大韓環境工學會誌 · 特輯 - Special Feature - pp. 761～767. 2007.

# 악취의 측정방법
## - 악취공정시험방법 -

이 민 도

국립환경과학원 환경진단연구부 대기환경과

# Review of Odor measurement and analysis method
## - Standard Method of Odor compounds -

**MinDo Lee**

*Air Qualty Division, Environmental Diagnoistics Research Department, National Institute of Environmental Research*

## 1. 서 론

악취방지법에 따라 악취공정시험방법은 2005년 2월 제정되었다. 인구의 증가와 도시화의 진행으로 우리가 사는 주변에 많은 산업시설과 거리가 가까워지고 많은 냄새의 발생원으로부터 쉽게 노출 되면서 냄새는 대수롭지 않은 생각으로 참고 넘어가던 것이 이제 악취 민원이 되어 깨끗한 대기환경을 요구하는 사례가 많이 발생하고 있다. 이러한 현실을 반영하여 악취방지법이 탄생하였으며 악취의 측정을 통일되고 정확하게 하기 위하여 악취공정시험방법이 새로이 제정이 되었다.

악취공정시험방법은 복합악취를 측정하는 공기희석관능법과 지정악취물질 12종에 대한 기기분석법으로 구성되며 시험방법과 절차의 신뢰성확보를 위하여 정도관리사항을 포함하고 있다.

## 2. 악취공정시험방법 구성

악취의 측정은 후각으로 판정하는 공기희석관능법과 사업자의 악취물질 배출여부를 확인할 필요가 있는 경우에 측정하는 지정악취물질측정방법인 기기분석법으로 구성되었다. 기기분석법에서는 모세관칼럼을 사용하는 분석방법, 개선된 저온농축장치기법, 저온농축(전기농축), 헤드스페이스(Head Space)법, SPME방법, 액체크로마토그래피 등 현재의 분석기법을 도입하였으며 신뢰성과 정확성을 확보하기 위하여 정도관리(QA/QC)를 도입하여 측정결과의 신뢰도를 향상할 수 있도록 하였다.

악취는 순간감각공해로서 순간적 발생과 소멸특성을 감안하여 모든 악취시료의 시료채취시간은 5분 이내 채취가 이루어지도록 하여 악취측정의 취지에 부합할 수 있도록 하였다.

E-mail: rex4004@hanmail.net
Tel: 032-560-7108 Fax: 032-568-2035

**Table 1.** 배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정범위 (제8조제1항관련)[1)]

1. 복합악취

| 구분 | 배출허용기준 (희석배수) | | 엄격한 배출허용기준의 범위 (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 |

2. 지정악취물질

| 구 분 | | 배출허용기준(ppm) | | 엄격한 배출허용기준의 범위(ppm) |
|---|---|---|---|---|
| | | 공업지역 | 기타지역 | 공업지역 |
| 1 | 암모니아 | 2 이하 | 1 이하 | 1～2 |
| 2 | 메틸머캅탄 | 0.004 이하 | 0.002 이하 | 0.002～0.004 |
| 3 | 황화수소 | 0.06 이하 | 0.02 이하 | 0.02～0.06 |
| 4 | 다이메틸설파이드 | 0.05 이하 | 0.01 이하 | 0.01～0.05 |
| 5 | 다이메틸다이설파이드 | 0.03 이하 | 0.009 이하 | 0.009～0.03 |
| 6 | 트라이메틸아민 | 0.02 이하 | 0.005 이하 | 0.005～0.02 |
| 7 | 아세트알데하이드 | 0.1 이하 | 0.05 이하 | 0.05～0.1 |
| 8 | 스타이렌 | 0.8 이하 | 0.4 이하 | 0.4～0.8 |
| 9 | 프로피온알데하이드 | 0.1 이하 | 0.05 이하 | 0.05～0.1 |
| 10 | 뷰티르알데하이드 | 0.1 이하 | 0.029 이하 | 0.029～0.1 |
| 11 | *n*-발레르알데하이드 | 0.02 이하 | 0.009 이하 | 0.009～0.02 |
| 12 | *i*-발레르알데하이드 | 0.006 이하 | 0.003 이하 | 0.003～0.006 |

지정악취물질의 기기분석법에 내부정도관리를 포함하여 분석방법상 최소검출한계(MDL), 측정결과의 재현성, 특히 회수율의 개념을 도입하여 측정결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있도록 하였으며, 전체적으로 악취분석의 정도관리(QA/QC)의 개념을 도입하였다.

