

# 부산 실내사격장 화재의 연소 확대 및 발화원인 분석 Analysis of Propagation of Deflagration and Fire Cause in the Busan Indoor Shooting Range

송재용<sup>†</sup> · 사승훈 · 남정우 · 김진표 · 김동환

Jae-Yong Song<sup>†</sup> · Seung-Hun Sa · Jung-Woo Nam · Jin-Pyo Kim · Dong-Hwan Kim

국립과학수사연구원

(2010. 10. 4. 접수/2011. 6. 10. 채택)

## 요 약

본 논문은 부산 실내사격장 화재와 관련하여 불과 수 초 이내에 급격하게 연소 확대된 원인에 대하여 연구하였다. 급속한 연소 확대 원인 분석을 위하여 실내사격장에 광범위하게 사용되는 스펀지형 흡음재의 연소실험을 수행하였다. 흡음재 연소 실험결과, 일반형의 경우, 착화와 동시에 급속히 연소되는 특징을 나타내었다. 난연 처리된 흡음재는 착화와 동시에 자체 소화되는 특성을 나타내었으나, 화약잔사를 난연 흡음재에 부착시키는 경우, 착화와 동시에 급격히 연소되는 결과를 나타내었다. 발화원인에 대한 분석을 위하여 총기 사용 과정에서 발생하는 유탄의 비산거리 및 크기를 실측하였으며, 화약잔사에 대한 충격 감도 실험 결과를 바탕으로 최소 착화 에너지를 계산하였다. 유탄의 충격 후, 탄속 감소 및 유탄의 크기에 따른 운동에너지 계산을 통하여 유탄이 화약잔사에 충격하는 경우, 충분한 발화 가능성이 있음을 확인하였다.

## ABSTRACT

This paper studied analysis of deflagration rapid propagation of burning through only a few second and fire cause into the Busan indoor shooting range. We carried out combustion experiment of sound-absorbing materials extensively used, to analyze propagation path of burning in indoor shooting range. From the experimental results, general sound-absorbing materials were rapid burned simultaneously with ignition and in case of attached gunpowder residue, they were burning about tripled by comparison with general sound-absorbing materials. The incombustibility sound-absorbing materials had all gone out simultaneously with ignition, but they were burning similar to general type materials in case of attached gunpowder residues. In order to analysis of the cause of fire, we calculated kinetic energy of bounced off bullet, from result, if the bounced off bullet impacted gunpowder residues, the gunpowder residues were possible to ignite by the bullet.

**Key words :** Shooting range, Deflagration, Fire cause, Gunpower, Sound-absorbing material, Bullet

## 1. 서 론

2009년 11월 부산 실내사격장에서 발생한 화재사고는 15명이 사망하는 참사를 초래하였음에도 불구하고, 정확한 연소 확대 원인 분석 및 구체적인 발화원인에 대한 결과가 나오지 않았다. 특히 당시 조사기관에서는 연소 확대 및 발화원인에 대한 결과를 구체적으로 발표하지 않고, 간략한 보도 자료만을 제공하였다. 이러한 원인으로 발표된 자료를 충분히 신뢰하지 못하고,

일부에서 방화 및 담배꽂초에 의한 화재로 다소 왜곡되고 있는 부분이 존재하는 것 또한 사실이다<sup>1,2)</sup>. 현재 부산 실내사격장과 관련한 논문이 다수 발표되고 있으나, 여전히 정확한 화재원인 및 연소 확대 원인에 대한 평가는 이루어지지 못하고 있다. 급속한 연소 확대 원인으로서는 화약잔사의 분포에 의한 폭연의 가능성 및 스펀지형 흡음재의 연소특성을 바탕으로 단순 추정하고 있는 상태이며, 일부에서는 난연성 흡음재 사용을 근거로 흡음재에 의한 급속한 연소 확대 자체를 부정하고 있기도 하다.<sup>3,7)</sup>

