

# 석유스토브에 가솔린 오주유로 인한 화재발생의 경과

## 1. 서두

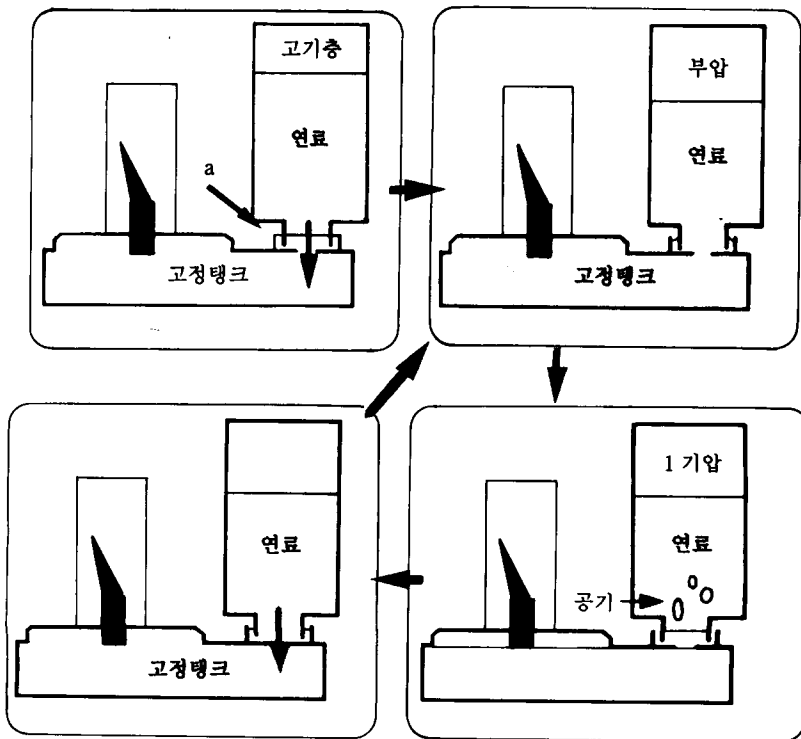
등유용 스토브에 모르고 혹은 고의로 자동차용 가솔린을 주유하여 화재가 되는 수가 있다. 이 경우 상온에서 인화하지 않는 등유로는 화재가 되지 않을 작은 부주의가 가솔린의 높은 인화점 때문에 화재발생 원인이 되는 것인데, 이는 카트리지 탱크식 석유스토브 특유의 구조로 인한다고 한다.

본 고에서는 소방연구소에서 실시한 오주유에 관한 실험을 바탕으로 카트리지 탱크식 석유스토브에 잘못

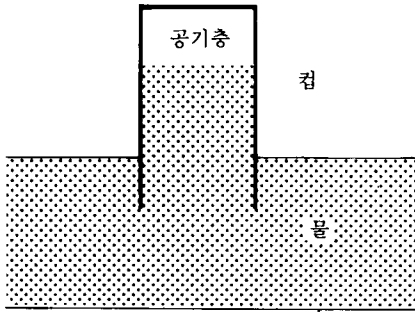
해서 가솔린을 주유했을 때 어떠한 경과로 화재가 발생하는지, 그 구조는 무엇인지에 대해 해설하고, 아울러 방화교육시 오주유의 위험성을 나타낼 목적으로 고안한 간편한 모의장치에 대해 소개한다.

## 2. 오주유에서 발화까지의 경과와 구조

카트리지 탱크를 이용한 연료공급계와 고중기압 연료가 화재발생의 관건이다. 그림1은 카트리지 탱크 내의 연료가 심지부분에 공급되는 구조를 도식적으로



【그림 1】 카트리지 탱크의 도식



【그림 2】 거꾸로 한 컵 내부의 물

나타낸 것이다. 중력 때문에 탱크 내 연료액면은 강하하는데, 액면 저하에 따라 탱크 내부의 공기층의 체적이 증가하여 탱크 내 압력이 부압이 된다. 그림2에 나타난 것처럼 거꾸로 한 컵 속의 물이 떨어지지 않는 것과 같은 구조로 탱크 내 연료 유출이 정지한다. 시간이 지남에 따라 심지에서 연료가 소비되어 고정탱크 내의 액면이 저하하여 카트리지 탱크의 주입구 부분(그림1의 a)이 공기 중에 노출되면 이 부분에서 탱크 내로 공기가 유입되어 탱크 내의 압력은 1기압으로 돌아가고, 압력이 균형을 잡을 때까지 고정탱크로 연료가 재공급된다. 이 때 석유스토브 사용시 가끔 들을 수 있는 「꿀렁 꿀렁」하는 소리가 난다.

