

편리한 스프레이용기 - 그 위험성을 알아본다

박인수
<위험관리부>

본고는 우리 주위에서 흔히 볼 수 있고 흔히 사용하는 스프레이용기의 위험성을 실제 실험을 통하여 연구한 논문을 번역·정리한 것이다.

1. 개요

살충제, 도료 등의 에어졸 제품은 편리함 때문에 일반 가정에까지 널리 보급되어 있으며 또한 이것과 별도로 레저 인구의 증가로 휴대용 가스렌지, 가스버너 등의 보급으로 간이 가스봄베의 사용이 해를 거듭할수록 증가추세에 있다. 여기에 수반하여 폐기되는 에어졸제품, 간이 가스봄베(이하 스프레이 용기라한다)의 양도 증가하여 이로인한 재해 위험성이 생활 깊숙이 확산되어 있는 실정이다.

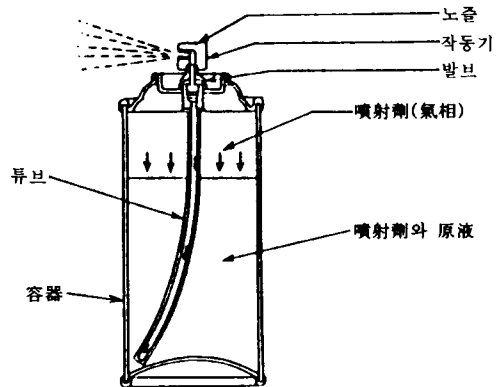
2. 에어졸용기의 구조

에어졸제품은 다음과 같이 구성되어 있다.

에어졸제품 = 용기 + 밸브 + 원액 + 분사제
<그림 1>에 그 전개도를 나타낸다.

3. 분사제

분사제는 용기내에 액화된 상태로 원액과 함께



<그림 1> 一般의인 에어졸의 展開圖

충전되어 상온에서 액화가스의 일부가 증발하여 용기내에서 압력을 생기게한다. 작동기를 누르면 밸브가 눌러내려져서 액화가스의 증기압력에 의해 원액과 액화가스의 혼합액이 방출된다. 이때 노즐에 의해 혼합액이 파쇄됨과 동시에 액화가스의 급격한 팽창으로 아주 작은 안개로 되어 공간에 퍼져나간다. 일반적인 분사제로서 다음과 같은것이 사용되고 있다.

1) LPG(액화석유가스)

프로판, 크로로피렌, n-부탄, 이소부탄, 부치렌, 이소부탄의 혼합물

폭발범위 1.5~9.5V%

2) DME(디메틸에테르)

폭발범위 3.4~27.0V%

인화온도 -41.1℃, 발화온도 350℃

3) 후론(염화불화탄화수소)

분사제로서 사용되는 것은 R-11(CCl₃F), R-12(CCl₂F₂)

4. 위험성에 관한 실험

(1) 실험 1

고온 중(40℃~100℃)에서의 폭발거동

1) 목적

스프레이용기의 폭발온도의 잔존량의 관계를 파악함.

2) 방법

<그림 2>와 같이 90×90×100cm의 주위를 금망으로 둘러싼 비산방지울내에 스프레이용기를 넣은 수조를 약 3℃/min의 승온속도로 가열하고 그 상황을 관찰함.

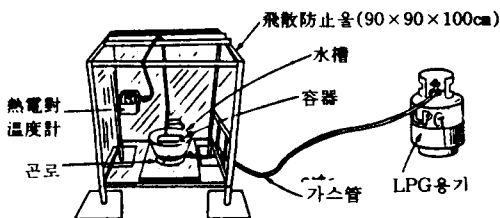
3) 결과

<표 1>에서 잔존량이 많은 경우는 용기내 압력이 급격히 상승하여 파열하는 것이 있었다.

<표 1> 실험 1 결과

연소성표시	잔존량	스프레이용기의 상황
강연성	반정도잔존	100℃에서 30분 가열하여도 변화 없음.
강연성	전량잔존	(同上)
약연성	거의비어있음	(同上)
약연성	전량잔존	95℃(약 18분후)에서 파열.
미연성	거의비어있음	100℃에서 30분 가열하여도 변화 없음.
난연성	"	(同上)

* "거의 비어 있음"은 작동기를 눌러도 내용물이 분출하지 않는것을 말한다.



