

실내환경 대응 냄새 제거 기술

이성화 | LG전자(주) L&A연구센터
기술고문
E-Mail : sunghwa.lee@lge.com

1. 서론

대기 환경의 오염은 건강문제의 주요한 원인으로 잘 알려져 있고, 특히 현대인이 실내 환경에서 생활하는 시간이 하루 중 90% 이상을 차지하고 있으며, 실내공기질은 재실자의 건강에 직접적으로 영향을 미치기에, 이에 대한 연구가 최근 지속적으로 늘어나고 있다. 실내 주 오염원으로 담배연기, 알레르겐 및 부유 미생물 등의 입자상 물질과 휘발성유기화합물, 냄새 및 배기가스 등의 가스상 물질이 있으며, 이를 제거하기 위한 많은 연구가 선행되고 있고, 가정용에 있어서도 소비자들의 보다 쾌적한 공기환경에 대한 요구가 증대되어 국내외에서 공기청정기술개발이 활발히 전개되고 있다. 특히 실내에서 발생하는 냄새의 경우는 땀냄새, 담배냄새, 애완동물냄새, 화장실냄새, 음식조리냄새, 쓰레기냄새, 배수구나 하수구냄새, 건축자재냄새 및 곰팡이나 세균에서 오는 환경 미생물냄새 등의 다양한 냄새가 있으며 재실자나 작업자에게 불쾌감을 유발하고, 다른 오염물질과 함께 건강 장애를 일으킬 수 있다.

냄새 저감 대책으로는 크게 냄새발생원의 밀폐화나 온도를 낮추어 냄새물질의 증기압을 작게하는 “냄새발생의 억제”, 후드나 환기장치의 설치로 실내 압력제어에 의한 “전달경로의 차단” 및 소취/

탈취기술에 의한 무취화, 향 발생 등으로 허용되는 물질로의 변환에 의한 “불쾌도 저감”을 제안할 수 있다. 특히 불쾌감을 유발하는 냄새의 경우 실내 미생물처럼 부유냄새와 부착냄새로 구분하여 각각 소극적(Passive) 방법과 적극적(Active) 방법의 제거 기술이 필요하다고 생각된다.

본 연구에서는 부유냄새와 부착냄새에 대한 개념을 간단히 설명하고 실내에서 적용되는 냄새 제거기술의 원리와 특징 및 적용된 사례에 대하여 소개코자 한다.

2. 본론

2.1 실내 부유냄새와 부착냄새

일반적으로 알려진 실내 부유냄새는 음식, 담배, 땀, 애완동물, 화장실 등에서 발생하는 원인 성분들이 공기 중에 부유하면서 냄새를 발생시키는 것을 말하며, 일반 가정에서 주요 원인은 다음과 같다

- 1) 음식 조리 등에 의한 음식냄새
- 2) 흡연에 의해 발생하는 담배냄새
- 3) 재실자에 의해 발생하는 땀냄새
- 4) 애완동물의 분뇨 등에서 발생하는 애완동물냄새
- 5) 화장실이나 욕실에서 발생하는 분뇨냄새나 하수구냄새 및 곰팡이냄새

6) 건축자재에서 발생하는 새집증후군냄새.

이러한 부유냄새의 주요 원인은 실내 환기 등을 통하여 냄새 원인 물질을 없애거나, 공기청정기를 이용하여 냄새물질을 흡착 또는 희석으로 제거할 수 있다. 또한 부착취의 경우는 공기 중의 냄새 성분이 커튼, 벽지, 옷, 가구 등에 부착되어 지속적으로 냄새를 일으키는 것으로 주요 원인 물질은 다음과 같다.

- 1) 조리 후 옷에 묻어 있는 음식냄새
- 2) 흡연 후 베인 담배 냄새

이러한 부착냄새는 냄새의 원인 성분이 섬유나 벽지 속에 침투해 있어 적절한 온/습도 조건에서 서서히 지속적으로 발생하는 특징이 있기에, 부유냄새의 비교하여 제거가 어려우며, 환기를 통해서도 빠른 시간에 제거하기가 쉽지 않다.

표 1은 실내에서 장소별 발생하는 가스상 오염 물질을 나타낸다

2.2 탈취 방법의 종류

탈취란 악취물질 (냄새성분)이 탈취성분에 의해 중화, 포집, 분해, 부가, 치환 등의 물리화학적 반응에 의해 무취성의 물질로 변화, 제거되는 것으로 크게 물리적 탈취 (흡착, 밀폐, 흡수 및 환기 등), 화학적 탈취 (중화, 산화, 환원, 가수 분해 및 이온 교환 등), 감각적 탈취 (중화, 은폐 등) 및 생물학적 탈취 (생물산화, 살균 등)로 구분할 수 있으며, 실내환경 대응 주요 탈취 방법으로는 1) 환기법 2) 흡착법 3) 흡수법 4) 산화법 (오존식, 플라즈마식, 광촉매식) 5) 소취법이 단독 혹은 복합으로 많이 적용되고 있다.

표 2는 실내 환경 대응 탈취 방법 및 특징을 나타낸다

2.3 탈취 방법의 원리 및 특징

각 탈취방법에 대하여 간단히 설명하면 다음과 같다.

