

실내 공간에서의 탈취기술

명 현 국
국 민 대 학 교
자 동 차 공 학 과

1. 서 론

취기현상은 여러종류의 성분이 혼합되어 있는 복합적인 냄새가 직접 인간의 감각에 호소하는 것으로, 일반적으로 취기란 “냄새”와 “향기” 모두를 나타내는 단어이나, 냄새의 경우는 “좋다”, “나쁘다”라는 표현을 앞에 부쳐서 쾌, 불쾌의 정도를 나타낸다. 그러나, 냄새와 향기를 병기하면 냄새는 악취를 의미하고, 반대로 향기는 나쁜 향기라는 표현이 일반적이 아닌 것 같이 그 자체로 쾌적한 냄새를 의미하게 된다. 따라서, 통상 취기란 악취를 의미하며, 우리나라의 대기환경 보전법 제 2조(정의)에 의하면, “악취”란 황화수소, 메르캅탄류, 아민류, 기타 자극성 있는 기체상 물질이 인간의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 말한다라고 규정하고 있다. 이와같은 규정에 따르면, 악취라고 하는 것은 사람들이 일상 생활을 향유할 수 없을 정도로 불쾌감과 혐오감을 주는 것으로 일반적으로는 다성분 저농도의 혼합 기체라고 볼 수 있다.

이러한 취기는 대기오염물질을 배출하는 시설이 밀집한 공업단지 부근은 물론이고, 우리들 생활의 대부분을 차지하고 있는 건물내

사무실 및 가정내에서도 쉽게 접하게 된다. 즉, 건물내에서는 체취와 담배냄새가 주된 취기원이며, 더럽혀진 공기조화기도 취기원이 되는 경우가 있다. 또한, 가정내에서는 부엌(부식한 식품 냄새) 및 화장실에서 나는 냄새가 주된 취기원이 된다.

한편, 취기의 피해는 주로 감각적으로, 직접적인 질병의 원인은 아니나 두통, 구토, 식욕부진, 불안감, 수면방해 등의 신체적이나 심리적 영향을 미치며, 영향의 정도는 피해자의 공해에 대한 의식이나 생활환경, 심리적 또는 신체적 상태, 폭로빈도에 따라 달라질 수 있다. 이와 같이, 취기는 우리들의 일상생활과 매우 깊은 관계에 있는 것 중의 하나임에도 불구하고, 감각으로서도 물리·화학적 성질로서도 과학적으로 명확하게 규명되고 있는 부분이 매우 적다. 더구나, 취기 대책으로서도 대기 오염물질 배출시설들에서 나오는 특정 물질에 대응한 고농도 취기 영역에서의 제거율에 착목한 화학 공업적 방법은 종래부터 많이 사용되고 있으나, 사무실등의 실내공간에와 같은 저농도의 분위기 냄새에 대해서는 적극적으로 취기 제거를 행하는 예는 별로 없고, 환기에 의한 취기(주로 체취)의 희석 효과로 충분하다는 정도에 머물고 있는

실정이다. 그러나, 최근 건물의 기밀성 및 건물 재료, 가구, 사무기기들로부터의 실내 취기원이 증가하였으며, 전에는 깨끗하고 냄새가 없던 외기가 자동차 배기가스, 산업 유출물 또는 스모그에 의해 상당히 오염되어 있어서, 외기의 도입이나 오염공기의 배출에도 정화처리가 필요하게 되었다. 또한, 생활 환경이 나아지면서 상대적으로 냄새가 없는 환경에 대한 요구가 증대되는 반면, 에너지 절약적인 관점에서 환기량이 감소됨에 따라, 병원, 노인 홈, 사무실 및 가정 등 실내 공간에서의 취기제어 문제가 공조에 있어서 점차로

중요시 되었으며, 최근에는 사무실이나 가정 등에서 공기 청정기나 방향제를 사용하는 곳이 점차 늘어나게 되었다.

본고에서는 이러한 관점에서 실내 공간에서의 취기(향기가 아닌 악취)에 관해서 특정 및 탈취 기술(악취를 제거 또는 제어하는 기술)에 초점을 맞추어 기술하고 최근의 탈취 기술 동향을 알아본다.

2. 취기의 특징

일반적으로 취기 감각은 미량인 여러종류

표1. 후각 최소 감지농도 값

유해물질 등	후각 최소 감지농도		허용 농도	
	[ppm]	[mg/m ³]	[ppm]	[mg/m ³]
염 소	1×10 ⁻²	2.9×10 ⁻²	1	3
이 산 화 유 황 *	30	79	5	13
황 화 수 소	1.1×10 ⁻³	1.5×10 ⁻³	10	15
메 칠 메 르 캅 탄 류	1.1×10 ⁻³	2.2×10 ⁻³	0.5	1.0
벤 젠 *	60	180	10	32
톨 루 엔	40	140	100	375
페 놀	3	12	5	19
아 세 톤 *	320	770	200	480
암 모 니 아	3.7×10 ⁻²	2.6×10 ⁻²	50	35
사 염 화 탄 소 *	220	1260	10	65
이 황 화 탄 소	7.7	23	20	60
이 소 부 칠 알 콜	40	120	100	300
부 탄 올	11	33	50	150
메 틴 올	5900	7800	200	260
사 염 화 에 칠 렌 *	50	320	50	335
삼 염 화 에 칠 렌	250	1350	50	268
초 산 부 칠	7	35	200	950
니 칠 메 르 캅 탄	1.6×10 ⁻⁵	4×10 ⁻⁵	0.5	1.0

주) *최소감지농도값이 허용농도값 보다 높은 것

의 취기물질에서 발생하여, 이것들에 의한 후각자극의 종합적인 지각으로서 특유의 냄새가 불쾌성 또는 혐오성과 함께 감지된다.

취기 감각을 일으키는 최소농도를 (후각) 최소 감지농도(threshold concentration)라고 하며, 유해물질에 대해서 표 1에 나타낸 것과 같은 최소 감지농도값이 주어져 있다. 이러한 최소 감지농도는 악취처리의 정도를 추정하는 척도가 된다. 예를들어 아세톤의 경우, 최소 감지농도가 320ppm이므로 0.002ppm에서는 사람의 후각에 감지되지 않을 것이며, 황화수소의 경우에는 0.0011ppm이므로 0.002ppm 이라도 감지되어 악취 문제를 야기시킬 것이다. 또한, 많은 물질이 매우 낮은 최소 감지농도값을 가지고 있기 때문에, 이러한 물질들은 유해물질의 검지에 이용되고 있으며, 일례로 도시 가스 등 본래 무취인 것에 경고용으로 취기물질을 첨가한 것도 있다. 그러나, 최소 감지농도가 높은 물질에서는 이것이 허용농도보다도 높은 것이 있으므로, 후각에 의존하는 것이 항상 안전하다고는 할 수 없다.

