

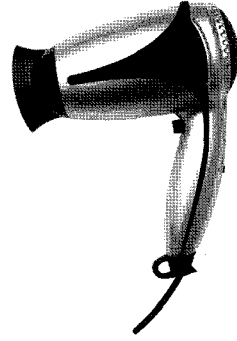
일반 가정용 모발건조기의 화재 사례



최 충 석
전주대학교 소방안전공학과 교수

1. 서론

한국전기안전공사 통계조사 보고에 의하면 2006년도에 발생한 화재는 31,778건으로 기타전기화재를 제외한 전기화재는 8,059건이 발생하여 25.4%의 점유율을 보이고 있다. 전체 전기화재는 9,392건으로 29.6%를 점유하였다. 일반전기화재로 분석하면 전년도와 비교하여 건수는 495건(5.8%)이 감소하였고, 인명피해는 14명(3.9%), 재산피해 또한 2,624백만원이 감소하였다. 일반전기화재는 일일 평균 22.1건이 발생하여 0.9명의 피해자와 109.4백만원의 재산피해가 발생하는 것으로 나타났으며, 전기화재로 분석하면 그 피해규모는 더욱 커짐을 볼 수 있다.



미국, 일본 등과 같은 선진국의 전기화재 점유율이 10~20% 정도인 것과 비교하면 아직도 높은 점유율을 보이고 있다. 이와 높은 점유율은 전기설비의 보완 요소도 있지만 화재조사 및 수사기법, 통계분류 방법 등의 문제점이 있음을 부인하기 어렵다. 전기화재 발생원인은 전기용품 부품재료의 취약으로 열과 충격에 취약한 부품을 사용하여 합선이나 누전에 의한 화재, 전기용품의 안전인증을 받지 않았거나 인증을 받은 전기용품을 임의로 변경하거나 설치에 의한 화재, 사용자가 전기에 대한 상식부족 및 취급 부주의로 인한 화재 등으로 나눌 수 있다. 전기용품 분야별 화재 발생 현황을 참고하면 전선 및 전기배선에 의한 화재가 전체의

절반 정도(50%)이며, 가전기기에 의한 화재가 26%, 조명기기가 14% 등의 순서로 발생하고 있다. 특히 가정에서 사용되는 가전기기의 집적화 및 사용 환경이 다양해짐에 따라 위험인자도 과거 10년 전에 비해 꾸준히 증가하고 있다. 일반 가정에서 사용되는 모발건조기는 코일형 히터에 강제로 공기를 흘려보내 온풍을 발생시키는 구조로 설계하여 사용하고 있다. 모발건조기는 열효율이 전기장판, 전자레인지 등의 가전기기에 비해 상대적으로 좋으나 부적절하게 사용하는 경우 감전 및 화재사고의 위험에 쉽게 노출되므로 전압, 용량 등에 대해 대부분의 나라에서 엄격하게 규정하고 있고 우리나라도 한국산업규격에 구조와 기능에 대해서 명확히 정의하고 있다.

따라서 본 논고에서는 일반 가정에서 사용되고 있는 모발건조기를 부주의로 방치되었을 때 발생한 화재의 확산패턴, 조사기법, 모발건조기의 구조 및 작동원리 등을 제시하여 동종 또는 유사 사고 예방에 기여하고자 한다.

