

전기화재 유형에 따른 발생원인, 출화기구 및 조사기법에 관한 연구(상)

최 충 석

한국전기안전공사 부설 전기안전시험연구원 화재연구과장/공학박사

산업의 발전과 국민소득의 향상으로 다양한 전기기계기구의 보급이 보편화되면서 전기화재의 발생도 빈번해지고 있다. 1998년도에 발생한 32,664건의 화재에서 10,897건이 전기로 인한 발생으로 33.4%의 점유율을 보이고 있다. 이는 전년도와 비교하면 0.8%가 낮아진 것이며, 1994년의 39.1%에 비해서는 5.7%가 낮아진 것으로, 일 평균 29.9건의 전기화재가 발생한 것으로 분석된다. 또한, 인명피해도 450명이 발생하여 전년도와 비교하면 사망자는 17.3%가 증가한 88명이 발생하였고, 부상자는 32.6% 증가한 362명이 발생하여 일 평균 1.2명이 전기화재로 인하여 사망하거나 부상한 것으로 나타났다. 576억 4700만원이 발생한 재산피해는 전년도에 비하여 9.5%가 증가한 것으로 나타났다. 이는 전기화재로 인한 일 평균 손실액이 1억 5800만원으로 화재가 점차 대형화 되어가고 있음을 보여주고 있다. 따라서 본 조사연구에서는 전기화재를 유형별로 분류하여 이들의 발생원인, 출화기구 및 조사기법을 제시하고, 또한, 각각의 유형을 재현하여 과학적인 해석기준을 제시하고자 한다.

1. 단락

전선의 절연피복이 손상되어 동선이 서로 직접 접촉한 경우, 못 등의 금속을 매개로 동선이 서로 이어진 경우 등을 말한다. 저항이 대단히 작기 때문에 대전류가 흘러 접촉부분에 찌사빠사 큰 소리를 내면서 전기불꽃이 발생하여 용융흔(Molten Mark)이 생기고 동시에 전선의 접촉개소가 용단된다.

'98년 전기화재를 표본 조사한 결과 전기배선에서 단락에 의한 화재가 가장 많이 발생하여 7,978건 중 5,778건(72.4%)이 단락에 의한 것으로 밝혀지고 있다. 또한 단락에 의한 전기화재 사고율이 80% 이상인 전기배선 및 조명장치에 대해서도 단락사고의 대책이 마련되어야 할 것이다. 단락으로 인한 전기화재가 많은 이유는, 실제로

단락으로 발화한 경우가 대부분일 것으로 생각되나, 다른 측면에서 볼 때 전문분야에 대한 화재조사 전문가가 부족하여 과학적인 화재원인 조사가 힘들며, 화재진압 후 대상물이 소실된 상태에서 전기적 화인을 밝혀낸다는 것도 매우 어려운 일이다. 표 1은 설비별 단락에 의한 전기화재 분포를 나타낸 것이다.

〈표 1〉 설비별 단락에 의한 전기화재 분포

설비 구분	계	가 전 기 기	배 선 기 구	조 명 장 치	전 기 배 선	전 기 장 치	수 전 설 비	전 자 설 비	기 타
조사건수	10,535	1,398	818	766	6,743	632	75	37	66
단락화재	7,978	676	566	618	5,778	274	29	24	13
점유율 (%)	75.7	48.4	69.2	80.7	85.7	43.4	38.7	64.9	19.7

가. 단락의 발생요인

단락의 발생요인을 전선 절연피복의 손상원인별로 분류하면 다음 세 가지가 있다.

(1) 전선에 외력이 가해져 절연피복이 파손되어 단락

가구류 등 중량물에 의한 압박, 스테이블 고정시의 손상, 스테이블 고정에 따른 고정부와 가동부 경계에 반복 가해지는 비틀림 및 굽힘에 의한 손상, 밟거나 잡아 당기는 등 거친 취급, 쥐에 의한 절연피복의 손상 및 경시적인 재질의 열화 등에 의해 최종적으로는 절연파괴되어 단락으로 진행된다.

