

어린이활동공간 중 합성수지 및 합성고무
바닥재 프탈레이트류
-기체크로마토그래피/질량분석법

2025

(Determination of phthalates content in synthetic resin
and flooring of synthetic resin - Gas chromatography/Mass
Spectrometry)

1.0 개요

1.1 목적

본 시험방법은 어린이활동공간에 사용되는 합성수지 바닥재와 합성고무 바닥재에 함유된 프탈레이트류의 농도 측정을 위한 방법으로 속슬렛 추출기를 이용하여 헥세인으로 시료를 추출하거나 테트라하이드로푸란으로 용해(추출)한 후 아세토나이트릴로 고분자를 침전한 후 기체크로마토그래피/질량분석법 (gas chromatography/mass spectrometry)으로 정성, 정량하는 방법이다.

1.2 적용범위

1.2.1 본 시험 방법은 어린이활동공간 중 합성수지 및 합성고무 바닥재에 함유되어 있는 프탈레이트류 9종 (BBP, DEP, DBP, DEHA, DEHP, DINP, DNOP, DIDP, DIBP)의 함량을 측정하는 기체크로마토그래피/질량분석법 (gas chromatography/mass spectrometry)이다.

1.2.2 각 프탈레이트류의 함량 분석 방법검출한계는 30 mg/kg을 만족해야 한다.

1.2.3 본 시험방법에 따라 시험할 경우 정량한계는 100 mg/kg으로 한다.

1.3 간섭물질

1.3.1 분석결과에 오류를 가져올 수 있는 주요 오염원으로는 용매, 시약, 유리 기구 및 그 외 분석과정 중에 사용하는 모든 기구 등이다. 이들은 크로마토그램 상의 바탕선을 상승시키는 등 시료 분석과정에 영향을 줄 수 있으며, 분석자료의 질을 저하시킬 수 있다. 따라서 모든 시약은 순도 및 불순물의 종류와 함량을 고려하여 엄선하고 필요한 경우 용매나 시약은 증류 및 정제하여 사용한다. 각 시험실에서는 오염원으로 인한 영향 유무나 수준에 대해 바탕시료 (reagent blank)의 측정을 통한 평가가 필요하다.

1.3.2 유리 기구류는 적절한 세척이 매우 중요하다. 잘못 세척된 유리 기구류는 분석과정 중 시료를 오염시킬 수 있으며 유리표면에 분석물질이 흡착될 경우 목적성분의 손실 우려가 있으므로 유리 기구류에 적합한 세척방법은 매우 중요하다.

1.3.3 유리 기구류는 사용한 후 가능한 빨리 마지막 사용 용매로 행군 후, 세제 용액에 유리 기구를 넣고 30분간 초음파 세척한다.

1.3.4 세제로 세척한 후 수돗물, 정제수 순으로 행군 후 400 ℃ 전기로에서 15분 ~ 30분간 가열해 준다.

1.3.5 열에 안정한 물질의 경우 증류수 세척만으로 잘 제거되지 않기 때문에 아세톤, 헥세인의 용매 순으로 행구어 사용한다.

1.3.6 가능한 유리 재질의 기구를 사용하여야 하며, 테프론 재질도 사용할 수 있으나 바탕시험으로 오염여부를 확인하여 사용해야 한다. 그 외 플라스틱 재질의 마개, 주사기 등의 사용을 피해야 한다.

1.3.7 시약이나 용매는 잔류농약분석급 또는 특급 이상의 것을 사용하고, 필요한 경우 증류나 정제 과정을 통해 불순물의 방해로 인한 문제를 최소화하도록 한다.

2.0 용어정의

2.1 바닥재

‘바닥재’란 바닥면을 아름답게 유지하고 편리하고 쾌적하게 생활하기 위해 바닥면에 까는 재료로 실내공간의 경우 합성수지 (PVC, 인조가죽 등)를 주원료로 시공한 형태가 있으며, 실외공간의 경우 놀이 활동과 충격 흡수를 위해 시공된 고무, 포설, 인조잔디 등이 있다.

2.2 프탈레이트 종류

분석대상 프탈레이트는 표 1과 같다.

