

할로겐화 유기물질
-기체크로마토그래피-질량분석법
(Halogenated Compounds-Gas Chromatography-Mass Spectrometry)

2014

1.0 개요

1.1 목적

이 시험기준은 폐기물 중에 할로겐화 유기물질을 측정방법으로, 폐유기용제 등의 시료 적당량을 희석용 용매로 희석한 후, 기체크로마토그래피-질량분석계에 직접 주입하여 시료 중 할로겐화 유기물질류를 분석하는 방법이다.

1.2 적용범위

1.2.1 이 시험기준은 폐기물 중에 디클로로메탄, 트리클로로메탄, 테트라클로로메탄, 디클로로디플루오로메탄, 트리클로로플루오로메탄, 1,1-디클로로에탄, 1,2-디클로로에탄, 1,1,1-트리클로로에탄, 1,1,2-트리클로로에탄, 트리클로로트리플루오로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 클로로벤젠, 1,2-디클로로벤젠, 1,3-디클로로벤젠, 1,4-디클로로벤젠, 2-클로로페놀, 3-클로로페놀, 4-클로로페놀, 2,3-디클로로페놀, 2,4-디클로로페놀, 2,5-디클로로페놀, 2,6-디클로로페놀, 3,4-디클로로페놀, 3,5-디클로로페놀, 1,1-디클로로에틸렌, 시스-1,3-디클로로프로펜, 트랜스-1,3-디클로로프로펜, 1,1,2-트리클로로-1,2,2-트리플로로에탄의 분석에 적용한다.

1.2.2 이 시험기준에 의해 시료 중에 정량한계는 각 할로겐화유기물질에 대하여 10 mg/kg이다.

1.3 간섭물질

1.3.1 추출 용매에는 분석성분의 머무름 시간에서 피크가 나타나는 간섭물질이 있을 수 있다. 추출 용매 안에 간섭물질이 발견되면 증류하거나 컬럼 크로마토그래피에 의해 제거한다.

1.3.2 이 실험으로 끓는점이 높거나 극성 유기화합물들이 함께 추출되므로 이들 중에는 분석을 간섭하는 물질이 있을 수 있다.

1.3.3 디이클로로메탄과 같이 머무름 시간이 짧은 화합물은 용매의 피크와 겹쳐 분석을 방해할 수 있다.

1.3.4 폴루오르화탄소나 디클로로메탄과 같은 휘발성 유기물은 보관이나 운반 중에 격막(septum)을 통해 시료 안으로 확산되어 시료를 오염시킬 수 있으므로 현장 바탕시료로서 이를 점검하여야 한다.

1.3.5 시료에 혼합표준액 일정량을 첨가하여 크로마토그램을 작성하고 미지의 다른 성분과 피크의 중복여부를 확인한다. 만일 피크가 중복될 경우 극성이 다르고 분리가 양호한 컬럼을 택하여 실험한다.

2.0 용어정의

“내용 없음”

3.0 분석기기 및 기구

3.1 기체크로마토그래프

3.1.1 컬럼은 안지름 0.20 ~ 0.35 mm, 필름두께 0.1 ~ 0.50 μm , 길이 15 ~ 60 m의 DB-1, DB-5 및 DB-624 등의 모세관이나 동등한 분리성능을 가진 모세관으로 대상 분석 물질의 분리가 양호한 것을 택하여 실험한다.

3.1.2 운반기체는 부피백분율 99.999 %이상의 헬륨으로서(또는 질소) 유량은 0.5 ~ 4 mL/min, 시료 도입부 온도는 150 ~ 250 $^{\circ}\text{C}$, 컬럼온도는 30 ~ 250 $^{\circ}\text{C}$ 로 사용한다.

3.1.3 표 2와 같이 수행할 수 있다.

3.2 질량분석기(mass spectrometer)

3.2.1 이온화방식은 전자충격법(EI, electron impact)을 사용하며 이온화 에너지는 35 ~ 70 eV을 사용한다.

3.2.2 질량분석기는 자기장형(magnetic sector), 사중극자형(quadrupole) 및 이온트랩형(ion trap) 등의 성능을 가진 것을 사용한다.

3.2.3 정량분석에는 선택이온검출법(SIM, selected ion monitoring)을 이용하는 것이 바람직하다. 선택하는 이온들은 표 3의 이온을 사용할 수 있다.

4.0 시약 및 표준용액

4.1 시약

4.1.1 에틸알코올

에틸알코올(ethanol, C_2H_5OH , 분자량 : 46.07)은 바탕시험 할 때 분석물질의 피크부근에 불순물 피크가 없는 것을 사용한다.

4.1.2 노말헥산

헥산(hexane, C_6H_{14} , 분자량 : 86.17)은 바탕시험 할 때 분석물질의 피크부근에 불순물 피크가 없는 것을 사용한다.

4.1.3 메틸알코올/메탄올

메틸알코올/메탄올(methanol, CH_3OH , 분자량 : 32.04)은 바탕시험 할 때 분석물질의 피크부근에 불순물 피크가 없는 것을 사용한다.

