

발화원(發火源)의 감정(V)

- 가전제품의 발화와 감정 (1) -

김윤희 | 국립과학수사연구소 물리분석과장



1. 머리말

2002. 7. 1.부터 PL법이 시행되었다. 이 법은 1999. 11. 5. 국회에서 발의되어 1999. 12. 16. 국회 본회의를 통과, 법률 제6109호로 제조물 책임법이 확정되었으며, 2000. 1. 12. 공포되었다. 제조물책임법의 시행으로 제조물에 의해 일어나는 화재의 감정이나 판정에 세심한 주의가 요구되고 있다. 즉 발화되었다고 하더라도 이의 과정설명으로 제품상의 문제인지, 사용상의 문제인지, 아니면 안전상의 문제인지 명기되어야 한다. 이는 민사상 책임소재를 보다 명확히 해야 할 필요성이 증대된 것이기 때문이며, 관계자의 이의 신청, 즉 제조자는 부정적 의미에서, 피해자는 긍정적 의미에서 이의를 제기할 소지를 증대시켰다. 이에 조사자는 보다 명확하고 구체적으로 원인을 설명해야 한다. 충분한 답을 얻기 위해서는 제품의 기능이나 원리 또한 충분한 이해가 선행되어야 하며, 발화과정의 충분한 이해가 요구된다.

2. 전자제품

전자제품은 대부분 기본부품인 저항(발열체), 코일(자기력), 콘덴서, 반도체가 총체적으로 결합된 구조

목 차

- | | |
|---------|--------------|
| 1. 머리말 | 8. 전자레인지 |
| 2. 전자제품 | 9. 선풍기 |
| 3. TV | 10. 팬히터 |
| 4. 냉장고 | 11. 냉온풍기 |
| 5. 에어컨 | 12. 가스레인지 |
| 6. 세탁기 | 13. 부르스터 |
| 7. 전기밥솥 | 14. 심야 전기보일러 |

이며, 기계요소가 포함되어 있다. 이들에서의 화재는 대형건물의 전기배선에서 발화되는 것과 유사하다. 즉 단자간 트래킹 또는 흑연화, 콘덴서 열화에 의한 프린트 선상에 과전류 인가, 저항의 고열발생, 고온부에 절연피복접촉 단락 출화가 구체적 원인이지만 선행된 원인은 여러 가지가 있을 수 있다. 즉 제조상의 문제, 사용상의 문제, 관리상의 문제, 환경상의 문제 등이 따르게 되고 이의 판정은 보다 구체적인 설명이 요구된다.

3. TV

가. 기본회로와 발화

전원공급부, 영상 및 음성수신부, 변조증폭회로부, 수직수평동기회로, 영상 및 음성표시부인 브라운관과 스피커 부대회로로 콘트를 회로가 내장되어 있다. 화인과 관련지어 보면 고압부와 저압부로 나누어 생각할 수 있다. 즉 이는 고압에서 발생이 가능한 고압누전과 일반전로 및 부품에서의 저압누전, 트래킹, 접촉불량, 제어소자의 단락에 의한 과전류 인가, 발열소자의 과열 등에 의한 발화요인이 있다.

나. 발화위험성

(1) 고전압회로

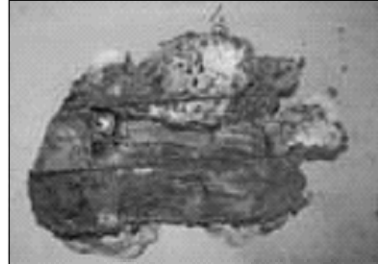
고전압회로에서는 프라이백 트랜스포머에 의해 10~20kv 정도의 매우 높은 고압이 발생되기 때문에 먼지 등이 부착되어 습기를 흡수하게 되면 절연기판이나 부품류의 표면에서 방전이 일어나게 된다. 일단 일어난 방전은 지속되기 쉽고 먼지나 배선 등 가연물에 착화하는 경우가 있다.

(2) 고압회로부

이외의 부품류에서는 절연열화나 접촉불량 등이



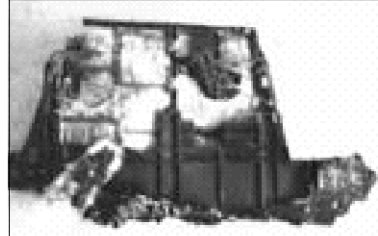
(사진 1)



(사진 2)



(사진 3)

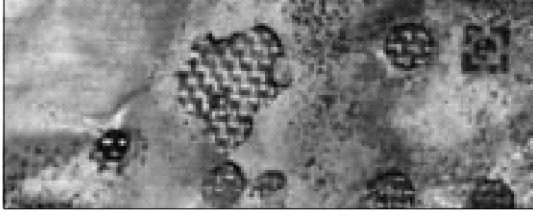


(사진 4)



(사진 5)

