

악취물질 측정·평가방법의 최근 동향

제주대학교 환경공학과
허 목

1. 서 언

악취의 측정·평가법은 크게 나누어 기기분석법과 관능측정법이 있다. 역사적으로 보면 관능측정법이 기기분석법보다 이전부터 이용되어온 방법으로서 1925년 Zwaardemaker가 고체 향료의 농도를 수량화하기 위해 Olfactormeter를 만들었던 것이 현재까지 남아 있는 것으로 가장 오래된 것이다.

관능측정법에는 직접 인간의 후각에 의한 쾌·불쾌도 표시법, 악취의 강도를 수량화 또는 강, 약, 미약 등의 표현으로 분류하는 악취강도법(직접관능법)과 공기희석관능법(수희석법도 포함)의 원리에 의한 ASTM 주사기법, Olfactormeter법, Scentometer법, 삼점비교식붕지법 등이 있다. 그 중에서도 공기희석관능법이 악취의 세기를 정확하게 수량화하는 데에는 원리상 더 정확한 방법이지만 약간의 기구와 후각 관능시험에 미리 훈련된 Panel들(후각 관능측정을 하는 판정원의 집단, 이하 '판정원'이라 함)이 필요하다.

기기분석법에는 각종의 전처리 조작(저온농축법, 고체반응법, 상온흡착법 등)을 한 다음에 Gaschromatograph을 중심으로 한 각종 기기 측정장치를 이용해서 분석하는 방법과 악취농도가 높을 경우에 적용하는 검지관법, 흡광광도법, 악취센서 등의 기기분석방법들이 있다.

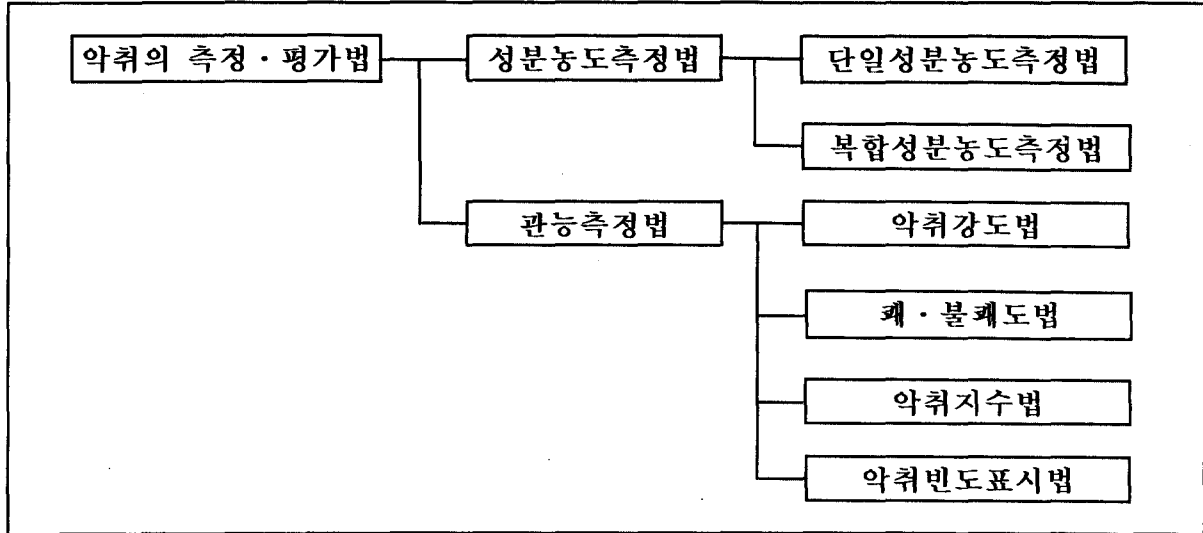
우리 나라에서도 대기환경보전법과 대기오염공정시험법에서 관능측정방법으로서 직접 관능법에 의한 악취강도법과 식염수 희석법에 의한 악취농도(악취희석배수)법을 정하고 있었으나, 1992년에 암모니아를 포함한 8종의 악취물질에 대한 사업장 부지경계선상에서의 배출농도규제를 위한 기기분석법이 직접관능법의 부시험법으로 삽입되었으며, 식염수 희석법이 일본에서 현재 사용하고 있는 삼점비교식 붕지법과 유사한 공기희석 관능측정법으로 개정되었다.

따라서 본 고에서는 최근 급증하고 있는 환경악취 문제에 적극적으로 대처하기 위해서 가장 필수적이며 시급한 사항인 악취물질 측정·평가법의 올바른 정립을 위해서 악취물질 측정·평가방법의 최근 동향에 관한 정보를 제공하고자 하며 특히, 현행 악취 측정법에서 다루어지고 있는 특정 악취물질의 기기측정법과 공기희석법에 의한 관능측정법을 중심으로 정리하였다.

2. 악취물질의 측정·평가법

다종다양한 냄새를 하나의 평가 척도로 평가하는 것은 대단히 어려운 일이다. 여러 가지 평가척도에 대한 장단점을 잘 파악하여 평가 척도의 특징을 충분히 인식하고 수량화의 목적에 맞는 평가 척도를 이용할 필요가 있다. 악취에 대한 측정·평가방법은 <그림

1>에서와 같이 크게 두 가지로 나눌 수 있으며 첫째, 악취를 구성한 화학물질의 성분 농도로 표시하는 농도측정법과 둘째, 인간의 후각을 이용하여 악취를 수량화하는 관능측정법이 있다.



