

# 현장사례분석의 비교 감식을 통한 화재원인 분석

- 조립식 샌드위치패널 화재사례를 중심으로 -

남원소방서 김용운

Namwon Fire Department Yong Un, Kim

## 요 약

조립식 건축물의 화재는 건축자재의 종류에 따라 다양한 화재 특징을 나타내게 되는데 금번 연구과제로 선정된 화재는 지난 2006년 12월에 발생한 조립식 샌드위치패널 숙소 화재사례로서 이번 연구를 통해 조립식 샌드위치패널 건축물의 화재원인분석과 감식방법을 고찰해 보고 아울러 발표된 연구논문자료와 실제 화재재현실험을 통한 감식능력 향상을 도모하고자 한다.

키워드(key word) : 조립식 건물, 건축자재, 샌드위치패널, 화재재현실험

## I. 서 론

소방에서 화재조사는 화재원인을 규명하고 화재로 인한 피해를 산정하기 위하여 자료의 수집,

관계자 등에 대한 질문, 현장 확인, 감식, 감정 및 실험 등을 하는 일련의 행동을 말한다<sup>1)</sup>. 화재조사의 목적은 정확한 화재원인규명과 분석결과를 통하여 각종 화재통계를 산출하고, 이를 통한 예방활동의 기초 자료를 제공하며, 법령 등의 개정을 통하여 소방정책에 반영함으로써 화재로부터 국민의 생명과 재산을 보호하는 역할을 해 오고 있다.

화재는 특성상 모든 목적물을 소훼하고 현장의 증거물을 남기지 않는 특성을 가지고 있으므로, 이러한 화재현장이 가지고 있는 다수의 발화개연성을 탐구하고 관계자의 진술과 잔존물 감식 결과 등 과학적인 근거를 통해 화재원인을 입증하여야 한다.

금번 사례분석의 모델인 조립식건축물(샌드위치패널)은 도입초기에는 공장, 창고 등의 용도로 지어졌으나, 최근 들어 간편한 시공 및 건축공기 단축, 인건비 절약, 뛰어난 단열성능이라는

1) 화재조사 및 보고규정(소방방재청 훈령 제106호)

이점으로 주택용도 및 소형 창고, 숙소용도의 건물까지 그 용도가 증가하면서 시장규모 또한 급속히 성장하고 있다.

그러나 이러한 장점에도 불구하고 화재위험성 측면에서는 불리한 점이 많아 화재 시 많은 인명 및 재산의 피해로 이어지고 있다. 샌드위치패널의 화재는 전체 화재발생건수 중 6.97%, 인명피해의 5.55%, 재산피해의 29.7%를 차지하고 있으며, 화재건수, 인명피해, 재산피해가 증가하는 추세에 있다. 또한 패널의 특성상 급격한 연소확대와 진압의 어려움으로 재산피해가 전체화재의 30%에 이르고 있다<sup>2)</sup>

이러한 조립식 건축물의 화재는 건축자재의 종류에 따라 다양한 화재 특징을 나타내게 되는데 금번 연구과제로 선정된 화재는 지난 2006년 12월에 발생한 조립식 샌드위치패널 숙소 화재사례로서 이번 연구를 통해 조립식 샌드위치패널 건축물의 화재원인분석과 감식방법을 고찰해 보고 아울러 발표된 연구논문자료와 실제 화재재현실험을 통한 감식능력 향상을 도모하고자 한다.

## II. 조립식건축물의 정의 -샌드위치 패널을 중심으로-

여기서 말하는 조립식 건물의 정의는 공장에서 주택의 각 부분을 규격화하여 대량생산한 건축자재를 현장에서 조립하여 지은 집이라고 말할 수 있으며, 여기서 말하는 조립식주택은 경량 C형강으로 철골조를 세우고 벽체를 다시 맞추는

방법을 도입한 건축물을 말한다.

우리나라의 조립식 건축 방식은 56년 주택공사에서 처음으로 도입됐다. 이후 크게 구조적 부분인 골조시스템과 재료적 부분인 건물구성재시스템으로 양분 해 발전해 오고 있다. 특히 90년대 이후에는 단일부재보다는 둘 이상의 구조부재를 결합한 복합기술에 대한 기술개발이 활발하게 진행되고 있다.

현재 국내의 조립식 주택이라 함은 기존에 습식공법인 콘크리트나 조적조 주택과는 달리 목재패널, 스틸, 칼라강판패널 등을 이용하여 건축물을 짓는 건식공법과 최근에 등장한 경량기포 콘크리트를 이용한 건축법등이 있다.

조립식건물이라고 하면 칼라강판에 스티로폼, 우레탄, 글라스울, 미네랄 울을 접착하여 만든 패널로 지어지는 주택만으로 생각하는 경우가 많은데 넓은 의미에서 조립식주택은 목조패널주택, 스틸하우스, 패널하우스 등 모든 것을 포함하는 것이라 할 수 있다.<sup>3)</sup> 흔히 불리는 샌드위치패널은 칼라강판 사이에 내장되는 단열재의 종류에 따라 그 이름이 다르게 사용되고 있으며, 이단열재의 종류에 따라 가격도 2배이상 달라지는 것도 있다.

금번 연구과제로 선정된 대상은 조립식 건물 중 가장 대표적인 것이라 할 수 있는 형태로서 칼라강판에 스티로폼을 접착하여 만든 패널로 지어진 숙소이다. 내장재인 스티로폼의 장점은 단열 및 방습 방수효과가 뛰어나다는 것이며, 패널<sup>4)</sup>의 경제적 측면 및 건축 시 제품의 길이 제한(현장에서 즉시 가공하는 형태)을 받지 않아 다양한 형태의 건축물을 만들 수 있다는 장점도

2) 샌드위치패널의 난연성능 평가에 관한 연구 -조남욱외 3명 대한건축학회 학술발표대회논문집 소방방재청 샌드위치 패널 화재발생분석(2003~2004상반기중 발생한 화재를 분석)

3) 출처: www.04damoa.co.kr

4) 패널과 동일표현으로 이하 패널로 표기함

가지고 있다. 즉 일반에 규격화되지 않는 건물의 부속용도건물 및 건평에 맞게 창고 및 숙소용도의 건물을 짧은 시간에 시공이 가능하다는 것이다. 하지만 이러한 많은 장점을 가지고 있는 스티로폼은 자재의 특성상 불에 취약하고 유기질 단열재를 사용함으로 연소 시 유독가스를 발생한다는 커다란 단점이 있다. 그러나, 경제적인 측면을 고려 현재는 소형주택, 부속창고 및 주택의 부속건물 등으로 급속히 확산되는 추세이다.