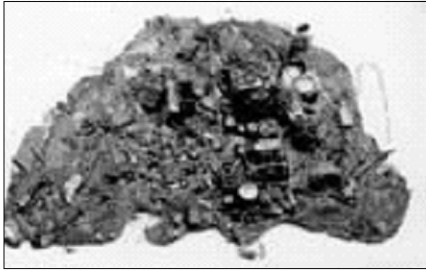
(사진 1) TV 위에 커닝은 촛불에 의해 연소
 (사진 2) TV 바닥부분 형태(화염연소)
 (사진 3) 심하게 연소된 TV
 (사진 4) 바닥부분의 국부적 소손흔
 (사진 5) 국부적으로 소손된 TV기판 형태



(사진 6) 저항의 과열로 형성된 기판손상



(사진 7)



(사진 8)

(사진 7) 눌림에 의한 코드손상 발화 연소형태
(사진 8) 코드눌림 손상 발화형태

원인이 되어 발화하게 되며 제어소자, 즉 콘덴서나 다이오드가 단락되면 발열소자인 저항이 과열되거나 연결된 프린트선이 과전류에 의해 부착된 먼지 등에 착화 발화된다.

다. 감식의 요령

현장감식시 최초 연소부위가 TV가 놓여 있었던 부분인가를 주변의 연소형상과 설치된 전선에서의 단락흔으로 확인한다.

특히 전원코드부분에서의 단락흔 등을 확인하여 이들 전선이 연소될 때 전원이 연결되어 있음을 확

인한다. 모든 가전제품 내부에서 발화·연소·확대되는 과정을 보면, 발화부분을 중심으로 기판부분이 국부적으로 과열되거나 연소되어 바닥케이스가 먼저 변형되고, 내부배선의 피복을 손상시켜 입력측 전선퓨즈가 용단된다. 퓨즈의 용단으로 내부의 회로나 배선에는 전원이 차단되나 전원퓨즈 이전의 전원코드에는 전원이 연결된 상태가 되어 확대되어감에 따라 전원코드의 피복이 소실되며 단락이 발생하게 된다.

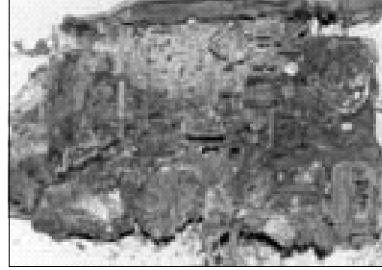
이 과정에서 TV의 내부기판과 바닥플라스틱 부분이 국부적으로 열변형되거나 연소된다. 외피가 플라스틱인 경우 받침대 부분으로 용융되기 때문에, 부분적인 소손인 경우 받침대와 용융된 플라스틱 사이에 천장으로부터 소략된 잔해가 남지 않으나, 외부에서 발화되어 천장으로 확대되고 낙하하는 불씨에 의하여 TV몸체에 착화 연소되는 경우 TV받침대와 TV몸체 플라스틱이 용융된 사이에 천장 연소잔해가 떨어져 흔적을 남긴다.

(1) TV를 중심으로 연소확대된 것인가 확인한다.

TV를 중심으로 연소되어 'V' 패턴을 나타내면 TV로부터 발화, 연소, 확대되었을 가능성이 있으므로 전체적인 연소형태가 표현될 수 있도록 사진으로 기록한다. TV가 플라스틱 케이스로 되어있는 경우 다른 가연물보다 착화 연소되기 쉬우므로 자체에서 발화되지 않았어도 TV를 중심으로 'V' 패턴을 나타내므로 주의가 필요하다. 대부분 TV주변에는 비디오나 전화기 등 가전제품이 함께 놓이기 때문에 전체적으로 확인해야 한다. 멀티콘센트를 이용하여 이들 가전제품의 전원을 공통으로 사용하는 경우가 많으므로, TV의 정밀 분석이 필요하여 수거할 경우 멀티콘센트를 포함한 일체를 수거할 필요가 있다.

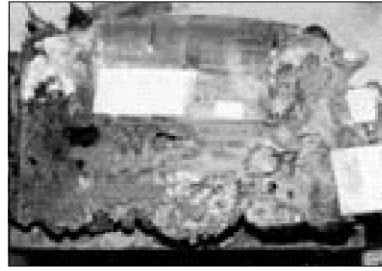
(2) 바닥부분 연소 및 용융형태를 확인한다.

TV 연소잔해를 뒤집어 바닥부분을 관찰하여 용융된 플라스틱 잔해가 남아 있으면 소락순서를 확인할 수 있는 흔적이 남게 된다. 또한 바닥기판 부분에 접한 부분에서 국부적인 연소형태가 남는다.



(3) 전원코드의 단락여부 확인

자체에서 발화되었다면 전원코드에는 대부분 단락흔이 남게 된다. 보통 멀티콘센트를 이용하여 다른 가전품과 함께 연결하여 사용하므로 다른 가전품의 전원코드에서도 단락흔이 형성되기 때문에 TV의 전원코드 확인이 어려운 경우 전체를 수거하여 비교검사를 해야 한다.



