

탈취 기술

공동기고 쌍용건설 건축기술부 한용희 차장
강남필터 기술연구소 류희창 소장

먼지, 소음·진동, 그리고 악취는 쾌·불쾌가 다분히 감각적이어서 건강에 미치는 영향 뿐만 아니라, 쾌적한 생활공간을 만드는 데 중요한 관리 대상이다. 악취에 대한 사람들의 인식의 증가와 함께 생활 공간에서의 악취문제는 더욱 연구되어야 할 당면 문제이다.

1. 냄새의 특성

옛날 냉장기술이 보편화되지 않았던 시절 육류가 주식 이던 서양사람들은 사냥한 고기를 어떻게 보관했다가 요리를 했을까? 아마도 미상불 약간씩 부패한 고기를 먹을 수밖에 없었을 것이다. 그래서 그 썩은 고기냄새가 싫어서 많은 사람이 향신료를 구하기 위해 동으로 동으로 왔던 것은 아닐까? 이것도 냄새로 냄새를 제거하는 가장 오래된 탈취 기술중의 하나다. 세상에는 약40만 여종의 냄새나는 화합물이 있다. 그 중에는 향수와 같이 사람들에게 쾌감을 주는 것이 있는가 하면 다른 한편으로는 불쾌감과 혐오감을 주는 악취가 있다.

그런데 이 악취도 백 만분의 몇 그램 차이로 좋은 냄새로 그 정체를 바꾸는 것이 있는데 예컨대 스카돌이라는 배설물중의 대표적인 악취가 농도를 얇게 희석시키면 자스민의 상큼한 냄새로 변한다. 또 부틸알코올이라는 것도 진하면 역겨운 자극성 냄새가 되지만 희석시키면 사이타의 방향제로 쓰이는 시원한 냄새로 변한다. 물질에 따라 사람이 감지 할 수 있는 농도의 한계 치가 있고

그것도 사람의 기분에 따라 다른 강도로 변할 수가 있는 것이다. 이것이 냄새가 갖은 첫 번째 특성이다.

두 번째 특성은 냄새가 서로 혼합되어 있으면 서로 강도를 상승시키거나 상쇄시키는 특징이 있다. 예컨대 좀 약으로 쓰이는 나프타린 향이나 클로르벤젠은 암모니아 냄새를 약화시키고, 반대로 암모니아는 다른 냄새를 더 강하게 한다.

세 번째 특징은 취기강도가 온도가 낮아지면 약해지고 온도가 높으면 그 반대 현상이 생기는 것이다. 이것은 공기 중에 냄새분자가 차지하는 분압에 따라 농도와 취기 강도가 달라지기 때문이다.

냄새는 한 종류로만 존재하기도 하지만 대개가 여러 가지가 혼합하여 존재하기 때문에 그 정체를 규명하기가 어렵다. 시각적으로나 청각적으로는 그 끝이 없는 듯 발전하고 있는 영상매체도 아직 후각적인 면은 미개척 분야이다. 영상물에서 좋은 냄새가 효과음과 함께 나온다면 그 현실감은 몇 배나 더 증가 할 것이다. 난초의 냄새는 100여 가지의 냄새물질이 각각 일정한 농도로 배

합될 때 그 맑고 은은한 냄새가 풍길 수 있다 하니 냄새의 재현이 그리 쉬운 일은 아닌 듯 싶다.

사람이 쾌적하게 느끼는 냄새는 대개 세계적으로 공통되어 있으나 악취는 문화권에 따라 차이가 있는 듯 하다. 사람들이 먹는 주식의 종류에 따라 그 체취의 강도가 다르다. 우리는 육식을 주로 하는 서양사람들에게서 노린내(아포크린)를 잘 맡고 반대로 서양사람들은 채식과 저장식품을 많이 하는 우리에게서 야채와 생선 부식되는 냄새를 잘 맡는다.