### III. 화재사례 검토

#### 3-1. 발생개요

- 일 시 : 2006년 12월 09일 17시00분경
- 장 소 : 레미콘작업장의 숙소용도건물  
출동거리 : 5Km
- 건물개요 : 건물의 구조는 조립식 샌드위치패널 1층 24평 건물  
발생당시 숙소 및 휴게실, 사무실용도로 사용 중인 건물임.
- 피해상황 : (인명피해 없음)
  - 부동산 : 조립식 샌드위치패널 1층 1동  
79.2㎡중 79.2㎡전소
  - 동 산 : 에어컨 외 다수품목 소실

#### 3-2. 화재 발생 현장 상황

화재가 발생한 건물은 페이로더 작업자 성00씨가 임금이 밀렸다는 이유로 페이로더를 이용 조립식건물 전면부위를 두 번 내리쳐 전면부위가 사진 1에서 보는 것과 같이 파손된 상태였으며, 경찰지구대에서 회사 관계자와 건물 보수비

용을 합의 한 후 숙소로 돌아온 2시간 뒤에 화재가 발생하였다.

사진 3에서 보는 바와 같이 건물의 주변은 전담 및 레미콘의·작업장으로 되어있으며, 화재인지는 50여미터 떨어진 이층건물(사진 3에서 좌측 중앙에서 약간 위쪽의 건물 점선 노란색원으로 표시한 곳)에 있던 작업자가 발견하였고, 발견 당시 건물의 중앙 뒷부분인 주방용도의 방창문으로 불길을 나오고 있었으며, 건물 전체적으로 검은 연기가 올라오는 것을 목격하였다고 진술하였다.

현장에 도착하였을 때 페이로더 운전자 성00씨는 건물정면에서 있다 현장에 출동한 경찰에 의해 경찰순찰차에 신변이 보호되고 있었으며, 소방차량이 현장에 도착하였을 때 화재는 바닥에서 화염이 보일정도의 최성기였다.

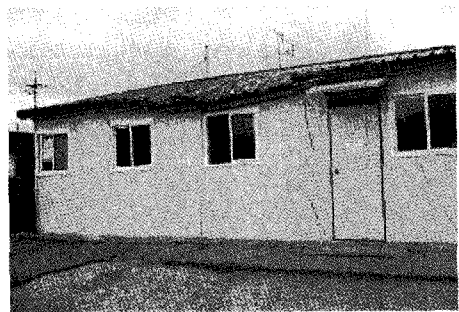


사진 1. 조립식 건물의 전면부 파손 상태.

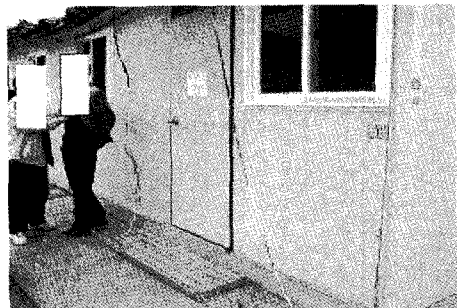


사진 2. 손괴에 사용된 페이로더.



사진 3. 화재발생현장의 주변 여건.



사진 4. 건물기준 우측에서 촬영.

불었으며, 현장도착시 건물 뒷부분보다는 건물 앞부분(정면기준)이 심하게 탄화되고 있는 상태였다.

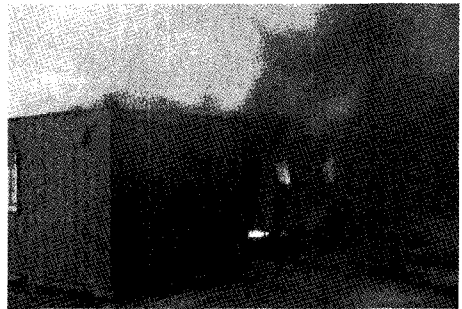


사진 5. 건물정면에서 도착 시 촬영.

### 3-3. 현장도착 시 화재의 양상

사진4, 5는 최초 도착 시 현장을 촬영한 사진이다. 사진 4에서 보는 것과 같이 현장의 바람은 건물정면을 기준으로 후면에서 정면으로 4~5m/sec(남원시 대산면소재 기상관측소 측정)정도

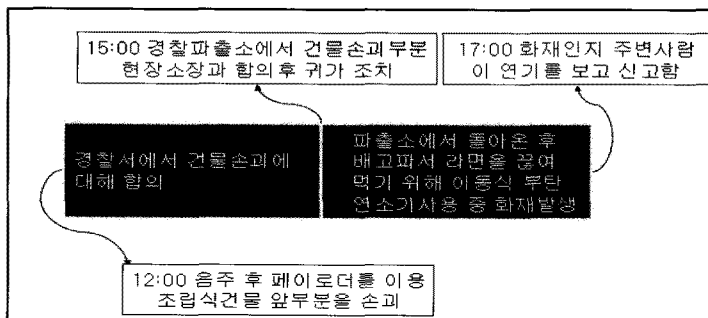


그림 1. 작업자 성00씨의 당일행적.

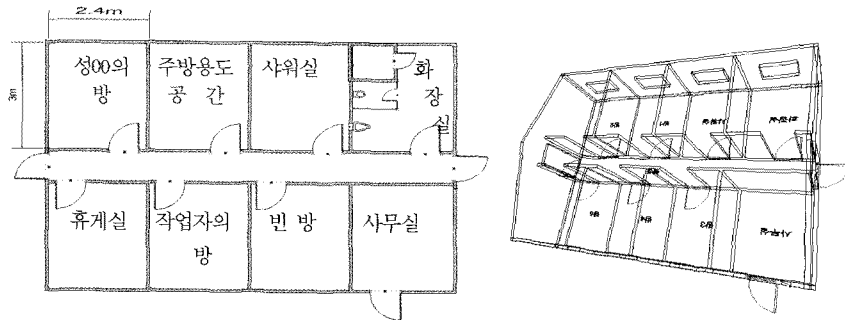


그림 2. 건물의 평면도 및 입체적인 표현.

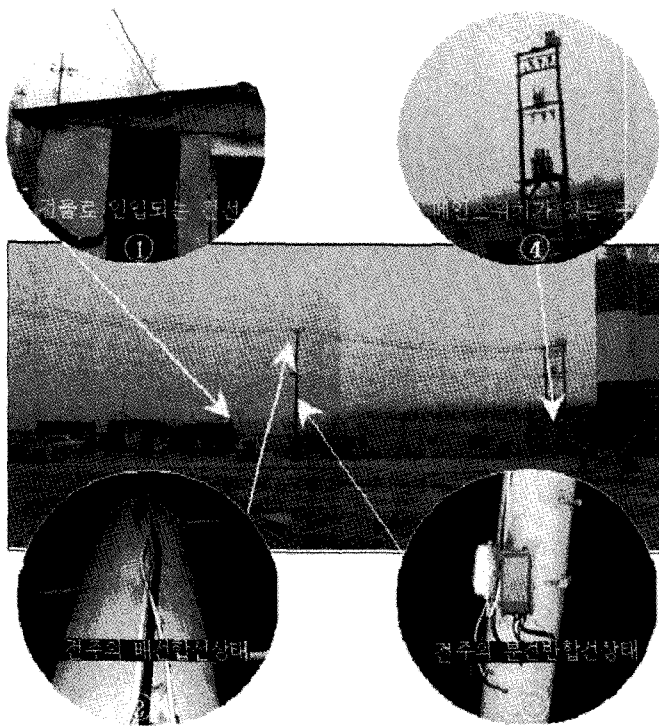


그림 3. 건물에 인입되는 전력선의 배선.

