는 체류시간과 유속, 압력과의 상관 관계가 아주 중요하며 특히 세라믹 펠렛 표면에 축매를 코팅하면 플라즈마와 축매가 동시에 작용하여 효율 상승도 기대된다.

(c)에 나타낸 연면방전은 세라믹 판의 표면에 폭이 수 mm가 되는 스프링 전극을 수 mm 간격으로

다수 설치하고, 세라믹 판의 내부에 판상의 대응전극을 설치하여 두 전극 사이에 교류전압을 인가하면, 세라믹판 위의 줄무늬 모양의 전극 주위에 불꽃방전이 발생되어 진다. 만일 열전도율이 좋은 세라믹을 이용하면 연면방전에 의해 발생된 플라즈마의 냉각이 잘 되어 저온에서 오존 발생에 효과적이다.

(d)에 나타낸 무성방전은 평행한 전극 사이에 유리 등의 절연물을 끼워 간격을 수 mm로 하고, 교류전압을 인가하면 불꽃 방전을 일으키지 않고 펄스상의 작은 방전이 무수히 발생한다. 이를 무성방전이라 하고 오존 발생, 유해가스 제거 등 산업 분야에 많이 응용되고 있다.

일반적으로 에어컨용 탈취 기술로 적용되는 반응기로는 (a)와 (c) 방식으로 특히 (c) 방식의 경우는 오존 발생량이 많아 오존 분해 촉매와 함께 사용하는 것이 바람직하다. 그림 4는 저온 플라즈마에 의한 라디칼 생성 메커니즘을 나타낸다.

1998년에는 저온 플라즈마 방식에서 탈취 효율을 높이기 위하여 나노 산화티타늄(TiO_2)졸을 이용한 광촉매 필터를 조합한 광촉매 플라즈마 탈취 필터가 상용화되어 플라즈마 산화 분해 및 광촉매 흡착 산화 분해의 2중 탈취로 탈취 효율을 상승시키고

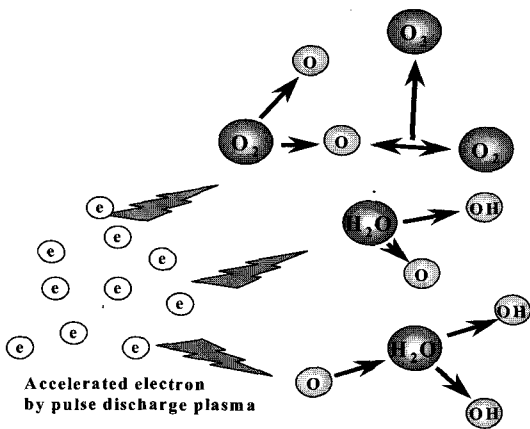


그림 4. 방전 플라즈마에 의한 라디칼 생성과정

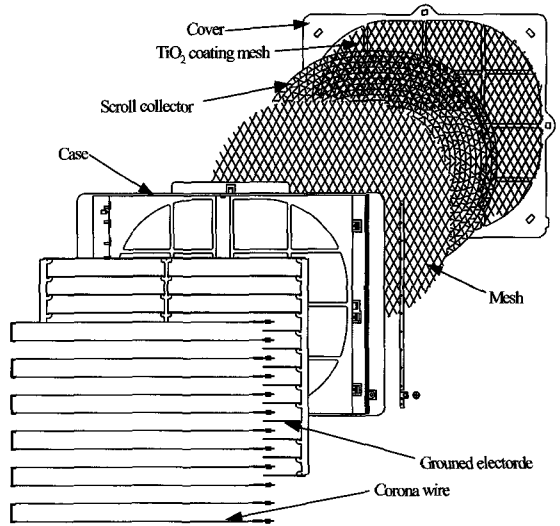


그림 5. 광촉매 플라즈마 공기청정필터

산화티타늄의 강한 산화력에 의해 항균 및 살균 기능을 가능하게 하면서 낮은 압력 손실에 고효율의 탈취가 가능토록 하여 에어크린 에어컨의 공기청정 기술의 선구자 역할을 하였다.

그림 5는 광촉매 플라즈마 공기청정 필터의 일반적인 구성도이며 그림 6은 산화티타늄 광촉매의 반응 메커니즘을 나타낸다.