표 1. 가스상 오염 물질

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

표 2. 실내 환경 대응 탈취 방법 및 특징

구분	탈취방법	개 요	장 점	단 점	
물리적 탈취	환기법	자연환기	자연 힘을 이용한 제거	· 효과가 빠르고 큼 · 모든 냄새 동시처리 · 특별 설비 불필요	· 외부 공기질 의존 (오염 공기 습도) · 공조열부하 증대
		기계환기	팬을 이용한 강제 환기로 냄새 물질 제거		
	흡착법	물리흡착	다공성 물질의 물리적 흡착만으로 제거	· 처리대상 냄새물질은 확실하게 제거 · 2차 오염 거의 없음	· 흡착체의 수명이 짧아 유지비용 큼 · 한 종류의 흡착체로 모든 냄새제거 어렵고 흡착기공이 막히면 효과 없음 · 흡착체 교환 시기 불명확
		화학흡착	산성 염기성 물질을 침착한 다공성 물질의 화학적 흡착만으로 제거		
흡수법	액분산	화학 흡수제(물 포함)의 미세한 액적을 냄새 물질과 접촉시켜 제거	· 시스템 비교적 간단 · 특정 냄새 제거 효과 큼	· 용해도가 낮은 냄새는 효과 적음 · 실내 습도상승 · 인체 안전성 확인요	
화학적 탈취	산화법	오존식	방전 혹은 자외선으로 발생시킨 오존으로 산화분해	· 강한 산화력에 의한 산화분해 · 원료는 공기중 산소로 관리 용이 · 부착 냄새 대응 가능	· 오존의 인체 유해 · 고농도시 오존 분해 촉매 필요 · 방전시 질소산화물 발생 우려
		플라즈마식	방전에 의한 라디칼 오존 등의 활성 산소종을 이용 산화분해	· 강한 산화력에 의한 산화분해 · 원료는 공기중 산소로 관리 용이	· 플라즈마 공간을 냄새가 통과하지 않으면 효과 없음 · 오존분해 촉매 필요
		광촉매식	광촉매에 자외선을 조사하여 발생한 수산화라디칼을 이용하여 산화분해	· 강한 산화력에 의한 산화분해 · 오존 없는 산화 · 자외선 살균 램프 활용시 광촉매 표면 살균효과 기대	· 광촉매 표면에 냄새 비접촉시 효과 없음 · 자외선 램프 정기적 교환 · 중간생성물 발생 가능성 있음
감각적 탈취	소취법	은폐	악취보다 강한 방향제를 작용시켜 냄새를 약하게 함	· 시스템 간단 · 응급조치 활용 가능 · 부착 냄새 대응 가능	· 냄새의 발생 간격, 발생량 대응 방향제 농도 조절 필요 · 반응생성물의 인체 안전성 확인 필요
		중화	냄새물질을 방향제 등의 소취제로 중화시켜 수준 저감		

2.3.1 환기법

환기법은 자연환기와 기계환기로 구분된다. 자연환기는 자연의 힘만을 사용한 환기로 냄새물질을 제거하는 방법이며, 기계환기는 팬을 이용한 강제환기로 냄새물질을 제거하는 방법으로 제 1종 환기(기계급기와 기계배기), 제 2종 환기(기계급기와 자연배기), 제 3종 환기(자연급기와 기계배기)로 구분할 수 있다. 환기법의 장점은 특수한 설비가 불필요하고 실내 발생의 모든 냄새물질을 동시에 빨리 제거할 수 있어, 다른 방법과 비교하여 가장 큰 탈

취효과가 기대된다. 냄새발생원이 집중된 경우 후드 등을 이용하여 국소배기가 가능하고, 넓게 분포한 경우 전체환기 혹은 실내 순환형 탈취장치를 같이 사용하면 아주 효과가 크다.

단점으로는 외부의 공기질(습기, 배기가스 등)에 의해 실내 환경이 영향을 받고 환기량이 많으면 에너지 소비량이 증가하고 벽이나 천정 및 바닥 등의 부착냄새나 환기시 공기흐름 정체구역에서는 효과가 적다. 그림 1은 환기방법을 소개한다.

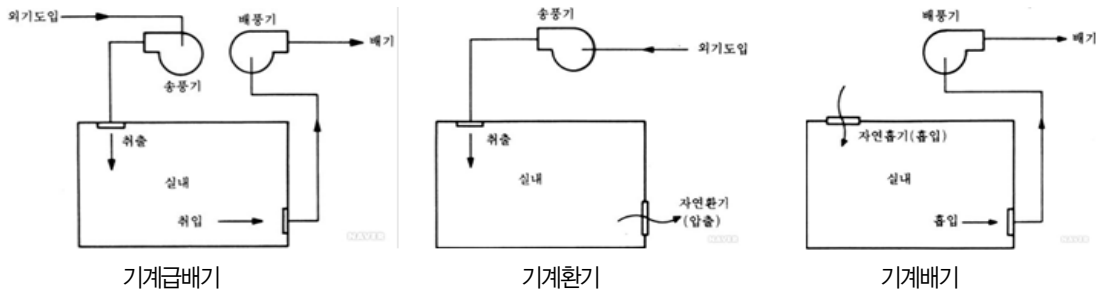


그림 1 환기법의 적용

2.3.2 흡착법

흡착법은 어떤 상의 계면 (고체-액체, 고체-기체, 액체-액체)에서 기체 또는 액체 중의 특정 성분이 농축되는 원리로서, 냄새분자들이 불규칙한 방향과 속도로 다공성 물질 표면과 충돌시 다공성 물질의 표면은 내부보다 불안정하여 냄새분자들이 고체 표면에 응축되는 현상으로 물리흡착과 화학흡착으로 구분된다.

