

발화원(發火源)의 감정(V)

- 가전제품의 발화와 감정(3) -

김윤희 | 국립과학수사연구소 물리분석과장

(지난호에 이어서)



7. 전기발של

전기발של은 중은용 히터의 대표적인 전열기로 내장된 히터의 발열을 온도 제어장치로 제어하게 되어 있고, 자체에 가연물이 내장되어 있어 자체가 문제가 되는 것은 모두 제어장치의 고장에 의한 것이다. 그러나 실제 발화되는 경우는 제어장치의 고장보다는 전원코드의 절연피복 손상이나 반단선, 자체 내에 내장된 배선기구상의 전기적 발열 즉 트래킹, 흑연화, 접촉불량 등이 원인이 되어 일어난다.

기본구조는 전기히터와 제어장치로 구성되어 있으며, 히터는 씨즈히터 가열방식과 자기유도가열방식이 있고 어느 것이나 기본적으로 온도퓨즈, 바이메탈방식의 온도컨트롤 장치, 표시부가 내장되어 있다.

가. 발화 예

(1) 온도퓨즈 이상에 의한 전기발של의 과열 발화 예
씨즈히터 타입의 전기발של 과열에 의한 형태는 쉽게 확인할 수 있다. 내부 발של을 들어내고 보면 씨즈히터의 용융형태가 특이한 모양을 나타내기 때문이다. 즉 히터를 싸고 있는 몰딩은 알루미늄으로 되어있어 히터 선을 따라 용융된 형태를 나타내게 된다. 히터부분이

목 차

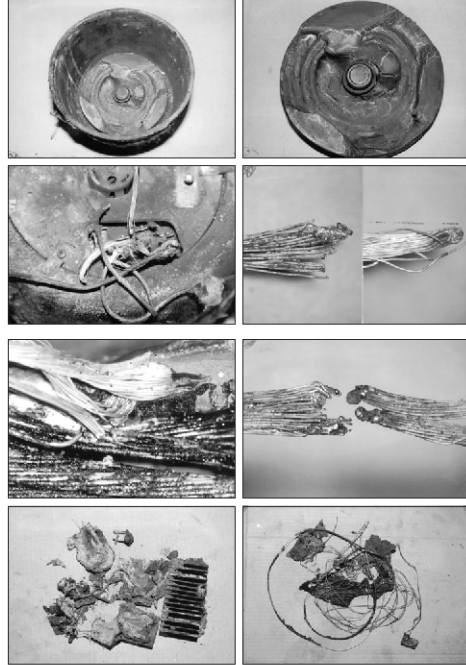
- | | |
|----------|--------------|
| 1. 머리말 | 8. 전자레인지 |
| 2. 전자제품 | 9. 선풍기 |
| 3. TV | 10. 팬히터 |
| 4. 냉장고 | 11. 냉온풍기 |
| 5. 에어컨 | 12. 가스레인지 |
| 6. 세탁기 | 13. 부르스터 |
| 7. 전기발של | 14. 심야 전기보일러 |

과열로 녹는 경우는 모두 내장된 온도퓨즈의 기능이 상실되어 일어나고, 온도퓨즈가 기능을 상실하는 경우는 내장된 스프링의 조립불량인 경우가 있으며, 금속인 외장케이스와 절연체인 애자 부분의 접합부에서 트래킹이 발생 과열된 경우가 있다.

(2) 유도코일방식의 코일 선간 단락에 의한 발화 예
유도코일의 선간 단락이 발생하는 경우 내장된 안전장치의 작동에 관계없이 자체 가연물에 착화 발화하는데, 이는 순간적으로 단락부분에서의 국부적 과열현상이 일어나 스파크가 발생하게 되고 이 불씨가 연소되기 쉬운 내장된 기관 부분의 부품에 인화된 것으로 추정된다. 코일의 선간 단락이 일어나는 것은 아직 뚜렷한 원인이 밝혀지지 않고 있지만 자체에서 발생하는 고주파에 의해 절연이 파괴되는 것으로 추정된다.

(3) 보온히터의 단락 용착에 의한 발화 예
보온히터의 결선부위 인접부분에서 자체발열로 절연이 파괴되며 몸체와의 사이에서 단락이 일어나 발화한 예이다. 이는 히터선의 불균일 또는 변형 등에 의한 것으로 추정되며 자체는 불연성이나 외부의 가연물을 지속적으로 가열시켜 착화되는 것으로 추정된다. 이 경우 자체에 내장된 과열보호장치는 제 기능을 발휘하지 못하게 되는데 이는 전류퓨즈나 누전 또는 과전류 차단기가 불완전 접촉발열이나 트래킹 등에 의한 발화를 예방하지 못하는 것과 같은 이치이다.