따라서 본 연구에서는 부산 실내사격장 화재의 연소

<sup>†</sup>E-mail: hvlab@korea.kr

확대 및 발화원인에 대한 분석을 위하여 부산 실내사격장에서 사용되는 흡음재(일반형 및 난연 처리 제품)에 대한 연소실험을 수행하였다. 또한 화약잔사와의 상호작용에 대한 평가를 위하여 스펀지형 흡음재에 화약잔사를 분포시키고 착화시키는 경우, 흡음재 연소특성을 분석하였으며, 실험결과로부터 스펀지형 흡음재 및 화약잔사에 의해 급속히 연소 확대될 수 있음을 확인하였다. 발화원인으로 추정되는 총기 유탄에 대해서는 유탄 발생 유형 분석 및 유탄의 운동에너지 계산을 통하여 총기 유탄이 화약잔사를 매개로 충분히 발화될 수 있음을 확인하였다.

## 2. 흡음재의 연소 특성 평가

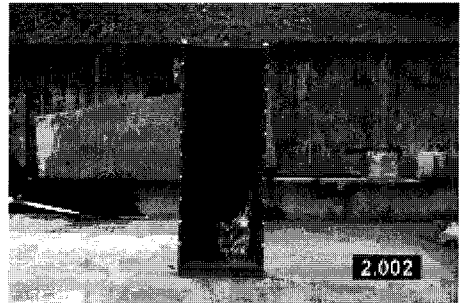
부산 실내사격장에서는 방음을 목적으로 바닥 및 표적지 부분의 벽체를 제외한 좌우측 벽체, 천장 및 사대 부분에 스펀지형 흡음재를 다량 사용하였다. 부산 실내사격장 화재에서는 현장조사 및 경찰수사를 통해 인화성 액체의 사용에 의한 방화 가능성은 배제될 수 있으므로 흡음재 사용 조건을 고려할 때 흡음재의 연소 특성에 의해 사격장 내부 연소 확대 경로가 결정될 수 있다. 또한 총기 사용에 따라 다량의 화약잔사가 발생 분포할 수 있는 조건이므로 흡음재 및 화약잔사를 고려한 간이 연소 실험을 수행하였다.

현장조사 과정에서 수거된 흡음재 및 실험에 사용된 흡음재는 전자주사현미경 및 에너지분산형 X선분석법을 적용하여 성분 분석을 수행한 결과, 탄소(C), 산소(O), 규소(Si)가 공통적으로 확인되며, 현장에서 수거한 흡음재 및 실험에 사용한 난연 처리된 흡음재에서 난연 처리에 사용되는 인(P)성분이 검출되었다. 실내사격장에서 난연 처리를 위한 인(P)성분이 검출되는 점을 고려할 경우, 흡음재 자체가 난연 처리된 것으로 볼 수 있으나, 소화 작업에 사용되는 소방용수에 포함된 인성분이 흡음재 표면에 부착되었을 가능성 또한 배제할 수 없는 부분이다. 따라서 흡음재의 연소실험은 일반 흡음재, 난연 처리된 흡음재 및 화약잔사를 분포시킨 흡음재로 구분하여 진행하였으며, 실험과정에서의 사고 방지를 위하여 너비 1m, 높이 2m 및 두께 0.3m의 실험틀을 이용하였다. 또한 흡음재 착화에는 부탄용기를 사용하는 가스토키(KT-2405 1080 g/h, 13,000 kcal, Kovea)를 이용하였다.

연소실험에 사용된 흡음재는 부산 실내사격장에 사용된 흡음재와 동일한 폴리우레탄 재질이며, 난연 처리된 흡음재는 일반 폴리우레탄 재질에 난연 성능을 위하여 인(P)성분이 포함된 것이다. 흡음재의 형상은



(a) Ignition



(b) After 2 second



(c) After 6 second

**Figure 1.** Photograph of combustion experiment for general sound-absorbing materials (GSAMs).

부산 실내사격장과 동일한 계란관형이며, 두께는 50 mm 부산 실내사격장에서 수거된 것과 동일하다.

