

# 악취물질 측정 및 분석방법

전준민 | 순천제일대학 토목환경과

E-Mail : jmjeon@suncheon.ac.kr

## I. 머리말

악취는 황화수소·메르캅탄류·아민류 등 기타 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새로서, 주로 인체 위해성 보다는 정신적·심리적 피해를 끼치는 감각공해이다.

또한, 악취는 대기오염물질과는 달리 저농도에서도 쉽게 감지되며, 많은 민원을 유발할 수 있고 발생원에 대해서도 개선하기가 쉽지 않다. 악취의 주요 발생원으로는 하수처리장, 분뇨 및 축산폐수처리장, 음식물쓰레기장 및 쓰레기 매립지 등 생활주변의 배출시설과 석유화학공장, 정유공장 및 철강산업 등 대규모 국가산업단지의 배출시설에서 매우 다양한 형태로 발생되고, 여러가지 복합된 화합물질이 원인이 되어 악취를 유발시키는 것이 특징이다.

우리나라는 1995년 대기환경보전법에 악취를 전형적인 오염의 한 형태로 규정하여 관리하고 있으나, 농도규제와 관능법에 의한 규제가 일치하지 않아 악취물질 규제가 제대로 이행되지 못하였다.

이러한 악취물질에 대한 상세한 규제나 측정방법이 마련되지 못함으로 인해 악취배출시설이 위치한 주변지역의 주민들로부터 악취에 대한 민원 제기는 날로 증가하여 정부에 대한 환경오염 불신은 더욱

높아졌다. 이에 따라 환경부에서는 2001년 1월 보다 효율적인 악취관리를 위해 악취방지법을 추진하여, 2003년 12월 30일 악취방지법을 제정하였고, 2005년 2월 10일부터 악취방지법을 시행하고 있다. 악취방지법은 기존의 대기환경보전법과는 달리, 악취강도를 나타내는 관능법을 복합악취(공기희석배수)로 하였고 지정악취물질도 8개 항목에서 12개 항목으로 확대하였으며, 2008년부터 2010년까지는 toluene, xylene과 지방산 화합물을 추가하여 22개 항목으로 확대 규제할 예정이다.

악취에 대한 지역 주민의 민원 해결을 위해서는, 악취물질을 배출하는 시설에 대해 정확한 측정·분석을 실시하여 주요 악취원인 및 유발물질을 규명하고, 적합한 방지시설을 선정하여 설치함으로써 악취물질 배출을 최소화 시킬 수 있다.

이러한 악취물질 해결 방안 절차 중 가장 선행적으로 이뤄져야 하는 것이 주요 악취물질을 확인하는 단계인데, 이를 위해서는 악취물질을 얼마만큼 정확히 측정하고 분석하느냐에 따라 결과는 매우 달라진다.

따라서 본고에서는 농도수준에서는 매우 미량이나, 감각공해이며 심미적으로 개개인의 후각에 불쾌감을 유발시키는 악취물질의 측정 및 분석법에 대해 간략히 소개하고자 한다.

표 1. 복합악취 배출허용기준

구 분	배출허용기준 (희석배수)		엄격한 배출허용기준 (희석배수)	
	공업지역	기타지역	공업지역	기타지역
배출구	1,000 이하	500 이하	500 ~ 1,000	300 ~ 500
부지경계선	20 이하	15 이하	15 ~ 20	10 ~ 15

## II. 측정 및 분석방법

본고에서 기술한 악취물질에 대한 측정 및 분석 방법은 기본적으로 국립환경과학원의 악취공정시험법을 토대로 하였으며, 일부 물질들에 있어서는 그간 저자의 실험실에서 악취시료에 대해 많은 실험하면서 경험하여 얻은 방법들을 일부 삽입하여 기술하였다. 측정 및 분석방법에는 공기희석관능법인 복합악취, 2007년 12월까지 지정악취물질인 12개 항목에 대한 기기분석법만을 논하였다.

