

# ① 화재의 경과시간에 따른 휘발유 및 경유의 잔류 특성 확인 및 효율적인 추출법 확립에 관한 연구

- 대전보건대학교 과학수사학과
- 지도교수 성태명 교수
- 이가영 (2021960013)
- 김정화 (2021860004)

3

## ② 실험방법

# 목 차

### ① 서 론

### ② 실험 방법

### ③ 실험 결과

### ④ 결 론

## 1 서론

- 화재잔류물에서 휘발유, 경유 등의 인화성물질을 검출하는 것은 화재가 방화에 의해 발생했다는 것을 입증하는 중요한 증거가 됨
- 그러나 방화여부는 화재의 지속시간에 따른 각 인화성물질의 휘발 및 연소의 차이에 따른 잔류특성을 고려해야 할 경우가 있으나 이에 대한 자료가 부족

## 1 서론

- 따라서, 방화에 가장 흔하게 사용되는 휘발유와 경유를 이용하여 연소 시간에 따른 잔류특성을 비교하였으며, 휘발유가 경유보다 감소경향이 훨씬 크게 나타남



## 1 서론

- 또한 인화성물질의 각 특성에 따른 효율적인 분석법으로 휘발유는 고체상미량추출(SPME)법이 가장 우수하고, 경유는 검출 감도, 정확성 및 신속성을 고려할 때 SPME법 시험한 후 용매추출법으로 추가 시험을 하는 것이 효율적임을 확인.

7

## 2 실험방법

### 2-1 모의 화재잔류물 시료 제조

### 2-2 인화성물질 추출

### 2-3 기체크로마토그래프(GC)의 분석조건

8



## 2-1 화재잔류물 시료 제조

### 1) 청색 섬유 조각 각 실험당 3조각 씩 준비

- 면섬유 재질
- 크기는 약 11cm x 6 cm



### 2) 인화성물질을 가함

- 휘발유 또는 경유를 각각 3점  
의 시료에 각각 1 mL씩 가함



### 3) 일정시간 연소 후 소화

- 휘발유는 10초, 30초 및 1분  
연소 후 소화
- 경유는 30초, 1분 및 2분 연소  
후 소화

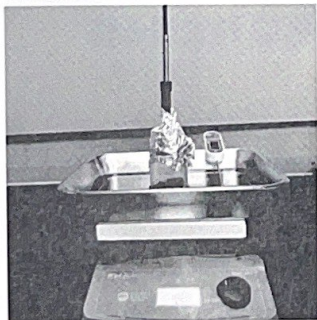


9

## 2-2 인화성물질 추출법

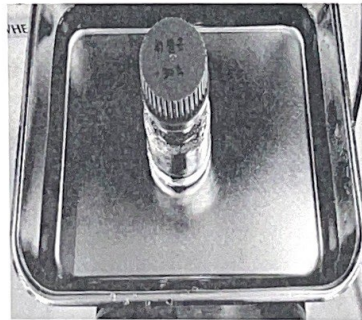
### 고체미량추출법(SPME)

- 50 °C에서 5분간 추출
- Fiber(Blue, 65um,  
PDMS/DVB)