4.2 표준용액

4.2.1 혼합표준원액(1,000 mg/L)

25 mL 부피플라스크에 메틸알코올/메탄올 15 mL를 넣고 디클로로메탄, 트리클로로메탄, 테트라클로로메탄, 디클로로디플루오로메탄, 트리클로로플루오로메탄, 1,1-디클로로에탄, 1,2-디클로로에탄, 1,1,1-트리클로로에탄, 1,1,2-트리클로로에탄, 트리클로로트리플루오로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 클로로벤젠, 1,2-디클로로벤젠, 1,3-디클로로벤젠, 1,4-디클로로벤젠, 2-클로로페놀, 3-클로로페놀, 4-클로로페놀, 2,3-디클로로페놀, 2,4-디클로로페놀, 2,5-디클로로페놀, 2,6-디클로로페놀, 3,4-디클로로페놀, 3,5-디클로로페놀, 1,1-디클로로에틸렌, 시스-1,3-디클로로프로펜, 트랜스-1,3-디클로로프로펜, 1,1,2-트리클로로-1,2,2-트리플로로에탄(순도 99 %이상의 특급시약) 약 25 mg을 주사기로 메틸알코올/메탄올 가운데에 주입한 후 정확하게 무게 증가량을 잰 후 메틸알코올/메탄올로 표선까지 채워 정확한 원액의 농도를 구한다. 그러나 국제적으로 잘 알려진 표준물질 제조회사로부터 구입하여 사용하는 것이 좋다.

4.2.1.1 25 mL 부피플라스크에 메틸알코올 10 mL를 넣고 표준물질 약 25 mg을 주사기로 메틸알코올 가운데에 주입한 후 정확하게 무게 증가량을 잰 후 메틸알코올로 표선까지 채워 정확한 원액의 농도를 구한다.

4.2.1.2 각각의 표준물질의 첨가량을 구하여 표준원액의 농도(mg/L)를 구한다. 이 용액은 될 수 있는 대로 여러 개의 바이알에 공기층이 남지 않도록 나누어 넣은 다음 밀봉하여 -18 °C에서 보관하면 6개월간 안정한 상태를 유지한다.

4.2.2 혼합표준용액(10.0 mg/L)

25 mL 부피플라스크에 메틸알코올/메탄올 15 mL를 넣고 디클로로메탄, 트리클로로메탄, 테트라클로로메탄, 디클로로디플루오로메탄, 트리클로로플루오로메탄, 1,1-디클로로에탄, 1,2-디클로로에탄, 1,1,1-트리클로로에탄, 1,1,2-트리클로로에탄, 트리클로로트리플루오로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 클로로벤젠, 1,2-디클로로벤젠, 1,3-디클로로벤젠, 1,4-디클로로벤젠, 2-클로로페놀, 3-클로로페놀, 4-클로로페놀, 2,3-디클로로페놀, 2,4-디클로로페놀, 2,5-디클로로페놀, 2,6-디클로로페

놀, 3,4-디클로로페놀, 3,5-디클로로페놀, 1,1-디클로로에틸렌, 시스-1,3-디클로로프로펜, 트랜스-1,3-디클로로프로펜, 1,1,2-트리클로로-1,2,2-트리플로로에탄이 각각 250 μg 에 상당하는 표준원액을 넣고 메틸알코올/메탄올로 표선까지 채운 다음 마개를 하고 플라스크를 흔들어서 혼합한다. 이 용액은 될 수 있는 대로 여러 개의 바이알에 공기층이 남지 않도록 나누어 넣은 다음 밀봉하여 냉장고에 보존하고, 제조 후 3개월 이내에 사용한다.

4.3 내부표준용액

4.3.1 내부표준원액(1,000 mg/L)

25 mL 부피플라스크에 메틸알코올/메탄올 20 mL를 넣고 내부표준용액으로 브로모클로로메탄, 플로로벤젠, 1,4-디플루오로벤젠 또는 1,2-디클로로벤젠- d_4 표준물질 약 25 mg을 주사기로 메틸알코올/메탄올 가운데에 주입한 후 정확하게 무게 증가량을 잰 후 메틸알코올/메탄올로 표선까지 채워 정확한 원액의 농도를 구한다. 이 용액은 될 수 있는 대로 여러 개의 바이알에 공기층이 남지 않도록 나누어 넣은 다음 밀봉하여 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하면 6개월간 안정한 상태를 유지한다.

4.3.2 내부표준용액 (10.0 mg/L)

25 mL 부피플라스크에 브로모클로로메탄, 플루오로벤젠, 1,4-디플루오로벤젠 또는 1,2-디클로로벤젠- d_4 의 내부표준원액(1,000 mg/L) 250 μL 를 넣고 메틸알코올/메탄올로 표선까지 채운 다음 마개를 하고 플라스크를 흔들어서 혼합한다. 이 용액은 될 수 있는 대로 여러 개의 바이알에 공기층이 남지 않도록 나누어 넣은 다음 밀봉하여 냉장고에 보존하고, 제조 후 3개월 이내에 사용한다.

5.0 시료채취 및 관리

유리용기에 상부공간이 없도록 채취하여 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)으로 피복된 격막이 내장되어 있는 뚜껑이나 동일 격막의 알루미늄캡으로 밀봉한다.

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

6.1 방법검출한계 및 정량한계

6.1.1 방법검출한계 및 정량한계는 ES 06001 정도보증/정도관리에 따라 계산한다. 할로젠화유기물질이 없는 것으로 확인된 액상 폐기물에 표준용액을 정량한계 부근의 농도가 되도록 첨가한 7개의 첨가시료를 준비하여 7.0 분석절차와 동일하게 추출하여, 표준편차를 구한다.

6.1.2 표준편차에 3.14를 곱한 값을 방법검출한계로, 10을 곱한 값을 정량한계로 나타낸다. 측정된 정량한계는 표 1에서 제시한 정량한계 이하이어야 한다.

6.2 방법바탕시료의 측정

ES 06001 정도보증/정도관리에 따라 시료군마다 1개의 방법바탕시료를 측정한다. 방법바탕시료는 할로젠화유기물질이 없는 것으로 확인된 액상 폐기물을 사용하여 7.0 분석절차와 동일하게 전처리·측정하며 측정값은 방법검출한계 이하이어야 한다.

