

기술기고문

악취의 측정과 관리수단 - 실시간 악취모니터링 시스템



목 차

1. 머리글	1-3
2. 악취관리 현황	2-3
. 2.1. 악취관리정책	2-3
. 2.2. 악취관리기술	2-5
3. 악취의 특성과 후각	3-6
. 3.1. 악취의 특성	3-6
. 3.2. 후각역치	3-6
4. 악취의 확산	4-7
5. 악취측정방법	5-10
. 5.1. 악취공정시험방법	5-10
. 5.2. 공기희석관능법	5-12
. 5.3. 후각관능측정의 안전문제	5-17
. 5.4. 악취측정방법의 전망	5-18
6. 가스센서와 냄새센서	6-19
. 6.1. 가스센서	6-19
. 6.2. 냄새센서(전자코)	6-20
7. 악취측정 장치와 실시간 악취모니터링 시스템	7-22
. 7.1. 악취측정 장치	7-22
. 7.2. 실시간 악취모니터링 시스템	7-24
8. 악취확산 모델링	8-27
9. 악취관리의 개선과제	9-29
참고문헌	9-29

1. 머리글

대기오염방지기술의 꾸준한 연구와 개발로 인하여 우리는 숲과 같은 맑은 공기속에서 생활하며 쾌적한 환경을 후손에게 물려줄 수 있다는 희망을 가지고 있다. 그러나 악취분야는 아직도 연구하고 발전시켜야 할 분야로 특히 악취를 측정하고 이를 모니터링하여 관리하는 기술은 매우 미진한 상태이다. 이는 냄새의 좋고 나쁨과 냄새의 강도가 사람의 주관적인 느낌과 후각기능의 감각차이에 의해 각자 다르게 평가되기 때문이다.

최근 반도체기술을 적용한 냄새센서의 상용화로 악취측정에 있어 기계적 악취측정장치로 대체되어가고 있으나 이러한 악취측정장치들은 아직도 후각에 의한 관능측정과 상당한 차이를 보이고 있으며, 이는 센서의 ppb단위의 후각역치 범위에서의 신뢰성 문제와 악취를 해석하고 이를 수치화하는 방법과 수단이 정립되지 않은 까닭으로, 센서의 신뢰성 확보가 우선이기는 하지만 이는 조만간 해결될 수 있는 과제로 오히려 객관적인 악취관리수단의 확립과 악취해석의 정량화가 더욱 시급한 과제로 대두되고 있는 것이다.

2. 악취관리 현황

2.1. 악취관리정책

생활수준의 질적향상에 따라 악취문제는 더욱 부각되고 있으며, 악취를 생활공해의 일원으로 취급하여 이를 관리 혹은 저감하기 위한 제도적인 장치로 정부는 2005년 악취방지법을 제정하여 시행하기에 이르렀으며 주요내용은 다음과 같다.

<악취방지법 제정>

(1) 복합악취와 지정악취물질

복합악취란 가스상의 악취물질이 복합적으로 존재하면서 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새로, 이러한 복합악취의 원인물질을 22종으로 분류하여 지정악취물질로 정하고 있다.

(2) 악취배출시설 및 배출허용기준

악취를 유발하는 시설·기계·기구·기타 물체를 악취배출시설로 규정하고, 이 악취배출시설에서 배출되는 악취의 배출허용기준을 정하여 관리하고 있다.

(3) 악취실태조사

지정된 악취관리지역 안의 대기 중 지정악취물질의 농도와 악취의 정도 등 악취발생 실태를 주기적으로 조사하고, 관할구역에서 발생한 악취 민원 및 조치결과 등을 환경부장관에게 보고하도록 하고 있다

(4) 악취오염공정시험방법

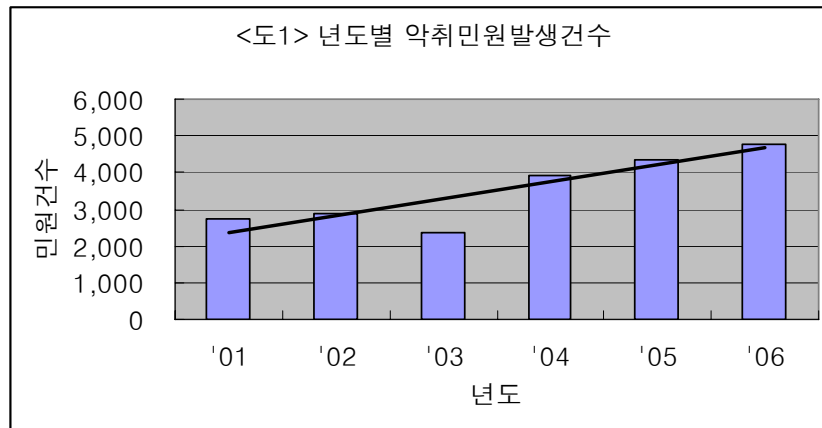
악취측정의 신뢰성을 높이고 측정의 정확과 통일을 기하기 위하여 악취오염공정시험방법을 마련하고 있다.

(5) 악취관리지역의 지정

시·도지사가 악취를 유발하고 있거나 피해정도 등의 현실을 고려하여 악취관리지역으로 지정한 후 악취방지계획을 수립하여 주민의 생활환경 보전을 위하여 사업장에서 배출되는 악취를 규제도록 하고 있다.

<악취민원발생추이>

정부 및 지자체에서는 악취민원과 관련하여 발생형태, 원인 등을 파악하여 정책에 반영하고자 지역별, 산업단지별, 시설별 등으로 분류하여 악취민원추이를 분석하고 있다.



악취민원발생은 <도1>과 같이 '06년도에는 4,797건의 악취민원이 발생하고, '03년 이후 연평균 14.5%로 지속적으로 악취민원이 증가하고 있는 실정이다.

또한 분석한 내용에 따르면 '06년 악취 민원의 35.1%인 1,684건이 산업단지지역에서 발생한 것으로 보고되었다.

<2007년도 악취관리 정책방향>

위와 같은 악취민원분석을 토대로 정부관련부처에서 발표한 2007년도 악취관리의 정책방향은 다음과 같다.

<악취배출 사업장 관리 강화>

악취관리지역내 민원발생업체 및 악취배출사업장에 대해 악취방지시설투자를 유도하고 악취취약시기에 집중적인 민·관합동 감시활동 및 행정지도를 강화한다.

<악취관리지역 지정제도 활성화>

악취관리지역외 민원 증가로 악취관리지역을 추가하도록 한다.

<악취배출 사업장 맞춤형 기술 지원>

악취취약사업장을 대상으로 사업장별 악취원인물질 및 운영 실태조사, 악취방지시설의 문제점 및 종합대책 제시 등 기술지원을 실시하여 시설개선, 보수 등 악취를 효과적으로 관리할 수 있도록 지원을 강화한다.

<대규모 공동주택 조성시 악취영향 검토 강화>

산업단지 인근에 주택단지를 개발하는 경우, 환경영향평가 실시 등 입주인에 대한 악취 영향을 충분히 고려할 수 있도록 한다.

<악취저감 및 지역 환경 개선을 통한 완충녹지 조성사업>

산업단지에서 배출되는 악취의 확산을 방지하고 지역주민의 쾌적한 생활환경 및 심리적 안정감을 주도록 완충녹지 조성사업은 추진 지원한다.

<악취담당자간 협력 및 역량 강화>

규제 대상외의 시설에서 발생하는 악취민원의 해소책으로 배출허용기준을 초과하여 특별한 관리가 필요할 경우 악취관리지역을 지정을 적극적으로 고지하도록 하여 사업장 담당자의 악취관리능력 제고와 사업장의 악취개선을 도모한다.

2.2. 악취관리기술

악취를 관리하기 위한 악취방지법 시행 등으로 인하여 악취저감을 위한 하드웨어적인 장치와 설비에 대한 투자는 증가되고 있으나 소프트웨어인 악취관리수단은 아직 초보적인 단계에 머무르고 있는 실정이다. 이미 대부분의 악취발생사업장에서는 많은 자금을 투자하여 악취저감설비를 설치하여 운영하고 있으나 이를 효과적으로 운영하기 위한 악취관리방안이 정착되지 않은 상태로, 사업장에서 발생하는 악취를 측정하고 이를 모니터링하여 생산공정을 적절히 제어하는 방법과 수단이 갖추어지지 않은 것이다.

산업단지 또는 사업장의 악취를 측정하고 모니터링하는 수단에 대한 기술을 알아보기 위하여 이와 관련하여 출원 또는 등록된 특허를 살펴보면 다음과 같다.

<표 1 악취분야 특허출원>

출원번호	출원인	제 목	요 약
10-2003-0010478	가부시키가이샤 시마쓰세사쿠쇼	냄새측정장치	냄새의 유사성을 결정할 수 있고 인간의 코의 감도와 유사한 감도를 가지고 측정을 수행할 수 있는 냄새 측정 장치
10-2004-0031227	(주)엔버스	냄새감지센서를 이용한 냄새발생량 산정과 냄새확산모델을 이용한 냄새 모니터링 및 예측 방법	냄새의 정도를 전기적인 값으로 평가하고, 그 결과를 기존의 평가방법과 비교하여 냄새발생량을 산정하며, 이를 냄새확산모델에 적용하여 냄새의 세기와 범위를 예측하는 방법
10-2004-0110156	포항산업과학연구원/ 주식회사 포스코	실시간 모니터링을 통한 악취관리 시스템	악취를 감지할 수 있는 센서를 이용하여 실시간으로 악취배출원에서의 악취농도를 측정함으로써 악취 발생원을 효율적으로 관리하는 장치
10-2005-0119296	한국전자통신연구원	실시간 악취 모니터링/관리 시스템 및 그 방법	악취 센서를 이용하여 실시간으로 악취 발생량을 모니터링하며 악취 발생시 악취를 유발하는 기체를 자동 채취 및 포집하여 악취를 모니터링/관리하는 시스템 및 그 방법
10-2006-0014134	(주)엔코코/김동원	전처리부를 구비한 악취 측정 장치를 이용한 괴리도 산출 방법 및 희석 배율에 따른 예상 악취 정도 산출 방법	악취시료의 온도, 습도와 희석배율을 조정하는 전처리부를 구비한 악취 측정 장치와 이를 이용한 괴리도 산출 방법 및 희석 배율에 따른 예상 악취 정도 산출 방법
10-2008-0028619	(주)엔코코/김동원	악취관리수단과 쌍방향통신 기능을 구비한 실시간 악취모니터링 시스템	냄새센서의 전기적인 값을 해석하여 희석배율에 따라 악취지수로 전환하고, 악취지수와 상관관계에 따라 검량선을 산출하고, 악취배출허용기준을 설정할 수 있는 수단과 악취지문을 도출하여 악취발생원을 추적할 수 있는 수단과 표준검량선을 이용하여 악취의 원인물질 및 농도를 추출할 수 있는 수단을 구비하여 악취를 관리하고

			이를 이용한 실시간 악취모니터링 시스템
--	--	--	-----------------------

3. 악취의 특성과 후각

악취발생현장에서 악취시료를 채집하여 악취를 측정하는 것은 매우 어려운 일이며 더욱이 악취의 특성과 시간적인 차이로 인하여 악취측정의 결과는 실제와 많은 차이를 보여 민원에 의한 경우에는 악취측정결과를 신뢰하지 못하는 주요 원인이 되고 있어 악취를 관리하는데 있어 어려운 점이기도 하다.