우리나라는 아직 악취에 대하여는 약간 소극적인 편이다. 쓰레기 종량제로 그 귀중한 쓰레기 봉투를 어쩔 수 없이 이삼일씩 집안에 두어야만 하고, 음식쓰레기를 줄이고 물기를 짜서 버리자고 해도 별로 진전이 없다.

먼지, 소음·진동, 그리고 악취는 쾌·불쾌가 다분히 감각적이어서 건강에 미치는 영향 뿐만 아니라, 쾌적한 생활공간을 만드는 데 중요한 관리 대상이다. 악취에 대한 사람들의 인식의 증가와 함께 생활공간에서의 악취문제는 더욱 연구되어야 할 당면 문제이다.

2. 8대 악취와 규제기준

우리나라의 악취에 관한 규제로서는 생활 악취와 휘발성 유해화학물질에 관한 법이 있다. 생활악취에 대하여는 대기환경보전법 제2조 7항 악취, 제7조 대기오염공정 시험방법, 제30조 생활악취의 억제 등이 있으며 동법

〈표 1〉 생활악취 배출 기준

측정방법		배출허용기준	
직접관능법		악취도 2도 이하	
공기회색 관능법	배출구	공업지역내의 사업장	1000
		기타지역내의 사업장	500
	부지경계선	공업지역내의 사업장	20
		기타지역내의 사업장	15
기기분석법 (ppm)	악취물질	공업지역내의 사업장	기타지역내의 사업장
	암모니아	5	2
	메틸메르캅탄	0.01	0.004
	황화수소	0.2	0.06
	황화메틸	0.2	0.05
	이황화메틸	0.1	0.03
	트리메틸아민	0.07	0.02
	아세트알데히드	0.5	0.1
스틸렌	2	0.8	

시행규칙 제12조 배출허용기준, 66조에서 생활악취의 규제대상시설과 규제기준을 정하고 있다.

3.취기강도와 농도

악취의 취기강도는 사람의 후각으로 느끼는 정도에 따라 불쾌감을 느끼는 것이므로 사람의 감정상태나 온도 습도 등 주위환경에 따라 달라질 수 있다.

또한, 모든 물질이 농도가 높으면 취기 강도도 반드시 높아지는 것은 아니다. 예컨대 아세톤은 취기강도 2.5에서 그 농도는 210 ppm으로 농도만으로 생활 악취로 규제하기 어려운 점이 있다. 다시 말해 법 시행상 기준이 필요한데 취기강도는 바로 피해의 기준이 된다는 점에서 농도와 함께 기준치로 설정되어야 할 필요가 있다. 다음 <표 2>는 취기강도의 표시법이고 <표 3>은 악취강도와 농도의 관계이다

〈표 2〉 취기강도의 표시법

강도	상 태
0	무취
1	간신히 감지 할 수 있는 냄새(최소 감지값)
2	무슨 냄새인지 구별 할 수 있는 냄새(최소 인지값)
3	쉽게 느낄 수 있는 냄새
4	강한 냄새
5	참을 수 없는 강렬한 냄새

〈표 3〉 악취 강도와 농도의 관계

구분	악취농도					
	1	2	3	4	5	
직접관능법						
공기회색 관능법	배출구			3000미만	15000미만	150000이상
	부지경계선			1000미만	100이상	5000미만
기기분석법 (ppm)	암모니아	0.15	0.59	2.3	9.2	37
	메틸 메캅탄	0.00012	0.0065	0.0041	0.026	0.16
	황화수소	0.0005	0.0056	0.063	0.72	8.1
	황화메틸	0.00012	0.0023	0.044	0.83	16
	이황화메틸	0.00028	0.0029	0.03	0.31	3.2
	트리메틸아민	0.00011	0.0014	0.019	0.24	3
	아세트알데히드	0.0015	0.015	0.15	1.4	14
스틸렌	0.033	0.17	0.84	4.3	22	

세계적으로 악취공해가 사회문제로 대두되기 시작한 것은 1954년경부터이므로 이때부터 악취가 인체에 미

치는 영향이나, 측정방법 등이 연구되기 시작했다. 1959년에 처음으로 미국에서 공기희석법에 의한 측정법이 사용되었고, 1963에는 관능시험법에 의한 악취 물질의 감지값 데이터가 발표되었다. 관능 시험법과 기기 측정법이 병행하여 사용 되도록 된 것도 일본에서 1972년경부터의 일이다.