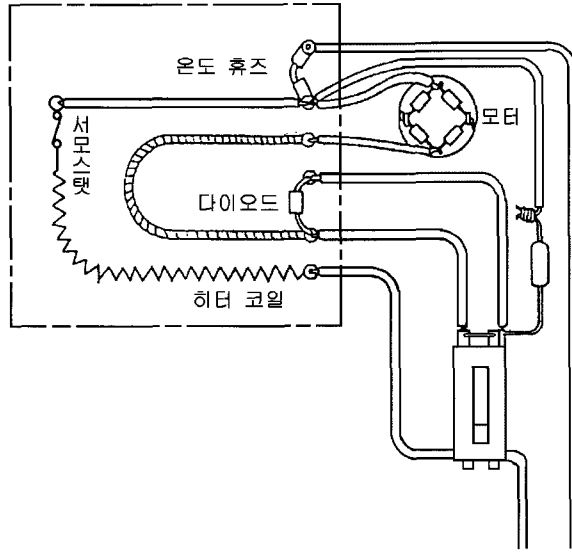
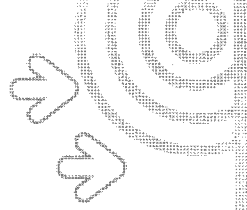
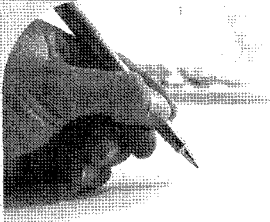
2. 구조와 기능

전기모발건조기(hand-hold hair dryer)의 적용범위는 한국산업규격(KS C 9311)에 기술된 전동송풍기와 전열장치를 내장한 손잡이 모양의 것으로 규정하고 있다. 국내에서 시판되는 대부분의 제품별 사양은 <표 1>과 같다.

<표 1> 전기모발건조기 제품별 사양

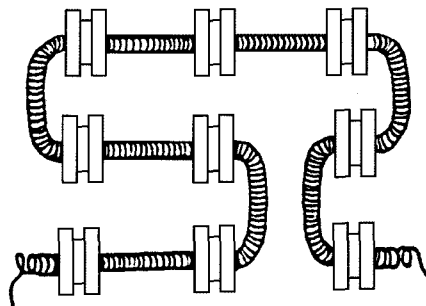
제품 \ 구분	사용전압[V]	소비전력[W]
A	110/220	760
B	110/220	710

인체와 접촉하여 사용되는 모발건조기가 부적절하게 사용될 경우 화상, 화재 및 감전 사고의 위험이 있다. 따라서 전기모발건조기는 합성수지로 된 손잡이와 운모를 감싼 구조로 되어 있는 발열선, 송풍전동기, 110/220V 절환스위치가 내장되어 있는 구조로 되어 있다. 일반적으로 발열선의 용량은 600~1,000W, 팬 전동기(fan motor)는 6~20W이다. 손잡이 부분에 위치한 스위치를 조작하여 송풍전동기의 전압을 변화시킴으로써 풍량과 발열선의 동작을 조절하는 구조로 되어 있다. 동작스위치는 온풍-약, 온풍-강, 냉풍의 3단계로 조절하며, 온풍-약 동작은 발열선-약/송풍전동기-약으로, 온풍-강 동작은 발열선-강/송풍 모터-강, 냉풍의 경우에는 발열선은 정지시키고 송풍전동기만 강으로 구분되어 동작한다. <그림 1>은 전기모발건조기의 구조를 나타낸 것이다.



〈그림 1〉 모발건조기의 구조

모발건조기의 열선(heater)은 전열선이 노출된 상태에서 사용할 수 있는 코일형(coil type)으로 (그림 2)와 같다. 코일형은 보빈형, 차폐형, 석영관형 등에 비해 열방사가 우수하고 가격이 저렴하여 전기난로, 온풍기 등에 주로 사용된다. 그러나 물리적인 충격에 취약하고 물기, 금속 파편, 기름 때, 먼지 등에 노출되는 경우 감전 또는 화재 사고의 위험성이 있다. 코일형 히터는 발열체를 코일 모양으로 감아 설계 용량에 맞도록 길이와 두께를 조절하여 사용한다. 발열체가 직접 대기와 접촉하도록 되어 있어서 코일의 간격을 균일하게 유지해야 일정한 발열이 이루어지고 제품의 안전성도 확보할 수 있다. 특히 지지물의 간격이 부적절한 경우 발열체가 휘어지거나 뒤틀어지면 수명의 단축은 물론 사고의 위험이 상대적으로 높다.