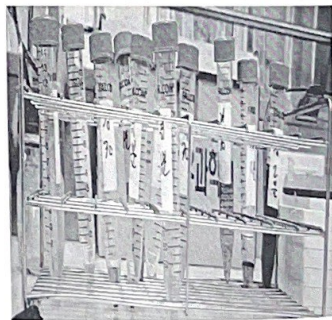
### 헤드스페이스(HS)법

- 50 °C에서 5분간 가열
- 0.3mL의 기체를 주입



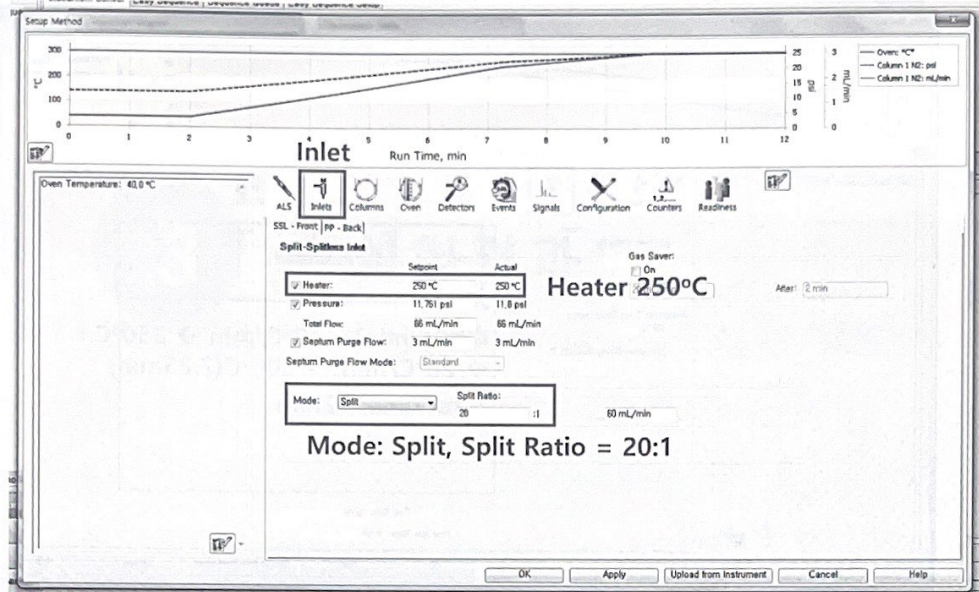
### 용매추출법

- 시료에 물 10mL, 에테르 10mL
- 에테르 층은 분리채취
- 시료 농축
- 에테르 100mL vortex