3.1. 악취의 특성

우선 악취의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

<저농도의 복합물질>

대부분 악취의 후각역치최소농도는 1ppb 이하인 경우이며, 악취는 다양한 성분으로 구성되어 한 가지 악취라도 다양한 성분이 포함되어 있다.

<각 성분의 상호작용>

다양한 성분끼리 상호 상승작용과 상쇄작용을 하여 악취가 강해지기도 반대로 약해지기도 한다.

<Weber-Fechner의 법칙>

후각으로 느끼는 감각량은 성분농도의 대수에 비례한다. 즉 성분농도가 10배로 증가하면 후각은 약2배 정도 증가로 느낀다는 것으로, 역으로 악취성분을 90% 감소시켜도 후각은 30~50%정도만 감소된 것으로 느끼는 것이다.

3.2. 후각역치

사람의 후각의 경우 악취가 코로 유입되면 신경세포에서 냄새의 신호를 사람의 호흡과 반사작용 등 기초대사를 관장하는 측좌핵과 시상과 시상하부로 보내져 냄새를 비교하고 기억하며 약 1000 종류의 냄새를 구별할 수 있다고 알려져 있다.

사람이 냄새를 인지하는 후각역치(嗅覺閾值, Odor Threshold Value)에는 “검지역치(절대역치)”, “인지역치” 및 “변별역치”가 있으며 다음과 같다.

<검지역치(檢知閾值)>

무취상태에서 서서히 냄새농도를 높여가다보면 일정농도에서 어떤 종류의 냄새인지는 모르지만 냄새의 존재를 느낄 수 있는 단계가 있다. 이 최소농도를 검지역치(Detection Threshold Value)라고 한다.

<인지역치(認知閾值)>

검지역치농도보다 농도를 더 높이게 되면 냄새의 질이나 느낌을 표현할 수 있는 단계가 된다. 이 최소농도를 인지역치(Recognition Threshold Value)라고 한다.

<변별역치(辨別閾値)>

변별역치(differential Threshold Value)란 원래의 자극량을 어느 정도 변화시키면 자극이 변했음을 감지할 수 있는가를 의미하는 것으로 일반적으로는 원래의 자극량의 변화%로 나타내며 웨버비(Weber比)라고도 한다.

일반적으로 이 변별영역이, 빛의 경우는 1-2%의 변화를 느낄 수 있으며 소리는 200Hz의 순음에서 0.3% 정도의 변화를 감지할 수 있다고 한다. 이에 비해 냄새의 경우는 4.2%(n-Butanol), 9%(Amyl Acetate)등으로 냄새의 종류에 따라 차이가 있지만 13-33%의 범위로 보고되고 있다.

<검지 및 인지역치의 측정>

공기중의 역치정도를 측정하는 경우에는 시험공기를 무취공기로 희석한 후 관능평가를 하게 되는데 이 희석하는 방식은 주사기로 희석하는 주사기법, 공기 구멍수로 희석을 조절하는 Scent Meter법, 기계적으로 희석을 변경시키는 Olfactometer법, 일정한 용적의 방을 이용하는 무취실법, 주사기법을 개량하여 Polyester제 Bag을 이용한 삼점비교식 취대법(臭袋法) (Triangle odor bag method) 등이 있다.

또한, 검지역치와 인지역치의 경우, 일반적으로는 농도로 표시되며 단위는 ppm만을 주로 표기하고 있으나, 냄새분자의 크기가 물질에 의해 변하거나 같은 %나 ppm 단위에서도 물질에 의해 분자수가 변화하게 되므로 정확히는 중량/중량(W/W), 중량/용량(W/V), 용량/용량(V/V)등으로 측정단위를 정하고 있으므로 데이터를 볼 경우 주의할 필요가 있다.

4. 악취의 확산

악취는 대기중에서 이동하며 물리적으로 희석되거나, 화학적으로 혼합되어 확산되어지며 마침내 후각으로는 인지할 수 없게 된다. 한편으로 산업지역의 굴뚝 등에서 배출되는 악취는 공장의 운전상황에 따라 정상적으로 배출되는 경우외에 간헐적인 배출이나 유량이 변동하는 등의 비정상적인 배출도 있다.

여기서 정상적인 배출을 가정하여 악취발생원의 입지조건이나 기상조건 등, 악취발생현장의 조건에 따른 악취의 확산에 대하여 좀 더 알아보기로 한다.

<악취의 퍼짐>

굴뚝(발생원)에서 배출된 악취는 상하좌우로 움직이면서 풍하방향으로 흘러가게 되고 어느정도의 시간이 흐른 뒤에는 일반적으로 원추형의 모양이 된다. 또한 악취의 농도는 발생원에서 멀어질수록 약해지게 된다.

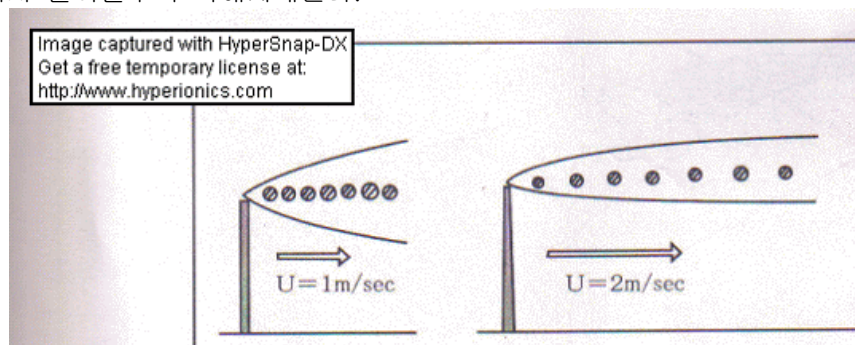


그림 - 1 바람에 따른 확대의 개념

또한 이 원추형 모양에서 악취의 농도는 중심부에서 가까울수록 높아, 농도의 분포는 이론적으로 정규분포로 표시할 수가 있으며 이 농도분포를 정규확산식 또는

플룸(Plume)식이라 하며, 정규분포도의 표준편차에 해당하는 계수를 확산폭이라고 부르며 거리의 단위를 갖는다.

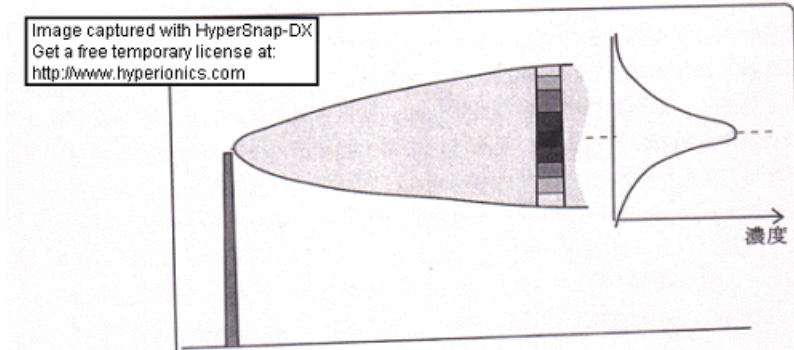


그림-4 약취의 농도분포

또한 약취의 농도는 풍속에 역비례하므로 약취의 농도는 다음식과 같이 표시할 수 있다.

$$C = \{Q / (2\pi\sigma_y\sigma_z)\} \{1/u\} \exp \{-y^2 / (2\sigma_y^2)\} \exp \{-z^2 / (2\sigma_z^2)\}$$

여기서 Q 는 단위시간당 약취물질 배출량으로 g/sec 로 표시하고, 확산폭 σ_y 및 σ_z 는 거리의 단위를 갖고 m 의 단위로 표시되지만 풍하방향으로 이동하는 거리 또는 시간이 크게 됨에 따라 확산폭도 크게 된다. u는 풍속으로 m/sec 의 단위로 나타낸다.

<약취의 상승>

약취배출원이 굴뚝인 경우 약취는 위로 향하는 속도를 갖으며 대기의 저항에 의해 속도가 감소하다가 상승을 멈추게 되는데 이 상승을 운동량상승이라 부른다. 또 배출되는 약취는 대부분 대기보다 온도가 높은 것이 많으며 이 온도차 때문에 약취는 부력을 가져 상승하다가 온도차가 없어지면 상승을 멈추는데 이를 부력상승이라 부른다.

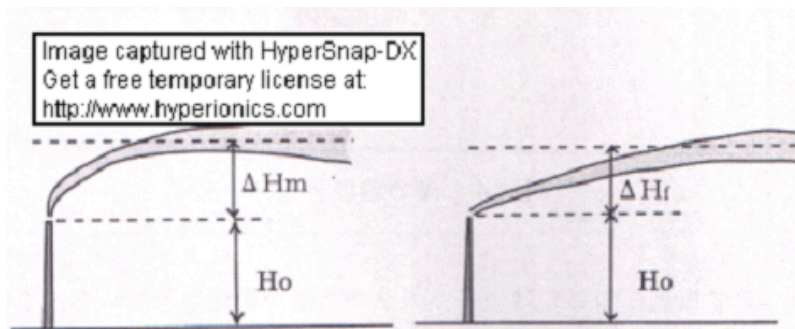


그림 - 5 연기의 운동량상승

그림 - 6 연기의부력상승

약취의 상승은 이 운동상승과 부력상승의 합으로 실제 굴뚝높이의 합까지 더하여 유효상승높이라고 표시한다.

<기상조건과 약취의 확산>

약취는 앞에서 기술한 것과 같이 상승하면서 퍼져나가지만 기상조건에 따라 상승높이가 변하고 동시에 퍼지는 확산폭도 변하게 된다.

이 확산폭에 영향을 미치는 기상상의 요인으로 대기안정도라고 하는 지표가 사용되어지는데, 대기안정도는 대기의 상하방향의 흐트러짐을 나타내는 지표로써, 대기가 상하로 별로 움직이지 않는 상태를 안정(stable), 상하로 활발하게 움직이는 상태를 불안정(unstable)하다고 표현한다. 대기안정도는 높이에 따른 기온의 변화(온도경사라고 하며 높이 100m 에 약 1℃씩의 온도저하를 가지며 이 비율을

단열감률이라 함)로 알려져 있으며, 상하방향의 악취의 확산은 대기안정도에 영향을 받아 확산이 심해지거나 약해지거나 한다.