통상, 취기를 결정하기 위해서는 취기강도(intensity : 인간이 느낀 감각의 크기), 수용성(acceptability : 감각의 쾌, 불쾌의 정도), 냄새의 성질(quality : 취기의 성격) 및 검출성(detectability : 검출의 확률)의 4가지 특성을 고려해야 한다고 말해지고 있으며, 취기 물질 간에는 감각상의 상호작용이 존재하여, 아주 적은 조성변화라도 냄새의 상태가 크게 변화한다. 그러나, 현재까지 위의 4가지 특성을 검출하여 객관적으로 평가하는 기준은 아직 발견되지 않고 있으며, 일반적으로 강도와 수용성의 양쪽을 내용으로한 평가척도가 많이 이용되고 있다. 가장 단순한 것은 표 2와 같이 5점으로 구성되어 있다. 실험결과에 따라

면, 대부분의 사람들은 4개 이상의 감각 레벨은 명확하게 구별해 내나, 단계가 10정도가 되면 재현성과 유용성이 떨어지게 된다고 한다. 표 2의 5점외에 “견딜 수 없다”단계 등 몇가지를 더 첨가한 것도 있으나, 이것은 후각의 상한치, 또는 이것을 초과한 것으로 생각될 수 있다. 상한치는 연령, 성별, 인종 등 사회적 배경에 따라 큰 차이가 있어, 감지농도값과 같이 명확한 정의를 내릴 수 없으며, 상한치를 초과하면 코속에 아픈 자극을 주는 물질도 있다. 표 3에 몇가지 물질의 자극 최소 감지농도값을 나타내며, 참고로 환경오염 공정시험법에서 정하고 있는 악취의 강도를 나타내는 지표는 표 4와 같이 7점으로 구성되어 있다.

3. 실내 공간과 냄새와의 관계

일반적으로 취기 농도가 감지될 수 없을 정도로 미량일 때, 이 공기는 냄새가 없는 무취라고 말해진다. 따라서, 취기를 제거하기 위해서는 불쾌한 악취 농도를 적절히 감소시키든지, 냄새를 바꾸어 감지되는 것을 막는 것이 필요하다. 실내 공간에서의 취기에 대한 현재까지의 대응책을 살펴 보면, 초기에는 퍼내기식 화장실 및 부엌 쓰레기 등의 특정한 악취 발생원에 대해서 악취 대책이 취해졌으나, 화장실의 수세화와 악취 발생원의 밀폐화가 진전되어 강한 악취 발생원이 격감됨과 동시에 에너지 절약적인 관점에서 실내 공간의 밀폐화도 진척되어, 지금까지 상대적으로 주목하지 않았던 실내의 약한 악취를 제거하기 위해 방향계 소취제가 널리 사용되게 되었다. 그후, 방향제는 화장실용과 실내용으로 이분화 됨과 동시에 방향을 즐기고 긴장을

표 2. 악취의 강도지표

악취도	감도구분
0	무취(not present)
x	최소 감지농도 (threshold)
1	약한 취기(slight)
2	중간 취기(moderate)
3	강한 취기(strong)

표 3. 후각과 자극의 최소 감지농도 값

물질	후각 최소 감지농도 [ppm]	자극 최소감지농도 [ppm]
아세토알데히드	0.066	2000
알릴아민	6.2	80
알릴메르캡탄	0.00005	150
벤즈알데히드	0.042	23
벤질메르캡탄	0.0026	4.5
피리딘	0.012	22000
치오페놀메르캡탄	0.00026	85

표 4. 악취의 강도지표 비교

악취도	한국		일본	
	감도구분	영향	감도구분	영향
0	무취	전혀 감지하지 못함	무취	전혀 감지하지 못함
x			최소감지농도	매우 미약한 훈련을 받은 사람에게 의해 감지
1	감지취기	약간의 취기를 감지	명확	정상인에 의해 쉽게 감지. 불쾌하지 않음
2	보통취기	보통정도의 취기를 감지	보통	유쾌하지도 불쾌하지도 않음. 실내의 허용강도
3	강한취기	강한 취기를 감지	강함	불쾌함. 혐오감
4	극심한 취기	아주 강한 취기를 감지	맹렬	맹렬한 취기. 불쾌감
5	참기어려운 취기	견딜수 없는 취기	참기 어려움	역겨움

플러는 목적으로 가정용 공기 청정기에 방향을 장입하던지 탈취 기능을 첨가한 것이 등장하였다. 현재는 방향의 심리적, 생리적 효과에 착안하여 기분전환, 원기회복, 스트레스 완화, 피로회복 효과 등을 겨냥한 상품이 시장에 많이 나오게 되었고, 업무용 규모의 방향 공기 청정기나 향 공조가 나타나게 되었다. 즉, 실내 공간의 취기에 관한 대책은 악취의 마스킹(은폐)과 실내 방향제의 시대로부터 악취의 무취화와 향공조 시스템의 시대로 변천하였다고 할 수 있다.

4. 실내공간에서의 취기원

실내 공간에서 발생하는 악취는 전술한 바와 같이 체취와 담배냄새가 주종을 이루고 있다. 그러나, 체취는 인종이나 습관에 따라 차이가 있어 일반적으로 평가하기가 어렵고, 흡연은 다양한 악취성분 및 자극제를 발생시키고 또한 가시도를 손상시킨다. 또한, 악취는 습한 공조기 코일이 더럽혀졌을 때도 발생하며, 이 밖에도 벽이나 바닥의 도료, 깔개나 가구의 냄새등도 취기원이 되는 경우가 있고, 식품이나 조리의 냄새 등도 악취를 발생한다.

실내공간에서 발생하는 이들 취기는 통상 취기 물질의 농도가 최소 감지농도값 이하가 되도록 환기를 함으로서 제거될 수 있으나, 최근 도시에서는 외기가 자동차 배기, 연소로부터의 유출물, 산업 유출물 또는 스모그에 의해 상당히 오염되어 있어서, 환기만에 의한 악취제거가 어렵게 되었으며, 외기의 도입이나 오염공기의 배출에도 정화처리가 필요하게까지 되었다. 이 농도는 외기 오염농도의 영향을 크게 받게 되나, 극히 낮은 농도에서

도 불쾌한 취기로서 생활에 지장을 주는 것도 있다.

한편, 담배 연기 및 증기의 취기 감지는 온도와 습도에 의존한다. 즉, 일반적으로 습도를 높게하면 담배연기 및 증기의 취기 레벨이 저하된다. 또한, 온도를 높게하여도 레벨은 약간 저하된다. 담배연기는 그림 1에서 보는바와 같이 고농도일 또는 폭로시간이 길때, 눈이나 코에 대한 자극이 증가하며, 습도가 낮을 때 자극이 최대로 되는 것을 알 수 있다. 따라서 취기 감지와 통증을 최소화하기 위해서 공기조화에서는 일반적으로 상대습도 45~60%가 추천되고 있다. 그러나, 온도는 습도가 일정할 경우 취기 레벨에 거의 영향을 미치지 않기 때문에 일반적으로 무시된다. 즉, 온도는 쾌적함과 경제성을 고려해서 요구되는 조건으로 유지되어야 한다.