<그림 1> 환경악취의 측정 평가방법의 분류

<표 1> 성분농도 측정법과 관능측정법의 비교

구 분	성분농도(기기) 측정법	관능(후각) 측정법
측정의 특징	<ul style="list-style-type: none"> · 물질에 따라 연속측정이 가능 · 하루에도 여러개 측정가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 연속측정이 어렵다 → 평가원의 후각피로
결과의 평가	<ul style="list-style-type: none"> · 특징적인 물질이 있으면 배출원의 추정이나 수색도 가능 다만, 저농도의 복합적인 냄새인 경우는 대처하기 어렵다 · 물질에 따라 사람의 코로 판정하는 것이 예민하다 · 원인물질을 알 수 없는 경우에는 모든 물질을 조사하여 평가하는 것이 대단히 힘들다 	<ul style="list-style-type: none"> · 냄새의 질에 대한 평가는 어렵지만 냄새의 정도에 대한 평가는 가능(농도가 낮은 여러냄새의 복합적인 악취에 대한 대처도 가능)하다
비용	<ul style="list-style-type: none"> · 예를 들어 일본의 경우 메틸메르캅탄의 공인 분석수수료는 공기시료 1개당 36,681엔 · 직접 분석할 경우 기기구입, 유지비용, 기타 소모품이 소비되며 잘 훈련된 전문가가 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> · 예를 들어 일본의 경우 한 시료당 64,196엔 · 위탁하지 않을 경우 펌프 등의 구입비용은 기기분석에 비해 매우 적지만 Panel 등의 인건비가 든다.

성분농도측정법에서 단일성분의 농도측정법은 악취를 일으키는 각 악취물질의 농도를 나타내는 방법이며, 복합성분의 농도측정법은 특정 악취성분 화합물군의 총 농도를 표시하는 방법이다. 그리고 관능측정법에서는 악취의 강도를 나타내는 방법, 냄새의 쾌·불쾌

의 정도를 나타내는 방법, 악취를 깨끗한 공기로 냄새가 느껴지지 않을 때까지 희석 시켰을 때의 희석배율로 나타내는 방법과 악취의 발생 횟수(빈도)를 나타내는 방법이 있다.

이와같은 환경악취의 측정·평가의 어려움은 주로 악취가 갖는 특징에 기인한다고 할 수 있으며, 이는 대부분의 악취가 저농도이며, 여러성분으로 구성된 혼합기체이고 또한 이들 각 성분의 후각 최소 감지값, 즉 냄새를 느끼는 최소의 농도가 대단히 낮아서 1ppb 이하의 것도 적지 않다는 것이다. 나아가 더 복잡한 것은 이들 각 성분 사이에는 감각의 상승작용이나 상쇄작용과 같은 상호작용에 의해서 최종적으로는 한가지의 냄새질을 만들 수 있기 때문이다.

가. 악취단위

1) 閾值(최소 감지값 ; Threshold)

어떤 자극이 아주 약하면 감각기에서는 감지되지 않으나, 자극의 강도가 증가되면 감각으로서의 반응이 나타나질 수 있다. 이러한 경계치를 후각에서는 **嗅覺閾值(Olfactory threshold, Odor threshold value)**라고 하며, 물질농도 또는 희석배수 등으로 표시하는 **感知閾值(絶對閾值), 認知閾值, 辨別閾值**가 있다.

감지역치는 냄새의 종류를 알 수는 없으나 무엇인가의 냄새를 감지할 수 있는 최소농도로서 6단계 악취강도법에서의 강도 1에 해당하는 악취농도이며, **인지역치**는 냄새의 종류를 인지할 수 있는 최소농도로서 악취강도 2에 상당하는 악취농도이다. 그리고 **변별역치**는 주로 냄새의 강도를 감각적으로 구별할 수 있는 최소의 차 즉, 최소농도이다. 삼점 비교식 봉지법과 같은 공기희석관능법에서는 현장에서 채집한 악취의 감지역치를 구하고, 거기까지의 희석배수를 악취농도 또는 악취지수로 환산하는 방식을 사용한다.

후각의 감수성은 기상조건, 건강이나 영양상태, 피로 그리고 정신적 요인에도 영향을 받으며 일반적으로 남성은 여성보다도 변동이 적다. 여성에게는 호르몬이 관계하며, 생리나 임신시에는 감퇴 또는 증진하고, 갱년기에도 일과성의 이상이 일어난다. 또한 비공의 폐쇄, 부신이나 성선기능의 감퇴 등의 장애에도 후각이상이 많이 나타난다. 그리고 국가와 인종에 따른 문화적, 사회적 각종 차이에 따른 특정 악취성분에의 감각적, 습관적 차이에 기인된 최소 감지값의 차가 있을 수 있다. 특히 김치와 마늘 등을 상식하는 우리들에게는 이와 유사한 악취성분에 둔감한 특징을 갖고 있음을 본 연구자는 확인할 수 있었다.

2) 閾稀釋倍數(최대희석배수, 악취농도 ; Dilution/Threshold, Threshold Odor Number, Odor Concentration, 단위:배)

ASTM, D-1292~70(Standard Definitions of Term Relating to Water)에서 시료수의 악취강도를 나타내기 위해 정의하였던 것으로 악취의 희석수[Dilution/Threshold(D/T)]와 마찬가지로이다. 정의에서는 시료수에 무취의 물을 가해서 희석해 가면 희석시료에서 최저한도의 냄새가 명확하게 알 수 있을 때까지의 최대 희석배수를 말하며, 후각한계 희석배수라고도 불려진다. 또한 공기시료에 대해서는 무취공기에 의한 희석으로 동일하게 다루어 질 수 있다.