· 직접 관능법

사람의 코는 동물에 비해 훨씬 둔한 편이기는 하나 그래도 저농도의 악취에 대하여 어떠한 기기보다 가장 민감하게 감지 할 수 있다. 또한 악취 자체가 감각적 대상이므로 직접 냄새를 맡아 그 취기 강도를 측정하는 것이 직접 관능법이다.

· 공기희석 관능법

공기희석 관능법은 주사기에 악취가스를 10ml채취하고 여기에 100ml의 공기를 빨아들여 5명의 판정단이 냄새를 맡는다. 만일 냄새가 남아 있으면 다시 100 ml를 더 넣고 아직 냄새가 남아 있으면 계속 반복하여 냄새가 없어졌을 때의 바로 직전의 희석 배수를 악취감지 한계 희석배수로 하고 판정단의 한계희석배수의 최고 최저치를 제외한 나머지를 산술 평균 한 값을 희석 배수로 하고 있다.

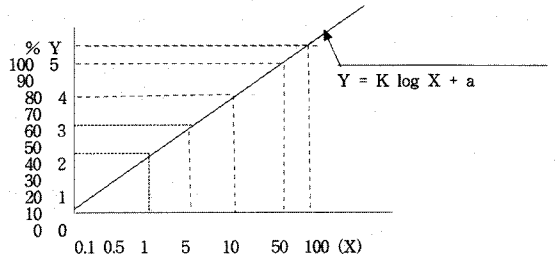
· 기기 분석법-(Gas chromatography/Mass spectrum)

GC/MS는 1970년 이후 꾸준히 개량되어 현재는 기기 분석법으로서 모든 악취농도의 측정을 가능케 하였다. 이기기의 측정 한계치는 1PPM이므로 채집한 악취를 측정하기 위해서는 수십 내지는 수천 배로 농축시키는 농축기가 필요하다.

기기 측정법으로 측정된 악취물질 농도와 취기강도는 다음과 같은 관계식을 갖는다

$$Y = K \log X + a$$

이를 그림으로 그리면 다음과 같다



· 가스검지관

그 밖에 여러 가지 측정법이 있으나 간단한 측정기구로는 가스 검지관이 있다.

제오라이트 등 흡착체에 특정가스와 접촉하면 변색되는 착색제를 입혀 4mm 유리관에 넣고 양단을 밀봉한 것이다. 사용할 때에는 양단을 절단하고 한쪽은 50또는 100ml를 흡인 할 수 있는 수동펌프에 연결하고, 다른 한쪽은 가스를 흡인하여 변색된 길이를 유리관에 인쇄된 눈금을 읽어서 그 농도를 알 수 있는 비색법이다. 가스종류별로 약 300종류가 있으며 흡인 횟수에 따라 0.1부터 10ppm까지의 농도를 측정할 수 있다.

4. 탈취 기술

악취물질의 분자는 공기의 성분과 함께 기체상태로 혼합되어 있으므로 악취성분만 분리 제거하는 것이 가장 자연 친화적 방법이라고 할 수 있다. 경험상으로 저농도에서는 공기 희석법이 가장 좋은 방법이라고 생각되나, 이것 역시 앞의 취기강도와 농도의 관계식에서 알 수 있듯이 취기 강도를 한 단계 낮추기 위해서는 농도를 10분의1로 줄여야 하므로 공기를 공급하기 위한 동력비가 문제가 될 수 있다.

최근 좋은 냄새로 악취를 인식하지 못하게 하거나 (Masking법), 두 종류의 취기 물질을 혼합하여 악취강도를 감소 또는 제거시키는(Counteraction법) 향산업이 각광 받고 있으나, 이것 역시 주기적으로 소요되는 약품대가 적지 않으며, 소취제나 향냄새가 사람에게 따라서는



혐오가스로 작용 할 수도 있어 간단하지만은 않다.