### 1. 공기희석관능법 (복합악취)

악취를 분석하는 방법 중 공기희석관능법은 인간의 후각을 이용하여 측정하므로 제기되고 있는 악취민원의 정도를 파악하는데 직접적으로 활용할 수 있으며, 기기분석법과 같이 정량적인 결과치가 제시되므로 기기분석법이나 직접관능법이 안고 있는 단점을 보완할 수 있는 방법으로 평가되고 있다.

#### 1.1 복합악취 측정방법

##### (1) 시료채취용기 준비

시료채취 용기는 테들러백(tedlar-bag)을 이용하며, 실험실에서 반드시 고순도 질소(99.999%)를 테들러백에 주입하여 냄새의 유무와 누출 여부를 확인한 후 사용한다.

##### (2) 시료채취 방법

- 시료채취 용기 : 1.1의 (1)항과 같이 테들러백을 사용한다.
- 시료채취 : 시료는 채취지점에서 3회씩 시료를 채취한다.
- 시료주입방법 : 흡인펌프와 진공상자를 이용하며, 주입구에 필터를 장착하여 미세먼지 등이 유입되는 것을 사전에 방지한다. 또한 흡인펌프는 테들러백을 진공상자에 장착 후 실험시 5분 이내에 실험이 완료될 수 있는 펌프(10 l/min)를 사용한다.
- 시료운반 및 보관 : 시료채취가 끝난 테들러백은 상온(15~25℃)을 유지해야 할 뿐만 아니라 직사광선을 피할 수 있도록 차광용기나 차광막을 사용하여 운반 및 보관하며, 판정은 시료채취 후 48시간 이내에 이뤄지도록 한다.

#### 1.2 악취 판정원 선정방법

악취 판정요원 선정 방법은 냄새종이 6장을 1 세트(set)로 하여 이중 4장의 종이에 임의의 냄새 시약을 바르고, 나머지는 무취의 유동파라핀에 담근 후 각각의 패널(panel)들에게 냄새가 나는 종이를 고르도록 하여 후각의 정상여부가 판정된 5명을 악취판정원(패널)으로 선정한다.

표 2. 판정요원 선정용 시험액

시 험 액	농 도	냄새의 성격
Acetic Acid	1.0 wt %	식초냄새
Trimethylamine	0.1 wt %	생선 썩는 냄새
Methylcyclopentenolone	3.2 wt %	달콤한, 설탕 타는 냄새
$\beta$ -Penylethylalcohol	1.0 wt %	장미향 냄새



그림 1. 무취공기 제조장치

### 1.3 무취공기 제조장치

무취공기는 아래 그림과 같은 구조로 되어 있으며, 6방 분배기에는 활성탄으로 채워져 펌프에서 나올 수 있는 공기 중의 불순물을 제거한다.

### 1.4 판 정

희석배율의 산정은 전체 판정요원의 시료희석 배수 중 최대값과 최소값을 제외한 나머지를 기하평균(geometric mean)하여 판정요원 전체의 희석배수로 한다.

이용한다. 보관시에는 갈색병에 넣어 냉장고(4℃ 이하)에서 보존하며, 사용기간내에도 이전에 측정된 값과 상당한 차이를 나타낼 경우에는 새로 제조하여 사용한다.

- 흡수병 : 흡수병은 흡수액 용량 20 ml를 담을 수 있는 경질 유리제로 여과구가 장치되어 있

## 2. 암모니아 (Ammonia)

### 2.1 암모니아 측정방법

#### (1) 시료채취 준비

- 흡수액 : 실험실에서 미리 제조된 붕산용액을



그림 2. 암모니아 시료채취 장치

으며, 흡수액 상단부가 볼록한 모양의 것을 이용한다. 또한 중간에 흡수액 용량 20 ml를 담을 수 있는 채취용액을 넣어 2개를 직렬로 연결한 것을 이용한다.