<그림 2> 狀況圖

(2) 실험 2

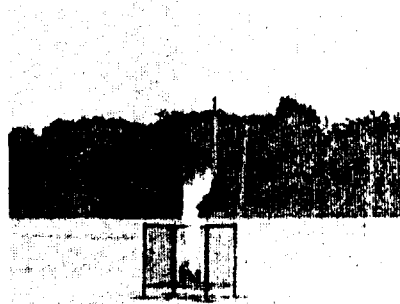
화염 중에서의 폭발거동

1) 목적

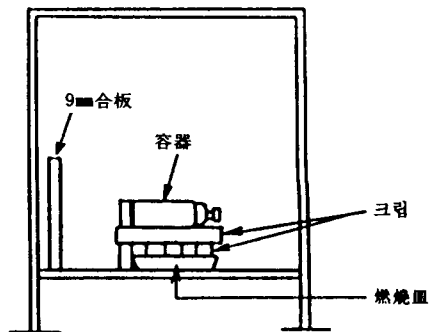
모닥불 등에 스프레이용기가 섞여 들어간 경우의 폭발위험성을 파악함.

2) 방법

<그림 3>과 같이 4×4×20cm의 각재 3본석을 2단으로 쌓은 크립위에 스프레이용기를 놓고 등유를 조연제로서 크립을 연소시킨때의 스프레이용기 상황을 관찰함. 또 종이조각과 함께 소각한 경우도 실험했다.



<사진> 스프레이 용기의 燃燒狀況



<그림 3> 狀況圖

3) 결과

<표 2>에서 알 수 있는 바와같이 연소성의 종별, 잔존량에 관계없이 점화 3~4분후 폭발했

음.

<표 2> 실험 2 결과

연소제	연소성표시	잔 존 량	스프레이용기 상황
크 립	가연성	거의비어있음	크립에 점화 3분후 폭발
	미연성 (微燃性)	"	크립에 점화 4분후 폭발, 스프레이 용기에서 20cm 떨어진 위치에 놓은 9mm 두께 합판을 관통
	불연성	"	크립에 점화 4분후 폭발
종 이 조 각	가연성	거의비어있음	종이조각에 점화 3분후 폭 발, 비산방지망의 한쪽방향 을 열어 놓은 곳으로 스프 레이용기 저부가 59m 비 산
	강연성	반정도잔존	종이조각에 점화 3분후 가 스가 발브에서 분출하고 불기둥이 거세게 약 1.5m 높이 일어남

* 사진 참조

(3) 실험 3

1) 목적

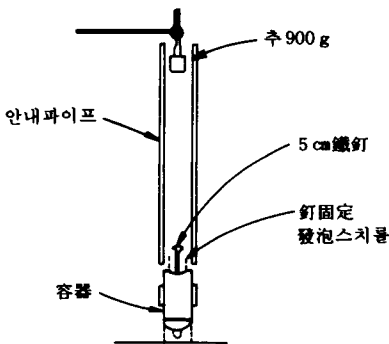
일반가정에서 천공(穿孔)하는 방법은 주로 못과 쇠파치에 의한 것이며 이 행위 중에 착화·폭발의 위험성을 파악함

2) 방법

<그림 4>에서 1m높이에서 900g의 추를 스프레이용기 저부에 직각으로 놓은 못(2.8mm 직경의 쇠못)에 낙하시켜 그 상황을 관찰함.

3) 결과

잔존량 연소성에 관계없이 잔류가스만 분출하



<그림 4> 낙하천공장치

는 것으로는 착화·폭발은 일어나지 않았음.