(4) 퓨즈의 상태 확인

퓨즈는 석영유리를 이용한 관형퓨즈를 이용하므로 심하게 연소되었어도 잔해가 원형을 유지하며 과전류 용단인지 단순 단선인지의 확인이 용이하다. 테스터를 이용하여 확인하는 경우 대부분 단선으로 확인된다. 이는 퓨즈의 연결부위가 납땜으로 되어 있어 화재열기로 용융 단선되기 때문인데 육안으로 보아 과전류 용단인 경우 용단하는 순간의 스파크 발생으로 비산된 흔적을 남기게 된다.



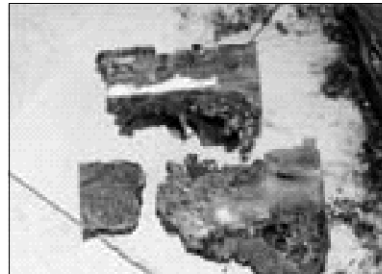
(5) 불완전 접촉개소의 발열흔적 확인

실제 발화위험이 가장 높은 경우가 일반 전기화재에서와 마찬가지로 불완전 접촉 발열이다. 따라서 스위치부분, 커넥터부분, 결선부분 등 불완전 접촉이 일어날 위험이 있는 곳을 확인한다.



(6) 발열소자 및 개소를 확인

퓨즈의 과전류 용단이 확인되었으면 내부 어디에 선가 단락이나 과전류 회로가 구성되었다는 의미가



[사진 9] 플라이백 트랜스 부분에서 출화



(사진 10) 프린트기판에 습기유입에 의해 소자 단자간 절연파괴로 발화된 예

다. 그러나 대부분의 경우 내부 소자의 이상으로 퓨즈가 용단되면 고장상태가 되고 발화되지는 않으나, 발화된 경우 퓨즈의 용단은 내부 배선간의 단락이며 발화되기 위해서는 용단 이전에 발열부분이 존재하고 이로 인해 발화 또는 과열되어 배선간의 단락으로 퓨즈가 용단되는 것이므로 국부적인 소손부분이 있게 된다.

국부적인 소손부분은 발열소자인 저항, 코일과 프린트선의 과전류에 의한 용단형태로 나타나며, 재료 자체가 대부분 불연재이므로 회화된 형태를 나타낸다. 발열소자나 프린트선 등이 과열되는 경우는 제어소자인 반도체나 콘덴서의 단락과 소자단자간의 트래킹이 원인이 된다.

(7) 회로검사를 통한 발화요인의 검토

과열된 발열소자나 프린트선이 있다면 과전류가 인가된 것이므로 회로상에서 발열부분에 과전류가 인가될 수 있는 가능성을 검토한다. 발열부분은 제어소자가 단락된 부분이나 트래킹이 발생한 부분과는 다른 부위에 위치하는 경우가 많다. 예로 고전압 유입으로 정류회로의 다이오드가 단락되면 인접한

노파회로의 저항이 과열되거나 불기 등의 유입으로 저항체 단자간 트래킹이 일어나면 발열부분은 부하측의 프린트선 중 가장 가는 부분이 발열부분이 되며, IC의 내부가 과열되기도 한다.

(8) 제어소자의 상태확인

회로상에서 발열된 부분에 과전류가 인가된 이유가 제어소자의 단락인 경우 전해콘덴서는 내부 알루미늄박이 부풀어오른 형태를 나타내며, 종이콘덴서와 같은 것은 나선상의 풀림 형태를 나타내기도 하나 세라믹콘덴서나 다이오드는 외형상 변형이 일어나지 않는다. 따라서 이들의 확인이 필요하나 실제 상황에서는 심하게 연소·소실되거나 열변형되어 확인이 불가능한 경우가 대부분이다.

(9) 확대경로의 확인

발열소자가 과열되거나 프린트기선 등에서 과열되어도 불연재로 되어 있어 직접 착화되지는 않는다. 이들에서의 발열은 주변의 온도를 상승시키고 가연성 절연피복으로 되어있는 내부코드의 피복을 손상시켜 단락이 일어나며, 이때 발생하는 불꽃에 의해 자체절연피복에 착화하거나 쌓여있는 먼지 등에 착화한다. 착화 연소되면 난연성인 프린트기판이나 소자가 이미 과열되어 고온화 상태가 되므로 연소 후 잔해의 형태는 국부적인 회화형태를 남긴다.

(10) 발화원인의 검토

대부분의 경우 불완전접촉 발열, 이물질 유입에 의한 트래킹, 고전압유입, 콘덴서의 열화, 다이오드의 단락 등이 원인이 되며, 실제 화재로 발전하는 경우는 불완전접촉 발열이나 이물질 유입에 의한 트래킹이 많다. (4)

(다음호에 계속)