먼저 일반 흡음재의 경우, Figure 1에 나타낸 바와 같이 착화와 동시에 급격히 연소되는 특성을 나타내는데 실험틀 최고 높이인 2m까지 화염이 진행되는 시간은 6초에 지나지 않았다.

부산 실내사격장 내부는 길이 15 m, 너비 7 m, 높이 2.3 m로 실험에 사용한 흡음재를 기준(1 m × 2 m)으로 하는 경우, 대략 80배 이상의 흡음재가 사용된다. 이를 기준으로 할 때, 일반 흡음재를 사용하는 경우, 불과 수초 이내에 실내 사격장 내부는 폭발적인 연소가 진행되는 것으로 추정할 수 있다.

또한 일반 흡음재 표면에 화약잔사가 부착된 경우를 모의하기 위하여 흡음재 표면에 화약잔사를 뿌린 이후, 연소실험을 진행하였다. 여기에 사용된 화약잔사는 부산 실내사격장에서 수거한 것으로 최대한 현장조건과 동일한 형태를 모의하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 화약 잔사의 양은 약 80 g으로 현장조사 과정에서 계산된 부산 실내사격장의 화약잔사 분포와 유사하게 설정하였으며, 화약잔사를 흡음재에 분포시켰을 때 흡음재의 연소특성을 평가하였다.

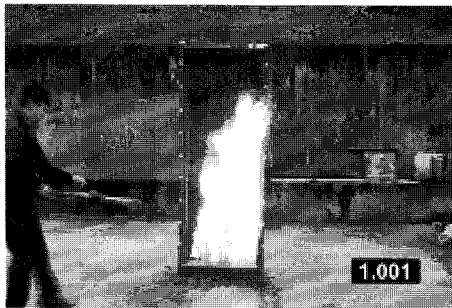
화약잔사가 흡착된 흡음재의 경우, Figure 2에 나타난 바와 같이 약 2초경과 후, 흡음재 대부분이 연소되는 특성을 나타내었으며, 이는 화약잔사가 없는 경우

와 비교할 때 약 3배 이상 빠른 연소 확대 특성을 나타내는 것으로 화약잔사가 흡음재 표면에 부착되는 경우, 더욱 빠른 연소 확대 특성을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

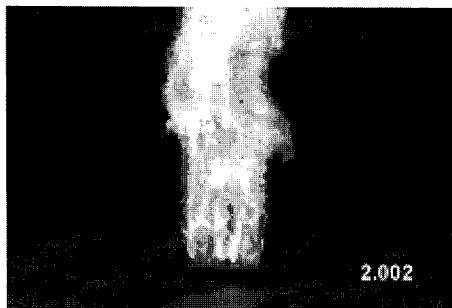
부산 실내사격장에서 수거된 화약잔사는 발화지점 내에 진공청소기의 먼지 주머니에 남아 있던 것으로 수거된 양은 약 200 g이었다. 부산 실내사격장에서 사용된 구경 0.38 inch 리볼버 권총 사용 과정에서 발생하는 화약잔사의 양은 사용하기 이전의 추진제 324 mg 과 비교하여 대략 10% 정도인 36mg의 화약잔사가 발생된다.<sup>7)</sup> 또한 화재사고가 발생한 부산 실내사격장은 5년간 운영되어 오면서 별도로 청소가 이루어지지 않았던 정황을 고려할 경우, 부산 실내사격장 내에는 약 30 kg 이상의 화약잔사가 발생하였던 것으로 추정된다 (부산 실내사격장은 1일 평균 500여발 정도의 사격이 진행되었으며, 휴무일 없이 5년간 운영되었음). 화약잔사의 축적 시, 약 80%는 바닥으로 떨어지며, 나머지 20%의 양이 벽체 및 천장 등에 흡착되는 것을 고려할 경우, 약 6 kg 이상의 화약 잔사가 사격장 벽체 및 천장에 분포되어 있었던 것으로 볼 수 있다. 부산 실내사격장의 벽체 및 천장의 면적은 대략 145 m<sup>2</sup>가 되며, 화약잔사가 벽체 및 천장부위에 골고루 분포할 수



