

# 발화원(發火源)의 감정(V)

## - 가전제품의 발화와 감정 (5) -

지난 호에 이어서

### 10. 팬히터



김 윤 회  
국립과학수사연구소  
물리분석과장

석유를 원료로 하는 팬히터는 내부에 연소기가 있고 전기모터를 이용하여 연소열기를 외부로 공급하도록 되어있으며, 자체 몸체 내부에 연료통이 장착되어 있어 대부분 연소시 심하게 연소되어 철제부분만 남게 된다. 팬히터에서의 발화는 열평형 상태의 불균형으로 연료통이 가열되고 이로부터 발생하는 유증에 착화되어 급격히 연소가 확대되는 경우와, 내장된 전기부품이나 회로상에서의 전기적 발열로 착화 발화되는 경우가 있다.

내장된 전기배선기구는 대부분 불연성재료로 되어있어 전기적 발열로 발화되는 경우보다는 열평형 붕괴로 인한 유증발생과 이에 착화 발화되는 경우인데, 열평형 붕괴의 원인은 벽에 밀착시켜 사용하거나 열풍구 부분에 장애물이 놓여 송풍이 잘 안되는 경우, 팬의 회전이 불량하고 내장된 과열방지장치가 고장난 경우에 한해서 발생한다. 따라서 대부분 연료통이 이상과열 되어 유증이 발생하고 이에 착화되는 경우이다.

또한 수리나 연료보충 후 몸체나 연료통 주변에 누출된 연료가 증발 유증이 된 상태에서 점화하면 정상적인 연소실부분에서의 화염 이외에 다른 화염이 생성되어

#### < 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 |

[사진 52]



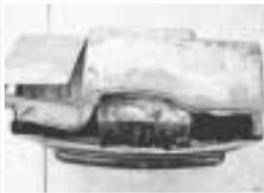
[사진 53]



[사진 54]



[사진 55]



[사진 56]



[사진 57]



[사진 58]



[사진 59]



[사진 52] 팬히터 주변의 연소형태

[사진 54] 팬히터 외형

[사진 56] 팬히터 내부 형태

[사진 58] 연소실부분 형태

[사진 53] 현장의 팬히터 형태

[사진 55] 팬히터 상단 형태

[사진 57] 송풍모터의 분해형태

[사진 59] 연소통부분의 그늘음

착화하는데, 이때는 착화즉시 심한 냄새와 연기를 동반하는 등 사전 징후가 있게 마련이다. 발화된 팬히터의 특징은 비교적 적색으로 부식되고 전원코드에 단락흔이 형성되며, 연소실부분에 그늘음이 끼이거나 연료통 부분의 안착부분을 중심으로 국부적으로 그을린 흔적이 남게 된다. 그러나 연소된 팬히터

잔해 자체만으로 발화 입증은 용이하지 않으므로 현장상황과 사전 징후 등을 종합 판단하여야 한다.

최근 전기팬히터가 많이 사용되고 있는데, 이는 일반 전열기에서의 화재와 유사한 원리인 팬을 이용하여 전기히터에서의 발열을 밖으로 불어내는 것이다. 자체에 과열보호장치가 있어 과열로 발화되지는 않지만 전기제품이므로 배선 및 배선기구에서의 불완전 접촉, 트래킹, 그라파이트 등에 의해 발화될 수 있다. 자체에 사용되는 전기배선은 대부분 불연성, 난연성 코드가 사용되므로 이에 착화되기보다는 흡착되어 쌓이는 먼지에 착화된다.

### 가. 감정사례 1

2003. 11. 28. 11:55경 안산 가구점 내에서 발생한 화재는 내부배선 연결 커넥터 부분에서의 불완전 접촉발열로 발화된 것이다. 연소된 잔해는 외장 케이스인 열가소성 플라스틱이 용융되어 뭉쳐진 형태를 만들고 국부적으로 연소되어 탄분이 남아있으며, 그 이면에는 용융된 바닥부분이 비교적 순수한 용융물 형태를 보인다. 대부분의 경우 내부 배선에서 단락흔 수 개를 볼 수 있다. 단순히 내부배선에서의 단락으로 발화된 경우는 드물며, 대부분 발열위험이 높은 접속부나 고정부 등에서 먼저 절연과괴 원인을 제공하므로 미세한 발열흔적이라도 세심히 관찰하여야 한다.