### 3-4 현장의 발화 개연성

#### 3-4-1 전기적인 요인

숙소는 화재발생 5시간 전 작업 성00씨(페이

로더 작업자)가 숙소 전면부위를 파손시키면서 건물로 인입되는 전선이 합선되어 회사관리자가 메인전원을 off시켜 화재발생 당시 전기는 차단된 상태였다. 즉 발화원인으로는 전기적 요인에

의한 화재발생 가능성을 제외하였다.

### 3-4-2 가스적인 요인

작업자 성00씨가 경찰지구대에서 숙소로 돌아온 뒤 라면을 끓이기 위해 이동식부탄연소기를 사용하였다고 진술하였고 이를 근거로 부업용도의 방에서 이동식 부탄연소기를 수거하였으나 연소기의 on, off스위치는 탄화 탈락되어 식별이 불가능하였으며, 연소기위에 남아 있어야 하는 조리기의 흔적이 없었던 것으로 보아 조리기는 사용되지 않은 것으로 판단되고, 연소기의 부탄 가스용기가 폭발되었음이 식별된 점으로 보아 연료는 남아 있었던 것으로 판단되었다. 상기내

용을 보면 이동식부탄연소기를 사용하여 조리를 하였을 가능성은 배제되나 사용자 성00씨가 화재발생 당시 만취한 상태로 이동식부탄연소기의 정상적인 사용이 불가능 상태였을 것이라 판단되며, 따라서 이동식 부탄연소기의 사용상부주의에 의해 발화되었을 가능성을 배제할 수 없었다.

### 3-4-3 방화적인 요인

작업자 성00씨는 당일 만취상태로 자신의 중장비를 이용하여 건물에 손상을 입힘 만큼 회사의 임금체불에 대한 불만을 가지고 있었으며, 경찰지구대에서 합의 후 돌아온 2시간 뒤에 화재가 발생한 점, 화재당시 발화건물 정면에서 있

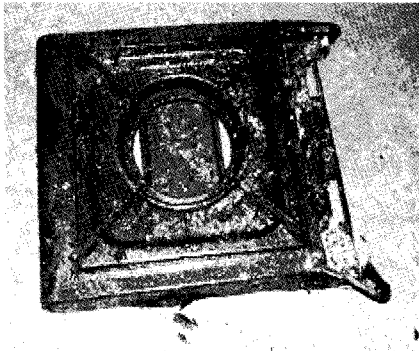


사진 6. 현장에서 수거한 이동식 부탄연소기.



사진 7. 연소기의 on, off스위치 상태.



사진 8. 현장에서 수거한 이동식부탄연소기의 가스용기로 폭발압력에 의한 마크가 식별됨.



다가 출동한 경찰에 의해 신변이 확보 된 점 등으로 보아 우발적인 방화의 개연성은 충분하나 현장에서 방화에 사용되었을 인화성 물질이나 다른 특이사항은 식별되지 않았다. 그러나 사무실용도의 공간 바닥에서 수거된 장판의 탄화형태, 건물전체의 소훼상태 및 각 방의 및 복도 장판의 탄화상태로 보아 인위적인 화재에 의한 발화개연성을 배제할 수 없었다.

### 3-4-4 미소화원에 의한 요인

작업자 성00씨는 평소 흡연을 하는 자이고 방화시 현장에 만취상태로 있었던 점으로 보아 담뱃불에 의한 화재가능성을 배제할 수 없었다. 그러나, 조립식 건물바닥이 전기온돌패널로 심부화재의 연소흔적은 식별되지 않았다.

### 3-4-5 기타 화원에 의한 요인

화재가 발생한 숙소용 건물에는 취사, 난방, 기타 전기제품 등 모든 생활을 전기로 해결하고 있었고, 유류를 사용한 제품은 없었으며, 물을 끓이기 위해 이동식부탄연소기 1대를 사용할 뿐 전기 및 이동식부탄연소기를 제외한 발화개연성이 있는 물건은 식별되지 않았다.

상기 내용을 토대로 발화개연성을 나열해 보면 첫째, 성00씨가 라면을 끓이기 위해 사용한 이동식부탄연소기.

둘째, 주변이 보이지 않아 불을 붙여 사용한 신문을 버린 쓰레기 통(종이박스).

셋째, 인위적인 방화 . 이상 3가지로 화재원인

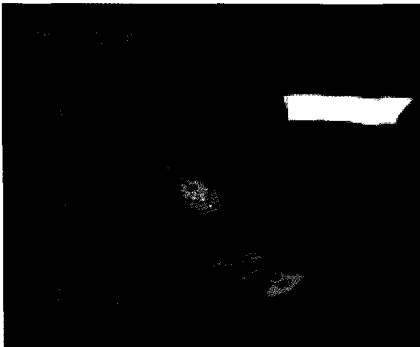


사진 9. 유증채취기 사용.

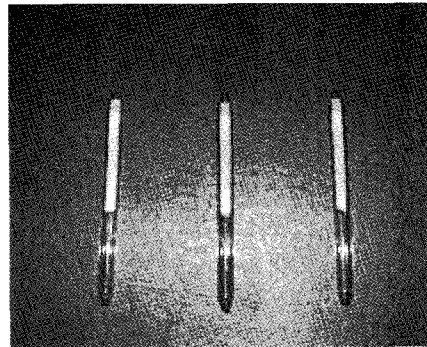


사진 10. 검지관의 결과물(반응없음).

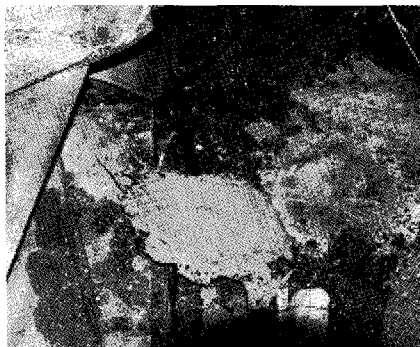


사진 11. 장판의 탄화흔.

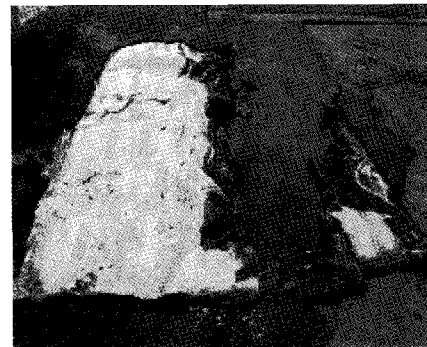


사진 12. 사무실바닥의 장판 탄화흔.

을 좁힐 수 있을 것이며 3가지요인에 대한 발화 개연성을 연구논문자료와 실험의 비교감식을 통하여 화재원인을 살펴보기로 한다.

#### IV. 발화개연성 비교 검토

##### 4-1. 이동식부탄연소기

페이로더 작업자 성00씨가 진술한 이동식부탄 연소기의 점화 및 방치로 인한 화재발생가능성을 검토해 보기 위해, 전문가인 삼성방재연구소 수석연구원 이의평박사와 3명에게 관련 자료를 송부하여 아래와 같은 회신을 받아 볼 수 있었다.