(a) Ignition



(b) After 1 second



(c) After 2 second

**Figure 2.** Photograph of combustion experiment for GSAMs attached gunpowder.



(a) Ignition



(b) After 1.3 second

**Figure 3.** Photograph of combustion experiment for incombustibility sound-absorbing materials (ISAMs).

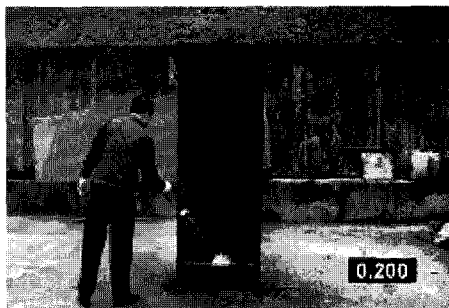
있다고 가정할 경우, 단위면적당 화약잔사의 양은 대략 41 g 정도가 분포하는 것으로 계산된다. 화약잔사를 흡음재에 흡착시킨 연소 실험에서는 실험틀의 규격을 고려하여 80 g의 화약잔사를 분포시키는 경우, 부산 실내사격장과 비슷한 조건이 될 수 있을 것으로 판단된다.

난연 처리된 스펀지형 흡음재의 연소실험에서는 Figure 3에 나타낸 바와 같이 착화 이후, 자체적으로 소화되는 특성을 나타내었으며, 연소되지 않는 것으로 평가되었다.

그러나 착화 과정에서 착화시간을 10초 이상으로 길게 하는 경우, 일부 연소가 진행된다. 이때 실험틀 높이인 2 m 높이까지 연소 확대되는 시간이 약 30초 정

도로 일반 흡음재에 비해 약 5배 정도 지연되는 연소 확대 특성을 나타낸다. 또한 연소 과정에서 난연 처리된 흡음재는 일부만이 연소되고, 일부는 남아 있는 특성을 나타내었다. 이러한 결과는 난연 처리된 흡음재의 경우, 자체적으로 소화될 수 있는 기능을 가지는 것으로 판단되며, 연소가 진행되는 경우에도 일반 흡음재와는 달리 상대적으로 느린 연소 확대 특성을 나타내는 것으로 평가되었다.

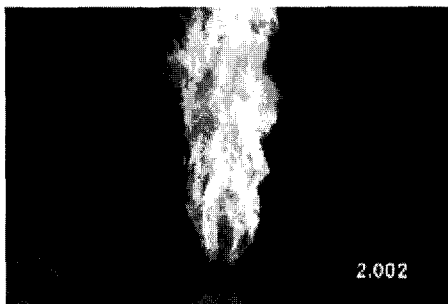
부산 실내사격장과 같이 화약잔사가 부착된 경우를 가정하여, 난연 처리된 흡음재 표면에 화약잔사 80 g를 부착시킨 이후, 진행된 연소 실험에서는 Figure 4에 나타낸 바와 같이 난연 성능 여부와 무관하게 2초 이내



(a) Ignition

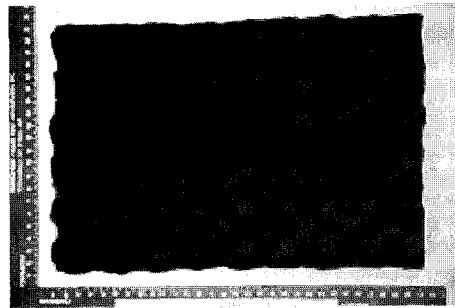


(b) After 1 second

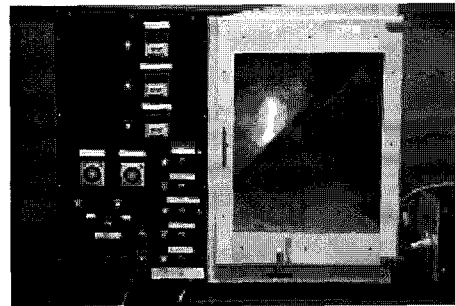


(c) After 2 second

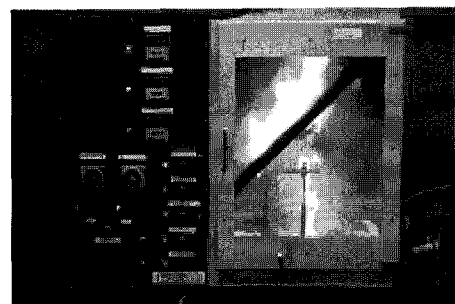
**Figure 4.** Photograph of combustion experiment for ISAMs attached gunpowder.