악취는 순간적으로 발생하고 비연속적으로 발생하여 악취의 발생순간의 농도를 측정하기는 현실적으로 어려우며 대표성 있는 측정결과를 확보하기가 어려운 점을 감안하여 악

**Table 2.** 지정악취물질의 기기분석법의 구성

| 화학종 | 분석기기 구성 |
|---|---|
| 황화물 | 1. 저온농축 - 충전형칼럼GC<br>2. 저온농축 - 모세관칼럼GC<br>3. 저온농축(전기냉각) - 모세관칼럼GC |
| 암모니아 | 기존유지 |
| 트라이메틸아민 | 1. 저온농축 - 충전형칼럼 GC/NPD, FID<br>2. 시료채취주머니 - SPME - GC/FID, MS |
| 스타이렌 | 1. 저온농축(냉매 혹은 펠티어) - 모세관칼럼 GC/FID, MS<br>2. 시료채취주머니 - SPME - GC/FID, MS |
| 아세트알데하이드 | 1. DNPH 카트리지 - HPLC<br>2. DNPH 카트리지 - GC/NPD/FID |

**Table 3.** 악취현장연속측정방법

| 화학종 | 측정시스템 |
|---|---|
| 황화물 | 1. 펠티어냉각방식 저온농축 - syringe 탈착 - 루프(loop) 시료주입 - 모세관 GC/PFPD<br>2. 저온농축(펠티어) - GC/PFPD |
| 암모니아, 아민, 알데하이드 | 1. 암모니아, 아민 : 고효율막포집(HEDS) + IC<br>2. 알데하이드류 : 고효율막포집(HEDS) + HPLC<br>3. 암모니아 : 흡광차분석시스템 |
| 스타이렌 | 1. 저논렘프를 이용한 흡광차 분석법<br>2. 펠티어냉각방식저온농축관 - GC/PFPD |

취물질의 현장연속측정방법을 개발하였으며 이 측정시스템은 악취가 취약한 지역서의 측정분석 장비로 활용될 것이다.

## 3. 분석방법

### 3.1. 공기희석관능법

악취측정의 원칙은 복합악취를 측정하는 것을 원칙으로 하고 있으며 사업장의 배출물질을 확인할 필요성이 있을 때 부지경계선에서 지저악취물질을 측정하도록 하였다. 공기희석관능법의 주요절차는 다음과 같다.

#### 3.1.1. 시료채취주머니

공기희석관능법은 악취판정요원 선정방법의 객관성을 확립하고 관능시험방법과 시험과정 중에 사용되는 시료채취주머니나 여러 가지 도구, 시약의 개선을 하였다.

시료채취주머니는 기존의 테프론(Teflon : 폴리사불화에틸렌) 또는 이보다 취기흡착성이 낮은 것에서 추가로 테들러(Tedlar), 폴리에스테르(polyester)를 구체적으로 사용할 수 있도록 하여 실험자가 시료채취주머니의 구매와 활용을 용이하도록 하였으며, 단, 악취시료의 변질과 손실로 인한 시료농도의 안정성을 위하여 제한조건에서 사용하도록 그 조건을 구체화 하여 제시 하였다.

#### 3.1.2. 판정요원선정

판정요원선정과정의 구체화를 위하여 판정요원선정시약을 4가지로 하였으며, 시험액 중 3가지를 임의로 악취분석요원이 선택하여 판정요원이 냄새를 맡게 하여 시험액을 모두 알아맞히고 또한 시험액의 종류와 악취도가 3, 4도인 사람을 판정요원으로 한다. 이것은 후각능력이 정상인보다 상대적으로 뛰어나거나 약한 판정위원을 배재하고자 하는 목적을 담고 있다.

#### 3.1.3. 관능시험절차

최초희석배수시험의 과정을 부지경계선에서 100배, 배출구에서는 300배를 제시하여 저배수(최초 희석배수 3단계)시험단계를 줄여 불필요한 실험의 낭비를 줄이고 있다.

관능시험과정은 초기희석단계에서 3점 1조의 시료를 2조 평가한 후 정답률 0.6 미만일 경우 시험을 중단하도록 정하고 있다. 이는 판정요원들의 관능시험결과 대부분의 판정요원이 냄새를 감지할 수 없는 저농도의 시료일 경우에는 시험을 중단하도록 하여 불필요한 악취시료를 분석하는 부분을 배재할 수 있도록 하였다. 판정요원의 관능시험결과 정답률이 0.6 이상시료는 최초시료희석배수 각2조 모두 정답을 맞힌 판정요원만 다음단계의 희석배수평가를 진행하도록 하여 당해 단계에서 정확한 후각감지 능력을 보인 판정요원만 다음단계의 평가할 수 있도록 하였다. 이는 당해 희석배수에서 모두 확실한 냄새를 감지한 판정요원만 다음 단계의 평가에 참여하도록 하였다.

### 3.2. 기기분석법(지정악취물질 측정방법)

지정악취물질 측정방법은 기체크로마토그래피(GC)와 고속액체크로마토그래피(HPLC) 등을 활용하며 검출기에서도 질량분석기를 사용하며 시료의 전처리는 시료의 농축전처리방법인 저온농축방법, 헤드스페이스 시료농축기법, SPME 등을 사용하고 있다.