『이동식 부탄연소기의 불꽃에 가연물이 닿지 않은 경우에는 결국 복사열에 의해 가연물이 열 분해되고 이 열 분해된 가연성 가스에 불꽃이 닿아야 화재로 이어질 수 있습니다. 단, 가연물이 불꽃과 닿지 않지만 가연물 바로 아래에 부탄연소기를 켜놓은 경우에는 화재로 이어질 수 있습니다. 즉, 방 가운데에 또는 가연물이 바로

위에 없게 하여 연소기를 켜 놓은 경우에는 화재로 이어질 수 없을 것입니다. 천장의 온도와 방안의 온도는 100℃를 넘지 않을 것으로 예상됩니다. 가연물이 열 분해될 온도까지 상승하는 것은 불가능할 것으로 판단됩니다.

완전히 밀폐시키면 열 축적이 될 것으로 생각할 수 있습니다만, 기밀이 좋으면 산소공급도 원활하지 못하므로 불완전연소를 하게 되어 내부 공간의 가연물을 열 분해 시킬 만큼 열 축적은 되지 않을 것으로 생각됩니다.』

회신내용으로 보아 성00씨가 실제 이동식부탄 연소기를 켜고 이를 방안에 그대로 방치한다 할지라도 인위적 조작환경이 아닌 이상 실제 화재로 이어질 가능성은 희박하다고 판단되어 진다.

##### 4-2. 과실로 버린 불이 붙은 신문지

###### 4-2-1 현장의 연소형태

페이로더 작업자 성00씨가 진술한 내용 중 숙소내부가 어두워 신문지에 불을 붙여 주방에

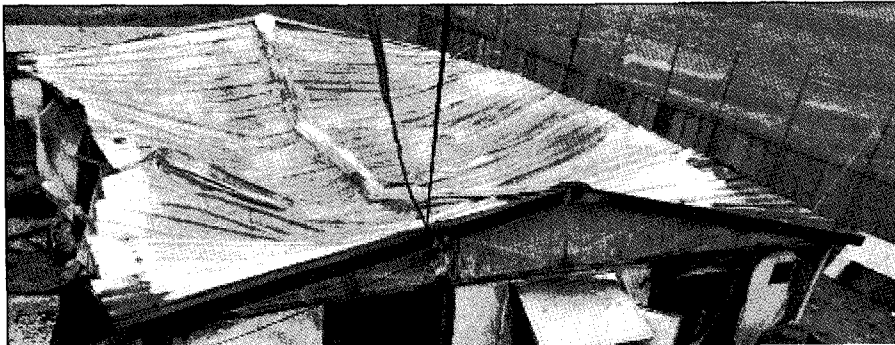


사진 13 . 조립식 건물의 지붕.

5) 유선 및 e-메일을 통하여 발화가능성에 대한 의견 조회 : 삼성방재연구소 수석연구원 이의평박사, 중앙소방학교 소방과학연구실 연구관 박영국, 가스안전공사 이장우박사, 전 한국조사학회 학회장 문용수



서 일을 보고, 주방을 나오면서 불이 붙은 신문지를 끄고 임시로 만든 쓰레기통(일반적으로 불리는 라면박스)에 버렸다고 하였으며, 쓰레기통

에 버린 신문지가 다시 재 발화하여 화재로 진행되었을 가능성을 살펴보면, 현장 조립식건물의 연소형태는 아래사진과 같으며

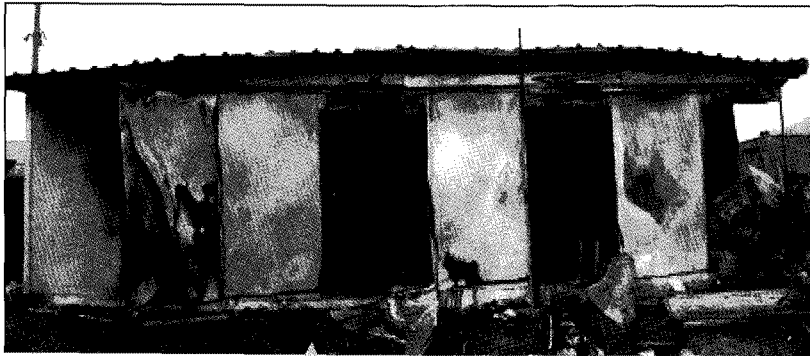


사진 14. 건물의 뒷면.

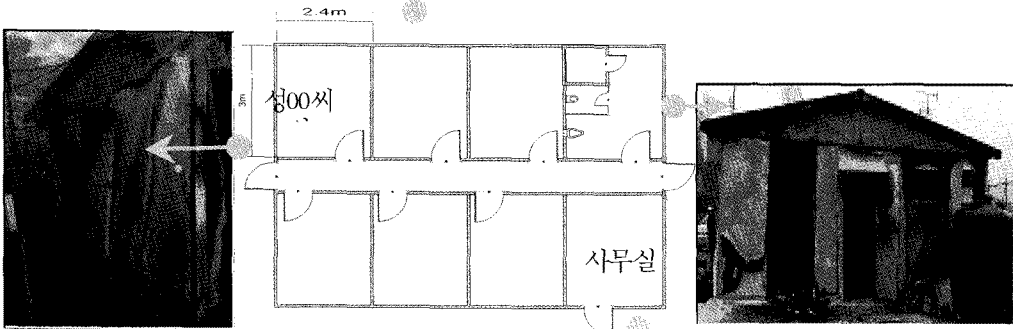


사진 15. 좌측.

그림 4. 건물 배부 평면도.

사진 16. 우측.



사진 17. 건물의 정면.

건물 전체적으로 전면적인 연소가 이루어진 것으로 식별되며 이러한 연소패턴은 상당한 시간이 흐른 뒤 화재가 인지되었거나, 연소가연물을 사용하여 전면적인 화재의 양상을 나타낼 때 나타나는 소훼현상으로 당일 성00씨의 상태로 보아 실제 이것을 이유로 화재가 발생하였을 때, 상당한 시간 동안 아무런 조치를 취하지 못할 가능성이 있어 화재발생개연성을 배제할 수는 없었다.

#### 4-2-2 샌드위치 패널 연소실험에서 나타난 연소형태

샌드위치 패널의 조립식 가건물 2×2×2.4을 모델로 소훼형태를 관찰하기 위하여 연소실험을 실시하였다.

