

휘발성유기화합물 - 저온 농축 -

2022

기체크로마토그래피

(Toluene, xylene, methylethylketone, methylisobutylketone,
butylacetate, styrene and i-butylalcohol - cold
trap/thermal desorption - GC method)

1.0 개요

1.1 목적

이 시험기준은 대기환경 중에 존재하는 지정악취물질 중 휘발성 유기화합물인 톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤, 메틸아이소부틸케톤, 부틸아세테이트, 스타이렌, *i*-부틸알코올을 동시에 측정하기 위한 시험기준이다.

1.2 적용범위

대기 환경 중에 존재하는 톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤, 메틸아이소부틸케톤, 부틸아세테이트, 스타이렌, *i*-부틸알코올은 지정악취물질로서 시료는 부지경계선에서 채취한다. 고체 흡착관으로 시료를 채취하고 저온 농축/열탈착하여 기체크로마토그래프로 분석한다.

1.3 간섭물질

200 mg 정도 충전된 탄소성 흡착제류들과 tenax류의 유기물 바탕값은 각각 0.01 ng과 0.1 ng 정도다. carbosive SIII와 carboxen 같은 친수성 흡착제들은 수분이 공존하면 활성이 급격하게 감소하므로 수분이 많은 시료일 경우에는 tenax류와 같은 소수성 흡착제들을 이용하여 채취한다.

tenax류의 흡착제는 높은 농도의 오존 존재 하에서 시료를 채취할 경우 고분자가 산화되어 벤즈알데하이드, 페놀, 아세토펜과 같은 물질이 생성되므로 오존이 10 ppb 이하의 환경에서 사용한다.

2.0 용어 정의

2.1 열탈착 (thermal desorption)

고온과 불활성 기체를 이용하여 흡착제로부터 휘발성 유기화합물을 탈착시켜 기체크로마토그래프로 전달하는 과정이다.

2.2 2단 열탈착 (2nd thermal desorption)

흡착제로부터 분석대상 물질을 열탈착하여 저온농축관에 농축한 다음, 저온농축관을 가열하여 농축된 화합물을 재 탈착시켜 기체크로마토그래프로 전달하는 과정이다.

2.3 돌파 부피 (breakthrough volume)

시료채취 시에 분석대상 물질이 흡착관에 채취되지 않고 흡착관을 통과하는 부피 즉, 흡착관에 충전된 흡착제의 최대 흡착부피를 말한다. 또는 2 개의 흡착관을 직렬로 연결할 경우, 후단의 흡착관에 채취된 양이 전체의 5 % 이상을 차지할 경우의 공기 부피를 말한다.

2.4 안전 시료 부피 (SSV, safe sample volume)

분석대상 물질의 손실 없이 안전하게 채취할 수 있는 일정 농도에 대한 공기의 부피를 말한다. 채취에 사용되는 흡착관의 최대 흡착 부피 2/3에 해당하는 값을 적용한다.

2.5 머무름 부피 (retention volume)

흡착관으로부터 분석 물질을 탈착하기 위하여 필요한 운반가스의 부피를 측정함으로써 결정된다.

2.6 고체 흡착관의 안정화 (conditioning)

흡착관을 사용하기 전에 열탈착장치에 의해서 보통 350 °C (흡착제별로 사용하는 최

고 온도를 고려하여 조정)에서 순도 99.999 % 이상의 헬륨 기체 50 mL/min으로 적어도 2 시간 동안 안정화시킨 후 사용한다. 시료채취 이전에 흡착관의 안정화 여부를 사전 분석을 통하여 확인해야 한다.

2.7 모세관 컬럼 (capillary column)

본 시험방법에서는 모세관 컬럼을 사용하고, 저온 농축 온도 및 열탈착장치의 구성에 따라서 내경 및 필름 두께를 선택하여 규정 물질의 항목별 검출 분리능이 1 이상 ($R \geq 1$) 되는 것을 사용한다. 시판되고 있는 모세관 컬럼은 가능한 목적 성분의 시험성적서가 첨부된 것을 사용하는 것이 좋다.