(4) 실험 4

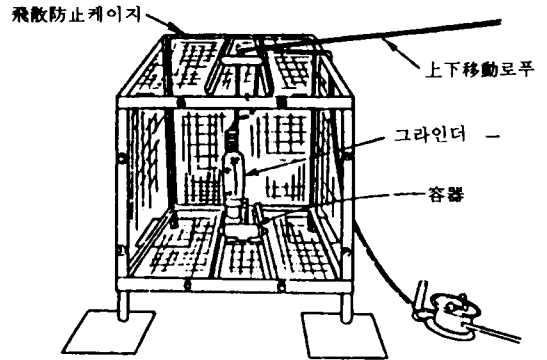
그라인더에 의한 절단실험

1) 목적

탁상 그라인더를 사용하여 스프레이 용기를 절단하고 그때 발생하는 마찰열 및 연속적인 마찰 불꽃에 의한 착화·폭발의 위험성을 파악함.

2) 방법

<그림 5>에서와 같이 비산방지망속에 스프레이 용기를 놓고 위에서 탁상그라인더를 강하시켜 스프레이 용기를 절단함.



<그림 5> 그라인더에 의한 切斷實驗狀況圖

3) 결과

<표 3>에서와 같이 그라인더에 의한 절단불꽃에는 착화하지 않았음.

<표 3> 실험 4 결과

연소성표시	잔 존 량	스프레이 용기 상황
가연성	전 량 잔존	절단시, 불꽃이 발생하며 가연성 가스가 분출하여도 착화·폭발하 지 않음.
강연성	반정도잔존	(위와 같음)
미연성	거의비어있음	(위와 같음)

(5) 실험 5.1

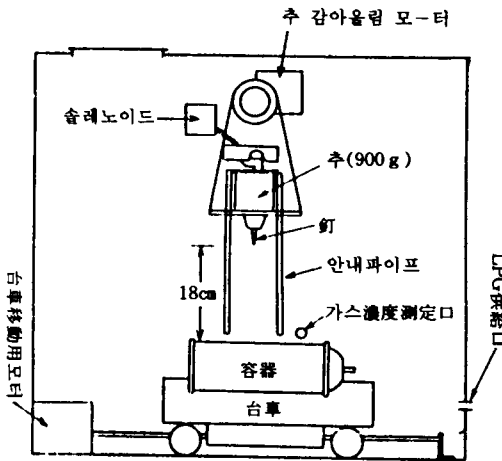
가연성가스 분위기 중(폭발범위내)에서의 연속 타격시험.

1) 목적

폭발범위내에 있는 가연성 혼합가스(LPG+공기) 분위기 중에서의 천공행위 중의 착화·폭발 위험성을 파악함.

2) 방법

<그림 6>과 같이 높이 80cm, 폭 72cm, 깊이 39cm 내용적 225ℓ의 폭발실험장치 내부를 가연성 혼합가스 농도 4Vol%로 조정하고 저부에 못(3.3mm 직경의 콘크리트 못)을 부착한 추를 18cm의 높이에서 낙하시켜 천공시의 충격, 마찰에 의한 착화·폭발의 상황을 관찰하였음.



<그림 6> 連續打撃試驗裝置

3) 결과

스프레이 용기에 사용 되어지는 강판과 콘크리트 못으로는 2,500회의 천공을 하여도 가연성 혼합가스에 착화하지는 않았다.

(6) 실험 5.2

가연성가스 분위기중(폭발범위내)에서의 충격 불꽃 착화실험

1) 목적

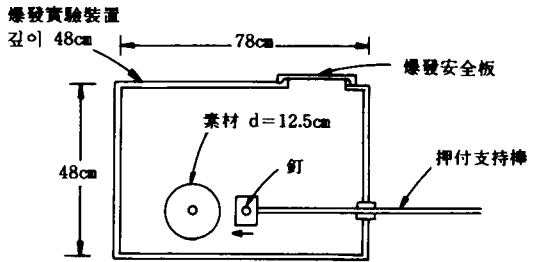
스프레이 용기에 사용되는 재질(강, 알루미늄)과 못과의 회전 접촉시에 발생하는 충격불꽃이 가연성가스를 착화시키는가를 조사함.