**(2) 시료채취방법**

- 시료채취 용기 : 2.1의 (1)항과 같은 흡수병으로 한다.
- 시료채취 : 시료는 채취지점에서 3회씩 시료를 채취한다.
- 시료주입방법 : 흡인펌프를 이용한다. 흡인펌프는 흡수병을 장치한 상태에서 10 l/min 이상의 공기를 흡입하여 5분 이내에 시료채취가 이뤄질 수 있는 펌프를 이용한다.
- 적산유량계 : 1~15 l/min 범위의 유량을 적산할 수 있는 것을 사용한다.
- 시료운반 및 보관 : 암모니아 표준용액은 운반시 갈색병에 넣은 다음 아이스박스(4℃ 이하)에 넣어 운반한다.

**2.2 암모니아 분석방법**

**(1) 표준물질**

암모니아 표준물질조제 : 황산암모늄(99.9%)을 3차 증류수를 사용하여 조제한다.

**(2) 분석방법**

- 분석방법 : 암모니아 분석은 국립환경연구원의 악취공정시험방법에 준하여 실험하며, 분석기기는 UV-vis를 이용하여 분석한다.
- 전처리 : 시료가 채취된 봉산용액은 페놀 펜타시아노니트로실 철(III)산 나트륨 용액을 가하여 섞은 후 차아염소산 나트륨 용액을 혼합하여 25~30℃에서 1시간 방치 후 640nm 파장에



그림 3. 암모니아 분석장치

서 흡광도를 측정한다.

**3. 황 화합물 (Sulfur Compounds)**

**3.1 황 화합물 측정방법**

**(1) 시료채취용기 준비**

시료채취 용기는 테들러백(tedlar-bag)을 이용하며, 실험실에서 반드시 고순도 질소(99.999 %)로 테들러백에 주입하여 냄새 유무와 누출 여부를 확인한 후 사용한다.

**(2) 시료채취 방법**

- 시료채취 용기 : 3.1의 (1)항과 같이 테들러백을 사용한다.
- 시료채취 : 시료는 채취지점에서 3회씩 시료를 채취한다.
- 시료주입방법 : 흡인펌프와 진공 상자를 이용하며, 주입구에 필터를 장착하여 미세먼지 등이 유입되는 것을 사전에 방지한다. 또한 흡인펌프는 테들러백을 진공상자에 장착 후 시료채취 시 5분 이내에 실험이 완료될 수 있는 펌

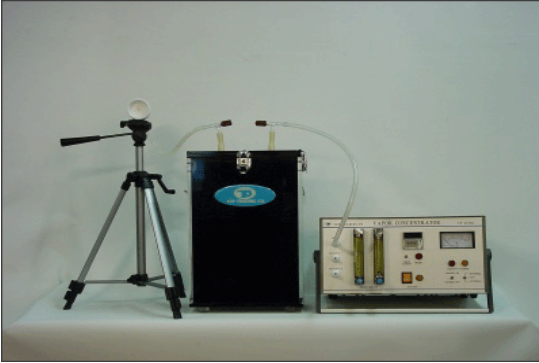


그림 4. 황 화합물 시료채취 장치

프를 사용한다.

- 시료운반 및 보관 : 시료채취가 끝난 테들러백은 상온(15~25°C)을 유지해야 할 뿐만 아니라, 직사광선을 피할 수 있도록 차광용기나 차광막을 사용하여 운반 및 보관하며, 분석은 시료채취 후 48시간 이내에 이루어지도록 한다.

### 3.2 황 화합물 분석방법

#### (1) 표준물질

황 화합물 표준물질은 국내·외에서 시판되고 있다. 농도범위는 수 ppm에서 수십 ppm까지 다양하



그림 5. 황 화합물 분석 장치

게 제조되어 판매되고 있기 때문에 적당한 농도로 제조한 것을 사용한다. 특히 유효기간을 확인하여 사용해야 한다.