[사진 65]에서와 같이 매우 작은 내부 배선의 연결 커넥터 부분에서 불완전 접촉발열흔적이 발견되게 되는데, 이는 단순한 연소 등에 의한 절연과괴로 형성되는 것이 아니기 때문에 이에서의 발열이 인접

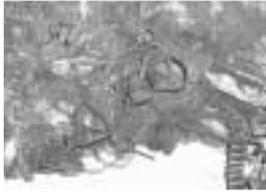
[사진 60]



[사진 61]



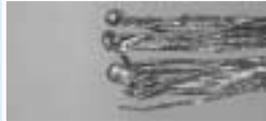
[사진 62]



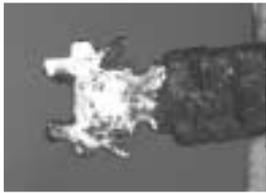
[사진 63]



[사진 64]



[사진 65]



[사진 66]



[사진 67]



[사진 68]



[사진 60] 전기히터의 연소형태

[사진 62] 내부배선의 단락흔

[사진 64] 내부배선의 단락흔

[사진 65] 내부배선 접속부 발열흔

[사진 67] 모터의 연소형태

[사진 61] 바닥부분의 연소형태

[사진 63] 전기히터의 완전 분해사진

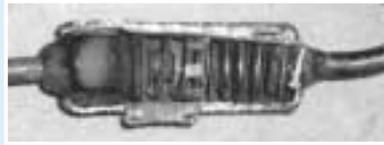
[사진 66] 세라믹히터의 형태

[사진 68] 모터의 분해사진

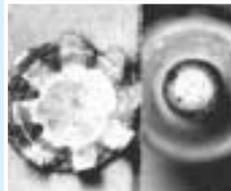
코드의 절연피복을 손상시키는 원인이 되었을 것이다. 또한 자체 발열체는 가연물이 없는 불연재로 되어있어 과열되어도 발화까지 가기는 어려울 것이다. 그러나 간혹 과열흔적을 보이는 경우가 있는데 이때는 과열원인이 히터 자체에 있는 것이 아니라 제어계통, 즉 냉각 팬의 이상, 과열보호장치의 고장이나 온도퓨즈 이상이 원인이므로 이를 확인하여야 한다. 동 건의 경우 온도퓨즈는 외열에 의해 용단되었으며, 송풍모터는 이상이 없었다.

온도퓨즈가 자체과열로 용단되는 경우는 접점부분에 나타나는 단락흔으로 구분하게 되는데 [사진 70]과 같이 외열로 용단된 경우는 전원이 차단된 상태에서 접점이 분리되므로 단락흔이 형성되지 않지만, 전원이 연결된 상태, 즉 자체과열로 온도퓨즈가 용단되는 경우에는 [사진 71]과 같이 접점에서 단락이 일어나 흔적을 남기게 되므로 온도퓨즈 분해 접점의 상태를 현미경으로 관찰하면 자체과열 여부를 확인할 수 있다.

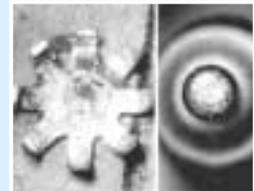
[사진 69]



[사진 70]



[사진 71]



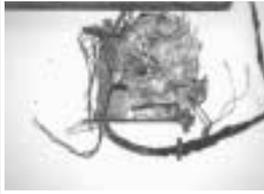
[사진 69] 온도퓨즈의 내부구조

[사진 70] 외열로 용단된 온도퓨즈 접점 [사진 71] 통전상태에서 용단된 접점

[사진 72]



[사진 73]



[사진 74]



[사진 75]



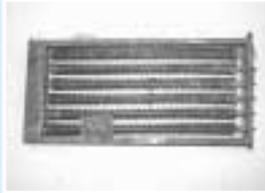
[사진 76]



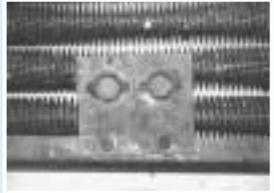
[사진 77]



[사진 78]



[사진 79]



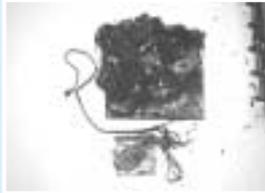
[사진 80]



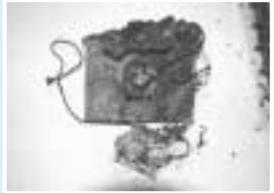
[사진 81]