악취 농도가 수십 내지 수천 ppm의 높은 농도일 경우는 비교적 효율이 높은 탈취 기술이 여러 가지 발달되어 있다. 예컨대 가스가 어떤 온도의 증기압 이상의 부분은 물에 용해되는 성질을 이용, 가스를 물에 통과시키거나 showering시켜 제거시키는 방법도 있다(수세정법). 또한 물에는 용해되지 않으나 산과 알칼리 용액에는 용해하거나 용액과 화학반응을 일으키는 악취를 무해물질로 바꾸어 용액 속에 가두는 방법도 있다(약액세정법). 이 방법들은 효율은 좋으나 이차오염물질의 발생과 장치의 부식문제가 있다.

또한 악취물질의 발생이 많은 공장이나 쓰레기 소각장 등에서는 직접 태워버리는 방법(직접 연소법)이 많이 채용되고 있다. 가장 제거효율이 높은 장점은 있으나 설치비가 고가이고 유류를 연속 사용하므로 유지 관리비가 높은 결점이 있다.

또한 불완전 연소로 다른 오염물질이 배출 될 가능성도 있으나 열병합 설비를 병행하여 가동 할 때에는 가장 경제적인 방법이다.



그 밖에도 많은 탈취 방법이 있으나 주택 등과 같은 저농도 악취에 대해서는 아직도 가스별, 농도별 실험자료가 불충분하여 설비 단계에 있어서 많은 애로를 느끼고 있다. 안전성 경제성 편리성의 면에서 저농도에서 적용

할 만한 탈취방법인 활성탄 흡착법(입상, 침착, 활성탄 섬유)과 오존 산화법을 소개하면 아래와 같다.

· 입상활성탄

활성탄은 그 표면이 반경1000Å이상의 세공인 Macro pore와 20~1000Å의 Transitional pore 그리고 20Å 미만의 Micro pore로 이루어져 있고 흡착질의 물리적 흡착은 대부분 이 Micro pore에서 모세관 응축에 의하여 이루어지며 세공의 크기가 분자의 크기보다 더 크거나 훨씬 커도 흡착효율은 저하한다.

활성탄은 원재료나, 처리방법에 따라 다르기는 하나 일반적으로 활성탄이 저농도의 복합성분에 대하여 어떤 성분은 효과적으로 제거 하나, 어떤 성분은 그렇지 못한 것도 있다.

· 효과적으로 제거 가능한 것

지방산류, 메칠 멜캅탄류, 페놀류, 탄화수소류(지방족 및 방향족), 유기염소화합물, 알콜류(메탄올 제외), 케톤류, 알데히드류(포름알데히드 제외), 에스텔류, 등

· 중간정도의 효과

유화수소, 아황산가스, 염소, 포름알데히드, 아민류

· 효과가 없는 것

암모니아, 메탄올, 메탄, 에탄

활성탄은 아직도 저농도 혼합가스의 제거용으로 빌딩, 병원의 환기용, 식품가공 공정, 시뇨, 하수, 쓰레기처리장의 냄새제거 등 다방면에 이용되고 있다. 그러나 혼합가스 중에 포함되어 있는 미진 및 탈성분이 세공을 막아 효율과 수명을 단축시킬 가능성이 있으므로 Prefilter를 반드시 사용할 필요가 있다.

활성탄은 그 재료에 따라 세공율이나 세공의 크기가 다르므로 가스별 흡착 평형량을 사전 확인하고 선정하여

야 한다. 활성탄의 흡착량은 제조자에 따라 약간씩 다르나 아래의 식을 사용해 평형 흡착량을 구하거나, <그림 1>~<그림 5>와 같은 등온 흡착 평형선을 구하여 필요한 활성탄의 양과 수명을 구할 수 있다.