#### (2) 분석방법

- 분석전 사전조작 : 분석 전 흡착관을 150 ± 10°C로 순도 99.999% 이상의 불활성 기체를 흐르게 하여 흡착관과 컬럼(column)의 안정화 여부를 확인한다.
- 분석방법 : 황 화합물 분석은 국립환경연구원의 약취공정시험방법에 준하여 실험하며, 분석기기는 저농축장치를 포함한 GC/FPD,

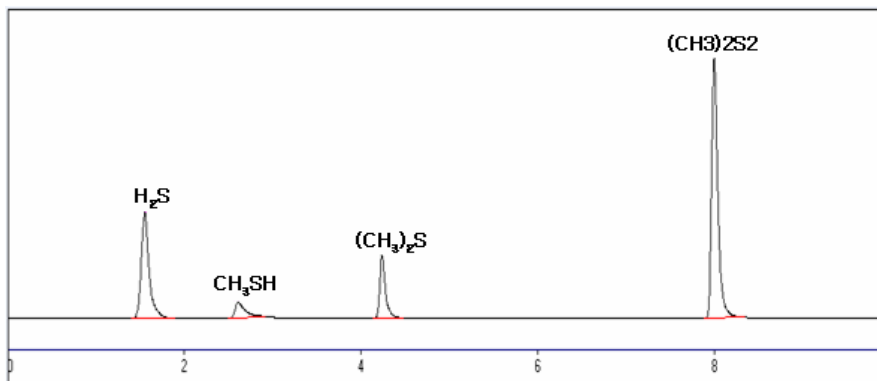


그림 6. 황 화합물 분석 예 (표준가스)

GC/PFPD를 이용하여 분석한다. 대기 중 저농도로 존재하는 황 화합물을 분석하기 위해 액체질소를 이용하여 저온농축법으로 실험한다.

## 4. 카보닐 화합물 (Carbonyl Compounds)

### 4.1 카르보닐 화합물 측정방법

#### (1) 시료채취 준비

시료채취는 DNPH-카트리지를 이용하며, 카트리지(cartridge) 전단에 공기 중 항상 존재하는 오존을 제거하기 위해 KI 결정체를 채운 오존(O<sub>3</sub>) 스크러버(scrubber)를 장착하여 사용한다.

#### (2) 시료채취 방법

- 시료채취 용기 : 4.1의 (1)항과 같이 DNPH-카트리지를 사용한다.
- 시료채취 : 시료채취 시 빛에 의한 영향을 방지하기 위해 알루미늄 호일로 카트리지를 감싼 후 시료 채취하며, 시료채취는 채취지점에서 3회씩 채취한다.
- 시료주입방법 : 등속흡인 펌프를 이용한다. 또한 측정유량을 정확히 채취할 수 있도록 측정 전 형식승인을 받은 별도의 유속계에서 유속을 체크하고, 펌프 유량은 2 l/min으로 5분 이내에 측정이 가능한 펌프를 사용한다.
- 시료운반 및 보관 : 시료채취가 끝난 카트리는 알루미늄 호일로 포장하여 외부공기 및 빛이 차단될 수 있도록 차광봉지에 이중으로 밀봉한 다음 이동하며 용액 추출 전까지 냉장보관(4℃ 이하)한다.



그림 7. DNPH 카트리지와 오존 스크러버

### 4.2 카르보닐 화합물 분석방법

#### (1) 표준물질

카르보닐 화합물의 표준물질은 외국에서 제조되어 국내의 과학상사에서 시판되고 있기 때문에 적당한 표준물질을 구입하여 사용한다.

#### (2) 분석방법

- 분석전 사전조작 : 분석 전 공실험(blank test)을 실시하여 컬럼의 안정화 유무를 확인한다.
- 용액추출 : 시료 채취가 끝난 DNPH 카트리는 진공 추출장치를 이용하여 추출하며, 1회에 24개의 DNPH 카트리지를 추출할 수 있다.



