

## 실험실 화재

실험실이나 연구실에서의 화재는 잠재적 위험이 높아 종종 피해가 커지는 경향을 보인다.  
이에 실험실 화재사례를 통해 원인과 예방대책에 대해 알아본다.

글 | 김인태 협회 위험조사부 차장, 공학박사



## 1. 머리말

실험실이나 연구실에서의 화재는 비교적 소량의 위험품을 사용하고 있어 대규모 피해가 자주 발생하지 않으나, 1999년 서울대 원자핵공학과와의 사고와 같이 귀중한 인재를 잃게 되기도 한다. 특히 화학실험실은 많은 종류의 화학약품을 사용하고 있어 알려지지 않은 잠재적 위험이 높은 편이며, 연구 특성상 안전관리가 제대로 이루어지지 않아 초기대응에 실패하는 경우가 있어 피해가 커지는 경향을 보인다. 실험실은 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학교와 같이 교육용으로 사용하는 시설이 있으며, 연구기관, 산업체, 대학원과 같이 연구를 목적으로 하는 시설이 있다.

소방방재청에서 발표한 최근 5년 동안 학교에서의 화재를 보면 전체 화재에 비하여 우려할 만

한 수준은 아니나(표 1, 2 참조), 한국화재보험협회에서 발표한 특수건물 화재조사분석자료에 따르면, 최근 5년간 전국 특수건물에 대한 학교에서의 화재발생빈도는  $6.5\text{건} \times 10^{-2}/\text{년}$ 으로서 다른 용도에 비하여 높은 수치를 보이고 있다.

## 2. 화재사례

실험실 및 연구실에서의 소규모 화재사고는 외부에서 인지하지 못하는 경우가 있어 실제적인 위험도보다 낮게 평가되는 경향이 있다.

최근 대학교, 연구기관, 산업체의 연구실에서 발생한 주요 화재사고는 <표 3>과 같으며, 2007년 2월에도 같은 대학에서 폐 화학약품 누출사고와 연구실 화재가 있었다.

■ <표 1> 학교화재 건수 및 피해현황

구분	'01	'02	'03	'04	'05	증감율
건수	260	246	243	268	218	-0.8%
사망	.	.	8	2	0	2명(연평균)
부상	8	15	24	9	2	1.4%
재산피해 (백만원)	519	711	712	782	415	-5.50%

■ <표 2> 학교화재의 원인별 발생건수

구분	국내 화재건수 (A)	학교 화재건수 (B)	점유율(%) (B/A×100)
계	32,340	218	0.7%
전기	9,991 (30.9%)	77 (35.3%)	0.8%
불장난	1,120 (3.5%)	30 (13.8%)	2.7%
담뱃불	3,291 (10.2%)	27 (12.4%)	0.8%
방화	3,326 (10.3%)	20 (9.2%)	0.6%
볼티	2,460 (7.6%)	7 (3.2%)	0.3%
난로	372 (1.2%)	5 (2.3%)	1.3%
생냥·양초	280 (0.9%)	3 (1.4%)	1.1%
유류	335 (1.0%)	2 (0.9%)	0.6%
가스	587 (1.8%)	1 (0.5%)	0.2%
아궁이	752 (2.3%)	-	-
기타	9,826 (30.4%)	46 (21.1%)	0.5%