물리흡착은 표면적이 큰 활성탄이나 활성탄소섬유의 유기질계를 이용하거나 제올라이트와 같은 무기질계를 이용하여 다공성 물질의 물리적 흡착능(주로 반데르발스 힘)에 의해 냄새물질을 제거하는 방법으로 섬유상활성탄 및 입상활성탄을 대표적인 예로 들 수 있다. 입상활성탄에는 Macro 기공 ($\phi > 50\text{nm}$), Meso 기공 ($2\text{nm} < \phi < 50\text{nm}$), Micro 기

공 ($0.4\text{nm} < \phi < 2\text{nm}$), Submicro 기공 ($\phi < 0.4\text{nm}$)의 미세기공이 있는데, 주로 Micro 기공이 가스를 흡착하여 모세관현상에 의해 Submicro 기공에서 응축되어 포집된다. 섬유상활성탄은 Micro 기공이 표면에 열려있어 입상활성탄에 비하여 흡착속도가 빠르며 재생도 쉽고 통상 물리 흡착법은 냄새의 온도 조건이 40°C 이하, 상대습도 80% 이하에서 사용된다. 또한 소수성 (비극성)인 활성탄은 분자량이 큰 물질이나 비극성 물질을 흡착하기 쉽고, 친수성 (극성)인 제올라이트는 분자량이 작은 물질이나 극성 물질(알데하이드류)을 선택적으로 흡착하는 특징을 갖고 있다. 화학흡착은 약품처리 활성탄이나 이온교환체를 이용하여 물리적 흡착 후에 다공성 물질에 침착된 산성 혹은 염기성 약품 등의 화학적 흡착능 (화학결합)에 의해 물리흡착으로 제거되지

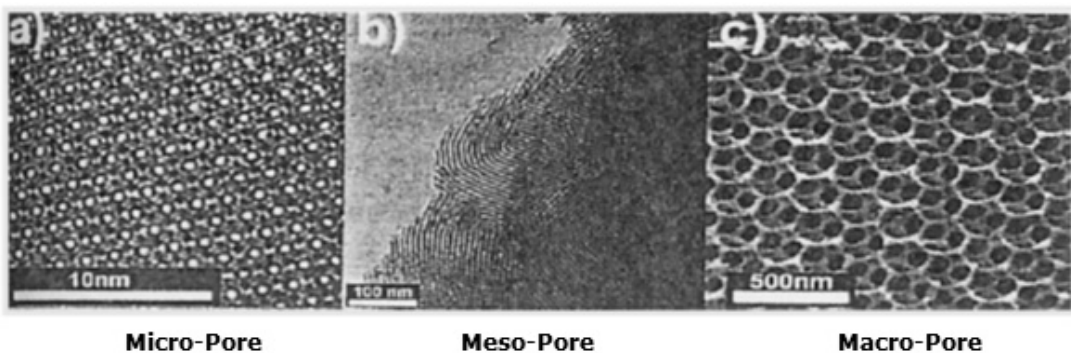


그림 2. 활성탄 필터 미세 기공 구조

않는 냄새물질을 제거한다.

예를들면 암모니아나 트리메틸아민 제거에서는 염기성 가스(H_3PO_4 등), 황화수소나 메틸메캅탄 제거에서는 산성가스($KMnO_4$ 등)와 같이 냄새물질에 적합한 흡착제를 선택하여 사용할 필요가 있다.

그림 2는 활성탄필터의 미세기공 구조를 나타낸다.

흡착법의 장점은 처리 대상 냄새물질을 확실하게 빨리 처리할 수 있고, 처리에 의한 유해물질 발생이 없어 환기량이 적은 공간에서 안심하고 사용 가능하나 가열, 감압, 치환 등에 의해 흡착된 냄새물질이 재방출 우려는 있다. 단점으로는 흡착수명이 짧아 유지비가 높고, 한 종류의 흡착제로 모든 냄새물질 제거가 어렵고 냄새물질의 종류, 농도 및 사용 온도가 달라 흡착용량이 다른 필터의 교환시기가 불명확하다.

국내의 탈취기술은 2000년까지 약품첨착 활성탄이나 촉매첨착 제올라이트를 이용한 저온촉매 활성탄필터가 주로 사용되었으나, 필자는 물리적 흡착 기술로서 비표면적이 활성탄보다 1.5배 크고, Micro 기공과 Meso 기공이 적절히 혼합된 나노카본볼(NCB)을 만들어 냉장고용 탈취제로 적용하였

고, 화학적 흡착기술로는 새집증후군의 원인인 폼알데하이드의 분해효소를 발굴하여 이를 활성탄에 첨착시켜 코팅없는 필터와 비교한 결과, 포화 흡착 시간 3.6배, 최대 흡착량 5.6배로 고효율과 장수명의 탈취필터를 개발하여 공기청정기 및 에어컨의 탈취필터로 적용하였다. 그림 3은 나노카본볼 소재의 구조(그림 좌)와 폼알데하이드 분해효소 코팅 활성탄 흡착성능을 비교 평가한 결과(그림 우)를 나타낸다.