(a) Experimental sample



(b) Ignition



(c) Burn(after 3 second)

**Figure 5.** Combustion experiment of the sponge type sound-absorbing materials.

에 급속히 연소되는 경향을 보였다. 이는 화약이 연소되는 과정에서 흡음재를 가열 탄화시키고 흡음재를 매개로 재차 연소되는 것으로 화약잔사가 존재하는 경우, 난연 성능과 무관하게 연소되는 특성을 나타내는데 이는 일반 흡음재에 화약잔사가 부착되는 경우와 동일한 연소 특성을 보여준다.

부산 실내사격장의 실내 면적을 고려할 경우, 실험에서 사용된 흡음재에 비해 대략 80배 이상의 흡음재가 사용된다. 또한 흡음재 표면에 화약잔사가 일부 부착되어 있다고 가정할 때, 흡음재에 대한 연소실험결과에 근거하여 사격장 내부는 약 2초 전후로 전체공간이 화염으로 휩싸일 수 있을 것으로 판단된다.

Figure 5는 부산 실내사격장에서 수거한 흡음재를 대상으로 얇은 건축용 내장재에 대한 방염 성능 평가 실험을 나타낸 것으로 이에 대한 시험 기준 KS F 2819에서는 버너의 불꽃 제거 후, 잔염시간이 5초 이내이고, 탄화깊이는 15 cm 이내일 때 방염성능을 가지는 것으로 판단한다.<sup>9)</sup> 그러나 KS F 2819에 근거한 흡음재에 대한 시험에서 버너의 불꽃을 제거한 후, 잔염시간을 측정할 결과, 3초가 경과한 시점에서 스펀지형 흡음재가 연소된 부분은 약 80% 정도로 연소 가능한 대부분이 연소되었으며, 탄화깊이에 대한 측정은 불가능하였다. 이러한 결과로부터 실험에 사용된 흡음재의 경우, 방염성능은 없는 것으로 볼 수 있다.

### 3. 발화원인에 대한 검토

실내사격장의 내부에 분포할 수 있는 화약잔사와 벽체 및 천장에 사용된 흡음재를 고려할 경우, 작은 점화원에 의해서도 발화될 수 있는 특성을 갖는다. 또한 사격장 내부에서 발화원인을 제공할 수 있는 가능성은 ① 인적 요소에 의한 가능성, ② 담배불에 의한 가능성(현장조사 과정에서 길이 60 mm의 담배꽂초 발견), ③ 전기적 발열 및 불꽃에 의한 가능성 및 ④ 총기 사용 과정에서 발생하는 유탄이나 불꽃에 의한 가능성이 있다.

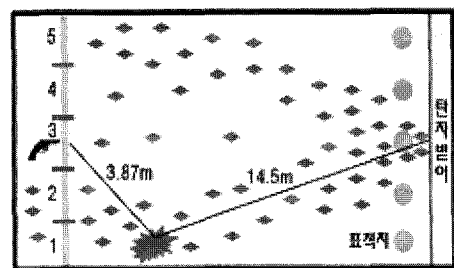
실내사격장에 설치된 CCTV의 영상을 화재 발생 이전 27분가량을 복원하여 검토한 결과, 화재 발생 이전 인적 요소에 의한 방화 행위나 흡연 행위에 대한 기록은 촬영되지 않은 상태로 인적 요소에 의한 방화 가능성 및 흡연 후, 버려진 담배꽂초에 의한 발화 가능성에 대한 배제할 수 있다.