표 1. 분석대상 프탈레이트

물질	국문명	영문명	CAS number
DEP	다이에틸 프탈레이트	diethyl phthalate	84-66-2
DBP	다이뷰틸 프탈레이트	dibutyl phthalate	84-74-2
BBP	뷰틸 벤질 프탈레이트	butyl benzyl phthalate	85-68-7
DEHA	다이에틸헥실 아디페이트	di(2-ethylhexyl) adipate	103-23-1
DEHP	다이-2-에틸헥실 프탈레이트	di(2-ethylhexyl) phthalate	117-81-7
DNOP	다이-n-옥틸 프탈레이트	di-n-octyl phthalate	117-84-0
DINP	다이아이소노닐 프탈레이트	diisononyl phthalate	68515-48-0
DIDP	다이아이소데실 프탈레이트	diisodecyl phthalate	26761-40-0
DIBP	다이아이소뷰틸 프탈레이트	diisobutyl phthalate	84-69-5

2.3 내부표준물질

내부표준물질은 분석하고자 하는 물질과 유사한 화학적 구조나 화학적 성질을 가지며 시료 매질 중에서는 발견되지 않는 유기화합물로 분석방법의 재현성 및 정확성을 알아보기 위해 시료 전처리 전 또는 기기분석 이전에 첨가하여 사용한다.

3.0 분석기기 및 기구

3.1 속슬렛 추출장치 (soxhlet extraction device)

속슬렛 추출장치는 원통형 여과지 (thimble filter), 냉각장치, 추출 플라스크 및 가열장치 등으로 구성되어야 한다.

[주 1] 속슬렛 추출장치와 동등 이상의 성능을 가진 추출장치를 이용할 수 있다.

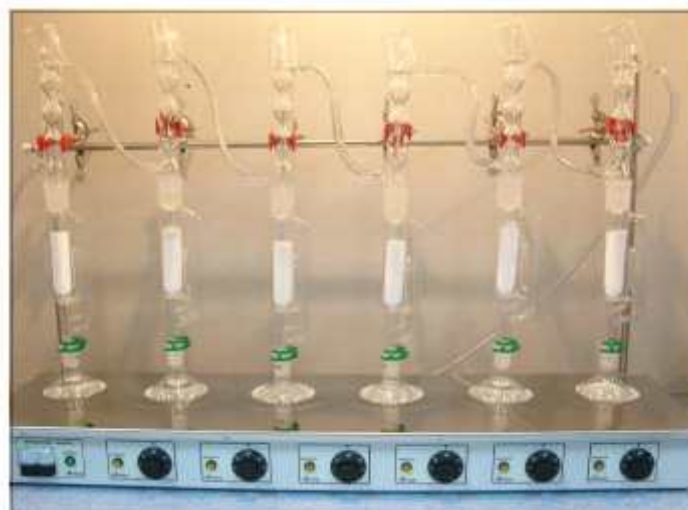


그림 1. 속슬렛 추출장치

3.2 원통형 여과지 (thimble filter)

셀룰로오스 재질의 0.1 % 이하의 유지분을 함유하는 28 mm × 100 mm 크기의 것을 사용한다.

3.3 주사기 (syringe)

유리재질의 주사기를 사용한다.

3.4 주사기 필터 (syringe filter)

0.45 μm 이하, 테프론 (PTFE, polytetrafluoroethylene) 재질의 유기용매 전용 필터를 사용한다.

3.5 기체크로마토그래프용 바이알

기체크로마토그래프용 바이알 마개는 테프론 (PTFE) 재질을 사용한다.

3.6 기체크로마토그래프 (gas chromatograph)

3.6.1 컬럼

길이 30 m, 안지름 0.25 mm, 두께 0.25 μm 의 DB-5MS 모세관 컬럼 또는 이와 동등 이상의 분리능을 가진 것이어야 한다.

3.6.2 운반기체

순도 99.999 % 이상의 헬륨 가스

3.6.3 운반기체유속

1.0 mL/min

3.6.4 온도

주입구 온도: 300 $^{\circ}\text{C}$

검출기 온도: 250 $^{\circ}\text{C}$

컬럼 온도: 100 $^{\circ}\text{C}$ ~ 270 $^{\circ}\text{C}$

3.6.5 주입량

1 μL (splitless mode)

3.6.6 질량분석기

이온화부: 전자 충격 이온화법 (EI, electron impact ionization), 선택 이온 모니터링 방식 (SIM, selected ion monitoring)

분석부: 사중극자 질량 분석관 (quadrupole mass filter)

[주 2] 검출기, 컬럼 등의 조건은 기기 및 분석에 따라 일부 변경될 수 있음.

3.7 전자저울

소수 넷째 자리까지 g 단위의 무게를 잴 수 있어야 한다.

3.8 초음파 추출기

4.0 시약 및 표준용액

4.1 시약

4.1.1 헥세인 (hexane, C_6H_{14} , 분자량: 86.18)

잔류농약 분석급 또는 특급 이상의 것을 사용한다.

4.1.2 테트라하이드로퓨란 (THF(tetrahydrofuran), C_4H_8O , 분자량: 72.11)

잔류농약 분석급 또는 특급 이상의 것을 사용한다.