6.3 검정곡선의 작성 및 검증

6.3.1 정량범위 내의 4개의 이상의 농도에 대해 검정곡선을 작성하고 얻어진 검정곡선의 결정계수(R^2)가 0.98 감응계수(RF)의 상대표준편차가 15 % 이내이어야 하며 결정계수나 감응계수의 상대표준편차가 허용범위를 벗어나면 재작성하도록 한다.

6.3.2 검정곡선을 검증하기 위하여 감응계수를 구하고 이 값이 초기 검정곡선 작성 시 구하여진 감응계수와 비교했을 때 상대표준편차가 $\pm 15\%$ 이내일 때는 원래의 검정곡선을 이용하여 시료 중의 농도를 정량하며, 상대표준편차가 $\pm 15\%$ 이상일 때는 새로운 검정곡선을 작성하여야 한다.

6.4 정밀도 및 정확도

6.4.1 정확도 및 정밀도의 측정은 ES 06001 정도보증/정도관리에 따른다. 할로젠화유기물질이 없는 것으로 확인된 액상 폐기물에 정량한계 농도의 10배가 되도록

동일하게 표준물질을 첨가한 시료를 4개 이상 준비하여 7.0 분석절차와 동일하게 측정하여 평균값과 표준편차를 구한다.

6.4.2 정확도는 첨가한 표준물질의 농도에 대한 측정 평균값의 상대 백분율로서 나타내며 그 값이 75 ~ 125 % 이내이어야 한다.

6.4.3 정밀도는 측정값의 % 상대표준편차(RSD)로 계산하며 측정값이 25 % 이내 이어야 한다.

6.5 내부정도관리 주기 및 목표

6.5.1 방법검출한계, 정량한계, 정밀도 및 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 검증 및 방법바탕시료의 분석은 각 시료군마다 실시하며, 고농도의 시료 다음에는 방법바탕시료를 측정하여 오염여부를 점검한다.

6.5.3 각 정도관리 항목에 대한 정도관리 목표 값은 표 1과 같다.

7.0 분석절차

7.1 전처리

7.1.1 시료 약 0.5 g을 정확히 달아 50 mL의 부피플라스크에 넣고, 즉시 희석용 용매로 눈금까지 채운 다음 마개를 하여 흔들어 섞는다.

7.1.2 이 용액에 내부표준용액 1.0 mL을 넣고 다시 희석용 용매로 20배 희석 한다.(원칙적으로 에틸알코올을 사용하고, 에틸알코올이 함유된 시료는 노말헥산으로 한다)

7.2 분석방법

7.2.1 시료용액 1 ~ 2 μL 를 기체크로마토그래프-질량분석계에 직접 주입한다. 분석대상 할로젠화 유기물질에 대한 총이온크로마토그램(total ion chromatogram, TIC)을 작성한 다음, 각 물질별 1차 및 2차 선택이온에 대한 질량크로마토그램을 작성한다

7.2.2 작성된 질량크로마토그램상의 피크에 대하여 표준물질의 머무름시간 및 토막이온(fragment ions)의 상대적 강도비를 토대로 분석대상물질을 정성 분석한다.

7.2.3 기체크로마토그래프로부터 얻은 크로마토그램에서 각 분석성분 및 내부표준 물질의 머무름시간에 해당하는 위치의 피크들로부터 피크 면적을 구한다.

7.2.4 상대검정곡선법을 사용할 때에는 크로마토그램으로부터 각 분석성분 및 내부표준물질의 피크 면적을 측정하여 분석물질의 피크 면적(A_x)과 내부표준물질의 피크면적(A_i)과의 비(A_x/A_i)를 구한다. 두 개 이상의 내부표준물질을 사용할 때에는 머무름시간이 가까운 것으로 선택한다.

7.3 검정곡선의 작성

7.3.1 노말헥산 약 30 mL를 넣은 50 mL 부피플라스크에 할로젠화 유기물질 혼합 표준용액(10.0 mg/L) 0 ~ 10.0 mL를 단계별로 희석하여 즉시 희석용 용매로 눈금 까지 채운 다음 마개를 하여 흔들어 섞는다. 단, 표준용액은 바탕용액을 제외하고 3 개 이상 제조해야하며 필요에 따라 사용하는 표준용액의 양을 달리 할 수 있다.

7.3.2 이 용액에 내부표준용액 1.0 mL을 넣고 다시 희석용 용매로 20배 희석 한다.(원칙적으로 에틸알코올을 사용하고, 에틸알코올이 함유된 시료는 노말헥산으로 한다)

[주 1] 시료분석결과 이 검정곡선 농도범위를 벗어나면 시료를 묽혀서 재분석하여야 한다.

[주 2] 절대검정곡선법을 사용할 때에는 내부표준물질을 넣지 않아도 된다.

7.3.3 이 용액 1 ~ 5 μL 씩을 미량주사기에 정확히 취하여 기체크로마토그래프에 주입하고 크로마토그램을 기록한다. 각 분석물질의 머무름시간에 해당하는 크로마

토그램의 피크의 면적 또는 높이를 측정하고 각각 표준용액 농도와의 관계선을 작성한다.

7.3.4 절대검정곡선법을 사용할 때에는 각 분석화합물의 농도(mg/L)를 가로축(x 축)에, 각 할로젠화유기물질에 해당하는 피크 면적을 세로축(y 축)에 취하여 검정곡선을 작성한다.

[주 3] 피크의 면적 대신 피크의 높이를 사용할 수 있으나 피크 면적을 사용하는 것이 바람직하다.