**Table 4.** 공기희석관능법 주요절차

| 시험과정 | 주 요 절 차 |
|---|---|
| 판정요원선정용 시험액 | - Acetic acid<br>- Trimethylamine<br>- Methylcyclopentenolone<br>- β-Penylethylalcohol |
| 판정요원선정 시험방법 | 무취종이 2매와 판정요원선정용 시험액 종이 3매 중 냄새의 유무와 냄새의 종류를 모두 알아맞히고 악취도가 3, 4도인 사람만을 판정요원으로 선정함 |
| 판정요원조건 | - 19세 이상 |
| 희석과정 | - 최초희석배수<br>· 10배(부지경계선), 300배(배출구)<br>- 희석과정 : 저배수→고배수(약 3배수 간격으로 희석) |
| 관능시험절차 | - 최초시료희석배수에서 2조의 관능시험을 하여 정답률이 0.6미만 일 때 관능시험을 중단한다.<br>- 최초시료희석배수에서 2조의 관능시험결과 정답률이 0.6 이상일 경우 판정결과 각 2조 모두 정답을 맞힌 판정요원만 다음 단계의 시료 희석배수 관능 시험을 진행<br>- 다음 단계부터의 시료는 1조의 시료를 관능시험 한다. |

**Table 5.** 지정악취물질 기기분석법

| 지정악취물질 | 주 요 방 법 |
|---|---|
| 황화물 4종 | 1. 저온농축-충전형컬럼GC<br>2. 저온농축=모세관컬럼GC<br>3. 저온농축 syringe-모세관 컬럼 GC |
| 암모니아 | 분해병 - 기존유지 |
| 트라이메틸아민 | 1. 저온농축-충전형 컬럼 - GC/FID, NPD<br>2. Head Space-모세관컬럼 GC/NPD<br>3. SPME-모세관컬럼GC/FID, NPD |
| 스타이렌 | 1. 고체흡착관-모세관컬럼 GC/MS<br>2. 캐니스터-저온농축-충전형컬럼 GC/FID<br>3. 시료채취백-SPME-GC/FID,MS |
| 알데하이드 5종 | 1. DNPH 카트리지 - HPLC<br>2. DNPH 카트리지 - GC/NPD, FID, MS |

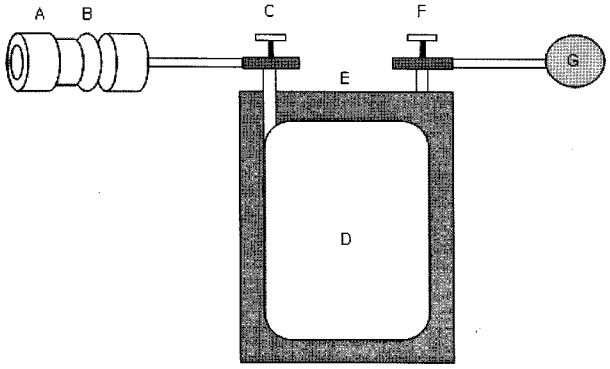



**Fig. 1.** 시료채취 장치(흡인상자방법).

### 3.2.1. 황화합물[3](메틸머캅탄, 황화수소, 다이메틸설파이드 및 다이메틸다이설파이드)

황화물을 시료채취주머니(Teflon, Tedlar, Polyester 또는 이것과 동등이상의 보존성능을 가지고 있는 수지 필름제)를 사용하여 내용적 3～20 L 정도의 것으로 시료를 채취한다. 흡인펌프는 1～10 L/분 의 공기를 흡인 가능 한 것 이어야 하며 먼지가 많은 공기시료는 시료채취 관 유입부에 필터를 설치하여 시료채취 시 먼지가 제거되게 한다(Fig. 1).

#### 1) U자형 저온농축

시료를 저온농축장치에 농축한 다음(냉매혹은 펠티어 냉각을 사용하여 -183～-10℃) 탈착과정을 거쳐 GC로 주입되어 분석된다. 측정은 시료의 채취, 농축, 컬럼 주입 단계로 이루어지며, 검출기로는 미량 황화물의 검출이 가능하고 직선성이 좋고, 황화물을 선택적으로 검출할 수 있는 불꽃염광광도검출기(FPD), 펄스형불꽃염광광도검출기(PFPD), 원자발광검출기(AED), 황화학발광검출기(SCD), 질량분석기(MS) 등의 검출기를 사용할 수 있다.

