

IV. 사고조사

한국화재과학연구소
김만우 수석연구원

화재 사고의 조사는 대단히 경미한 것을 제외하고 한 두가지만을 보아 단편적으로 판단할 수 있는 것은 거의 존재하지 않기 때문에 종합적인 조사와 검토가 필요하다. 따라서 기업에서 어느 선까지 약식(略式) 조사를 해야 유효한가에 대한 답을 내리기는 매우 어렵지만 경험에 의하면 사안에 따라서 화재 발생에 관한 다소의 개연성(蓋然性)을 더듬어 구별하고 의문을 해소할 수 있는 것도 있다. 다만 그것은 조사자 자신이 어느 정도의 조사 기술 지식과 경험을 가지고 성의있게 대처하는가에 전적으로 달려있다.

(1) 질의와 탐문

소방과 경찰의 조사 또는 수사 내용은 현재 일반인이나 기업에 공개하지 않는 것이 관행이자 원칙이기 때문에 경우에 따라서는 법적 절차를 통한 정식 협조를 요구해야 하는 경우가 있다.

① 피해자, 발견자, 소화자

화재의 발생과 발견, 소화와 관련이 있는 모든 관계인을 통해서 그 당시의 상황을 질문하고 확인하되 개인별로 격리시켜서 실시한다.

- a. 제조물에 관한 것 발화원으로 지목된 제조물의 고장, 수리 유무, 중고품의 구매 여부, 당시의 취급 사항 등
- b. 목격시 상황
불의 위치, 불길의 강도, 불의 높이, 불의 색깔, 연기의 색깔, 불과 연기의 이동 방향, 폭발음의 유무, 형태 그리고 그 시점, 발견 동기 등
- c. 물건의 배치와 배열
화기, 열기, 각종 에너지원(火源)의 종류와 위치, 가구 및 기타 가연물의 종류, 위치 및 방치량 등의 상황, 인화성 또는 위험물의 방치, 보존 여부와 그 장소 등
- d. 방재, 방법 장치
화재 경보, 소화 설비, 방법 설비, 전기 보호 장치 등 방재, 방법 설비에 대한 작동 유무, 파손 여부를 확인하고, 이것들의 동작 또는 부동작의 상황을 화재에 대한 경계와 확대 방지의 역할을 했는가 그러하지 못했는가 그리고 그들 장치의 관리 및 대응 기관처의 적절한 조치 여부 등을 연결지어 조사한다.

② 부상자와 구급자

화재에 의한 부상은 당연히 화재 발생, 발견, 소화, 구조와의 조기성(早期性)과 깊은 관계가 있는 것이기 때문에 부상자와 구급인을 직접 대면해서 당시의 상황과 부상을 당하게된 동기, 부상 원인에 대한 의학적 소견 등을 모두 확인한다.

③ 소방

소방측의 사고 접수, 출동 과정, 현장 도착, 진화 과정, 잔화(殘火)처리 과정 및 현장 조사 내용, 관계자 질문 내용 등을 통해서 얻은 각종 관찰 및 청취사항, 사진과 비디오 촬영본, 도면 등의 종합적인 정보에 대해 협조를 요청 하고 내용을 상세하게 파악한다.

※ 잔화(殘火) : 소화 활동 후 꺼지지 않고 남아 있는 불씨.

- a. 접수 및 출화 일시
접수시의 특이 사항, 추정 출화 시각, 현장 도착 시각, 잔화 처리 시각, 진화 종료 시각, 현장 철수 시각
 - b. 발견과 소화 상황
발염(發焰)의 위치, 화재의 급속한 확대, 방수(放水)의 주요 방향과 중점 주수(注水) 대상 물체, 인화성 물질의 냄새, 침입 흔적, 경보 또는 소화 장치 파손 등 각각에 대한 목격 사실
 - c. 관계자의 확인
발견자, 신고자, 초기 소화자, 관리자, 기타 관련이 있는 주민, 통행인, 참여 기관 등의 관계자
 - d. 출화 관련
전기, 가스, 유류, 방화 등의 종류 및 출화 지점, 발화원 등
 - e. 대피 상황
사상자(死傷者), 대피 경로 및 당시의 그들과 대처 상황 등
 - f. 연소 확대 상황
불꽃의 색상, 연기의 색상, 불꽃과 연기의 흐름 방향, 불길의 강약, 폭발 등
 - g. 소방상의 문제점
화재를 일으키게된 원인, 화재가 확대하게된 요인, 화재를 진압하기 곤란 했던 요인, 법규의 위반, 관리의 부실 등 경보, 소화 및 기타 방재에 관련한 것
 - h. 화재 개요
화재 발생 원인으로부터 판정까지 주요 사항을 개략적으로 추려 정리한 소견
- ④ 경찰
경찰 수사 또는 감식이 선행된 경우, 경찰 조사 내용에 대한 소견의 협조를 받는다.
 - ⑤ 기타 기관
에너지의 공급과 소비에 관한 기록 사항, 정전 여부, 현장 조사 내용 등의 협조를 받는다.