· 흡착제의 평형흡착량

황화수소 : $X_i(g) = 34.0 \times (C_i)^{0.126}$

X_i : 흡착제 100g당 평형흡착량(g)

암모니아 : $X_i(g) = 8.3 \times (C_i)^{0.063}$

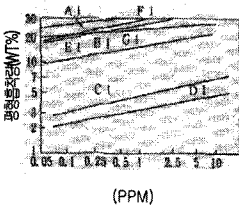
C_i : 가스농도 (ppm)

트리메틸아민 : $X_i(g) = 11.0 \times (C_i)^{0.079}$

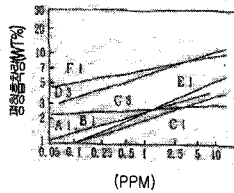
메틸메틸캡탄 : $X_i(g) = 2.8 \times (C_i)^{0.355}$

황화메틸 : $X_i(g) = 3.4 \times (C_i)^{0.091}$

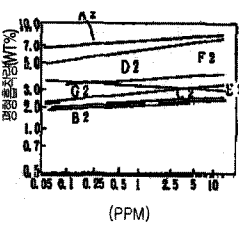
Kuraray 제품 모델 4TC



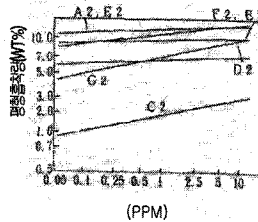
<그림 1> 황화수소의 평형흡착량 (25°C, 1atm, RH80%)



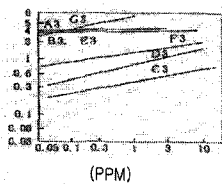
<그림 2> 메틸메틸캡탄의 평형흡착량 (25°C, 1atm, RH80%)



<그림 3> 암모니아의 평형흡착량 (25°C, 1atm, RH80%)



<그림 4> 트리메틸아민의 평형흡착량 (25°C, 1atm, RH80%)



<그림 5> 이황화메틸의 평형흡착량 (25°C, 1atm, RH80%)

$$X_i(g) = 1.1 \times (C_i)^{0.310}$$

Kuraray 제품 모델 4SA

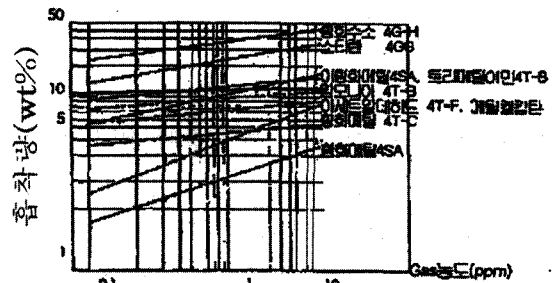
이황화메틸 : $X_i(g) = 8.8 \times (C_i)^{0.199}$

스틸렌 : $X_i(g) = 21.4 \times (C_i)^{0.150}$

아세트알데히드: $X_i(g) = 6.0 \times (C_i)^{0.086}$

· 침착 활성탄

일반 활성탄은 단지 물리적 흡착만하기 때문에 그 수명이 약 3개월 정도이고 길어야 6개월 정도이다. 침착 활성탄이란, 수명을 보다 길게 하기 위하여 Mn, Cu, Cd, Pd, TiO₂ 등을 첨가시켜 촉매로서 작용하게 하여 화학적 흡착을 동시에 일으키게 함으로서 그 성능을 향상시킨 것이다. 특정 악취물질을 무취화 시키도록 만든 것이 침착활성탄이다. 형태는 입상상외에도 통풍성을 좋게 하고 작업의 적응성을 개선하기 위하여 구멍 있는 성형체, 허니컴관벌형, 봉상형등으로 만든다. 아래 <그림 6>은 일본 K화학사의 침착탄의 등온 흡착 평형량이다.