- 1mL를 GC에 주입

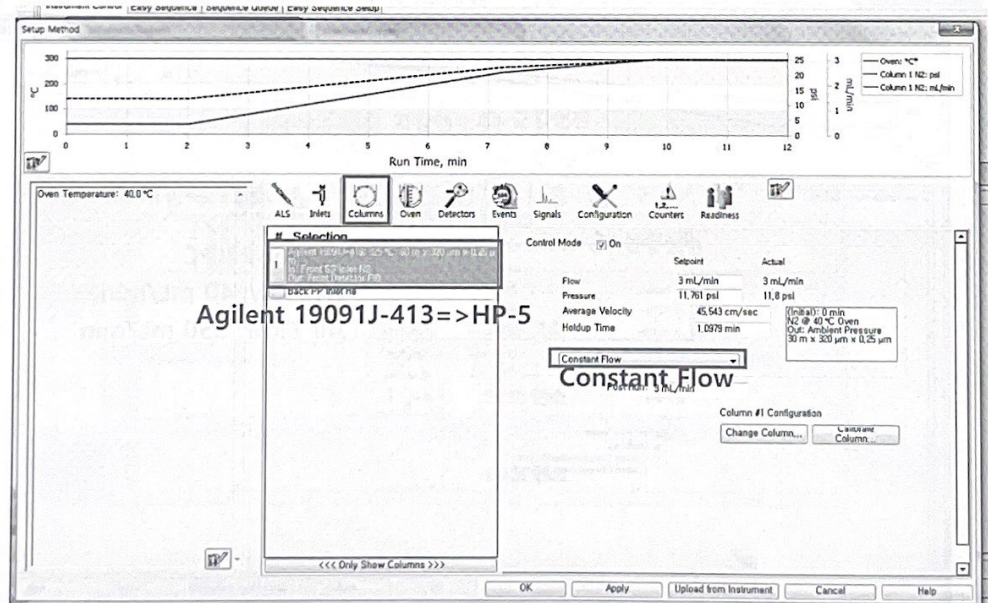




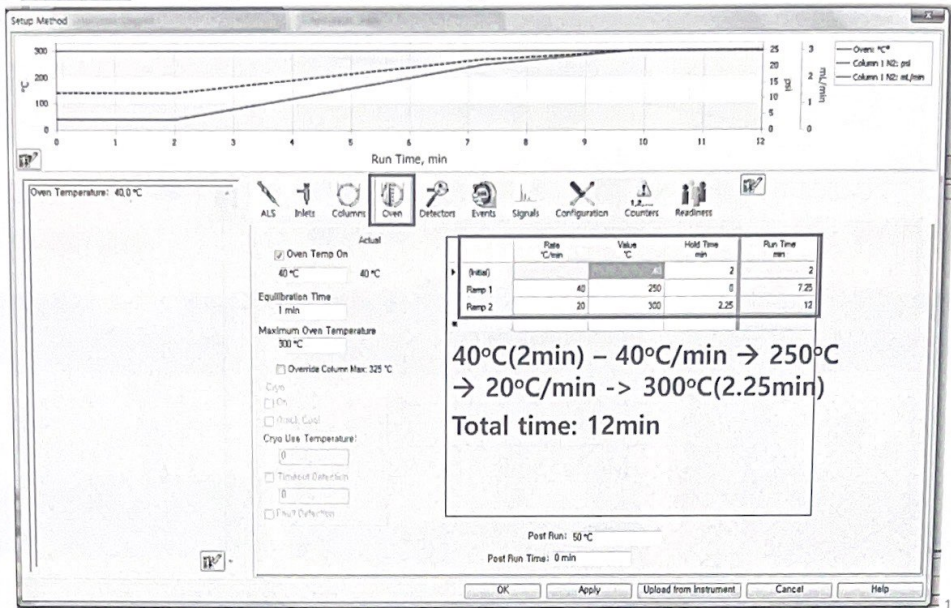
## 2-3 기체크로마토그래프(GC)의 분석조건(1)



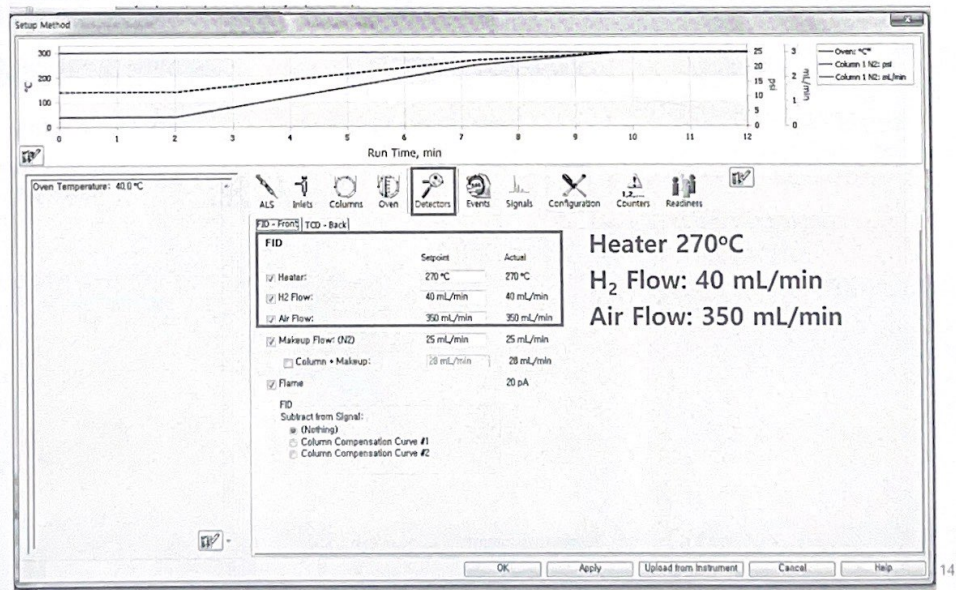
## 2-3 기체크로마토그래프(GC)의 분석조건(2)



