

모의 화재실험에 의한 구리 용융흔 특성 분석

김동욱 · 김향곤 · 김동우 · 길형준 · 이기연 · 문현욱 · 정영식*

한국전기안전공사 전기안전연구원, *인천대학교 전기공학과

Characteristic Analysis of Coper Molten Mark by a Fire Simulation

Kim, Dong Ook · Kim, Hyang Kon · Kim, Dong Woo · Gil, Hyung Jun ·

Lee, Ki Yeon · Moon, Hyun Wook · Chung, Young Sik*

ESRI(ubsidiary of KESCO), *Inchon University Electrical Eengeering

요 약

2009년도 사고설비별 전기화재 발생현황을 살펴보면 전기화재중 전기배선 및 배선기구에 서 발화한 화재가 2,158건으로 전기화재 발생 중 23%를 점유하였다. 또한 사고전압별 전기 화재 발생현황으로 220/380V에서 화재가 5,307건(56.5%)으로 전기화재의 대부분을 점유하였 다. 전기화재는 단락, 과전류, 접촉불량, 트래킹 등 9가지로 분류할 수 있다. 이러한 화재현 장에서 대부분 구리 전선의 용융흔으로 전기적인 원인을 판단하는 경우가 많다. 본 논문에 서는 최근 실화법 등의 적용으로 일반적으로 전기화재로 오인될 수 있는 구리 용융흔의 특 성을 모의 화재 실험을 통해 나타낼 수 있는 형태학적 분석을 X-ray를 통해 분석하였으며 실체현미경을 통해 구리 배선의 형태를 관찰하여 화재조사 분야에 적용할 수 있도록 연구하 였다.

1. 서 론

2009년도에 발생한 총화재는 47,318건이었으며 전기화재는 9,391건이 발생하여 전기화 재 점유율은 19.8%였다. 전기화재로 인하여 사망 43명과 부상 283명으로 총 326명의 사상 자가 발생하였으며, 재산피해는 약 582억원이 발생하였다.

전기화재를 해외와 비교해 보면 우리나라는 19%대, 미국은 4%대, 일본은 6.45%대로 나 타났으며 방화는 우리나라가 7%대, 미국은 24%대, 일본은 22%, 영국은 30%대로 우리나 라의 화재원인조사가 전기화재 중심으로 조사자가 판단한다는 사실을 입증하고 있다.

이와 같이 화재조사는 목격자 진술을 토대로 옥내 배선기구나 가스 기구 등을 중심으 로 조사가 이루어지고 마땅한 화재조사원인을 찾지 못하는 경우 전기배선에서 나타나는 용융흔 중심으로 화재원인을 판단하는 일이 자주 있다. 용융흔의 생성은 1차 용융흔 즉 합선에 의한 용융흔, 2차 합선 즉 외부화염에 의해 피복이 소실되어 합선으로 이어진 경 우와 3차 용융흔은 즉 외부화염의 열에 의한 용융흔으로 분류되며 그 외 과전류, 반단선 에 의한 용융흔이 있다. 이 중 과전류나 반단선에 의한 용융흔은 쉽게 화재원인을 추정할

수 있지만 1차와 2차 그리고 가연물의 특성에 따라 3차 용융혼은 육안으로 구별되지 않는 특성을 가진다.

본 연구에서는 실물화재실험으로 조명등과 에어컨 등 육내배전기구와 가전제품을 설치하여 인위적으로 화재를 일으켜 전기제품에서 진압 후 나타나는 전기적인 특이점을 고찰하기 위하여 형태학적 분석을 X-ray를 이용하여 화재조사에 대한 참고자료로 활용할 수 있도록 연구가 수행되었다.

2. 연구내용

2.1 전기화재의 발화형태

국가공인 화재통계인 소방방재청 자료의 전기분야 통계를 보완하고, 화재원인에서 가장 높은 위치를 점유하고 있는 전기화재에 대하여 심층적이고 전문적인 분석을 통하여 효과적인 예방대책을 강구할 필요성으로 한국전기안전공사에서는 2009년도에 발생한 전기화재 10,787건중 전기사업법 제2조에 정의된 전기설비에서 화재 9,391건에 대하여 정밀분석하여 통계를 생산하였다. 이와 같은 통계를 근거로 하여 모의화재 실험을 수행하였으며 전기적 특이점을 분석하였다.[1]

화재현장에 대한 조사권이 제한된 관계로 화재가 발생하게 된 직접적인 원인을 수집하기에는 불가능 하였으며 전기적인 원에 의한 화재 중 미확인 단락에 의한 화재가 2,752건으로 조사결과의 29.3%로 가장 많았으며, 절연열화에 의한 단락으로 착화한 화재가 1920건(20.4%), 과부하에 의한 화재가 11.1% 순으로 발생한 것으로 전기화재의 발화형태별 화재현황에 나타났으며 이는 환경적, 기계적 스트레스나 경년열화 등에 의해 단락이 발생한 것으로 추정된 것이며 화재조사시 전선에 단락흔을 중심으로 이루어진다는 사실이 나타났다.[2]

2.2 모의 화재 실험

그림 1은 모의 화재 실험에 대한 배치도를 나타내었다. 최초의 발화의 발화는 에어컨 하단 내부로 휘발성 물질에 착화시켰으며 화염이 전이 될 수 있도록 이불과 수납장 그리고 소파등으로 구성되어 있으며 조명 등기구 하단에 종이 박스를 쌓아 올려 천정의 조명 기구에 착화되도록 설정하였다. 조명 등기구는 메입된 형광등과 삼파장 램프로 삼파장 램프의 조명배선은 PVC 전선관 내부에 비닐절연코드 VCTF 2×2SQMM을 넣어 배치하였다.