단열감률보다 온도의 저하가 많으면 대기는 활발하게 상하로 운동하여 불안정한 상태로 되고 연기는 크게 확산되어지며, 반대로 온도의 저하가 적거나 역전되면 대기는 상하로 잘 움직이기 힘들게 되어 안정의 상태로 되어 연기는 퍼지지 않게된다. (그림-7) 또한 안정하지도 불안정하지도 않는 상태를 중립(neutral)이라고 부르고 있다.

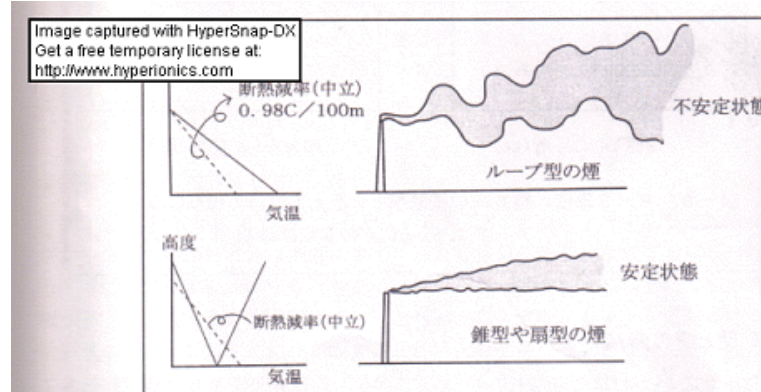
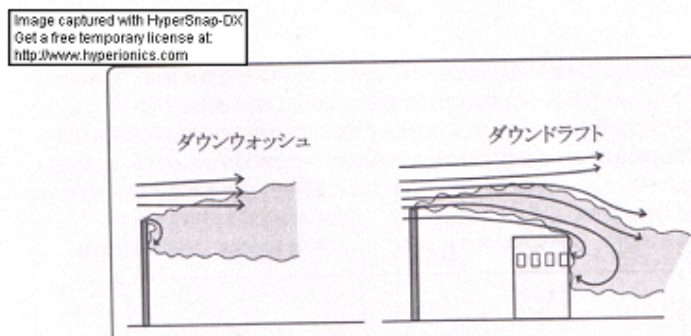


그림-7 기온의 감률(온도경사) 및 연기의 모양

<악취의 흐름과 건물>



굴뚝에서 배출되는 악취의 배출속도와 온도가 높고 그 높이가 200m 이상일 경우에는 앞서 기술한 바와 같이 악취의 운동량과 부력에 의해 악취배출원 주위에 영향을 주지 않지만, 굴뚝 등 배출구가 주위의 건물에 비하여 별로 높지 않을 경우에는 건물의 영향을 고려할 필요가 있다. 배출구 주위의 건물 혹은 지형에 따라 대기의 흐름이 건물 또는 지형지물에 의해 굽으러지거나 소용돌이 즉 와류가 생기기도 하기 때문에 심한 경우 악취가 건물자체를 뒤덮어버리는 경우도 있다. 통상 굴뚝의 높이가 주위 건물의 2.6 배 이상이면 이러한 영향이 없다고 알려져 있다.

<악취확산에 대한 고려사항>

악취발생원의 조건이나 기상조건에 따라 악취확산의 여러변수들에 대해서 알아보았으며 악취발생현장을 파악하는 경우에는 다음사항을 병행하여 검토하여야 한다.

첫째, 배출구에 의한 희석효과로 배출구의 높이, 배출속도, 배출온도를 높게하는 것은 악취의 확산에 의해 희석효과를 높이는 것과 관계가 있다.

둘째, 사업장 전체에서 발생하는 악취는 대기의 안정도에 의해 아침,저녁 또는 날씨가 좋은날 또는 궂은날 등에 밀접한 관련이 있다.

셋째, 지형적인 요인에 따라 하루 중 국지풍(해안지역의 해풍/육풍, 산간의 계곡풍, 분지지역 등)의 바람방향과 바람의 일시멈춤(중립상태)등을 고려한다.

5. 악취측정방법

5.1. 악취공정시험방법

현재 우리나라에서는 악취방지법 제 5 조 규정에 의거, 악취의 배출허용기준을 측정함에 있어서 측정의 정확성 및 통일을 유지하기 위하여 악취공정시험방법인 공기희석관능법, 기기분석법 및 현장연속측정방법, 정도관리(QA/QC)에 대한 규정을 정하여 시행하고 있으며 그 내용은 다음과 같다.

<악취의 측정>

악취의 측정은 공기희석관능법에 의한 복합악취를 측정하는 것을 원칙으로 한다. 악취물질배출여부를 확인할 필요가 있는 경우에는 기기분석법에 의해 지정악취물질을 측정 한다.

<현장연속측정 장치>

악취관리지역의 주변에서 악취의 주기적, 연속적인 측정을 위하여 현장 연속측정장치를 설치하여 측정분석 할 수 있다.

<시료의 채취>

시료의 채취는 부지경계선 및 피해지점(이하 “부지경계선”)에서 실시하는 것을 원칙으로 한다.

또한 악취물질의 화학적인 분석방법인 흡광광도법, 기체크로마토그래피법, 이온크로마토그래피법, 액체크로마토그래피법, 흡광차분광법에 대해 각 절차와 방법을 규정하고 있는데 그 원리 및 적용방법은 다음과 같다.

<흡광광도법(Absorptiometric Analysis)>

빛이 시료용액 중을 통과할 때 흡수나 산란 등에 의하여 강도가 변화하는 것을 이용하는 것으로서 시료물질의 용액 또는 여기에 적당한 시약을 넣어 발색(發色)시킨 용액의 흡광도를 측정하여 시료중의 목적성분을 정량하는 방법으로 파장 200~900 nm에서의 액체의 흡광도를 측정함으로써 수종의 각종 오염물질 분석에 적용한다.

<기체크로마토그래피법(Gas Chromatography)>

시료를 기체화하여 운반가스로 이동시킨 후 이를 컬럼 내에서 분리·전개하여 각 성분을 분석하는 방법으로 공기 중 악취성분에 대한 정성 및 정량 분석에 적용 한다

또한 충전물로서 흡착성 고체분말을 사용할 경우에는 기체-고체 크로마토그래피(GSC)라 하고, 적당한 고체지지체(solid support)에 정지상 액체를 입힌 것을 사용할 경우에는 기체-액체 크로마토그래피(GLC)라 한다.

<이온크로마토그래피법(Ion Chromatography)>

액체시료를 이온교환컬럼에 고압으로 전개시켜 분리되는 각 성분의 크로마토그램을 작성하여 분석하는 고속액체 크로마토그래피의 일종으로서 액체시료 중 음이온(F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻, Br⁻ 및 SO₄²⁻)의 정성 및 정량분석에 이용된다.

<액체크로마토그래피(HPLC)>

기체크로마토그래피에 적용하기 곤란한 비휘발성 물질들을 고정상과 액체 이동상 사이의 물리화학적인 반응성의 차이를 이용해 분리하여 분석하는 방법으로, 공기 중 알데하이드의 정성 및 정량분석에 적용한다.

<흡광차분광법 (Differential Optical Absorption Spectroscopy)>

빛을 조사하는 발광부와 50~1,000m 정도 떨어진 곳에 설치되는 수광부(또는 발.수광부와 반사경)사이에 형성되는 빛의 이동경로(Path)를 통과하는 가스를 실시간으로 분석하며, 측정에 필요한 광원은 180~2,850 nm 파장을 갖는 제논(Xenon) 램프를 사용하여 스타이렌, 벤젠, 톨루엔, 자이렌, 암모니아 등의 대기오염물질분석에 적용한다.

또한 악취물질의 배출여부를 확인하기 위한 기기분석법으로 각 지정악취물질의 시험방법에 대해 다음과 같이 규정하고 있다.

<암모니아 시험방법>

대기 중 암모니아의 농도를 측정하기 위한 방법으로 분석용 시료용액에 페놀-니트로프루시드 나트륨용액과 차아염소산 나트륨용액을 가하고 암모늄이온과 반응시켜 생성되는 인도 페놀류의 흡광도를 측정하여 암모니아를 정량한다.

<메틸머캅탄, 황화수소, 다이메틸설파이드 및 다이메틸다이설파이드 시험방법>

대기 중에 존재하는 황화합물의 농도를 측정하기 위한 시험방법으로 저온농축-모세관 칼럼 기체크로마토그래피 분석법과 저온농축-충전형 칼럼 기체크로마토그래피법(이하 GC로 한다)을 분석방법으로 한다.

<트라이메틸아민 시험방법>

대기 중에 존재하는 트라이메틸아민의 농도를 측정하기 위한 시험방법으로, 저온농축-충전형칼럼기체크로마토그래피(이하 GC), 헤드스페이스-모세관칼럼기체크로마토그래피로 분석한다.

<아세트알데하이드, 프로피온알데하이드,뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드 및 iso-발레르알데하이드 측정방법>

악취물질 중 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드 및 iso-발레르알데하이드에 대한 농도를 동시에 측정하기 위한 시험법으로서 알데하이드 물질을 2, 4-디니트로페닐히드라존(이하 DNPH라 함) 유도체를 형성하게하여 액체크로마토그래피(High Performance Liquid Chromatography, 이하 HPLC)와 기체크로마토그래피(Gas Chromatography, 이하 GC)로 분석 한다.

<스타이렌 시험방법>

대기 중에 존재하는 스타이렌의 농도를 측정하기 위한 시험방법으로 저온농축-기체크로마토그래피(이하 GC로 한다)방법과 고체상미량추출장치(이하 SPME라 한다)-기체크로마토그래피로 분석 한다

또한 지정악취물질을 현장에서 연속적으로 측정하기 위한 현장연속측정방법으로 다음과 같이 규정하고 있다.

<전기냉각/주사기 주입방법의 황화합물 측정방법>

대기 중에 존재하는 미량의 황화물을 현장에서 연속으로 측정하기 위한 장치로서 시료 흡입펌프를 사용하여 일정량 전기냉각(펄티어냉각)저온농축관에 농축한 다음 중, 고온으로 탈착되어 운반기체의 밀어주는 압력과 저온농축관 다음단계에 장착된 주사기펌프(Syringe Pump)에 의한 감압으로 주사기에 이동된다. 농축된 시료는 GC의 컬럼으로 주입되고, 컬럼에 의해 분리된 후 GC/FPD, PFPD(Pulsed Flame Photometric Detector)에 의해 검출된다.