## 2-3 기체크로마토그래프(GC)의 분석조건(3)



## 2-3 기체크로마토그래프(GC)의 분석조건(3)

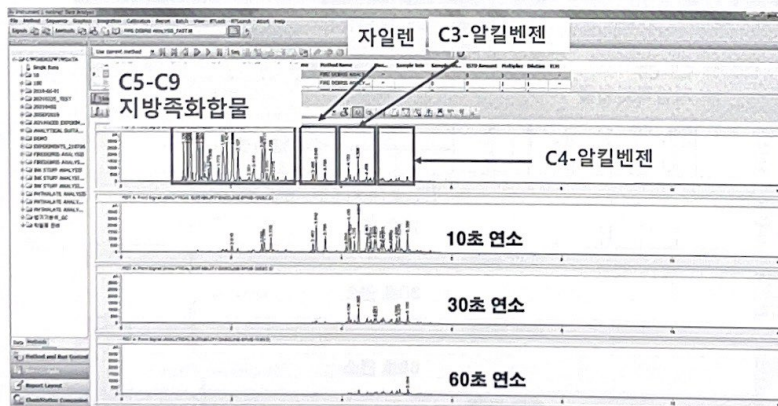




# 3

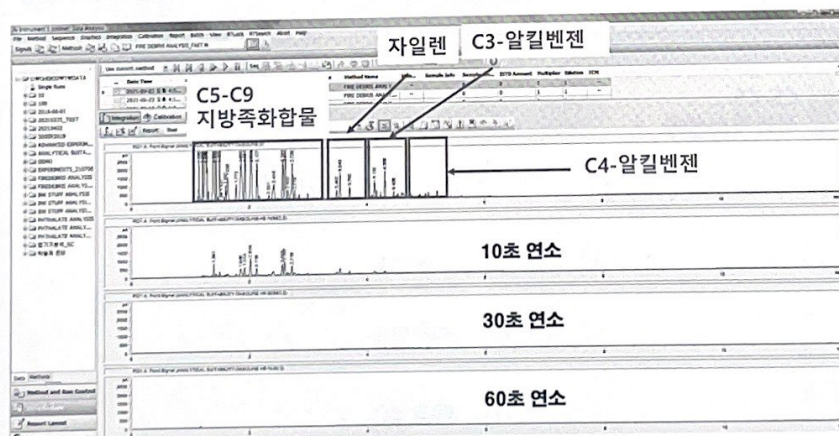
## 실험 결과

### 3-1 휘발유의 화재경과 시간에 따른 SPME법 검출 경향



- 10초 연소 → 휘발성이 큰 지방족화합물은 연소 및 휘발되어 미량 검출
- 30초 연소 → C3-알킬벤젠 및 C4-알킬벤젠이 미량 검출
- 1분 연소 → C4-알킬벤젠만이 미량 검출
- 연소 시간이 길 수록 저비점이 더 많이 없어짐.
- 연소시간이 길면 휘발유로 방화를 하였다 하더라도 검출되지 않을 수 있음