〈그림 2〉 코일형 모발건조기의 열선

3. 화재조사

화재조사는 경찰기관이 방화, 실화의 범죄 여부를 조사하는 것과 소방기관이 화재예방 업무를 효율적으로 추진하기 위한 자료 수집을 목적으로 화재예방의 시책과 조치의 성과를 검토하여 시정 개선을 도모하기 위한 것이다. 화재조사 활동은 그 성질상 당사자의 이익 등에 중대한 영향을 미치게 된다. 그것은 경제적인 면에만 그치지 않고 지위, 명예, 신체의 자유 등 많은 부분에 대해 영향을 준다. 그러므로 조사 활동에 종사하는 사람은 직무상 공인으로서 책임을 자각함과 함께 화재현장의 모든 현상에 대하여 하나하나의 개체에서 입체적으로 살펴서 과학적으로 분석하고 체계화하여 객관적인 타당성을 이끌어 내는 것이 요구된다. 화재조사는 현장업무 수행이나 보고서를 작성할 때 다른 사람에게 의존할 수도 없는 전문적인 업무 분야이며 때에 따라서는 법정에 출두, 증인으로서 조사, 신문(訊問)에 응해야 된다는 점과 조사완료 후 자료의 정리 및 유사 화재의 예방을 위한 대책 분석 등의 업무처리가 따르므로 조사담당 요원은 평상시 화재 성상에 대한 연구를 끊임없이 계속하여야 한다. 즉 화재조사는 공익성과 조사자의 사명감 등이 합해져 과학적 사실에 근거하여 임무를 수행하는 것을 첫 번째 덕목으로 정의해도 부족함이 없을 것이다.



화재조사에 있어서 화재원인에 대한 결론은 여러 가지 현장의 연소형태 조사와 발화 의심 제품에 대한 감정, 주변수사 및 목격자 진술 등 복합적으로 도출해야 한다. 화재 발생 현장에서 최초의 발화지점을 찾는다는 것은 사고 발생의 원인을 과학적으로 규명하는데 중요한 인자가 된다. 발화점을 찾는 방법에는 목재, 플라스틱 등의 탄화 및 변형 방향이나 금속의 열화 등을 거시적(macroscopic)이고 미시적(microscopic)으로 중첩하여 해석하는 것이 오류를 최소화 할 수 있다.

화재가 발생한 주택은 140㎡의 아파트로 침실 4개와 욕실 2개로 구성되어 있다. 화재 현장의 화염확산 패턴을 거시적으로 분석한 결과 욕실 1이 가장 심하게 소훼되고 탄화심도가 형성되었음을 알 수 있었다. 하단부는 그을음에 의해 소손되었을 뿐 직접적인 화염에 의해 탄화된 흔적은 없으나 벽면은 강한 화염에 의해 소손될 때 나타나는 백화현상을 보였다.

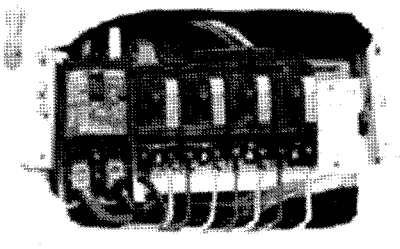
4. 수거품의 분석

〈그림 3〉은 아파트에 설치된 분전반을 나타낸 것으로 덮개를 제거한 것이다. 내부는 비교적 깨끗하며 테두리는 연기에 그을린 정도이다. 즉 화염에 직접 노출되지 않았으며, 화재 당시의 분전반 주위의 온도

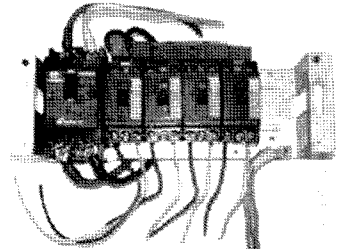


50°C를 넘지 않았던 것으로 판단된다.

〈그림 4〉는 분전반 내부에 설치된 누전차단기(RCD) 1개와 배선용차단기(MCCB) 4개를 나타낸 것이다. 배선용차단기의 용량은 30A, 220V이며, 누전차단기는 고감도형으로 동작전류 30mA, 동작시간 0.03sec이다. 각각의 차단기가 ON(켜짐) 또는 OFF(꺼짐) 상태에 있었는데 사고 조사 당시에 출입자가 있었던 관계로 작동 여부는 신뢰할 수 없었으나 작동시험에서는 모두 정상으로 작동하였다.