[사진 82]



[사진 83]



[사진 84]



[사진 85]



[사진 86]



[사진 87]



[사진 72] 연소된 전기팬히터 잔해  
[사진 76] 온도설정 스위치의 형태  
[사진 80] 히터 전원선 연결부분 형태  
[사진 84] 공기조절스위치의 근접사진

[사진 73] 온도조절부분의 근접사진  
[사진 77] 온도설정 스위치의 형태  
[사진 81] 히터 반대측 단자부 근접사진  
[사진 85] 공기조절스위치 이면 근접사진

[사진 74] 팬히터 전선의 잔해  
[사진 78] 히터의 형태  
[사진 82] 공기조절 스위치 연소잔류물  
[사진 86] 제시된 내부배선 및 릴레이

[사진 75] 내부배선 단락흔  
[사진 79] 히터에 부착된 온도감지센서  
[사진 83] 공기조절 스위치 연소잔류물  
[사진 87] 퓨즈와 단락흔이 있는 배선

대부분의 온도퓨즈는 발화점보다 훨씬 낮은 온도로 설정되므로 정상작동한 경우 발화까지는 가지 않지만, 간혹 이의 불량으로 발화되기도 한다. 발화된 것의 입증이 충분한 경우 내장된 온도퓨즈는 대부분 정상적인 외열 용융상태를 보이는데 이는 배선이나 배선기구 등에서의 트래킹, 불완전 접촉, 그래파이

트와 같은 전기적 발화인 경우이며, 니크롬선, 가는 열선이나 코일, 모터 권선 등과 같은 발열체의 전기적 발열로 용단된 경우는 퓨즈의 이상에 의한 경우이다.

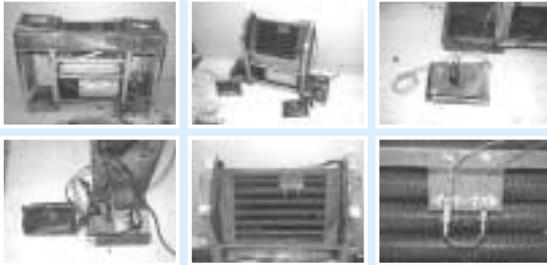
[사진 88]



[사진 89]



[사진 90]



[사진 88] 퓨즈 확대사진

[사진 89] 배선의 단락흔

[사진 90] 비교품의 형태

## 나. 감정사례 2

2004. 1. 16. 18:40경 S 병원에서 발생한 화재는 전기팬히터에서의 발화 예로, 가연물이 별로 없는 히터지만 최초연소부분 중심에 있던 팬히터는 상대적으로 심한 연소형태를 보이고 있다. 스위치의 확인결과 켜짐상태에서 연소된 형태이고, 내부 배선에서 단락흔이 식별되는 것으로 보아 동일형 팬히터와 비교시 단락흔이 형성된 배선은 전원입력부분이며, 관형퓨즈가 과전류 용단 형태를 보이고 있어(사진 88 참조) 자체에서의 발화로 볼 수 있었다.

내장된 2단의 과열보호장치는 자체과열을 충분히 예방할 수 있었을 것이므로 과열에 의한 발화가능성은 희박하며, 특히 소손상태가 심한 공기조절스위치 부분의 흔적으로 보아 유실된 공기조절스위치 연결 단자부분에서의 전기적 발열에 의해 인접한 배선의 절연피복이 손상되고 단락이 일어나며 퓨즈가 과전

류 용단된 것으로 볼 수 있다.

퓨즈의 과전류 용단은 퓨즈의 부하측 전선에서의 단락이 있었음을 의미하는 것이며, 이는 본 건 팬히터와 같이 과열안전장치가 내장된 전기히터에서 부하측의 누전이나 합선을 예방할 수는 있어도 전기적 발화를 원천적으로 예방하지는 못한다.