<흡광차 분석장치를 이용한 암모니아 연속측정방법>

1. 개요

흡광차분광법 (Differential Optical Absorption Spectroscopy : DOAS)에 의한 암모니아가스의 고유 흡수파장에 대하여 농도에 비례한 빛의 흡수를 이용하여 대기중의 암모니아가스 농도에 대한 빛의 투과율(I_t/I_0), 흡광계수, 투사거리를 계측하여 암모니아의 농도를 측정하는 방법이다.

<흡광차분석장치를 이용한 스타이렌 연속측정방법>

흡광차분광법 (Differential Optical Absorption Spectroscopy : DOAS)에 의한 스타이렌 가스의 고유 흡수파장에 대하여 농도에 비례한 빛의 흡수를 이용하여 대기중의 스타이렌 가스 농도에 대한 빛의 투과율(I_t/I_0), 흡광계수, 투사거리를 계측하여 스타이렌의 농도를 측정하는 방법이다.

<고효율막채취장치를 이용한 트라이메틸아민과 암모니아의 연속측정 방법>

1. 개요

암모니아, 메틸아민(Methyl Amine), 디메틸아민(Dimethyl Amine), 트라이메틸아민(Trimethyl Amine)의 현장연속측정을 위해 확산 스크러버를 통해 공기 중의 암모니아, 아민 기체를 흡수액으로 채취하고 이온 크로마토그래피 시스템에 주입하여 분석하는 과정을 통해 이루어진다.

<저온농축장치를 이용한 스타이렌 연속측정 방법>

대기 중의 공기를 직접 채취하여 저온농축관에서 농축한 후, 2단 열탈착하여 고분리능 모세관칼럼을 이용한 기체크로마토그래피에 의해 분석대상물질인 스타이렌을 분리하여 기체크로마토그래피의 검출기(FID 등)로 현장에서 바로 분석한다.

<고효율막채취장치를 이용한 카르보닐류의 연속측정 방법>

포름알데하이드(formaldehyde), 아세트알데하이드(acetaldehyde), 아크로레인(acrolein), 아세톤(acetone), 프로피온알데하이드(propionadehyde), n-부틸알데히드(n-butyraldehyde), iso-부틸알데하이드(iso-butyraldehyde), n-발레르알데하이드(n-valeraldehyde)를 현장에서 분석하기 위하여 고성능액체크로마토그래피(이하 HPLC) 시스템에 주입하여 분석하는 과정을 통해 이루어진다.

5.2. 공기희석관능법

앞에서 악취공정시험방법을 살펴보았듯이 악취배출허용기준 초과여부를 규제하기 위하여 악취물질을 측정하는 방법에 대해서 여러가지 절차와 방법 등을 정하고 있지만 주로 지정악취물질에 대한 측정방법으로, 다양한 성분이 상호 상승작용과 상쇄작용을 하여 악취가 강해지기도 반대로 약해지기도 하는 악취의 특성상 사람의 후각에 의한 공기희석관능법을 악취측정의 원칙으로 정하고 있다. 여기서는 악취측정에 있어 보다 현실적인 공기희석관능법의 상세한 절차와 방법에 대해 살펴보기로 한다.

<용어정리>

- 시료희석배수 : 시료공기를 냄새가 없는 무취공기로 단계별(3배, 10배, 30배 등)로 희석한 배수를 말한다.
- 시료주머니 : 시료채취지점에서 시료를 채취한 시료주머니를 말한다
- 냄새주머니 : 시료주머니와 동일한 재질로 악취판정요원의 판정시험에 사용되는 주머니
- 무취주머니 : 냄새주머니에 무취공기제조장치로 제조된 무취공기를 채운주머니를

말한다.

- 시료희석주머니: 무취주머니에 무취공기를 채우고 시료를 적정희석배수로 희석한 주머니를 말한다.

<측정장치 및 기구>

- 자동희석장치 : 시료와 무취공기를 적정비율로 혼합하여 소정의 희석배수가 되도록 하는기기로서 <도 2>와 같이 유량조절기, 판막식 펌프, 유량계, 활성탄조 및 혼합조 등으로 구성되어 있다.
 - . 유량조절장치 (Mass Flow Control)
채취관과 동일한 관을 설치하여 회전수를 변화시키거나 질량유량조절기 (Mass flow controller)나 오리피스 등을 이용하여 시료의 주입량을 조절하는 부분이다.
 - . 제습통
공기 중의 수분을 실리카겔 등으로 제거한다.
 - . 판막식 펌프 (Diaphragm Pump)
판막식으로 소정의 유량을 만들어 공기를 장치내로 보낸다.
 - . 바늘밸브
판막식 펌프에서 나오는 공기의 유량을 일정하게 제어한다.
 - . 활성탄통
판막식 펌프에서 나오는 공기 중의 불순물을 활성탄으로 제거한다.
 - . 혼합조
경질유리제로서 무취공기와 약취시료 가스를 균일하게 혼합한다.
- 무취공기 제조장치: 무취공기는 그림 2와 같은 구조나 동등이상의 장치로 제조한다.
- 채취용기 : 시료채취용기(이하 “시료주머니”라 한다)와 시료채취관(이하 “채취관”이라 한다)은 취기성분이 흡착, 투과 또는 상호반응에 의해 변질되지 않는 것으로서 시료주머니의 재질은 테프론(Teflon), 테드라(Tedlar), 폴리에스테르 (Polyester)로서 이보다 취기흡착성이 낮은것으로서 내용적이 3~20 L 정도의 것으로 한다. 시료채취용기의 제작시 실리콘 (silicone rubber)이나 천연고무 (natural rubber) 같은 재질은 최소한의 접합부 (seals and joints)에서도 사용은 적합하지 않다.
- 판정요원의 관능시험용 마스크 : 판정요원의 관능시험 시 착용 마스크
- 채취장치
 - . 판막식펌프
시료채취펌프는 흡입유량이 1~10 L/분의 용량과 판막식 (다이하프람) 펌프로 취기흡착성이 낮은 재질 (테프론재질)로 된 것을 사용한다.
 - . 흡인상자
그림 4와 같이 구성되어 있고 시료채취주머니는 “채취용기”를 사용하여 흡입상자는 투명수지제로 밀폐 가능한 구조이어야 한다. 흡인펌프는 1~10 L/분의 공기를 흡인 가능 한 것 이어야 하며 먼지가 많은 공기시료는 시료채취 관 유입부에 필터를 설치하여 시료채취 시 먼지가 제거되게 한다. 시료채취주머니는 사용 전에 고순도 질소가스로 1 회 이상 채우고 배기하여 세척 한다.
- 주사기 (희석용) : 시료가 채취된 시료주머니에서 희석 시 사용되는 주사기는 무취성으로 유리재질 (Glass)을 권장하며 용량이 1 mL 이하의 주사기는 기체용주사기 (Gas Tight Syringe)를 사용한다. 주사기는 무향성이

높은 세제를 사용하여 잘 씻고 건조시킨 것을 사용한다. 또한 재질에 상관없이 시료공기로 여러번 씻고 나서 사용한다.

- 시약

· 판정요원선정용 시험액

판정요원선정용 시험액은 표 2와 같은 농도의 시험액을 증류수 및 유동파라핀으로 만들어 사용한다.

- 거름종이 : 길이 14 cm, 폭 7 mm, 냄새 없는 종이

<시료채취 및 관리>

- 시료채취자는 현장에 도착 즉시 다음 사항을 조사한다.

- 1) 공장의 입지여건과 배치상태 및 조업상태
- 2) 현장전체의 악취분포 상태
- 3) 시료채취 대상지역의 기상상태(날씨, 기온, 풍향, 풍속 등)

- 시료채취기록부 작성

시료채취자는 상기 사항을 기초로 하여 시료채취 지점을 선정하고 시료채취와 함께 <표 3>의 악취시료 채취기록표를 작성한다.

- 시료주머니 준비

시료채취 전 시료주머니를 무취공기로 1 회 이상 세척 하고 시료주머니의 무취상태를 확인 한다. 또한 채취관 및 펌프도 사용하기 전에 이물질 제거하고 무취공기로 10 분이상 세척한 후 사용 한다.

- 부지경계선에서의 시료채취지점 선정 및 시료채취

1) 시료채취지점의 선정

시료채취자는 악취가 가장 높을 것으로 판단되는 부지경계선을 시료채취지점으로 한다.

2) 시료의 채취

- (1) 시료채취자는 시료채취 시 시료에 영향을 주지 않도록 신체의 청결을 유지하여야 한다.
- (2) 시료를 채취하기 전에 펌프와 채취관을 시료로 3 분간 흘려보낸다.
- (3) 깨끗한 시료주머니에 시료채취 전에 시료공기로 1 회 이상 채우고 배기한 후 시료를 채취한다.

3) 시료채취는 1~10 L/분의 유량으로 5 분 이내에 이루어지도록 한다.

- 배출구에서의 시료채취지점선정 및 시료채취

1) 시료채취지점의 선정

작업장에서 높이가 5 m이상의 일정한 배출구로 배출되는 경우에는 악취도가 가장 높을 것으로 판단되는 측정공 또는 최종배출구에서 채취한다.

2) 시료의 채취

- (1) 시료채취자는 시료채취지점의 선정 및 시료채취 시 시료에 영향을 주지않도록 신체의 청결을 유지하여야 한다.
- (2) 시료를 채취하기 전에 펌프와 채취관을 시료로 3분간 흘려보낸다.
- (3) 깨끗한 시료주머니에 시료를 1 회 이상 채우고 배기한 후 시료를 채취한다.

3) 시료채취 시 주의사항

일정한 배출구로 배출되는 가스 중에 수분이나 먼지가 함유되어 있다고 판단될 경우에는 채취관 끝부분에 유리섬유(glass wool)를 채워 제거한다. 필요한 경우 채취관 입구부분에 수분응축관을 설치한다.

- 시료의 운반 및 보관
시료채취주머니에 채취된 약취시료는 상온(15~25 ℃)을 유지하여야 하며 직사광선을 피할 수 있도록 차광용기나 차광막(예시: 검은봉지, 아이스박스)을 사용하여 운반하여야 한다. 보관 및 시험할 때도 또한 같다.
- 시료채취 후 가능한 48 시간 이내에 시험하여야 한다.