광촉매 플라즈마 공기청정 필터의 메커니즘은 공기 속의 먼지나 냄새가 필터 내의 플라즈마 발생부를 통과하면 먼지는 하전되고, 냄새의 다수는 산화 분해되어 무취로 되고, 하전된 먼지는 다시 포집부를 통과하면서 전기적인 쿨롱힘에 의해 포집 전극에 포집된 후 일부 산화 분해되지 못한 냄새는 광촉매 필터에 흡착 및 산화분해되어 깨끗한 공기가 실내로 배출되는 원리이다.

통상 광촉매는 빛을 흡수하여 에너지가 높은 상태가 되고 그 에너지를 반응물질에 주어 화학반응을 일으키게 하는 물질로, 반도체로서 산화티타늄

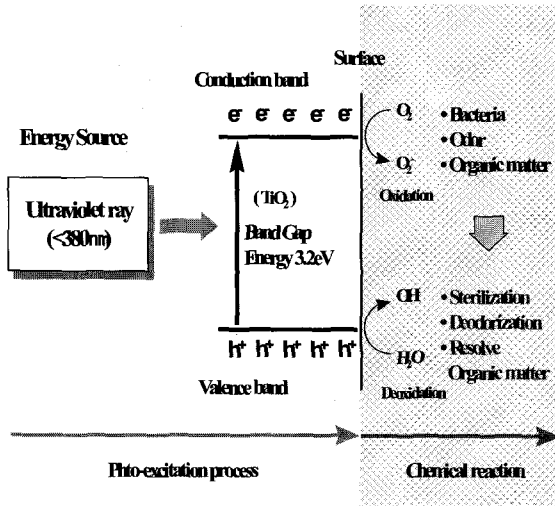
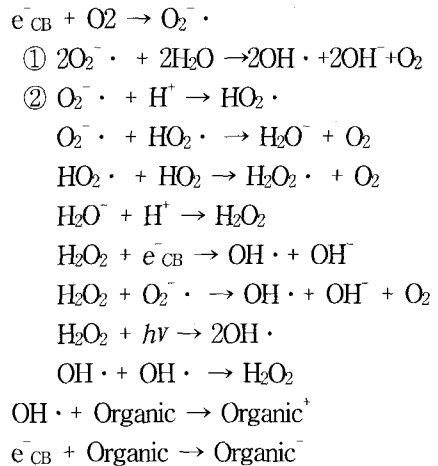
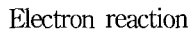
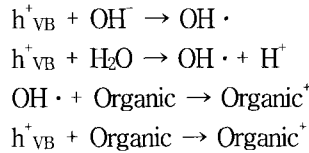
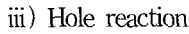
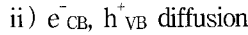
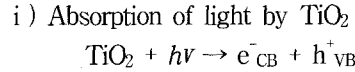


그림 6. 산화티타늄 광촉매 반응메커니즘

은 백색 안료로 널리 사용되고 있는 값싸고 내구성이 우수한 물질이다. 산화티타늄 중에서도 특히 아나타제(Anatase)상의 결정 구조를 갖는 재료를 수 nm 입자경의 미세 분말 혹은 졸(Sol)로 조제하여 사용하며 근적외선 범위의 광에너지를 산화티타늄에 조사하면 태양 전지에 사용되고 있는 실리콘 등과 같이 음 전기를 지닌 전자와 양전기를 지닌 정공이 형성된다.

이 전자와 정공은 매우 강한 환원력과 산화력을 갖고 있어 대기 중의 수분이나 산소 분자와 반응하여 OH 활성종이나 O_2^- 등의 산소 활성종을 발생시킨다. 발생된 활성종은 산화 전위가 3.2[eV]로 오존 [2.07], 과산화수소[1.776], 염소[1.36] 보다 훨씬 강한 산화력을 갖고 있어 항균 및 항곰팡이 기능을 발휘할 수 있다. 표 5는 산화티타늄 광촉매 반응에 의한 활성종 생성 메커니즘을 나타낸다. 2000년에는 산화티타늄 광촉매에 은침착 자외라이트 무기계 촉매를 혼합 코팅하여 하이브리드 광촉매 플라즈마 필터가 상용화되어 플라즈마가 작동되지 않을 때도

표 5. 산화티타늄 광촉매 반응에 의한 활성종 생성 메커니즘



항균 및 항곰팡이가 가능토록 하였으며 또한 그 성능도 훨씬 좋게 되었다.