7.3.5 상대검정곡선법을 사용할 때에는 크로마토그램으로부터 분석물질의 농도(C_x)를 취하여 가로축(x 축)에, 크로마토그램으로부터 분석물질의 피크 면적(A_x)과 내부표준물질의 피크면적(A_i)과의 비(A_x/A_i)를 세로축(y 축)에 취하여 검정곡선을 작성한다. 두 개의 내부표준물질을 사용할 때에는 그 중에 머무름시간이 가까운 것으로 선택한다.

[주 4] 피크의 면적 대신 피크의 높이를 사용할 수 있으나 피크 면적을 사용하는 것이 바람직하다.

[주 5] 할로젠화유기물질은 휘발성이 높기 때문에 시료를 채취할 때 유리제 용기에 상부공간이 없도록 채취하여야 하며, 시료의 분취 및 기타 실험조작은 목적성분이 휘발되지 않도록 빠른 시간 내에 행한다.

[주 6] 용매추출법 대신 헤드스페이스(headspace)법 또는 퍼지·트랩(purge and trap)법을 사용할 수도 있다.

8.0 결과보고

8.1 절대검정곡선법을 사용할 때에는 각 분석물질별 피크의 면적(A_x)을 구한 다음 검정곡선식의 $y(i)$ 값에 대입하여 $x(i)$ 값을 계산하면 분석물질의 최종 용액 농도(C_s)를 구할 수 있다.

8.2 상대검정곡선법을 사용할 때에는 각 분석물질별로 내부표준물질에 대한 면적비(A_x/A_i)를 구한 다음 검정곡선식의 $y(i)$ 값에 대입하여 $x(i)$ 값을 계산하면 분석물질의 농도(C_s)를 구할 수 있다.

8.3 최종 용액 중에 할로젠화유기물질의 농도(C_s)로부터 다음의 식을 사용하여 폐

기물 중에 할로젠화유기물질의 농도를 계산한다.

$$\text{폐기물 중 할로젠화유기물질의 농도}(mg/kg) = \frac{C_s}{W_d} \times f \times V \quad (\text{식 1})$$

여기서, C_s : 검정곡선에서 얻어진 분석성분 농도(mg/L)

f : 회석배수(여기서는 20)

V : 전처리한 용액의 부피(여기서는 약 0.05 L)

W_d : 시료의 중량(여기서는 0.0005 kg)

9.0 참고자료

9.1 US EPA Method 504.1, 1993, 1,2-Dibromomethane, 1,2-dibromo-3-chloropropane, and 1,2,3-trichloropropane in water by microextraction and gas chromatography.

9.2 US EPA Method 601, 1991, Purgeable Halocarbons.

9.3 US EPA Method 602, 1991, Purgeable Aromatics.

9.4 US EPA Method 624, 1991, Purgeables.

9.5 US EPA Method 1624, 1991, Volatile Organic Compounds by Isotope Dilution GC/MS.

9.6 US EPA Method 8021B, 1996, Aromatic And Halogenated Volatiles By Gas Chromatography Using Photoionization And/Or Electrolytic Conductivity Detectors.

9.7 US EPA Method 8260B, 1996, Volatile Organic Compounds By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS).

9.8 US EPA Method 8260C, 2006, Volatile Organic Compounds By Gas

Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS).

10.0 부록

표 1. 정도관리 목표 값

정도관리 항목	정도관리 목표
정량한계	10.0 mg/kg
검정곡선	결정계수(R^2) ≥ 0.98 또는 감응계수(RF)의 상대표준편차 $\leq 15 \%$
정밀도	상대표준편차가 $\pm 25 \%$ 이내
정확도	75 ~ 125 %

표 2. 할로젠화 유기물질의 기체크로마토그래프 실험조건(예)

항 목	조 건				
컬럼	Ultra-2(cross-linked 5 % phenylmethylsilicon, 25 m 길이 x 0.2 mm 안지름 x 0.33 μ m 필름두께)				
운반기체(유속)	헬륨(1.0 mL/min)				
분획 비	1/10				
주입구온도	200 $^{\circ}$ C				
전달선 온도	250 $^{\circ}$ C				
오븐온도	초기온도 ($^{\circ}$ C)	초기시간 (min)	승온속도 ($^{\circ}$ C/min)	온도 ($^{\circ}$ C)	시간 (min)
	35	7	5.0	50	0
			10.0	150	0

표 3. 할로젠화 유기물질의 질량 선택이온

No	물 질 명	이성질체	정량 이온	선택이온
1	디클로로메탄	-	84	86,49
2	트리클로로메탄	-	83	47,85
3	테트라클로로메탄	-	117	82
4	디클로로디플루오로메탄	-	85	87
5	트리클로로플루오로메탄	-	151	101,153
6	디클로로에탄	1,1-디클로로에탄	63	65,83
		1,2-디클로로에탄	62	98
7	트리클로로에탄	1,1,1-트리클로로에탄	97	99,61
		1,1,2-트리클로로에탄	83	97,85
8	트리클로로트리플루오로에탄	-	83	67,103
9	트리클로로에틸렌	-	95	97,130,132
10	테트라클로로에틸렌	-	164	129,131,166
11	클로로벤젠	-	112	77,114
12	디클로로벤젠	1,2-디클로로벤젠	146	111,148
		1,3-디클로로벤젠	146	111,148
		1,4-디클로로벤젠	146	111,148
13	클로로페놀	2-클로로페놀	128	64,130
		3-클로로페놀	128	65,130
		4-클로로페놀	128	65,130
14	디클로로페놀	2,3-디클로로페놀	162	63,164
		2,4-디클로로페놀	162	63,164
		2,5-디클로로페놀	162	63,164
		2,6-디클로로페놀	162	63,164
		3,4-디클로로페놀	162	63,164
		3,5-디클로로페놀	162	63,164
15	1,1-디클로로에틸렌	-	96	61,63
16	1,3-디클로로프로펜	시스-1,3-디클로로프로펜	75	77,39
		트랜스-1,3-디클로로프로펜	75	77,39
17	1,1,2-트리클로로-1,2,2-트리 플로로에탄	-	101	103,151