그림 8. 카르보닐 화합물 추출 장치

- 분석방법 : 카르보닐 화합물 분석은 국립환경 연구원의 약취공정시험방법에 준하여 실험하며, 분석기기는 HPLC/UV를 이용하여 분석한다. 또한 DNPH 카트리지는 공실험이 일정하지 않으므로 처음 DNPH 박스 개봉 후 임의의 2개를 선정하여 공실험을 실시한 후 시료 농도 산출시 이에 해당하는 값을 감하여 산정한다.



그림 9. 카르보닐 화합물 분석 장치

## 5. 트리메틸아민 (Trimethylamine, TMA)

### 5.1 트리메틸아민 측정방법

#### (1) 시료채취 준비

트리메틸아민의 시료채취는 실험실에서 미리 제작된 산성여과지를 이용한다. 산성여과지 제조는 원형유리섬유 거름종이를 전기로에서 500℃로 1시간 건조한 후 실리카겔(silica gel) 데시케이터(dessiccator)에서 방냉하고, 페트리디쉬(petri-dish)에 한 장씩 옮긴다. 미리 제조된 1N H2SO4(특급시약) 1ml를 함침시킨 후 진공건조기에서 완전 건조시킨다.

#### (2) 시료채취 방법

- 시료채취기 : 5.1의 (1)항과 같이 산성여과지를 사용한다.
- 시료채취 : 시료는 채취지점에서 3회씩 시료를

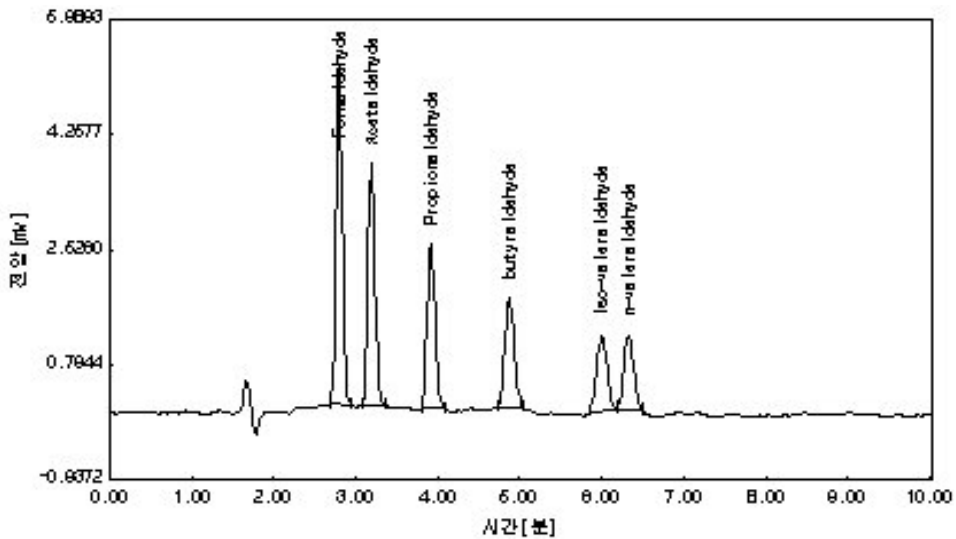


그림 10. 카르보닐 화합물 분석 예(표준액)

채취한다.

- 시료주입방법 : 흡인펌프와 유량계를 이용한다. 흡인펌프는 산성여과지를 홀더에 장착한 상태에서 10 l/min의 유량으로 5분 이내에 시료채취가 종료되며, 시료채취 동안 5% 이내의 안정적인 유속을 유지한다.
- 시료운반 및 보관 : 시료채취가 끝난 산성여과지는 페트리디쉬에 넣은 후 외부 공기가 차단될 수 있도록 밀봉한 다음 이동하며 추출 전까지는 데시케이터에서 보관한다.



그림 11. 트리메틸아민 시료채취 장치

## 5.2 트리메틸아민 분석방법

### (1) 표준물질

트리메틸아민 표준물질은 외국에서 제조되어 국내의 과학상사에서 시판되고 있기 때문에 적당한 표준물질을 구입하여 사용한다.