(2) 접촉불량 등에 의한 국부발열에 의해 절연열화가 진행하여 단락

비전문가 수리에 의한 비틀림 접속부분 및 빈번한 굴곡에 의해 생긴 반단선(半斷線)부분 등의 접촉불량에 의해 전선이 국부적으로 발열하여 절연열화하여 단락으로 진행된다.

(3) 화재열 등 외부 열에 의해 절연파괴되어 단락

일반적으로 (1)과 (2)에 의해서 생긴 용흔(鎔痕)을 1차 용흔이라고 하며, (3)의 경우를 2차 용흔이라고 분류하지만 외형상 각각의 특징을 관찰함으로써 판별할 수 있는 경우도 있다.

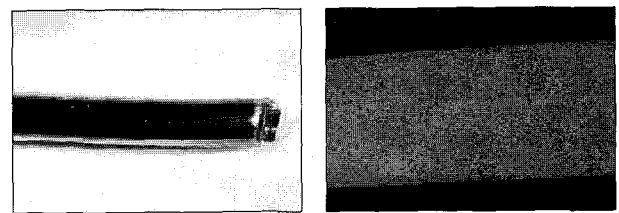
나. 단락출화의 특징

단락불꽃은 국부적, 순간적 에너지로서는 크지만 국부적, 순간적이기 때문에 주위의 가연물의 온도를 그 발화 온도까지 높이는 일이 적으므로 단락이 생기더라도 그것이 발화로 이어지는 경우는 확률적으로 오히려 낮다고 할 수 있다. 그러나, 가연성 기체 및 열용량이 적은 먼먼지 등에는 충분히 착화할 수 있고 연속적으로 단락불꽃이 발생한 경우와 상기 거의 (1)과 같이 이미 온도가 상승해

있기 때문에 탄화(혹연화)가 진행하고 있는 피복류에는 착화할 위험이 있다고 볼 수 있다.

단락불꽃에 의한 출화(出火)의 경우 가연성 기체의 인화폭발 및 퇴적한 먼먼지에 착화하여 급속히 불꽃이 넓어지는 경우는 예외로 하고 통상의 착화물에는 화염의 상승이 느리고 담배 등의 미소 화원에 의한 출화와 유사한 출화형태를 나타낸다. 즉 단락개소를 중심으로 출화개소 부근이 국부적으로 깊게 타 들어가고(V-pattern), 무염(無炎)연소에 의한 출화의 형태를 나타내는 것이 많다.

그림 1은 정상전선의 실체 및 금속현미경 사진을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 전선고유의 특징인 연신구조(Elongation Structure)를 확인할 수 있다.



(a) 실체사진(×20)

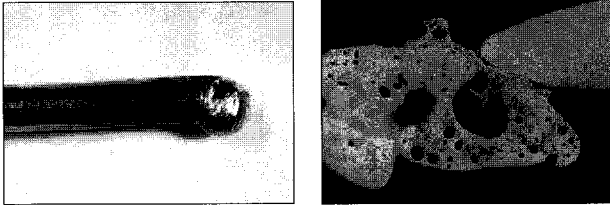
(b) 금속현미경 사진(×100)

〈그림 1〉 Normal 전선의 사진(1.0mm IV)

그림 2는 단락에 의해서 형성된 실체사진과 금속현미경 사진을 나타낸 것이다. 실체사진의 경우 망울이 비교적 둥글고 윤기가 있음을 알 수 있다. 금속현미경 사진의 경우 경계면(Boundary Surface)을 중심으로 주상조직(Columnar Structure)이 형성되었으며 보이드(Void)의 성장도 관측되었다.

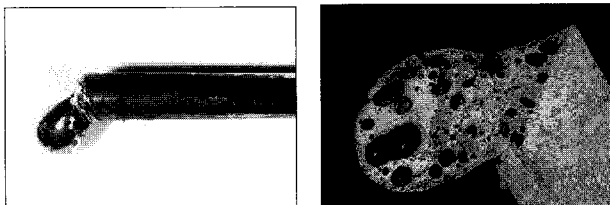
그림 3은 외부화염에 의해 절연물이 손상되어 단락으로 이어진 경우이다. 실체사진의 경우 단락과 유사한 특징을 나타내고 있다. 그러나 금속현미경 사진의 분석에서 주상조직의 성장이 규칙성이 부족함을 알 수 있다.

