

냉온수기 화재원인과 발화 유형

1. 냉온수기

냉온수기 화재는 과년호에서 필자가 다루었던 “빌딩화재의 조사와 특징” 중 “음식점/상가” 편에서 간단히 다루었던 부분이지만 냉온수기 화재에 대한 충분한 설명의 공간으로는 부족했고, 좀 더 자세한 설명으로 가정, 사업장 등에서 폭넓게 사용되는 냉온수기에 대한 화재에 대하여 화재 조사자나 이용자들에게 도움이 되고자 선정해 보았다. 냉온수기는 가정이나 식당, 사무실 등에서 널리 이용되는 가전 제품이다. 이 제품에서 화재와 관련될만한 장치는 기본적인 배선을 포함하여 냉수와 관련된 냉각계통과 온수를 만드는 가열 장치일 것이다. 이들의 이상(異常)은 화재원인이 되는 전기적 발열을 일으키거나 고온부의 가연물 접촉에 의한 화재위험을 가져올 수 있다. 따라서 예방측면에서는 사람의 관찰에서 보호되지 않을 때는 전원을 꺼두는 것이 안전하며, 평상시 이용에는 발열이 예상되는 부분에 먼지가 끼거나 습기 등이 침투하지 못하도록 관리하고 무엇보다 중요한 것은 유사시 피해를 줄이기 위해 가연물과 이격해 설치하는 것이다. 이는 어려운 것도 아니고 조금만 신경 쓰면 큰 화를 면할 수 있는 방법이며, 돈도 들지 않는 경제적인 화재 예방법 중 기본이다.

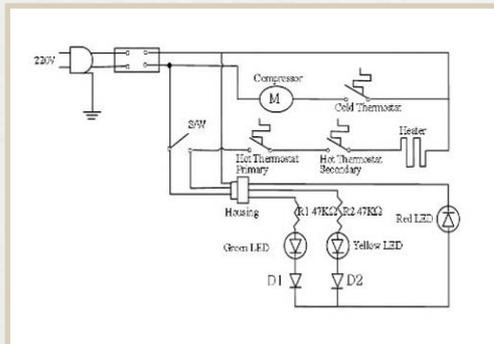


〈그림1〉 냉온수기의 한 모형

2. 냉온수기의 구조와 종류

(1) 냉온수기의 구조

냉온수기는 기본적으로 냉수 온수를 공급하는 기본형과 정수필터가 장착되어 정수기 기능을 하는 냉온정수기로 분류된다. 냉온정수기는 냉온수기에 정수기능이 추가된 것으로 화재를 일으키는 인자는 크게 다르지 않다. 이들은 모두 온수기능을 하는 부분과 냉매에 의한 냉각기능이 포함



〈그림2〉 냉온수기의 회로도 한 예

되어 있어서 온수의 온도를 제어하는 부분은 항상 고온상태의 환경을 갖게 되고 냉수의 경우에는 냉매를 주기적으로 압축 순환시키는 컴프레서 등의 기계 구조로 되어 있다. 또한 냉온수기는 24시간 작동을 시켜 놓는 곳이 대부분이고 사용시간 이외에도 가열과 냉각이 지속적으로 반복되는 특징을 가진다. 냉온수기의 구체적 구조를 보면 기기의 외형을 구성하는 본체(Body), 물을 데워주는 히터(Heater), 물을 냉각시키는

냉각기(Cooler), 물 배관, 내부 배선(Wiring), 전원스위치(S/W) 등이 기본적으로 장착되고 기능에 따라 부가적으로 추가된다(그림 2) 외형을 구성하는 몸체는 대부분 금속으로 사용되어 쉽게 연소되지는 않으나, 외장에 도포된 도장성분이 쉽게 착화되는 물질이다.

(2) 온수통의 온도 유지 기능

언제나 가장 많이 사용하는 따뜻한 커피물을 제공하는 온수를 유지하기 위해서는 일정 온도 이하에서 회로를 연결시켜 가열하고 특정온도 이상에서는 회로를 끊어주는 역할을 하는 서모스탯(Thermostat)이 온수통에 부착되어 작동을 한다.

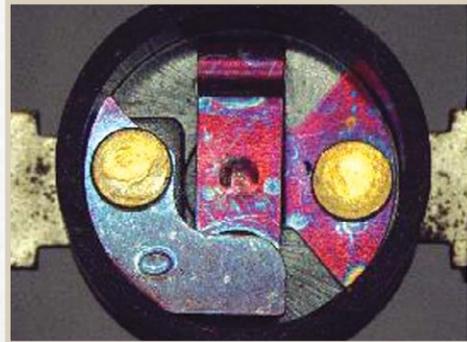
서모스탯은 액체팽창식이나 바이메탈식의 가동 방식이 많이 사용되며, 주로 문제가 되는 것은 바이메탈식 서모스탯이다. 냉온수기에는 일반적으로 직렬로 2개를 연결하여 1차(Primary)에서 정온 기능을 하고 2차(Secondary)에서 온도퓨즈 기능을 한다.(그림 3)