4.1.3 항균 및 살균 기술

주거 환경이 건축기술의 발달에 따라 쾌적한 생활을 유지할 수 있도록 되었다. 건축기술의 진보는 사람에게 쾌적함을 제공하지만, 한편으로 밀폐화가 심해져 나쁜 영향을 주고 있는데, 그 하나의 예가

미생물에 의한 건축의 피해이다. 미생물은 건축물의 곳곳에 분포하여 자라는데, 건축과 미생물의 관계를 보면 미생물의 대다수는 생물에 대한 장애보다 건축에 대한 장애가 압도적이다. 주거환경적으로 미생물의 최소 단위는 1/1,000mm 정도로 세균, 효모 및 곰팡이에 속한다고 보면 된다. 특히 곰팡이에 의한 오염 경로를 살펴보면 대다수는 토양에서 유래하는데 토양속에서 세포 형태로 유지하고 있다. 토양에는 1g당 104~106 정도의 곰팡이가 살고 있으며, 토양이 건조해지면 대기중으로 부유하여 건축물 내부로 옮겨진다.

실내외에서의 연간 공기중 진균을 보면 봄, 가을에 많으며 겨울에는 대단히 적다. 공기중 진균의 대다수는 Cladosporium이고, Alternaria, Penicillium 등이 있다. 실내에서 집먼지를 회수하여 분석해보면 Cladosporium, Penicillium, Aspergillus 등이 있는데 집먼지는 건조하여 호건성 혹은 내건성의 곰팡이가 많이 부유하고 있다.

진균이나 세균은 단독으로 공기중에 부유하거나 공기중에 부유하고 있는 분진에 부착하여 부유하고, 바이러스는 공기중에 부유하고 있는 분진에 부착하여 부유하고 있다. 부유미생물의 정화법은 일반 부유분진 정화법과 유사한데 비교적 크기가 작아 고성능 에어필터나 HEPA필터 및 플라즈마필터로 제거한다.

최근에는 공기청정장치에 포집된 세균이나 진균이 필터 여재상에 증식하는 것을 방지하기 위하여 여재위에 은이나 산화티타늄 등의 무기계 항균제나 카데킨, 키토산과 같은 유기계 항균제를 도포하여 항균 기능을 발휘토록 하고 있다. 미생물 제거 기술은 멸균법과 소독법으로 나눌 수 있는데, 멸균은 “공기중의 모든 미생물을 살균 혹은 제거하는 것”으로 정의하고 “소독은 살아 있는 미생물의 수를 감소시키는 것”으로 정의하고 있다. 멸균법에는 멸균기

를 이용하여 포화수증기의 열에너지나 가열한 건조기체를 이용하여 미생물을 사멸시키는 가열법, 방사성 동위원소에서 방출되는 감마선이나 전자가속기의 전자선 혹은 X선의 방사선을 이용하거나 2450MHz 정도의 고주파를 이용한 조사법, 멸균기를 이용하여 산화에틸렌과 같은 살균가스를 이용한 가스법, 기공이 0.22~0.45 μ m 정도의 멸균용 필터를 이용한 여과법과 저온플라즈마나 오존을 이용하거나 과산화수소나 이산화염소를 이용하는 방법들도 있다.

통상 에어컨에 적용할 수 있는 항살균 기술로는 유기계 항균제를 코팅한 필터를 적용하거나, 자외선 램프나 오존 및 플라즈마를 이용한 살균 기술을 쉽게 적용하고 있으며 최근에는 와사비와 같은 향 성분을 이용한 살균 기술도 적용되고 있다.

4.2 오염물질 배출

오염물질 배출 기술로는 환기를 들 수 있는데, 최근 건축물은 새로운 사회구조에 적응하면서 주택구조가 각각 구분되어 지고 개인 존중으로 인하여 각 실간의 차음성을 높이기 위해 또는 에너지 절약을 위한 냉난방 효과 극대화로 높은 기밀성이 요구되고 있다.