즉 주상조직의 성장유무, 규칙성, 경계면의 형성, 보이드의 분포, 용융흔의 실체 외형 등을 종합적으로 해석해야만 전기화재 발생의 주된 원인을 밝힐 수 있다.



(a) 실체사진(×20) (b) 금속현미경 사진(×100)

〈그림 2〉 단락전선(1차용흔)의 사진 (1.0mm IV)



(a) 실체사진(×20) (b) 금속현미경 사진(×100)

〈그림 3〉 절연피복 손상에 의한 단락전선(2차용흔)의 사진 (1.0mm IV)

다. 용흔의 종류

화재현장의 배선 및 코드류에는 용흔이 남아 있는 것이 많지만, 이것들 중 어느 것이 출화 원인이 된 것인지 아니면 화재에 의해서 2차적으로 발생한 것인지를 판단하는 것은 출화원인의 입증을 위한 중요한 요점의 한가지이다.

화재열에 의해서도 용융흔이 생기는 것이 가능하지만 (열흔), 단락에 의한 것이 아니기 때문에 광택이 없는 것은 물론 용단개소에 등그스름한 것이 적고, 용융범위가 넓으며, 용융흔이 아래로 흐른 것이 현저하다. 그 때문에 동선의 일부가 가늘어진 것이 많다. 따라서, 단락흔 및 외부화염에 의한 단락흔을 비교하면 외관상으로 판별이 가능하다. 그러나 단락흔 및 외부화염에 의한 단락흔의 발생개소에서도 화재열이 동선의 용점(1,083℃) 이상으로 높아지면 녹아서 각각의 특성을 잃으므로 감식에 있어서는 이것도 충분히 고려할 필요가 있다.

라. 단락전류

단락의 경우라도 무제한으로 큰 전류가 흐르는 것은 아니며 기본적으로는 옴의 법칙에 따라 전압과 저항의 상관관계에 의해서 결정된다. 이 경우 전압은 주상변압기 2차측의 전압이고 저항은 주상변압기로부터 단락개소에 도달하기까지의 회로임피던스로 전선의 굵기와 길이, 주상변압기의 용량 등에 의해서 결정되는 값이다. 따라서, 간단히 단락전류를 산출할 수는 없지만, 일반 수용가의 배선은 약 100A에서 1,000A의 범위가 된다고 말하고 있다.

마. 조사의 요점

이상에서 서술한 바와 같이 전선의 단락에 기인한 화재는 화염의 정도 및 용흔의 발생정도 등에서 일단 특징을 찾을 수 있지만, 어느 것이든 단독으로 결정적인 물증이 되는 것이 아니다. 따라서, 단락에 의한 출화인지 아닌지 여부를 결정하기 위해서는 전선의 배선경로, 취급상태, 착화물의 연소성, 출화개소의 화염 정도, 용흔의 형태 및 다른 화원의 가능성 등을 종합하여 판단해야 한다.

2. 과부하

전선은 온도 상승에 따라 기계적 강도 및 절연의 저하 등에 대하여 안전하게 전류를 흘릴 수 있는 최대전류가 정해져 있다. 이것이 허용전류이고 전선의 물리적인 성질, 절연피복의 최고허용온도 및 전선의 시설상태에 의해서 값이 결정된다. 전선 이외의 전기부품, 전기기기에서 지정된 조건하에 그 부품 및 기기를 사용할 수 있는 한도가 정격(정격전압, 정격전류, 정격시간 등)으로 정해져 있다. 이 허용전류 및 정격전압·전류·시간 등의 값을 넘겨 사용한 경우를 과부하라고 한다.

전기배선의 과부하에 의한 화재는 총 발생건수 196건

중 옥내배선에서 100건, 비닐코드에서 28건, 전기제품의 기기배선에서 27건, 차량배선에서 19건이 발생하였다. 과부하에 의한 화재가 많이 발생한 가전기기의 경우는 여름철에 에어컨과 선풍기 등 부하용량이 큰 냉방기기의 사용이 급증한 것이 주요 원인으로 분석되고 있다. 이와 같이 가전기기에서의 화재는 일반 가정에서 많이 발생되고 있다는 점에서 사용자들의 각별한 주의도 필요하지만 보다 완벽한 제품을 생산하기 위한 제작자들의 노력도 매우 중요한 것으로 분석되고 있다(표 2 참조).