발화지점으로 축소 가능한 3번사로 전방 약 3.87 m 떨어진 부분에는 전기배선 및 콘센트 등의 전기설비가 설치되어 있지 않은 점과 화재현장에서 식별되는 전기

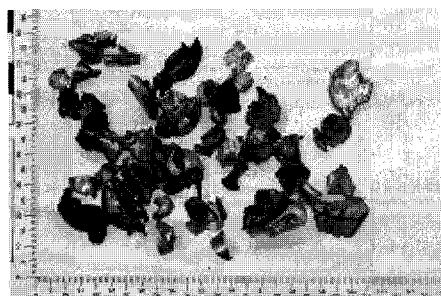
적 특이점이 사격장 내부 출입구 및 외부와 연결되는 주 출입구 상단 비상구 피난유도등 부분에 한정되는 점을 고려할 경우, 전기적 결함에 의한 발화 가능성은 배제할 수 있다.

총기 사용 과정에서 발생하는 유탄이나 불꽃에 의한 발화 가능성 중, 불꽃에 의한 가능성에 대해서는 총기 격발 시, 총구로 분출되는 화염이 최대 약 0.3 m 정도로 발화지점에 미치지 못하며, 탄자반이와 탄환의 충격과정에서 발생하는 불꽃은 육안으로 식별 불가능한 수준이고, 10 m 이상 떨어진 발화지점에 불꽃이 도달할 수 없는 상태인 점을 고려할 경우, 총기 사용 과정에서 발생하는 불꽃은 발화원인으로 작용할 수 없다. 총기 사용 과정에서 발생하는 유탄은 Figure 6(a)에 나타낸 바와 같이 표적지 후면의 탄자반이와 충격한 후, 사대와 약 1 m 떨어진 지점까지 도달된다.<sup>7)</sup> Figure 6(a)에 나타낸 유탄의 발생 분포는 총 100발의 사격 후, 사격장 바닥 및 내부에서 검출된 유탄의 분포로 충격된 탄자반이 부분, 1번 및 5번사로 부근의 측면에 상대적으로 많은 유탄이 발생하는 것으로 나타났으며, 100발의 유탄 중, 검출된 유탄은 총 72발이었다.

총기 사용 과정에서 발생하는 유탄은 구경 0.38 inch 권총을 사용하는 경우, Figure 6(b)에 나타낸 바와 같



(a) Distribution diagram



(b) Photograph

Figure 6. Distribution diagram and photograph of the bounced off bullet by using handgun.

이 다양한 형상으로 발생되며, 유탄의 질량은 최대 3.4 g에서 최소 0.1 g으로 검출되었다.

구경 0.38 inch 권총의 탄환 질량은 8.42 g이고, 권총탄의 탄속은 약 290 m/s(총탄제조업체 제공자료)로 사대에서 탄자반이까지 거리 15 m 이내에는 탄속의 변화가 없다고 가정할 때, 탄환이 탄자반이와 충격하면서 발생하는 운동에너지는 약 354 J이 된다. 또한 유탄의 운동에너지는 탄환의 질량과 탄속에 따라 달라지는데, 일반적으로 사거리 30 m 이내에서 유탄의 탄속은 60% 이상 감소한다고 알려져 있다.<sup>4)</sup> 이 점을 고려한 유탄의 운동에너지는 Table 1과 같이 계산된다.

총기 사용에 의해 발생하는 화약잔사의 충격감도는 5 kg 추를 이용하여 높이를 변화시키면서 낙하시킬 때, 1/6 폭점(6번 시험 시, 1번 이상 기폭되는 점)을 나타내는 것이다. 충격시험에 사용된 화약잔사의 양은 0.1 g을 이용하였으며, 충격 시험에 이용되는 추의 무게는 5 kg으로 충격 시험장치는 화약 제조업체에서 자체 제작된 시험 장치를 이용하였다.<sup>7,8)</sup> 실내사격장에서 수거된 화약잔사의 충격감도는 Table 2에 나타낸 바와 같이 0.2 m에서 추를 낙하시킬 때 기폭되는 특성을 가지는 것으로 평가되었으며, 위치에너지로 환산할 경우, 약 9.8 J의 에너지에서 기폭되는 특성을 갖는다.