그리고 ASTM, D-1391~57(67)에서는 취기시료 1ft³(공기)를 최소 감지값 수준까지 무

취공기로 희석시켰을 때의 전체체적(ft³)을 'Odor Concentration'으로 규정하고, 이것을 악취농도라 할 수도 있으나 결국은 D/T와 마찬가지로, 그의 정의로부터도 '최대희석배수'라고 하는 것이 개념적으로 옳다고 판단된다. 그리고 동일물질에서도 역치농도는 공존물질의 종류와 양에 따라 크게 변화하기 때문에 그 악취전체가 무취라고 느껴질 수 있을 때까지에 요구되는 희석배수(D/T)로써 표시하는 것이 타당하다. 그러나 일본에서는 이를 '악취농도'라고 표현하고 있다. 이와같은 악취농도값은 악취강도법, 캐·불쾌도 표시법에서와 같이 악취의 정도를 판단하는 것이 아니라 악취의 유무를 판단하는 것이기 때문에 비교적 개인적 변동성이 적다.

3) 단위 악취(Odor Unit, O.U.)

ASTM, D-1391~57(67)에서는 발생원에서 배출되는 악취의 총량을 감각적 평가를 포함해서 표현하는 방법으로써 후각한계 수준의 악취 1ft³를 '1 Odor Unit'로 정의하고, 악취시료 1ft³를 후각한계까지 희석시켰을 때의 총용량(ft³)을 Odor Concentration이라 하고 여기에 단위시간당의 배출가스량을 곱해서 각 악취 배출원의 배출강도(OER)로써 표현하기도 한다.

4) 악취 배출강도(Odor Emission Rate, 단위 : O.U./min)

ASTM, D-1391~57(67)에서 연돌 또는 배출구에서 배출되는 악취가스의 유량(ft³/min)에 그 악취의 최대희석배수를 곱해서 '악취배출강도(OER)'로 표시한다. 이 값을 이용해서 각 악취 배출원의 영향범위나 영향정도의 추정, 각 배출원의 악취오염에 따른 공현도의 상대적인 비교가 용이하게 된다. 또한 OER은 대기확산식을 이용한 악취 영향 예측 기법에도 이용되고 있다. 최근에는 각 악취 배출원의 OER값을 합계하여 'Total Odor Emission Rate(TOER)'로써 전체 악취의 발생강도를 나타내기도 한다. 최근 악취오염의 피해가 증가되고 있는 바, 특히 생활악취, 폐기물 매립장에서의 악취, 시화호의 경우와 같은 넓은 저습지에서의 악취와 같은 면 오염원(Area Source)에 의한 악취영향평가에는 TOER이 필수적인 악취평가 단위가 되어야 할 것이다.

5) 악취 강도지수(Odor Intensity Index, O.I.I., 단위 : 도)

ASTM, D-1292~65(70)에서의 정의에서는 시료 악취를 무취의 매체(수, 공기)로 희석하는 경우에 희석을 2배 희석단계로 하여 최저한도의 냄새가 명확하게 알 수 있을 때까지 계속해서 그때의 한계희석단계수(지수n)로써 본래 시료의 '악취강도지수'를 나타낸다.

6) IPT₅₀(50% 개인 인지역치, Individual Perception Threshold 50%)

각 후각측정 판정원에게 동일한 시료를 사용해서 반복측정을 동일조건으로 하여 구해진 측정치의 50% 값을 판정원의 개인 인지역치로 한다.

그러나 옛날부터 감각측정법에서는 반복측정이 쉽지 않기 때문에 각 Panel마다 1회 측정값으로 개인 인지역치로 하는 수가 많다.

7) IPT₅₈(58% 개인 인지역치, Individual Perception Threshold 58%)⁷⁾

삼점비교식 봉지법에서는 희석단계가 다른 시료를 후각측정 판정원들에게 측정하게

하여 각 판정원의 적중률곡선(정답률)을 그려서 정답률 58%에 해당하는 단계(희석배수)로서 개인 인지역치로 하였다. 또 측정 판정원군의 전체에 대한 적중률곡선에서 적중률 58%에 해당하는 희석수(농도)를 PPT₅₈(58% 대중 인지역치, Population Perception Threshold 58%)이라고 하여 판정원군 전체를 대표하는 값으로 하였다. 또한 IPT₅₈의 50%값 [(IPT₅₈)₅₀]을 이 값으로 하는 경우도 있다.

일반환경시료의 판정시험에 있어서는, 0.58이라는 값을 그 냄새의 한계값 즉 최소감지 값을 의미하는 정답률로 규정하고 있다. 이것은 냄새의 희석배수와 삼점비교식 봉지법에 따른 환경시료의 판정시험에서의 정답률과의 관계가

