

식용유 화재사례의 실험적 연구

서울소방방재본부 황태연 · 서울소방방재본부 안성일 · 관악소방서 이택희

1. 연구배경

화재현장의 원인판정은 화재특성을 이해하고 그에 대한 과학적인 근거를 통해 입증하여야 한다. 그러나 화재가 복잡하고 다양하여 과학적 입증이 어려움이 예상된다. 특히 식용유 화재는 발화되면 연소속도가 빠르고 연소열량이 높아 주변 가연물에 상당히 많은 피해를 야기함으로써 화재이후에 그와 같은 입증이 더욱 곤란하다. 따라서 식용유화재의 특성을 이해하는 것이 무엇보다도 중요하며, 그를 통해 올바른 조사결과를 도출할 수 있다.

지난 2004년 12월 20일에 만두작업장에서 발생한 식용유화재사례를 고찰하면서 식용유에 의한 발화과정과 추론과정을 실험을 통해 화재에 도달하는 과정을 살펴보고자 한다.

2. 연구방법

식용유는 현재 가장 많이 사용되고 있는 식물

성 콩기름과 폐식용유를 사용하여 식용유의 물성을 바탕으로 식용유의 발화과정을 실험에 의해 구현하는 방법으로 화재과정을 연구하였다.

3. 식용유의 특성

(1) 식용유의 종류

- ① 동물성 식용유 : 버터 등
- ② 식물성 식용유 : 콩기름(대두유), 올리브유, 옥수수기름, 해바라기 기름 등

(2) 식용유의 물성

- ① 발연점(發煙點) : 230~240℃
 - 식용유를 가열하면 유면에서 흰 연기가 발생하기 시작하는 유온을 말한다.

② 인화점 : 300℃

- 백연에 화염을 갖다댄 채 유온을 상승시키면 백연에 인화하여 유면상으로 화염이 확산되나 연소가 지속되지 않는다. 이때의 온도를 말한다.

③ 연소점 : 340~360℃

- 인화점에서 온도를 더욱 상승시키면 인화되어 유면상에서 연속적으로 연소가 일어난다. 이때의 온도를 말한다.

④ 발화점 : 400℃내외

- 화염 등의 점화원이 없어도 연소점 이상으로 온도를 상승시키면 순간적으로 유면에 발화된다. 이때의 온도를 말한다.



〈그림 1〉 실험재료

4. 화재 재현실험

(1) 실험조건

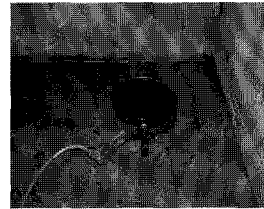
- 기압 : 1atm, 온도 : 23~24.6℃, 습도 : 62~69%, 풍속 : 0m/s

(2) 실험재료

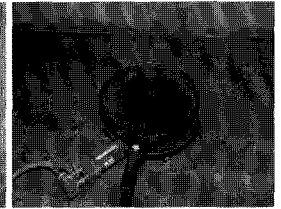
- 식 용 유 : ○○식용유(18ℓ), 폐식용유(18ℓ)
- 튀김용기 : 업소용(∅ 36cm, H 14cm), 가정용(∅ 30cm, H 6cm)
- 가열기기 : 버너, 가스통(10kg)
- 촬영장비 : 카메라, 열화상카메라
- 측정장비 : 풍속계, 온도(습도)계, 초시계, 비커
- 안전장비 : 방화복, 장갑, 소화기, 야채
- 기 타 : 기록일지 등

(3) 연소실험

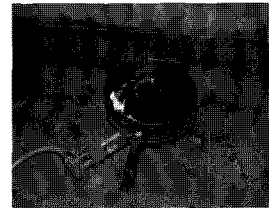
1) 실험 A(맑은 식용유-1.1ℓ)



〈그림 2〉 실험이전 단계



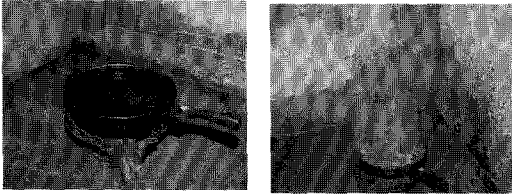
〈그림 3〉 발연시작



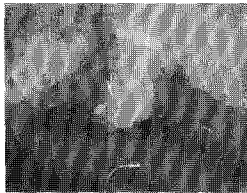
〈그림 4〉 발화(12분 30초)

- 맑은 식용유 1.1ℓ를 가정용 프라이팬에 놓고 가열 → 가열 후 4분 10초에 식용유와 용기온도가 동일 → 가열 후 10분 이내에서 발연되기 시작 → 가열 후 12분 30초에 발화

2) 실험 B(폐식용유-1.1 l)



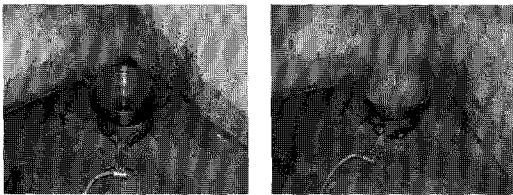
〈그림 5〉 실험이전 단계 〈그림 6〉 발연시작(5분 30초)



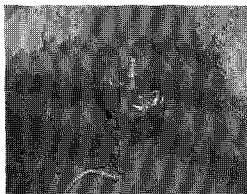
〈그림 7〉 발화(13분 37초)