〈표 2〉 설비별 과부하에 의한 전기화재 분포

구분	설비	계	가전 기기	배선 기구	조명 장치	전기 배선	전기 장치	수전 설비	전자 설비	기타
발생건수		727	243	98	61	196	101	23	4	1
점유율(%)		100	33.4	13.5	8.3	27.0	13.9	3.2	0.6	0.1

가. 과부하의 원인

(1) 전선의 과부하

전선이 과부하 상태가 되는 주된 원인은 사용부하의 총합이 전선의 허용전류를 넘는 경우이다. 또한, 다음과 같은 경우는 허용전류 이하라도 실질적으로는 과부하 상태가 되는 것이다.

- ① 이부자리, 담요의 아래 및 단열재 사이를 전선이 통과하고 있는 경우
- ② 전류감소계수를 무시한 금속관 배선 및 경질비닐관 배선의 경우
- ③ 코드릴에 코드를 감은 상태로 코드의 허용전류에 가까운 전류를 흘린 경우
- ④ 꼬아 만든 전선의 소선 일부가 단선되어 있는 경우

(2) 전기부품 및 기기의 과부하

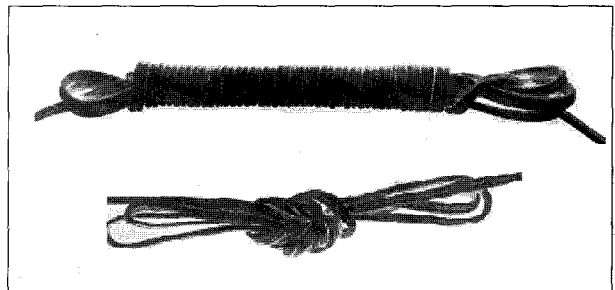
저항기는 다이오드, 반도체, 코일, 콘덴서 등의 전기부품은 일정한 저항(임피던스)을 갖고 있다. 이것들의 전기

부품이 전기적으로 파괴(임피던스가 감소)되면, 전류가 증가하여 그 영향이 다른 부품의 정격을 넘는 형태(과부하)로 나타나는 경우가 있다. 또한, 전동기를 갖는 기기로서 전동기의 회전이 방해되는(기계적 과부하) 경우와 권선에 정격을 넘는 전류가 흘러 전기적으로 과부하 상태가 되는 경우가 있다.

나. 출화기구

전선과 코일의 절연피복, 비닐 및 에나멜(Enamel)의 허용온도(최고 사용온도)는 그 발화온도와 비교하면 훨씬 낮기 때문에 허용전류를 조금 넘어 사용하더라도 즉시 출화(出火)하는 일은 없다. 그러나, 이 상태가 장시간 계속되면 서서히 절연이 열화하여 온도가 더욱 상승하면 절연물로부터 분해가스가 발생하게 되어 마침내 절연이 파괴되어 선간단락(코일의 경우는 층간단락)을 일으켜 출화될 위험이 있다. 또한, 전선의 과부하에 의한 출화는 단락출화의 형태를 나타내는 것이 대부분이고 단락 발생전에 그 개소의 절연물이 탄화하고 있는 경우가 많기 때문에 용흔 자체도 구별하기 어려운 것이 많다.

그림 4는 VFF의 부적절한 사용 예를 나타낸 것이다. 즉 이와 같이 사용하게 되면 매듭의 중심 또는 뒤틀림 부분에서 발열에 따른 방열이 원활하지 못하여 열적, 전기적 열화가 촉진되어 사고로 이어지게 된다.