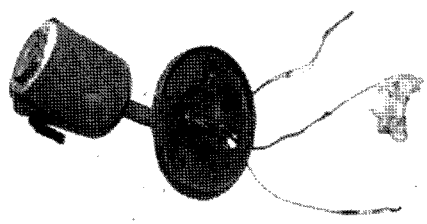


〈그림 3〉 현장에서 수거한 분전반



〈그림 4〉 분전반에 설치된 차단기

〈그림 5〉는 욕실 1 천장에 설치된 등기구를 나타낸 것이다. 강한 화염에 의해 전선의 피복은 심하게 탄화되었으며 금속 금구류도 열화가 심한 특징을 보인다. 소손된 전선이 전기적인 요인에 의한 것인지 일반 화염에 의한 것인지 판정하기 위해 금속조직을 분석하여 나타낸 것이 〈그림 6〉이다. 전선은 플라스틱 절연재를 사용한 1.25mm(7/0.45)이었으며 탄화되어 절연재는 소실되었다. 전선의 금속조직 분석결과 비정질 구조 및 입자의 확대된 특성을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 전선에 전기가 통전되지 않은 상태에서 단순한 열에 의해서 소손되었을 때 나타나는 특징이다.



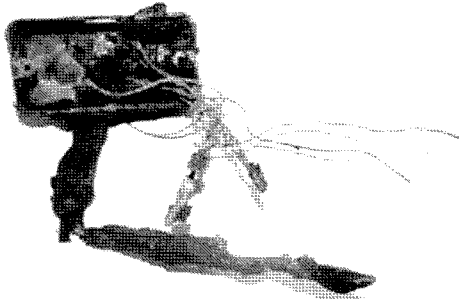
〈그림 5〉 등기구의 실체사진



〈그림 6〉 〈그림 5〉의 금속현미경 사진

〈그림 7〉은 욕실 1에 설치된 콘센트 내부의 전선을 나타낸 실체사진이다. 전선은 1.6mm 연동선이며 피복은 플라스틱(PVC)으로 절연한 것으로 저압용 비닐절연전선(600V IV)이다. 콘센트 박스는 전면이 고르게 탄화되었으며 변형된 흔적은 없는 것으로 보아 물리적인 스트레스를 받지 않았으며, 콘센트 박스에 연결

된 전선관은 플라스틱 가요전선관으로 확인되었다. <그림 8>은 <그림 7>의 금속현미경 사진을 나타낸 것으로 구리 전선 고유의 비정질구조가 확대된 형태를 보이고 있다.

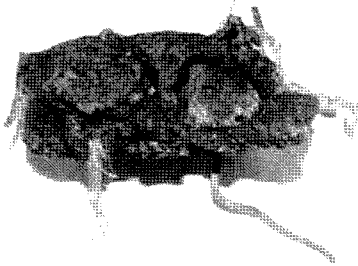


<그림 7> 욕실 1의 콘센트 내부배선

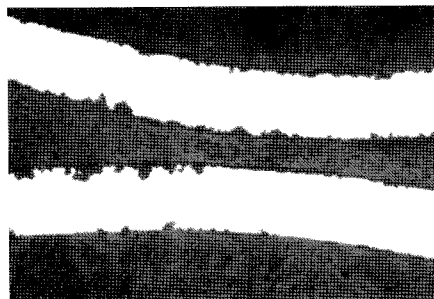


<그림 8> <그림 7>의 금속현미경 사진

<그림 9>는 <그림 7>의 콘센트에 내장되어 사용되던 매입형 콘센트를 나타낸 것이다. 외형은 심하게 탄화되어 형태를 식별하기가 어려우나 인출된 전선의 일부는 절연 피복의 손상도 없이 깨끗한 형태를 보이고 있다. 소손이 없는 전선은 벽체 안쪽에서 인출한 것으로 벽체 내부에는 열적 스트레스 또는 전기적 과부하 및 합선이 없었음을 알 수 있다. <그림 10>은 <그림 9> 전선의 금속현미경 사진을 나타낸 것으로 단순한 열에 의해 소손될 때 나타나는 비정질 구조 및 입자의 확대된 특성을 보이고 있다.