저온농축장치의 시료도입관은 삼방향연결관(Tee)을 연결하고 삼방향연결관의 윗 부분에 GC용 septum을 달아 주사기로

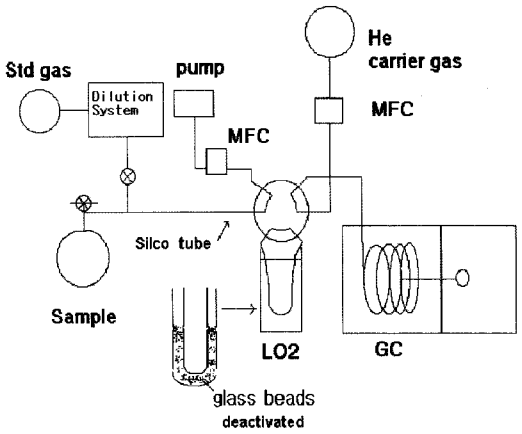



**Fig. 2.** 저온농축장치-모세관칼럼 GC.

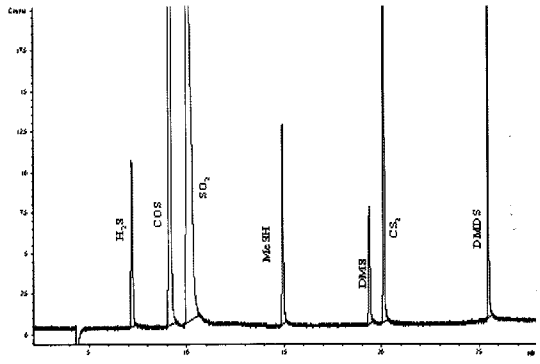



**Fig. 3.** 저온농축-모세관컬럼에 의한 크로마토그램.

소량의 시료를 주입한다. 깨끗한 시료채취주머니에 공기(예: zero air) 상대습도 60%를 만들어 채우고 저온농축장치의 시료도입관에 연결하여 분석한다. 이 방법은 회수율의 측정과 시료채취주머니에서의 황화물의 영향을 배제하기 위하여 고안된 방법이다.

분석시스템의 구성은 위의 그림과 같으며 내부정도관리내용에 따라 표준물질을 사용한 회수율, 반복재현성, 최소검출한계 등을 측정하여 분석결과가 신뢰할 수 있도록 하였다. 특히 황화물의 분석은 시료중의 수분의 존재에 의해 손실될 가능성이 많으므로 시료중의 수분 제거과정을 고려하여 분석시스템을 구성하여야 한다.

#### 2) 전기냉각저온농축(주사기탈착)

고체흡착제에 흡착된 시료는 전기냉각으로 -30℃까지 냉각하여 시료를 저온농축한 후 열탈착과 주사기에 의해 감압 탈착되는 방법을 사용하여 저온농축관에서의 탈착(desorb)의 효율을 향상시켰다(Fig. 4). 기체크로마토그래피에서의 황화합물질의 분리능은 과거의 충전형컬럼(packed column)에서보다 개선된 결과를 보여주고 있다.

황화물은 금속성분과 수분에 의하여 시료의 분석과정에서 손실되는 가능성이 많은 물질로서 현재 시험방법에서 제시하는 과정으로 측정분석하였을때 그 목표성능을 만족할 수 없다면 수분제거과정과 시료도입부에 대한 재질의 구성을 재구성하여 분석하도록 정하고 있다. 내부정도관리사항에서는

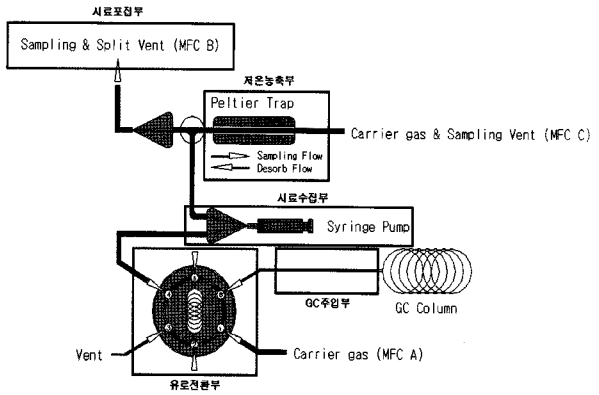



**Fig. 4.** 전기냉각저온농축-모세관컬럼 GC구성도.

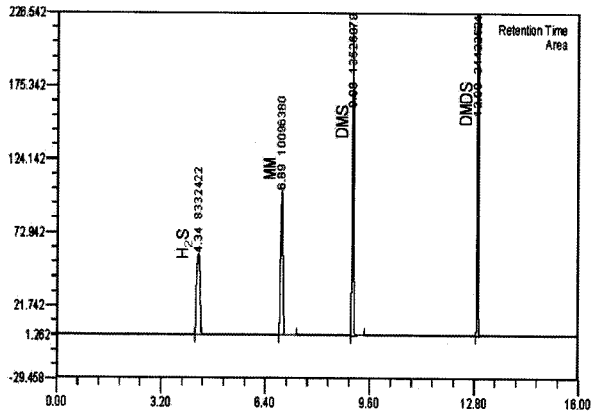



**Fig. 5.** 전기냉각저온농축-모세관컬럼 분석크로마토그램.

황화수소로서 시료중의 건조상태와 상대습도가 함유된상태에서 회수율을 분기1회 측정하여 그성능이 만족됨을 보증하도록 규정되어 있다.