(3) 바이메탈(Bimetal)식 서모스탯

선팽창계수가 다른 두 장의 합금판을 맞붙여 온도변화에 따라 스위치 접점을 보유한 바이메탈이 한쪽으로 굽어질 때 이의 변형이 스위치를 개폐하여 회로를 단속(斷續)하는 것이다. 바이메탈에 사용되는 합금은 팽창계수가 작은 쪽은 니켈의 합금, 큰 쪽은 구리-아연, 니켈-망간-철, 니켈-몰리브덴-철 등과 같은 합금이다.(그림 4)



〈그림3〉 온수통의 1, 2차 서모스탯 연소 형태



〈그림4〉 정상적인 서모스탯 내부

(4) 냉각통의 냉각 기능

일반 전기냉장고와 같이 압축기로 냉매를 압축하여 기화시키는 방식으로 전기냉장고와 그 원리가 같다고 할 수 있다. 냉매를 이용하여 압축한 후 기화시키는 순환을 통해 주변의 열을 흡수하여 냉각통의 냉수 온도를 유지한다. 따라서 냉매를 순환시키는 압축기는 주기적으로 작동하게 된다.

(5) 전원 공급기능

전원 공급은 대부분 220V 상용전압을 사용하며, 기기에 따라 전원 코드 인입구에 전원 퓨즈가 장착된 것, 배선용차단기를 이용한 전원차단스위치가 설치되어 있는 것, 또는 이들 두개가 동시

에 설치되어 있는 것 등이 있다. 따라서 이들이 설치되어 있는 기기는 내부의 일시적 배선의 합선 등으로 전원이 쉽게 차단될 수 있다. 또한 이는 내부의 전기적 특이점을 나타내주는 지표로 활용될 수 있다.

3. 냉온수기 화재의 유형

(1) 냉온수기의 연소 형태

냉온수기는 앞서 언급되었듯이 기기 몸체 자체는 가연물이 충분하지 않기 때문에 온수 보온통이나 내부 배선, 몸체 도장 등 제한적인 착화 요건을 가지고 있다.(그림 5) 반면 외부에는 벽면이나 가구 인접부분 등은 가연물의 연소 전달 매개가 되어 화재 확대 요인으로 작용할 수 있다.(그림 6)

따라서 냉온수기의 설치 환경이 화재의 규모를 결정한다고 볼 수 있다. 냉온수기가 다른 가연물과 충분히 이격되어 설치된다면 때로는 냉온수기 홀로 타는 것에 그칠 수도 있고, 반면에 책상 등의 목재 가구류에 접한다면 연소 확대를 쉽게 촉진시킬 수 있을 것이다.



〈그림5〉 내부 일부 연소 냉온수기

(2) 냉온수기의 발화 유형

냉온수기의 대표적 발화로는 온수통의 서모스탯의 과열이다. 이는 24시간 반복적 가동에 따른 극간 접점부 부실화에 의한 이상 통전이나 절연물의 절연파괴에 의한 트래킹 형태의 발열 등이 있다.

서모스탯의 케이스 절연물 절연파괴는 매우 서서히 진행되며 때로는 온도 정온기의 고장형태로 발견되지만 이것이 착화되어 발화되면 화재로 이어지는 것이다.

발화된 서모스탯은 그렇지 않은 것과 확연히 구별된다.(그림 7) 금속 전극 판이 극간 전기적 발열로 불균일하게 그러나 국부적으로 용융된 형상을 남긴다.(그림 8)



〈그림6〉 외부 출화 연소 냉온수기

또 하나의 전기적 발열 유형으로는 내부 배선의 자체 합선이나 금속 케이스와의 절연파괴 형태이다.(그림 9) 이때는 절연피복이나 내부의 먼지 등에 착화되어 연소가 확대될 수 있다.

내부 배선의 전기합선흔은 내부의 기타 원인으로 발화되어도 전원이 살아있으면 쉽게 합선흔을 남길 수 있음을 유의하여야 한다.



〈그림7〉 연소되었으나 정상인 서모스탯 전극



〈그림8〉 전기적 용융흔을 남긴 서모스탯 전극



〈그림9〉 내부배선의 금속부에 의한 절연파괴

4. 냉온수기 화재의 조사 요점

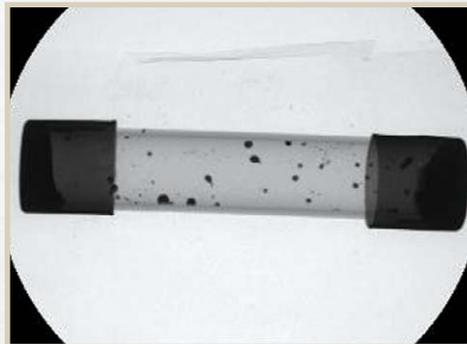
(1) 냉온수기의 발화 여부

냉온수기의 발화 여부는 냉온수기가 홀로 연소된 경우라면 쉽게 추정하여 검사에 임할 수 있지만 연소 범위와 정도가 넓고 심한 경우는 발화지점 축소에는 화재현장의 감식 기법이 적용되어 연소 형상과 도괴, 탄화심도, 연소 진행방향 등에 대한 종합적 고려가 진행되고 결정적으로 기기의 통전 여부가 최소한의 조건으로 만족하여야 한다.