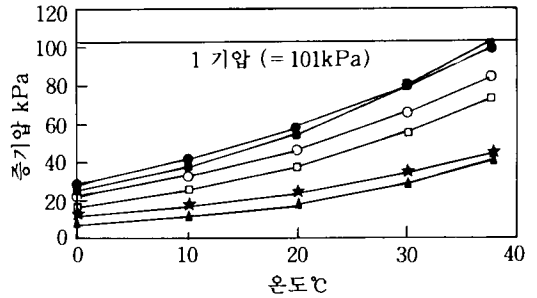
등유처럼 휘발성이 낮은(증기압이 낮은) 연료의 경우에는 이런 식으로 간헐적으로 연료가 공급되면서 탱크 내의 연료가 소비된다. 그러나, 가솔린과 같이 휘발성이 높은(증기압이 높은) 경우에는 연료에서 증기가 공급되므로 탱크내 액면이 강하여 공기층 부분의 체적이 증가하더라도 압력은 저하하지 않는다. 이 때문에 고정탱크가 가득 차더라도 연료 공급이 정지되지 않고 카트리지 탱크 입구 부분에서 연료가 넘치게 된다. 넘친 연료는 휘발성이 높고, 따라서 인화성도 높으므로 쉽게 심지의 불을 끌어당겨 불이 붙는다.

일단 넘친 연료에 인화되면 그 화염으로 카트리지 탱크가 더욱 가열되어 탱크 내 공기층에 연료증기가 점점 더 공급되고, 연료도 더욱 넘쳐 흐른다. 이것이 가솔린을 카트리지식 석유스토브에 잘못 주유한 경우에 화재가 발생하는 구조이다.

필자가 실시한 연소실험에서는 가솔린이 오주유된 등유스토브의 연소가 대체로 다음과 같은 경과를 거친다.

1) 처음에는 연기가 좀 많은 정도에서 안정적으로

리드증기압			
각 리드증기압의 가솔린	○ 44kPa	★ 78kPa	● 96kPa
핵산, 부탄혼합액	□ 핵산 100%	▲ 핵산 90% 부탄 10%	■ 핵산 80% 부탄 20%



【그림 3】 온도별 가솔린의 증기압

연소한다.

2) 잠시 후(이 시간은 연료의 휘발성, 양, 실온 등에 따라 변화한다) 카트리지 탱크의 주입구 주변으로 연료가 넘쳐 나온다.

3) 넘쳐나온 연료에 인화하면 그 후엔 탱크내 연료가 급격히 넘치고, 그에 따라 연소면적도 급격히 확대되어 화재에 이른다.

연료의 휘발성, 카트리지 탱크에 주유할 때의 기온과 스토브를 사용하는 방의 기온, 주유하는 연료의 양과 고정탱크의 용량 등에 따라 발화 여부의 결과가 달라진다. 장기간 폴리에틸렌 깡통에 보관하던 가솔린을 등유스토브에 급유한 경우 가솔린의 고휘발성분이 없어진 때문인지 탱크가 빌 때까지 안정적으로 연소하는 경우도 있었다.

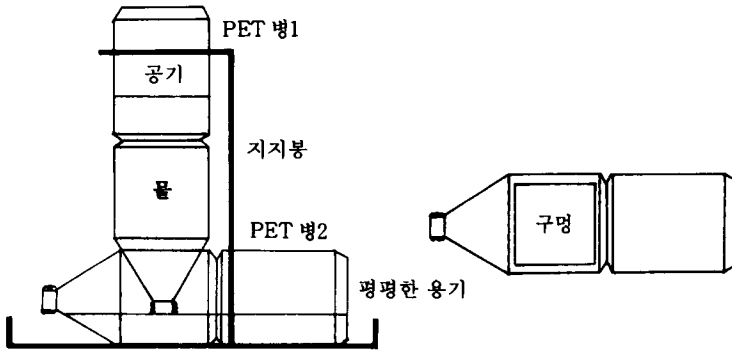
JIS에서 규정하는 가솔린은 그 성질에 몇가지 폭이 있다. 그림3은 가솔린 몇 종류의 온도별 증기압을 나타낸다. 여기서는 가솔린의 증기압을 JIS K2258-1987에 규정하는 리드증기압으로 분류하고 있다. 리드증기압은 여러 가지 물질이 혼합된 가솔린과 같은 휘발성석유제품의 증기압 측정방법으로, 액층체적 1에 대해 기층체적이 4가 되는 조건, 37.8°C에서의 게이지압력을 그 액체의 리드증기압으로 한다. 리드증기압이 96kPa인 동절기용(한냉지용) 가솔린은 상당히 낮은 온도에서도 증기압이 1기압을 넘고, 그 경우 위와 거의 흡사한 구조로 화재에 이르는 것을 예측할 수 있다.

등유와 가솔린에 따라 스토브에서의 연소 상황도 달라지는데, 관찰한 범위에서는 넘쳐 흐르지 않는 한

폭발적으로 연소하는 연소성상의 급격한 변화는 볼 수 없었다. 그러면서도 가솔린을 주유한 석유스토브에서는 가솔린의 높은 휘발성 때문에 내진소화장치를 작동시켜도, 심지를 내려도 불꽃이 남아 소화되지 않았다. 이는 일단 잘못하여 가솔린을 주유한 석유스토브는 안전하게 소화하기가 힘들다는 것을 나타내며, 오주유를 알아차린 후에 신중히 대응해야 한다는 것을 의미한다.