2.3.3 흡수법

흡수법은 물 또는 화학 흡수제를 미세한 액적으로 냄새물질에 분사시켜 흡수 제거하는 방법으로 흡수액에 물리적으로 용해하는 물리흡수법과 흡수액에 용해하여 액속에서 반응하는 화학흡수법으로 나눌 수 있다. 화학흡수법은 냄새물질을 반응에 의해 없애기에 물리흡수법과 비교하여 흡수속도가 빠르다. 배기처리용 세정식 탈취장치에는 물, 중화제(산, 알카리), 산화제 등을 흡수제로 사용하나 실내 처리용에서는 안전과 유지관리가 필요하여 물이나 식물정유를 많이 사용하며, 높은 제거성능을 유지하기 위해서는 흡수액이 포화되지 않도록 정기적으로 공급할 필요가 있고, 최근에는 염소가 포

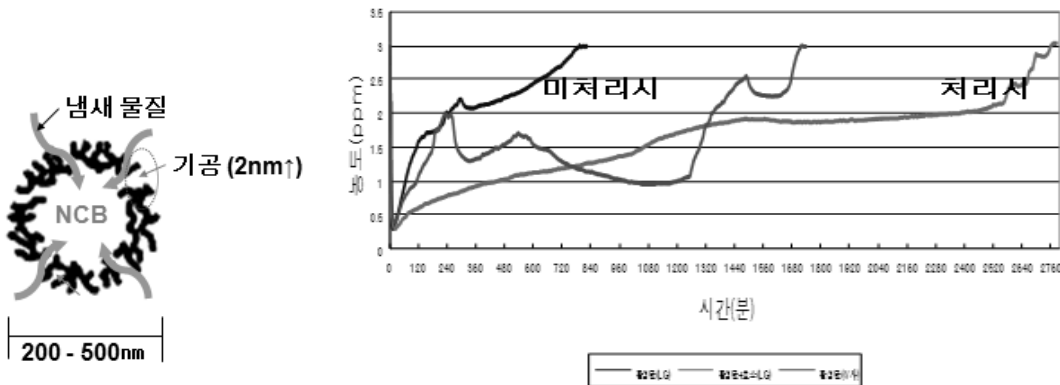


그림 3. 카본나노볼 탈취소재 구조(좌)와 폼알데하이드 분해효소 코팅 활성탄 흡착성능(우)

함된 수돗물을 전기분해하여 생성된 2 종류의 활성 종 (차아염소산 HClO, 수산화라디칼 OH*)을 포함한 중성의 전해수나 약산성차아염소산수를 산화제로 사용하기도 한다.

흡수법의 장점은 시스템이 비교적 간단하며 응급 조치로서 특정의 냄새물질을 제거할 수 있다. 특히 암모니아나 폼알데하이드와 같이 수용성 물질의 경우, 탈취장치를 잘 관리하면 좋은 효과를 얻을 수 있다. 단점으로는 용해도가 낮은 냄새물질은 효과가 적고 화학 흡수제 사용시 인체의 안전성 확인이 필요하고 실내의 상대습도가 상승할 우려가 있다.

2.3.4 산화법

산화법은 활성산소 (O₂), 수산화라디칼 (OH*), 오존(O₃)을 이용하여 냄새물질을 산화분해하는 방

법으로 산소분자에 강력한 에너지를 주면 산소분자 결합이 끊어지고 주위의 수소원자와 결합하여 수산화라디칼이 생성되며, 수산화라디칼은 안정된 원자나 분자에서 전자를 1개 뺏어 안정화가 될려는 매우 반응성이 큰 물질이다. 표 3은 산소분자를 포함한 화학종의 반응속도정수를 나타내고 오존과 수산화라디칼은 산소분자에 비하여 반응속도정수가 훨씬 크다.

그림 4는 방전 플라즈마에 의한 라디칼 생성과정을 나타낸다.

산화법에는 연소식, 촉매식, 오존식, 플라즈마식 및 광촉매식으로 나눌 수 있고 연소식은 산화반응을 촉진토록 냄새물질을 천이상태로 만들기 위해 많은 양의 열에너지 (활성화에너지)가 필요하며, 촉매식은 백금이나 이산화망간 등의 촉매를 이용하

표 3. 화학종의 반응속도 정수 [L mol⁻¹S⁻¹]

화학종	OH*	O ₃	O ₂
반응속도정수	108~109	102~103	10-30

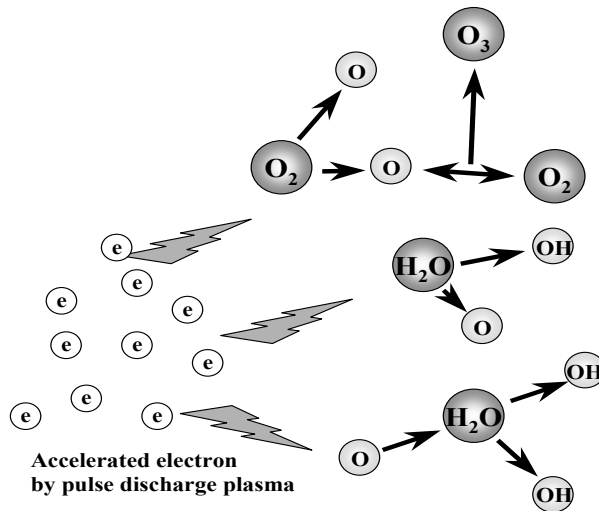


그림 4. 방전 플라즈마에 의한 라디칼 생성과정

여 활성화에너지를 낮추어 적은 열에너지를 공급토록 한다. 연소식이나 고온축매식은 실내 공기오염이나 공조열부하로 인하여 실내 사용이 거의 없고 실내용은 오존식, 플라즈마식 및 광촉매식을 많이 적용한다.