$$Y = \frac{2}{3} \exp(-(ax)^n) + \frac{1}{3}$$

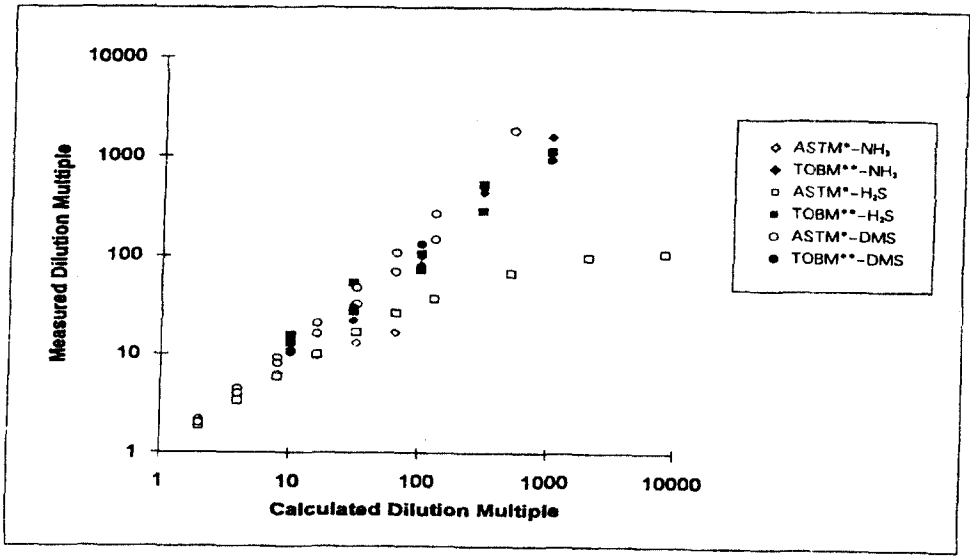
x : 희석배수 Y : 정답률 a, n : 상수

라고 가정했을 때, 위의 식에서 x=1/a 일 때, Y는 n에 독립적으로

$$\frac{2}{3} \exp(-1^n) + \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2.718} + \frac{1}{3} = 0.58$$

이 된다고 하는 계산상의 장점에서, 한 결론을 내려 정한 것이다.

그리고 ASTM 주사기법 보다는 삼점비교식 봉지법에 의한 것이 <그림 2>에서와 같이 희석오차의 범위가 보다 좁다는 연구결과도 보고되고 있다.



<그림 2> ASTM 주사기법과 삼점비교식 봉지법의 희석오차

8) PPT₅₀(50% 대중 인지역치, Population Perception Threshold 50%)

Odor recognition threshold 50%, ED₅₀(Effective Dose 50%)이라고도 하며, 후각측정 판정원군의 50%가 그 약취중에서 대표물질의 냄새 또는 냄새의 질을 인지하였을 때의 농도이다. 또한 50% 유효량이나 50% threshold라고 하는 경우도 있다.

9) PPT₁₀₀(100% 대중 인지역치, Population Perception Threshold 100%)

Odor recognition threshold 100%라고도 하며, 후각측정 판정원군의 100%가 인지하는 농도로서 100% 유효량, ED₁₀₀(Effective Dose 100%) 또는 100% vaule라고 하는 경우도 있다.

10) ST₅₀(절대역치, Super Threshold 50%)

Absolute odor threshold 50%, Population detectable threshold 50% 즉, 감지역치로서 악취의 Dynamic test법(Odor fountain 법)에 의한 측정에서 판정원의 50%가 악취를 감지하였을 때의 농도이다.

나. 성분농도 측정법

인간은 일반적으로 가스상태의 물질이 아니면 악취를 느낄 수 없다고 한다. 악취공해는 단순히 한 가지 순수한 악취 성분으로 야기되는 경우가 거의 없고, 여러 종류의 물질이 상호 관여하여 상승, 상가 하거나 또는 상쇄하여 악취를 발생시키는 것으로 알려져 있다. 따라서 이전에는 악취의 세기를 기기를 이용하여 측정하는 것은 곤란한 것으로 알려져 있었지만 악취 판정원(Panel)이나 모니터(monitor)요원 등의 후각을 이용하여 측정·평가할 수밖에 없다고 알려져 있었다. 그러나 펄프공장(craft pulp 제조시설)이나 양돈장과 같은 악취 발생원에서 배출되거나 누출되는 악취에 대해서는 정성·정량 분석을 되풀이 한 결과 악취의 대표적인 원인물질이 분명해 졌으며 이 원인물질의 규제에 의해 악취공해를 막을 수 있게 되었다.

이러한 악취물질에 대해 가스크로마토그래프 등의 기기를 이용한 측정을 되풀이 한 결과 악취물질의 악취강도와 악취물질농도와 관계가 밝혀졌다. 이 방법은 냄새측정용창이 달린 무취실에서 조향사(perfumer, 향료 등의 제조에 있어서의 전문가)가 감지한 악취의 강도를 6단계 악취강도법에 의해 나타내고 그 때의 악취물질의 공기중 농도를 가스크로마토그래프나 흡광광도법등을 이용한 기기측정법에 의해 측정하는 것이다. 이와같이 하여 악취물질의 악취강도와 악취물질농도와 관계가 밝혀짐으로써 이를 근거하여 악취의 규제기준을 마련할 수 있게 되었으며, 악취물질의 종류마다 규제기준이 설정되고, 구체적으로 악취문제가 발생할 때 악취발생원의 공장 또는 기타 사업장에서 채취해온 배출(누출)가스나 방류수중의 악취물질의 양이나 농도를 측정하면 그 사업장이 규제기준을 준수하고 있는가를 판정할 수 있으며 또한 다른 물질과의 상승, 상가, 상쇄작용에 의한 악취공해를 포함하여 악취공해 방지를 기할 수 있다고 예상되어 우리나라에서도 최근 8종의 악취물질별 배출농도기준이 마련되었다.