- 폐식용유 1.1 l를 가정용 프라이팬에 넣고 가열 → 가열 후 2분 기포발생 → 가열 후 4분 40초 식용유와 용기온도 동일 → 가열 후 5분 30초에서 발연되기 시작 → 가열 후 13분 37초에 발화

3) 실험 C(맑은 식용유-2 l)



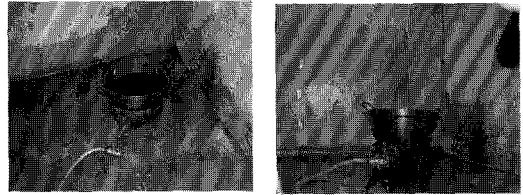
〈그림 8〉 실험이전 단계 〈그림 9〉 발연시작(5분 30초)



〈그림 10〉 발화(13분 37초)

- 폐식용유 2 l를 가정용 프라이팬에 넣고 가열 → 가열 후 5분 30초 식용유와 용기 온도 동일 → 가열 후 13분에서 발연되기 시작 → 가열 후 26분 30초에 발화

4) 실험 D(폐식용유-2 l)



〈그림 11〉 실험이전 단계 〈그림 12〉 발연시작



〈그림 13〉 발화(13분 30초)

- 폐식용유 2 l를 가정용 프라이팬에 넣고 가열 → 가열 후 6분 30초 식용유와 용기온도 동일 → → 가열 후 13분 30초에 발화

〈표 1〉 식용유 발화 실험자료

식 용 유 물 성 변 화	가정용 프라이팬		업소용 용기	
	맑은 식용유 (1.1ℓ)	폐식용유 (1.1ℓ)	맑은 식용유 (2ℓ)	폐식용유 (2ℓ)
기 포 발 생		식용유 92℃ (2분)		식용유 150℃ (2분)
식 용 유 와 용기 온도 동일	180℃ (4분10초)	160℃ (4분40초)	177℃ (5분30초)	190℃ (6분30초)
유 증 기 발 생		215℃ (5분30초)	240℃ (13분)	
발 화	370℃ (12분30초)	340℃ (13분37초)	348℃ (26분30초)	346℃ (13분30초)

(4) 실험고찰

가스 연소열에 의해 용기에 가열된 열량과 식용유가 자체에서 흡수한 열량이 서서히 증가되면서 지속적인 가열로 인해 식용유 온도가 상승하여 약 340~370℃ 도달하는 걸리는 시간은 맑은 식용유 도달시간이 더욱 길었다. 열기로 인해 식용유 유증기에 발화되는 시점은 맑은 식용유 1.1ℓ일 경우 약 12분 소요되고 2ℓ일 경우 약 26분이 소요되었다.

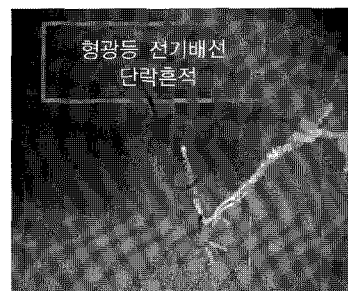
폐식용유는 폐식용유 속에 함유된 수분으로 인해 약 2분 정도에 식용유가 100℃에 도달하여 식용유 속에서 기포가 형성되었고 이후 식용유 용기와 온도가 도달되는 시간은 약 5분으로 맑은 식용유보다 더욱 길었다. 그 이유는 식용유 속에 함유된 수분이 기화되면서 온도를 빼어 가기 때문인 것으로 추정된다. 이후 발화되는 시점은 13분 정도 소요되었다. 2ℓ일 경우 불길의 더욱 높으면 동일한 13분 정도에 발화되었다.

불길과 식용유량에 따라 식용유 발화온도 도달시간은 다소 차이가 있음을 알 수 있으며 그와 같은 특징을 이해할 필요성이 제기되었다.

5. 화재사례

- (1) 일 시 : 0000년 12월 20일 23:09
- (2) 대 상 명 : 만두작업장
- (3) 위 치 : 00구 00동
- (4) 원 인 : 식용유 과열
 - 만두작업장에서 만두를 튀기기 위한 식용유가 지속적인 가열에 의해 식용유가 발화온도에 도달하여 발화

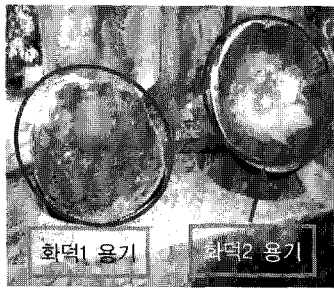
(5) 인명피해 : 부상1명, 재산피해 450만원



〈그림 14〉 형광등 전기배선 단락흔적



<그림 15> 화덕1 가스밸브 개방상태



<그림 16> 화덕 만두튀김 작업상태



<그림 17> 만두튀김 용기내부(탄화상태)

참고문헌

1. NFPA 921, "Guide for Fire and Explosion Investigations", NFPA, Quincy Massachusetts, 2004.
2. NFPA, Fire Protection Handbook, (nineteenth edition), NFPA, Quincy, Massachusetts, 2003.
3. Daeid, Niamh N, Fire Investigation, Boca Raton, Florida, 2004.
4. DeHaan, John D, Kirk`s Fire Investigation(fifth edition), Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, Inc. 2002.