<그림 6> 악취등온흡착선(온도 25°C)

· 활성탄 섬유(Activate Carbon Fiber, ACF)

활성탄의 사용 범위가 여러 분야로 확대되면서 그 형태와 용도가 다양하게 요구되어 개발된 것이 활성탄 섬유이다. 원재료는 아자껍질이나 건류탄이 아니라, 레이온계, 아크릴계, 페놀수지계, 피치계의 섬유를 탄화시킨 후 성형하여 활성을 갖게 처리함으로서 그 비표면적이나 강도가 기존 활성탄보다 훨씬 향상시킨 것이다

(주) A,B,C등은 제각회사 기호이고
형자1은 알카리, 2는 산처리, 3은
악취처리 한 것을 표시함

활성탄 섬유의 표면은 기존 활성탄과는 달리 표면이 모두 Micro pore로 되어 있어 저농도에서의 흡착량이 많고 흡착속도도 훨씬 빠르게 되었다. 형상은 Felt상, 絲狀, 織物上, 紙狀 등 다양한 형태로 만들 수 있고, 경량이므로 취급이 용이하며, 재생 재활용이 가능하다는 장점을 갖고 있다.

입상이나 분상의 활성탄도 마찬가지지만 특히 활성탄 섬유의 흡착능력은 흡착질의 종류와는 무관하고 단지 흡착질의 분자 크기와 흡착제의 Micro pore의 크기에 따라 다르므로 제품의 세공크기의 선택이 중요하다. 악취 물질에 대한 평형 흡착량(피치계 활성탄 섬유)은 아래 <표 4>와 같다.

모델명	A-10	A-15	A-20	일반임상활성탄
악취성분				
유황수소	290	65	1 이하	40~60
메틸 메틸탄	310	1100	300	130~210
염화메틸	50	29	8	2~4
트리메틸아민	6.9	7.6	7.7	5~6
암모니아	5.7	3.6	0.4	0~0.2

· 오존산화법

오존에 의한 산화 작용을 이용해서 냄새 및 유해가스를 산화분해 시키는 방법으로 오존자체에 의한 마스크효과를 병용하는 방법이다. 모든 가스에 적용가능 한 것은 아니고 황화물 계통의 취기에 대하여는 비교적 효과가 있으나, 암모니아 및 저급 아민류에 대해서는 효과가 기대하기 어렵다. 외국의 경우 생활폐품 처리장에 탈취 설비로 오존을 사용하고 있는 곳도 있으나 생활공간에 사용하는 데는 주의할 필요가 있다. 오존자체가 0.1ppm 이상이면 인체에 해롭고, 악취의 량이 일정하지 않으면 오존의 농도가 부족하거나 남아서 탈취가 미흡하거나 잉여 오존의 처리를 별도로 하여야 하기 때문이다.

5. 맺음말

위에서 첨착형 활성탄과 활성탄 섬유를 사용한 저농도

생활공간의 악취를 중심으로 기술하였다. 그러나 현장의 냄새 종류가 실험실의 것보다 복잡한 조성을 보이고 있어 일부가 제거되어도 처리후의 냄새가 다른 냄새로 변해서 배출되고, 제품별로 각 악취에 대하여 흡착능력이 농도별로 다르므로 실험결과와 현장에서의 적용 결과는 차이가 있다.

일본 환경청이 지난 7월에 쾌적한 주택가 환경을 조성하기 위한 냄새환경 지침을 발표했다. 주택가 등의 일반적 환경의 악취를 줄이기 위한 악취 환경목표와 좋은 향기를 생성한다는 것이 그 내용이다.

악취에 대한 인식은 해를 거듭 할수록 높아 갈 것이고 주택은 물론 주택가나 식당 밀집지역의 악취이외의 냄새, 즉 기름냄새, 음식냄새 까지 관심 대상이 될 날이 머지않은 것 같다.

현재 국내에서도 많은 연구가 진행되고는 있으나 주로 대형 발생원을 중심으로 진행되고 있고, 생활 공간의 저농도에 대하여는 미흡한 점이 없지 않다.

아직은 기술 수요가 적은 편이나 장래를 대비하여 보다 많은 관심을 가져야 할 부분이라고 생각한다. ◀