<판정요원의 선정>

- 판정요원의 선정
 - 1) 약취분석요원은 거름종이(길이 14 cm, 폭 7 mm) 5 매를 1조로 하여 그중 3매는 판정요원선정용시험액(이하 “시험액”이라 한다) 중 3가지와 나머지 2 매는 증류수와 유동파라핀에 각각 약 1 cm 정도 길이를 시험액에 5 분 동안 담가둔다. 이 거름종이는 제조후 약 2~3 분후 시험에 사용한다.
 - 2) 판정요원의 선정은 위의 5 매 1조의 거름종이를 건강한 피검자에게 주어 냄새가 나는 거름종이 3매를 선택하게 하여 3종류의 시험액을 냄새의 종류와 냄새나는 거름종이를 모두 알아 맞추고 약취도가 3, 4인 사람을 예비판정요원으로 합격한 것으로 한다.<표 3 약취판정도>
판정에 사용된 거름종이는 시험 때마다 버린다.
 - 3) 상기 방법에 의하여 선정된 예비판정요원 중 5인 이상으로 판정요원(Panel)을 구성한다. 다만 상기방법에 의해 구성된 판정요원은 당일에 한하여 유효한 것으로 선정한다.
 - 4) 판정요원은 만 19 세 이상 이어야 한다.
 - 5) 약취분석요원도 상기의 판정요원과 똑같은 검사에 합격 하여야 한다.
 - 6) 조사대상 사업장에 대해 이해관계가 있는 자는 피한다
 - 7) 시험당일 감기 등으로 후각에 영향이 있는 자는 피한다
- 판정요원 준수사항
 - 1) 신체의 청결을 유지한다.
 - 2) 시험 전 자극성의 음식섭취, 흡연, 향기 있는 세제 사용, 강한 화장 등 냄새를 감지하는데 영향을 주는 행위를 하여서는 안된다.
 - 3) 관능시험을 실시하기 30 분전에 대기실에 와 있도록 하여야 한다.
 - 4) 관능시험 시 다른 판정요원에게 영향을 줄 행위를 하여서는 안된다.

<분석절차>

- 시료의 공기희석
시료를 환기장치가 설치되어 있는 방 또는 통풍이 원활한 방에서 자동희석장치로 희석하거나 수동으로 희석하여 각 희석배수별로 희석된 시료희석주머니를 관능시험에 사용한다.
 - 1) 수동식 공기희석
 - (1) “냄새주머니”와 동등한 재질로서 내용적이 3~20 L정도의 냄새주머니를 준비한다.
 - (2) 무취공기 제조방법에 의하여 제조된 무취공기로 희석용 냄새주머니를 가득채운 후 마개로 막는다.
 - (3) 주사기를 사용하여 시료가 담긴 시료주머니에서 필요한 양의 시료를 빼낸 다음 소정의 희석배수가 되도록 일정량을 냄새 없는 공기만을 가득채운 무취주머니의 겉표면에 붙인 상표라벨 위에 주사바늘을 찔러 주입한다.
 - (4) 시료를 주입 후 주사바늘의 구멍은 셀로판테이프로 봉한다. 이와 같이 소정의 희석배수가 되도록 시료희석주머니를 제조한다.
 - (5) 이와 별도로 무취주머니 2개를 준비한다.
 - (6) 위의 조작에서 시험용 냄새주머니의 희석배수는 부지경계선에는 약 3 배수씩(10배, 30배, 100배) 단계별로 증가시키면서 희석한다.

배출구일 경우는 (300배, 1000배, 3000배)의 희석배수로 시험을 시작한다. 이때 시료에 따라 최초 희석배수를 선택하여 실시 한다. 약취분석요원은 시료희석주머니의 희석배수와 고유번호 등을 별도로 기재해 둔다.

2) 자동식희석방법

- (1) 희석배수의 설정은 수동식 공기희석방법에 준한다.
- (2) 희석배수에 맞게 유량조정을 위하여 활성탄통을 거치는 무취공기의 유량, 시료주머니안의 공기를 흡인하는 유량 등을 결정한다.
- (3) 시료주머니의 공기와 무취공기가 잘 혼합이 되도록 약 30초간 무취공기를 유량조절하여 통과시킨 후에 “시료희석주머니”의 입구를 분배기의 출구에 꼭 맞게 끼운다.
- (4) 희석조작이 끝나고 다음 단계의 희석조작을 시작하기 전에는 약 3분 이상 펌프의 유량조절을 하여 관속에 남아있는 냄새를 완전히 제거시킨 다음에 희석조작을 실시한다.
- (5) 이와 별도로 무취주머니 2 개를 준비한다.
- (6) 희석조작이 끝나면 10 분 이상 무취공기로 시료가스의 통과라인(관) 및 혼합조를 세척한다.
- (7) 활성탄통의 활성탄 여과지는 1 개월에 한번씩 갈아준다(1 일 2 시간 측정기준)
- (8) 제습통의 실리카겔은 색깔이 변하면 즉시 갈아준다.

- 관능시험

관능시험은 환기장치가 설치되고 통풍과 배기가 원활한 공기희석관능실험실에서 실시한다. 시료희석주머니의 희석배수가 낮은 것부터 높은 순으로 실시하되 다음의 방법으로 한다.

1) 판정요원에 대한 교육

- (1) 판정요원에게 판정당일 냄새가 강한 화장 및 냄새가 강한 식사(흡연, 강한향의 음료, 껌, 자극성 음식)는 피하도록 주의한다.
- (2) 사전에 판정요원에게 관능시험의 순서를 충분히 설명해 준다. 정답의 번호는 반드시 이웃의 판정요원과 같지 않다는 것을 설명해 준다.
- (3) 판정요원에게 관능시험을 시작하기 전에 판정시험의 대기실에 오도록 지시하고 시간에 늦어 충분히 침착해지지 않은 상태로 시험에 들지 않도록 한다.

2) 관능시험 절차

- (1) 판정요원에게 현장에서 채취한 냄새시료를 공급하여 평가대상 냄새를 인식시키고 5 분간 휴식을 취한다.
- (2) 약취분석요원은 최초시료희석배수(부지경계선 10배, 배출구시료 300배)를 판정요원에게 단계별로 희석시킨 시료희석주머니 1개와 별도로 준비한 무취주머니 2개를 1조로 하여 각 판정요원에게 1 조를 제조하여 나누어 준다.
- (3) 판정요원은 그림 3과 같은 관능 시험용 마스크를 쓰고 시료희석주머니와 무취주머니를 손으로 눌러 주면서 각각 2~3 초간 냄새를 맡는다.
- (4) 각 판정요원은 공급된 시료희석주머니와 무취주머니로부터의 시료의 냄새가 구분되는 번호를 기록한다.
- (5) 약취분석요원은 최초시료희석배수 1조의 관능시험절차가 완료된 후 다시 최초시료희석배수 1조를 제조하여 판정요원에게 관능시험을 한다.
- (6) 약취분석요원은 최초시료희석배수에서의 관능시험결과 모든 판정요원의 정답율을 구하여 평균정답율이 0.6 미만일 경우 판정시험을 끝낸다. 정답율의 산정은 시료냄새주머니를 선정한 경우

- 1.00, 무취냄새주머니를 선정한 경우 0.00으로 산정한다.
- (7) 최초시료희석배수 2조의 시료 평가 후 정답율이 0.60 이상일 경우 다음시료희석배수의 평가를 진행 한다. 다음 시료희석배수의 평가는 첫 번째 시료희석배수 시료의 판정결과 각 2조 모두 정답을 맞힌 판정요원만 다음 단계의 시료희석배수 평가를 진행 한다. 다음단계의 시료희석배수로 희석시킨 1 개의 시료와 무취공기 2개를 1조로 하여 관능시험을 실시한다. 또한 다음 시료희석배수 평가 시 정답을 맞힌 약취판정요원이 1인 이하 경우 평가를 중단하고 그 결과를 계산 한다
- 3) 한 단계의 시험이 끝나면 5 분 이상 신선한 공기로 호흡한 후 다음 단계의 관능시험을 한다.

<관능시험 결과치 산정>

- 1) 관능시험 희석배수 결정
관능시험결과 무취로 판정된 시료희석배수의 바로 전단계 시료희석배수를 시험시료희석배수로 한다.
- 2) 희석배수 산정방법
전체 판정요원의 시료희석배수 중 최대값과 최소값을 제외한 나머지를 기하 평균한값을 판정요원 전체의 희석배수로 한다.
- 3) 판정방법
관능시험결과 얻어진 판정요원 전체의 시료희석배수가 배출허용기준치 이내이면 적합, 배출허용기준치 이상이면 부적합으로 판정한다.
- 4) 결과 표시
관능시험결과 희석배수 산정방법에 따라 유효자리수는 소수점 첫째자리까지 계산하고 결과의 표시는 정수로 표시하며 또한 배출허용기준에 따른 적합, 부적합으로 표기한다

5.3. 후각관능측정의 안전문제

앞에서 살려본 바와 같이 약취의 측정은 공기희석관능법에 의한 복합약취를 측정하는 것을 원칙으로 하고 있으며, 필요시 기기분석법에 의해 지정약취물질을 측정하도록 하고 있다. 또한 공기희석관능법은 결국엔 사람의 후각에 의해 약취를 판정하는 것으로, 시료에 포함된 약취물질이 허용농도를 상회하는 경우에는 시료채취자 및 판정원이 허용농도 이상의 유해물질에 폭로될 가능성이 있으며 더욱이 시료채집시에 원취를 맡으면 더욱 더 유해물질에 폭로될 가능성이 높아 작업의 안전성 확보에 만전을 기해야 한다.

다음은 시료채취시 사고의 예와 주의사항이다.

(사례 1)

산업폐기물의 소형소각로의 시료채취 시에 현장에서 약취강도와 냄새의 질을 확인하기 위해 채취봉지내의 약취를 맡았을 때 메스꺼운 기분이 들었다. 시료 중 일산화탄소가 고농도로 있었던 것이 원인이었다.

(사례 2)

도장공장의 용제계 국소배기의 시료채취 시에 현장에서 약취강도와 냄새의 질을 확인하기 위해서 시료채취봉지내의 냄새를 맡았을 때 메스꺼운 기분이 들었다. 시료 중 유기용제 류가 고농도로 있던 것이 원인이었다.

(사례 3)

대규모 도장공장의 옥상에서 시료채취 중에 메스꺼운 기분이 들었다. 채취장소의 주변에서는 국소배기 덕트가 많았고, 그 배출구가

아래쪽으로 개방이 되어 있어서 측정위치 부근의 용제류 농도가 높아지게 되었기 때문이라고 생각되었다.

<시료채집시의 주의사항>

- 사전에 유해 가스의 배출 상황이나 종류, 추정농도 등에 대해 상세한 설명을 듣고 작업에 들어간다.
- 채취한 시료 가스는 상상하고 있던 농도와 다른 경우도 있으므로 최초에 깊이 들어 마시지 않는다.
- 시료의 채취는 배출구의 바람이 불어오는 쪽에서 실시한다.
- 현장상황 등의 변화에 의해 어지러움, 구토 등의 신체에 이상을 느꼈을 때는 즉시 작업을 중지하고 피한다.
- 방독 마스크 등의 착용을 필요로 하는 경우에는 상황에 따라 즉시 사용할 수 있도록 가까이에 준비해 둔다.