1) 오존산화법

오존산화법은 방전 (주로 무성방전) 혹은 오존램프 (파장: 약 185nm)를 이용하여 기체상의 오존 발생으로 냄새물질과 접촉시켜 산화분해하는 방법이다. 오존은 불소 다음으로 강한 산화력을 갖고 있고 아민기(NH₂), 알데하이드기(CHO), 수산화기(OH) 등의 발향기를 갖는 악취물질에는 효과적이다. 또 오존을 이산화망간계 촉매에 통과시키든지 혹은 자외선 (파장 < 310nm)을 조사하면 오존이 분해되어 활성산소가 발생한다고 알려져 있어, 활성산소가 냄새물질의 분해에 기여할 가능성도 있다. 오존산화법을 실제 적용하는 방법으로는 실내 직접분무형과 탈취장치 조합형이 있는데, 실내 직접분무형은 실내 오존농도가 0.06ppm 정도되도록 직접 기체상 오존을 주입하고 오존냄새에 의한 은폐 (마스크)와 벽, 천정 및 마루에 부착된 냄새물질을 장시간에 걸쳐 산화분해하는 방식이다. 표 4는 오존과 냄새물질의 반응시간을 나타내며, 오존반응속도는 매우 늦어 저농도 분무시 빠른 효과의 기대

는 어려워 고농도의 오존발생이 가능한 숙박시설의 탈취나 살균에 적합하다고 생각된다. 탈취장치 조합형은 실내 부유하는 냄새물질을 장치 내부로 흡입하여 오존분해촉매 표면에서 고농도 오존과 접촉시켜 냄새물질을 분해하는 방식으로 실내 직접분무형보다 효과가 우수하다. 단 누설되는 오존은 실내환경 기준인 50ppb 미만으로 관리되도록 정기적 점검이 필요하다.

오존산화법의 장점은 공기중 산소가 원료로서, 강한 산화력으로 냄새물질을 산화분해하고, 실내 직접 분무시에는 부착냄새에 대한 탈취도 가능하다. 단점으로는 오존 자체는 유해하고, 방전에 의한 질소산화물 발생 및 중간생성물 처리도 필요하다. 이를 위해 환기시설과 같이 적용하면 안전하고 효과적이라 생각된다.

2) 플라즈마산화법

플라즈마산화법은 고전압방전에 의해 발생시킨 수산화라디칼(OH*), 오존(O₃) 등의 활성산소로 냄새물질을 산화분해하는 방법이다. 현재는 상온, 상압하에서 작동되는 저온플라즈마가 많이 적용되나, 반응기나 방전방식의 차이에 따라, 펄스 스트리머방전, 무성방전, Packed Bed 부분방전 및 연면방전 방식이 있다.

그림 5는 대표적인 저온플라즈마 발생장치를 나

표 4. 오존과 냄새물질의 반응시간

냄새 물질	반감기(분)	냄새 물질	반감기(분)
황화수소	9,000	메틸아민	580
메틸메캅탄	220	디메틸아민	23
이황화메틸	220	트리메틸아민	130
황화메틸	20 ~ 120	폼알데하이드	> 4,000
방향족탄화수소	반응성 낮음	방향족알데하이드	4,000 ~ 400,000