〈그림 4〉 비닐평형코드(VFF)의 부적절한 사용 예

다. 조사의 요점

과부하가 원인이 되어 단락한 것인지 어떤지를 알기 위해서는 먼저 (2)에서 기술하였던 것과 같은 과부하의 요인 유무에 관해서 조사할 필요가 있다. 즉 전선의 허용전류와 부하의 크기, 배선의 상태, 회로내의 문제 유무, 코드류의 사용 상태 등이다. 이 중 한개라도 해당하는 것이 있으면 일단 과부하를 의심해 볼 필요가 있지만, 코드류 등의 사용형태에 의해서 실제의 허용전류가 다른 것은 재현실험에 의해서 발열의 유무를 확인해야만 한다.

전선의 과부하에 의한 단락은 열에 의한 절연파괴에 의해서 발생한다. 그 때문에 기계적 손상이 없는 전선에는 금속관 및 염화비닐의 내부, 이부자리, 담요의 밑, 밑에 감은 코드층의 중앙부근 등 비교적 방열조건이 나쁜 개소에 국부적으로 발생하기 쉽다. 단지, 방열조건에 차가 없는 경우는 전선피복 전체가 동일한 열손상을 받는다. 예를 들면 전체적으로 절연피복이 용융하기도 하고 내부에 열손상의 흔적이 남기도 한다. 이들은 원인 판정에 중요한 요소가 된다.

전동기 및 전자밸브의 과부하 출화의 경우는 권선이 전체적으로 소손하여 권선부분에 층간단락흔이 보이는 것이 보통이다. 그 경우 베어링의 탄 흔적, 구동부의 로크, 기동장치(콘덴서)의 단락 또는 단선, 그밖의 기계적 또는 시간적 과부하의 상태 등을 종합하여 조사할 필요가 있다.

3. 반단선

반단선(半斷線)이란 전선이 절연피복내에서 단선되어 그 부분에서 단선과 이어짐을 되풀이하는 상태 또는 완전히 단선되지 않을 정도로 소선(심선이라고도 한다)의 일부가 남아 있는 상태를 말한다. 그리고 기구의 코드는 기구 사용시 반복적인 구부림에 의해 소선이 끊어져 반단선

상태가 되기 쉽다.

가. 출화기구

코드의 소선이 전부 단선되어 절연피복내에서 단선과 이어짐을 되풀이하는 경우 소선이 이착할 때마다 불꽃이 발생한다. 이 불꽃에 의해 절연피복의 비닐이 녹고 절연피복의 밖으로 불꽃이 나오면 부착한 먼지 등에 출화한다. 또한, 이 불꽃에 의해서 절연피복의 내부표면에 흑연(黑鉛)이 생성되어 이 흑연에 미소전류가 흘러 흑연이 증식되고 점차로 선간의 절연도 저하하여 최종적으로는 선간단락되는 경우가 많다. 이 경우 흑연화(그라파이트화)가 될 때까지는 부하전류에 무관하지만, 그 이후는 부하전류의 유무에 관계없이 출화하는 것이 특징이다. 또한, 단선되어 있는 소선의 접촉부분(반단선 부분)의 접촉 저항에 의해 국부적으로 발열되어 피복이 절연파괴되고 선간단락에 도달하는 경우도 있다. 코드 소선의 일부가 끊어져 있는 경우(또는, 한번 단선한 소선의 일부가 접촉하여 용착한 경우)도 앞의 경우와 마찬가지로 이 부분의 저항치가 높아져 국부적으로 발열량이 증가하여 선간절연은 파괴된다.

그림 5는 VCTF의 소손된 형태를 나타낸 것이다. 전선의 절연물이 기계적으로 소손된 경우 그 부분은 전기적으로 취약한 상황이 지속된다. 이런 상태에서 장시간 사용하게 되면 점진적으로 소손이 확대되어 사고로 이어진다.



〈그림 5〉 반단선된 비닐캡타이어 코드(VCTF)의 소손 예

나. 조사의 요점

반단선 코드는 부하를 사용하고 있을 때는 물론 절연피복 내부의 흑연화가 진행하여 선간에서 전류가 누설되면 무부하의 상태라도 출화할 수 있다. 따라서, 우선 부하의 상태를 조사하는 것이 중요하다. 즉, 부하전류가 흐르고 있지 않았음에도 불구하고 코드의 단선개소에서 출화한 화염 정도가 보이면 충분히 반단선을 의심해 볼만하다. 또한, 상황증거로 부하에 반복통전, 피복의 국부적인 발열이 있는 반단선에 따라 일반적인 여러 가지 현상에 대해서 발화지점을 목격자에게 확인하는 것도 필요하다. 반단선에 의한 화재의 경우도 이후에 단선개소를 보면 단락이 생기고 있는 것이 많지만, 일반적으로 다음과 같은 점에서 일반적인 단락단선과 다르다.