3.0 분석기기 및 기구

3.1 시료채취장치

이 방법은 고체 분말 표면에 기체가 흡착되는 것을 이용하는 방법으로 채취장치는 그림 1과 같이 흡착관, 흡입 펌프 및 유량계로 구성한다.

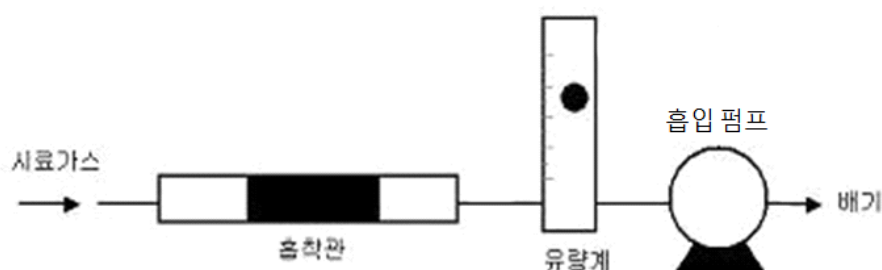


그림 1. 흡착관 시료채취장치 구성

3.1.1 고체 흡착관

고체 흡착관은 스테인리스강 또는 유리 재질로 된 관에 측정 대상 성분에 따라 흡착제를 선택하고 각 흡착제의 돌파 부피 (breakthrough volume)를 고려하여 충전한 후에 사용한다. 고체 흡착관은 시판되고 있는 별도 규격 제품을 사용할 수 있다. 각 고체 흡착제는 반드시 허용된 최고 온도 범위와 유량에 따라 사용하여 하며, 흡착관은 사용

하기 전에 반드시 열세척 안정화 (thermal cleaning) 단계를 거쳐야 한다. 외부 공기로부터 오염이 되지 않도록 밀폐용 마개와 불소수지 재질 페럴 (ferrules)을 이용하여 막아서 보관하며 24 시간 이내에 사용하지 않을 경우에는 4 °C의 냉암소에서 보관하여야 한다. 고체 흡착관은 각 흡착제의 돌과 부피를 고려하여 200 mg 이상으로 충전한 후 사용한다. 고체 흡착관은 충전제의 종류에 따라 사용 횟수를 확인하고 사용하여야 한다. 표준물질의 분석 정밀도 저하, 고체 흡착관의 열세척 이후 정제 효과가 나쁠 경우 폐기한다. 다공성의 폴리머흡착제로 충전된 흡착관들 (chromosorb, porapak, tenax)은 약 100 번의 열처리 사용 후, 흡착관이 spherocarb, carbotrap, carbopack, carboxieve SIII, carboxen과 같은 탄소계 흡착제로 충전된 경우는 약 200 번의 열처리 사용 후 흡착 성능을 확인하고 교체하도록 한다. 흡착관의 사용주기를 정확히 판단하기 위하여 고체 흡착관의 고유 번호를 정리하여 그 사용 횟수를 파악할 수 있도록 하고 관리기록부를 작성하여 관리하는 것이 효과적이다.

3.1.2 흡입 펌프

흡입 펌프는 유량 50 mL/min ~ 200 mL/min을 유지할 수 있어야 하며 유량의 안정성은 시료채취 시간 동안 5 % 이내여야 한다.

3.1.3 유량계

유량계는 시료를 흡입할 때의 유량을 측정하기 위한 것으로 적산유량계 또는 순간 유량계를 사용한다. 사용하는 유량계는 정기적으로 유량 교정을 실시해야 한다.

3.2 열탈착장치

3.2.1 저온농축장치

저온농축장치는 고체 흡착관을 고온 열탈착 할 수 있는 구조이어야 한다. 고체 흡착관의 탈착 온도는 350 °C 까지 가열하면서 이동상 기체를 흘려 흡착된 시료를 열탈착 할 수 있어야 한다. 열탈착된 시료는 시료 농축을 위하여 저온농축관으로 이송되며 전기냉각 방법이나 냉매를 사용하여 온도를 -10 °C 이하를 유지하여 저온 농축 할 수 있어야 한다.