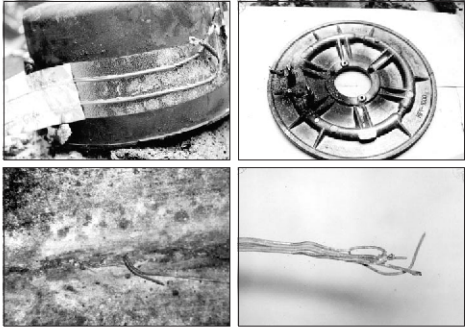
(4) 배선기구 불완전 접촉에 의한 발열로 발화된 예
모든 전기제품이 다 그렇듯이 배선기구가 내장되어 있고 배선기구에는 접점이나 연결부분이 있기 마련이다. 연결부분이나 접점에서의 불완전 접촉은



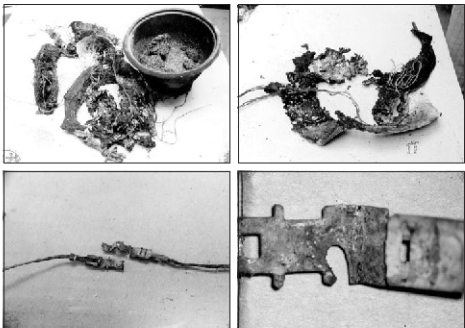
(사진 21) 자체 과열에 의한 발화시 남을 수 있는 밀면 히터의 용융 상태와 전원코드의 단락흔이 나타나 있으나 기타 잔해가 완전 유실되어 구체적 확인은 불가능한 경우.
(사진 22) 유도코일방식의 코일 선간 단락에 의한 발화 예

전기화재의 주된 원인이 되므로 전기밥솥이라고 예외일 수는 없다. 접점에서의 불완전 접촉은 절연체를 탄화시키고 근접한 단자간 트래킹을 유발시킨다. 직접 접촉되지 않고 지속적으로 스파크가 발생하므로 난연성 재질이라도 착화된다. [사진 24]에서와 같이 터미널 단자간 불완전 접촉으로 절연체가 탄화되고 이로 인해 트래킹이 일어나게 되면 단자부분 일부분이 용융된 형태로 나타난다.

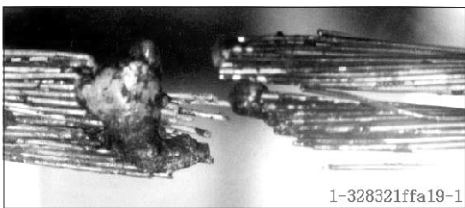
(5) 전원코드의 절연파괴에 의한 단락 발화 예
전기밥솥과 같은 전열기의 전원코드는 대부분 석면코드와 같은 고온용이 사용되지만 일반 가연성 피복으로 된 전열기도 많이 존재한다. 전원코드의



[사진 23]



[사진 24]



[사진 25]

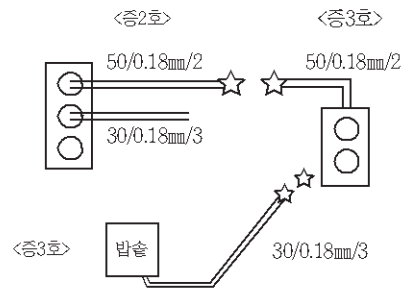
[사진 23] 보온히터의 단락 용착에 의한 발화 예
 [사진 24] 배선기구 불완전 접촉에 의한 발열로 발화된 예
 [사진 25] 전원축, 부하축

절연피복이 전열기의 발열로 연화되기 쉽고 또한 무게가 있어 압축되거나 이동 등에 의해 물체사이에 끼어 손상을 입게 되면 일반 배선에서의 합선과 같이 단락이 일어나며 발화하게 된다.

전기밥솥과 같은 가전제품은 대부분 멀티콘센트를 이용 연결하여 사용하게 되며, 멀티콘센트는 여러 개의 전기제품이 연결되어 있기 마련이다. 대개의 경우 어느 한 부분에서 발화되어도 수 곳에서 단락흔이 형성되므로, 감식에서의 문제는 수 개의 단

락흔 중 어느 부분이 발화된 부분인가 판별하고 또한 발화된 부분이 어떠한 이유로 단락되었는가를 판단하여야 한다.

감정은 먼저 규격과 형상으로 회로를 구성하게 되는데 도박으로 분리되는 경우 용융흔의 크기로 전원축과 부하축을 구분할 수도 있다.