(2) 현장 관찰 요령

화재 현장에 들어가서 관찰하고 조사할 때의 순서는 화재 현장 외곽의 관찰로 부터 시작, 지목하고 있는 제조물에 대한 관찰을 끝으로 종결해야 한다.

1) 일반적인 관찰 원칙

- ① 소손 수준이 약하거나, 미연소부와의 경계선에 해당하는 연소 외주부(외곽)로부터 소손이 심한 연소 중심부를 향해가며 관찰한다.
- ② 가급적이면 높은 곳에 올라가서 전체의 전경(全景)을 관찰한다.
- ③ 탄화(炭化)가 약한 부분으로부터 강한 부분을 향해가며 관찰한다.
- ④ 구조물의 전도(顛倒), 함몰, 붕괴 등 쓰러지거나 무너진 도괴(倒壞)의 방향 성을 관찰한다.
- ⑤ 국부적으로 심한 탄화, 소손 또는 소실된 부분을 관찰한다.
- ⑥ 불연재의 변색, 박리(剝離), 변형, 용융 등의 흔적과 정도를 관찰한다.
- ⑦ 연소 영역을 수직과 수평으로 구분해서 4분할과 바둑판의 모눈을 보듯이 나누고 정리하며 관찰한다.
- ⑧ 기름, 화학 약품 및 각종 특이 물질의 냄새 또는 그들 물질이 연소시에 발생하는 이상하고도 특별한 냄새나 유흔의 형성 유무를 확인한다.
- ⑨ 건축물의 내부 구조, 내부 설비 및 물체의 배치와 배열, 창 등과 같은 개구부(開口部)의 개폐 상태 등을 고려한 화염과 연기의 흐름과 매연 흡착 상태를 관찰한다.

■ 제조물의 안전사고와 대응(6) ■

⑩ 연소 잔해물의 낙하순

공간내 각종 구조재들의 연소 낙하 잔해가 바닥으로부터 쌓인 순서를 확인 해서 발화원과 발화부의 위치 및 방향을 추적한다.

- ※ 탄화(炭化) : 숯처럼 검게 소손된 것을 포함해서 재로 변한 상태.
- ※ 박리(剝離) : 겹집이 벗겨지는 것. 예를 들면 벽지, 페인트 도포층이 불로 인해서 들고 일어나거나 벗겨지는 현상.
- ※ 유흔(油痕) : 미끈(미연소 기름)하거나 끈적(기름의 연소 부산물)한 기름기.

2) 세부적인 관찰 요령

① 목재의 소손

건자재중 나무에서 공통적으로 나타나는 탄화와 균열(龜裂)의 강약 특성을 보고 판단한다.

- 탄화한 면이 요철(凹凸)이 많고 거칠수록 강한 연소부이다.
- 탄화 모양을 형성하고 있는 패인 골의 폭이 넓을수록 강한 연소부이다.
- 패인 골의 깊이가 깊을수록 강한 연소부이다.
- 불에 오래도록 심한 열로 연소될수록 탄화의 깊이는 깊어진다.
- 무염 연소가 유염 연소보다 타 들어가는 것이 깊다.
- 나무의 표면층에서 연소가 강했던 것은 일반적으로 박리(剝離)된 부분이 많고 깊으며, 박리편(剝離片)의 면적이 비교적 작고 표면의 거칠기가 거세며, 박리부가 여기 저기 흩어져 있는 것이 특징이다.

- ※ 균열(龜裂) : 나무의 표면이 마치 거북이의 등이나 가문속 논바닥과 같이 금이 가고 갈라져 있는 것.
- ※ 무염 연소(無炎燃燒) · 유염 연소(有炎燃燒) : 무염이란 담뱃불과 같이 불꽃이 없는 것, 유염이란ライター불과 같이 불꽃이 있는 것으로 그와 같은 상태에서 각기 불타고 있는 상태.

② 유리의 파쇄와 낙하 방향

판형 유리가 깨져서 조각이 나는 경우 열이 가해지는 방향으로 떨어질 가능성이 높고, 열이 먼저 또는 상대적으로 어느 한 점에서 집중성을 가지고 가해지는 부위의 균열은 좁지만 열이 전달되거나 유리의 파괴 충격이 유리 자체를 통해 전해지는 부위는 균열이 넓다. 또한 파 단된 측면은 새의 깃털처럼 빗살의 반원호의 반쪽에 가까운 무늬를 가지게 되는데 그 때 원호의 둘레 변에서 중심측 변의 방향이 불이나 열이 가해진 방향이고, 원호가 넓게 개방 되는 측이 열이 전달된 방향이다.

- ※ 반원호(半圓弧)의 반쪽 : 원을 지름으로 2등분한 한 쪽의 반.