3.2.1.1 저온농축관 누출 확인

각 고체 흡착관은 분석하기 전에 누출시험을 실시한다. 고체 흡착관이 부착된 열탈착장치와 연결된 기체크로마토그래프의 주입구를 막고, 운반가스를 모든 유로에 일정 압력으로 흘렸을 때, 일정 시간 압력이 유지되는지를 확인한다. 만약, 누출이 확인되면 장치를 정지한다.

3.2.1.2 퍼지용 기체 (purge gas)

고체 흡착관을 열탈착하기 전에 운반가스를 사용하여 실내 공기 온도에서 고체 흡착관과 각 시료가 흐르는 유로를 통과시킨다. 이러한 것은 시료를 건조시켜 주고 분석대상 물질과 고체 흡착제의 산화를 방지하여 분석 결과의 신뢰성을 높여주고 모세관 컬럼의 수명을 연장시켜 준다. 퍼지용 기체는 99.999 % 이상의 순도를 지닌 비활성 기체를 사용한다.

3.2.1.3 시료 분할 (splitting)

측정결과 시료의 농도가 검정곡선의 범위를 초과할 경우와 수분의 간섭으로 인해 모세관 컬럼과 검출기의 피해를 최소화하기 위해 분할 주입을 실시할 수 있다. 이 경우에는 보통 10 : 1 정도 분할하는 것이 적당하다.

3.2.1.4 시료의 탈착 (desorption)

시료를 채취한 고체 흡착관은 오염되지 않은 장갑을 사용하여 마개를 제거한 후, 열탈착장치에 설치한다. 이때, 흡착관내의 수분을 제거하기 위해서 흡착관을 시료채취 반대방향으로 연결하여 탈착시킨다. 그런 다음 흡착관을 흡착제의 종류에 따른 운반가스 유량과 가열 온도를 설정하여 시료가 완전히 이송될 수 있도록 탈착하고, 탈착된 시료는 설정된 온도 이하의 저온농축관으로 이송된다. 저온농축관으로 이송된 시료를 다시 가열 탈착한다. 열탈착 시료를 기체크로마토그래프에 주입할 때 시료를 적당히 분할하여 주입할 수 있다. 모세관 컬럼의 유량을 조정하고 기체크로마토그래프로 이송한다. 저온농축 및 열탈착 시 온도 설정 조건은 사용하는 흡착제나 분석대상 물질에 따라서 최적 조건으로 선택하여 사용한다.

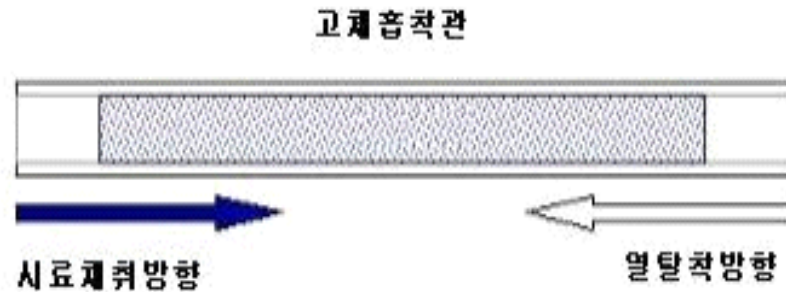


그림 2. 고체 흡착관의 시료채취 방향과 열탈착 방향

3.2.2 모세관 컬럼 (capillary column)

비극성 모세관 컬럼으로 유리, 실리카 재질로 된 관의 내벽에 정지상이 결합시킨 것을 사용한다. 길이는 충분한 분해능을 갖기 위해 일반적으로 길이는 30 m ~ 60 m, 내경은 0.25 mm ~ 0.53 mm 인 것을 사용할 수 있다.

3.2.3 검출기 (detector)

검출기는 불꽃이온화검출기 (FID) 혹은 질량분석기 (MS)를 사용한다. 질량분석기의 조건은 스캔 모드 (scan mode)에서 nmole/mole 수준의 대상 물질에 대한 확인과 분석이 가능해야 한다. 선택 이온 모드에서는 이보다 높은 감도로 분석이 가능하다.