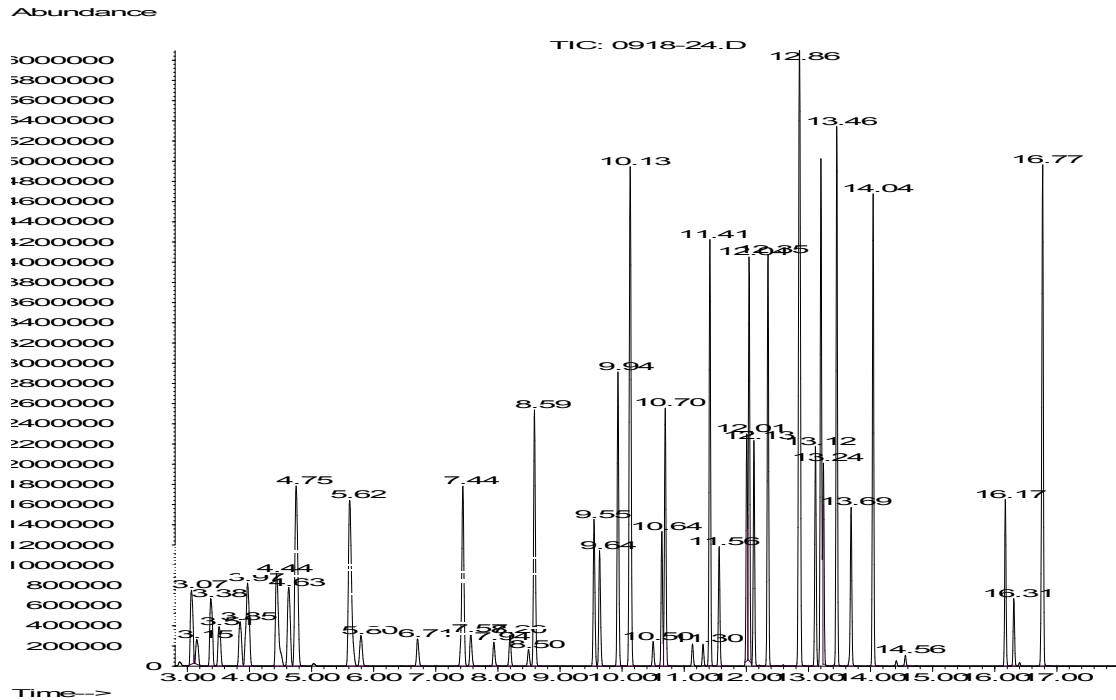


그림 1. 할로젠화 유기물질의 크로마토그램

표 4. 할로젠화 유기물질의 머무름 시간(예)

물질명	머무름 시간(분)	물질명	머무름 시간(분)
1,1-디클로로에틸렌	3.07	1,3-디클로로프로판	7.93
디클로로메탄	3.15	디브로모클로로메탄	8.20
trans-1,2-디클로로에틸렌	3.38	1,2-디브로모에탄	8.49
1,1-디클로로에탄	3.51	테트라클로로에틸렌	8.59
cis-1,2-디클로로에틸렌	3.85	클로로벤젠	9.55
브로모클로로메탄	3.97	1,1,1,2-테트라클로로에탄	9.64
클로로폼(트리클로로메탄)	3.98	브로모폼	10.50
1,1,1-트리클로로에탄	4.44	1,2,3-트리클로로프로판	11.30
1,2-디클로로에탄	4.50	브로모벤젠	11.56
1,1-디클로로프로펜	4.63	2-클로로톨루엔	12.01
테트라클로로메탄(사염화탄소)	4.77	4-클로로톨루엔	12.13
1,2-디클로로프로판	5.60	1,3-디클로로벤젠	13.12
트리클로로에틸렌	5.61	1,4-디클로로벤젠	13.24
디브로모에탄	5.67	1,2-디클로로벤젠	13.69
브로모디클로로메탄	5.79	1,2-디브로모-3-클로로프로판	14.56
cis-1,3-디클로로프로펜(Z)	6.71	1,2,4-트리클로로벤젠	16.17
trans-1,3-디클로로프로펜(E)	7.41	1,2,3-트리클로로벤젠	16.76
1,1,2-트리클로로에탄	7.56	헥사클로로부타다이엔	16.77