물론, 악취오염은 대기중에 확산된 화합물에 의한 공해이므로 일반 대기오염 물질처럼 궁극적으로는 그 원인 성분을 규명할 수 있다고 할 수 있다. 특히, 기기측정법은 관능측정법보다 명확한 악취의 원인을 제시할 수 있다는 점에서 대단히 유력한 측정방법이라 할 수 있다. 그러나 배출구에서의 악취는 보통 수백 ppb 이상의 농도를 나타내므로 측정이 용이하지만 일반환경에서의 악취는 수ppb 정도의 여러 화합물이 혼합되어 나타나는 형상이므로 기기분석만에 의해 측정·평가하기란 쉬운 것은 아니다. 즉 악취물질은 최소

감지값 이상이면 악취를 느끼게 함으로 최소감지값 정도의 농도를 측정할 수 있는 장비에 의해 측정이 실시되어야 한다는 것이 현행 악취물질별 농도 측정법에서의 가장 큰 문제점으로 지적되고 있다. 현재 악취배출 사업장의 지도감독을 담당하고 있는 각 지방자치단체에서도 악취물질 농도측정법에 의한 악취배출 사업장의 규제와 관리에 어려움을 갖고 있음도 현실적 문제점으로 대두되고 있는 실정이다.

<표 2> 도시 혹은 공장지대에서 생기는 악취물질의 최소 감지값과 발생원

화 합 물	최소 감지값 (ppm)	냄새 종류	발생원의 예
아황산가스	0.47		자동차, 화력발전소
황화수소	0.00047	부패한 계란냄새	정유공장
메틸메르캅탄	0.0021	자극적인 유황냄새	
황화디메틸	0.001	야채유황냄새	
벤젠	4.68	용제-시너	
톨루엔	2.14	나프탈렌-고무냄새	분뇨처리장
p-크실렌	0.47	단냄새	
스틸렌	0.047	플라스틱-고무냄새	축산, 수산 가공업
암모니아	46.8	자극성냄새	
디메틸아민	0.047	생선냄새	화학공장
메틸아민	0.021	자극성 생선냄새	
트리메틸아민	0.00021	자극성 생선냄새	
아닐린	1.0	자극성 냄새	
아세트알데히드	0.21	곰팡이 냄새	
아세트산(초산)	1.0	초산(신냄새)	
아크롤레인	0.21	탄 냄새, 자극성	
아크릴로니트릴	21.4	양파, 마늘냄새	
에틸아크릴레이트	0.00047	플라스틱타는 냄새	
메틸메타아크릴레이트	0.21	자극성 유황냄새	
염소	0.314	고추와 같은 자극성	화학
페놀	0.047	의약품냄새	
아세톤	100.0	화학적 단 냄새	기계가공
브롬	0.047	고추와 같은 자극성	
에탄올	10.0	단 냄새	소화기
메틸이소부틸케톤	0.47	단 냄새	
디클로로메탄	214.0		레이온 공장
사염화탄소	100.0		
트리클로로에틸렌	21.4	용제	의류
퍼클로로에틸렌	4.68	용제	
이황화탄소	0.21	야채유황냄새	
포름알데히드(포르말린)	1.0	자극성 건조냄새	

현재까지 선진국에서 조사된 바에 의하면 악취를 배출하는 시설이나 업소에서 발생하는 악취원인 물질은 <표 2>에서 처럼 상당히 밝혀져 있다. 따라서 배출원이 명확하거나 배출원수가 많지 않을 경우는 악취의 원인성분을 밝혀 악취물질의 농도를 측정함으로써

그 악취의 영향을 파악하는데 이용되고 있다. 그러나 유사한 악취물질을 발생시키는 발생원이 많고 공장이 밀집되어 있는 지역의 경우는 단일 악취성분만으로 그 악취원인을 규명하기가 어려운 경우가 많아서 선진국의 경우는 악취물질의 농도에 의한 규제는 대부분의 국가에서 실시하지 않고 있다. 다만 우리나라와 일본은 기기측정에 의한 악취물질의 농도규제를 실시하고 있으며 이에 대한 한계가 나타남으로써 최근에는 관능측정법을 선호하는 경향을 보이고 있다.

<표 3> 일본과 한국의 특정악취물질의 채취·농축 및 분석방법 비교

특정악취물질	구분	채취법	농축법	분석방법
암모니아*	부지경계 배출구	용액흡수법 한국:인산침적필터포집법 포함	용액포집법	흡광광도법 전극법
황화수소* 메틸메르캅탄* 황화메틸* 이황화메틸*	부지경계 배출구 (황화수소 제외)	시료봉지채취법	저온농축-가열도입법	GC(FPD)
트리메틸아민*	부지경계 배출구	용액흡수법 한국:유리 또는 실리카 섬유 여지법	용액포집법 알카리분계 저온농축-가열도입법	GC(FID)
아세트알데이드* 프로피온알데이드 노말부틸알데이드 이소부틸알데이드 노말발레르알데이드 이소발레르알데이드	부지경계 배출구 (아세트알데이드 제외)	시료봉지채취법 카트리지채취법	2,4-DNPH포집·시료조정	GC(FTD) 한국:FID
이소부탄올	부지경계 배출구	시료봉지채취법	상온흡착-가열도입법 저온농축-가열도입법	GC(FID)
아세트산에틸 메틸이소부틸케톤	부지경계 배출구	시료봉지채취법	상온흡착-가열도입법 저온농축-가열도입법	GC(FID)
톨루엔 스티렌* 크실렌	부지경계 배출구 (스티렌 제외)	시료봉지채취법 한국:흡착 또는 진공병법	저온농축-가열도입법 상온흡착-가열도입법	GC(FID)
프로피온산 노말부티르산 노말발레르산 이소발레르산	부지경계	흡착법	알칼리피스포집 붕산주입-가열도입법	GC(FID)

*한국특정악취물질(8종)
-한국공정시험법

그리고 특정 악취물질에 대한 성분농도의 정확한 측정을 위해서는 각종 환경조건에 따라 불안정한 물리·화학적 특성을 갖고 있는 악취시료 채취방법의 선정이 가장 우선하여 중요한 포인트가 된다. <표 3>에서와 같이 현재 이용되고 있는 악취시료 채취방법은 첫째, 악취시료용 채취용기(진공병, 공기백 등)를 이용한 직접채취법과 둘째, 측정하고자 하는 특정 악취물질만을 흡수 또는 흡착시켜서 채취하는 간접채취법으로 크게 나눌 수 있다.