4.1.3 아세토나이트릴 (ACN(acetonitrile), C_2H_3N , 분자량: 41.05)

잔류농약 분석급 또는 특급 이상의 것을 사용한다.

4.2 표준용액

4.2.1 프탈레이트 표준원액 (1 000 mg/L)

각 표준물질 약 100 mg을 0.1 mg까지 정확히 무게를 재어 100 mL 부피 플라스크에 옮긴 후 헥세인으로 녹이고, 눈금까지 헥세인을 채우고 잘 흔들어 섞는다. 이 용액을 표준원액으로 한다.

[주 3] 이와 동등한 농도로 제조되어 시판되는 표준원액을 사용할 수 있다.

4.2.2 프탈레이트 표준용액

표준원액을 희석하여 0.1 mg/L ~ 20 mg/L 농도의 표준용액을 조제한다. 일반적으로 5개 ~ 6개의 용액을 준비한다.

4.2.3 내부표준물질 용액

내부표준물질 원액 (플로란센-d₁₀)을 10 mg/L로 희석하여 기기분석 시 첨가되도록 준비하며, 이와 동등한 성능의 내부표준물질을 사용할 수 있다.

5.0 시료준비 및 관리

5.1 시료채취 대상 및 채취지점 선정

5.1.1 어린이활동공간 내에 바닥재로 시공된 합성수지 (PVC계, 인조가죽, 인조잔디 등)와 합성고무(고무매트, 포설매트 등)에 대해 사용 용도 및 재질에 따라 구분하여 시험을 적용한다.

5.1.1.1 온돌용 PVC 바닥재

주택, 아파트, 보육시설 등 바닥 난방이 되거나, 바닥 난방이 안 되어도 신발을 신지 않고 생활하는 실내시설의 바닥표면에 시공하기 위하여 제조된 제품으로, 비 온돌용으로 사용 가능한 제품 형태이다.

5.1.1.2 비 온돌용 PVC 바닥재

상가, 사무실, 병원 등 바닥 난방이 이루어지지 않는 다중시설의 바닥표면에 시공하기 위하여 제조된 제품으로 온돌용(신발을 신지 않고 생활하는 곳)으로의 사용에 부적합한 제품 형태이다.

5.1.1.3 인조가죽

어린이활동공간(어린이집, 유치원, 키즈카페 등) 바닥에 충격을 흡수하기 위해 시공된 제품 형태이다.

5.1.1.4 인조잔디

어린이활동공간(어린이놀이시설) 바닥에 충격 흡수용 혹은 놀이 활동을 위해 시공된 제품 형태이다.

5.1.1.5 고무 및 포설매트

고무의 소재가 EPDM(ethylene propylene diene monomer), 우레탄, SEBS(styrene ethylene/butylene styrene) 등을 압출 또는 분쇄 공정을 거쳐 생산한 칩 또는 분말 형태를 바닥재로 시공된 제품이나 타이어·신발 겔창(구두, 운동화) 및 고무 제품 등에서 발생하는 각종 고무를 분리수거하여 가늘게 자르거나 분쇄하여 얻은 제품으로 시공된 바닥 형태이다.

5.1.2 각 점검지점은 어린이가 접촉할 수 있는 범위 고려하여 시험분석 결과의 신뢰도에 영향을 미치지 않은 적절한 시료 채취지점을 선정한다.

5.1.3 재질 특성상 1개의 시료 채취지점이 시험분석 결과 신뢰도에 영향을 미칠 것으로 판단될 경우에는 2곳 이상의 지점에서 시료를 채취하여도 좋다.

5.2 시료채취 및 준비

5.2.1 점검대상 바닥재 표면의 시료 채취지점을 칼 등을 사용하여 기재 부분의 재료가 혼입되지 않도록 조심스럽게 긁어내어 약 5 g ~ 10 g 정도 채취한 후 유리 용기, 폴리에틸렌 용기 등에 담아 시험분석용 시료로 한다.

[주 4] 합성고무 재질의 바닥재가 여러 가지 색상일 경우 각색상별로 채취하여 별개 시료로 하거나 각색상별로 시료를 균등한 양으로 혼합하여 1개 시료로 적용할 수 있다.

[주 5] 인조잔디 바닥재의 경우 파일과 충전재(탄성칩)가 대상이 되며, 각각 채취하여 별개 시료로 하거나 균등한 양을 혼합하여 1개 시료로 적용할 수 있다.

5.2.2 어린이활동공간 관리자 또는 소유자가 점검대상 재료에 대한 제조 업체명, 품목명 등 세부 증빙자료를 제시하는 경우에는 동일한 품목을 시험분석용 시료로 사용할 수 있다.