황화물의 회수율은 저온농축장치에서 주입된 표준물질의 절대량과 기체크로마토그래피로 직접 주입된 양의 차이를 비교하여 평가하며 건조상태일 때 80%, 상대 80도% 일대 60% 이상의 회수율을 얻을 수 있어야 한다. 만일 이러한 성능을 얻을 수 없다면 시스템을 재구성하여 목표치를 확보하여야만 한다.

### 3.2.2. 트라이메틸 아민[3)]

#### 1) 시료채취방법

트라이메칠의 시료채취는 임핀저 시료 채취장치, 산성여과지 시료채취장치로 구성되면 시료 채취시간은 5분 이내, 흡인펌프 유량은 임핀저 1~10 L/분, 산성여과지 2~10 L/분으로 한다.

#### 2) 분석장치의 구성 및 분석방법

가) 저온농축-충전형 컬럼 GC

시료농축관은 수분에 의해 단시간에 응축할 경우에는 분해병의 바로 뒤에 수산화칼륨을 충전한 탈수관을 연결한다. 그리고 시료의 저온농축과 열탈착 시 온도의 보존을 위해 보온장치와 가열장치를 하여야 한다(Fig. 7).

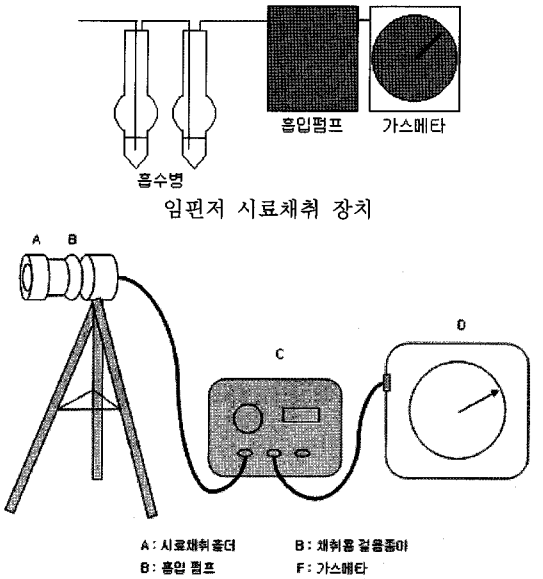



**Fig. 6.** 트라이메틸아민 시료채취 장치

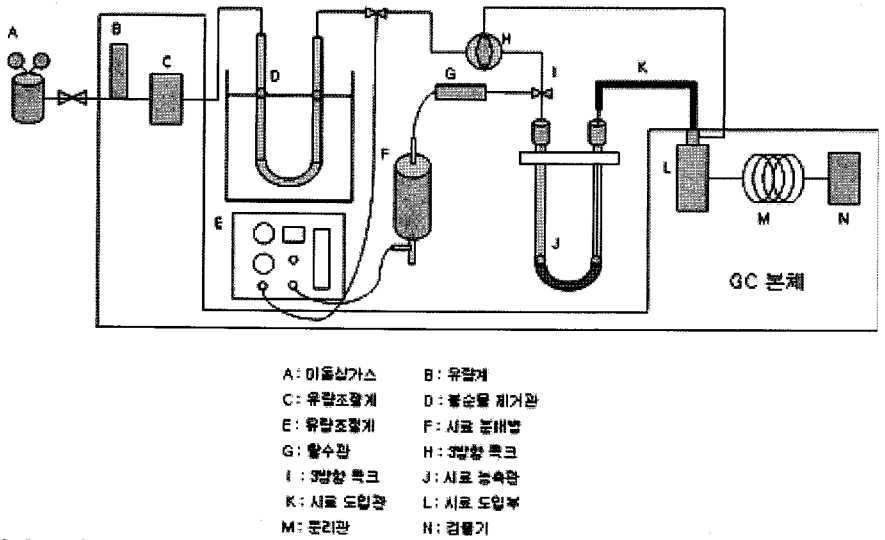



**Fig. 7.** 트라이메틸아민 분석장치 구성.

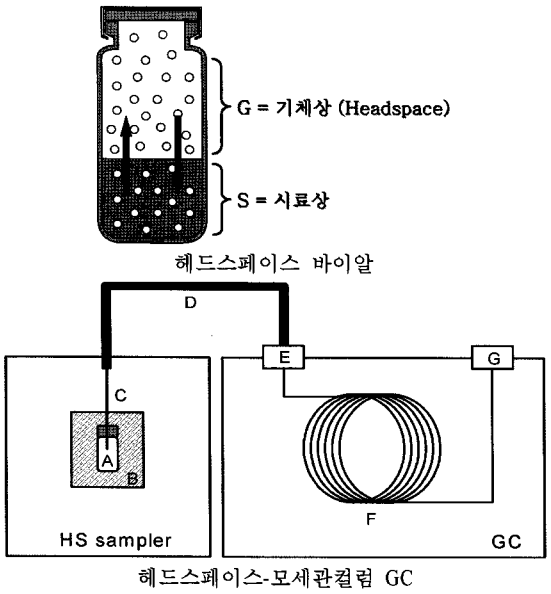



**Fig. 8.** 트라이메틸 아민 측정시스템 구성.

이 분석법은 알카리 분해병에서 시료중의 트라이메틸아민을 중화분해 반응으로 휘발시키고 이를 다시 저온농축관에서 농축 후 탈착하여 충전형컬럼GC로 분리하여 GC로 분석하며 검출기로는 불꽃이온화검출기(FID) 혹은 질소인검출기(NPD)를 사용하여 트라이메틸아민을 분석하는 방법이다.