반감기 : 오존과 냄새물질을 각 1 ppm으로 반응시켜 반응속도식에서 산출

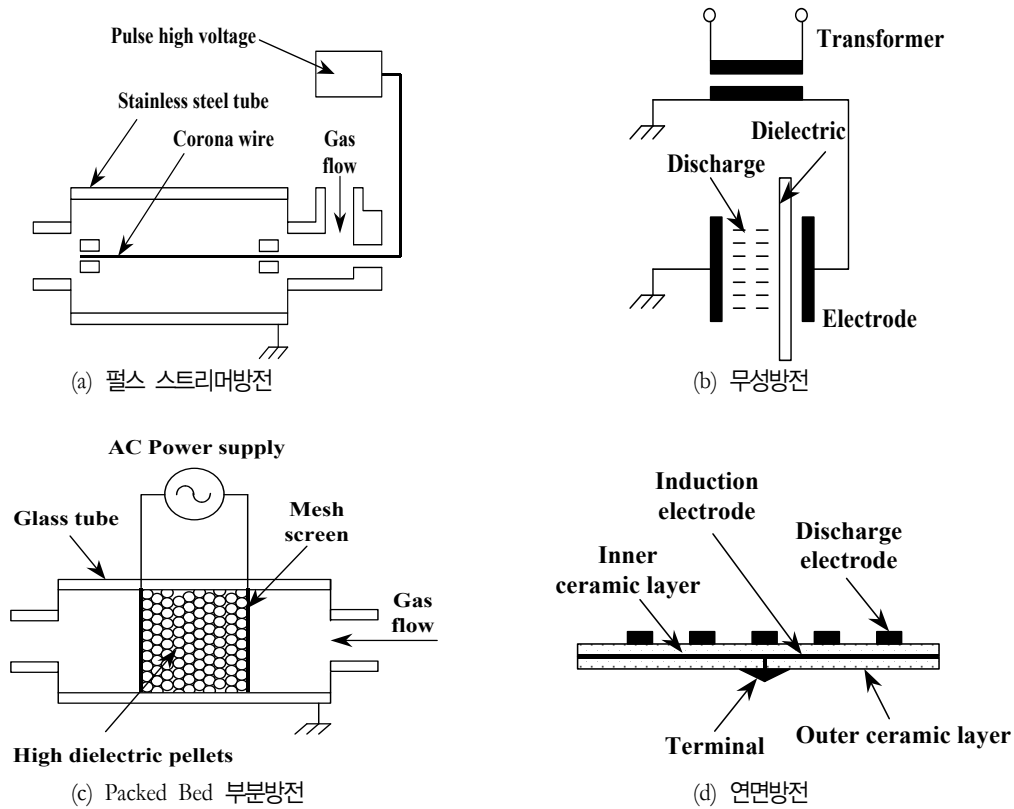


그림 5. 저온 플라즈마 발생장치

타낸다. (a)는 펄스 스트리머 반응기로 코로나 방전 전극에 펄스 고전압을 인가하면 방전선 전극에 선 모양의 스트리머가 발생하여 전극간의 넓은 범위를 플라즈마화 할 수 있다. (+) 펄스 스트리머 방전에서는 다수의 스트리머가 진전되는 모습을 볼 수 있는데, (-) 펄스 스트리머 방전의 경우는 (+) 방전의 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)는

무성방전으로 평행한 전극 사이에 유리 등의 절연물을 끼워 간격을 수[mm]로 하고, 교류전압을 인가하면 불꽃방전을 일으키지 않고 펄스상의 작은 방전이 무수히 발생하는데, 오존 발생, 유해가스 제거 등 산업 분야에 많이 응용되고 있다. (c)는 Packed Bed 부분방전으로 산화티탄바륨(BaTiO₃)과 같은 강유전체 세라믹 펠렛으로 된 충전층의 양측에 금속망 전극을 설치하여 전극에 교류나 펄스 고전압을 인가하면 충전층 내에 강한 부분 방전이 발생된다. 이러한 부분 방전을 이용하면 반응기 전극간 내부의 통로 전체를 플라즈마화를 할 수 있는 장점이 있으나 촉매로 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 촉매를 코팅하면 플라즈마와 촉매가 동시에 작용하여 효율 상승도 기대된다. (d)는 연면방전으로 세라믹판의 표면에 폭이 수[mm]가 되는 띠 전극을 수 [mm] 간격으로 다수 설치하고, 세라믹판의 내부에 판상의 대응전극을 설치하여 두 전극 사이에 교류 고전압을 인가하면, 세라믹판 위의 줄무늬 모양의 전극 주위에 방전이 발생된다. 만일 열전도율이 좋은 세라믹판을 이용하면 연면방전에 의해 발생된 플라즈마의 냉각이 잘 되어 저온에서 오존 발생에 효과적이다.

실용화된 플라즈마 탈취장치와 오존 탈취장치는 기체상의 오존을 이용하는 유사한 점이 있으나, 오존 발생장치는 기체상의 오존을 발생시키기 위해 방전을 사용하고 플라즈마 탈취장치는 냄새물질을 직접 분해하기 위해 방전과 동시에 기체상의 오존 산화력을 이용하여 탈취하기에, 플라즈마 탈취장치가 오존 탈취장치와 비교하여 산화성능은 우수하다고 생각된다. 최근 공기청정기에는 연면방전으로 발생시킨 산소 음이온(O₂⁻) 주위에 물분자로 클러스터를 형성한 클러스터 이온이나, 펠티어소자의 냉각측에서 발생된 결로수에 고전압을 인가하여 발생된 정전미립자수의 활성산소로 부착된 냄새물질과 접촉시켜 산해분해하는 방식을 적용하고 있다. 라디칼에 의한 탈취기술은 us 정도의 짧은 수명인 수산화라디칼을 직접 측정하거나 탈취 원리의 규명이 아직은 미흡하나, 실제 냄새물질과 반응시켜 냄새가 저감되는 효과를 얻고 있기에 향후 지속적인 검토가 요망된다.

플라즈마산화법의 장점은 수산화라디칼이나 오존 등의 산화력으로 냄새물질을 산화분해할 수 있어 부착냄새 제거에 효율적이다. 단점으로는 방전 부나 반응기의 경우 냄새물질량에 대하여 충분한 용량을 가져야 하기에 비용이 많이 소요되고, 오존이나 유해한 중간생성물의 발생 우려도 있어 오존 분해촉매 등의 후처리장치나 고전압 안전장치가

필요하다.

3) 광촉매산화법

광촉매산화법은 광촉매에 자외선을 조사하여 여기시키면 수산화라디칼(OH^{*})과 산소음이온 (O₂⁻) 라디칼의 활성산소가 광촉매 표면에서 발생하고, 이 강한 산화력으로 냄새물질을 분해하는 방법이다. 광촉매는 촉매반응에 광이 필요하고 광에 의한 자기분해가 없어 안정성이 높고 무독성이며, 산화환원력이 크고 구입이 쉬운 장점이 있어, 주로 이산화티탄 (TiO₂) 소재를 많이 사용한다.