### (2) 분석방법

- 분석전 사전조작 : 분석 전 공실험 (blank test)을 실시하여 컬럼의 안정화 및 오염도 여부를 확인한다.
- 시료 전처리 :

① 15 ml 바이알(vial)에 알칼리 분해액 2 ml를 넣

은 후 산성여과지에서 추출한 시료 3 ml를 넣고 밀봉한다.

- ② 조음과 추출장치에 바이알을 넣고 10분간 추출한다.
- ③ 바이알에 SPME(polydimethylsiloxane-divinylbenzene, 65 μm)를 주입하여 바이알 헤드스페이스(head-space)에서 15분간 노출한다.

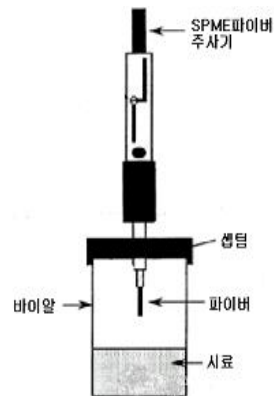


그림 12. 트리메틸아민 농축과정

- 분석방법 : 트리메틸아민 분석은 국립환경연구원의 악취공정시험방법에 준하여 실험하며, 분석기기는 GC/NPD를 이용하여 분석한다.



그림 13. 트리메틸아민 분석 장치



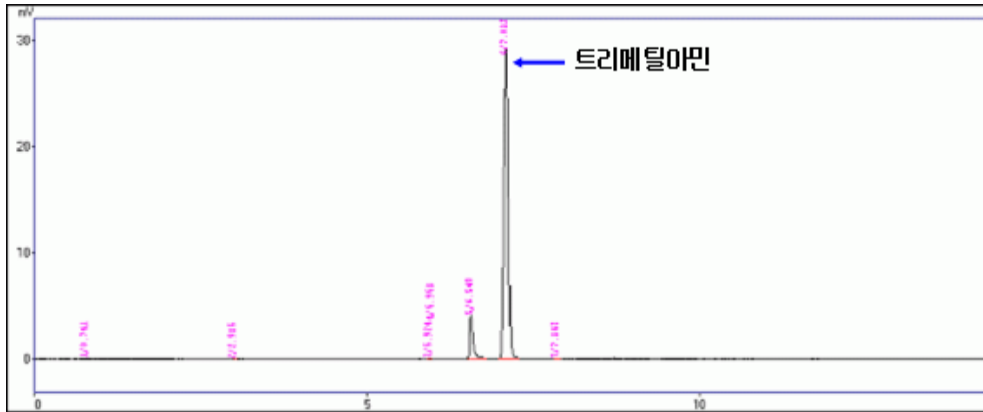


그림 14. 트리메틸아민 분석 예(표준액)

## 6. 스타이렌 (Styrene)

를 이용하여 320℃ 에서 6시간 동안 세척 한다.

- 오염도 확인 : 세척이 끝난 튜브 중 임의로 2개를 선정하여 오염도 여부를 확인한다.

### 6.1 스타이렌 측정방법

#### (1) 시료채취 매체

- 매체 : 스타이렌 성분은 Tenax-TA 튜브 (tube)를 이용하여 시료를 포집한다.
- 튜브 세척 : 튜브는 세척(conditioning) 장치