단락단선에는 단선개소의 각 선단에 큰 용흔이 발생하며 각각의 소선이 용착하여 한 덩어리로 되어 있는 것이 많다. 반단선 코드에는 단선측(이전부터 단선되어 있는 측) 선의 부하측 선단에 반드시 단락흔이 생긴다고는 할 수 없다. 또한, 단선측 소선의 일부에는 각각의 앞에 이착시에 생긴 작은 용흔이 발생된다(소선의 일부가 단선되어 있지 않고 붙어 있는 경우는 소선의 앞에 작은 용흔이 나오지 않는다). 더구나 기계적인 단선의 흔적이 남아 있는 소선이 단선측 및 비단선측에 보이는 것이 보통이다.

4. 트래킹과 흑연화 현상

가. 트래킹

전압이 인가된 이극 도체간의 고체절연물 표면에 수분을 많이 함유한 먼지 등 전해질의 미소물질, 전해질을 함유하는 액체의 증기 또는 금속가루 등의 도체가 부착하면 그 절연물 표면의 부착물간에 소규모 방전이 발생한다. 이것이 반복되면 절연물의 표면에 점차로 도전성의 통로

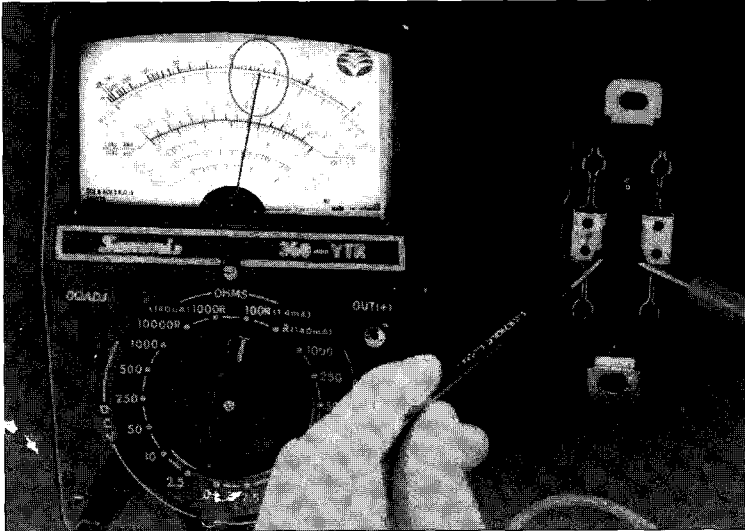
(Track)가 형성되는데 이 현상을 트래킹(Tracking)이라고 한다. 무기절연물은 이 경우에 도전성물질 생성이 적기 때문에 트래킹에 대해서는 문제가 적지만, 유기절연물은 탄화하여 도전성물질(흑연)이 생기기 쉽기 때문에 문제가 된다.

나. 흑연화 현상

목재가 보통 화염을 받아 탄화한 경우는 무정형탄소로 되어 전기를 통과시키지 않지만, 스파크 등에 의해 고열을 받은 경우 또는 화염만으로 산소결핍을 받은 경우에 무정형탄소는 점차 흑연화(Graphite)되어 도전성을 가지게 된다. 이와 같은 현상은 목재 이외에 고무 등의 유기절연물에도 생긴다. 이와 같이 흑연화현상(Graphite Phenomenon)이란 유기절연체가 전기불꽃(누전회로 중에 발생하는 스파크, 전기회로의 스위치, 릴레이 등의 접점 개폐시에 발생하는 불꽃 등)에 장시간 노출되면 절연체표면에 적은 탄화도전로가 생성되어 그 부분을 통해서 전류가 흘러 줄열을 발생하여 고온이 되고 인접부분을 열로 새롭게 흑연화시켜 전류를 통과시키게 되면서 이것이 다음에서 다음으로 이어져 서서히 입체적으로 확대하여 전류가 증가하여 결국은 넓은 범위로 발열발화하는 현상을 말한다.