■ <표 3> 실험실 화재 내용

일시	장소	재산피해 (천원)	사고 내용
2006.12.23	부산대	6,000	고형폐기물 실험실에서 누전으로 추정되는 불이 나 실험기구 등을 태우고 20여 분만에 진화됨.
2006.10.26 10:20	성균관대	미상	실험 도중 화재가 발생하여 실험기와 집기비품을 태우고 20분 만에 진화됨.
2006.03.24	프랑스 국립대	미상	화학실험실에서 가연성가스 또는 유기화합물 증기가 누출되어 폭발 및 화재가 발생하여 1명이 사망하고 다수 부상함.
2005.12.26 11:14	국방과학 연구소	1,000	화재가 진행된 소실상황 등을 검토한 바 최초 발화부위로 보이는 연구원의 연구석 이랫부분에 배선이 노후되어 합선되면서 발생한 화재로 추정됨.
2005.07.04 12:00	농업기반 공사	45,000	환경실험실에서 불이 나 컨테이너 1동과 실험실 기자재 등을 태웠으며, 실험실에 있는 열판기 내부 혼합물 실험 도중 화재가 발생한 것으로 추정됨.
2005.03.04 00:40	여수대	2,500	실험실에서 원인불명의 불이 나 30여 분만에 소진되었으며, 대학원생 2명이 연기에 질식사하여 병원에 입원함. 인화물질이 없어 대형화재로 확산되지 않았으며, 목격자들의 진술에 의하면 정전과 함께 불길의 솟았다고 함.
2005.02.20 0:45	신창전기	8,000	목격자에 의하면 경비실에 설치되어 있던 수신기에서 벨이 울려 기술연구소 2층 실험실로 들어가 보니 다기능 시험기계에 걸려 시험 중이던 제품이 연소되고 있었다고 하며, 현장 정황 등으로 보아 다기능 시험기 내에 걸려있던 제품을 회전시키는 과정에서 모터를 회전시키는 전기 접속면에서 접속불량으로 고열이 발생하여 주변에 쌓여있던 분진 등에 착화 발화되면서 화재가 발생한 것으로 추정됨.
2005.02.19 02:40	극동통신	125,000	무선통신안테나 제조업체인 극동통신의 실험실에서 용접부주의로 추정되는 화재가 발생, 생산물과 원자재를 태운 후 1시간여 만에 진화됨. 경량철골 조립식 3층 건물 1채와 무선통신안테나 부속품 등이 소손되었으나 인명피해는 없었음. 공장실험실에서 냉, 난방설비를 교체하려고 전기용접 작업을 하다 불티가 주변 인화물질로 확산된 것으로 추정됨.
2005.01.04 09:55	SK대덕 기술원	200,000	정밀화학 실험실에서 폭발사고가 발생하여 지하층, 지상2층 규모의 조립식건물 한쪽 벽면이 날아가고 연구원 2명이 부상하였음. 폭발과 함께 화재가 발생하여 건물 내부와 실험기구 등을 태우고 1시간만에 진화됨. 실험도중 이상반응을 보여 폭발한 것으로 판단됨.

■ 한국과학기술원 화재사례

가. 일반사항

- (1) 발생일시 : 2006. 9. 19. (화) 18:50~22:33
- (2) 물건명 : 한국과학기술연구원(연지빌딩)
- (3) 위치 : 서울 한국과학기술연구원 L-3 연구동 지상1층
- (4) 원인 : 미상
- (5) 피해사항
  - 인명피해 : 없음.
  - 재산피해 : 147,411천원(부동산 52,411천원, 동산 95,000천원)

나. 건물현황

(1) 일반 현황

화재가 발생한 건물은 철근슬래브 구조로서 연면적이 4,881㎡인 지상 3층, 지하 1층인 건물이다. 발화 건물은 건물 내부 중앙 부분에 1층 높이의 샌드위치 스티로폼 패널식 가건물이 존재하고 각 층이 방화 구획되지 않고 개방되어 있었다. 1층은 중앙에 가건물이 있고 측면 콘크리트 구조로 연구실이 있으며, 그 연구실은 3층까지 연결되어 있고, 2층과 3층은 중앙 부분이 공간으로 되어 있으며 측면에 1층부터 연결된 연구실이 있는 상태였다.

■ 사진 1. 발화건물 전경 모습

구분	용도	발화지점 전경
3층	연구실	
2층	연구실	
1층	연구실	
지하층	기계실	

(2) 구획상태

발화건물은 중앙에 직통계단이 존재하며 그곳을 통해 각 층 출입이 가능하고 1층은 중앙 부분에 있는

가건물과 연구실이 연결되지 않고 별도로 존재하며, 1층부터 3층까지 측면에 있는 연구실 출입문은 목재 출입문이 있는 상태였다.

### (3) 구조상태

발화지점은 1층 연료전지 연구센터로 그 구조물은 샌드위치 스티로폼 패널구조이고, 내부는 연구실이 1과 2가 구획되어 있으며 연구실 1은 출입구에 사무실이 있고 그 뒤편으로 구획되지 않고 연구실이 있다.