### 3-2 휘발유의 화재경과 시간에 따른 HS법 검출 경향





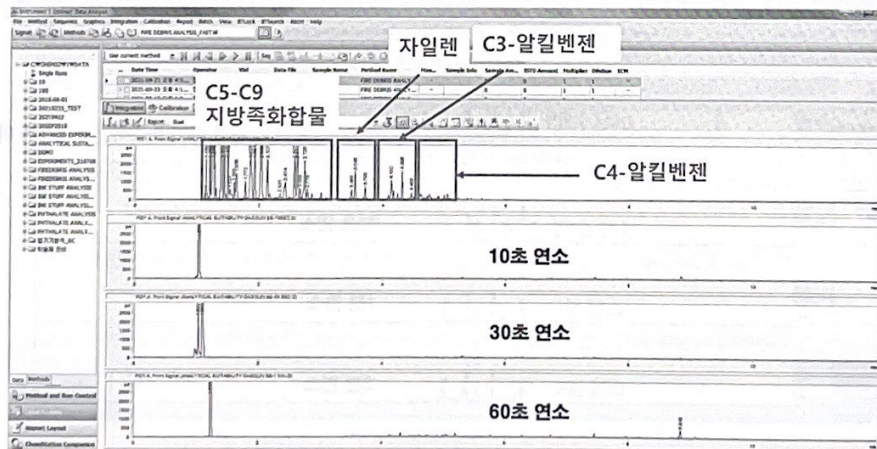
➤ 10초 연소 → 저비점의 휘발유 성분이 미량 검출

➤ 30초 이상의 연소 → 휘발유 성분이 검출X

➤ 헤드스페이스(HS)법으로는 상대적으로 무거운  
C3-알킬벤젠 및 C4-알킬벤젠 성분이 검출X

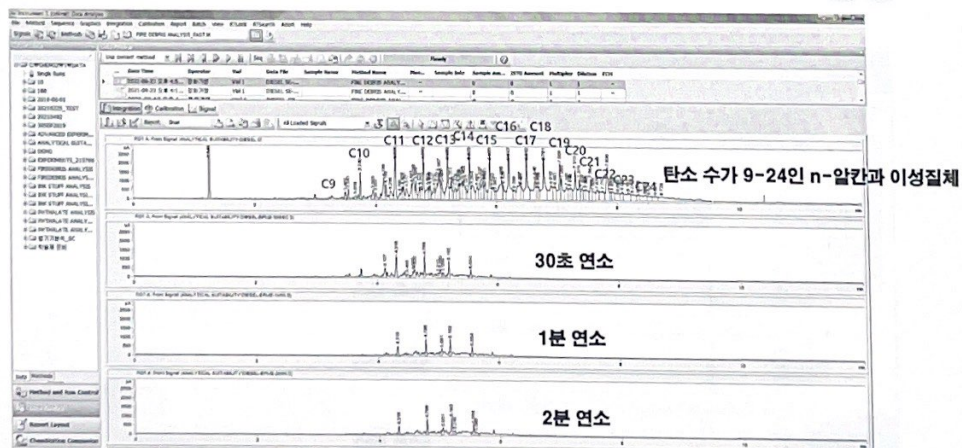
➤ SPME법 보다 검출효율이 좋지 않음

### 3-3 휘발유의 화재경과 시간에 따른 용매추출법(SE법) 검출 경향



- 10초 이상의 연소 → 휘발유 성분이 검출X
- 용매추출(SE)법 → 용매추출에 의한 희석효과와 용매 농축 시 휘발성이 높은 휘발유 성분이 다량 없어지는 것으로 판단
- HS법 보다 더 검출효율이 좋지 않은 것으로 판단됨

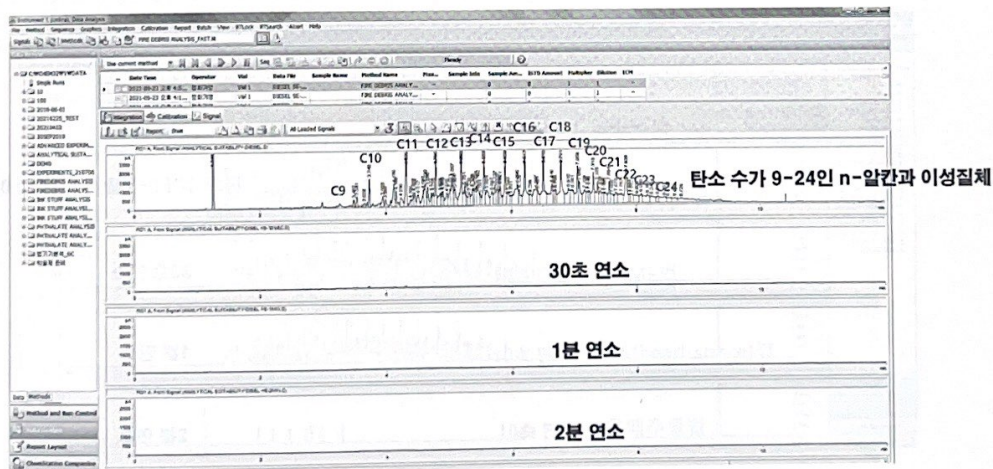
### 3-4 경유의 화재경과 시간에 따른 SPME법 검출 경향





- 30초, 1분, 2분의 연소 시간 차이 → 경유성분의 검출량에 큰 차이 X
- 휘발유보다는 경유성분은 화재잔류물에 잔류되어 검출될 가능성이 클 것으로 판단됨
- 경유의 저비점 성분이 주로 검출 → 경유의 구성성분이 대체적으로 증기압이 낮은 물질로 구성되어 있는 것으로 판단
- 경유성분의 SPME 추출법은 저비점이 주로 추출 → 등유와 구분X
- 용매추출법이나 차콜추출법으로 추가적인 시험이 필요할 것으로 판단