5.2.3 시료를 작은 조각 (1 mm × 1 mm 이하의 치수)으로 자르거나 분쇄하여 가루 형태로 만들어야 한다.

[주 6] 시험 시료는 어린이들이 접촉하는 상부층(표면)에 대해 적용한다.

비 고 1. 합성수지 및 합성고무 바닥재의 경우 적층형(상부층 및 하부층)과 단일층형으로 구분된다. 상부층이란 표면코팅층, 투명필름층, 인쇄층 및 글라스파이버 함침층까지를, 하부층이란 비닐장판, 비닐바닥시트의 발포층, 비닐바닥타일의 중간층(베이스층)부터의 아랫부분을 의미한다. 단층형은 여러 층으로 구분되어 있지 않고 육안 및 물리적으로 구분이 불가능한 경우를 의미한다.



그림 2. PVC계 바닥재(적층형의 상부층 채취 예시)



그림 3. 합성고무 재질 바닥재(단층형의 시료 채취 예시)

6.0 품질보증/품질관리 (QA/QC)

6.1 방법검출한계 및 정량한계

본 분석의 방법검출한계는 프탈레이트가 함유되어 있지 않은 매질에 프탈레이트 표준 용액을 최종 환산농도가 30 mg/kg이 되도록 첨가하여 7회 반복 실험하여 측정값의 표준편차에 3.14를 곱한 값으로부터 구한다.

6.2 방법바탕시료의 측정

시료군마다 1개의 방법바탕시료를 측정한다. 방법바탕시료는 프탈레이트가 없는 것으로 확인된 매질을 사용하여 시료와 동일하게 전처리·측정하며 측정값은 방법검출한계 이하이어야 한다.

6.3 검정곡선의 작성 및 검증

6.3.1 검정곡선의 작성 및 검증은 정량범위 내의 5개 이상 농도에 대해 검정곡선을 작성하고, 얻어진 검정곡선의 결정계수 (R^2) 값이 0.98 이상 또는 감응계수 (RF)의 상대표준편차가 15 % 이내이어야 하며 결정계수나 상대표준편차가 허용범위를 벗어나면 재작성하도록 한다.

$$RF = \frac{(A_s)(C_{is})}{(A_{is})(C_s)} \quad (\text{식 1})$$

여기서, A_s : 측정할 분석물질의 면적

A_{is} : 내부표준물질의 면적

C_{is} : 내부표준물질의 농도

C_s : 측정할 분석물질의 농도

6.3.2 검정곡선의 감응계수의 검증은 검정곡선의 중간 농도 값을 갖는 표준용액의 농도를 측정한다. 측정된 농도 값과 표준용액의 농도값 간의 차이가 15 % 이내에서 일치하여야 한다. 만약 이 범위를 넘는 경우, 검정곡선을 재작성한다.

6.4 정확도 관리

6.4.1 유사한 매질의 인증표준물질 (CRM, certified reference material) 또는 이에 상응하는 표준물질을 사용하여 시료와 동일한 방법으로 전처리 및 분석하여, 4회 이상 반복한 평균 회수율이 인증값 범위 또는 70 % ~ 130 % 내에 있어야 한다.

6.4.2 모든 시험에서 바탕시험을 실시하여 시료 측정 결과를 보정해 주어야 한다.

6.5 내부정도관리 주기

6.5.1 방법검출한계, 정량한계, 정확도는 연 1회 이상 산정하는 것을 원칙으로 하며, 분석자의 교체, 분석 장비의 수리 및 이동 등의 주요 변동사항이 생길 경우에는 다시 실시한다. 단, 장비의 청소 및 측정 장비의 감도가 의심될 때에는 언제든지 측정하여 확인하여야 한다.

6.5.2 검정곡선 검증은 각 시료군마다 실시하며, 고농도의 시료 다음에는 방법바탕시료를 측정하여 오염여부를 점검한다.

7.0 분석절차

7.1 전처리

7.1.1 속슬렛 추출 방법

7.1.1.1 분쇄된 시험 시료 약 1 g을 0.001 g까지 정확히 질량을 단다.

7.1.1.2 무게를 잰 시료를 속슬렛용 필터로 옮기고 100 mL의 헥세인을 가한다. 수조의 온도를 올리고 헥세인의 비점 (69 °C)에 도달하여 용액이 환류되기 시작한 후 6시간 동안 추출한다.

7.1.1.3 추출 용액을 실온까지 냉각한 후 250 mL 부피 플라스크에 옮기고 눈금까지 헥세인으로 채우고 잘 흔들어 섞는다. 이 용액을 3 mL ~ 5 mL 취하여 주사기 필터를 사용하여 불순물을 제거한 후 기체크로마토그래프용 바이알에 옮기고 내부표준물질을 주입하여 분석용 시료로 사용한다.