## 11. 냉온풍기

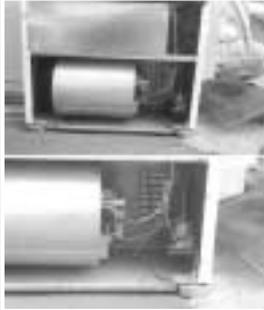
주로 업소나 사무실용으로 사용되는 온풍기는 내부에 석유연소기가 내장되어 있고 이에서 발생된 열을 송풍모터로 불어내어 이용하는 것으로 연소기와 전기제품이 합쳐진 것으로 보면 된다. 냉각기가 부착되어있어 냉난방을 겸할 수 있는 것도 있으며, 특히 유류를 사용하는 것이므로 액체연료를 사용하는 연소기의 검사와 같이 외관 연소형태가 중요하다. 이의 감정은 연소에서 일어나는 불완전 연소에 의한 열평형붕괴 형태, 즉 심한 그을음, 연료누설에 의한 발화 가능성 및 내부에 정체된 연료의 연소확대로 과열되는 경우도 있으며, 대부분 사전징후가 나타난다. ‘핑’ 하며 갑자기 전체가 화염에 휩싸이며 발화된 경우는 연료누설에 의한 유증 발생과 역화에 의한 착화로 발화된 경우이다. 심한 냄새가 나다가 발화된 경우는 연소실 내부에 미연연료가 남아 있다가 이의 연소로 과열되어 작동이 중지되며, 불완전 연소와 잔여열기에 의한 연료의 증발로 심한 냄새가 발생, 2차적 점화불씨에 의하여 착화외부로 화염이 유출 발화한다.

사전징후 없이 일어나는 경우는 내부 전기배선 및 설비가 내장되어있어 이에서의 전기적 발화이며, 자

[사진 91]



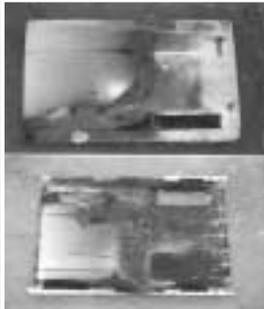
[사진 92]



[사진 93]



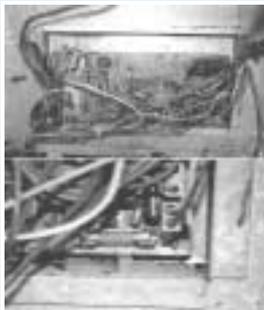
[사진 94]



[사진 95]



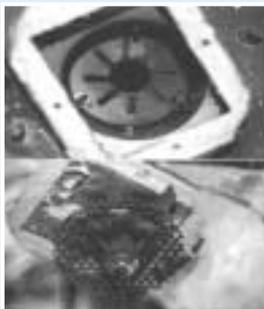
[사진 96]



[사진 97]



[사진 98]



체에서의 전기적 발화의 경우는 일반 전기제품에서의 입증과 같은 방법으로 검사한다. 이 경우 전기배선이나 부품에서 발열흔적을 확인할 수 있는데, 특히 모터 인접부분의 배선에서 모터 진동에 의한 피복의 마찰손상이나 조립과정에서 케이스 등에 배선이 끼이는 경우 손상으로 발화된다.

내장된 전기배선이나 부품에서 특이한 이상이 없으면 연소기의 화재와 같이 발화된 특징이 남게 되며, [사진 91] ~ [사진 94]와 같이 자체에서는 특이한 이상이 식별되지 않지만 누설된 연료의 2차적 연소로 바닥이나 받침대에 유류에 의한 연소형태(사진 94 참조)를 남기게 되므로 연료계통의 잔해를 필히 수거·검토하여야 한다.

휘발유를 주입하는 것과 같이 연료오용인 경우에는 잔해에 특별한 이상흔적을 남기지 않으므로 현장에서의 발화부 입증과 관계인의 진술 및 자체 발화특징이 없다는 잔해검사 결과를 종합 판단하여야 한다.

현장에서 수거한 잔해로부터 발화된 것이 맞는지 확인하는 것은 현장에서 이루어져야 한다. 이는 연소 변형되거나 결정적 증거가 유실되는 경우가 많기 때문이다. 발화된 발화원 잔해를 놓고 발화원인이 무엇인가 밝히는 것이 감정의 목적이 되어야 한다. ㉞

〈다음 호에 계속〉

[사진 91] 온풍기 이면 내부형태  
[사진 93] 연소된 온풍기 외관  
[사진 95] 온풍기 이면의 연소형태  
[사진 97] 내부 연소기부분의 형태

[사진 92] 온풍기 팬부분의 형태  
[사진 94] 온풍기 받침대의 연소형태  
[사진 96] 온풍기 내부 컨트롤 기판 형태  
[사진 98] 연소기 분해형태