실제로 기밀성이 높은 건물에서 재실자가 장시간 거주할 경우 불쾌감을 느끼고 두통, 코, 기침이나 피부의 건조, 가려움증, 현기증, 구토 및 피로감 등의 증상을 일으키는 빌딩증후군 현상이 많이 발생하고 있어 실내공기질의 관심 증대로 환기라는 적극적 제어 기술이 이용되고 있다.

환기 (Ventilation)는 “실내외의 공기정화 또는 온열환경 조건의 개선 등 명확한 환경개선을 목적으로 거주자가 의도적으로 실내외의 공기를 교체하는 행위”를 의미하는데 환기의 필요성은 재실자의 건강, 안전, 쾌적성, 작업 능력의 향상을 꾀하는 한편 실내 및 주변환경의 개선과 개량을 위한 것으로

서 인지될 수 있다. 환기에 의한 실내 오염 공기중의 희석과 배출로 인한 오염물질의 제거는 실내공기 중의 오염물질이 가스상 물질이거나 에어로졸이라도 제거 가능하며 오염물질의 거동을 파악할 수 없더라도 오염물질을 실외로 확실히 배출할 수 있는 장점이 있다.

실내에 공급되는 깨끗한 공기가 오염된 공기와 완전하게 혼합되는 것으로 가정하면 일정한 오염원의 발생량이 존재하는 실내에서 오염물질의 농도는 환기량과 긴밀한 관계를 나타낸다. 오염물질의 발생이 일정한 실내공간에서 환기량을 증가시키면 실내의 오염물질 농도는 감소한다.

에어컨에의 응용에는 일본에서 가정용 룸에어컨에 단순 급기 혹은 배기 팬만을 장착하여 실외 및 실내 공기를 급배기하여 실내 오염물질을 희석 혹은 배출하는 기능을 부여하기도 하나 실제 환기의 주 목적인 에너지 절약은 되지 않고 단순히 오염물질을 배출하는 것이다.

그러나 최근 국내에서 전열교환 소자의 환기기능을 패키지에 에어컨에 장착하여 판매함으로써 에너지 절약은 물론이고 오염물질도 제어할 수 있도록 하였다.

4.3 성분조절

오염물질을 단순 제거 및 배출하는 수동적 제어와는 달리 성분조절은 능동적 제어로서 주로 첨가에 의해 쾌적성을 부여하고 있다

실내 공기 중에 첨가 성분의 제어 기술로는 산소 음이온발생 제어, 산소발생 제어, 향발생 제어 및 습도 제어를 들 수 있다.

4.3.1 산소 음이온발생 제어

공기를 구성하는 공기이온 중의 하나로 깨끗한 공기 속에는 88~2,000개/cc 정도 있고, 도시 주택

표 6. 장소별 산소 음이온 개수 (개/cc)

장 소	수 량
온천지	800 ~ 2,000
높은산	600 ~ 1,000
농촌/바닷가	600 ~ 800
주택지	100 ~ 120
사무실	30 ~ 50

등에는 100~150개/cc, 실내에는 100~300개/cc 정도 존재한다.

표 6은 장소별 산소 음이온의 존재 정도를 나타낸다.

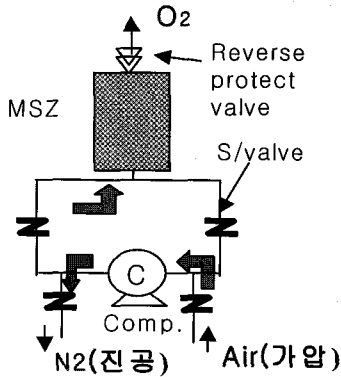
일반적으로 폭포 밑이나 공원 분수대 곁에서 있을 때, 그리고 소나기가 내린 뒤에 사람들은 상쾌한 기분을 느끼게 된다. 이것은 물방울이 분열하면서 레너드 효과에 의해 물방울은 정(+)전기를 띠고, 그 주위에는 부(-)의 전기를 띤 산소이온이 다량으로 모여 들어 이것이 사람에게 상쾌감을 느끼게 한다.