7.1.2 초음파 추출 방법

7.1.2.1 (0.150 ± 0.005) g의 시료를 유리 바이알에 넣는다. 시료가 균질하지 않으면 더 많이 채취하여 시료 편차를 줄인다.

7.1.2.2 THF 5 mL를 시료에 첨가한다. 무게가 0.150 g보다 큰 시료의 경우, 0.150 g

시료(또는 시료를 녹이기 적당한 양) 무게마다 5 mL의 THF를 첨가한다. 이후 초음파 추출기에서 30분간 시료를 용해시킨다.

[주 7] 일부 시료는 완전히 용해되지 않을 수 있으며, 이 경우에는 용해 시간을 2시간 더 추가하며, 최소 시료량은 0.01 g (10 mg)이며, 0.3 mL THF와 0.7 mL ACN이나 hexane을 사용한다.

7.1.2.3 7.1.2.2에서 사용된 THF 5 mL마다 10 mL의 ACN 또는 hexane을 넣어 고분자를 침전시킨다. 혼합액을 강하게 흔들어 준 뒤 고분자 물질이 가라앉을 때까지 최소 5분간 방치한다.

7.1.2.4 분석을 위해 0.45 μ m 필터를 사용하여 상층액을 여과한 후 기체크로마토그래프용 바이알에 옮기고 내부표준물질을 주입하여 분석용 시료로 한다.

7.2 측정방법

시험 용액 1 μ L를 기체크로마토그래프에 주입한다. 동일한 조건에서 프탈레이트 표준용액에 대하여 기체크로마토그래프 분석을 실시한다. 프탈레이트 표준용액의 피크 면적을 이용하여 검정곡선을 작성한 뒤, 내부표준법으로 정량한다.

7.3 시료분석결과

7.3.1 정성분석

7.3.1.1 각 분석물질 별 두 개의 선택 이온이 정해진 머무름 시간에서 나타나야 한다.

7.3.1.2 각 분석물질 들을 검출하기 위해서 크로마토그램 피크에 대한 신호 대 잡신호 비(S/N, signal/noise)는 2.5보다 커야 한다.

7.3.2 정량분석

7.3.2.1 내부표준법

7.3.2.1.1 검정곡선 방법을 사용해서 내부표준물질에 대한 분석물질의 농도를 정량한다.

아래와 같이 검정곡선을 재배열할 수 있다.

$$C_s = \frac{[\frac{A_s}{A_{is}} - b] C_{is}}{a} \quad (\text{식 } 2)$$

여기서, C_s : 내부표준법에 의한 분석물질의 농도 (mg/L)

A_s : 분석물질의 피크 면적 또는 높이

A_{is} : 내부표준물질의 피크 면적 또는 높이

C_{is} : 내부표준물질의 농도 (mg/L)

a : 검정곡선의 기울기

b : 검정곡선의 절편

7.3.2.1.2 내부표준법에 의하여 구한 분석물질의 농도에 공시험 결과를 제하고 아래 (식 3)에 따라 환산하여 시료 중 분석물질의 농도를 결과로 보고한다.

$$C_T(\text{mg/kg}) = \frac{C_s(\text{mg/L})}{\text{시료량}(\text{kg})} \times \text{최종액량}(\text{L}) \times F \quad (\text{식 } 3)$$

여기서, C_T : 시료 중의 분석물질의 농도 (mg/kg)

C_s : 내부표준법에 의한 분석물질의 농도 (mg/L)

F : 회석배수(검정곡선의 범위를 벗어날 경우)

7.3.2.1.3 만약 시료 중 대상물질의 농도가 검정곡선의 정량범위를 넘어갈 경우, 시료를 묽혀서 정량범위 내에 들어오도록 농도를 조절해야 한다. 이때 내부표준물질은 최종분석 시료인 회석된 시료에 첨가되어야 하며, 회석에 의한 대상물질의 농도와 방법검출한계 등은 조절되어야 한다.

8.0 결과 보고

8.1 분석 결과 보고

8.1.1 시료채취관련 자료

시료 목록, 시료 번호, 시료 채취 일자 등을 보고한다.

8.1.2 분석방법 자료

분석 일자, 시료량, 추출과정, 분석기기 및 분석조건, 사용한 표준물질 등에 대한 자료를 보고해야 한다.

8.1.3 분석결과 자료

8.1.3.1 검정곡선 작성, 질량검정, 표준물질 및 바탕시료의 크로마토그램을 분석시료의 크로마토그램과 함께 보고한다.

8.1.3.2 방법검출한계, 방법정량한계 및 산출근거를 보고한다.

8.1.3.3 분석결과 농도를 보고한다.