2) 방법

높이 48cm, 폭 78cm, 깊이 48cm, 내용적 180ℓ의 폭발실험장치를 사용하여 그 속을 부탄가스(휴대용 가스렌지용 간이 가스 불뿔 사용)로 폭발범위내 농도(6Vol%)로 한다. 그 속에 그림 7과 같이 그라인더에 스프레이 용기와 같은 소재(강, 두께 0.25mm, 알루미늄 두께 0.5mm, 각각 125mm 직경 원반)를 붙여 회전시켜 그곳에 못을 임의의 누르는 힘으로 접촉시켜 충격불꽃을 발생시켰다.

3) 결과

<표 4>에서 알 수 있듯이 강판과 못의 계속적인 접촉에 의한 불꽃에는 착화하지 않았으나 못을 강판에 눌러 붙인 그대로의 상태로 한즉 20초후에는 못이 빨강게 달아올라 착화했다.



<그림 7> 衝擊불꽃着火實驗狀況圖

<표 4> 실험 5.2 결과

소재	착화 유무
강(두께 0.25mm)	10,000회의 접촉회수에서 불꽃은 발생하나 착화는 없었음. 단, 연속적으로 접촉시켜 불꽃을 발생시킨 경우 20초후에 착화함. 이때 못 온도는 열량계에 의해 온도 측정을 한 결과 300℃이상이었음. (n-Butane의 최저 발화온도는 287℃임)

(7) 실험 6

폐쇄 공간 내에서의 천공에 의한 분출 가연성 가스농도.

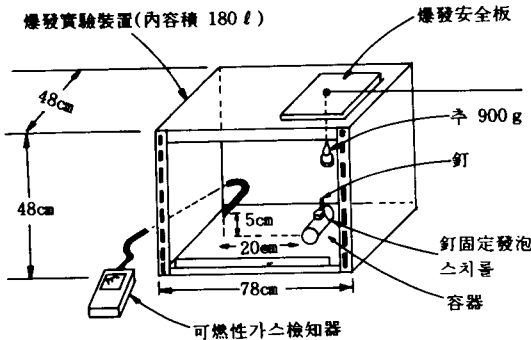
1) 목적

거의 비어있는 스프레이용기에 있어서도 분사

제가 남아있는 경우가 많으므로 그 농도를 측정함.

2) 방법

<그림 8>과 같이 높이 48cm, 폭 78cm, 깊이 48cm, 내용적 180ℓ의 폭발실험 장치내에 30cm의 높이에서 900g의 추를 스프레이 용기에 직각으로 놓은 못에 낙하시켜, 바닥면에서 5cm, 스프레이 용기에서 20cm의 위치의 농도를 가연성가스 검지기로 측정했다. 또 그 농도에서 전기불꽃에 의한 착화 유무에 대해서도 확인했다.



<그림 8> 實驗狀況圖

3) 결과

<표 5>와 같으며 작동기 발브를 눌러도 내용물이 분출하지 않는 「거의 빈」상태의 것에서도 폭발범위를 형성하는 것이 있었다.

<표 5> 실험 6 결과

연소성표시	관 존 량	농도 VOL	전기스파크에 의한 착화유무
가연성	거의비어있음	4.0	유
강연성	*잔 존	1.8	무
		1.5	무
약연성	*잔 존	7.0	유
		7.0	유
미연성	*잔 존	0.3	무
		14.0	무(회색후 착화)
난연성	*잔 존	2.0	무
		3.0	유

*잔존은 각 스프레이 용기에 따라 그 양은 틀림.

(8) 실험 7

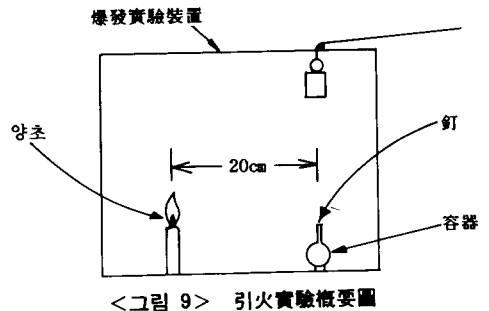
화원이 존재하는 폐쇄 공간에서의 천공실험

1) 목적

스프레이 용기를 천공할 때 분출한 가연성 가스가 주위의 화원으로부터 인화되는 상황을 관측한다.