##### ○ 연소실험의 개요

- 일시 : 2007. 5월 26일 09:00~18:00(9시간)
- 온도:24도 습도:51% 풍향:남서~서
- 풍속:0~2m/sec
- 장소 : 남원시 식정동 448번지 공터

##### ○ 실험 기자재

- 비디오카메라 3대, 디지털카메라 3대, 가

스캐취기 1대(검지관 2개)

풍속 및 온도측정기 1대, 디지털온도계 1대, 초시계 1대

소화기 3대, 펌프차 1대, 디지털 녹음기 1대, 가건물 2×2×2.4

##### ○ 실험목적 : ① 장판의 탄화흔 비교

② 화재 시 스티로폼의 용융 잔류물의 확인

③ 사면 및 내부벽체 천정의 연소형태 촬영

④ 내부 열에 의한 바닥의 연소가능성 확인

⑤ 벽체와 내부집기의 접한 면의 연소형태 분석

##### ○ 실험내용 : 장판에 경유 살포 인위적 착화 연소시험 및 쓰레기통에 실화로 인화 연소시험

##### ○ 실험결과의 목표

- 조립식샌드위치패널의 연소현상 및 벽체의 탄화형태 비교분석
- 현장에서 수거한 장판과 실험 시 탄화된 장판의 소훼흔 비교
- 내부 열에 의한 바닥의 연소가능성
- 기타 실험에서 도출할 수 있는 Data분석



사진 18. 가건물의 바닥.

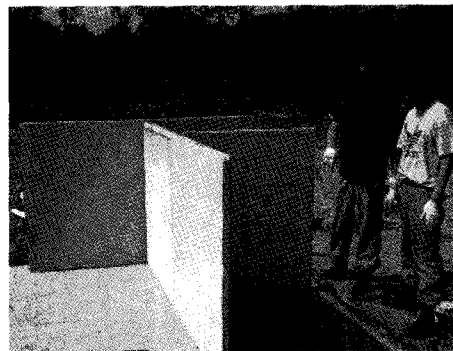


사진 19. 위치 결정.

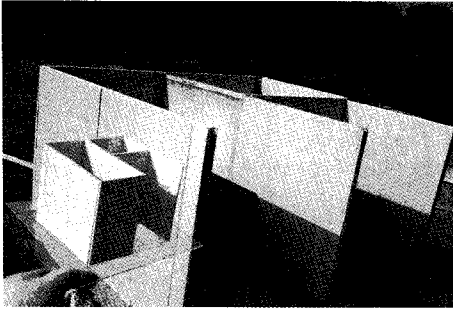


사진 20. 미니어처와 비교.

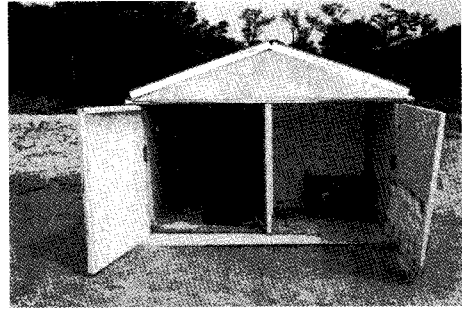


사진 21. 가건물 완성.

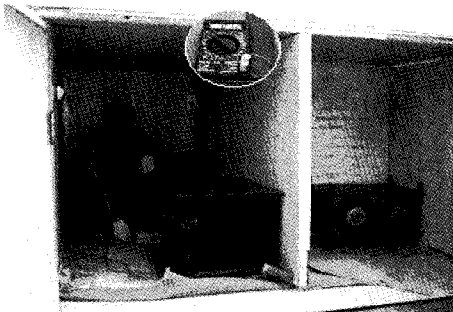


사진 22. 이동식부탄연소기 연소실험.

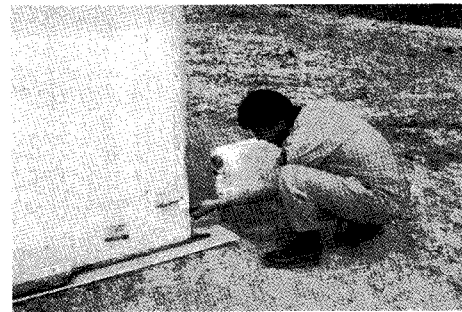


사진 23. 장판에 유류(경유) 살포.



사진 24. 착화.

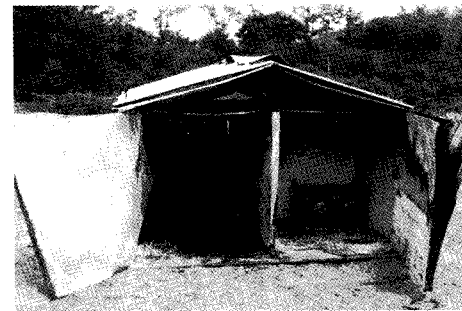
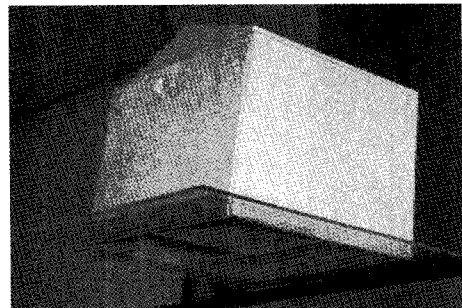
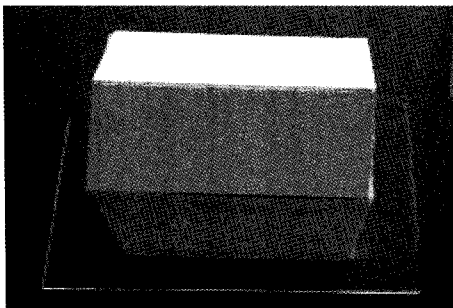


사진 25. 실험완료 진압.

○ 연소실험의 결과와 비교분석



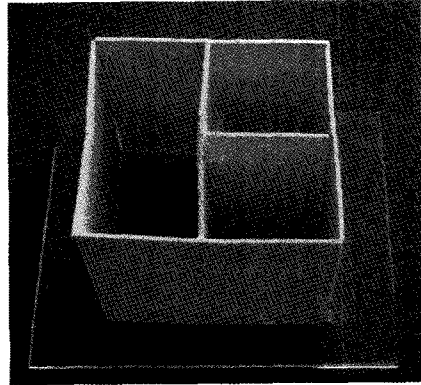
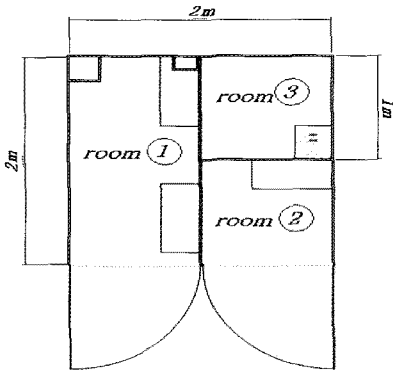


그림 5. 모형제작과 room의 배치.

시간경과별 화재의 진행상황을 중심으로 연소상황을 살펴보면

5월 27일

10:48.00 : 실험시작

시작 후 2분가량은 room②, room③에 경유살포 및 착화

10:50.00 : room①에 이미 설치한 종이박스 쓰레기통에 약간의 경유와 가연물(종이류)를 넣고 착화.

10:51.20 : 가건물의 외부로 흰 연기가 배출되는 것이 식별됨.

시간 경과에 따라 가건물의 천정부위로 연기가 확산되었고, room①천정의 샌드위치패널사이의 스티로폼을 소훼시키며 천정과 지붕과의 사이 공간으

로 연기가 충전되어 밖으로 분출되는 것이 식별되었다.