8.2 결과의 표시

8.2.1 프탈레이트 농도 측정 결과는 퍼센트 농도 (%)로 표기하며 유효숫자 셋째 자리까지 구하고 반올림하여, 결과는 둘째 자리로 표시한다.

8.2.2 모든 농도 결과는 정량한계를 적용하여 나타내고 정량한계 미만은 불검출로 표시하며 정량한계 값을 같이 제시한다.

9.0 참고자료

9.1 KS M 1991 “고분자 재료 중의 프탈레이트계 가소제 정량방법”. 산업표준심의회, (2016)

9.2 CPSC-CH-C1001-09.4, “Standard Operating Procedure for Determination of Phthalates”, U.S. CPSC, (2018)

9.3 환경오염공정시험기준 심의위원회 운영규정 (국립환경과학원예규 제783호, 2019.12.26.)

9.4 어린이제품 공통안전기준 (산업통상자원부고시 제2021-132호, 2021.07.19.)

9.5 KS M 3802, “PVC (비닐)계 바닥재”, 산업표준심의회, (2019)

9.6 SPS-KSSFIA1-1944, “어린이놀이시설용 현장포설형 충격흡수바닥재”, 한국체육시설공업협회, (2017)

10.0 부록

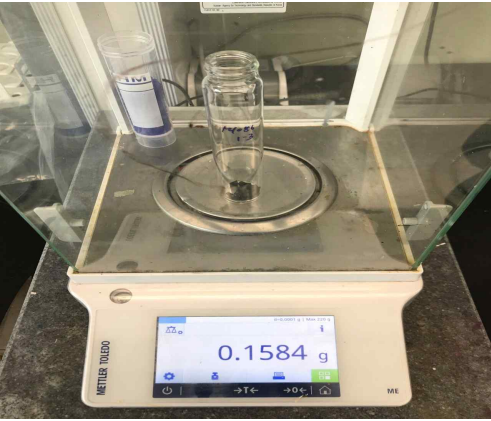
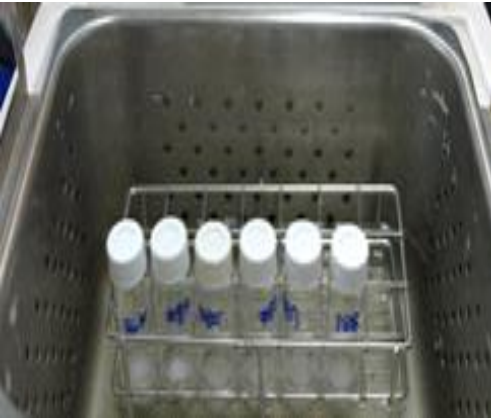
	
1. 시료 준비	2. 시료 무게 측정
	
3.1 추출 (속슬렛)	3.2 추출 (조음파)
	
4. 여과	5. GC/MSD 분석

그림 4. 합성수지 및 합성고무 재질 바닥재 프탈레이트 함량시험 절차

표 2. 정도관리 목표값

정도관리 항목	정도관리 목표
방법검출한계	30 mg/kg
정량한계	100 mg/kg
검정곡선	결정계수 (R^2) 값이 0.98 이상 또는 감응계수 (RF)의 상대표준편차 15 % 이내
바탕시료	방법검출한계 이하
정밀도	상대표준편차가 20 % 이내
정확도	70 % ~ 130 %

표 3. 대상 표준물질 품명

표준물질 종류	항 목
프탈레이트류	DEP, DBP, BBP, DEHA, DEHP, DNOP, DINP, DIDP, DIBP
내부표준물질	fluoranthene-d ₁₀