3.2.4 운반가스 (carrier gas)

기체크로마토그래프의 이동상으로 주입된 시료를 모세관 컬럼과 질량분석기로 이동시키는 역할을 하며, 비활성의 건조하고 순수한 (99.999 % 이상) 질소 혹은 헬륨을 사용한다.

4.0 시약 및 표준물질

4.1 기체상 표준물질

표준물질은 소급성이 명시된 ppm 농도의 인증 표준물질을 사용하여 ppb 농도로 희석하여 사용한다. ppm 농도를 ppb 농도로 희석할 때는 희석장치 (diluter)를 사용한다. 검정곡선 측정용 고체 흡착관을 조제할 경우에는 보다 정확한 정량을 위해서 시료와 비슷한

저농도의 표준물질을 흡착관에 흡착시켜 각 성분의 흡착 효율과 돌과 부피를 확인한 후, 검정곡선용 고체 흡착관을 만들어 사용한다.

4.2 액상 표준물질

톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤, 메틸아이소부틸케톤, 뷰틸아세테이트, 스타이렌, *i*-부틸알코올이 함유된 액상 표준물질을 시료채취에 사용하는 고체 흡착관에 정량적으로 흡착시켜 사용한다. 흡착 방법은 70 °C로 설정된 흡착관 가열장치 (adsorbent tube injector system)에 고체 흡착관을 연결한 후, 액상 표준용액 (메틸알코올과 같은 용매에 녹인)을 주입하여 시료채취 시의 채취된 질량의 범위와 동일하게 고체 흡착관에 흡착하여 사용한다. 이때 운반가스의 유속은 50 mL/min ~ 100 mL/min 정도로 맞춘다.

5.0 시료채취 및 관리

시료채취는 부지경계선에서 한다. 채취 지점과 주변 상황 등 관계된 상황을 시료채취 기록부에 기록한다. 강한 풍속, 나쁜 기상상태 및 입자상의 영향을 방지하기 위해 보호막 (shelter)을 설치한다. 시료채취 방법은 고체 흡착관을 사용한다.

5.1 시료채취

흡착관 뒤에 유량계를 설치시키고 펌프를 작동시킨 후, 유량을 약 100 mL/min로 안정되게 조정하고 5 분간 채취한다. 유량의 안정성을 파악하기 위해 시료채취 전후의 유량을 비교하여 10 % 이내인가를 확인한다. 만약 채취 후 1 시간 이내에 분석하지 못할 경우, 흡착관의 마개를 닫고 알루미늄 호일 등으로 밀봉한 후, 분석 시까지 4 °C 냉장 보관하여야 한다.

5.2 현장 바탕 시험용 고체 흡착관

현장 바탕 시험용 고체 흡착관은 측정 지점까지 운반되고 측정 지점에서 개봉된다. 실제로 펌프를 이용하여 고체 흡착관으로 공기를 유입시키지는 않는 점을 제외하고는 시료 고체 흡착관과 같다. 시료 고체 흡착관들과 동일한 조건의 경로를 갖도록 바탕 시험용 고체 흡착관을 동일시간에 노출시켜야 하며 일일 최소 1 개 이상의 흡착관을 시료채취 때마다 사용한다. 현장 바탕 시험용 측정결과를 시료측정결과에 보정한다.

6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

6.1 분석기기의 설치조건

6.1.1 설치 장소

설치 장소는 진동이 없고 분석에 사용되는 유해물질을 안전하게 처리할 수 있으며 부식 기체나 먼지가 적고, 실온 5 °C ~ 35 °C, 상대습도 85 % 이하로서 직사광선이 쏘이지 않는 곳으로 한다.

6.1.2 전기 관계

전기 관계는 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다. 공급 전원은 지정된 전력 용량 및 주파수이어야 하고, 전원 변동은 지정 전압의 10 % 이내로서 주파수의 변동이 없는 것이어야 한다. 전자기 유도는 대형 변압기, 고주파 가열로와 같은 것으로부터 전자기의 유도를 받지 않는 것이어야 한다. 접지 저항 10 Ω 이하의 접지점이 있는 것이어야 한다.

6.2 분석 전 준비

6.2.1 장치의 고정 설치 여부 확인

6.2.1.1 장치를 설치하고 기체류의 배관을 한 다음, 기체의 누출이 없는가를 확인한다.