나) 헤드스페이스-모세관칼럼 GC

헤드스페이스분석법은 헤드스페이스바이알 안에서 시료의 알칼리상태에서 바이알상단부에 발생된 트라이메틸아민기체(headspace gas)를 주사기로 GC로 직접주입하거나 고체상 미량추출장치(SPME : Solid Phase Micro Extraction)파이버(fiber)에 흡착시킨 후 GC에 주입하며 분석하는 방법이다.

트라이메틸아민은 채취된 시료를 균질화 된 상태를 만들어 분석결과가 재현성이 안정된 값을 얻는 과정이 측정방법상 가장 어려운 부분으로 분석정밀도(반복측정정밀도)가 가장 중요한 오차를 줄이는 부분이라 할 수 있다.

헤드스페이스법을 이용한 경우 바이얼 속의 헤드이스에 균질화 조건을 만들어 주는 방법으로 진탕, 가열가압, 교반 등의 방법을 사용할 수 있지만 각 실험실의 균질화 방법을 최적화 하는 평가과정 후(내부정도관리 재현성 평가, 검량선 측정) 본 시료의 분석을 하여야 한다.

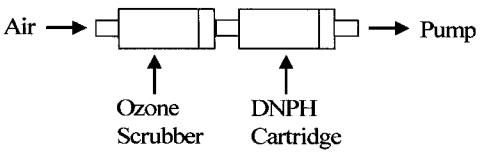



**Fig. 9.** 알데하이드 시료채취방법과 분석된 크로마토그램.

### 3.2.3. 카르보닐류 5종[3](아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드 및 iso-발레르알데하이드)

**1) 분석원리**

시료를 2,4-디니트로페닐히드라존(이하 DNPH라 함) 유도체를 형성하게 하여 HPLC와 GC로 분석 한다. 카보닐화합물과 DNPH가 반응하여 형성된 DNPH 유도체를 아세토나이트릴(acetonitrile) 용매로 추출하여 HPLC를 이용하여 자외선(UV)검출기의 360 nm파장에서 분석한다. 시료채취는 5분 이내에 이루어지도록 한다. 채취된 시료는 현장에서 DNPH카트리지에 1~2 L/분의 유량으로 채취한다. 이 때 오존에 의한 방해를 제거하기 위해 내경 1.0 cm × 길이 4 cm의 폴리프로필렌 튜브에 KI 결정을 채운 오존 스크러버를 그림과 같이 DNPH 카트리지 앞에 연결한다.

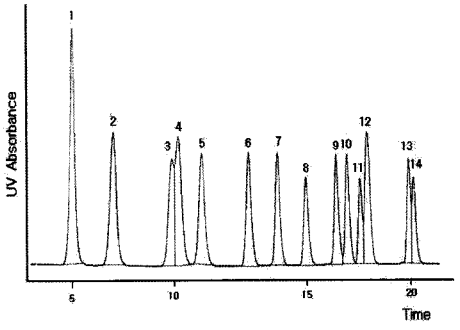
**2) 분석방법**

용출된 DNPH 유도체는 자외선 영역에서 흡광성이 있으며 350~380 nm에서 최대의 감도를 가지므로 자외선검출기의 파장을 360 nm에 고정시켜 분석한다. 고정상으로는 $C_{18}$ 칼럼(4.6 mm × 150 mm)을 사용하거나 피크(peak)분리능이 동등하거나 우수한 칼럼을 사용한다. 알데하이드 표준품을 분석한 크로마토그램이다.

카르보닐류의 분석방법은 기존에 수용액상태로 채취된 시료을 실험실에서 DNPH유도화 과정을 현장에서 카트리지를 사용하여 유도과정을 카트리지속에서 반응이 되도록 간편화 하였으며 악취의 측정정도관리상 가정 어려운 부분은 카트리지에 대한 불순물의 영향을 저감하는데 있다. 실제로 사용되는 카트리지의 불순물 함유상태는 측정하고자 하는 카르보닐류 화합물의 2-3종에서 retention time에 겹치게 검출되어 불순물의 갑을 보정하여야만 하는 점이 개선해야할 오차요인 이다.

## 4. 악취측정의 정도관리 (Quality Assure and Qualiy control)

악취공정시험방법에서는 검사항목 별로 시험과정의 절차의 특성에 맞추어 악취분석요원이 주기적으로 수행 하여야 할 내부정도관리를 주기와 수행방법 그리고 수행 시 달성해야할 목표치를 정하고 있다.