10:59.20 : room①의 문을 개방하면서 급격한 연소현상이 일어나는 것을 확인 하였으며 개방 후 원활한 산소공급으로 인해 room①에 있던 가연물에서 화염이 분출되었고, 전면적인 연소와 함께 room②와 room③의 측면 벽을 타고 화염의 이동을 확인한 후, 2분후 다시 개구부를 닫음.

11:02.20 : 진화개시.

5월 28일 11:00.00 : 발굴작업 개시.

13:00.00 : 발굴 및 사진촬영 완료.



사진 26. 진압 후 전면.



사진 27. 벽체의 연소형태관찰.



사진 28. 벽체 스티로폼 연소상태 관찰.



사진 29. 지붕의 연소형태감식.

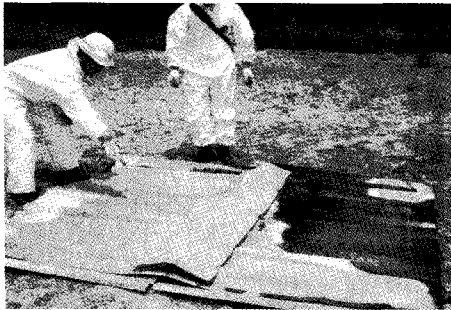


사진 30. room①의 연소형태 감식.

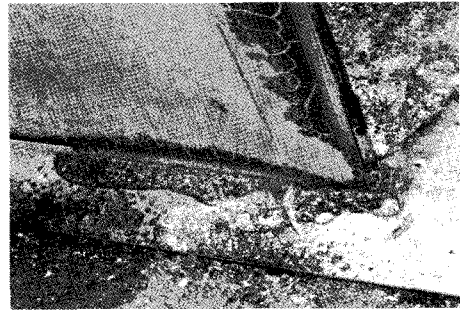


사진 31. 스티로폼의 탄화잔류물.

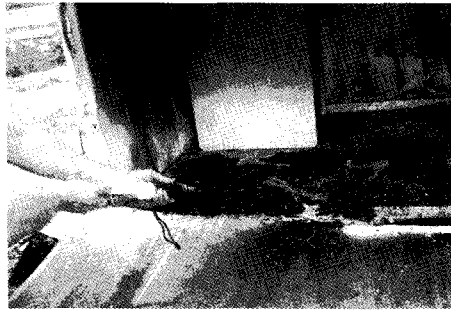


사진 32. 점화지점과 V패턴.

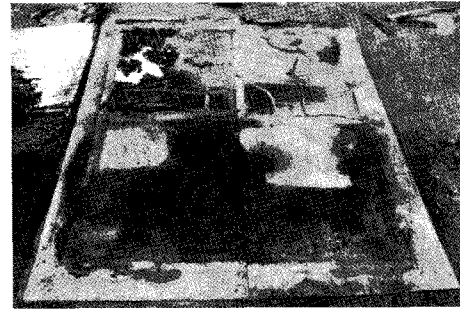


사진 33. 바닥의 탄화형태.



사진 34. 유증채취.

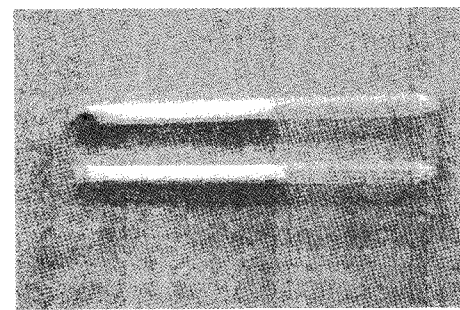


사진 35. 검지관(반응없음).

실험에서 보는 바와 같이 샌드위치패널의 화재는 시간의 경과에 따라 천정을 소훼시킨 후 패널과 패널의 접합부위를 침투하여 벽체의 스티로폼을 소훼시키며 열기를 통하여 근접한 방의 내부온도를 상승시키고 가연물의 양에 따라 바닥까지 소훼시키는 결과를 확인할 수 있었다.

실험결과를 바탕으로 소훼건물을 비교해 보면 빈방(이불 3채 정도), 작업자의 방(사계절 옷과 이불 및 가전제품), 휴게실(이불 4채 정도), 성00씨의 방(계절별 옷과 이불 및 집기류) 등은 가연물이 충분히 존재한 상태이며, 건물은 페이로터에 의해 훼손된 상태로 문의 틀이 틀어져 사무실을 제외한 방은 방문이 닫히지 않아 한 개의 개방공간이 형성되며, 숙소 좌측 출입구가 개방된 상태로 가연물의 양에 비례하게 충분한 산소공급이 이루어진 것으로 판단된다. 그러나 사무실용도의 방은 나머지 방과는 구획된 실로 벽체 및 가연물의 탄화정도, 건물내부 열기류의 이동에 따라 다른 방과는 상이한 탄화형태를 보

일 수 있다는 결론을 내리 수 있었으며, 쓰레기통에 버린 불씨에 의해 재 착화되어 건물전체로 연소 확대될 가능성을 배제 할 수는 없었다.

또한 조립식 샌드위치패널의 건축물은 열기류가 벽체의 스티로폼을 녹이면서 실내의 온도를 높이고 가연물에 착화되는 순서로 화재가 진행되는 연료지배형 화재⑥임이 확인되었다. 그리고 스티로폼이 탄화되면서 잔유물이 발생하며 잔류물은 내부로 흘러내리는 것은 흘러내리면서 탄화되며, 외부로 흘러내리는 것은 육안으로 식별되었으며, 내부로 흘러내린 것 중 일부가 벽체사이의 공간에 잔류하여 지속적으로 연소되는 것을 확인할 수 있었다.

### 4-3. 바닥 장판의 탄화형태

바닥의 탄화형태를 살펴보면 아래사진과 같으며, 바닥의 잔해물을 제거한 후 남은 흔적 중 특이한 점은 성00씨의 방 중앙, 통로의 중간부

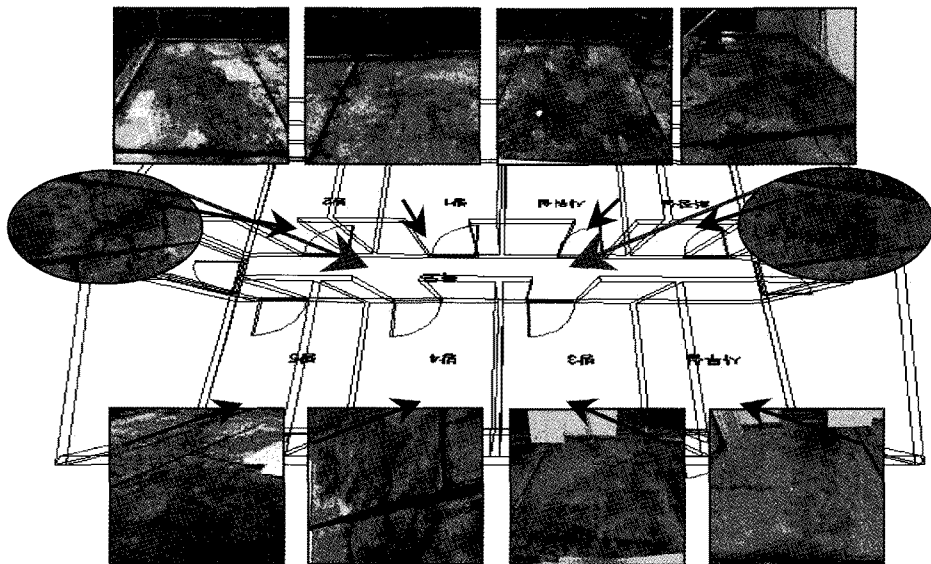


그림 6. 바닥의 연소형태.