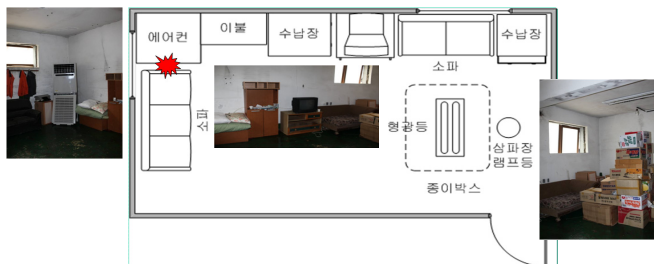


그림 1. 모의 화재실험 배치도

2.2 실험 결과

2.2.1 최초 발화부

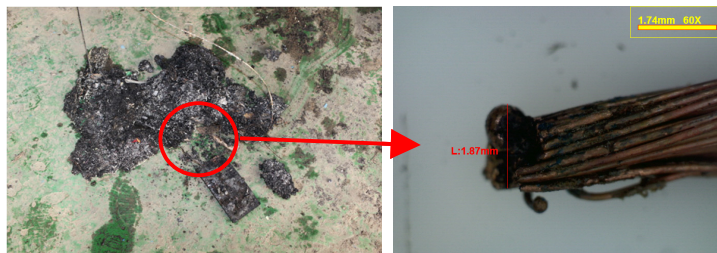
그림 2는 최초발화부는 에어컨의 상태를 나타낸 것으로 착화 후에 넘어진 상태로 복원을 하여 보면 최초 발화부에서 옷가지와 주변 이불에 착화된 형태가 나타났다.

그림 3은 에어컨 제어부에 나타난 것으로 용융흔 1개소가 식별되었으며 크기는 직경이 대략 1.87mm로 나타났다.



(a) 착화 전 (b) 화재 후 (c) 복원 후

그림 2. 최초 착화물의 상태



(a) 소손된 제어부 (b) 용융흔

그림 3. 에어컨 내부에서 나타난 용융흔

2.2.2 조명 배선

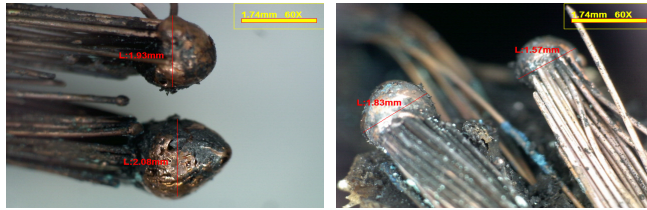
그림 4는 최초발화부인 에어컨이 연소된 후 종이박스가 착화되어 조명배선에 화염의 열이 전달되어 소손된 것으로 그림 4(a)는 소손된 조명기구로 외형적으로 용융흔이 식별되지 않았으며 그림 4(b)의 부분을 X-ray를 통하여 분석한 결과 그림 4(c)와 같은 용융흔이 식별되었다.

그림 5는 그림 4(c)에 나타난 용융흔을 실체현미경을 통하여 크기를 측정된 것으로 용융흔은 일반적으로 알려진 1차단락과 2차단락에 대한 구분이 외형상 모호하다는 사실을 입증하였으며 크기는 직경이 1.83mm에서 2.08mm까지 나타났다.



(a) 소손된 조명 기구 (b) 용융흔이 나타난 부분 (c) X-ray 분석

그림 4. 조명 배선에서 나타난 용융흔



(a) 측면 (b) 후면

그림 5. 용융흔의 실제 분석

3. 결 론

본 연구는 실물화재실험으로 조명등과 에어컨 등 옥내배선기구와 가전제품을 설치하여 인위적으로 화재를 일으켜 전기제품에서 진압 후 나타나는 전기적인 특이점을 고찰하기 위하여 용융흔의 형태학적 분석을 X-ray와 실제현미경을 이용하여 수행하였다.

가전제품에서는 최초 착화물인 에어컨 실내기의 전기배선에서 용융흔이 식별되었으며 옥내 배선기구에서는 조명배선에서 용융흔이 식별되었다. 특히 조명배선은 전선관 내부에 전선을 넣어 기기적, 환경적 스트레스에 영향을 받지 않도록 설치하였음에도 형태적으로 1차와 2차를 구분할 수 없는 단락흔이 다수 관찰되었다. 이는 단락 형상을 중심으로 화재 원인을 판단하는 화재조사에 문제점이 있음을 지적할 수 있다. 따라서 정확한 발화부의 추정과 발화원인의 판정, 최초 착화물의 특성 그리고 연역적 방법으로 최초 발화원과의 인과관계 등 종합적인 판단이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETFP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

참고문헌

1. 한국전기안전공사, “전기재해 통계분석”, 제19호 pp.7~23, 2010
2. 김향곤, “전기화재 예방 및 메커니즘 기술개발 동향”, 한국전기전자재료학회지, 제19권, 제4호, pp.12~20, 2006