■ 그림 1. 발화지점 전기계통도(합선흔적)



— : 전선, \* : 합선(단락)흔적

■ 사진 2. 연구실 1 소손모습 ■ 사진 3. 연구실 2 소손모습



## 다. 화재상황

### (1) 발화지점

연료전지연구실 1의 책임자는 화재 발견 약 20분 전인 18:31분 경에 발화지점에서 나왔고, 그 옆 연료전지연구실 2에는 러시아인 박사가 화재 발견 이전인 18:37분 경에 나와 내부에 아무도 없는 상태에서 18:50분 경에 화재가 발생하였음.

최초 발화지점을 연료전지연구실 1로 하는 근거로는

첫째, 연소 형태가 그곳에서 발생하여 천장을 통

해 주변으로 연소 확대되었으며,

둘째, 목격자 황00(남, 34세) 진술에 의하면 “화재수신기 경보설비가 작동되어 수신된 지점으로 가서 확인하니 내부에서 연기와 불꽃이 보여 신고하고, 그 건물 현관에 비치된 소화기를 들고 발화지점에 초기 진화활동을 수행하였다”고 하였고, 발화건물 내부인 재료연구실(연료전지연구실2 옆)에 있던 연구원 박00(남, 30세) 진술에 의하면 “천장의 환기구 덕트에서 연기가 내려와 밖으로 나와 확인하니 연료전지연구실 1에서 검은 연기가 분출하는 것을 보고 경비원과 함께 소화기를 활용, 진화활동을 수행하였으나 진압하지 못해 피난하였다”고 하였으며,

셋째, 전기합선 흔적이 연료전지연구실 1 내부 초기 목격자들이 진술한 지점에서 발견된 것을 들 수 있다.

### (2) 발화원

최초 발화지점인 연료전지연구실 1의 사무실에는 책상, 의자, 책꽂이, 캐비닛 등이 있고, 연구실 내부에는 연구장비, 서랍용 책상, 그리고 분전반 등이 있었다. 그 지점에 대한 화재원인은 가스, 방화, 담뱃불, 화학물질, 기타 미소화원 등이 있었으며, 전기적인 요인으로 단락흔적이 존재하지만 소실 정도가 심해 정확한 원인을 판정할 수 없었다.

### (3) 화재확산

화재는 연료전지연구센터 연구실 1의 B지점에서 시작되어 천장으로 연소된 후 다른 지점으로 연소 확대되고, 연소로 발생한 가스가 환기 덕트를 통해 재료연구부로 확산되면서 화재가 발견된 것으로 추정된다.

## 라. 실험실 안전조치 권장사항

### (1) 실험실 구조

- (가) 실험실 구조는 <표 4>에 따라야 한다.
- (나) 실험실은 <표 4>에 나타난 내화성능과는 관계없이 비 실험실 구역과 1시간 이상 내화구조로 구획되어야 한다.
- (다) 소화수로 인해 심각한 화재 또는 인명피해를 일으킬 수 있는 곳에서는 스프링클러설비의 대응으로 적절한 자동식 소화설비를 설치하여야 한다.
- (라) 배관, 전선관, 케이블, 전선, 공기 덕트, 공압 튜브와 덕트, 그리고 유사한 건물 설비로 인한 내화 구조의 바닥/천장과 벽 부재의 관통부는 건축물 연소확대방지기준에 적합하게 설계 및 설치되어야 한다.
- (마) 모든 바닥의 개구부는 액체가 바닥 아래로 누출되는 것을 방지할 수 있도록 밀봉하거나 턱을 설치하여야 한다.
- (바) 1시간 내화성능이 필요한 방화구획에서는 문 부재가 0.5시간 이상의 방화성능을 가져야 하고, 2시간 내화성능이 필요한 방화구획에서는 문 부재가 1.5시간 이상의 방화성능을 가져야 한다.
- (사) 1시간 이하의 내화성능이 필요한 문 부재에는 창문이 허용된다.

