

# GC/MS를 이용한 화재증거물속의 인화성물질 분석에 관한 연구

이성룡 · 한동훈\*\*\*

중앙소방학교 소방과학연구실

## Analysis of Ignitable Liquid Residues from Fire Debris Samples with GC/MS

Lee, Sung Ryong · Han, Dong-Hun

Fire Science Laboratory, Korea Fire Service Academy

### 요 약

화재증거물 속의 인화성물질을 분석하는 기술은 현재 다양한 추출 및 농축법을 활용한다. 본 연구에서는 Tenax TA를 이용하여 화재증거물 속의 인화성물질을 농축한 후 자동열탈착 장비를 사용하여 Tenax TA관 속에 농축되어 있는 인화성물질을 자동열탈착시켜 GC로 보낸 후 MS 분석하는 기술을 소개한다. 이러한 전처리과정을 사용하여, 화재증거물속의 인화성물질(경유, 등유 등)을 분석하였는데, 물로 화재증거물을 물을 이용하여 소화하여도, 시간이 오래지난 화재증거물이라도 열탈착 장비를 이용한 분석은 경유, 등유등을 확인하는데 유용하였다.

### 1. 서 론

인화성 액체 관련 화재 증거물을 화재 증거물을 확인하는 기술은 1930년대 냄새로 인한 현장 확인하는 것을 시작으로 하여, 뿜가루와 수단(III)를 이용하는 기술에서부터 감지센서, 유류확인 건, 유류 감지센서, GC/MS까지 다양한 기술이 발달되어 왔다. 그리고 최근에는 GC/MS/MS 및 2D GC/MS 등의 첨단 기술이 인화성 액체 화재 증거물을 분석하기 위해 응용되어지고 있다.

본 연구 GC/MS를 사용하여 화재증거물 속의 인화성 물질들을 분석한다(ASTM E1618)<sup>1</sup>. 화재 증거물 속의 인화성 액체를 분석을 하기 위해서는 효율적인 전처리 과정을 선택하는 것이 가장 중요하다. 전처리의 과정은 다양한 방법이 존재하는데 현재 알려진 것은 증류법, 다이내믹헤드스페이스법(ASTM E1413)<sup>2</sup>, 용매 추출법(ASTM E1386)<sup>3</sup>, 페시브헤드스페이스법(ASTM E1412)<sup>4</sup>, SPME법(ASTM E2154)<sup>5</sup> 등이 존재한다. 그 외에도 일반적인 휴대용 가스감지관의 손펌프를 이용하여 가스감지관 대신 흡착바늘을 사용하여 화재증거물에서 휘발성 물질을 흡착시켜 바로 GC에 주입할 수 있는 상용품도 있다. 본 연구에서 사용되는 Tenax TA는 상용화된 흡착관으로써 다이페닐렌옥사이드 폴리머 레진으

로 알려져 있으며 공기질 측정 등 다양한 물질을 흡착하는데 사용되고 있다. Tenax TA는 주로 C7(탄소개수 7개인 탄화수소)에서 C26(26개의 탄화수소) 흡착이 가능한 것으로 알려져 있으며 시료의 특성에 맞게 적절히 사용하여야 한다.

## 2. 본론

### 2.1 실험조건

Tenax TA의 전처리 과정은 ASTM E1413에 근거한 다이내믹헤드스페이스법을 사용하였다.<sup>2</sup> 다이내믹헤드스페이스법은 시료의 용기의 온도는 40℃~150℃로 설정할 수 있고, 아르곤 또는 질소를 시료 용기로 주입하여 Tenax TA관으로 나오는 기체의 양이 분당 200~1500cc/min로 조절이 가능하다. 본 연구에서는 주로 시료용기의 온도를 90℃로 하고 기체의 양은 500cc/min으로 하여 30분 이상 Tenax관에 인화성 액체 잔여물이 농축될 수 있도록 하였다. GC/MS와 자동열탈착장비는 Perkin Elmer사의 Clarus 600, Turbomatrix 350 ATD 모델을 사용하여 분석하였다.