이상과 같이 트래킹과 흑연화현상이란 발생원은 서로 다르지만 해당 트래킹에 있어서도 표면의 방전에 의해서 유기절연물 중의 탄소가 흑연화하는 것이 있다. 또한, 최근에는 전기배선기구에 있어서 이 종류의 화재 출화원인을 "트래킹"이라고 취급하는 것이 많다. 이와 같이 양자를 구분하는 특징은 없기 때문에 이 종류의 현상을 이하 일괄해서 트래킹이라고 한다.

그림 6은 트래킹에 의해 소손된 콘센트를 예로써 나타낸 것이다. 테스트를 이용하여 절연저항을 측정한 결과 약 50Ω 정도로 낮은 값을 지시하였다. 즉 단락과 유사한



〈그림 6〉 트래킹에 의해 소손된 콘센트

특징을 보이는 것이다. 이런 상태로 장시간 방치되면 인접 가연물이 있을 경우 2차 재해로 확산될 가능성이 대단히 높다.

다. 출화기구

전기불꽃이 발생하면 근처의 유기절연재가 탄화됨과 동시에 흑연화되지만 이때 불꽃은 고온일 뿐 열용량이 작기 때문에 곧 냉각한다. 이 때문에 1회의 불꽃으로 생성되는 흑연은 극히 미량이고, 전극간의 절연 파괴까지는 도달하지 않는다. 절연 파괴가 일어나 생성한 흑연 부분에 전류가 흐르기까지는 몇회 불꽃이 되풀이 발생되어야 한다. 그러나, 이렇게 해서 일단 전극에 흑연의 전로가 형성되면 전류는 이 부분을 계속적으로 흐르게 된다. 흑연은 비금속으로서 큰 전기전도도를 가지고 있지만 금속에 비교하면 그 고유저항은 훨씬 크며 초기의 적은 전류라도 발열하기도 하고 발열에 의해서 소실하는 순간에 불꽃을 발생하기도 한다. 그리고, 이러한 열 및 불꽃에 의해서 주위 절연재의 탄화와 흑연화가 진행해

간다.

트래킹의 초기는 전류가 작아서 발열범위도 작기 때문에 절연재가 독립 연소하는 경우는 없고 보다 심부로 향해서 무연연소의 상태로 현상을 진행시킨다. 그러나, 이것이 일정한 단계를 지나가면 전류치도 발열면적도 상당히 커지기 때문에 순간적인 발화가 가능하고 독립 연소되어 화재로 이어진다. 또한, 경우에 따라서는 단락 및 누전의 요인이 되기도 한다.

라. 조사의 요점

흑연이 발생되고 있는지 어떤지는 수집한 탄화물의 저항을 테스터 등에 의해 측정하여 조사한다. 이 때의 지침은 대략 100Ω 이하(테스터 봉의 간격은 112mm)이다. 그러나, 흑연은 소실하기 쉽고 화재열에 의해서도 생성될 수 있기 때문에 탄화물의 저항측정만으로 트래킹이 생긴 것인지 어떤지를 단정하는 것은 금물이다.

트래킹에 의해 생긴 흑연은 전로에 가까운 기기의 내부, 배전선로 및 누전경로에 존재하고 있다. 또한, 트래킹에 의해 출화한 경우는 흑연부분에 전류가 흐를 때 발생하는 고열로 인해 도체에 용흔이 생겨 흑연부분은 깊게 불타 들어가는 것이 보통이다. 단, 화재규모가 커지면 주위의 열도 강해지기 때문에 깊은 연소 흔적을 판별할 수 없는 경우도 있다.

이상의 사항은 흑연이 전기적 요인에 의해서 발생한 것인지 화재열에 의해 2차적으로 발생한 것인지 판별할 수 있는 근거가 된다. 또한, 전기적으로 발생하는 경우는 전극간의 적은 범위만 보지만, 화재열에 의한 것은 광범위한 조사로부터 양자를 구분하는 것이 가능하다. (다음호에 계속)