### 3-5 경유의 화재경과 시간에 따른 HS법 검출 경향

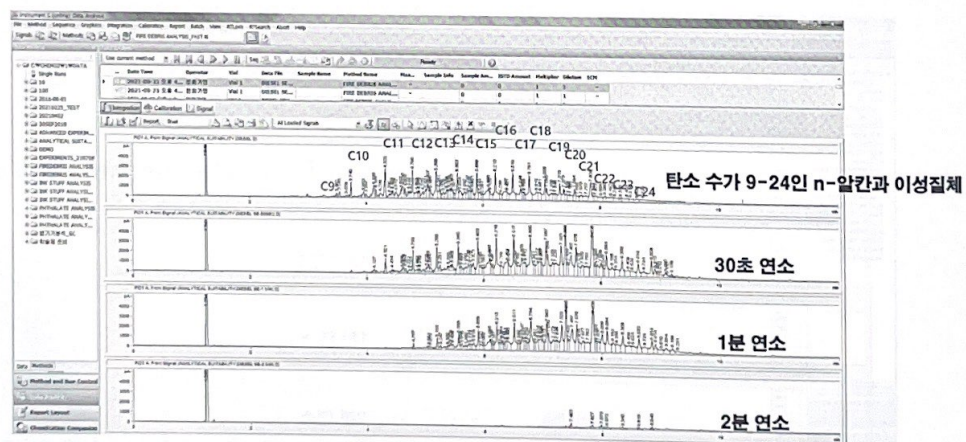


➤ 30초, 1분, 2분 연소 → 경유 성분은 검출X

➤ 경유의 성분 대부분 증기압이 낮은 물질로 구성  
→ 헤드스페이스(HS)법으로는 검출X

➤ 경유와 같이 증기압이 낮은 물질로 구성되어 있는  
인화성물질을 HS법으로 분석하는 것 → 부적절

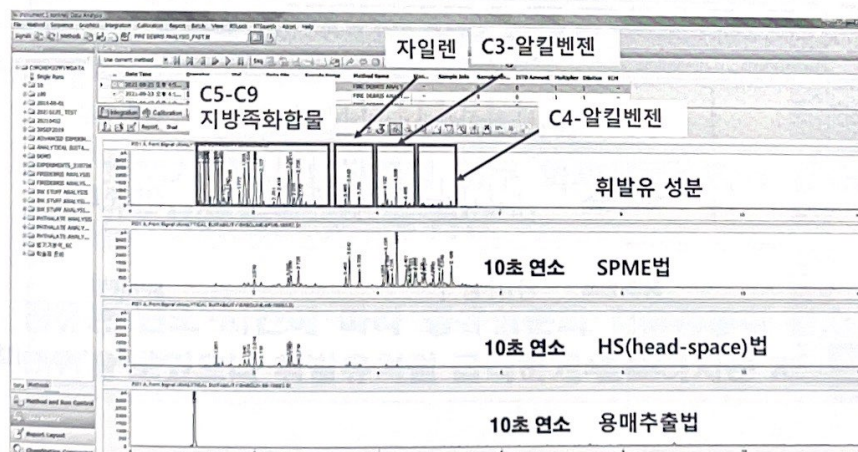
### 3-6 경유의 화재경과 시간에 따른 SE법 검출 경향





- 연소 시간 LONG → 경유의 저비점의 검출이 감소
- 2분 연소 → 고비점이 미량 검출
- 검출효과는 SPME법 보다 못하나 고비점은 보다 효율적으로 검출하는 점 → SPME법에서 노말-알칸류 검출 → 등·경유 확인을 위해 용매추출법을 추가로 실시하는 것이 적절