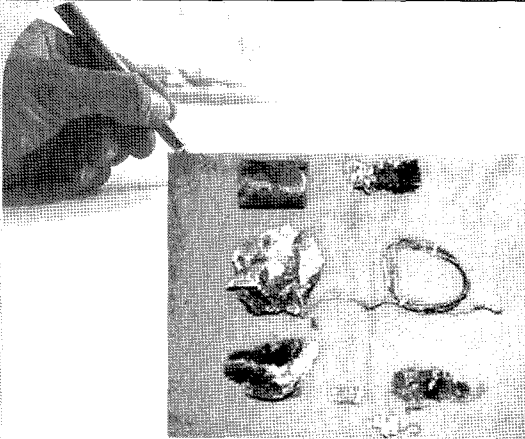


<그림 9> 욕실 1 콘센트의 탄화물

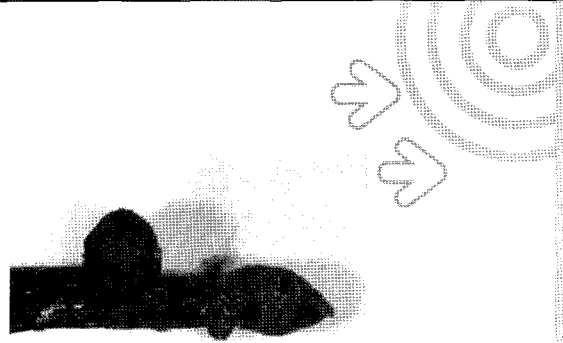


<그림 10> <그림 9>의 금속현미경 사진

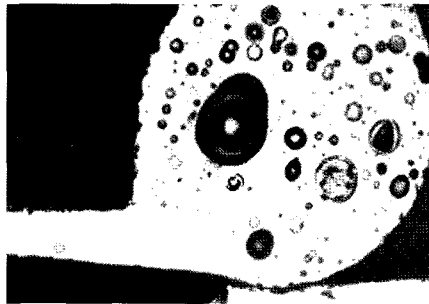
<그림 11>은 욕실 1에서 수거된 모발건조기로 소훼상태가 심하며, 화염에 직접 노출된 형태를 보였다. <그림 12>는 히터와 연결된 용융 전선의 사체사진을 나타낸 것이다. <그림 13>은 용융 흔적을 100배 확대한 금속 단면 조직으로 외부화염에 의해 피복이 소실된 후 합선될 때 생성되는 여러 형태의 구멍(void)과 주상 조직(columnar structure)이 확인되었다.