[그림 1] 배선 조 및 단락부분

[그림 1]에서와 같이 회로를 그려놓고 보면 증1호 전기밥솥의 전원코드 단락부분이 제일 먼저 발생한 것을 알 수 있고 2차적으로 증2호와 증3호의 연결코드가 단락된 것을 알 수 있는데 이는 증2호 벽의 매입콘센트에 연결하는 콘센트이기 때문에 증2호와 증3호 연결코드의 단락이 일어난 후 증3호와 증1호간의 코드에서는 단락이 생길 수 없으나 증1호와 증3호 연결코드의 단락이 일어난 후에도 증2호와 3호의 연결코드에서는 단락이 일어날 수 있기 때문이다. [사진 25, 26]에서도 알 수 있듯이 2호와 3호간의 코드단락은 깨끗한 형태를 나타내고 있으나, 증1호와 2호사이의 단락은 변색되어 있고 1호 코드의 길이로 보아 3호 콘센트에 삽입된 플러그인 접부분에서 단락된 것을 알 수 있다. 특히 동의 부식 형태인 녹색을 볼 수 있는데 이는 장시간 노출을 의미하므로 어떠한 이유로 장시간 공기 중에 노출되어 있었을 것인 바 접촉 부분이므로 불완전접촉 발열에 의한 피복손상과 구부러지기 쉬운 부분이므로

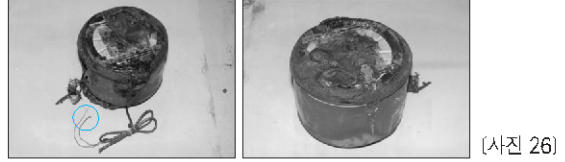
반단선을 생각할 수 있다. 이를 확인하기 위해 증3호 콘센트를 분해 검사한 결과 불완전접촉에 의한 발열흔적이 식별되지 않으므로 구부러지기 쉬운 부분에서의 피복변형이나 반단선에 의한 발화로 볼 수 있으나 직접 이를 확인할 수 있는 단락부분은 유실된 것으로 볼 수 있다. 완전한 입증을 위해서는 현장감식에서 이들 잔해 전체를 수거해야 하지만, 실제 진화작업에서 사진에서와 같이 도막으로 분리된 최초 단락부분의 수거는 용이하지 않다.

나. 감식요령

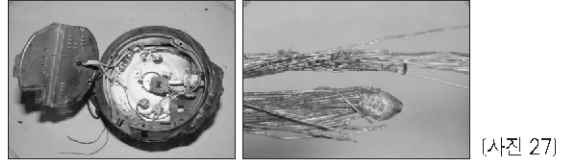
예에서 보는 바와 같이 전기밥솥에서의 발화는 자체에서 발화되기도 하지만 연결코드에서 발화하기도 하므로, 현장감식에서 최초 발화부위가 전기밥솥 부분이라면 대부분 전자레인이나 커피포트, 식기 건조기 등 다른 전자제품과 함께 사용된다. 따라서 먼저 연소되지 않은 전자제품은 배제시켜주되, 연결코드의 상태는 구체적으로 파악하여 회로를 구성하고 연소된 코드잔해는 가능한 한 모두 수거하여야 한다. 만약 전기밥솥 자체가 발화원으로 판정되었다면 입증을 위해 다음과 같은 사항을 확인한다.

- (1) 전원코드에서 단락흔이 형성되어 있는가를 확인한다.
- (2) 열판의 변형형태를 확인하여 과열흔적이 있으면 온도퓨즈와 온도조절장치 등의 잔해를 수거하여 감정한다.
- (3) 내부 배선상의 접점, 연결부 등에서의 단락흔을 검사한다. 임의 수리 등에 의한 내부 배선의 결선이나 부품의 교환 잘못으로 발화되는 경우가 있다.

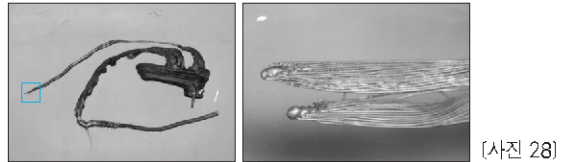
모든 전기제품이 마찬가지이지만 고장상태가 방치되었다가 현장에서 연소되어 잔해로 발견되는 경우가 있다. 전기제품의 고장은 주로 열선의 단선, 부



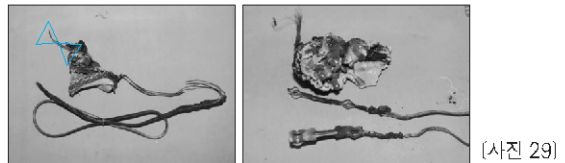
[사진 26]



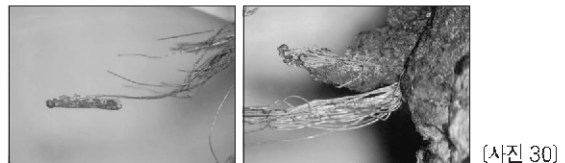
[사진 27]



[사진 28]



[사진 29]