6.2.1.2 이때 가스통은 화기가 없는 실외의 그늘진 곳에 넘어지지 않도록 고정하여 설치한다.

6.2.1.3 장치에 전원을 배선하고 접지점에 접지선을 연결한다. 또 필요한 부분의 배선을 확인한다.

6.2.2 모세관 컬럼의 부착 및 기체 누출시험

각 분석방법에 규정된 방법에 따라 조제된 모세관 컬럼을 장치에 부착한 후, 운반가스의

압력을 사용 압력 이상으로 올리고, 모세관 컬럼 등의 접촉부에 누출시험을 하며 누출이 없음을 확인한다.

6.2.3 시료의 준비

분석하는 시료를 분석방법에 규정된 방법에 의하여 준비한다.

6.3 분석결과와 기재

6.3.1 일반사항

6.3.1.1 시료채취일

6.3.1.2 시료채취자 명

6.3.1.3 시료채취 장소

6.3.2 분석조건

6.3.2.1 전처리 장비 : 전처리 방식, 온도 설정, 유로 구성 등

6.3.2.2 시료주입장치 : 시료주입장치의 종류와 특성을 명기한다.

6.3.2.3 시료 및 표준물질 주입량과 주입방법

6.3.2.4 기기 분석조건을 명기. 모세관 컬럼 종류 및 제원, 오븐의 조건, 유속, 유량, 검출기의 종류, 분할 (split) 조건

6.3.2.5 검출기 조건 및 검출 방식

6.3.3 분석 결과의 기재

6.3.3.1 성분의 확인 방법 : 표준물질 및 시료의 크로마토그램에서 각 봉우리의 머무름 시간과 분리도를 나타낸다.

6.3.3.2 표준물질 및 시료의 정량 결과를 나타낸다. 표준물질 및 시료의 분석 크로마토그램에서의 봉우리 적분량 결과와 표준물질의 검정곡선 결과를 나타낸다.

6.3.3.3 시료의 측정결과 검정곡선에 따른 시료의 측정농도의 결과를 나타낸다.

6.3.3.4 표준물질의 종류, 순도와 혼합물일 경우에는 농도 범위 및 조제방법을 명기한다.

6.4 내부정도관리 방법

6.4.1 방법검출한계 측정

방법검출한계 (MDL)는 검출한계에 근접한 농도를 7 번 반복 측정한 후 이 농도 값을 바탕으로 하여 얻은 표준편차에 3.14를 곱한다. 방법검출한계는 스타이렌은 1 ppb 이하, 그 밖의 물질은 10 ppb 이하 이어야 한다.

6.4.2 정밀도 평가 및 검정곡선 작성

분석 정밀도는 동일한 시간 동안 동일한 조건에서 3 회 반복 분석하여 크로마토그램의 적분 넓이와 봉우리 (peak)의 머무름 시간 (RT)의 정밀도를 확인한다. 모든 분석과정을 통한 측정·분석의 정밀도는 3 회 이상 반복 분석의 표준편차로 구하고 이 값은 10 ppb ~ 100 ppb 농도의 시료 1 L를 취하여 측정할 때 10 % 이내로 한다.

검정곡선의 결정계수는 대기 중 농도 10 ppb ~ 100 ppb 범위에서 3 개 ~ 5 개의 농도에 대해 $R^2 = 0.98$ 이상이어야 한다. 측정결과 허용 범위를 벗어나면 재작성 하도록 한다.

6.4.3 내부정도관리 주기

내부정도관리 주기는 연 1 회 이상 측정하는 것을 원칙으로 하며 분석기기의 주요 부품 교체, 수리 분석자의 변경 시 등 수시로 한다.

6.4.4 정도관리 결과 보관

내부정도관리 측정결과 산출된 측정결과와 측정 시 얻어진 기초데이터는 정도관리철에 같이 보관해 주어야 한다.

7.0 분석 절차

7.1 누출확인

7.1.1 측정기의 각 부위를 점검하고 누출이 없는 가를 확인하고 순서에 맞추어 전원을 넣는다.

7.1.2 각 고체 흡착관은 분석하기 전에 누출시험을 하여야 한다.