〈그림 11〉 수거된 모발건조기 부품

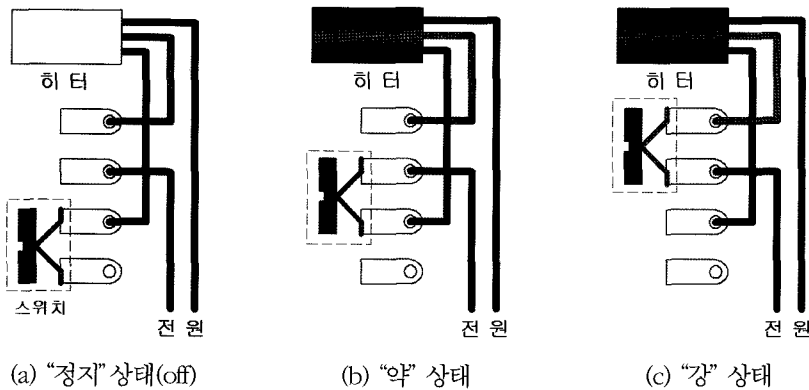


〈그림 12〉 용융 전선의 실체사진



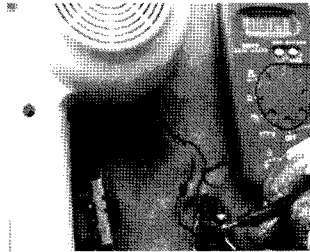
〈그림 13〉 〈그림 12〉의 금속현미경 사진

〈그림 14〉는 사고현장에서 수거된 모발건조기 조작스위치의 회로도를 나타낸 것으로 스위치의 위치에 따라 열선(히터)에 전원투입 및 강·약 상태를 조절할 수 있다. 냉풍의 경우는 열선을 차단한 상태에서 작동손잡이가 “강”의 위치이고 전동기 팬이 회전하게 된다. 모발건조기는 사용 중 감전의 위험성이 상존하므로 기밀구조로 제작하며 온풍이 도출되는 부분도 매쉬 모양(mesh type)의 망을 설치하여 사용한다.



〈그림 14〉 수거된 모발건조기의 스위치 조작에 따른 회로상태

〈그림 15〉는 수거된 조작스위치의 전기 저항을 측정된 실체사진이며, 저항은 0.4Ω으로 측정되었다. 그런데 정상제품의 조작스위치가 “약” 위치에 있을 때의 전기저항도 0.4Ω이다. 따라서 모발건조기는 “약” 위치에서 장시간 방치되어 화재가 발생된 것으로 판단된다.



〈그림 15〉 탄화물의 통전 분석

5. 결론

일반 가정에서 사용되고 있는 모발건조기에 대한 구조 및 기능에 대해서 알아보고 부주의로 방치되어 발생한 화재의 확산패턴, 전기적 특성 분석을 통하여 다음과 같은 결론은 얻었다.

- (1) 모발건조기의 적용범위는 전동송풍기와 전열장치를 내장한 손잡이 모양의 것으로 하고 있다. 모발건조기는 보통 손으로 제품을 직접 잡고 머리에 가까이 대면서 사용하게 된다. 이렇게 인체와 접촉하여 사용하는 전기제품이므로 화상, 화재 및 감전 사고가 발생하지 않는 구조이어야 한다.
- (2) 모발건조기에 사용되는 열선(heater)은 전열선이 노출된 상태에서 사용할 수 있는 코일형(coil type)으로 보빈형, 차폐형, 석영관형 등에 비해 열방사가 우수하나 물기, 금속 파편, 먼지 등에 노출되는 경우 감전 또는 화재 사고의 위험성이 있으므로 사용에 주의가 요구된다.
- (3) 사고 현장에서 수거한 분전반은 직접적인 화염에 노출되지 않았으며, 화재 당시의 분전반 주위의 온도는 250를 넘지 않았던 것으로 판단된다. 그러나 사고현장 보존이 객관적으로 유지되지 못해서 차단기가 사고 당시에 ON(켜짐) 또는 OFF(꺼짐) 상태인지 신뢰할 수 없었다.
- (4) 콘센트 박스에 연결된 전선관은 플라스틱 가요전선관으로 확인되었다. 전선의 금속조직 단면 분석에서도 전기적인 합선 또는 과부하의 흔적은 없었다. 수거된 모발건조기는 심하게 소손되었으며 내부 배선의 금속조직 분석 결과 외부화염에 의해 피복이 소실된 후 합선될 때 생성되는 특징을 나타냈다.
- (5) 수거된 모발건조기 조작스위치의 전기저항을 측정하여 정상 제품과 비교한 결과 저항은 0.4Ω으로 화재당시에 조작스위치는 “약” 위치에 있었음을 확인할 수 있었다.

이상의 분석 내용을 종합하면 화재는 욕실 1에서 사용하던 모발건조기에서 발생한 것을 알 수 있다. 즉 모발건조기 사용 후 전원을 꺼짐 상태(OFF)로 절제하지 않고 조작스위치를 “약”의 위치로 한 채 장시간 방치되어 축열과 방사의 균형이 무너지고 축열에 의한 과열로 출화된 것으로 판단된다.