에어컨에 적용되는 산소 음이온 발생기는 대기 방전이나 방전대응극 방전의 부(-)코로나 방전에 의해 음이온이 발생될 수 있도록 방전극에 직류 3~6KV 정도의 부(-)전압을 걸어 강제로 기체 분자를 전리시켜 산소 음이온을 발생시키는 것이다. 경우에 따라서는 가습 장치와 함께 사용하여 음이온 발생 효과를 증대시키기도 한다.

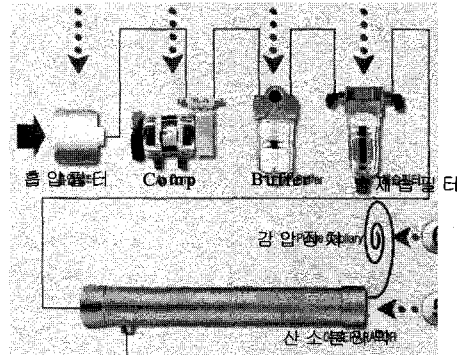
4.4 산소발생 제어

산소발생 방법에는 약제 반응법, 압력차 흡착법 및 산소부화막법이 있는데, 약제 반응법은 과립상의 산소 발생 약제를 물에 투입하여 화학 반응에 의해 산소를 발생시키는 방법으로 산소 발생이 간단하나 사용할 때마다 물 교환 및 청소가 필요하다.

압력차 흡착법은 공기 압력차에 의해 합성제올라이트 흡착제의 질소 및 산소의 선택 분리 특성



(a) 압력차 흡착법 산소발생



(b) 산소부화막법 산소발생

그림 7. 산소발생장치

을 이용하는 방법으로 안정성 및 내구성이 우수하며 대략 30~95%의 산소 발생이 가능하나, 핵심 부품의 재료비가 비싸고 소음 발생이 높은 단점이 있다.

산소부화막법은 다공질 지지막에 박막의 산소투과막을 코팅시켜 산소와 질소의 이동 속도차를 이용하여 산소를 선택적으로 분리하는 방법으로 압력차 흡착법에 비하여 소형, 경량화가 가능하나, 산소부화막의 가격이 비싸고 수명이 있어 정기적 교환이 필요하며 40% 이상의 고농도 발생은 어려운 단점이 있다.

에어컨에의 적용 방법은 주로 압력차 흡착 방법이나 산소부화막법을 이용한 산소발생기를 제작하여 에어컨 실내기 내부 혹은 실외기에 장착하여 에어컨의 바람과 함께 실내로 배출되도록 하고 있으며, 필요성에 따라 호스 키트를 장착하여 사용자들이 직접 코로 연결하여 사용할 수 있도록 하였다.

그림 7(a), (b)는 각각 압력차 흡착법 산소발생장치 및 산소부화막법 산소발생장치를 나타낸다.

4.5 향발생 제어

최근 “향기=방향”에 대한 사회적 관심은 대단히 높고 화장품 향료, 식품 향료의 분야를 넘어 폭넓게 사용되고 있다. 즉 방향이 갖는 생리적, 심리적 효과를 리프레쉬나 기분 전환 등을 위해 적극적으로 이용하려는 사회적 경향이 있다.

향료를 원료에 따라 분류하면 동식물의 천연에서 추출하는 천연향료, 석유화학을 이용하여 인공적으로 만든 합성향료 및 천연향료에 합성향료를 첨가해서 만든 반합성향료로 나눌 수 있으며 표 7은 향기의 효과별 향료의 종류를 나타낸다.

이들을 실현하기 위해 국내외에서는 실내에 공급되어지는 공기에 향료를 투입하여 재실자의 업무능력을 향상시키고 심리적, 생리적 안정을 기하고자 삼림욕 공조의 하나로 향발생 제어를 추진하고 있다.