<표 3>의 일본과 한국에서의 특정 악취물질의 채취법, 농축법과 분석방법의 비교에

서, 특히 트리메틸아민의 경우에 악취시료의 채취방법이 용액흡수법과 여지법으로 서로 다르며, 아세트알데히드는 분석시 GC의 검출기가 선택적 검출감도가 뛰어난 FTD(알칼리 열이온화검출기) 대신에 FID(수소염이온화검출기)를 사용한다는 점과 스틸렌의 채취방법으로 악취시료용 봉지 대신에 TENAX를 이용한 흡착 또는 진공병에 의한 채취로 차이가 있다. 이와같은 차이점은 물론 악취물질 기기측정법의 초기 도입단계에서의 우리의 현실적 그리고 경제적 사항들을 고려하여 환경부에서도 정한 것으로 개인적으로는 사려된다. 물론 현행의 우리의 방법들이 무조건 나쁘고 외국의 방법이 옳다는 것은 아니다. 다만 도입 초기단계에서 관련 악취전문가들의 보다 적극적인 검토가 있었다면 보다 현실적이고 경제적이며 너무 다양하지 않는 방법의 선택도 가능하지 않았겠는가 생각되며, 일본의 경우에도 현행 방법들이 채택되기까지는 장기간에 걸친 '악취물질의 측정등에 관한 연구'의 결과에 따라 단계적으로 바뀌어져 왔음을 제시하고자 한다.

다. 관능측정법

인간은 다섯가지의 감각에 의해서 외부의 필요한 정보를 얻고 그것을 판단함과 아울러 위험을 보다 적게 하여 생활하고 있다. 인간의 경우는 특히 눈이 잘 보이니까 가장 정보량이 많아서 정보의 90%는 시각에 의해서 얻으며, 그 밖에는 청각, 미각, 후각, 피부감각의 차례로 정보가 얻어지고 있다고 한다.

어류, 곤충, 야생동물 및 개의 경우에는 후각의 본래 목적인 危險豫知, 食, 性を 위해서 후각이 필수적이지만 인간의 경우에는 밥이나 생선 등이 썩고 있지 않는가? 도시가스나 프로판가스 등이 누출되고 있지는 않는가? 또는 송이나 오렌지의 향기가 식욕을 일으킨다든지, 향수나 꽃의 향기로 마음이 부드러워진다는 등의 목적들에 필수적이지만 후각이 전혀 감지되지 않아도 시각, 청각, 미각 등이 없는 것보다는 생활하는 데에의 지장은 많지 않다.

그러나 후각은 지극히 원시적인 감각기관으로서 본능적인 것으로, 보다 향기 있는 환경에서는 보다 즐거운 생활을 얻을 수 있으나 반대로 악취가 있다면 부패나 병충해에의 위험에 접하게 되는 율이 높다고 할 수 있다. 따라서 공장 등에서 악취가 방출되고 있다면 인근의 주민은 이것이 생활하는 데에 적당하지 않다고 하는 정보를 후각에 의해 얻게 되므로 공장측이 공해가 아니라고 하여도 주민의 본능적인 감각이 이것을 허용하지 않게 된다.

후각으로 느껴지는 냄새에는 강도, 성질[쾌·불쾌등의 인용성(기호성)과 희석하는 것으로 냄새의 강도변화를 나타내는 광범성 등을 포함]의 2종류가 있으며, 그 어느 쪽도 후각에 의해서 처음으로 깨닫게 된다.

< 후각에 의한 관능측정법의 장점 >

- 1) 악취물질의 감지능력이 뛰어나다. 예를 들어 Methyl mercaptan의 감지역치는 0.1ppb이다.
- 2) Weber의 법칙에 따른 다음 식에서도 알 수 있는 바와 같이 악취농도가 저농도 범위에서는 그 농도와 질의 변화가 미약하여도 후각으로 감지, 식별 할 수 있다는

것을 의미하고 있다.

Werber의 법칙 $\Delta R/R = \text{constant}$

단, R : 자극량

ΔR : 자극의 변화가 감지될 수 있는 최소 자극량

즉, 후각에의 자극량이 클때는 감지될 수 있는 자극의 변화량도 크지만 적은 자극량 일 때는 감지할 수 있는 자극변화량도 적다는 것을 나타내고 있다.

- 3) 냄새의 량과 질의 자극을 동시에 감지, 평가 하는 것이 가능하다.
- 4) 냄새나는 물질들 사이에 있는 량과 불쾌감의 상승, 상쇄작용 등의 냄새의 변화를 종합적으로 평가할 수 있다.
- 5) 후각에 의해서 그 시대와 지역의 악취공해 수준을 나타낼 수 있으며, 그것은 결국 이 방법이 아니고는 기준치를 나타낼 수 없다는 것이다.
- 6) Weber-Fechner의 법칙에서도 알 수 있는 바와 같이 악취물질별로 그의 농도와 후각 감각량과의 관계가 대수관계라는 것을 알 수 있다. 따라서 악취물질농도와 후각 자극량과의 양자의 관계를 규명하는 데는 후각에 의한 관능측정법과 화학분석법의 양자 모두가 필요하게 된다.