또한, 실내공간에는 거주활동에 수반되는 여러가지 취기가 흡착되어 있어, 빈 실이 된 후에도 장기간 그 취기를 방출한다. 이러한 현상은 전기히터 등을 오랫동안 사용하지 않다가 다시 사용할 때 발생한다. 일반적으로,

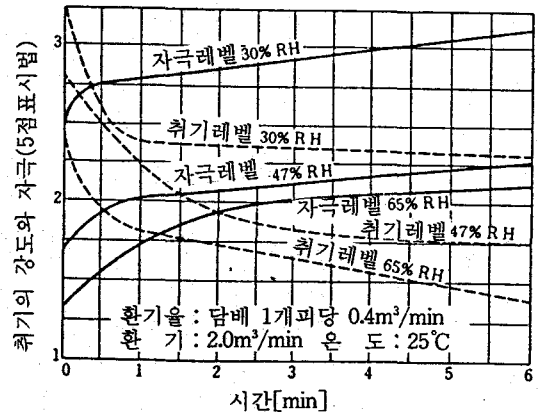


그림 1 담배 연기의 취기 강도 (상대습도율)

이러한 취기의 방출율은 습도와 온도가 높아지면 증가한다. 따라서, 습도가 높을때 담배냄새는 감소해도 가구나 용단의 냄새는 강해진다.

현재, 우리나라에서는 대기환경 보전법에 악취 물질을 대기오염 물질(입자상 물질, 암모니아, 질소 산화물, 황산화물, 황화수소, 이황화 메틸, 황화메틸, 아민(amine)류 등 47개 오염물질)에 포함시키고 있으나, 일본에서는 악취 방지법이 별도로 있어 동법 시행규칙에 악취물질 12개를 다음과 같이 정하고 있다.

- (1) 암모니아, (2)메틸메르캡탄, (3)황화수소, (4)황화메틸, (5)이황화 메틸, (6)트리메틸아민, (7) 아세트 알데히드, (8)스티렌, (9) 푸로피온산, (10)N-낙산, (11)N-길초산 (이것은 별로 들어보지 못한 화합물이나, 이 시약을 1방울 흘리면 곧 발냄새의 악취가 못 견딜 정도로 느껴짐), (12)이소 길초산

한편, 우리들 생활의 대부분을 차지하고 있

는 가정내에서 발생하는 악취 발생장소와 냄새 종류, 성분을 보면 표 5와 같다. 다른 냄새의 종류라고 생각되는 장소에서도 성분적으로는 유사한 화합물이 나열되어 있음을 알 수 있다. 다시 말하면, 인체, 식품 등 유기물이 영위하는 과정에서 분비하는 성분에는 그다지 차이가 없다고 말할 수 있다. 대표적인 악취 성분으로서는 암모니아, 함황화합물, 메르캡탄(mercaptan)류, 아민류 및 카르본산류로, 이들 악취 성분이 어느 비율로 섞여 있는가에 따라 그 장소 특유의 악취로 되는 것으로 생각된다.

표 5에 나타낸 가정내에서 발생하는 악취를 보면, 8가지 물질(황화수소, 메틸메르캡탄, 황화메틸, 이황화메틸, 암모니아, 트리메틸아민, 아세트 알데히드, 스티렌)이 상술한 바와 같이 법정 악취물질로서 정해져 있으나 가정내에 있어서의 규제는 아직 없다. 이러한 실정때문인지 최근에는 어느 가정에서도 탈취

표 5. 가정내에서 발생하는 악취원

악취원	신경쓰이는 냄새 종류	성분
거실	담배냄새 > 먼지냄새 > 체취	아세트 알데히드, 황화수소, 황화메틸, 암모니아, 초산, 메틸아민, 기타
화장실	화장실 냄새 > 담배 냄새	암모니아, 황화메틸, 메틸메르캡탄, 황화수소, 트리메틸아민, 기타
부엌	부엌 쓰레기 냄새 > 요리냄새 > 생선 냄새	황화수소, 메틸메르캡탄, 황화메틸, 암모니아, 초산, 메틸아민, 기타
욕실	곰팡이 냄새 > 체취	지오스민, 암모니아, 초산, 황화수소, 메틸메르캡탄, 기타
세면장	곰팡이 냄새 > 헤어드라이어 냄새	지오스민
침실 및 아동방	체취 > 먼지냄새 (담배냄새)	암모니아, N-길초산, 초산, 황화수소, 기타
현관 (신발장)	먼지냄새 > 애완동물 냄새 > 곰팡이 냄새	암모니아, 황화수소, 메틸메르캡탄, 기타

표 6. 탈취기술의 종류와 원리

종 류	원 리
감각적 소취	① 방향제 (구연산, 신나믹 알데히드, 헤리오트로빈, 장뇌, 포르필 아세테이트 등) ② 마스크링제(목초액, 바라지크롤 벤젠 등) ③ 중화제(식물성 정유로서 테레빈유, 유칼리유등 테레빈 화합물, 유기산등을 혼합시킨 것. 냄새의 감각적 중화)
물리적 소취	① 흡착작용(중성활성탄, 섬유화탄소 흡착제, 제올라이트, 활성백토 등 다공질의 흡착) ② 흡수세정 작용(물이나 알콜, 헥산등의 유기 용제계 및 계면활성등의 표면 피복, 분부법, 충전법, 수증통기법 등이 있음) ③ 희석작용(환기에 의한 공기 희석 및 대기 확산 법)
화학적 소취	① 탈류작용(황산제일철 등의 황산철이나 염화철등 황화수소를 주체로 제거) ② 산화작용(오존, 과망간산칼륨, 과산화수소, 이산화염소, 차아염소산 나트륨 등의 산화제 사용) ③ 흡착작용(이온교환수지, 염기성 가스 흡착제, 산성가스 흡착제) ④ 부가·축합작용(메타 아크릴산 에스테르, 말레인산 에스테르 등의 부가제, 그루 옥시잘등의 축합제) ⑤ 촉매산화작용(알루미늄, 실리카, 귀금속등의 촉매에 의한 산화)
물리·화학적 소취	① 약제 침착흡착작용 (알카리성 또는 산성 침착 활성탄, 활성탄과 화학반응제의 혼합물)
생물적 소취	① 효소작용(소화효소나 세균 및 효모를 이용해서 노등의 유기물 분해) ② 방부·세균작용(코로라민 T등의 염소계, 크레졸, 페놀, 자외선, 초음파 등)

제 및 방향제를 한 두가지 사용하게 되었다.

5. 실내 공간에서의 탈취기술의 개요

대표적인 탈취 기술의 종류 및 원리를 표 6에 나타냈다. 일반적으로, 취기 제어는 악취 물질의 농도를 저하시켜 냄새의 강도를 줄임으로써 기분나쁜 정도를 줄이는 방법과 악취를 다른 냄새로 바꾸거나 다른 냄새로서 마스크(은폐)시켜 기분 나쁘지 않게 하는 방법

으로 크게 분류 할 수 있다. 첫번째 방법은 높은 분산에 의한 취기의 희석, 흡착, 흡수 또는 산화작용에 의한 취기 제거 및 냄새나는 물질을 냄새가 적은 물질로의 화학적 변화에 의해 달성되며, 물리적 소취 및 화학적 소취가 여기에 해당된다. 반면, 두번째 방법에서는 악취성분 그 자체를 제거하는 것이 아니고, 다른 방향성 있는 물질로 악취를 은폐(마스크)하려는 것으로, 감각적 소취가 여기에 해당된다. 한편, 생물적 소취법은 유기

물을 부패시키는 박테리아를 죽여, 부패를 방지함으로써 악취발생을 억제하는 것으로, 최근 구두, 의류 등의 섬유 중에 동이나 암모늄염을 담지시켜 분비물의 박테리아 분해에 의해 생기는 체취를 탈취하는 방법으로 이 생물적 소취법이 이용되고 있다.