그림 6은 산화티타늄 광촉매 반응 메커니즘을 나타낸다

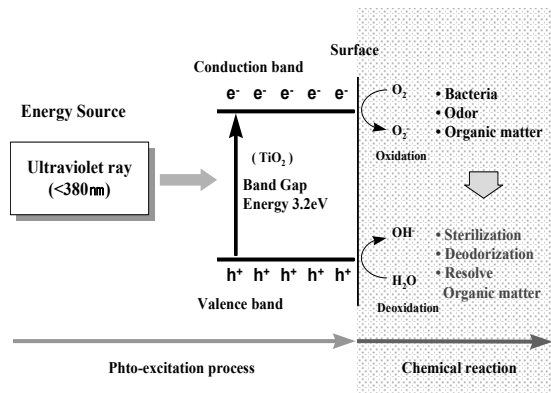


그림 6. 산화티타늄 광촉매 반응 메커니즘

산화티탄 밴드갭 에너지는 3.2eV로서 활성을 위해 380nm 이하의 자외선 영역 광에너지가 필요하다. 표 5는 냄새물질에 대한 광촉매의 분해성능을 나타낸다. 이들 물질들은 분해과정에서 중간생성물을 발생시키는 경우도 있으나, 유기화합물에서는 최종적으로 이산화탄소와 물로 분해된다. 실용화되는 광촉매 탈취장치는 활성탄과 같은 흡착제와 혼합하거나 표면에 코팅하여 사용하는 경우가 많고 광촉매필터와 자외선 램프만을 다단으로 구성하여 사용되는 탈취장치는 별로 없다. 실외의 자외선은

표 5. 냄새물질에 대한 광촉매 분해성능

물질명	분해 성능
폼알데하이드	거의 완전히 이산화탄소와 물로 분해
아세트알데하이드	이산화탄소, 폼알데하이드, 초산을 생성하고 최종적으로 이산화탄소로 분해
에탄올	아세트알데하이드가 생성되고, 초산, 폼알데하이드도 생성됨
톨루엔	거의 이산화탄소로 되나, 일산화탄소, 폼알데하이드 및 아세트알데하이드 생성

지표에 도달하는 태양광선의 6% 정도로, 대기상 태나 창문 투과, 실내 도달 거리 등을 고려하여 자외선강도가 매우 적어 태양광 이용시 광촉매 여기에 필요한 자외선이 도달하는지 등을 확인할 필요가 있다. 참고로 파장 360nm 부근의 자외선 강도는 맑은 날씨의 경우 2.9~3.8mW/cm² 이나 보통 유리나 자외선 차단 유리를 통과하면 각각 약 44%, 90% 이상의 자외선이 감소된다. 또 최근 활발히 연구하는 가시광광촉매의 경우에 있어서도 광촉매 여기에 필요한 광에너지가 도달하는지를 확인할 필요가 있다.

광촉매산화법의 장점은 유해한 오존 발생 없이 수산화라디칼 등의 산화력만으로 냄새물질을 산화 분해할 수 있고, 또한 자외선으로 살균램프를 사용하면 광촉매필터 표면의 살균효과도 얻을 수 있다. 단점으로는 광촉매는 표면반응이라서 냄새물질이 접촉하지 않으면 효과가 없고 유해한 중간생성물 발생 우려도 있어 후처리 필터가 필요하며, 정기적인 자외선램프 교환도 필요하다. 특히 흡착제와 혼합하지 않고 광촉매필터와 자외선램프 단독만으로 사용시에는 실내에서 부유하는 알코올계 소독제, 살충제 및 염소계 세정제 등과는 반응하여 유해한 중간생성물이 발생할 우려도 있어 사용시 주의가 필요하다.

필자는 1998년에는 저온 플라즈마 필터에 탈취 효율을 높이기 위하여 이산화티탄(TiO₂) 소재를 이용한 광촉매 필터를 조합한 광촉매 플라즈마 필터를 상용화하여 플라즈마 산화분해 및 광촉매 흡착

산화분해의 2중 탈취로 탈취 효율을 상승시키고 산화티타늄의 강한 산화력에 의해 항균 및 살균 기능을 가능하게 하면서 낮은 압력 손실에 고효율의 탈취가 가능토록 하여 공기청정 에어컨의 공기청정 기술의 선구자 역할을 하였다.

4) 소취법

소취법은 은폐(마스크)와 중화로 구분된다. 은폐는 악취보다 강한 냄새(방향제 등)를 작용시켜 냄새를 약하게 하는 방법(향공조 포함)이며, 중화는 악취물질을 방향화합물 등으로 중화 반응시켜 원래의 악취 수준보다 저감시키는 방법이다. 실제로 식물정유(피톤치트 등)를 실내 공간에 휘발시켜 아주 낮은 농도의 냄새 물질이 부유하는 공간을 개선하거나 향공조로서 스트레스 완화 등에 이용하는 경우가 많다.

표 6은 일본 소취제, 탈취제, 방향제 및 방취제의 정의를 나타낸다. 일본의 냄새/향 환경협회와 방향/소취/탈취제협회의에서는 방향제, 소취제, 탈취제 및 방취제에 대한 정의를 하고, 소취제 및 탈취제의 효과 판정 방법에 대하여는 일본 방향/소취/탈취제협회의에서 자주 기준으로 관리하고 있다.