5.4. 약취측정방법의 전망

약취측정방법에 있어 최근 국제적 표준화의 흐름이 일고 있다. 유럽에서 냄새측정법과 관련하여 CEN(유럽규격위원회, Committee of European Normalization) 규격을 만들어 그 규격을 ISO(국제표준화기구) 규격으로 표준화시키려하고 있다.

현재 유럽이나 미국, 일본, 모두 인간의 후각을 이용한 후각측정법을 취기측정기준으로 사용되고 있으나, 냄새를 무취의 청정한 공기로 희석했을 때, 냄새가 사라지는 시점의 희석배수를 말하는 취기농도기준은 통일되어 있는 상태는 아니다.

일본에서는 취기농도를 취기지수 = $10 \times \log(\text{취기농도})$ 라고 변환한 취기지수를 사용하며 CEN 규격에서도 역시 취기농도를 위의 식과 같이 변환하여 「Odor Level」이라고 표시하고 있다. 미국의 경우 취기지수라는 개념이 아직 사용되고 있지 않지만 이와 유사한 센토미터(Scentometer)도 취기농도를 구하는 측정법이 있다.

이와 같이 많은 국가들이 취기농도기준을 이용하고 있는데 이러한 취기농도를 구하는 방법이 반드시 일치되어 있지는 않으나 유럽에서 개발된 올팩토미터(Olfactometer)법이 널리 인식되고 있는 실정이다.

올팩토미터법이란 취기시료를 각종 희석배수로 자동희석하여 패널이 냄새를 맡을 수 있도록 노즐에서 희석시료가 나오는 장치이다. 희석은 펌프, 플로미터 등을 통해 자동적으로 이루어지며 컴퓨터에 의해 자동적으로 제어되고 있다.

그러나 취기농도에 의한 약취의 수량화가 우리가 접하고 있는 저농도를 측정하는데는 다소 문제가 있다. 즉 약취의 농도가 높을 경우에는 위 측정법들이 적당하나, 일반환경과 같이 취기농도 10 미만의 취기를 측정하는데는 적당하지 않을 뿐 아니라 냄새의 질에 대해서는 고려되지 않고 있기 때문이다.

현재 취기농도 및 냄새의 질에 대해서는 복수의 센서를 조합한 측정기가 개발되어 약취원인물질의 분석에 의한 해석으로 질의 차이를 그래프화할 수 있게 되어 있는 있지만 약취의 수량화 및 이를 해석하는 소프트웨어의 개발이 병행되어야 할 시점이다.

6. 가스센서와 냄새센서

악취발생현장에서 악취시료를 채집한 후, 이를 악취공정시험법에 의해 시료를 희석하여 관능법에 의해 악취배출농도를 판정한다는 것은 현실적 매우 곤란하며 대부분 악취시료를 채집하여 별도의 장소에서 시험을 하는 것이 보편적인 현실이다. 또한 악취발생현장에서 기기분석법을 실행하는 것 역시 마찬가지이며, 몇 가지 악취물질의 농도를 측정한다고 하여도 이는 전체적인 악취의 농도라고 보기가 어렵다. 따라서 악취 발생즉시 악취농도를 측정하여 수치로 정량화 하기 위한 가스센서와 냄새센서에 대해서 알아보자.

6.1. 가스센서

우리생활에 있어 가스상의 형태로 존재하는 많은 종류의 가스의 농도를 정량하거나 종류를 모두 판별할 수 없으나, 물질의 물리적, 화학적 성질을 이용한 가스센서가 보편화되어 가스의 누설감지, 농도의 측정 기록, 경보 등에 사용되고 있다. 악취센서를 이해하기 위해 우선 반도체식 가스센서의 기본원리에 관해 기술하여 악취센서를 보다 용이하게 이해할 수 있게 하고자 한다.

<반도체식 가스센서>

반도체식 가스센서는 금속산화물(주로 세라믹으로 사용) 반도체 표면에 가스가 접촉했을 때 일어나는 전기전도도의 변화를 이용하는 것이 많으며 대부분 대기 중에서 가열하여 사용된다. 금속 산화물 반도체는 금속원자가 과잉(산소 결핍)인 경우에는 n형 반도체, 금속원자가 결핍인 경우에는 p형 반도체로 부르며 센서제작이 용이하고 검출회로의 구성이 간단하다는 장점이 있다.

이러한 반도체 중 전기전도도가 크고 열적으로 안정한 성질을 가진 SnO₂ 계 가스센서가 널리 사용되고 있으며 주기적 배율을 이루는 원자가 일부 위치에서 존재하지 않는 것(oxygen vacancy-산소결핍) 형태로 외부로부터 열에너지가 가해지면 전자가 전도대(conduction band E_c)로 이동하여 carrier 로 작용하는 n-type 반도체의 특성을 나타낸다. 열에너지는 전도대로 이동하는 carrier 의 갯수와 이동도를 변화시켜 전기전도도를 변화시키고 또한 가스흡착을 변화시키기 때문에 센서특성을 변화시키는 매우 민감한 요인으로 작용한다. 이렇게 SnO₂ 계 반도체 가스센서는 고체의 표면과 기체와의 반응을 이용하는 것으로 기체가 흡착하는 속도와 흡착되는 기체의 선택성은 센서의 동작온도뿐만 아니라 촉매성분과 양, 센서주위의 분위기에 크게 영향을 받는다.

SnO₂ 입자내에는 열에너지가 주어지면 전자의 움직임이 활발해지며 여기에 산소기체(O₂)가 흡착하면 이들 자유전자는 입자표면의 산소기체에 포획된다. 따라서 SnO₂ 입자계면(입계)에 전위장벽이 형성되어 입자간의 전기전도도는 낮아진다. 환원성 기체 또는 가연성기체는 산소기체와 만나 산화되기 때문에 이들 기체가 존재하게 되면 SnO₂ 표면에 흡착되어 있는 산소기체를 제거하게 되고 산소기체에 포획되었던 자유전자는 SnO₂ 입자내로 들어가게 되어 전위장벽은 낮아져 입자간의 전기전도도는 커지게 된다.

결국 산소기체의 흡착량과 탈착량은 센서의 감도를 좌우하게 된다. 기본적으로 산소 흡착량을 많게 하기 위해서는 SnO₂ 비표면적이 커야하며 산소기체의 흡착이 최대가 되는 온도로 높여주어야 한다. SnO₂ 가스센서에서 사용되는 분말입자는 30 나노미터 (1 나노미터는 10 억분의 1 m)정도이고 표면온도는 350 ~400 °C 정도이다.

<SnO₂ 계 가스센서의 특성>

- 초기 동작시 불안정

SnO₂ 가스센서에 전원을 가해서 계속 통전하는 상태와 중간에 전원을 off 했을 때 센서 특성은 많은 차이를 낸다. 전원을 인가하면 센서온도가 급격히 올라가게 되고 반도체인 센서의 저항은 급격히 작아진다. 센서의 온도가 올라가면서 센서 저항은 서서히 커지기 시작해 평형저항(청정공기중의 저항 R_s)에 도달하여 안정을 이루지 못하고, 일반적으로 R_s 값보다 커졌다가 천천히 평형저항을 찾아간다. 이를 센서의 과도특성이라 한다. 초기 통전시 저항이 작아졌다가 R_s 값 부근에 도달하는 데 걸리는 시간은 1 ~ 5 분 정도 소요된다. 이러한 이유 때문에 센서사용시 1 분에서 5 분 정도의 초기 지연회로가 필요하며 정확한 설정값을 얻기 위해서는 2 일 이상의 충분한 aging 을 한 후 설정하여야 한다.

- 온도, 습도, 바람, 기압에 영향

센서 주위온도와 습도가 달라지면 센서의 저항값과 가스감도는 큰 변화를 나타낸다. 반도체 센서이기 때문에 고온인 경우 센서 저항은 낮아지고 저온인 경우 센서저항이 커지는 것은 일반적인 반도체센서의 특성으로 고온 고습의 경우 온도증가와 함께 수분인 H₂O 가 일종의 가스로 작용하기 때문에 고온고습상태 초기에는 센서 저항은 상당히 낮아진다. 그러나 시간이 경과함에 따라 원래저항값을 찾게 된다. 저온저습의 경우는 고온고습의 변화와 정반대의 변화를 나타낸다. 센서에 바람이 불게 되면 센서표면온도가 내려가기 때문에 센서저항이 심하게 바뀌게 된다. 특히 갑자기 비바람이 불거나 차고 건조한 바람이 불게 되면 센서저항은 급격히 커지게 된다. 또한 비가 오기 전의 저기압상태에는 센서저항은 낮아지고 비가 온 후 날이 화창하게 개일 때는 센서저항은 크게 높아진다. 그래서 계절적으로는 봄과 가을에 센서저항변화가 심하게 나타나며 여름철에는 전반적으로 낮은 상태를 보인다.

- 센서감도의 변화

센서의 가스감도는 가스중의 센서저항(R_s, gas)/대기중의 센서저항(R_{air})로 정의된다. 반응은 수초에서 수십 초 내에 이루어지며 저항은 급격히 저하한다. 각 가스에서의 저항변화율이 다르기 때문에 사용목적에 따라 적절하게 설정하여 사용되어지지만 저온건조한 경우 센서의 저항 변화값은 고온다습한 날의 저항변화율보다 크지만 가스중의 저항값은 고온고습한 날의 저항값이 작다.

위와 같이 악취측정용 센서로 주로 사용되는 반도체식 가스센서의 원리와 동작특성에 대해 알아보았다.

대부분의 반도체센서는 고가로 수입하여 가스검출을 위하여 여러방면으로 사용되고 있으며 최근엔 센서의 크기가 점차 작아지고 성능이 향상되고 있을 뿐만 아니라 센서 어레이 기술이 등장함에 따라 여러가지 가스를 동시에 검지·정량 할 수 있는 고성능의 복합가스장치가 개발되어 냄새를 구별할 수 있는 인공후각 시스템의 실현을 위한 노력이 활발하게 전개되고 있다.

6.2. 냄새센서(전자코)

최근에 센서어레이기술과 신경회로망 기술을 결합하여 냄새를 인식하는 전자코 시스템개발이 활발히 이루어지고 있다. 전자코 시스템은 센서의 고성능화, 센서어레이

기술의 정교화 그리고 신경회로망기술의 고도화라는 3대 요소기술로 이루어져 후각기능을 대체할 수 있는 시스템을 말한다.

전자코는 사람 코의 후각세포에 해당하는 센서와 뇌의 후각피질에 해당하는 컴퓨터로 구성되며 사람의 후각세포가 감지한 냄새 정보를 뇌가 처리해 냄새를 지각하는 것처럼 전자코의 센서가 냄새분자에 반응하여 뇌의 후각 정보처리 방식을 모방한 소프트웨어가 냄새를 감별한다.