7.2 분석 절차

7.2.1 고체 흡착관으로부터 분석대상 물질을 열탈착 한다. 이때 일반적으로 온도는 흡착제에 따라 200 °C ~ 350 °C, 운반가스는 30 mL/min ~ 100 mL/min의 유량으로 5 분 ~ 15 분 동안 열탈착 한다.

7.2.2 열탈착된 시료를 저온농축관에 농축시킨 후 일반적으로 온도는 흡착제에 따라 250 °C ~ 500 °C, 운반가스는 3 mL/min ~ 100 mL/min의 유량으로 1 분 ~ 15 분 내에 2 단 열탈착을 유도한다.

7.2.3 저온농축관에서 2 단 열탈착이 이루어지면 기체크로마토그래프를 작동한다.

7.2.4 기체크로마토그래프 분석

모세관 컬럼에 주입된 시료는 목적 성분을 분리한 후 질량분석기 (MS) 혹은 불꽃이온화검출기 (FID)로 분석한다. 검출기가 질량분석기인 경우 분석방법은 스캔 모드 (scan mode)를 사용하여 성분의 구조와 봉우리의 머무름 시간을 확인한다. 또한 분석 성분의 구조는 질량분석기 스펙트럼과의 비교 및 표준물질의 스펙트럼과 머무름 시간의 비교를 통하여 확인한다. 대상 물질의 선택 이온을 선정하여 (SIM : selected ion monitoring mode)에서 정량 분석을 수행 할 수도 있다.

표 1. 열탈착장치 및 기체크로마토그래프 분석조건 (예)

열탈착장치	
흡착관 탈착온도	280 °C
흡착관 탈착시간	10 분
저온농축관 온도	-10 °C
탈착유량	10 mL/min
저온농축관 유지시간	10 분
저온농축관 제제	tenax TA
전송관 온도	175 °C
기체크로마토그래프/블꽃이온화검출기	
컬럼	HP (30 m, 0.53 mm, 2.65 µm)
컬럼 유량	7 mL/min
오븐 온도	40 °C (4 분) → 7 °C/min → 180 °C → 10 °C/min → 200 °C
검출기 온도	250 °C

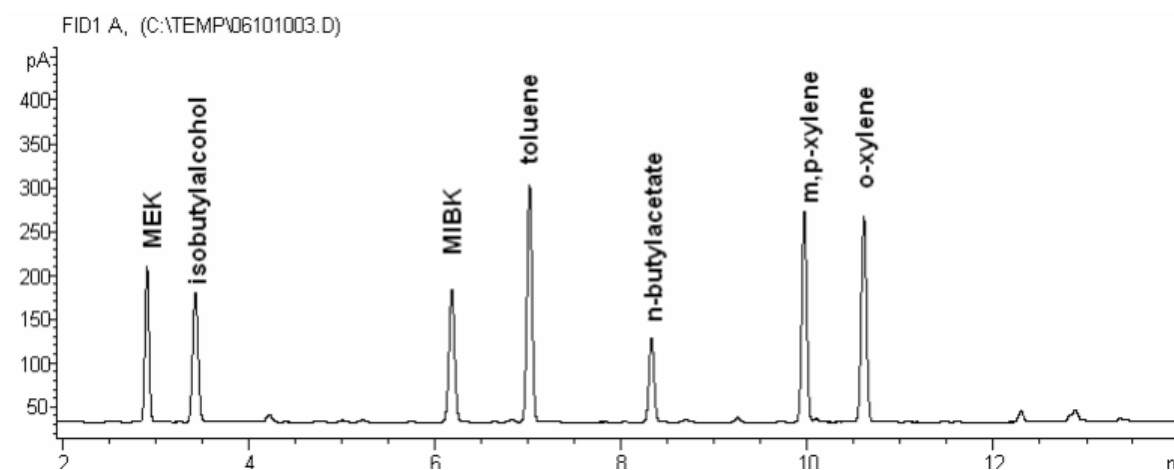


그림 3. 휘발성유기화합물 크로마토그램 (예시)