#### (2) 시료채취 방법

- 시료채취기 : 6.1의 (1)항과 같이 오염도 여부를 확인한 튜브를 사용한다.
- 시료채취 : 시료는 채취지점에서 3회씩 시료를



그림 15. 튜브 및 세척 장치

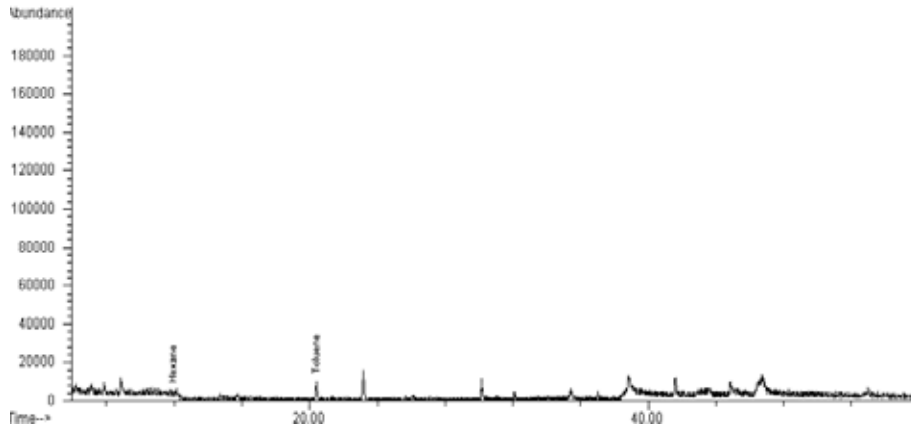


그림 16. 분석기기의 안정화 및 오염도 확인

채취한다.

- 시료주입방법 : 등속흡인펌프를 이용한다. 또한 측정유량을 정확히 채취할 수 있도록 측정 전 형식승인을 받은 별도의 유속계에서 유속을 체크하고, 펌프 유량은 200 ml/min 을 유지할 수 있으며, 시료 채취시 유속은 5%의 오차 범위가 넘어가지 않는 펌프를 사용한다.
- 시료운반 및 보관 : 튜브의 운반은 반드시 PTFE 패럴(ferrules)을 이용하여 막은 다음

운반하며, 냉장 보관(4℃ 이내)한다.

## 6.2 스타이렌 분석방법

### (1) 표준물질

스타이렌 성분의 표준물질은 외국에서 제조되어 국내의 과학상사에서 시판되고 있기 때문에 적당한 표준물질을 구입하여 사용한다.



그림 17. 스타이렌 분석 장치

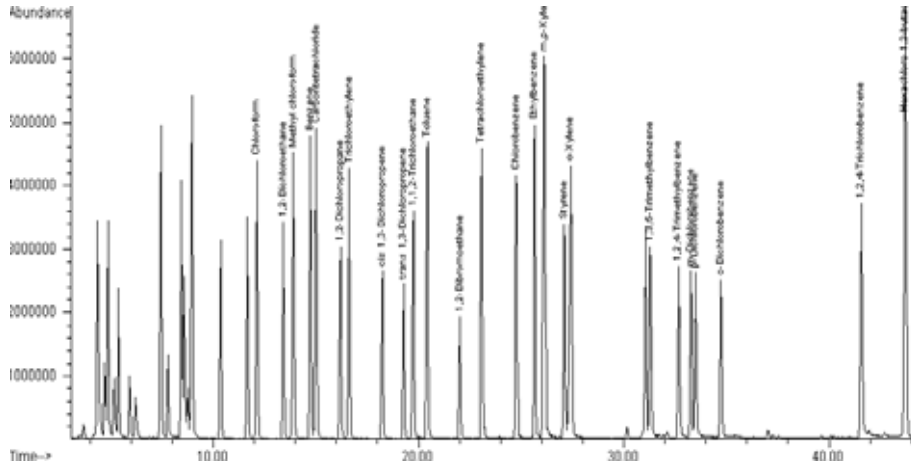


그림 18. 악취성 VOCs 분석 예(표준가스)

(2) 분석방법

- 분석전 사전조작 : 분석 전 공실험(blank test)을 실시하여 컬럼의 안정화 및 오염도 여부를 확인한다.
- 분석방법 : 스타이렌 분석은 국립환경연구원의 악취공정시험방법에 준하여 실험하며, 분석기기는 GC/MSD/ATD를 이용하여 분석한다.