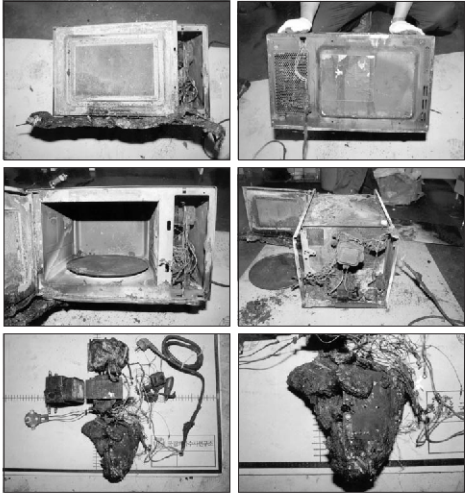


[사진 30]

(사진 26) 증1호(전기밥솥)의 형태
 (사진 27) 사진 25의 ○부분
 (사진 28) 증2호(콘센트와 코드)
 (사진 29) 증3호(콘센트와 플러그)
 (사진 30) 사진 28의 △, ▽부분

품의 단선, 접점부분에서의 용착이나 단락분리, 접속개소에서의 불완전 접촉에 의한 단락 등의 원인으로 인해 회로가 차단된 경우이므로, 고장상태가 잔해에 쌓여 있으면 감정 시 혼동할 수 있다.

최초 발화된 경우의 단락부위나 불완전 접촉 발열부분은 주변가연물이 회화된 상태가 되며, 발열 부분은 흑색으로 착색되고, 1차 고장상태에서 방치된 경우에는 공기 중에 노출된 시간이 길어 내부 동선이 청색으로 벽색 된다. 단순히 제품 하나만을 감



(사진 31) 전자레인지 연소형태

정하는 경우 형상의 설명으로 제한되며, 발화여부의 직접적 해석은 피해야 한다.

8. 전자레인지

전자레인은 내부에 마그네트론(magnetron)이라고 부르는 심장부에서 전파를 방출하며, 이 전파는 2,450MHz로 진동하게 된다. 모든 물체에는 저마다 고유진동수라는 것이 있는데, 이 고유진동수에 해당되는 전파나 파동에너지를 흡수하는 성질이 있다. 이런 성질을 공진현상이라고 하는데 전자레인지에서 내는 전파의 진동수는 물의 진동수와 같기 때문에 물분자가 이 전파의 에너지를 흡수하는 공진 현상이 일어나게 되며, 이 때문에 물분자가 진동·충돌하여 마찰열이 생겨 식품 전체를 따뜻하게 하므로 에너지 손실이 거의 없이 전기에너지가 효율적으로 열에너지로 바뀔 수 있는 것이다.

전자레인지에 식품을 넣고 가열할 때 종이, 유리, 세라믹 등으로 만들어진 그릇이나 플라스틱 그릇은

마이크로파를 흡수하지 않고 투과시키므로 안전한데 이는 그릇 자체는 가열되지 않기 때문이다. 그러나 금속은 거울처럼 마이크로파를 반사하는 성질을 지니고 있기 때문에 전자레인지에 금속 그릇을 넣고 가열시키면, 마이크로파가 그릇 표면에서 반사되면서 금속의 전자를 떼어낸다. 그러므로 전자레인지에 금속 그릇을 넣으면 방전현상(스파크)이 일어나고, 마이크로파 생성 장치에 너무 많은 전류가 흐르게 되기 때문에 내부부품이 과열될 수도 있다.

은박지나 일회용 라면의 뚜껑에는 알루미늄과 같은 금속이 있으므로 마이크로파가 반사되어 빛이 나며, 알루미늄 호일로 짠 식품을 전자레인지에 넣으면 스파크가 일어나고, 알루미늄 호일이 사방으로 튀기도 한다.

전자레인은 몸체나 내부 부품 대부분이 불연성으로 되어있어 자체에서 발화되어도 외부로 확대되어 화재로 발전하지는 않는다. 전자레인지에서 발화되는 것은 가열물과 금속을 함께 넣고 작동시키는 경우인데 금속편이 있는 옷가지나 금속단추가 달린 의류를 급히 말리려고 전자레인지에 넣고 가동시킨 경우가 있으며, 2002년 발생한 타이어공장 화재도 가열물인 생고무에 이물질이 섞여있어 가열 중 발화되자 방화문을 개방시켜 화재로 발전한 예가 있다. 전자레인지 또한 내부에 접점과 접속부가 있어 용착이나 불완전접촉 등에 의한 고열발열이 있게 되나 자체가 불연재이므로 발화되지는 않는다. 그러나 먼지가 쌓여있게 되면 먼지에 착화되어 발화될 수 있으며, 먼지가 쌓여있는 고압부에 불기가 유입되면 고압누전에 의한 발화위험이 있다. 감정 시에는 대부분의 발화가 금속이 혼입된 가열물을 넣고 가동시키는 경우이므로 내부 잔해의 세심한 관찰이 필요하다. Ⓜ

(다음호에 계속)