표 2. 기체크로마토그래프/질량분석기 분석조건의 예

기체크로마토그래프/질량분석기	
컬럼	SPB-1 (60 m, 0.32 mm, 1 μ m)
컬럼 유량	(1 ~ 2) mL/분
오븐 온도	40 $^{\circ}$ C (4 분) $\rightarrow$ 10 $^{\circ}$ C/분 $\rightarrow$ 250 $^{\circ}$ C
이온화원 온도	190 $^{\circ}$ C
전송관 온도	200 $^{\circ}$ C
질량범위	(35 ~ 350) amu
이온화 모드	전자충격식 (electron ionization) 모드

표 3. 각 분석대상 물질들의 선택 이온

물질명	CAS No.	1 차 이온	2 차 이온
메틸에틸케톤 (2-butanone)	78-93-3	43	72
톨루엔	108-88-3	91	92
자이렌	1330-20-7	91	106
스타이렌	100-42-5	104	78, 103
메틸아이소부틸케톤	108-10-1	43	58, 100
뷰틸아세테이트	123-86-4	43	56
<i>i</i> -뷰틸알코올	78-83-1	43	31

7.3 검정곡선의 작성

기체상 표준물질을 고체 흡착관에 농도별로 흡착시켜 조제하거나 액상 표준용액 (예: 20 mg/L)를 흡착관 가열장치 주입구에 주입하여 시료채취 시의 채취한 질량의 범위 (예: 100 ng ~ 600 ng)에 맞추어 고체 흡착관에 흡착하여 검정곡선용 고체 흡착관을 조제한다. 각 물질에 따라 흡착관에 채취된 양을 질량 (ng)으로 환산한 후 봉우리 넓이에 대한 검정곡선을 작성한다.

8.0 결과보고

8.1 농도 계산

표준물질 검정곡선에서 물질별 넓이값의 농도 (ng)를 구하고 다음 식에 의해 대기 중 (표준상태 25 ℃, 1 기압) 물질별 농도를 구한다.

$$C = \frac{m}{V_s} \times \frac{24.46}{M} \times \frac{1}{1000} \quad (\text{식 1})$$

여기서, C : 대기 중 약취물질의 농도 (ppm : $\mu\text{mol/mol}$)
 m : 검정곡선에 의해 계산된 약취물질의 양 (ng)
 V_s : 표준상태로 환산한 대기시료의 양 (L)
 M : 각 물질의 분자량 (g/mol)

$$V_s = Q \times t \times \frac{298}{273 + T} \times \frac{P}{760} \quad (\text{식 2})$$

여기서, V_s : 표준상태로 환산한 대기시료의 양 (L)
 Q : 채취한 대기시료의 흡입속도 (L/min)
 t : 대기시료의 채취시간 (분)
 T : 시료채취 시 온도 (℃)
 P : 시료채취 시 압력 (mmHg)

각 표준물질 검정곡선에 각각의 물질의 넓이 값을 대입하여 대기 중 물질의 농도를 구한다.

8.2 결과의 표시

휘발성 유기화합물의 분석결과는 ppm 단위로 다음 표 4에 따라 표시한다.

표 4. 결과의 표시

(단위 : ppm)

물질명	결과 표시	유효자리 수	수치맺음 법
메틸에틸케톤	0	0.0	
톨루엔	0	0.0	
자일렌	0	0.0	
스타이렌	0.0	0.00	KS Q 5002에 따름
메틸아이소뷰틸케톤	0	0.0	
뷰틸아세테이트	0	0.0	
<i>i</i> -뷰틸알코올	0.0	0.00	

8.3 기록 사항

매 채취 시료마다 채취 장소, 채취일, 채취 시작 및 종료 시간, 기타 성적에 참고할 만한 기상요소 (일기, 온도, 습도, 풍향, 풍속 등) 및 시료채취자의 성명을 기록해 놓는다.

9.0 참고자료

9.1 US EPA Method TO-17, Determination of volatile organic compounds in ambient air using active sampling onto sorbent tubes., (1997).

9.2 ISO/DIS 16000-6, Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS with optional FID., (2010).

9.3 ISO 16017-1, Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography - Part 1: Pumped sampling., (2000).

10.0 “내용 없음”