Weber-Fechner의 법칙 $E = K \log R$

단, E : 감각자극량, K : 물질에 따라 정해진 정수

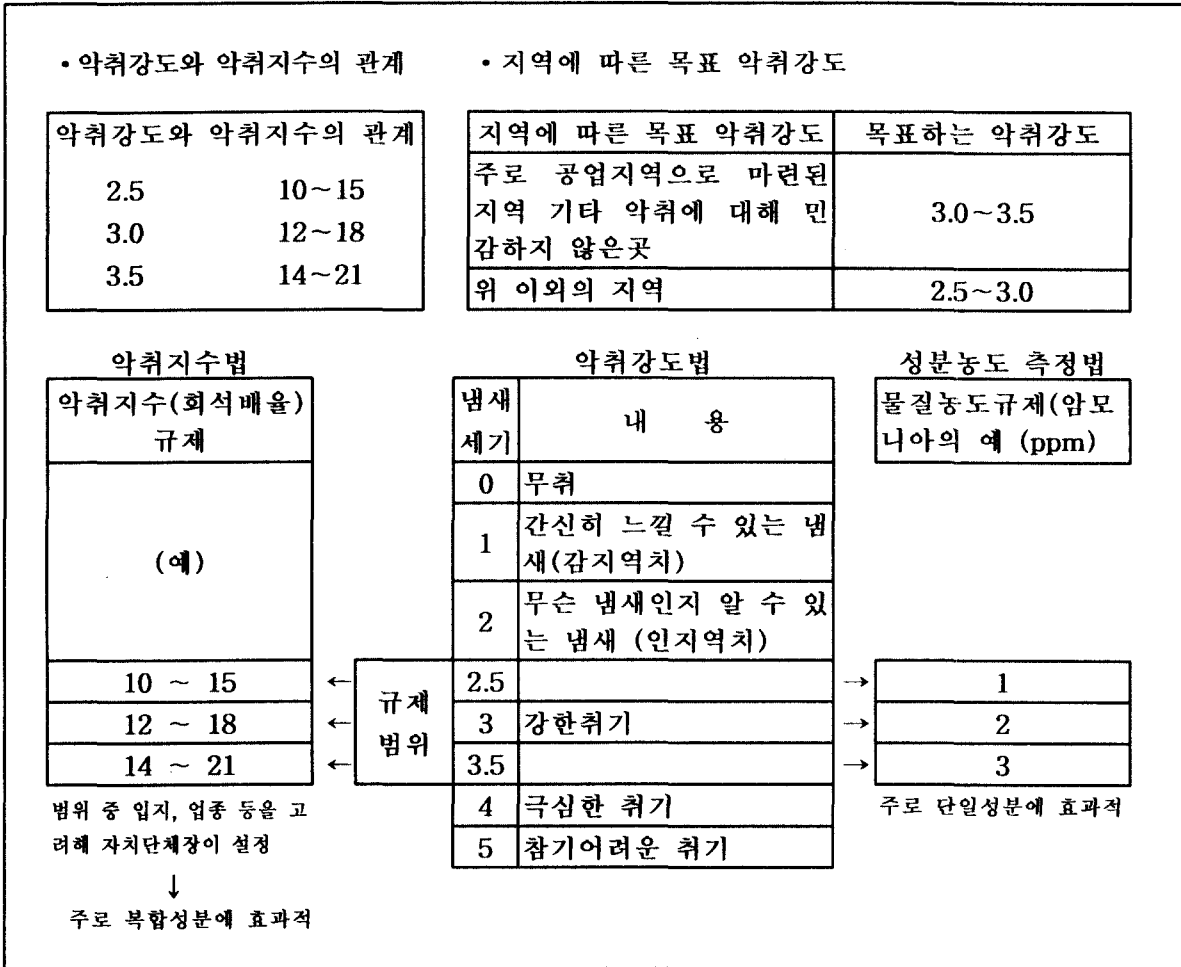
R : 물질량(미각, 후각의 경우는 물질량, 청각, 피부감각의 경우는 압력등의 물질량)

<후각에 의한 관능측정법의 단점>

- 1) 후각은 순응(피로)하기 쉽다. 동일한 농도 및 성질의 냄새를 수분간 계속해서 맡게 하면 곧 순응하게 된다. 이때 농도가 높으면 순응은 빠르고 회복은 늦게 된다. 악취물질이 자극취(Acrolein, 이산화유황 등) 일 경우에는, 자극적이지 않고 불쾌감이 높은 냄새(MM, MS, TMA, 이소길초산 등) 보다도 순응이 현저하게 빠르고 회복에는 장시간이 걸린다.
- 2) 인간의 후각은 냄새, 량의 수치화와 성질의 과학적인 표현능력이 우수하지 못하다. 특히 감각강도의 수치화는 <표 4>에 있는 6단계 악취강도표시법에서 알 수 있는 바와 같이 6단계로 나누는 것이 보통의 사람이 구별할 수 있는 가능한 최대의 단계이다. 또한 성질의 표현은 인간의 경우에 냄새만의 표현이 아니고 통상 맛이나 꽃, 식물 등에서 맡아지는 냄새에 유사하게 표현할 수밖에 없다.

<표 4> 6단계 악취강도 표시법

악취강도	악취강도구분	
0	무취	None
1	감지취기	Threshold(감지역치, Detective threshold)
2	보통취기	Moderate(인지역치, Recognition threshold)
3	강한취기	Strong
4	극심한취기	Very strong
5	참기어려운취기	Over strong



<그림 3> 일본의 관능측정에 의한 악취규제법

- 3) 쾌·불쾌등의 냄새의 인용성(기호성)은 개인, 민족 및 생활수준, 공해의식 등에 따라서 현저하게 차이가 난다. 이것은 반대로 그 시대와 지역 및 생활수준의 주민이 나타낸 악취공해의 수준을 그 지역에 적용하는 것이 옳바르다는 것은 의미하고 있다.
- 4) 악취의 예민도도 개인 및 민족에 따라서 차이가 난다.