이론적으로 충격에 의해 화약잔사가 착화될 수 있는 최소 운동에너지를 갖는 유탄의 질량은 탄속이 60% 감소되는 경우 1.46 g이고, 70% 감소될 때 2.59 g, 80% 감소되는 경우에는 5.83 g으로 계산된다. 총기 유탄의 질량 1.46 g은 일반적으로 알려진 유탄 속도의 감소 비율 60%의 속도에 대해 운동에너지를 계산하는 경우,

**Table 1.** Calculated Kinetic Energy of the Bounced off Bullet

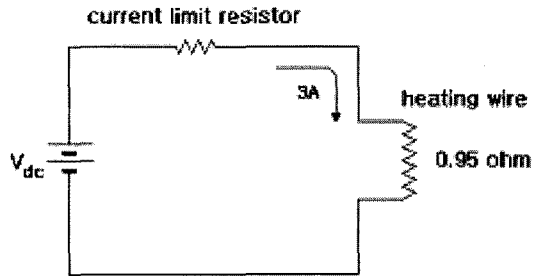
유탄 질량(g)	5.83 g	2.59 g	1.46 g	0.10 g
탄속(m/s)				
60% 감속	39.2 J	17.5 J	9.8 J	0.7 J
70% 감속	22.1 J	9.8 J	5.5 J	0.4 J
80% 감속	9.8 J	4.4 J	2.5 J	0.2 J
83.3% 감속	6.8 J	3.0 J	1.7 J	0.1 J
90% 감속	2.5 J	1.1 J	0.6 J	-

**Table 2.** Results of the Impact Sensitivity Test

Sample	Sensitivity	Energy
Gunpowder	20 cm	9.8 Joule
Ball Powder	10 cm	4.9 Joule

화약잔사의 충격감도와 비교할 때 화약잔사에 착화 가능한 총기 유탄의 최소 질량으로 볼 수 있다. 특히 유탄에 대한 실제 측정 과정에서 검출된 최대 질량은 3.4 g이었으며, 총기 유탄의 속도가 60%로 감소된다고 가정할 경우, 유탄의 운동에너지는 약 14.2 J로 계산된다. 따라서 총기 사용 과정에서 발생하는 유탄의 크기에 대한 단순 운동에너지 계산으로 얻어진 에너지는 화약잔사를 착화시키는데 충분한 것으로 추정되며, 유탄의 표면 온도 및 내부 납 용융물 등을 고려할 경우, 이론적으로 계산된 것 보다 쉽게 화약잔사를 착화시킬 수 있을 것으로 판단된다.

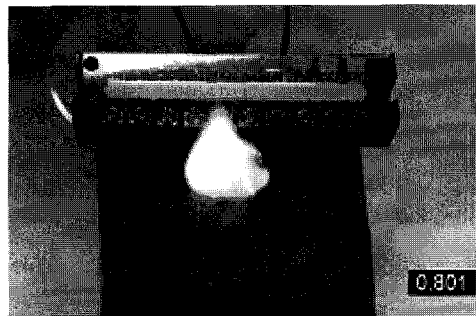
화약잔사가 부착된 흡음재를 대상으로 9.8 J에 근사



(a) Electrical circuit



(b) Gunpowder(0.1g)