<인간의 후각>

후각은 냄새가 있는 화학물질의 분자에 의하여 비강 내의 후세포()가 자극되어 일어나는 냄새의 감각이다. 사람의 수용기는 비강의 배측부()에 있는 후상피라고 불리는 황갈색의 점막부분에 있다. 보통의 호흡에서는 들이마신 공기는 하비도()와 중비도를 흘러직접 후상피에는 접촉하지 않지만, 냄새가 있는 물질은 확산에 의하여 달게 된다. 냄새를 맡는 동안 후상피의 표면을 다량의 공기가 흐르게 되며, 냄새감각의 세기는 냄새를 맡는 물질의 농도와 후상피 위를 흐르는 속도에도 비례한다. 후각은 어느 다른 감각보다 예민하며, 개개의 세포의 반응속도는 약 0.5초이다. 또한 건강한 후각기관은 10,000가지 이상의 다른 향을 구분해 내는데 단점은 쉽게 피곤해 진다는 것이다. 다시 말해 한가지 냄새를 지속해서 맡을 경우 인지능력을 상실한다는 것이다.

<전자코>

전자코는 센서어레이(sensor Array)기술을 이용해 특정향기 또는 냄새성분과 각각의 Sensor에서의 전기화학적 반응을 전기신호로 나타낸 것이다. 전자코는 사람의 코가 오랫동안 학습을 통해 냄새를 지각하는 것처럼 냄새에 대한 일정한 정보를 반복해 입력하면 이를 기억해뒀다가 냄새를 인식한다. 인간은 몇 개의 샘플을 테스트하고 나면 비슷한 냄새나 맛을 구분할 수 없기 때문에 계속 검사를 하기 위해서는 휴식을 취해야만 한다. 이에 반해 전자코는 하루 동안 수천 개의 샘플을 테스트해도 여전히 다른 맛과 냄새를정확히 측정할 수 있다. 전자코 시스템에서 결정적인 요소는 그 신경세포의 구실을 하는 센서이며, 용도와 목적에 따라 여러 가지 센서가 이용되고 있고 또한 새로운 센서가 개발되고 있다.

표 1. 전자코 시스템에 이용되는 센서의 종류 및 특징

센서타입	동작원리	강도	특징
금속산화물	전도도변화	5 ~ 500 ppm	경제적/고온동작
전도성고분자	전도도변화	0.1 ~ 100 ppm	저온동작/습도의존성
수정진동자	압전성	1.0 ng	제조용이/주파수변환회로
표면탄성파소자	압전성	1.0 pg	고감도/주파수변환회로
MOSFET	문턱전압변화	~ppm	소형화/고생산성
광학소자	화학발광	~ppb	저잡음/광원
가스크로마토그래피	분자스펙트럼	< ppb	정확성/고가

광스펙트럼	투과광스펙트럼	< ppb	시료의 소모가 없음/고가
-------	---------	-------	---------------


7. 악취측정 장치와 실시간 악취모니터링 시스템


7.1. 악취측정 장치

악취의 측정법으로는 악취방지법 등에서 공기희석관능법과 기기분석법이 정해져 있다. 그렇지만 이러한 방법은 보다 정확하게 측정하는 데는 유효하지만, 측정 조작이 복잡하여 기기 조정비용이나 패널들의 인건비가 들며, 또한 정비와 분석 등에 시간이 걸려서 현장에서의 신속한 대응이 어렵다는 문제가 있다.

따라서 냄새센서를 이용하여 간편히 현장에서 악취를 측정할 수 있는 장치로 휴대용 악취측정기가 등장하여 악취를 간편히 측정할 수 있게 되었다.

현재 상용화되고 있는 악취측정장치들은 단순히 냄새센서의 레벨만을 표시하는 것과 센서의 레벨과 해석수단을 구비한 장치로 크게 구분할 수가 있는데, 사용자의 응용방법에 따라 쉽고 편리하게 악취를 측정할 수 있는 적합한 장치라고 생각되며 제품과 그 특징은 다음과 같다.


제품 : OMU-Sn	특징	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 센서신호를 0 ~ 9900 의 레벨로 출력 ◆ 교정 및 세정가스 사용 ◆ 측정결과를 OU(희석배수),I(악취강도)로 표시 ◆ 호스트 컴퓨터로 데이터 전송 가능 	
	측정원리	반도체 가스센서
	센서수량	6 개
	흡입유량	0.1 ~ 2.0 리터/분
	디스플레이	LCD
	배터리수명	연속측정시 12시간
	크기	400 x 300 x 150 (mm)
	무게	약 3.0 kg


제품 : SOC-010	특징	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 센서출력신호 해석기능 적용 ◆ 센서출력 자체 교정 및 세정기능 내장 ◆ 측정결과를 ppm,OU(희석배수),I(악취강도)로 표시 ◆ 호스트 컴퓨터로 데이터 전송 가능 	
	측정원리	반도체 가스센서(박막형)
	센서수량	8 개까지 장착 가능
	흡입유량	0.5 ~ 1.5 리터/분
	흡배기구경	φ 6.35 mm
	디스플레이	LCD
	배터리수명	연속측정시 12시간
	크기	400 x 300 x 130 (mm)

	무게	약 3.5 kg
--	----	----------

제품 : OMS-P6	특징	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 센서신호를 0 ~ 9900 의 레벨로 출력 ◆ 교정 및 세정가스 사용 ◆ 측정결과를 OU(희석배수),I(악취강도)로 표시 ◆ 호스트 컴퓨터로 데이터 전송 가능 	
	측정원리	반도체 가스센서
	센서수량	6 개
	흡입유량	0.1 ~ 2.0 리터/분
	디스플레이	LCD
	배터리수명	연속측정시 12시간
	크기	400 x 300 x 150 (mm)
	무게	약 3.0 kg

제품 : KALMOR-C	특징	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 센서신호를 0 ~ 9900 의 레벨로 출력 ◆ 교정 및 세정가스 사용 ◆ 측정결과를 OU(희석배수),I(악취강도)로 표시 ◆ 호스트 컴퓨터로 데이터 전송 가능 	
	측정원리	반도체 가스센서
	센서수량	6 개
	흡입유량	0.1 ~ 2.0 리터/분
	디스플레이	LCD
	배터리수명	연속측정시 12시간
	크기	400 x 300 x 150 (mm)
	무게	약 3.0 kg

제품 : XP-329	특징	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 센서신호를 0 ~ 9900 의 레벨로 출력 ◆ 교정 및 세정가스 사용 ◆ 측정결과를 OU(희석배수),I(악취강도)로 표시 ◆ 호스트 컴퓨터로 데이터 전송 가능 	
	측정원리	반도체 가스센서
	센서수량	6 개
	흡입유량	0.1 ~ 2.0 리터/분
	디스플레이	LCD
	배터리수명	연속측정시 12시간
	크기	400 x 300 x 150 (mm)
	무게	약 3.0 kg

제품 : OMX-GR	특징	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 센서신호를 0 ~ 9900 의 레벨로 출력 ◆ 교정 및 세정가스 사용 ◆ 측정결과를 OU(희석배수),I(악취강도)로 표시 ◆ 호스트 컴퓨터로 데이터 전송 가능 	
	측정원리	반도체 가스센서

	센서수량	6 개
	흡입유량	0.1 ~ 2.0 리터/분
	디스플레이	LCD
	배터리수명	연속측정시 12시간
	크기	400 x 300 x 150 (mm)
	무게	약 3.0 kg

7.2. 실시간 악취모니터링 시스템

악취는 지역환경과 기상조건(예: 사업장주변의 기온 역전층 형성)에 따라 다양하게 변화하며 이를 지속적으로 모니터링하고 관리하여 악취발생에 대한 근원적인 개선안을 마련할 필요가 있다. 따라서 공업지역과 주거지역이 근접 또는 혼재되어 있는 구조를 형성하고 있는 지역에서는 실시간으로 악취발생에 대한 Data 를 구축하여 효율적으로 악취를 관리할 수 있는 시스템이 절실한 실정이다.

이러한 요구에 따라 아직은 초기 단계에 있지만, 실시간으로 악취를 모니터링하고 악취정도를 수치화하고 분석하는 요소기술을 적용하여 악취발생에 대한 실시간 Data 와 수집된 악취Data를 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있는 실시간 악취모니터링시스템이 등장하였으며, 더 나아가 실시간으로 측정되어 저장된 악취정보를 기온변화와 주변시설물의 위치에 따른 조건으로 분석하고 악취확산모델링 기술을 GIS와 연동함으로써 광범위한 지역의 악취확산을 예측할 수 있는 악취확산예측시스템으로 발전할 것으로 예상된다.

- 악취모니터링 시스템의 구성

<악취 감지 장치>

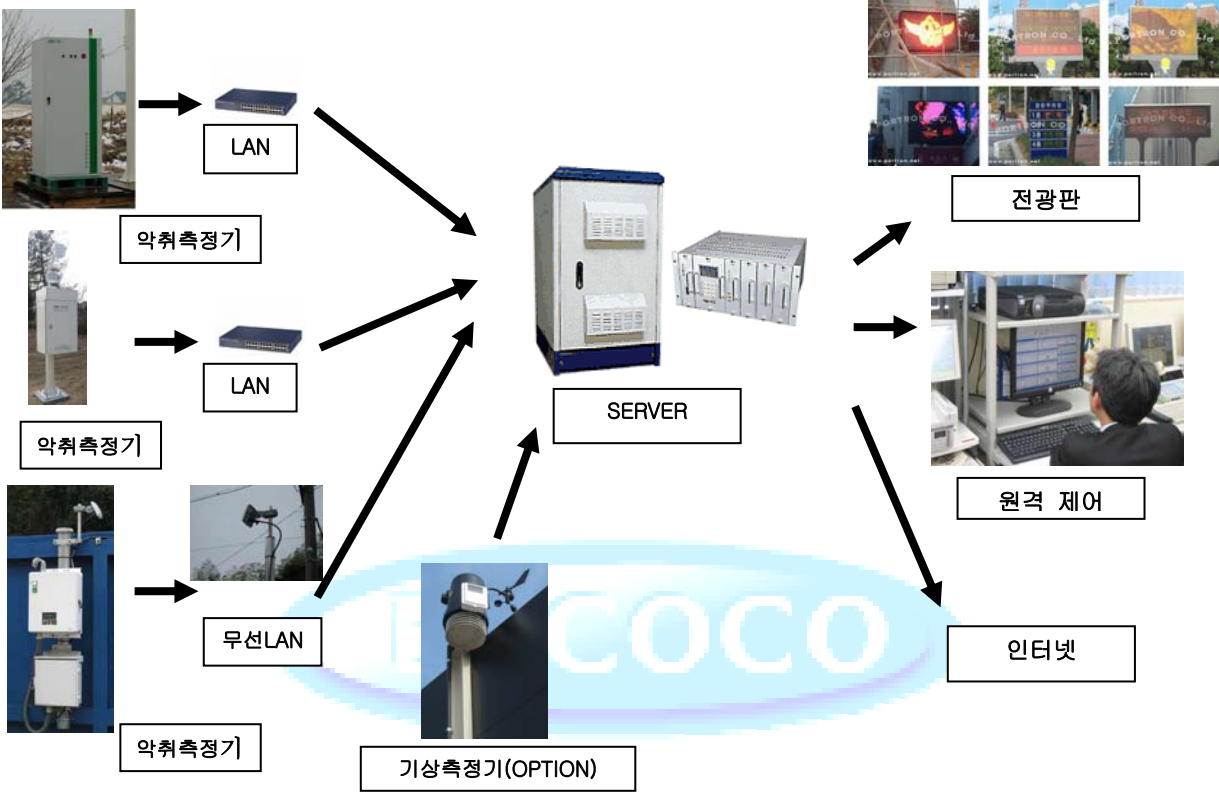
장치설명 : 악취 발생 예상지점에 설치되어 실시간으로 냄새를 수집하여 감지
주요기기 : 냄새수집기, 냄새감지기, 전원공급기, 무취공기공급기