③ 플라스틱의 소손

플라스틱의 연소는 열을 받아서 연화(軟化), 용융(熔融), 탄화(炭化) 후, 소실(燒失)에 이른다. 이것들은 일단 연소가 시작되면 외부에서 열의 공급없이도 자기 스스로 연소가 계속되지만 일부에는 자신의 화염만으로는 충분한 열분해를 일으키지 못해 열원(熱源)을 제거하면 연소가 바로 중지되는 난연 성(難燃性)의 것도 있다. 플라스틱은 열이나 불이 가까이 하면 영향을 받는 방향에서부터 녹게 되고, 플라스틱이 필름처럼 얇은 것이라면 열이나 불이 가해지는 반대 방향으로 휘어지며 굽는 현상이 발생하는데, 이것들은 모두 화재나 열의 방향성을 제시해 주는 단서가 된다.

a. 연화

열을 받으면 물러지기 시작하면서 자체 무게인 자중(自重) 또는 무게를 떠받치며 지탱하고 있던 하중(荷重)의 크기에 따라 그 편으로 형체가 급속히 붕괴되든가, 아래로 떨어지며 연소한다.

b. 용융

물리진 플라스틱을 더욱 가열하면 점점 녹아 아래로 흐르고, 결국은 그의 본체(本體)로부터 이탈되고 만다. 이 때 녹는 방향의 차이가 수열(受熱)과 소손의 강약으로 나타난다. 소실되는 시간은 보통 나무보다 짧고 흔적을 남기는 것이 적기 때문에 남아 있는 부분이 있다면 그것의 정도를 살펴서 강약을 판별(判別)한다.

※ 수열(受熱): 변색, 변형, 박리, 용융 등을 일으킬 때 받게 되는 열.

④ 금속의 변화

a. 변색

페인트가 칠해진 금속 일부에 열이 가해지면 우선 열이 가해진 부분의 페인트층이 타서 그을음층이 생긴다. 이후 가열 부분이 넓어져 온도가 상승하면 그을음이 소실되면서 페인트층은 하얀 재로 변한 후 재 또한 완전히 소실되거나 떨어진다. 가열된 철은 고유의 독특한 색에서 검푸른색, 자주빛의 가지색 또는 금속의 바탕색이 나타나고, 이후 시간이 흐르면서 황색 또는 갈색의 부식층(腐蝕層)이 형성되는데, 이것은 열을 보다 강하게 받은 곳에서 공기 또는 물에 의한 산화 작용에 따른 색상과 두께가 뚜렷하다.

b. 만곡

금속은 열을 받게 되면 늘어나며 각기 고유의 온도에 달하면 부드러워지는 연화(軟化) 상태가 되기 시작한다. 때문에 팽창하거나 이를 방해하는 힘 또는 자중(自重), 하중(荷重) 등과 연화(軟化)가 일어나는 이유로 인해 금속이 휘어지는 만곡(灣曲) 현상이 생기기 시작하기 때문에 만곡의 정도로 부터 수열(受熱)의 강약과 무게 하중과의 관계를 파악할 수 있는데, 보통의 금속들 대부분이 열이 가해지는 반대측으로 휘어지는 성질을 가지고 있다.

c. 용융

금속이 물리지면서 만곡이 시작되고, 각 금속이 가지는 용융점(熔融點)에 도달하면 녹기 시작하며, 용융 현상의 차이는 소손의 강약을 나타낸다.

⑤ 불연성 자재

a. 변색

화재시에 흡착되는 그을음은 연소의 연속에 의해 소실되면서 하얀 빛을 띤 바탕색으로 바뀌는데 백색에 가까운 만큼 연소가 강한 것이다.

b. 박리

콘크리트, 블록, 벽돌, 모르타르(Mortar) 등과 같이 시멘트를 재료로한 건 물의 불연성 건재류는 오랜 시간 동안 강렬한 화재열을 받을 경우 자재속의 수분이 단시간 안에 탈수(脫水)되므로, 원재질의 특성을 상실하며 푸석해져 연소 확대가 진행되어간 진행 방향의 추적이 가능해지는데, 망치같은 것으로 가볍게 두드려서 떨어져나가는 상태에 의해서도 확인이 가능하기도 하고, 신축 건물일수록 함유량(含水量)이 많아 잘 나타난다. 콘크리트 벽체 위에 모르타르가 도포되어 있으면 콘크리트 및 모르타르와의 사이는 비교적 떨어지기 쉬워 타일과 같은 경우 열을 받으면 쉽게 떨어 진다. 이처럼 박리와 박탈(剝脫)의 면적이 넓어지는 등 그의 현상이 심한 곳이 연소 작용이 강했던 곳이다.

※ 모르타르(Mortar): 시멘트와 모래를 섞어서 물에 갠 것을 말하며, 벽돌, 블록, 석재를 붙이는데 사용.

※ 박탈(剝脫): 얇게 벗겨지며 떨어지는 것.

⑥ 기타

일반적으로 발화부는 시간적인 경과상에서 볼 때 시작점이기 때문에 다른 범위보다 연소 시간이 상대적으로 길어질 수 있어 그 부분과 주변은 일반적으로 소훼가 심한 편이고, 가구 등이 발화부를 향해 쓰러지며 무너지는 현상이 발생하고, 유리창, 알루미늄 샷시와 같은 것은 화재 초기의 화재열로서 쉽게 떨어지거나 녹는 경우가 많다.

▶ 다음호에 계속