2) 방법

<실험 6>에서 사용한 폭발실험 장치내의 가스농도 측정 위치에 <그림 9>와 같이 화원(촛불)을 놓고 여기에서 20cm 떨어진 위치에서 스프레이 용기에 천공하여 그때의 상황을 관찰함.



<그림 9> 引火實驗概要圖

3) 결과

<표 6>과 같다.

<표 6> 실험 7 결과

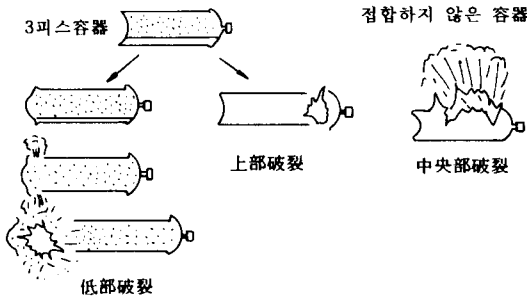
연소성표시	관 존 량	상 황
가연성	거의비어있음	인화하지 않음.
	잔 존	구멍이 뚫리면 곧 촛불의 화염이 동요하고 전체가 화염에 휩싸인다. 그 후 꺼진다.
강연성	거의비어있음	화염이 흔들릴뿐 인화하지 않음.
	잔 존	구멍이 뚫린 수초후에 촛불의 화염이 흔들리기 시작하고 3초후에 화염이 전체에 퍼져간다.
약연성	거의비어있음	화염이 흔들릴뿐 인화하지 않음.
	잔 존	구멍이 뚫리면 곧 인화하고 구멍에서 화염이 분출하는 상태가 계속된다.
미연성	거의비어있음	촛불의 화염이 길게 떨어 검은 매연만 나고 인화하지 않음.
	잔 존	화염이 흔들리고 인화하며 구멍에서 화염이 분출하는 상태가 계속된다.
난연성	거의비어있음	구멍이 뚫리고나서 1초후에 용기 상부가 화염에 휩싸인다.
	잔 존	구멍이 뚫리고 수초후에 전체가 화염에 휩싸인다.

5. 고찰

1) 「거의 비어 있는」 스프레이 용기는 100℃ 이하에서 파열하는 위험성은 적으나 화염에 노출된 경우 용기내 압력은 급격히 상승하여 2~3분 경과후에 파열한다. 또 「완전히 빈」용기에 있어서도 스프레이 용기의 기술상의 기준을 정하는 요건에서 50℃에서 용기내 압력의 1.8배의 압력을 생기게하는 온도인 308℃ $\{(273+50) \times 1.8 - 273\}$ 까지 가열시키면 용기내 압력은 기준을 넘는 압력이 되어 파열 위험성이 증대된다고 생각된다. 「잔존량이 많은」 스프레이 용기는 95℃에서 파열되나 이것은 액화된 분사제가 기화함에 의해 압력이 상승하기 때문이라고 생각된다.

2) 파열 상황

용기의 파열 상황은 <그림 10>과 같이 3피스 용기는 저부 또는 상부의 접합부에서 분리되고 있다. 이것에 대해 접합되지 않은 용기는 용기 중앙부에서 파열된다. 폭발시의 위력은 용기로부터 20cm 떨어진 위치에 놓아둔 9mm 합판을 일순간에 관통하는 정도임을 실험으로 확인하였다.



<그림 10> 容器構造別破裂狀況

3) 천공에 부가하여 충격 불꽃에 의한 착화

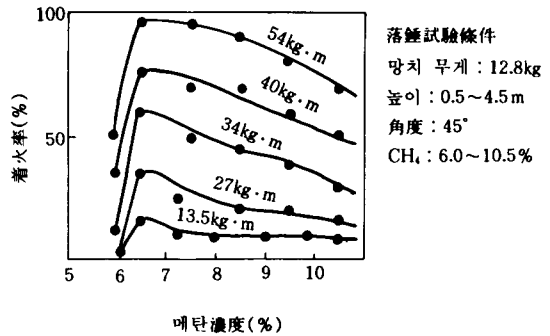
스프레이 용기를 못을 사용하여 구멍을 뚫을 때 발생하는 충격 불꽃에 의해 착화 폭발하는 가능성은 극히 적다.