6) 연료지배형 화재 : 열 방출속도와 발생속도가 연료의 특성에 지배되는 화재

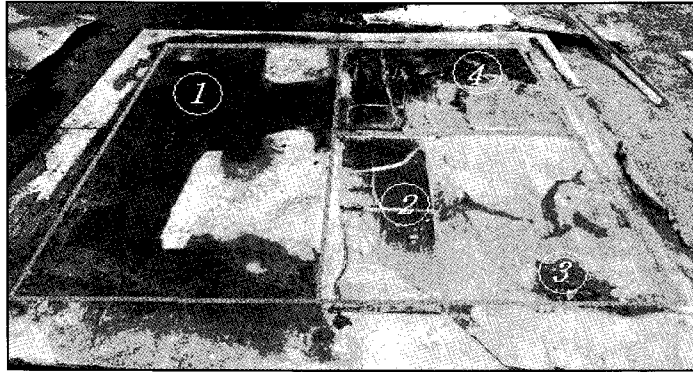


그림 7. 연소실험에 의해 나타난 바닥의 연소형태.

위, 사무실의 입구부위에 강한 탄화흔이 식별되었으며, 통로의 중앙부위는 바닥이 탈락된 흔적이 식별된 점으로 보아 가장 수열을 많이 받은 곳으로 식별된다.

연소실험에 의해 식별된 바닥 및 장판의 탄화 형태는 아래 그림과 같으며,

- ① 카펫류의 바닥재를 사용하였으며, 바닥까지 소화된 것이 식별되고 목재장식장이 있었던 부위는 탄화되지 않은 것으로 식별됨.

- ② 연소 확대되지 않았던 방으로 대류에 의해 탄화된 것으로 식별된다.

- ③ 이 지점은 경유를 약간 살포한 곳으로 경유의 자연발화점기에 도달하여 착화 탄화된 것으로 식별된다.

- ④ 경유 살포 후 직접 착화시킨 부위로 주위로 연소 확대되지 않았던 것은 주위에 가연물이 없어 자체소화된 것으로 식별됨.

화재현장과 실험의 결과물을 비교하여 감식하여 보면,

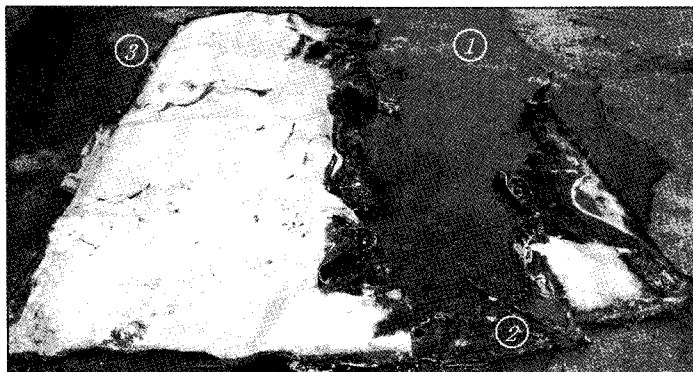


사진 36. 사무실바닥에서 수거한 장판.

- ① 사무실 출입구가 있었던 곳
- ② 사무실 책상 및 집기류가 있었던 곳
- ③ 정수기가 놓여 있던 곳

7) 경유의 특성 : 끓는점 200~350℃ 인화점 52℃ 자연발화점 260℃

건물내부에서 장판이 사용된 곳은 사무실, 사무실 옆의 빈방, 작업자의 방, 휴게용도의 방, 성 00씨의 방, 복도로 사무실을 제외한 방의 장판은 벽쪽으로 조금씩 남았거나, 물건이 놓여진 자리 위로 탄화되지 않는 장판이 식별될 뿐 모두 소훼되어 바닥의 전기패널이 보일 정도로 탄화되었지만 사무실용도의 방에서 수거한 장판만이

특이한 연소형태가 식별되었다.

현장에서 수거된 사무실바닥의 장판과 그와 유사한 두께 0.5mm의 비닐장판위에 가연성액체를 150ml를 약 1m의 높이에서 살포하여 착화하여 나타난 바닥소훼흔<sup>8)</sup>과 실험을 통하여 얻은 결과물을 사진을 통해 비교 감식하여 보면,

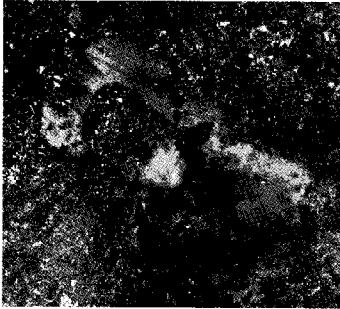


사진 37. 시너 살포.



사진 38. 휘발유 살포.



사진 39. 경유 살포.



사진 40. 복도의 장판.



사진 41. 사무실의 장판.



사진 42. 사무실의 장판.

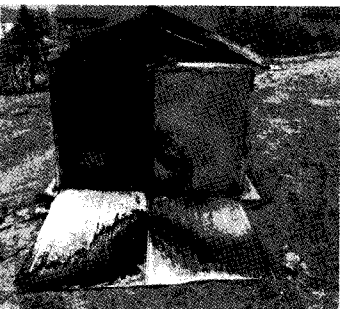


사진 43. 경유를 살포한 방.



사진 44. 경유살포 부위.



사진 45. 근접사진.

8) 가연성 액체에 의한 바닥재 소훼흔 연구(서울지방경찰청 이상준, 서울소방방재본부 황태연, 삼성화재 박한석) - (제9회) 한국화재조사학회 춘계정기 학술대회-





사진 46. 경유살포 후 탄화된 장판의 흔적.

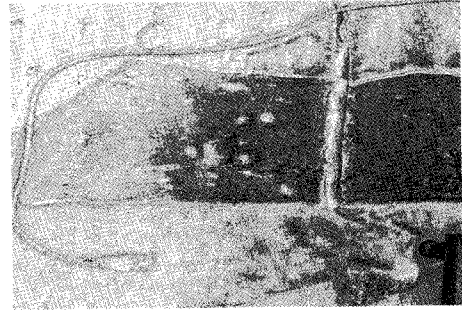


사진 47. 대류에 의해 탄화된 장판의 흔적.