### 2.2 실험 결과

Tenax TA를 사용하여 경유를 흡착시킨 후 분석한 GC/MS 스펙트럼은 아래와 같다. C9(노난)에서부터 C23(트리코산)까지의 탄화수소가 검출됨을 확인할 수 있다.

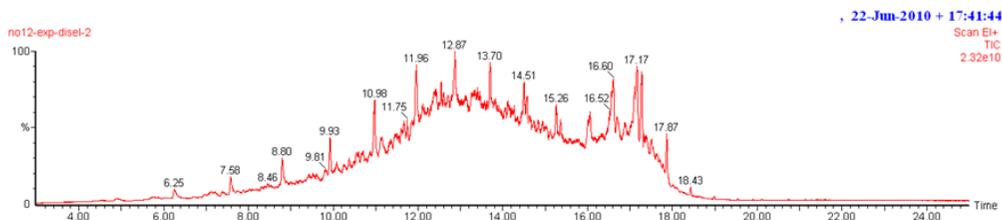


그림 1. 경유의 화재 실험전 GC/MS 스펙트럼

실제로 경유를 사용하여 그림2의 장소(천으로 만든 소파 및 전열기구)에서 화재증거물로 활용하기 위해 흰색 먼장갑에 경유를 50mL를 부어 화재를 내고 약 6분 후 주수하였다. 화재증거물 5번은 화재이후에도 장갑의 모양이 그대로 유지되었다. 본 증거물에서는 비교적 경유와 유사한 C9에서부터 C20까지의 탄화수소가 검출되었다(그림3) 가장 화재지점과 가깝고 증거물이 심하게 훼손된 증거물 4번의 경우 C16에서 C21의 탄화수소가 검출된 것을 확인할 수 있었다(그림4).이처럼 화재 원인 물질로 경유를 사용하여 그 증거물을 Tenax TA를 사용하면 이처럼 경유의 잔여물을 확인할 수 있었다. 화재가 많이 진행된 부분에서의 증거물에서는 그 잔여물은 탄화수소의 분자량이 큰 것 위주로 존재함을 알 수 있다.



그림 2. 경유 화재 실험

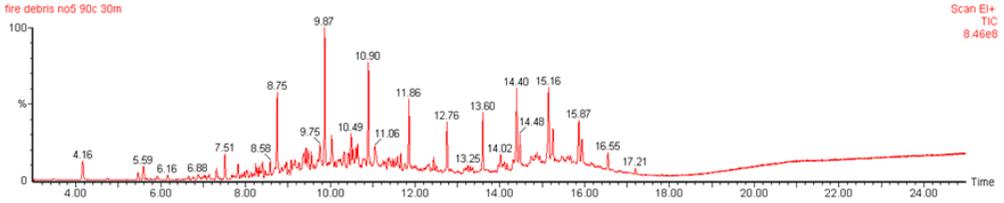


그림 3. 화재증거물 5번 분석 결과

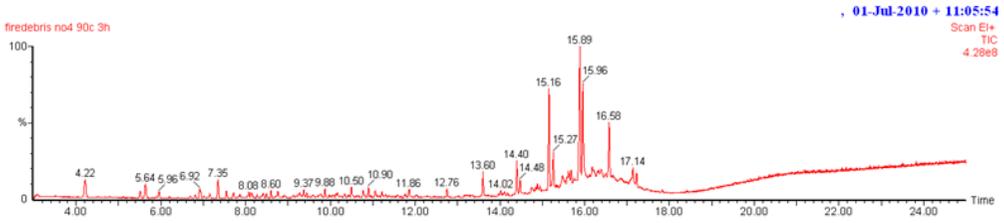


그림 4. 화재증거물 4번 분석 결과

등유 250mL를 장판에 뿌리고 타올형태의 종이에 착화시켜 그림 5와 같이 화재증거물을 얻었다. 수거된 증거물과 가스검지관을 이용하여 색깔 변화를 관찰하였을 때 그림6과 같이 색변화를 관찰할 수 있었다.