### 3-7 시험법에 따른 휘발유의 검출양상 비교



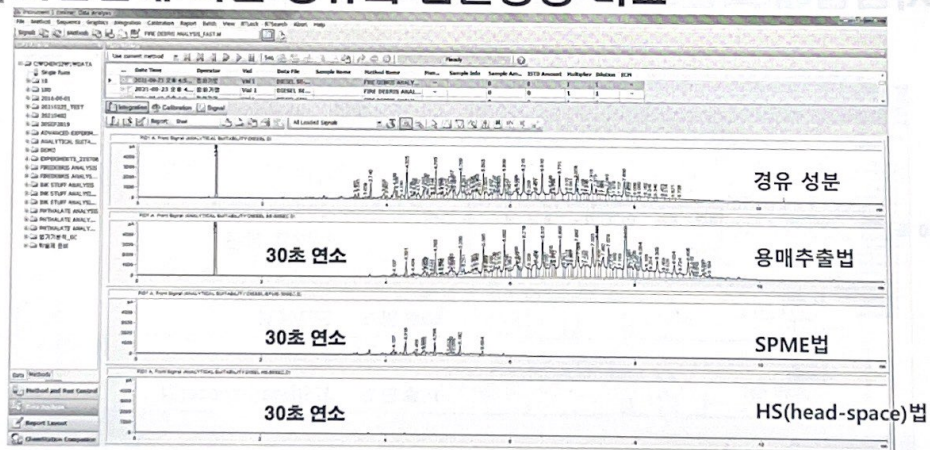
➤ 화재잔류물에서 휘발유 검출 → SPME법이 가장 효율적

➤ HS법은 제한적으로 사용가능

➤ 용매추출법 → 희석의 효과 및 농축과정에서 소실되는 단점. 가능하면X

➤ 화재잔류물에서 휘발유를 검출 및 확인 할 경우  
→ SPME법만 활용하더라도 정확하게 판단O

### 3-8 시험법에 따른 경유의 검출양상 비교





- 용매추출법(SE) → 화재잔류물에 함유된 경유성분이 거의 모두 추출
- 증기압이 낮은 특성 → SPME법에서는 저비점의 성분만 특이적으로 검출
- 헤드스페이스(HS)법에는 거의 검출X → 경유성분 검출에 활용하지 않는 것이 적절
- 경유성분은 간단하게 실험할 수 있는 SPME법으로 스크리닝 → 노말-알칸이 검출되면 추가로 용매추출법으로 등유 또는 경유인지는 확인하는 것이 효율적

## 4 결 론

- 휘발유는 화재의 연소 시간에 따라 휘발유 구성성분의 감소율이 크게 관찰
- 이는 화재가 장시간 진행될 경우 화재잔류물에서 검출되지 않을 가능성이 높은 것으로 판단
- 경유는 연소 시간에 따라 경유성분의 검출경향이 감소하는 패턴을 보였으나 휘발유처럼 급격하게 감소하지는 X

## 4 결 론

- 대부분의 구성성분이 증기압이 낮은 물질로 구성 → 화재잔류물에서 경유성분이 검출될 가능성이 매우 높은 것으로 판단
- 휘발유 성분은 추출법의 감도 및 효율성으로 → 고체상 미량추출(SPME)법이 효율적

33

## 4 결 론

- 경유 성분은 시험의 수월성과 감도를 고려 → SPME법으로 1차적으로 분석
- 노말-알칸계 화합물이 검출 → 2차적으로 용매추출법으로 등유성분인지 경유성분인지를 확인하는 것이 효율적

34



## 참고문헌

- AD Pert, MG Baron, and JW Birkett (2006), Review of analytical techniques for arson residues, J Forensic Sci 51(5): 1033-1049.
- ASTM. E2154-15a (2015), Standard practice for separation and concentration of ignitable liquid residues from fire debris samples by passive headspace concentration with solid phase microextraction, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA
- I Fetting, S Kruger, JH Deubel, M Werrel, T Raspe, and C Piechotta (2014), Evaluation of a headspace solid-phase microextraction method for the analysis of ignitable liquids in fire debris, J Forensic Sci 59(3): 743-749.
- ASTM. E1386-15 (2015), Standard practice for separation of ignitable liquid residues from fire debris samples by solvent extraction, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA
- H Yoshida, T Kaneko, and S Suzuki (2008), A solidphase microextraction method for the detection of ignitable liquids in fire debris, J Forensic Sci 53(3): 668-676

35

Q&A

36