삼림욕의 방향 물질은 “휘튼치튼”으로 삼림의 공기중에 약 0.01% 함유되어 있으며, 식물이 발산하는 살균, 방충 기능이 있는 방향성 물질로 주성분은 보루네올, 유카리푸토르, 오이게놀, 리몬넬, 피넨 등 수십 종류의 테르펜 혼합물이며 호흡할 때 사람에

표 7. 향기의 효과별 향료의 종류

향기의 효과	향료의 종류
각성(졸음억제)	유칼리향, 레몬, 로즈마리, 박하, 자스민, 페퍼민트
최면	라벤더
식욕촉진	레몬, 베질
긴장완화	오렌지, 레몬, 라벤더, 로즈마리, 페퍼민트, 소나무향
불안해소, 진정	라벤더, 레몬, 로즈마리, 자스민, 장미, 소나무향

게 유해한 균 등으로부터 보호할 뿐만 아니라 정신 진정, 기관지염 치료, 활력증진 및 피로 조기회복의 효과가 있는 것으로 전해지고 있다. 향기를 발생시키는 방법에는 콤프레서, 팬 및 열을 이용한 강제확산법과 승화 혹은 증발에 의한 자연확산법 및 강제 확산과 자연확산법을 겸용한 방법이 있다.

강제확산법에는 액상 향료를 노즐이나 진동자를 이용한 분무식과 고형 향료를 팬에 의해 확산하는 송풍식 및 가열에 의한 가온식이 있으며, 자연확산법에는 고형향료계의 승화성 물질에 우수한 정지식, 알코올이나 물과 같이 증발성이 우수한 자연증발식, 모세관현상을 이용 표면적을 크게한 모세관식, 액상 향료를 떨어뜨리는 적하식 및 종이, 부직포, 스폰지 및 세라믹에 함침시킨 함침식이 있다.

또한 제어 방법에도 일정한 향료를 한꺼번에 공급하는 방법과 여러번 나누어 공급하는 방법이 있다. 통상 에어컨에는 함침식이 많이 적용되고 있으며 계절별, 하루 중 시간대별로 나누어 향료 성분을 달리 제어하기도 한다. 그러나 향료는 개인의 기호에 따라 차이가 있고 주기적 교환이 필요하며 사용자에게도 금방 순응되어 이를 정량적으로 평가하기가 어려워 단지 감성적으로만 이야기해야 하는 어려운 점이 있다.

4.6 습도 제어

실내에서 생활할 때 습도는 재실자에게 온열환경을 통한 쾌적감 부여에 아주 중요한 요소이다. 일반적으로 실내에서의 쾌적한 습도 범위는 40~60%RH로 규정되고 있다. 여름철 에어컨을 사용하게 되면 열교환기를 통하여 자동적으로 제습이 되나 최근에는 습도가 너무 높은 장마철에는 오히려 냉방으로 추위를 느낄 수가 있어 정온 제습 기술에 대한 연구가 많이 되고 있다.

봄, 겨울의 건조한 시기에 대비하여 습도를 부가하는 기술로는 초음파 진동자의 압력진동으로 물기둥을 형성하여 물기둥 끝지점을 파열시켜 분무하는 초음파식과 히터를 이용하여 증발시켜 분무하는 가열식, 필터를 물에 잠긴 후 팬으로 가동하여 증발시켜 분무하는 기화식으로 나눌 수가 있다. 통상 가정용 에어컨에는 지올라이트와 같은 흡습제를 이용하여 물을 흡수하게 하고 이를 팬이나 히터로 증발시키는 방법을 많이 적용하고 있다. 이때 주기적으로 물을 공급하는 방법과 대기중의 습기를 흡수시켜 사용할 수 있다. 그러나 물을 사용하게 되면 항상 미생물 번식에 대한 고려는 반드시 되어야겠다.

5. 맺음말

생활 수준의 향상으로 에어컨의 보급은 더욱 증대되면서 쾌적한 생활에 대한 기대는 점점 크게 될 것으로 생각된다. 이에 지금까지의 단순히 온열환경을 통한 쾌적감에서 공기질 환경을 통한 쾌적감 창출은 더욱 요망된다. 공기질 환경을 제어하는 오염물질 제거 및 배출의 수동적 제어 기술과 성분조절의 능동적 제어 기술의 연구가 지속적으로 추진 및 적용되어 오늘날 하루 일과의 80% 이상을 실내에서 보내는 사람들이 보다 윤택하고 안락한 실내 생활이 되었으면 한다.