그림 5. 등유 화재 실험후 장판

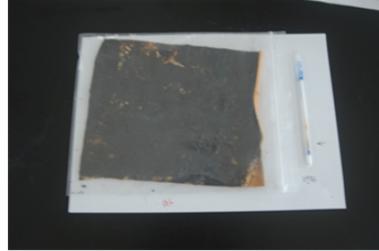


그림 6. 분석에 사용될 장판의 모습

등유 시료의 경우 톨루엔과 C7에서부터 C15까지의 탄화수소가 검출됨을 알 수 있다. 화재실험 후 탄 증거물 속에서 톨루엔과 C8에서 C15까지의 탄화수소가 검출되었다. 종이의 경우 C10에서 C16까지의 탄화수소가 검출되었으나 장판에 비해 그 양이 작게 검출됨을 알 수 있다. 경유와 마찬가지로 Tenax TA를 사용하여 화재증거물 속의 등유를 추출할 수 있었다.

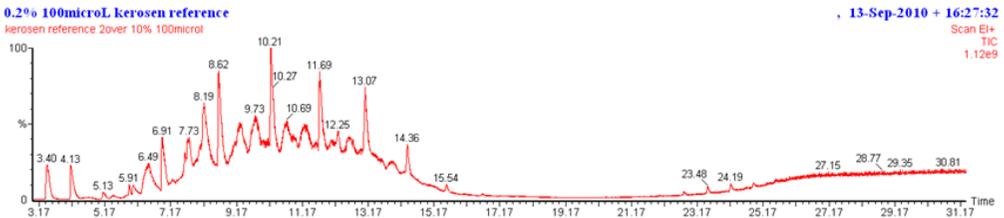


그림 7. 실험전 등유 분석

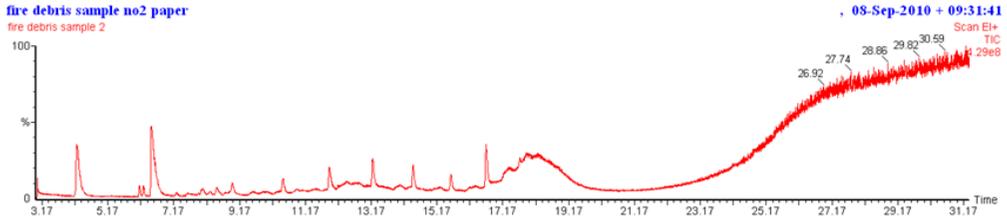


그림 8. 화재증거물 타울형태의 종이에서 추출된 등유

### 3. 결 론

경유 화재 실험의 경우 손실이 많이 된 화재증거물은 분자량이 큰 물질 위주로 남아 있었으며 등유화재 실험의 경우 장관에서는 등유와 거의 유사한 패턴을 얻었으며 종이의 경우 분자량이 큰 물질의 등유 성분이 미량 남아 있음을 확인할 수 있었다. 추후 계속하여 다양한 조건에 실험을 추가하고 화재증거물의 효율적인 추출조건에 대해서 연구할 계획이다.

### 참고문헌

1. ASTM E 1618 : Standard Test Method for Ignitable Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography-Mass Spectrometry.
2. ASTM E1413 : Standard Practice for Separation and Concentration of Ignitable Liquid Residues from Fire Debris Samples by Dynamic Headspace Concentration.
3. ASTM E1386 : Standard Practice for Separation of Ignitable Liquid Residues from Fire Debris Samples by Solvent Extraction.
4. ASTM E1412 : Standard Practice for Separation of Ignitable Liquid Residues from Fire Debris Samples by Passive Headspace Concentration With Activated Charcoal.
5. ASTM E2154 : Standard Practice for Separation and Concentration of Ignitable Liquid Residues from Fire Debris Samples by Passive Headspace Concentration with Solid Phase Microextraction (SPME).