- 5) 냄새의 평가가 여러 감각들 중에서도 보다 감각적, 주관적인 것으로 암시, 선입관, 이익과의 관계에 따른 영향 등의 심리적 요소에 따라서 다소 변화된다.

3. 결 언

악취의 측정·평가라고 하는 것은 최초에 인간의 후각을 자극하는 냄새나는 물질이 있어서 그 냄새를 화학분석법으로 측정해보니까 그것이 어떠한 물질구성을 하고 있으며, 그 각각의 농도는 어떠한가 하는 것을 알 수 있었다. 그러나 처음에는 어떤 공기를 미량 분석을 함에 있어서도 그러한 미량물질이 인간의 후각과 어떠한 관계에 있는 것인가는 알 수 없는 것이었다. 이것은 언뜻 보아서 쉬운 것 같지만 악취를 분석하는 쪽에서는 충분히 그것을 인지하고 있지 않으면 냄새의 정확한 평가는 불가능하다는 것이다.

과거 일본에서 조사된 바에 의하면 악취공해의 중요한 물질이 거의 1000종류라고 하지만 우리들과 같이 악취를 전문으로 하고 있는 자에 의한 신뢰할 수 있는 물질농도와 후각 자극량과의 관계를 나타낸 Data는 거의 몇 종류 밖에 없다. 이러한 현상을 예를 들어 설명하자면, 세계적으로 중요한 기밀정보를 입수하였으나 (즉, 현대의 발전된 기기 측정기술에 의해서 미량물질의 검출 Data는 얻어졌지만) 이것을 해석할 수 있는 해독서(후각실험 Data로써의 감지역치나 공해정도)가 없으므로 결국 정보도 무용지물이 되는 것과 마찬가지다.

이러한 것을 정리해보면 후각에 의한 악취측정법 즉, 관능측정법이 다성분계의 악취가 인간에서 가해지는 악취세기의 감각량을 나타내는 데는 가장 우수한 방법이라는 것에는 이론의 여지가 없을 것이다. 결국 어느 정도의 기기분석의 검출정도와 측정기술이 진보되어도 인간의 감각량의 모든 것을 정확히 직접 표시하는 것은 불가능한 것으로 알려져 있다. 또한 인간이 가지고 있는 냄새나는 물질의 세계와 개나 고기 등이 가지고 있는 냄새의 세계는 그의 종류, 강도, 쾌·불쾌, 그 밖의 냄새의 평가가 모두 크게 다르다. 따라서 우리들은 인간의 후각에 의해서 악취의 세기와 쾌·불쾌의 정도를 정량화 시키는 것이 현실적인 최선의 과제라고 판단된다.

그러나 그것에는 인간의 후각이 가지고 있는 장점과 결점을 충분히 인지할 필요가 있으며, 장점은 최대한 이용하고 결점은 훈련과 기타의 방법으로 보충해서 보다 보편성, 재현성이 있는 관능측정법과 후각측정 판정원의 선정 및 그의 육성방법의 확립등이 필요하다. 아울러 우리의 후각특성에 따른 각 악취물질별 최소감지값의 측정과 악취물질농도와 악취강도, 악취지수(냄새지수)등과의 상관성에 관한 기초적이며 장기적인 연구가 정부차원에서의 시급한 과제라고 판단된다.

참고문헌

- 重田芳廣：官能試験法概論と悪臭公害の評価方法，日本環境衛生センター - 第4回官能試験法講習會テキスト，1~44，1975.
- 和田陽平，大山正，今井省吾編：感覺，知覺心理ハンドブック，875~880，誠信，1976.
- 佐藤昌康編：味覺嗅覺の科學，234~235，朝倉，1972.
- 西田耕之助：悪臭公害の評価，大氣汚染調査研究會誌，13，5~41，1979.
- 重田芳廣：新しい臭氣抱集方法とダクトワーク，第1回悪臭公害センタ講演集，979~982，1974.
- Hellman, T.M., Small, F.H. : Characterization of Odor Properties of 101 Petrochemicals Using Sensory Methods, JAPCA, 24(10), 979~982, 1974.
- 東京都公害研究所：悪臭の評価，東京都公害研究所報，52~53，1972.
- 許木，許喆九：ASTM注射器法에 의한 環境惡臭의 官能測定法에 관한 研究，大韓環境工學會誌，12(3)，1~8，1990.
- 許木：改良 三點比較式 臭袋法에 의한 環境惡臭의 官能測定法에 관한 研究，大韓環境工學會誌，14(4)，327~334，1992.
- 許木：악취공해의 특성과 측정평가방법，첨단환경기술，1(6)，6~14，1993.
- 西田耕之助：悪臭制御概論，環境技術，10(3)，70~80，1981.
- 日本悪臭公害研究會：悪臭と官能測定，惠比壽，1980.
- 日本環境衛生センター：悪臭物質の測定等に關する研究，環境廳，215~312，1980.
- 日本環境廳：においの用語と解説，(社)臭氣對策研究協會，1991.
- 石黒辰吉：臭氣對策の基礎と實際，Ohmsha，1997.
- 西田耕之助：消・脱臭技術の進歩と實務，(株)綜合技術センター，1994.