### 3. 방화교육을 위한 모의장치

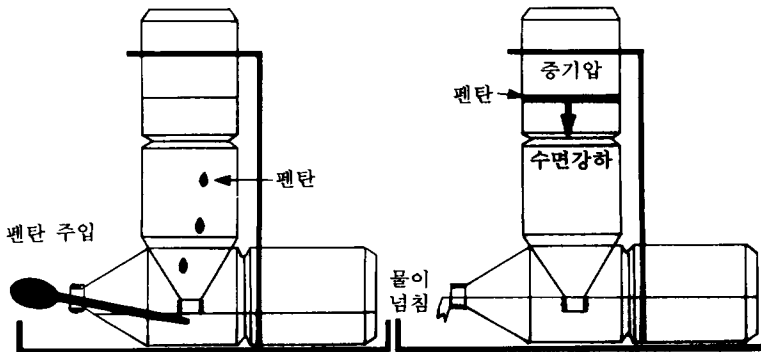
석유스토브에 가솔린을 오주유했을 때 어떠한 결과를 거쳐 화재에 이르고, 그 구조가 어떠한 것인가를 알기쉬운 형태로 나타낸 장치는 시민의 방재지식을 향상시켜 화재발생을 줄이는데 유효할 것이다. 그러나, 실제 스토브로는 내부에서 발생하고 있는 현상을 관찰하기 어렵고, 가솔린을 사용한 실험은 위험을 수



(1) 물을 넣은 PET병 1을 뒤집어 PET병 2의 구멍에 꽂는다.

PET병 2 내의 수면에 PET병 1의 입구가 잠기는 상태로, PET병 1에서의 물 유출은 정지한다.

PET병 2에는 PET병 1이 꼭 들어맞는 크기의 구멍을 뚫는다



(2) 스포이트를 꽂아 펜탄을 PET병 1의 입구로 주입한다.

(3) 주입된 펜탄은 수증 상승하여 수면에 퍼져 PET병 1의 공기층 내로 증기를 공급한다. 그 결과, 수면 강하가 시작되어 PET병 2의 입구에서 물이 넘쳐 나온다.

【그림 4】 카트리지 탱크에 가솔린을 오주유했을 때의 넘쳐 흐름을 데모하는 장치

반하므로 실험할 수 있는 장소에 제약이 많다.

그래서 어디서나 안전하게 실험할 수 있으면서도 쉽게 내부 관찰이 가능하며 싼 재료로 쉽게 제작할 수 있는 오주유의 위험성을 나타내는 모의장치를 고안하였는데, 그 장치와 실험방법의 개요는 그림4와 같다. 이 장치는 쉽게 구할 수 있는 투명한 PET병과 약간의 철사로 만들 수 있다. 모의실험의 준비물은 PET병과 철사로 만든 스톱모형 외에 소량의 펜탄, 스포이트, 평평한 용기, 물통과 물이다. 입욕제 등으로 물을 착색하면 수면 모양이 알아 보기 쉽게 되어 모의 효과를 배가시킬 수 있다.

실험순서는 아래와 같다.

- 1) 우선 PET병 1에 물을 채우고 PET병 2의 고정 위치에 설치한다. 이 때 그림1과 같은 구조로 얼마간 PET병 1 안의 수면이 저하된 상태로 유출이 정지한다. (이 상태가 정상적으로 등유를 주유한 경우의 카트리리지 탱크이다.)
- 2) PET병 1의 입구에서 스포이트를 사용하여 소량의 펜탄을 주입한다. 스포이트는 주입 후 제거한다.
- 3) 주입된 펜탄은 PET병 1의 수증을 상승하여 공기층 부분에 증기를 공급한다. 그 결과 카트리리지 탱크 내에 증기압이 높은 액체가 가득찬 것과 같은 상황이 형성된다.
- 4) 잠깐 그대로 두면 PET병 1 공기층 내 펜탄 증

기의 존재 때문에 공기층 내부의 부압이 유지되지 않아 수면이 강하하기 시작해 PET병 2의 입구에서 물이 넘치기 시작한다. 이 넘치는 액체가 인화성일 경우에는 발화하게 된다.

평평한 용기는 장치 전체의 아래에 놓고 넘쳐 흐른 물이 주변으로 확대되는 것을 방지할 목적으로 사용한다.

## 4. 정리

카트리리지 탱크식 석유스토브에 가솔린을 주유한 경우에 발생하는 현상을 요점만 간추려 해설하였다. 필자들의 실험 및 그 결과에 대한 고찰에서는 주유한 가솔린의 휘발성이 대단히 높은 경우에는 탱크부분이 실온에서 가열되지 않고도 연료가 넘쳐 흐르는 것을 나타낼 수 있다. 그러나, 실제로 이 현상을 화재교육 목적으로 재현시키려면 잘 되지 않는 경우가 종종 있다.

그래서 기본적인 현상의 이해를 돕기 위해 넘쳐 흐르는 부분만을 모의하는 장치를 만들 필요성이 있었다. 그 장치는 본 고에서 소개한 바와 같이 간편하고 값싸게 만들 수 있으므로 일반 시민을 대상으로 한 방화교육에 이용하는데도 적합하리라 생각한다.

“消研輯報” 제50호 (1996)에서 발췌