실내 공간용 공조에서의 탈취기술로 표 6 중에서 효과를 발휘할 수 있는 것으로는 환기, 흡수, 흡착, 산화 작용, 촉매 산화작용 및 감각적 소취법을 들 수 있다.

5.1 환기에 의한 희석작용

비교적 저농도의 분위기 냄새를 발생시키는 실내 공간에 대한 악취 대책으로서 현재까지는 주로 환기에 의한 취기(주로 체취)의 희석 효과에 의존하였다. 그러나, Fanger의 *olf*, *decipol*의 제안에서 보여주는 바와 같은 환기의 재정립은 대개 환기량의 증대에 의존하는 경향으로, 결과적으로 건물의 에너지 사용량 증가로 되며, 또한 전에는 깨끗하고 냄새가 없던 외기가 자동차 배기, 산업 유출물 또는 스모그에 의해 상당히 오염되어 있어서, 외기의 도입이나 오염공기의 배출에도 정화처리가 필요하게 되어, 환기만으로는 적절한 악취 대책을 수립하기 어렵게 되었다. 냄새면에 한해서 말하면 취기 제거 기능을 가진 공조 시스템을 채용하므로써 환기량 증가를 억제할 수 있을 것이다.

5.2 흡수작용

흡수의 원리는 오염가스나 악취가 액상에 잘 용해되거나 화학적으로 반응하는 성질을 이용하여 오염된 기체를 액체의 흡수제와 접

촉시켜 세정함으로써 악취 및 유해가스를 제거하는 것이다. 악취를 포함한 기체를 액체 흡수제가 들어있는 흡수탑을 통과시키면 기체중에 들어 있던 악취 성분이 제거되거나 변질된다. 이 때 악취는 흡수제에 잘 용해되며, 대부분 물을 사용하는 흡수제의 조업온도에서 응축이 가능하고, 흡수탑내의 입자에 잘 달라붙는 것이라야 이상적이다. 흡수탑의 설계 및 흡수제의 선택은 제거할 악취의 종류에 따라 상당히 다양하며, 흡수제는 보통 물이나 물에 화학 약품을 섞은 것이 많이 이용된다. 그러나, 흡수제는 오염물과 함께 포화되기때문에, 시스템을 원활히 작동시키기 위해서는 주기적으로 포화된 흡수액을 교환하던지, 가열 및 청정공기의 공급에 의해 연속적으로 흡수액을 재생시키던지, 또는 흡수액이 악취를 축적하였을 때 이 액을 재생시키는 흡수 화학물을 첨가시켜야 한다. 최근에는 이 원리를 이용한 공기 청정기도 시판되고 있다.

5.3 흡착작용

악취를 내는 공기의 양이 그다지 많지 않을 경우에는 활성탄 등으로 악취를 흡착시켜 제거할 수 있다. 흡착은 활성화된 고체기질에 가스 또는 증기의 물리적 응축을 말한다. 이들 물질은 전형적으로 내부 표면적이 0.1~1.5m²/g의 높은 다공질성을 가지고 있으며, 활성 알루미늄이나 또는 실리카 겔과 같은 극성 흡착제도 사용되고 있으나, 상대적으로 비극성 활성탄이 많이 사용되고 있으나, 공조용으로는 잔류오존의 처리방법 등 미해결의 문제가 있어서 널리 사용되고 있지 않았다. 이들 활성탄은 석탄, 코코너트 껍질, 이탄 및 석유

찌꺼기와 같은 다양한 물질을 높은 내부적 다공질성을 만들기 위해 증기 또는 이산화탄소 내에서 가열하여 만들어진다. 활성 물질은 펠레트의 베드형태로 만들어져 공기가 이곳을 통과하므로, 활성 물질의 성능은 필요에 따라 베드 두께, 공기 속도, 전체 다공성 및 활성 물질의 기공 크기 분포를 수정하므로써 변할 수 있다. 특수한 오염물에 대해서는 화학 물질을 침착시킨 활성탄도 현재 시판되고 있다. 그러나, 악취 가스중에 탄소에 의해 쉽게 흡착될 수 있는 무취 물질은 활성탄 베드를 포화시켜 결과적으로 베드 기능을 감소시키므로 사용전에 확인할 필요가 있으며, 또한 흡착제가 악취물질로서 포화되기 전에 흡착제를 재생시키던가 교환하는 데에 유의해야 한다.

실제로, 활성탄 흡착은 표 7에서 보는바와 같이 광범위한 가스 성분에 대해서 유효하기 때문에 대기에 방출되기전의 배출가스, 빌딩에 사용되기 전의 냄새나는 외기 및 재순환되는 실내공기의 탈취에 적용될 수 있어서, 종래부터 공조용의 탈취 방법으로서 많이 사용되어져 왔다.

공조용에서는 통상 1.9~2.5m/s의 면풍속이 사용되며, 베드 두께는 2.54~7.62cm(얇은 베드)와 30~90cm(두꺼운 베드)까지 변할 수 있다. 그러나, 활성탄 흡착 방법은 초기 비용, 운전비용 모두 상당히 비싸며, 또한 아황산 가스, 암모니아 등에 대해서는 부적합하다는 결점이 있다.

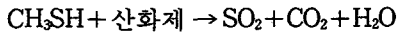
5.4 화학적 산화작용

표 7. 활성탄의 각종 증기, 가스에 대한 흡수능력 지표

흡착능력 최대*1	땀냄새, 알콜 음료, 의약품 냄새, 에틸 알콜, 오존, 가구냄새, 가죽냄새, 과일냄새, 가솔린, 생선냄새, 크레오소트, 클로로 포름, 훈제 식품냄새, 하수구 냄새, 쓰레기 냄새, 향료, 초산, 사염화 탄소, 수지, 취소, 윤활유, 구리수, 소독제, 장뇌, 식품향, 석탄산, 비누냄새, 치즈냄새, 체취, 접착제, 화장실 냄새, 나프탈린, 동물노 냄새, 니코틴, 마늘냄새, 병원병실 냄새, 비료, 부패 냄새, 플라스틱 냄새, 방취제, 방부제, 방충제, 육실냄새, 황산, 페놀, 타르, 톨루엔 등
충분히 유효*2	에틸에텔, 염화비닐, 염소, 곰팡이, 꽃가루, 공장 폐기물 냄새, 자동차 배기가스, 석탄연기, 디젤기관 배기가스, 동물냄새, 표백제, 연소가스, 도살장 냄새, 박테리아, 마취제, 황화수소, 비닐, 질산, 부식가스, 피냄새
조건부 유효*3	아황산 가스, 암모니아, 염화수소, 프로판, 방사성 물질, 아세트 알데히드, 아민, 이산화질소, 탄산가스
효과없음*4	일산화탄소, 수소, 메탄, 에탄, 에틸렌

