

화재발생 이후 분전반 차단기에서의 트래킹현상 진행 가능성에 대한 사례연구

Case study on the possibility of Tracking at the Circuit Breaker after starting fire.

소방방재청 소방과학연구소 박영국 · 서울지방경찰청 과학수사계 이승훈 · 이상준

국립과학수사연구소 화재연구소 박종택 · 경찰청 과학수사센터 송호림

Y. G. Park · S. H. Lee · S. J. Lee · J. T. Park · H. L. Song

요 약

본 논문은 화재발생 이후에 화재현장의 조건에 따라 분전반의 주차단기 전원측 단자에서의 트래킹 현상 진행 가능성에 대하여, 화재현장 조사사례를 들어 고찰하였다.

화재현장 조사과정에서 분전반의 주차단기 전원측 단자에서 트래킹 형태가 식별됨에도 불구하고, 그 부하측에서 전기적인 특이점이 식별되는 경우에는, 단순히 트래킹 형태가 식별되는 점만으로 발화원인을 판정하는 자세를 지양하고, 구체적인 연소형태를 검토하여 발화개소, 연소확대 경로 등의 해석 및 전체적인 전기시스템의 고찰을 통하여, 분전반 주차단기에서의 발화원인 등을 판정해야되며, 또한, 화재현장의 정밀조사 없이 분전반 및 차단기의 조사와 해석만으로는 발화여부 또는 발화원인에 대하여 논단하는 것이 어렵다는 결론을 도출하였다.

1. 서 론

트래킹은 전기적인 발화원인의 대표적인 일례이며, 화재현장 조사과정에서 트래킹 형태는 분전반 차단기의 전원측과 부하측 단자간 또는 단자와 고정볼트 간에서 부분적인 연소형태, 전기적인 용융흔의 식별, 동 부분 절연재의 도전화 등의 형태로 식별된다.

화재현장 조사과정에서 발화개소의 판정 후, 발화개소의 범위내에서 분전반의 차단기에서 트래킹 형태가 식별되면, 기타 발화원인의 배제과정을 통하여 화재원인을 트래킹 현상으로 인한 착화 및 발화로 판정할 수 있다.

그러나, 분전반의 부하측 차단기가 작동된 형태를 보이거나, 차단기의 부하측 배선에서 단락흔이 식별되는 경우에도, 분전반 주차단기 전원측 단자에서 전기적인 용융형태, 탄화도전로의 형성 등의 트래킹 형태가 식별되는 경우가 있으며, 이는 전기계통으로 보아, 부하측의 전기적인 작용이 선행된 이후에 분전반의 차단기 전원측

에서 트래킹 현상이 진행된 것으로 볼 수 있으므로, 다른 원인에 의해 화재가 발생하고, 별개의 작용에 의해 트래킹 현상이 진행되었다고 추론할 수 있다. 따라서, 화재현장 조사과정에서 분전반 주차단기에서 트래킹 형태가 식별되는 점만으로 발화원인을 판정하는 것은 무리가 있다.

본 논문에서는 화재현장에서 발화원인으로서의 트래킹 현상이 아닌 화재진행 과정에서 트래킹 현상이 발생할 수 있는지의 가능성을 화재조사 사례를 들어 고찰하였으며, 분전반 차단기에서 식별되는 트래킹 형태와 발화원인과의 의미를 검토하여, 트래킹 형태가 식별되는 화재현장 조사과정에서의 발화원인 판정과정에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하고자 한다.

2. 본 론

2.1 이론적 고찰

트래킹은 전압이 인가된 이극도체(전선, 배선 기구)간의 고체 절연물 표면에 수분을 많이 함유한 먼지, 오존 등 전해질의 미소물질이나 이를 함유하는 액체의 증기 또는 금속가루 등의 도체 성분이 부착되면, 오염된 개소의 절연체 표면에 누설전류가 흐르고, 줄발열에 의해서 표면이 국부적으로 건조되어 전계부제(電界不齊)로 인한 전열물 표면에서 미소발광방전(scintillation)이 일어난다. 이것이 지속적으로 반복되면 절연물 표면의 일부가 분해되어 탄화되거나 침식(浸蝕)되

에 따라 도전성 물질이 생긴다. 일단 도전성 물질이 생겨나면 미세한 불꽃방전의 원인을 제공한 전해질이 소멸되어도 불꽃방전은 지속되며, 전극간에 도전성의 통로(track)가 형성되는데 이 현상을 트래킹(tracking)이라고 한다(1,2,3).