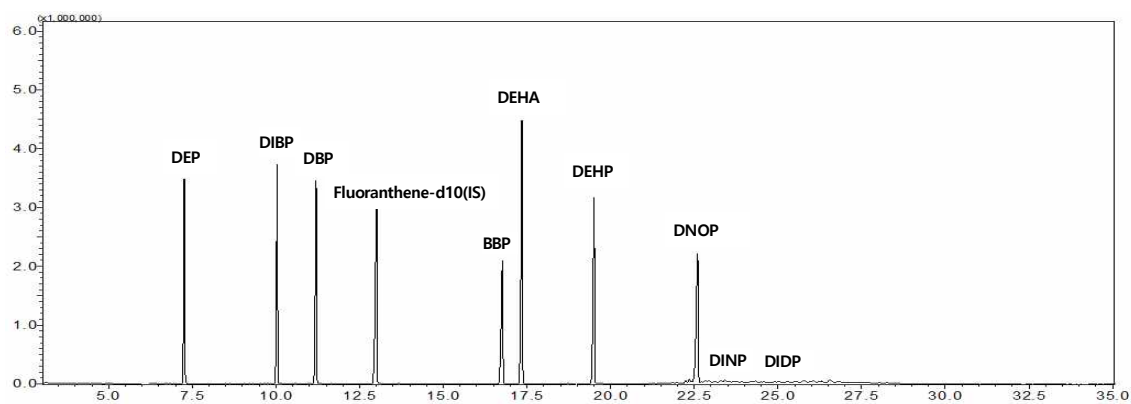
표 4. 분석대상물질의 선택 질량이온과 머무름 시간

Compound	Retention time (min)	M (m/z)	M1 (m/z)
fluoranthene-d ₁₀ (IS)	13.000	212	213
DEP	7.275	149	177
DBP	11.225	149	223
BBP	16.783	149	206
DEHA	17.358	129	147
DEHP	19.525	149	167
DNOP	22.633	149	279
DINP	21.350 - 26.083	293	149
DIDP	22.933 - 29.583	307	149
DIBP	10.050	149	223

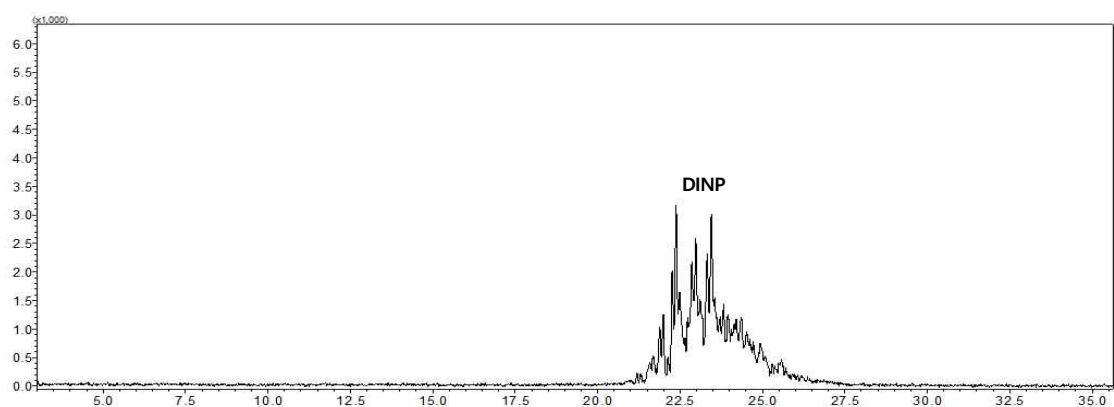
※ 분석대상물질의 선택 질량이온을 149로 넣을 때, 동일한 선택 질량이온을 갖는 물질 중 하나가 과량으로 검출될 경우 같은 머무름 시간을 갖는 다른 이온을 확인하기 어려울 수도 있다. 이때는 두 번째 선택질량 이온인 M1만 설정하는 것이 더 정확할 수도 있다.

표 5. 프탈레이트류 분석을 위한 기체크로마토그래프/질량분석기 조건

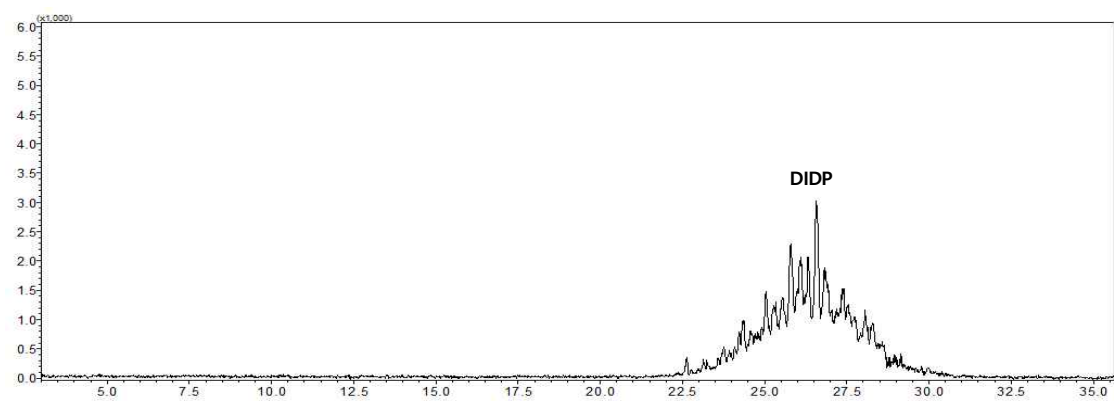
기기분석 조건		
기체크로마토그래프	컬럼	DB-5MS (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)
	운반기체	He (99.999%) at 1.0 mL/min
	주입부 온도	300 °C
	주입방식	splitless
	승온 조건	100 °C → 5 °C/min → 200 °C → 5 °C/min → 270 °C (15 min)
질량분석기	이온원 온도	250 °C
	연결부 온도	280 °C
	이온화 방식	전자 충격 이온화법 (EI) 선택 이온 모니터링 방식 (SIM)
	검출기 형식	사중극자 질량 분석관 (quadrupole mass filter)