- *1 활성탄 중량의 약 20~50% 흡착
- *2 활성탄 중량의 약 10~25% 흡착
- *3 조작조건의 검토를 개별적으로 필요로 함.
- *4 보통 환경하에서는 효과없음

악취물질을 오존, 과망간산염, 차아염소산염, 염소, 이산화염소와 같은 산화제로서 산화시킴으로서 화학적 변화를 일으켜 악취를 없앨 수 있는데 이것을 화학적 산화작용이라 한다. 오존은 대부분의 유기 물질을 산화환원에 의해 통상 알데히드, 케톤(ketones) 및 산으로 변환 시키며, 과망간산칼륨 용액은 황화물, 아민(amines), 페놀 및 스티렌(styrene), 아크롤레인(acrolein) 등과 같은 불포화 화합물을 탈취시킨다. 화학적 산화작용에 의한 악취의 제거(또는 감소)를 예를들어 나타내면



로, CH_3SH 의 취기 최소 감지농도값은 1ppb인데 비하여, 산화작용에 의해 생긴 세가지 산물중 두개(CO_2 , H_2O)는 무취이고, SO_2 는 30ppm의 취기 최소 감지농도값을 가지므로, 결과적으로 악취는 상당히 줄어든 셈이 된다. (또는 검출 가능성이 크게 감소된다). 즉, 오존 등과 같은 산화제의 주된 효과는 실제적인 악취 농도를 감소시키기 보다는 냄새에 대한 감도를 감소시키는 것을 알 수 있다.

현재, 두가지 형태의 산화 시스템, 즉 와셔(washer)시스템 및 고체 시스템이 상품화되어 이용되고 있다. 와셔 시스템에서는 악취 공기가 과망간산 칼륨, 염소, 또는 금속 이온염의 수용액을 통과하면서 세정되며, 공기로부터 세정된 악취는 산화 화합물과 반응하여 이산화탄소와 물 또는 일반적으로 덜 불쾌한 중간 분해물로 바뀐다. 그러나, 잠재적으로 독성 분해물이 생성되는 경우에는 세정의 실험실 분석이 행하여져야 한다. 또한, 산화 화합물은 소모성이므로 주기적으로 교체되어야 하나, 전기적으로 산화 액을 재생시키는 시스

템도 이용될 수 있다. 두번째 시스템에서는 과망간산 칼륨이 펠레트된 활성 알루미늄기질에 함침되어 활성탄에 대해 사용된 것과 같이 베드로서 처리가스에 적용되며, 이 시스템에서는 활성 기질이 공기로부터 악취 및 습기를 흡수한다. 흡수된 습기는 과망간산에 용해되어 산화 시스템을 활성화 시킨다. 와셔 시스템에서와 같이 악취는 덜 불쾌한 화학종으로 변환되어, 일반적으로 펠레트내에 고정되며, 이들 펠레트는 주기적으로 교환된다.

그러나, 오존이나 염소와 같은 산화제는 물에서 악취를 산화시킬 수 있으나, 실내 공간의 공기 탈취시에는 NO_x 나 옥시던트 발생의 원인이 되고, 필요로 하는 농도가 상당히 높아 채실자의 호흡기를 다치게 하는 등 인체에 유해한 작용을 일으킬 수 있다. 따라서, 현재 오존은 공업용에는 널리 사용되고 있으나, 공조용으로는 잔류오존의 처리방법등 미해결의 문제가 있어서 널리 사용되고 있지 않았다. 그러나, 오존의 인체에 대한 영향에 대해서는 아직 반드시 확정적이지는 않으나 저농도라면 공기질 개선에 대해서 어떠한 역할을 기대할 수도 있을 것으로 기대되며, 최근 실내 공기중에 오존을 부가해서 실내공기를 적극적으로 정화하기 위한 유니트 형의 오존 발생기가 개발되어 시판되고 있다.

5.5 촉매 산화

통상, 반응을 촉진시키기 위해서는 온도를 높이던지 활성화 에너지(반응을 촉진시키기 위해서 넘어야할 에너지 장벽)를 낮게할 필요가 있다. 촉매는 이 활성화 에너지를 낮게 하여 반응을 촉진시키는 작용을 한다. 따라서, 촉매를 사용하면 250~450°C 정도의 낮은

온도에서도 악취를 산화시켜 제거할 수 있어 장치가 간단한 장점이 있다. 촉매 역할을 할 수 있는 물질은 여러가지가 있으나, 악취 제거용 촉매산화에 쓰이는 촉매는 몇가지 되지 않는다. 그 이유는 악취제거에 쓰이는 촉매는 값이 저렴하고 오래 견디며 정해진 온도에서 촉매작용을 해야되고 원하는 형태로 만들 수 있는 것이라야 하기 때문이다. 일반적으로 촉매는 여러가지 형태로 되어 있으며 좋은 촉매는 단위 질량당 촉매 작용을 하는 표면적이 크고 높은 온도에서도 밀도가 균일하다. 그러나, 처리하는 기체에 따라 촉매독, 촉매 표면에 퇴적하는 탄소질의 물질 및 고체 입자와의 마찰로 인한 촉매 표면의 손실 등으로 촉매 수명이 단축될 수도 있다.

5.6 중화작용 및 은폐(Masking)

다양한 실험 결과에 따르면 두 개의 악취 물질을 적당한 비율로 섞으면 혼합물의 합성 냄새는 원래의 개별 성분보다 매우 낮은 강도를 가지는 경우가 있는데 이것을 냄새의 중화(counteraction)라고 한다. 또한, 악취를 냄새가 강한 향으로서 은폐할 수도 있는데 이것은 인류가 고대로부터 사용해온 방법으로, 오늘날 체취를 제어하기 위해 널리 사용되고 있는 탈취제인 향수, 로션, 크림 등을 생각하면 쉽게 이해될 수 있다. 이들은 모두 화학적 변화없이 악취를 조절하는 것이므로 사용하는 방취제가 어떠한 농도에서도 인체에 해가 없는지를 확인하는 것이 중요하다.

이와같이 감각적 소취법이라는 것은 악취 성분 그 자체를 제거하는 것이 아니고, 다른 방향성 있는 물질로 악취를 은폐(마스킹)또는 중화하려는 것으로, 현재 시판되고 있는

많은 방향제가 여기에 속한다. 그러나, 시판의 방향제는 방향 있는 화학물질을 사용해서, 기존의 악취와 혼합시킴으로써 악취의 검출성을 저하시키는 작용을 가진 것으로, 이것을 사용하더라도 악취 물질의 농도를 저하시키지 못하므로, 먼저 악취를 근본적으로 제거한 후에 사용하는 것이 바람직하다.