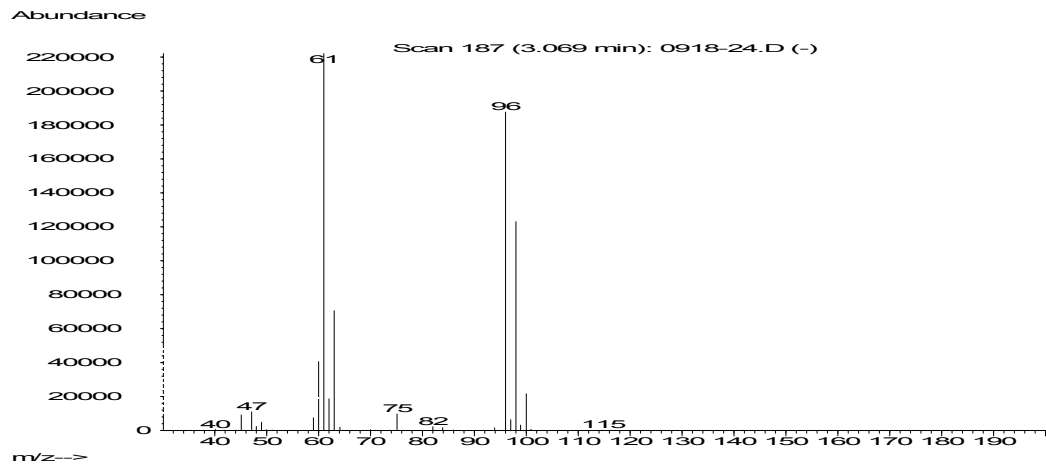


그림 2. 1,1-디클로로에틸렌의 질량스펙트럼

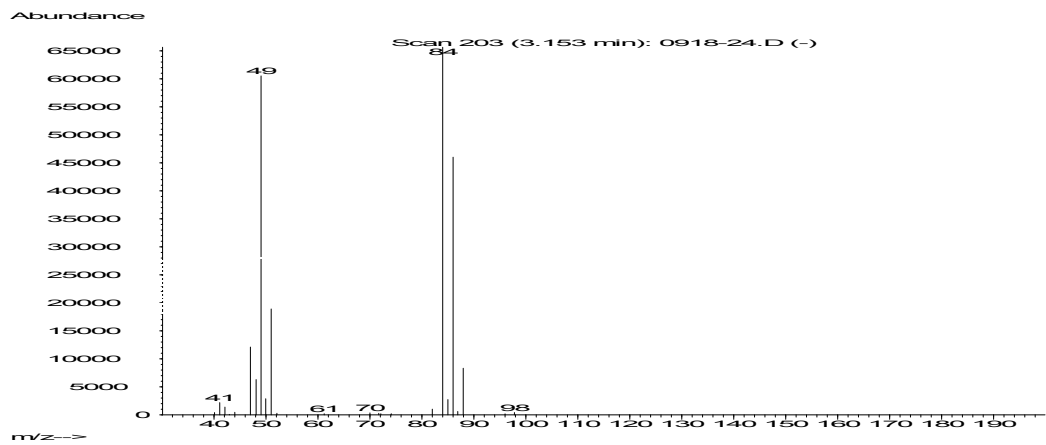


그림 3. 디클로로메탄의 질량스펙트럼

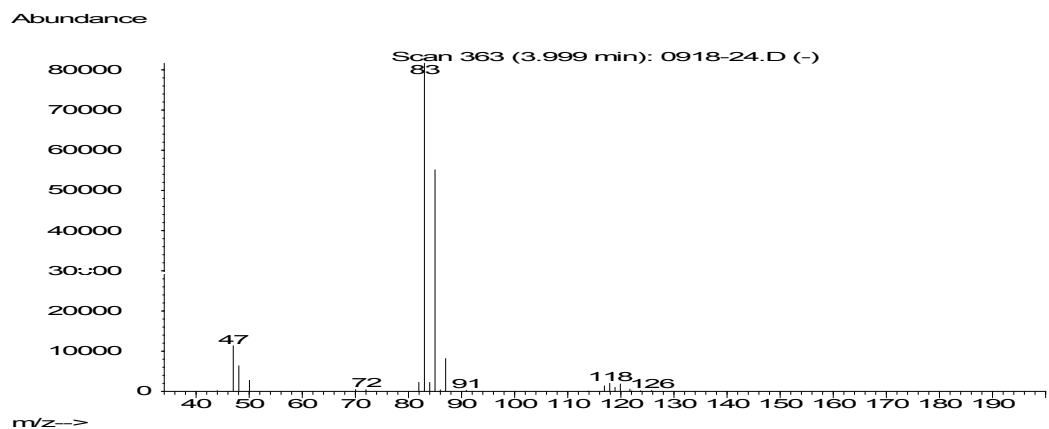


그림 4. 클로로폼의 질량스펙트럼

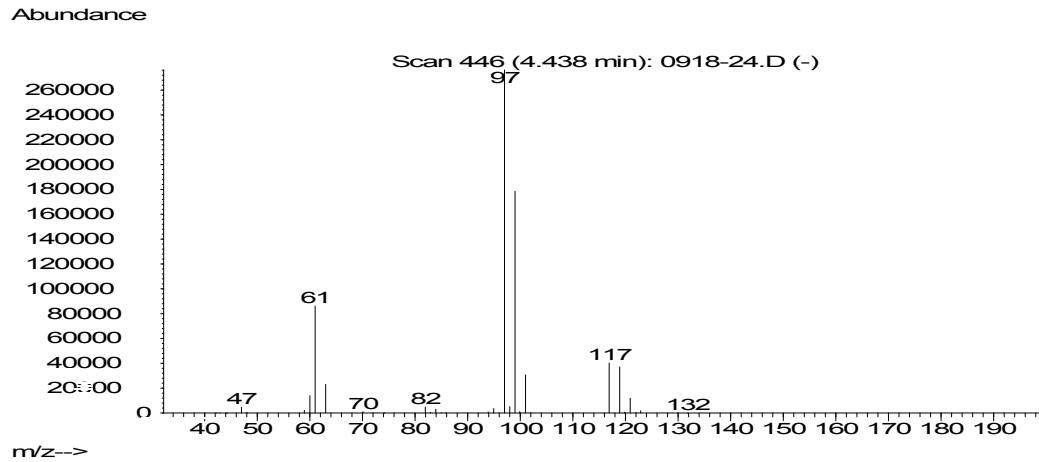