이번 실험에서는 잔존량이 틀리는 스프레이 용기를 못으로 뚫는 실험. 그라인더로 절단하는 실험

를 실시했으나 어느경우도 착화·폭발하지 않았다.

이것은 발생하는 충격 불꽃의 에너지가 적은 것과 폭발범위내의 가연성 혼합가스 분위기를 형성하기 어려운 것에 의함이라고 생각된다. 여기에서 충격 불꽃에 착안하여 가연성 가스 폭발 범위내 분위기 중에서 스프레이 용기를 못으로 천공하는 실험을 2,000회, 스프레이 용기의 용기 소재와 못과의 회전 충격에 의한 불꽃을 10,000회 발생시켰으나 어느경우도 착화·폭발하지 않았다.

한 보고에 의하면 충격 불꽃과 가연성 가스(메탄)의 착화율은 <그림 11>의 관계이며 가연성 가스에 착화 가능한 충격 불꽃의 에너지는 13.5kg·m 이상으로부터 착화율이 상승되어 간다. 스프레이 용기에 천공할 수 있는 에너지는 0.27 kg·m로 충분하며 이것으로 천공할때 충격 불꽃이 발생하여도 분출가스에 착화하는 가능성은 극히 낮다.



<그림 11> 메탄濃도와 着火率과의 關係

또 스프레이 용기의 절단시에 분사제 기화에 따른 냉각 작용도 있으므로 가연성 가스에의 착화 가능성은 저하된다고 생각된다.

4) 다른 화원의 인화 위험성.

화원 근처에서의 스프레이 용기의 천공은 분출한 가연성 가스가 급속히 확산하여 화원에 인화할 가능성이 크므로 대단히 위험하다. 특히 잔존량이 많은 경우에는 넓은 범위까지 화염에 휩싸일 위험성이 있다.

6. 결론

- 1) 스프레이 용기는 잔존량이 많은 경우는 95℃정도 가열되면 폭발한다.
- 2) 화염중에 방치된 스프레이 용기는 「거의 빈」 상태에서도 폭발한다.
- 3) 폭발 위력은 대단히 커 9mm합판을 일순간에 관통할 정도의 위험성이 있다.
- 4) 스프레이 용기를 못으로 천공하는 것만으로는 착화·폭발의 가능성은 적다.
- 5) 노즐에서 에어졸이 나오지 않아도 분사제가 남아있는 경우가 있다.
- 6) 내용물이 잔존해 있는 스프레이 용기의 천공은 가까운 곳의 화원으로부터 인화할 위험성이

있다.

이상의 결론으로 보아 어떤 원인에 의해 누설된 경우 폭발범위내의 분위기를 형성하기도 하고 혹은 잘못되어 소각되면 폭발할 위험이 충분히 있으므로 다음 사항에 특히 유의할 필요가 있다.

- ① 완전히 사용한다.
- ② 천공은 통풍이 좋고 화원이 없는 장소에서 행한다.
- ③ 완전히 사용한 것이라도 실제로는 남아있는 경우가 많으므로 스토브 등 화원 가까이 두지 않는다.
- ④ 절대로 쓰레기 소각로에 넣지 않는다.
- ⑤ 가연물 쓰레기와 함께 버리지 않는다.

미니정보

방화성능 시험기관 지정

방재시험소는 국립건설시험소로부터 건설부고시 제 310호('88. 6. 28) 제 3조 제가항 제 4호의 규정에 의한 방화성능 시험기관으로 지정받아 국가업무를 대행하는 민간기관으로서의 영역을 더욱 넓히게 되었습니다.

- 시험 종목: 표면시험, 부가시험, 가스유해성시험
- 시험 방법: 건설부고시 제310호('88. 6. 28) 제2조의 규정에 의한 시험방법
- 지정 일: 1990. 3. 31