끓는점(휘발유(가솔린)32~390℃ 시너(Thinner) 111℃ 경유(Diesel) 200~350℃)이 낮은 액체의 경우 기화되는 속도가 빨라 바닥의 탄화정도가 약하게 나타나며, 끓는점이 높을수록 기화되는 속도가 느려져서 바닥에 많은 열이 복사되어 탄화정도가 깊게 나타나는 형상을 알 수 있다. 사진에서 끓는점이 상대적으로 높은 경유가 주변의 가연물이 연소하면서 발생하는 복사열에 의해서서히 기화되면서 연소될 경우 바닥에서 상대적으로 깊은 탄화형상을 나타낸 것을 확인할 수 있다.

물론 화재현장의 가연물 등이 연소하면서 발생하는 소락물의 재연소 및 복사열에 의해 생성될 수 있는 추가 연소의 가능성이 충분히 고려하여 판단해야 하지만, 현장 사무실에서 수거된 장판의 탄화형태는 천정이 샌드위치패널로 처리된 점을 고려해 볼 때 화재로 인한 소락물은 없었던 것으로 식별되며, 앞의 연소실험에서 확인할 수 있는 것처럼 직접화염에 닿지는 않았지만 대류에 의해 바닥이 탄화할 수 있는 가능성은 충분하다. 그러나 가연성액체의 살포 후 바닥의 탄화흔에 관한 논문에서 경유살포 후 바닥의 탄화흔과 수거된 장판에서 식별되는 탄화흔적, 실험을 통하여 얻어지는 바닥의 탄화흔을 비교하

면 동일한 흔적으로 식별된다.

## V. 결 어

금번 사례를 통한 화재감식에서 발화개연성으로 배제되지 아니한 3가지 요인을 실제재현실험, 과거 학술논문 및 시험결과, 화재현장 감식결과를 비교분석한 결과 다음과 같은 결론에 이르게 되었다.

첫째, 성00씨가 취사를 위해 사용했다는 이동식 부탄연소기의 경우 고의로 이동식 부탄연소기의 직상부에 가연물을 방치하여 화재로 이어질 수 있겠지만 단순히 라면을 끓이기 위해 이동식부탄연소기를 사용하였다고 진술하였지만 현장에서 수거한 이동식 부탄연소기에는 조리용기를 올린 흔적이 식별되지 않으며, 성00씨가 만취상태에서 이동식 부탄연소기에 점화만 시켰을 가능성으로 발화개연성을 살펴보면 버너의 불꽃에서 발산하는 화염에 의한 복사열과 대류열만으로는 일정공간내의 온도를 상승시키기에 부족할 것이라 판단되며 실제 착화로 이어질 수 있는 내부환경을 만들 수 없다고 보여져 본건 화재원인에서 배제하였다.

둘째, 성00씨가 내부를 밝히기 위해 신문지에 불을 붙여 사용하고 종이박스에 버린 신문지에서 재 발화 가능성을 살펴보면 실험으로 도출된 결과처럼 열대류에 의해 바닥의 장판까지 탄화될 가능성은 충분하고, 조립식 샌드위치패널의 화재특징인 연료지배형 화재로 숙소내부의 가연물의 양을 고려해 볼 때 바닥의 탄화는 가능할 것으로 판단되며, 화재원인으로 과실에 의한 실화를 배제할 수는 없었다.

셋째, 인위적 유류살포 후 방화가능성을 검토해보면, 실험에서 도출된 경유살포 후 바닥의 탄화형태, 논문에서 확인된 탄화형태, 현장에서 수거된 사무실바닥의 장판의 탄화형태가 대류에 의해 나타나는 형태가 아닌 유류살포 후 나타난 탄화형태<sup>9)</sup>가 식별되었다.

상기 발화개연성과 연구논문 및 현장에서 수거된 증거물, 화재재현실험을 통하여 발화원인을 분석해보면 급번화재는 과실에 의한 실화와 고의에 의한 방화로 화재원인을 좁힐 수 있으며, 화재재현실험에서 나타난 장판에 살포된 경유의 탄화 흔적과 유사한 사무실바닥의 탄화흔을 감식 근거로 화재원인을 방화로 추정할 수 있었다.

급번 화재실험을 통하여 조립식 샌드위치패널의 연소형태 및 패널사이의 대류현상, 벽체의 탄화형태, 바닥의 연소현상과 탄화형태 등 실험의 부수적인 사실도 확인할 수 있었다. 특히하게 room②의 바닥에 나타난 탄화형태나 경유를 살포 착화시킨 부분에 가스채취기를 사용하여 검지관 반응을 확인한 바, 검지관의 변화가 나타나지 않았던 점, 탄화한 장판과 그 주위의 인화성 액체의 취향이 감지되지 않은 점 등 화재실험을 통하여 기존 화재현장에서 볼 수 없었고 이해할

수 없었던 특이한 현상과 가스채취기에 대한 신뢰도를 다시 한번 생각하게 하였다.

일선 화재현장에서 사용된 장비에 대해 정확한 반응이 나타날 것이라는 믿음보다는 현장상황 및 소훼형태 등 정확한 감식을 통하여 현장 증거물을 수거하여 과학적인 실험과 분석을 통하여 화재원인을 입증해야 될 것이다.

조립식 샌드위치패널 건축물의 화재는 연료지배형화재로 화재발생 후 단시간에 진화하지 않으면 화재진압 후 최초 발화지점, 탄화형태 등을 식별하기 어려우며, 화재의 진행방향을 감식하지 못하게 된다. 모든 화재가 그렇겠지만 특히 조립식 샌드위치 패널 건축물의 화재는 화재시간이 경과함에 따라 현장 증거물은 남아있지 않게 된다. 화재조사관은 일련의 감식과정을 통하여 화재의 원인을 판단 또는 추정하고, 또한 이러한 자료는 PL법과 관련하여 법정증거자료로 제시되고 있다. 하지만 소방의 화재 조사자료가 법정 증거자료로 제시 되었을 때, 과연 증거로 제시할 수 있는 공신력이 담보된 자료인지 의문을 갖게 된다. 왜냐하면 이것은 증거물의 과학적인 입증이 없기 때문이다. 소방의 화재감식과 분석이 신뢰성을 얻고 확고한 자리매김을 할 수 있는 것은 현장에 대한 정확한 감식능력과 남아있는 증거물에 대한 과학적인 원인 입증이 필요하며 연구실에서의 분석과 지속적인 연구에 대한 자료들이 축적되어 이를 통하여 대내외적으로 힘을 얻을 때 소방에서의 화재조사는 공신력을 갖을 것이다.

9) 대류에 의한 탄화형태는 소훼되는 바닥의 경계면이 나타나지 않으며, 탄화의 정도가 매끄럽게 번져갔으며, 경유의 탄화형태는 경계면이 뚜렷이 보이고 일반적인 대류에 의한 탄화형태와는 구분됨.

## 참고문헌

1. 소방방재청 훈령 제106호, “화재조사 및 보고 규정”
2. 조남욱 외 3인, “샌드위치패널의 난연성능 평가에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집
3. 소방방재청, “샌드위치 패널 화재발생분석”, 2003~2004상반기중 발생한 화재를 분석
4. 이상준 외2인, “가연성 액체에 의한 바닥재 소훼흔 연구”, 제9회 한국화재조사학회 춘계 정기 학술대회