그러기 위해서는 전원코드에서의 전기합선이 나타나면 가장 일반적인 통전 입증이 될 수 있다. 또한 외부 화염에 의한 전원코드의 연소 합선보다 먼저 기기 내부에서 어떤 이유에서든 발화되어 내부 배선이 합선되었다면 전원 인입부의 전원 퓨즈(그림 10)가 단절되어 내부에 비산되는 것이 중요한 특이점이다.(그림 11)



〈그림10〉 냉온수기의 뒤면 전원퓨즈 장착부



〈그림11〉 전원퓨즈의 내부 비산 흔적(과전류)

(2) 발화원인 물증 확보

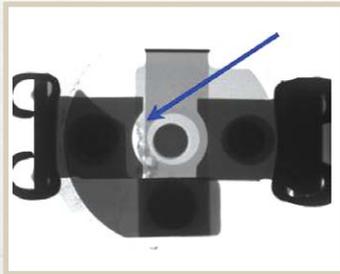
냉온수기가 여러 이유에서 발화 가능성이 있다면 현장에서 증거로서 확보되어야 한다. 바람직한 것은 냉온수기 자체가 크게 옮기기 어렵지 않은 것이기 때문에 연소물 전체를 수거하여 조명 등의 시설이 좋은 환경에서 정밀 검사하는 것이다. 이와 같이 수거할 때는 앞서 설명했던 퓨즈나 내부배선, 서모스탯 등이 유실되지 않도록 하는 것이 중요하다. 따라서 현장조사 당시 어느 정도의 부품에 대한 검사가 이루어져야 물증확보도 확실해진다고 보면 된다.

(3) 물증에 대한 특이점 검사

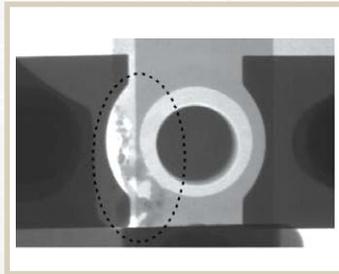
전기배선에서의 합선흔은 그것이 자체 발화원인인지 또는 그 이전에 다른 발화원이 있는지는 배선 자체 검사에서는 유보해 놓고 서모스탯이나 압축기 단자 등의 발화 가능물질에 대한 검사가 이루어져야 한다.

이때는 내부 합선흔 이외의 다른 발화원이 없는 경우라면 합선부위가 발화원일 가능성이 많고, 합선에 이르게 된 절연파괴 원인이 무엇인지 배선 구조에서 밝히면 된다.

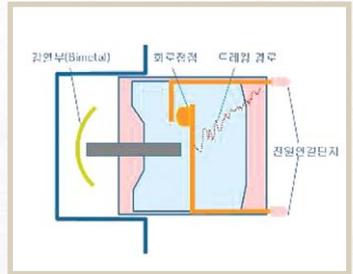
앞서 퓨즈 검사와 마찬가지로 서모스탯의 1차 검사에서도 상황에 따라 분해 검사가 증거를 변형시킬 수도 있는 만큼 장비가 있다면 x-ray를 이용하여 연소된 모양 그대로 내부를 먼저 살펴보면 증거 효력으로 더욱 가치가 있을 것이다. (그림 12, 13)



〈그림12〉 연소되었으나 정상인 서모스탯 전극



〈그림13〉 전기적 용융흔을 남긴 서모스탯 전극



〈그림14〉 내부배선의 금속부에 의한 절연파괴

5. 맺음

냉온수기에서 주로 발생하는 화재 원인과 특히 서모스탯의 발화 유형을 살펴보았다. 이들 전기적 발열의 초기에 해당하는 부분의 대부분이 온도조절장치인 서모스탯이지만 화재 조사자의 신중한 관찰이 있지 않으면 연소된 장치의 유실이나 변형으로 조사현장에서 이를 확인하지 못하게 되어 물증확보에 실패하고 만다.

이는 화재건의 물증 하나를 잃어버리는 단순한 일이 아니고 특정 화재의 정확한 화인을 놓치게 됨으로써 다른 원인으로 논쟁이 비화될 수 있다. 또한 냉온수기로 증명하여 중요 쟁점의 화재원인을 명쾌하게 배제할 수 있는 기회를 놓치게 된다.

또한 이것을 간과하는 경우 내부 발화 시 2차로 나타날 수 있는 전기합선을 화인으로 추정하는 오판의 가능성이 높다. 이와 같이 특정 기기의 화재원인 여부는 몇 가지 팁만으로 현장에서 쉽게 확인할 수 있음을 상기시키면서 냉온수기 화재에 대한 소고를 접고자 한다. ☺