내부정도관리 수행결과 목표를 달성 후 악취물질의 분석 업무을 수행 하여야 하며, 만일 내부정도관리 수행 시 목표치의 정도관리 결과를 얻을 수 없다면 시료의 분석업무를 중단하고 측정방법과 측정시스템의 점검을 통하여 정상상태를 확보한 후 다시 내부정도관리를 수행하여 악취검사기관의 보유 측정시스템이 일정 수준의 정상상태임을 주기적으로 증명하여야 한다.

이것은 앞으로 공정시험방법에서 악취분석결과에 대한 신뢰도의 보증을 위한 필수과정 이다. 다양한 악취배출시료의 측정에 있어 일정 정밀도를 확보하기 위하여 악취검사기관

**Table 6.** 정도관리 구성[3)]

| 구 분 | 수 행 사 항 | |
|---|---|---|
| 표준작업순서(SOP) | 시료채취용 시약류의 준비, 정제, 보관 및 취급방법 | |
| | 분석용 시약, 표준물질 등의 준비, 표준용액의 조제, 보관 및 취급방법 | |
| | 시료채취 장치의 조립이나 기기, 기구의 교정, 조작방법 | |
| | 분석기기의 측정조건의 설정, 조정, 조작순서 | |
| | 측정조작의 모든 공정의 기록(사용하는 컴퓨터의 하드 및 소프트를 포함한다) | |
| | 시료농도 산출에 사용되는 측정분석결과의 데이터의 처리방법 및 결과 | |
| 측정분석장치의 유지관리와 성능평가 | 유지관리 | 시료채취용기자재관리 |
| | | 시료의 보관운반방법(시료채취주머니, 고체흡착관, DNPH카트리지) |
| | | 시료채취신뢰성의 관리 |
| | 측정기기 성능평가 | 표준물질(소급성확보) |
| | | 측정분석기기의 조정(감도, 안정성, 직선성등 장비의 정상유지) |
| | | 조작blank 측정(시료의 분석에 지장이 없는 측정환경을 설정) |
| | | Travel blank값의 측정과 측정값의 보정 |
| 데이터의 관리 및 평가 | 시료채취시 주의사항 | |
| | 이상값, 잘못된 측정값의 취급방법 | |
| | 측정방법에 대한 기록 | |
| 데이터의 관리 및 평가 | 감도변동 | |
| | 검출하한값, 정량하한값의 측정 | |
| | 내부정도관리수행(최소검출한계, 재현성, 직선성, 회수율 등 ) | |
| 악취판정인 관리대장 | 악취분석요원의 인적사항, 근무기록, 교육사항, 외부정도관리수행실적 등 정리 | |
| | 악취판정요원에 대한 일반사항과 악취판정요원선정시험결과, 악취판정시험결과(정답율 등), 악취판정시험 횟수 등 | |

**Table 7.** 내부정도관리 구성

| 검사항목 | 평가요소 | 목 표 치 |
|---|---|---|
| 암모니아 | 최소검출한계 | 최소검출한계는 0.01 ppm 이하 |
| | 직선성 측정 | $r^2$ = 0.98 이상 |
| | 공시험 측정 | 3개 이상의 공시험을 측정 |
| | 재현성측정 | 상대표준편차는 10% 이내 |
| 황화물 | 최소검출한계측정 | 메틸머캅탄 으로 0.2 ppb 이하 |
| | 분석정밀도 | 10 ppb의 농도에서 10% 이내로 |
| | 직선성 | 5～20 ppb 범위에서 $r^2$ = 0.98 이상 |
| | 회수율측정(황화수소) | 상대습도 10% 이하(질소가스) 80% 이상, 상대습도 80%(공기) 회수율은 60% 이상 |
| 트라이메틸아민 | 최소검출한계 | 최소검출한계는 0.5 ppb 이하 |
| | 분석정밀도 | 3회 반복 분석, 5 ug/L의 농도에서 상대표준편차(RSD%) 10% 이내 |
| | 직선성 | 표준시료 1～20 ug/L 범위에서 $r^2$ = 0.98 이상 |
| 알데하이드류 | 최소검출한계 | i-발레르알데하이드로서 1 ppb 이하 |
| | 현장 공 시료(Field Blank)의 평가 | 현장 공 시료는 시료의 운송과 저장 및 분석과정에서 실제시료와 항상 동일하게 취급 |
| | 분석정밀도 | 1 mg/L의 농도에서 10% 이내 |
| | 직선성 | 0.1～10 mg/L 범위에서 $r^2$ = 0.98 이상 |
| 스타이렌 | 최소검출한계 | styrene 1 ppb 이하 |
| | 분석정밀도 | 100 ppb의 농도에서 10% 이내 |
| | 직선성 | 대기 중 농도 10～100 ppb 범위에서 $r^2$ = 0.98 이상 |

은 배출구 및 일반대기 중 채취된 시료에 포함되는 시료채취부터 분석, 정량, 결과산출까지 정확한 정도관리가 이루어져야 한다. 이를 위하여 분석기관은 표준작업 순서(SOPs), 측정분석장치의 성능의 평가와 유지관리, 내부정도관리, 표준시료의 관리, 인력관리, 교육, 데이터의 관리 및 평가, 측정신뢰성의 평가 등을 포함하는 정도관리계획을 수립하여 시행하며 측정분석방법의 정도 확인을 위하여 실제의 측정분석에 앞서 그 타당성을 검증해 두어야 한다.