6. 최근의 탈취기술

전술한 바와 같이 최근 건물의 기밀성 및 건물 재료, 가구, 사무기기들로부터의 실내취기원이 증가하였으며, 도심에서는 외기도 상당히 오염되어, 외기의 도입이나 오염공기의 배출에도 정화처리가 필요하게 되었다. 또한 생활 환경이 나아지면서 상대적으로 냄새가 없는 환경에 대한 요구가 증대되어, 병원, 사무실 및 가정 등에서는 공기 청정기나 방향제를 사용하는 곳이 늘어나게 되었다. 이와 함께, 최근에는 에어컨이나 난방기 및 냉장고 등에 탈취 능력이 뛰어난 탈취 필터 및 오존이나 촉매를 이용한 탈취 기술을 적용시켜 탈취 기능을 부여하려는 방법도 등장하고 있다. 공기 청정기는 기본적으로 실내 공간의 부유 물질을 제거하는 것이나, 통상 악취가 부유 물질 등에 부착되어 있으므로 악취도 함께 제거된다. 여기서는 앞으로 실내 공간에서의 취기 제거용으로 응용 분야가 크게 기대되는 최근의 탈취 기술을 적용한 몇가지 제품에 대해서 소개한다.

6.1 탈취 필터

현재, 에어컨이나 난방기 등의 제품에는 저압력 손실용의 팬이 이용되고 있어, 압력손실

이 높은 필터를 설치하면 처리 풍량이 감소하여, 본래의 냉난방 능력을 떨어뜨리던지 또는 소음이 증대하는 결과로 된다. 따라서, 분말 고급 활성탄 미립자를 흡착력을 떨어뜨리지 않는 접착제를 사용해서 각종의 다공질 기재(부직포, 스폰지, 각종 섬유, 발포 우레탄, 종이포 등)위에 분산 침착시킨 저압력 손실용의 필터가 이용되고 있다.

최근에 개발되어 시판되고 있는 저압력 손실 탈취 필터의 외관은 그림 2와 같다. 에어

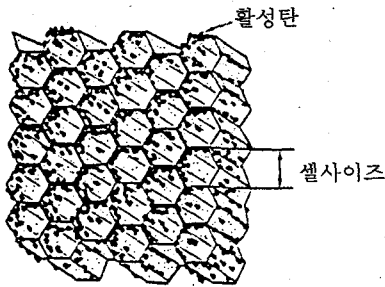


그림 2 탈취 필터의 개요

콘용이므로 풍량저하, 소음 증가를 피하기 위해 압력손실을 낮게 유지해야 하므로 이 필터는 압력손실을 약 0.5mmAq로 낮게 유지하기 위해, 필터 형상을 6각형 셀을 가지는 종이 허니컴으로 하고, 부착력이 큰 접착제를 셀 내벽에 도포하여 그 위에 담배 냄새에 유효한 무처리 파쇄상의 활성탄 탈취제를 대량으로 담지 시킴으로서 보다 낮은 압력손실과 높은탈취 성능을 실현하였다. 허니컴의 셀 사이즈, 두께 및 활성탄 입경을 바꿈에 따라 여러종류의 필요에 적합한 탈취 필터를 만들 수 있으며, 일례로서 필터 두께를 10mm로 고정하고, 허니컴 셀 사이즈와 활성탄 입경을 변경 시켰을 때의 압력손실(풍속1m/s)과 활

성탄 담지량(필터 단위 평면적당)의 관계를 그림 3에 나타낸다. 에어컨용 탈취 필터로서의 압력손실 및 성능이 뛰어난 최적 사양은 두께 10mm, 셀 사이즈(벽면으로부터 벽면까지의 거리) 약 5mm의 하나컴에 흡착제로서 20~42 메쉬의 야자껍질 파쇄탄이 선정되고, 이때의 활성탄 담지량은 약 1600 g/m²이 되었다. 향후, 이러한 탈취 필터는 에어컨외의 용도에도 널리 사용될 것으로 여겨진다.

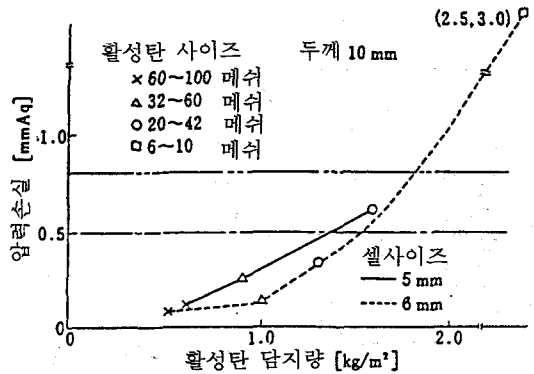


그림 3 탈취 필터의 사양과 압력손실 및 활성탄 담지량

6.2 다기능 탈취 촉매

촉매를 이용한 탈취법으로 최근 난방용 히터 표면에 촉매층을 피복하여 가열시에 인체로부터 발생하는 악취성분을 정화하는 다기능 발열소자와 냉장고용 탈취 히터가 상품화되었다. 먼저, 다기능 발열소자는 히터 표면에 알루미늄, 실리카, 귀금속, 희토류 산화물 등으로 구성된 촉매를 피복한 것으로, 실내에서 발생하는 대표적인 악취성분인 N-질초산, 암모니아, 아세트 알데히드에 대한 정화 특성을 그림 4부터 그림 6까지에 나타낸다. 그림

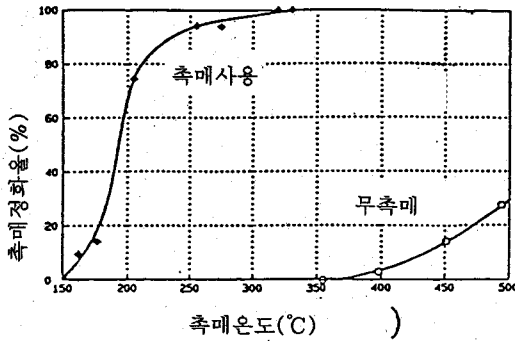


그림 4 아세트 알데히드의 정확성능

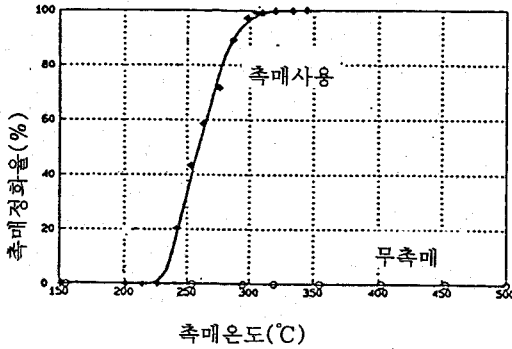


그림 5 암모니아의 정확성능

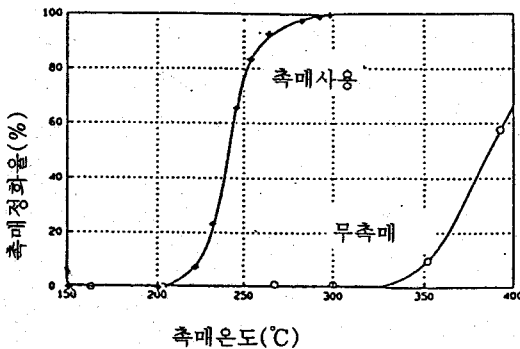


그림 6 N-질초산의 정확성능

에서 알 수 있듯이 촉매가 없는 경우에는 400°C 이상으로 가열하여도 악취가 거의 정화되지 않으나 촉매를 피복한 경우에는 대부분의 성분이 300°C에서 정화되고 있음을 알 수 있다. 보통 히터 표면온도는 250~500°C이므로 사용하고 있는 중에 악취성분이 정화되며, 이러한 산화정화의 역할은 전술한 촉매성분 중에서 귀금속, 희토류 산화물이 주로 담당하고 있다.