즉 방향제는 실공간 시험에서 냄새강도 2 이상의 방향제를 분무(분무식 : 30분 이내, 분무식 외 : 24시간 이내)하여, 소취제는 10L 비닐봉지 시험에서 10시간 이내에 악취물질 90%를 제거(화학적 소취)하고 대조군과 비교하여 악취의 쾌/불쾌도가 1 단계 이상의 감소(소취)되어야 하며, 탈취제는 10L

표 6. 일본 소취제, 탈취제, 방향제 및 방취제의 정의

구분	냄새 / 향 환경협회	방향소취탈취제 협의회
소취제	주로 화학반응이나 생물작용으로 냄새를 제거하는 것으로 중화 및 상살 효과를 갖는 것 포함	냄새를 화학적작용 혹은 감각적 작용 등으로 제거 혹은 완화하는 것
탈취제	화학물질에 의해 냄새를 흡착, 분해로 제거하는 것	냄새를 물리적 작용 등으로 제거 혹은 완화하는 것
방향제	방향성의 첨가제에 의해 마스크, 중화, 상살 및 향 첨가로 냄새를 경감하는것	공간에 향을 제공하는 것
방취제	다른 물질을 첨가하여 취기의 발생이나 발산을 막는 것	

표 7. 방향화합물 발생 방법

구분	정전분무식	자연발향식	분무식	전기 훈증식
방법				
발생기술	정전분무	자연기화	압력 미립화	전기훈증
방출제어	O	X	X	X
사용수명	상	중	하	하
공간분산	상	하	중	하

비닐봉지 시험에서 10시간 이내 악취물질 90%의 제거를 규정하고 있다.

소취법의 장점은 시스템이 비교적 간단하여 은폐나 중화효과로 응급조치가 가능하고, 벽, 천정 및 바닥의 부착냄새에 대응할 수가 있다. 단점으로는 냄새의 발생 간격이나 발생량이 크게 변동하는 공간에서는 발생 농도 조절이 어렵고 (고농도에서는 불쾌하게 느끼고, 연속 발생시 후각 피로 발생) 강한 냄새에는 대응이 어려우며 방향제, 소취제의 반응생성물에 대한 인체 안전성의 확인이 필요하다.

표 7은 방향화합물의 발생 방법을 나타낸다. 정

전분무식, 자연발향식, 분무식 및 전기훈증식이 있으나 자연발향식의 경우 공간내 확산 속도가 너무 늦고 전기훈증식의 경우 발생속도가 너무 빨라 발생량의 조절이 어려운 단점이 있다. 이에 필자는 다공성 매체의 틈을 콘 형상으로 가공한 콘 가이드형을 응용한 전하주입형 정전분무 기술을 이용하여 입자 간 반발력 및 재분열에 의한 쾌속 확산으로 방향화합물의 소취제를 안정적인 분무 및 분무량 정밀제어로 미립자화하여 공간분산성의 우수함과 소취효과의 가능성을 확인해 본 적이 있다.

3. 결론

생활 수준의 향상과 초미세먼지 등에 의한 대기 오염의 급격한 증가로 실내공기질에 대한 관심이 매우 높고, 실내 거주자들의 인식도 아주 높아지면서 개인 건강관리에 많은 관심이 집중되고 있다. 이에 금번에는 실내공기 오염요소 중 냄새 제거를 위한 탈취방법의 원리와 일반적인 특징 및 필자의 적용 기술 몇 가지를 간략히 소개를 하였다. 탈취기술은 고효율, 급속화 및 장수명의 방향성을 갖고 사용 환경에 맞는 탈취기술이 개발되어야 한다고 생각된다. 또한 향후에는 탈취성능평가는 기존의 부유 냄새 뿐만아니라 부착냄새에 대하여도 관리가 되어야겠고, 이를 위한 성능 평가시에도 단순히 기기 분석 평가 규격 뿐만아니라 관능 평가 규격도 같이 정립되어 평가되어야 한다고 생각된다. 끝으로 모든 탈취기술에 대하여 설명을 하지 않았지만 기본적인 탈취기술을 포함하여 탈취방법 선정에 도움이 되길 기대한다.

- 참고문헌 -

1. 이성화 (2003), 에어컨용 공기청정기술, 한국공기청정협회 공기청정기술지 Vol. 1, No. 1, p69-75
- 2.村上榮造 (2012), 室内環境向け脱臭方法の原理と特徴, 空気清浄, 第49巻第5号, p69-78
- 3.山中俊夫 (2003), 臭氣基準と対策-住宅-, においかおり環境學會誌, 34(2), p6-9
- 4.河野仁志 (2003), 臭氣基準と対策-事務室-, においかおり環境學會誌, 34(2), p10-14
- 5.岩橋尊嗣(2011), 家庭内でのにおいの発生とその成分, 空気清浄, 第49巻第3号, p53-60
- 6.岩橋尊嗣 (2007), 消脱臭芳香劑に關する最新情報, 臭氣對策セミナ-講演資料集2, においかおり環境協會, p22-23
- 7.椋光 英俊 (1996), オゾンの基礎と應用, 光琳, p21-28, 204
- 8.太田靜行 (1993), オゾンによる脱臭の原理と特徴, 新版オゾン利用の新技術, 三疏書房, p143-144
- 9.村上榮造, 河野仁志, 堀雅安, 小野大介 (2006), TiO₂/光觸媒フィルタによるホルムアルデヒドの除去特性, においかおり環境學會誌, 37(1), p23-32
- 10.村上榮造, 河野仁志, 堀雅安 (2008), 光觸媒空氣清浄機の構成と運轉によるトルエンの除去特性, においかおり環境學會誌, 39(1), p1-9
11. 이성화, 최지은, 김호중, 장세동, 김우진 (2015), 정전분무를 이용한 식물정유 발생과 특성, 한국 실내환경학회 추계학술대회지