그림 5. 1,1,1-트리클로로에탄의 질량스펙트럼

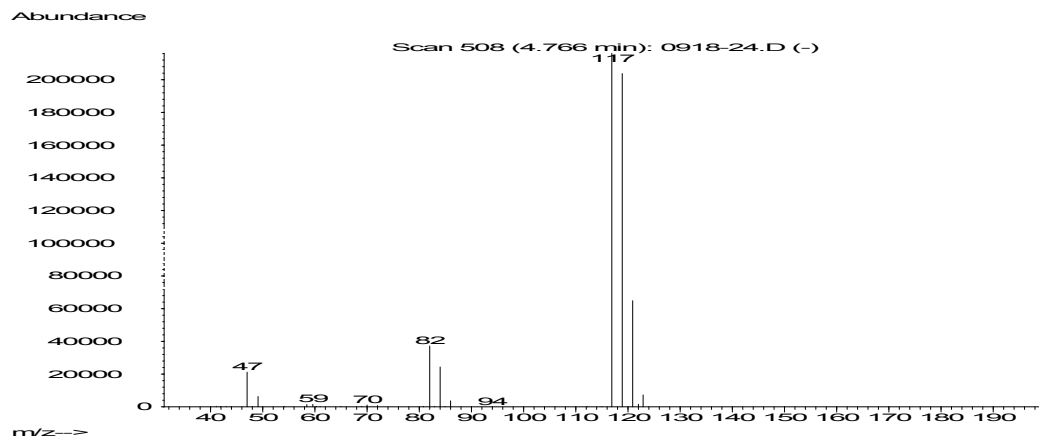


그림 6. 테트라클로로메탄의 질량스펙트럼

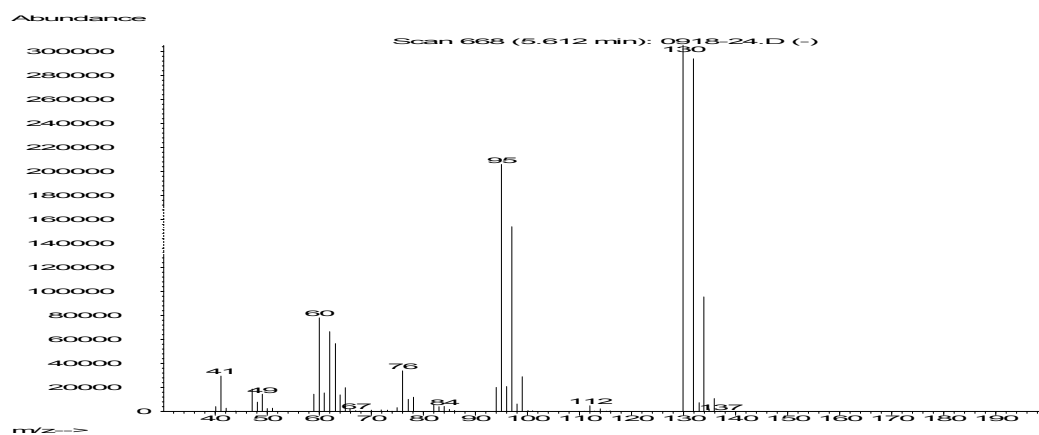


그림 7. 트리클로로에틸렌의 질량스펙트럼

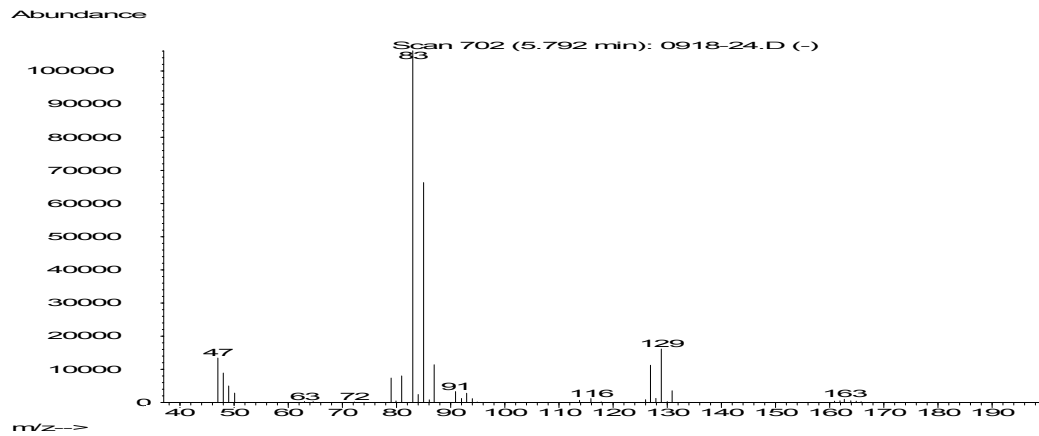


그림 8. 브로모디클로로메탄의 질량스펙트럼

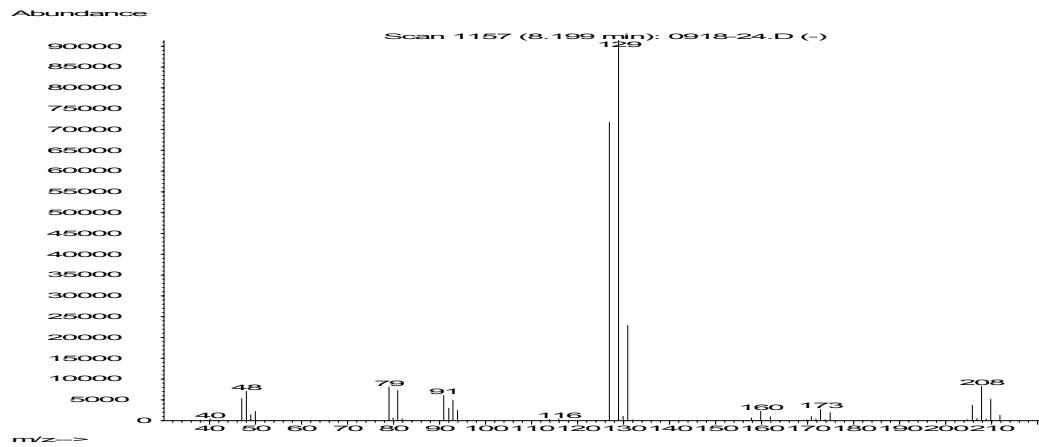