(c) Incombustibility sound-absorbing materials

**Figure 7.** Ignition test of incombustibility sound-absorbing materials attached gunpowder using by electrical energy.

한 전기에너지를 공급하였을 경우, 이에 대한 착화 특성을 평가하였다. 전기에너지의 공급을 위하여 저항 0.95 Ω의 열선에 3 A의 전류를 흘리면 화약잔사가 부착된 흡음재에 전달되는 에너지는 8.55 J/s로 계산된다. Figure 7에 나타낸 바와 같이 약 0.1 g의 화약잔사에 대한 착화실험 결과, 약 0.4초에서 착화되는 특성을 나타내었으며, 이때 전달되는 에너지는 약 3.42 J로 계산된다. 화약잔사 0.2 g를 100 mm × 100 mm 크기의 흡음재에 부착시킨 후, 동일한 방법으로 착화시키는 경우, 화약잔사가 부착된 흡음재는 약 0.8초로 6.84 J에서 착화되는 특성을 나타내었다. 전기에너지를 이용한 화약잔사에 대한 착화실험 결과를 고려할 때 에너지의 종류에 따라 상이할 수는 있으나, 화약잔사의 경우, 대략 9.8 J 보다 낮은 에너지 범위에서 착화될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 부산 실내사격장 화재의 연소 확대 및 발화원인에 대하여 검토하였다. 실내사격장 내부에 사용되는 스펀지형 흡음재 및 화약잔사의 영향으로 폭연에 이르는 급격한 연소가 진행되는 것으로 평가되었으며, 사격장 내부에 사용된 흡음재가 난연성이라 하더라도 화약잔사가 흡음재 표면에 부착되는 경우 급속히 연소되는 특성을 나타내었다.

사격장 화재의 발화원인으로 ① 인적 요소에 의한 가능성, ② 담뱃불에 의한 가능성, ③ 전기적 발열 및 불꽃에 의한 가능성 및 ④ 총기 사용 과정에서 발생하는 유탄이나 불꽃에 의한 가능성이 있으나, CCTV 복원 영상 및 전기적 특이점 식별 위치를 고려할 경우, 인적 요소, 담뱃불 및 전기적 발열에 의한 가능성은 배제할 수 있다. 총기 사용 과정에서 발생하는 유탄의 질량을 고려한 운동에너지에 대한 계산 결과, 충격 감도 실험 결과 및 전기에너지에 의한 착화실험 결과를 고려할 경우, 유탄이 화약잔사와 충격되는 과정에서 화약잔사를 통해 발화될 수 있을 것으로 추정된다. 또한

유탄의 표면 온도 및 내부 납 용융물 등을 고려할 경우, 이론적으로 계산된 운동에너지보다 쉽게 화약잔사를 착화시킬 수 있을 것으로 판단되며, 부산 실내사격장 화재의 경우, 총기 유탄에 의한 발화 가능성이 가장 높은 것으로 판단된다.

그러나 유탄이 화약잔사에 충격되는 과정에서 착화되었음을 입증하기 위해서는 유탄의 순간 온도 및 거리에 따른 온도 감소 계수, 탄환 내부에서 납용융물이 발생 여부 등에 대한 검토가 필요할 것으로 판단되며, 이러한 점에 대해서는 향후 탄환 및 유탄의 온도 측정, 납 용융물 발생 등에 대한 연구를 진행하고자 한다.

#### 참고문헌

1. 박의철, “부산 실내사격장 화재 I. 화재재현”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.2, pp.114-119(2010).
2. 박의철, “부산 실내사격장 화재 II. 원인 및 화재안전대책”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.4, pp.92-97(2010).
3. J.P. Denis, “Shooting Range Accidents; Lesson Learned in Safety and Health”, Proceeding of the Workshop on Indoor Shooting Ranges, Rome, Italy, pp.49-58(2005).
4. Richard D Jones and Leland S Ness, Infantry Weapons; 2007-2008, Janes(2008).
5. Brian J. Heard, Handbook of firearms and ballistics; examining and interpreting forensic evidence, Wiley (1997).
6. Robert A. Rinker Understanding firearm ballistics; basic to advanced ballistics, simplified, illustrated, and explain, Mulberry House Publishing(2007).
7. 송재용, 최영우, 김동환, 남정우, 김진표, “권총용 화약잔사의 실측 및 발화특성에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.5, pp.102-106(2010).
8. 우리호영 연구회 편저, 화약류 관리·제조를 위한 알기 쉬운 핸드북, pp.129-131, 도서출판 서우(2000).
9. 한국산업규격 KS F 2819 : 2005 권총용 얇은 재료의 방염성시험(2005).