<프탈레이트 혼합 표준 용액의 총 이온 크로마토그램 (TIC)>



<DINP (293)의 이온 크로마토그램 (EIC)>



<DIDP (307)의 이온 크로마토그램 (EIC)>

그림 5. 프탈레이트 표준용액 분석 크로마토그램

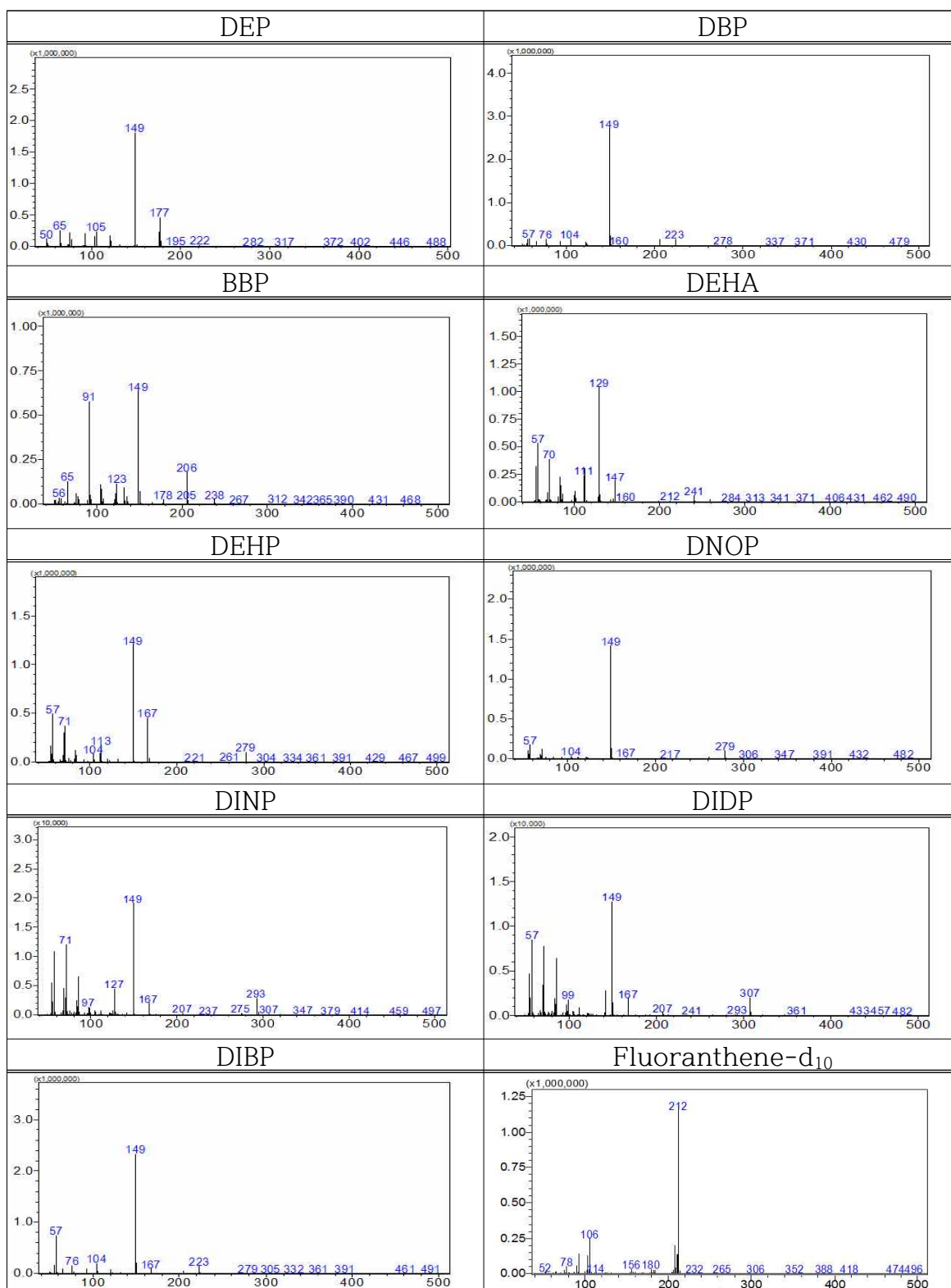


그림 6. 프탈레이트의 GC/MS 질량 스펙트럼