7. 일반 대기 및 배출시설에서 악취물질 측정 모습





그림 19. 악취물질 현장시료채취 전경

## 8. 측정분석 정도관리 (QA/QC)

측정분석 오차는 첫째, 시료채취과정에서 채취자의 숙련도와 행동방식 둘째, 분석실에서 분석하는 과정과 실험기기에서 발생하는 요인 등 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 따라서 이러한 오차요인을 감소시키기 위해서는 시료채취자와 분석자를 충분히 교육시켜 측정분석시 발생하는 오차를 줄이는 노력이 필요하다.

### 8.1 시료채취 과정에 대한 정도관리

시료채취 과정에서 발생하는 오차는 분석과정에서 발생하는 오차보다 큰 경우가 많다. 따라서 시료채취자에 대해 채취방법과 행동요령, 측정시트기록 방법 등 재교육 시켜야 한다. 또한 각 측정팀이 동일 장소에서 비교 시료채취 한 후 측정오차에 대한 기초자료를 확보하여 측정 자료간 신뢰도를 향상시켜야 한다.

### 8.2 시료의 이동과정에서 발생하는 오차에 대한 정도관리

채취가 끝난 시료는 국립환경과학원의 악취공정

시험법에 명기된 각 물질들의 이동 및 보관방법에 따르도록 한다. 시료의 신뢰성 및 이송과정에서의 오염정도에 대비하여 3회 채취한 자료 중 비교적 오차가 큰 자료는 계산에서 제외한다.

### 8.3 분석과정에서 발생하는 오차에 대한 정도관리

분석과정에서 발생하는 오차를 줄이기 위해서는 분석자에 대한 시료의 사전교육 및 분석기기에 대한 정도관리를 충분하게 주지 시켜야 한다. 가급적 동일한 표준가스를 공유하여 사용하며, 전 측정항목에 따른 기지시료를 제작하여 실험실간 비교 분석을 통해 측정 자료의 신뢰성 향상을 기한다. 또한, 악취공정시험법에 따라 정도관리를 3개월에 1회 정도 실시하여 최적의 기기상태를 유지하도록 해야 한다.

## Ⅲ. 맺음말

이상과 같이 악취물질은 일반대기오염물질과는 달리 감각적이며, 심미적인 물질이므로 배출 농도 수준은 아주 미량인데 반해 악취강도는 높게 나타나는 성분들이 많다. 악취물질 농도는 일반적으로 대기 중에서 ppb 또는 ppt 수준으로 존재하며, 배출시설에서는 성분에 따라 매우 다양한 농도로 배출된다. 따라서 악취물질 농도 확인을 위해선 정확한 측정 및 분석법을 숙지하여 정성·정량분석을 해야만 한다. 현재까지는 악취물질을 정확히 정량적으로 분석하는 기관이 많지 않으나, 향후, 국내에서도 악취물질 측정·분석에 있어서 보다 질 좋은 장비가 계속 보급되고 있기 때문에 더욱 향상될 것으로 보인다. 또한, 정부에서는 현행 악취공정시험법에 있어 미진한 시험법들에 대해 개정할 예정에 있고, 2010년까지 추가 규제물질인 toluene, xylene

과 지방산류 화합물에 대하여 공정시험법을 개발 예정 중이므로, 앞으로 악취물질에 대한 측정과 분석에 대한 시험법은 보다 널리 보급될 것으로 기대된다.

**- 참고문헌 -**

1. 국립환경연구원, 악취공정시험방법, 2005.
2. 국립환경연구원, 악취물질 시험방법 검토 및 개발, 2004.
3. (사)한국냄새환경학회, 악취방지법 추진현황과 시험방법 설명회, 2004.
4. (사)한국냄새환경학회, 제1차 악취측정 및 분석 기술 교육과정, 2005.
5. 환경부, 악취방지법, 2005.
6. (사)한국대기환경학회, 악취성 황 화합물에 대한 GC 검출기술, 2003.
7. (사)한국대기환경학회, 대기환경의 VOC 및 악취측정을 위한 최신기술 동향과 전망, 2001.