한편, 알루미늄은 촉매금속을 효율 좋게 기능시키기 위한 분산제로서 이용되고 있으나, 그의 인체에 우아하고 쾌적한 난방효과를 주는 원적외선을 많이 방사한다. 즉, 촉매가 있는 경우에는 인체 등에서의 흡수가 뛰어난 3~15μm의 파장 에너지를 많이 방사하고 있다. 이와 같이 촉매층을 히터에 적용함으로써 탈취 기능 동시에 난방효과에도 뛰어난 다기능 발열소자로 되며, 이것의 원리와 구성을 그림 7에 보인다. 촉매는 그것이 변화하지 않고 반응을 촉진시키는 물질로 정의되어 있으므로 상술한 탈취작용은 반영구적으로 저하하는 일이 없다.

다음으로, 촉매가 가지는 이 뛰어난 기능을 응용시킨 것이 냉장고용의 탈취 히터이다. 냉장고는 식품으로부터 발생하는 악취의 보고로, 각종 성분이 포함되어 있다. 대표적인 악취 성분은 메틸메르캅탄(야채나 과일 부패 냄새), 트리메틸아민(고기나 생선 등), 지방산류(발효식품 등) 등이 있다. 이들 냄새가 얼음에 부착되어 얼음에서 냄새가 나게 한다. 이 때문에 대부분의 가정에서는 활성탄 탈취제를 설치하고 있으나, 설치 직후는 효과가 있어도 점차로 열화되고, 강제순환하고 있지 않기 때문에 식품이 충분히 채워진 냉장고내에서는 그 실력을 충분히 발휘할 수 없다는

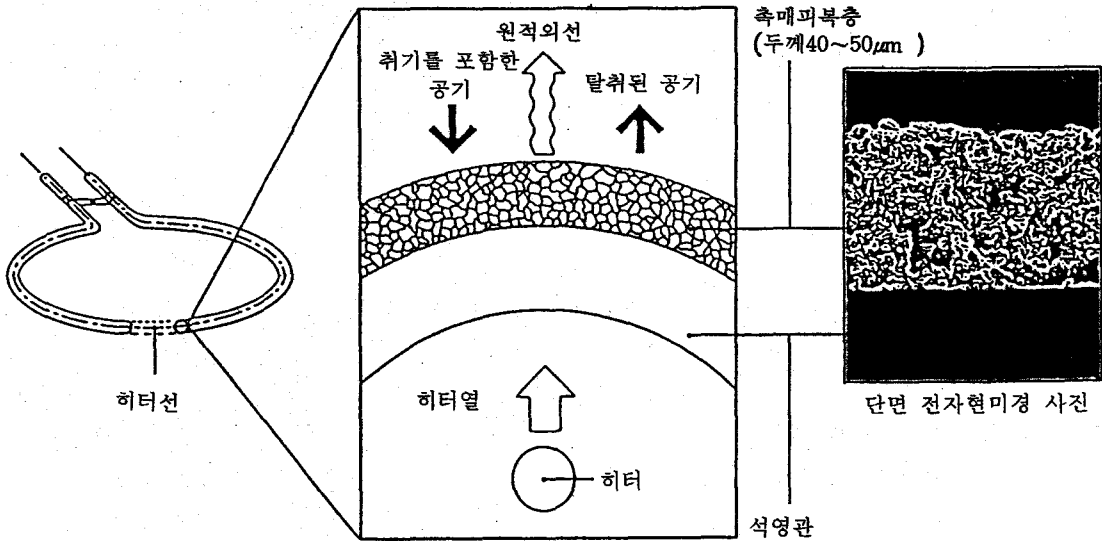


그림 7 다기능 발열소자 정화원리와 구성

것이 문제이다. 게다가, 흡착이 포화에 도달한 경우에는 역으로 악취의 발생원이 되나, 대부분 교환하는 것을 잊기 쉽다. 이러한 상황에서 최근에 교환이 필요없도록 처음부터 탈취 기능이 부착된 냉장고가 등장하게 되었다. (즉 오존 탈취나 촉매 탈취 부착이 타입으로 각각 특징이 있으나 여기서는 촉매 탈취법에 관해서 소개한다.)

앞의 히터부분에서 기술한 바와 같이 촉매가 작용하기 위해서는 어느 정도의 고온이 필요하나, 냉장고는 차게하는 것이 목적이기 때문에 촉매를 가열한 상태에서 정화하는 방식을 취할 수 없으며, 또한 흡착하는 것만으로는 활성탄과 비슷하게 수명이 있다. 그래서, 성애제거 히터에 촉매를 피복한다. 냉각기의 서리제거는 최근에는 대부분이 자동식으로 여름에는 1일 2~3회 정도, 겨울에는 4~5일에 1회 성애제거가 행해지고 있다. 이

때를 제외하면 성애제거 히터는 빙점하 20°C 정도 상태에 놓여 있다. 다행히도 흡착이라는 것은 저온이 되면 될수록 촉진되기 때문에 촉매의 기능 (산화작용)외에, 흡착기능(악취를 흡착할 뿐)을 부가시켜 놓으면 통상의 사용상태에서는 흡착제로서 작용하고, 성애제거 히터가 작동하고 있을 때에는 촉매로서 작용하는 것이 된다. 따라서, 성애제거 히터가 작동하기까지 흡착된 악취를 촉매로 산화정화하면 교환의 필요가 없이 반영구적으로 사용 가능한 탈취제가 될 수 있게 된다. 이렇게 해서 개발된 것이 탈취 성애제거 히터이다.