### 4.1. 검사항목별 내부정도관리

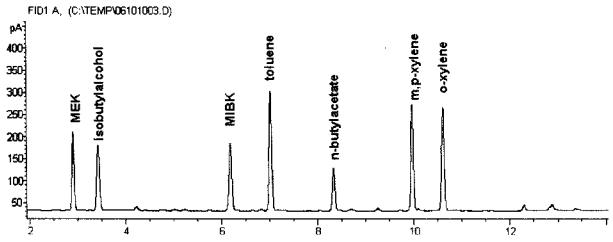
검사항목별 내부정도관리 주기는 분기 1회 이상을 원칙으로 하며 분석장비의 주요부품 교체, 수리, 분석자의 변경 시 등 수시로 한다. 검사항목별 내부정도관리의 목표치와 방법은 Table 7과 같다.

## 5. 추가지정악취물질의 시험방법[4)]

휘발성 지정악취물질군의 톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤, 메틸아이소뷰티르케톤, 뷰티르아세테이트, 스타이렌, 아이소뷰티르알콜을 동시에 측정하기위한 시험방법이다. 2008년부터 지정악취물질로 관리되는 극성이 약한 물질인 Toluene, Xylene, MEK, MIBK, Butyl acetate과 2010년부터 관리되는 iso-butanol 등은 물리적 성질이 유사하여 다성분 동시분석 방법으로 가능할 것으로 검토 중이다.

**Table 8.** 휘발성물질군 물리적 특성

| 구분 | styrene | xylene | toluene | MEK | MIBK | isobutanol | butyl acetate |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 화학식 | $C_8H_8$ | $C_8H_{10}$ | $C_7H_8$ | $C_4H_8O$ | $C_6H_{12}O$ | $C_4H_{10}O$ | $C_6H_{12}O_2$ |
| MW | 104.15 | 106.16 | 92.14 | 72.11 | 100.2 | 74.12 | 116.16 |
| B.P | 145℃ | 140℃ | 110.6℃ | 80℃ | 117-118℃ | 108℃ | 126℃ |
| 밀도 | 0.9 | 0.86 | 0.86 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.88 |
| 돌파부피 (TA, 20℃) | 1500 | 1550 | 400 | 40 | 1000 | 20 | 880 |



휘발성 지정악취물질 크로마토그램(예시)

**Table 9.** 휘발성물질군의 시료채취방법 및 분석방법 검토

| 구분 | styrene | toluene, xylene | MEK, MIBK | isobutanol | butyl acetate |
|---|---|---|---|---|---|
| 채취 | 고체흡착관 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 캐니스터 | ○ | ○ | - | ○ |
| | 시료채취백 | ○ | ○ | - | - |
| 분리 | (충전)캐필러리컬럼 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 검출 | GC/FID/MS | ○ | ○ | ○ | ○ |

시료 채취방법은 캐니스터, 테들라백, 흡착관 방법 등이 있으며 검토결과 캐니스터의 경우에는 iso-butyl acohol의 안정도가 떨어지는 단점이 있어 흡착관법이 적용가능성이 좋은 것으로 나타났다.

**Table 10.** 열탈착장치 및 기체크로마토그래피 분석조건(예시)[2)]

| 구 분 | 조 건 |
|---|---|
| **열탈착장치** | |
| 고체흡착관 탈착온도 | 280℃ |
| 고체흡착관 탈착시간 | 10분 |
| 저온농축관 온도 | -30℃ |
| 탈착유량 | 10 mL/분 |
| 저온농축관 유지시간 | 10분 |
| 저온농축관 제제 | Tenax TA |
| 전송관 온도 | 175℃ |
| **기체크로마토그래피/불꽃이온화검출기** | |
| 칼럼 | HP, 30 m, 0.53 mm, 2.65 μm |
| 칼럼유량 | 7 mL/분 |
| 오븐온도. | 40℃(4분)→7℃/분→180℃→10℃/분→200℃ |
| 검출기 온도 | 250℃ |

## 참고문헌

1. 환경부, 「악취방지법」 동법 시행령, 시행규칙(2005).
2. 국립환경과학원, 악취물질 시험방법 검토 및 개발(2004).
3. 국립환경과학원, 악취공정시험방법(2005).
4. 국립환경과학원, 지정악취물질 공정시험방법 및 연구(2006).