그림 9. 다이브로모클로로메탄의 질량스펙트럼

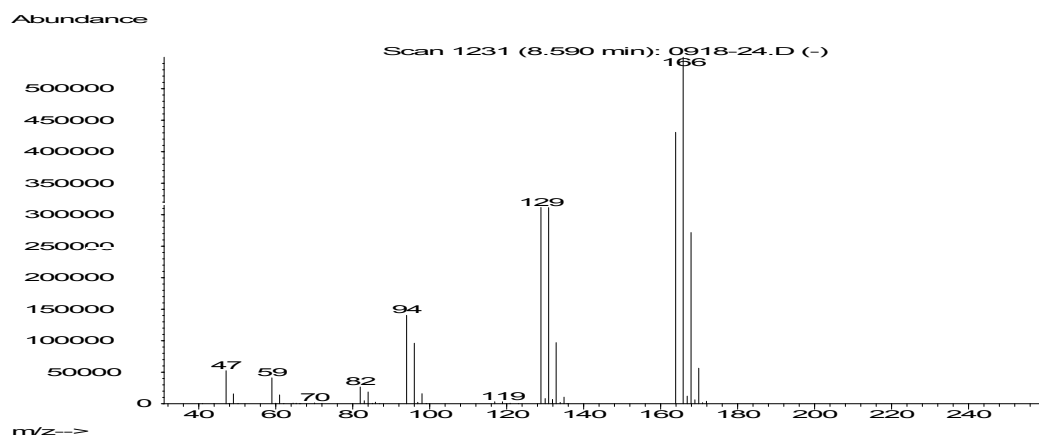


그림 10. 테트라클로로에틸렌의 질량스펙트럼

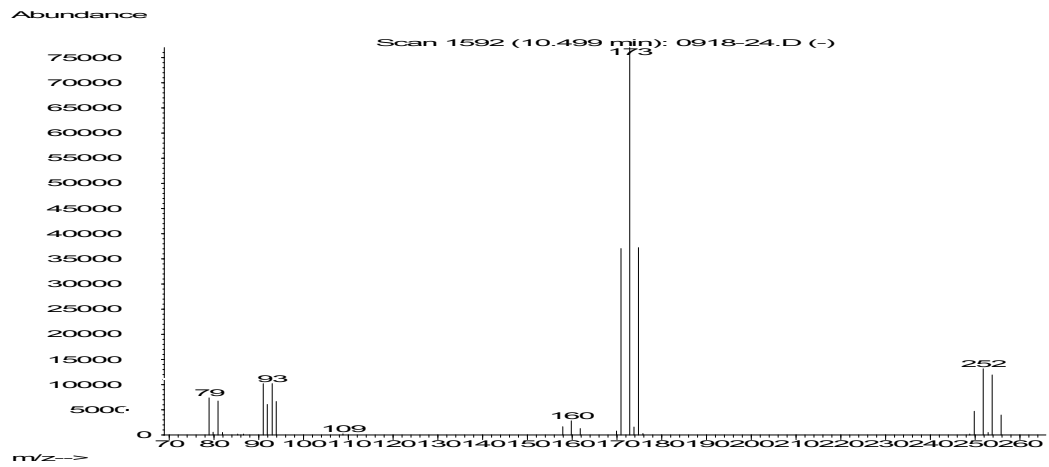


그림 11. 브로모폼의 질량스펙트럼

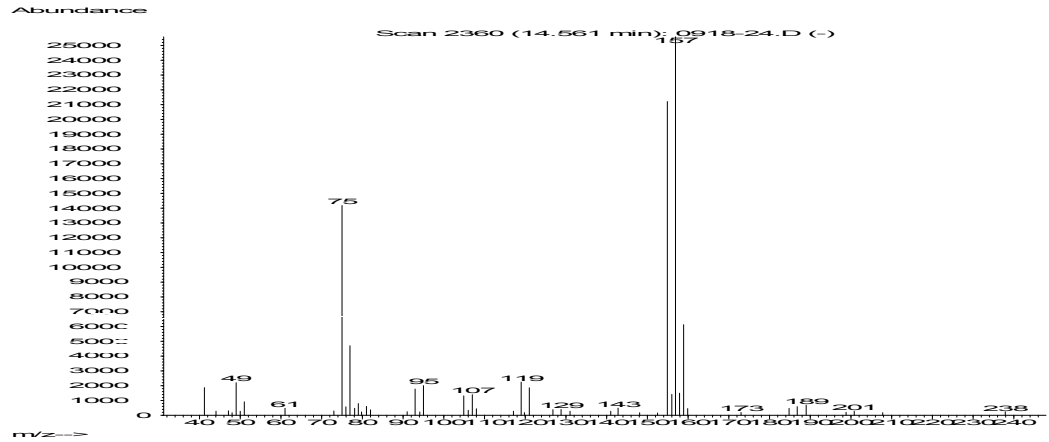


그림 12. 1,2-다이브로모-3-클로로프로판의 질량스펙트럼