이 탈취 성애제거 히터의 흡착특성만을 다른 흡착제와 비교한 결과를 그림 8에 보인다. 지금까지 알려져 있는 흡착제와 비교해 흡착특성이 뛰어난을 알 수 있다. 그림 9는 3가지 악취 성분의 혼합 악취에 대한 흡착과 촉매에 의한 정화특성을 나타낸 것이다. 90분까지

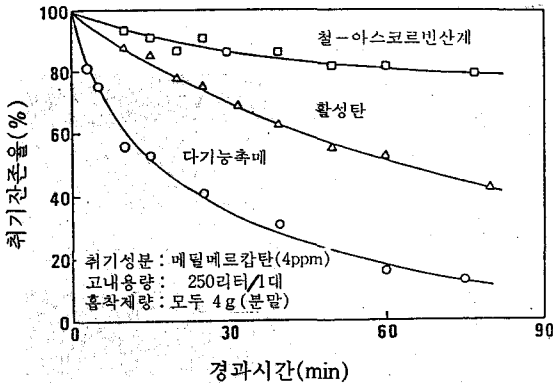


그림 8 다기능 촉매와 종래 탈취제의 흡착 성능비교

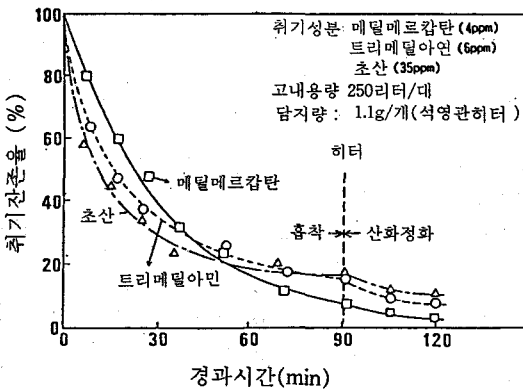


그림 9 탈취 성애제거 히터의 혼합취기에 대한 탈취효과

는 흡착에 의한 정화를, 그 후에는 성애제거 히터를 가동시켜 촉매를 가열한 경우의 정화 거동으로 가열해도 악취성분이 탈착되지 않음을 나타내고 있다. 그림에 나타낸 실험에 이용한 촉매량은 1g 정도로, 이 촉매는 1g으로 효과를 발휘하기 때문에 히터관 등의 표면에 도포, 소성함으로써 형성이 가능하게 된다. 탈취 성애제거 히터의 기본적인 조성은 특히 흡착기능을 부가시키기 위해 특수한 제

오라이트를 첨가하고 있다.

6.3 오존이용 탈취

오존의 세균, 정화작용을 이용하는 것으로, 현재 공기 청정기로서 많이 이용되고 있는 전기 집진식 공기청정기는 부유 물질의 제거가 주된 역할이나, 직류 코로나 방전(특히 마이너스 방전)에 의해 발생하는 오존에 의해 탈취 및 살균 효과를 부가적으로 얻고 있다. 그러나, 오존은 NOx나 옥시던트 발생의 원인이 되며, 농도가 높으면 호흡기를 다치게 하는 등 인체에 유해한 작용도 하기 때문에 공조용에 사용되기 위해서는 잔류 오존의 처리 등이 선결되어야 한다.

한편, 공기중에 부유하고 있는 자유전자가 분자에 부착해서 생기는 소오존(분자 오존)은 침정작용 및 피로회복 작용등 의학적 효과가 있다고 말해지고 있어, 예로부터 그 이용이 시도되어 왔다. 단, 소오존은 공기중의 먼지입자 등에 부착해서 대오존(중이온)으로 변화되기 쉽다는 결점이 있다.

최근, 실내 공기중에 오존을 부가해서 실내 공기를 적극적으로 정화하기 위한 유니트 형의 오존 발생기가 개발되기 시판되고 있다. 이것들 중에서 전술한 오존의 좋은 성질을 이용하면서도 문제점을 해결한 것으로 PPCP 및 SPCP로 불리워지는 새로운 프라즈마 기술에 촉매를 결합시킨 고도의 탈취방식을 들 수 있다. 먼저, PPCP탈취방식은 매우 짧은 시간중에 높은 펄스 고전압을 발생시키는 고전압원을 이용하여, 출력전압을 코로나 전극을 가진 프라즈마 반응부에 인가해서, 강력한 리본형 코로나(streamer corna)방전을 발생시키고, 이때 생기는 강력한 전자빔의 충돌에

의해 생성되는 반응성이 풍부한 화학적 활성 종(라디칼)과 오존의 작용으로, 암모니아, 황화수소, 메틸메르캅탄 등의 악취 물질을 분해하는 방식이다. 또한, 이 방식에서는 반응부하류에 티타니아 실리카 촉매를 설치하여 반응 생성물과 오존을 흡착 분해하여 완전히 무취이고 오존도 포함하지 않는 청정공기를 의기중에 배출함으로써 잔류오존 문제를 해결하였다.

한편, SPCP 탈취방식은 알루미늄 화인 세라믹을 이용한 고주파 표면 방전형 오존아이저 소자의 표면에 강력한 표면 플라즈마를 생성시키고, 이 때 생성되는 대량의 라디칼과 오존을 이용하여 이 영역에 도입시킨 가스중에서 악취물질을 완전히 분해한다. 이 방식에서도 잔류 오존문제는 PPCP방식과 마찬가지로 하류의 티타니아 실리카 촉매에 의해 반응 생성물과 오존을 흡착 분해시켜 완전히 제거한 후에 청정공기를 의기중에 배출한다. 일반적으로, PPCP는 처리해야할 가스량이 많은 경우에 적합하고, SPCP는 실내 공간에서의 국부적인 탈취에 적합하다.

7. 맺음말

앞으로도 환경문제는 커다란 사회 문제중의 하나가 될 것이며, 이와 함께 취기 문제도 더욱 심각해질 것으로 예상된다. 따라서, 국내에서도 현재 대기환경 보전법에 악취 물질을 대기오염 물질에 포함시켜 다루고 있는 것을, 조속한 시일내에 일본에서와 같이 악취 방지법을 제정하고, 또한 탈취기술에 관한 연

구 개발도 적극적으로 추진할 필요가 있다.

또한, 탈취기술도 대기오염물질에 이용되는 대용량의 고전적인 방법보다는 국부적이면서 악취 제거에 탁월한 새로운 방법이 공조용으로서 개발될 것으로 기대된다. 예상되는 방법으로는 탈취 촉매, 탈취 필터 및 오존에 의한 탈취 기술을 들 수 있으며, 이것들 중 이미 상품화 된 것도 있으나, 다양한 실내 환경에 적합하도록 이것들을 독립적 또는 결합적으로 응용한 기술이 앞으로도 많이 나타날 것으로 생각된다. 그러나, 촉매 작용을 위해서는 어느 정도의 고온이 필요한 점이 촉매의 최대결점으로, 현재의 기술을 이용해서 촉매에 의한 탈취법을 고려하면 아무래도 간헐적으로 가열하는 수단을 갖출 필요가 있다. 가열하는 시간은 소정의 온도에 달한다면 몇 초이하의 시간이라도 충분하므로 그와 같은 시스템으로 탈취촉매를 구성함으로써 흡기, 배기에 대해서 악취성분이 없는 청정한 공기를 제공할 수 있게 될 것이다. 오존의 경우에는 잔류 오존문제와 소오존이 공기중의 먼지 입자 등에 부착해서 인체에 해로운 대오존(중이온)으로 변하기 쉽다는 결점이 해결되어야만 할 것이다.

끝으로, 최근 사무실 등의 공조시스템에 좋은 향기를 흘려, 상쾌한 직장환경을 만드는 향공조 시스템이 국내에서도 이미 상품화되고 있으나, 방향제의 첨가는 악취의 농도를 낮추는 것이 아니고 은폐시키는 것이므로, 먼저 악취를 근본적으로 제거한 후에 사용해야한다는 사실을 명심할 필요가 있다.