■ <표 4> 실험실의 내화성능

실험실 위험등급	면적	내화성능
A (고위험)	930㎡(10,000㎡) 이하	2시간
	930㎡(10,000㎡) 초과	불허
B (중위험)	930㎡(10,000㎡) 이하	1시간
	930㎡(10,000㎡) 초과	불허
C (저위험)	모두 해당	해당 없음
D (극소위험)	모두 해당	해당 없음

**(2) 비상구 접근 방법**

<표 4>의 클래스 A, B 실험실 내의 모든 작업구역에 필요한 비상구는 피난 방향으로 열려야 하며, 클

래스 C, D 실험실 내의 모든 작업구역에 필요한 비상구는 피난 방향 반대쪽으로 열리거나, 수평 미달이문 이 허용될 수 있다.

다음의 경우 실험실 작업 구역에서 비상구에 접근 하는 수단이 2개 이상 있어야 한다.

- (가) 폭발 위험이 있는 실험실 작업구역에서 탈출 하거나 접근하기 어렵게 위치한 경우
- (나) 클래스 A 실험실 내의 실험실 작업구역이 50㎡를 초과하는 경우
- (다) 클래스 B, C 실험실 내의 실험실 작업구역이 100㎡를 초과하는 경우
- (라) 실험실 작업 구역의 후드가 1차 비상구에 인접해 있는 경우
- (마) 사용되고 있는 압축가스 실린더가 교육용 용기 크기(약 5cm×33cm)보다 더 크고, 실린더 의 수용품이 사고로 방출될 경우 안전한 피난 을 방해할 수 있는 경우
- (바) 초저온 용기 내용물이 사고로 방출될 때 안전한 피난을 방해할 수 있는 경우

**(3) 화재 예방**

실험실은 화재 위험에 적합한 다음과 같은 화재 방호설비를 갖추어야 한다.

- (가) 소화기
- (나) 옥내소화전설비
- (다) 스프링클러설비
- (라) 기타 자동식 소화설비
- (마) 화재경보설비
- (바) 대피 및 비상 계획

화재예방 및 피해감소를 위한 적절한 절차를 수립 하여야 하며, 다음 사항에 특별히 주의하여야 한다.



- (가) 화학물질, 인화성 및 가연성 액체나 기체의 취급 및 저장
- (나) 나화나 스파크 발생장치의 작업허가 시스템
- (다) 이동식 전기코드의 배열 및 사용
- (라) 흡연구역
- (마) 고온·고압 시설

실험실 비상계획 절차에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- (가) 경보작동
- (나) 피난절차 및 건물 재 진입 절차
- (다) 장치운전 정지절차 또는 적용 가능한 비상조치
- (라) 화재진압 활동
- (마) 비 화재 위험
- (바) 비상대응반이 비상계획을 수립하거나 활동하는 데 필요한 정보

#### (4) 폭발 방호

다음 사항 중 하나 이상의 방법에 의해 폭발방호 조치가 이루어져야 한다.

- (가) 인화성이나 반응성 화학약품 또는 실험에 의

해 특성이 알려지지 않은 사용 중이거나 노출된 화학약품의 양 제한

- (나) 반응, 장치, 재료에 대한 특수 예방 또는 방호 방식(일제살수식 스프링클러설비가 설치된 조기반응 화재감지기, 내폭발 장치나 함, 폭발억제, 안전한 장소로 직접 배출되는 폭발 벤팅 등)
- (다) 폭발 위험을 지닌 실험실 작업구역 부근에 내폭발 벽이나 바리케이드 설치
- (라) 직원의 화재노출을 최소화하기 위한 장치의 원격제어
- (마) 위험한 실험실 작업구역이나 실험실의 구획 벽을 보호하기 위한 폭연 벤팅
- (바) 가능한 독립 또는 격리된 건물이나 옥외에서의 실험 수행

내폭발성 구조는 TNT 당량이 2.0그램을 초과할 때 요구될 수 있으며, 예상되는 폭발압력과 비산물로 인한 최악의 위험상황을 바탕으로 설계 및 설치되어야 한다. 일반적으로 예상되는 비산속도는 1,000~4,000ft/sec(305~1220m/sec)이다. ⚠