<기상 측정 장치>


장치설명 : 악취 발생지역의 지표기상을 측정
주요기기 : 온도계, 습도계, 기압계, 풍향계, 풍속계

<중앙 제어 장치>

장치설명 : 악취감지장치와 기상측정장치를 제어하고 정보를 취합하여 수집,기록
주요기기 : 중앙제어기, 통신용 프로그램, 제어용 프로그램, 분석용 프로그램



현재 상용화되어 있는 악취모니터링시스템은 다음과 같다.

시스템 : OMS-Tn			
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 악취측정장소에 설치 ◆ 옥외 고정설치형 ◆ 에어공급기 내장 ◆ 중앙제어장치와 LAN Cable로 연결 ◆ 무선LAN(Optional) 연결 가능 ◆ 악취분석용 자동채집 장치(Optional) 내장 가능 		
	구분	Spec.	비고
센서	금속산화반도체 (SnO ₂)		
기준농도	10 ppm	VOC 등 탄화수소에 반응	
센서 종류	10 ppm	알코올 등에 반응	
	N 형	10 ppm	암모니아에 반응
	S 형	3 ppm	황화수소에 반응
센서 밀폐용적	30 cc		
운전전원	DC 12 Volt, 5 volt	+ - 5 %	
소모전력	대기시	120 mA	
	측정시	140 mA	
응답시간	시료대기	20 ~ 30 초	
	측정대기	1분	
표시방식	0 ~ 9999		

시스템 : SOC-20		
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 악취측정장소에 설치 ◆ 옥외 고정설치형 ◆ Self-Calibration 기능 ◆ 무선LAN(Optional) 연결 가능 ◆ Web GIS 기반 악취모니터링 지원 	
	구분	Spec.
센서	박막형 반도체	
유량범위	1 L/min.	
배터리수명	연속 12시간	
운전전원	AC 220v , 1.0 Watt	
크기	120(w) x 230(d) x 40(h)	
무게	35 kg	

8. 악취확산 모델링

일반적으로 발생원에서 배출되는 악취를 수반하는 배출가스는 우선 그 배출속도의 효과에 따라 대기중에 상승함과 동시에 배출가스가 고온인 경우에는 그 밀도차이에 따라 생기는 부력효과로 상승하면서 바람에 의해 풍하방향으로 흐르면서 확산한다. 따라서 매연을 포함한 악취등의 대기확산모델에는 다음 2 가지의 과정에 의한 것이 일반적이며 그 위에 화학반응이나 침착(沈着)등의 과정을 포함한 것도 고안되고 있다.

<배출가스의 상승과정>

배출가스의 상승과정을 취급하는 모델은 여러 종류의 것이 제안되고 있으나 일본과 US-EPA (미국환경보호청, US-Environmental Protection Agency)등에서 많이 사용되고 있는 모델은 다음과 같다.

모델명	적용규모	비고
Bosanquet I 식(1950)	소규모 배열배출원	대기오염방지에 사용
Bosanquet II 식(1957)	중~대규모 배열배출원	
Moses-Carson 식(1968)	소~대규모 배열배출원	총량규제에 적용
CONCAWE 식 (1968)	중규모 배열배출원	NOx 총량규제에 사용
Briggs "Plume Rise"	무배열 또는 중~대규모 배출원	US-EPA ISC 로 사용

<배출가스의 확산과정>

배출가스의 확산과정에 대해서는 그 취급방법에 따라 아래표와 같이 분류된다. 이 중 대기오염방지에서는 Plume 모델이 많이 쓰이고 있으며 여러 기상조건 아래서 수많은 발생원을 취급하는 총량규제에서는 플룸모델과 파흐모델의 조합이 이용되고 있다. 기타의 복스나 차분(差分) 등의 물리 모델은 플룸이나 파흐에 비교하면 보다 고도의 모델이며 많은 계산량이 필요하나 광화학반응이나 침착과정 등을 포함해서 상세한 물리현상의 표현이 가능하다.

한편 통계모델은 나날이 대기오염 예보등에 많이 사용되고 있는 것이 현재의 실정이다.

구분	모델명	특 징
물	플 룬	바람이나 확산계수, 배출량등을 일정하게 한 때의 농도분포의 定常解를 구한 것으로 계산이 간단하기 때문에 널리 사용되고 있다. 解析해로서는 정규형과 비정규형의 것이 있다.
	리	비정상이나 비균질의 확산장소에서 농도추정에 이용할 수 있으나 확산 패러미터(Parameter)에 대한 정확한 정보가 빈약하다.
확	복 스	공간을 상자로 보고 취급하여, 그 속의 농도는 일정하게 하여 상자오염물을 유입, 유출하여 상자안의 발생량의 수지에 따라 농도를 계산한다. 상자의 수를 한 개의 단순한 것과 다수의 것이 있다. 후자는 비정상적인 확산장에 적용할 수 있으나 세밀한 농도분포추정에는 적당하지 않는다.

산	차분식	기류의 운동방정식 및 확산의 미분방정식을 차분식으로 고치어 수치적으로 해결한다. 확산장이 비정상, 비균질인 때의 농도추정에 적합하지만 확산계수에 대한 정보가 적고 계산량이 매우 많다.
통계	회기	과거의 농도나 기상과의 관계에 대해 다중회기분석이나 제어이론등을 이용하여 장내의 농도를 예측한다. 장내의 발생조건이 변하면 이용할 수 없다
	분류	과거의 농도나 기상조건을 통계분석하고 확률적으로 장내 농도를 예측한다. 통계된 데이터의 조건과 전혀 다른 조건에서 예측은 할 수 없다

<악취 확산모델>

악취문제에서는 평가의 대상이 되는 공간스케일이 작아 공장 굴뚝뿐만 아니라 건물로부터의 확산등의 배출형도 있고 많은 경우 근처의 건물 등의 영향을 받고 있는 것도 있다. 이와 같은 것을 요소들을 감안하여 악취 확산모델에 적용가능한 모델은 다음과 같다.

① Briggs(1973) 모델

Briggs 는 연돌배후의 혼란에 의한 煙流주축의 고도저하나 건축물 後流의 흐트러짐에 의한 확산에 대해서 근사식을 제안하고 있다. 모델은 이하에 나타낸 것처럼 유효배출원 높이의 算定과 연직(鉛直:수평면과 직각방향) 및 수평확산패러미터의 계산, 지표농도의 계산방법으로 분류된다. 그런데 이 모델의 연돌만의 영향을 고려한 煙流主軸높이의 산정법은 질소산화물 총량규제매뉴얼에도 다운웃슈 발생시의 식으로서 기재된 수법도 있다.

② Huber-Snyder (1976)모델

EPA 에 있어서 風洞실험결과를 토대로 Huber and Synder 가 제안한 모델이며 유효배출높이의 산정과 연직 및 수평방향의 확산폭의 산정으로 구성된다. 굴뚝이나 건축물의 영향이 없는 경우에는 지금껏 사용되고 있는 수법을 쓰고 그것에 수정을 가하는 모양으로 되고 있다.

③ Gifford(1960)의 모델

Gifford 는 건물의 배후의 난류역중의 地上源에서 방출된 풍하주축상 지표농도의 예측으로서 통상의 정규형의 확산식에 있는 연직과 수평방향확산폭의 積에, 건물의 투영단면적에 비례한 수정량을 더하는 방법을 쓰고 있다.

④ Halitsk(1977)의 모델

Halitsky 는 야외확산실험이나 風洞실험데이터에서 건축물배후의 亂流域의 범위나 그 정도 및 농도분포에 대해 검토를 실행하고, 건축물근방에 있어서는 橫風방향의 농도분포는 정규형보다도 포물선형 쪽이 적합하며 건축물에서 멀어지면서 정규형에 가까워진 것을 지적하고 있다. 또 연직방향의 농도분포에 대해서는 실측데이터의 부족을 지적하면서도 정규형으로 충분하다고 서술하고 있다.

9. 악취관리의 개선과제

악취를 관리하고 제어하기 위해, 악취를 측정하는 방법이 확립되고, 악취규제치가 설정되면, 악취규제치를 상회하는 지역에 대해 감소대책이 강구될 것이다. 또한 감소대책을 강구하기 위해서는 냄새의 발생원이 어떤 상태에 있는지를 명확히 밝혀내어 악취배출량이 가장 많은 발생원부터 대책을 강구해 나가야 할 것이다.

이러한 의미에서 향후 악취관리 및 대책을 위하여 다음과 같은 과제를 제시하고자 한다.

첫째, 악취측정장치의 형식승인, 정도관리등을 통한 표준화가 필요하다.

둘째, 악취지수, 악취규제치, 악취지문 등 보편적인 악취관리수단의 개발이 필요하다.

셋째, 법적보완을 통해 사용자의 악취관리계획과 실행을 모니터링할 수 있는 제도가 필요하다.

현재의 악취에 대한 관리가 불가능하다고 생각할 정도로 심각한 악취문제에 대해 위와 같은 표준화된 악취측정장치와 보편적인 악취관리수단을 활용하여 악취관리지표를 정량화하고 수치화하여 관리한다면, 악취문제의 새로운 관리대책으로 정착되어 질 수 있을 것이다.



참고문헌

대기보전국	악취민원실태분석 및 악취관리방향관리정책추진방향	2007.3
유미선	후가측정법 안전관리 매뉴얼	2007.5
	대기확산 번역본	2007.2