트래킹 현상이 지속되면 지속적으로 발생한 불꽃에 의해 종이나 커튼과 같이 착화하기 용이한 가연물에 착화하거나, 단락 또는 지락으로 진행되어 발화에 이르게되며, 이러한 화재를 트래킹 화재라 한다.

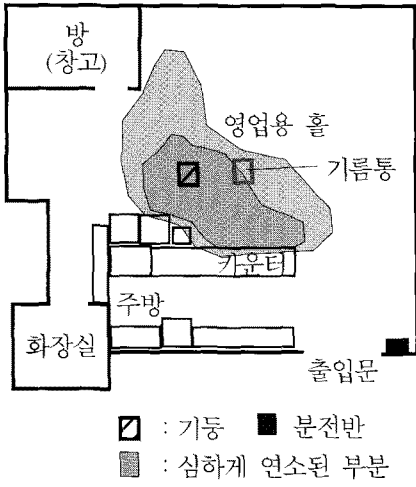
무기절연물의 경우에는, 도전성 물질의 생성이 적기 때문에 트래킹 발생의 문제가 적지만, 유기절연물은 탄화하여 도전성 물질(黑鉛)이 생기기 쉽기 때문에 트래킹의 발생이 문제가 된다.

트래킹 현상의 초기에는 전류가 작고 발열 범위도 적으므로 절연체가 독립 연소하는 경우는 없고 심부를 향하여 무염연소의 상태로 진행되거나 일정한 단계에 이르게 되면 전류량이나 발열량이 커져서 발화 또는 독립연소로 이어질 수 있다(4).

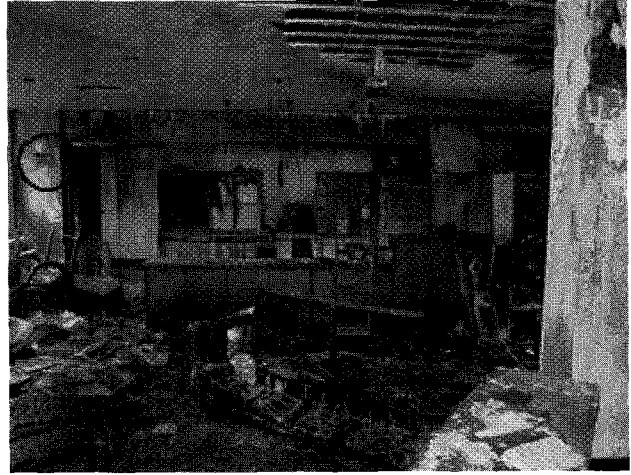
2.2. 사례연구

2.2.1 사례1

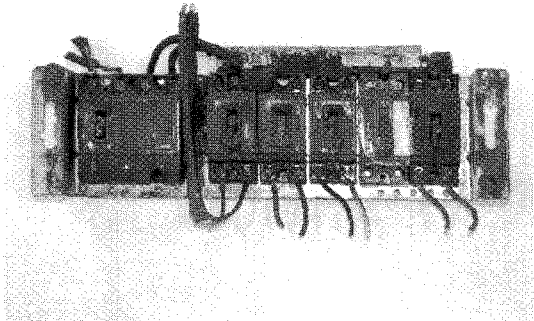
2006. 2. 2. 평택시 서정동 호프집 화재 - 점포 내에 인화성물질을 살포 후, 방화한 것으로 추정되는 화재현장으로 분전반 내 분기차단기 5점이 차단작동된 상태였으나, 주차단기 전원측 단자에 트래킹형태가 식별됨.



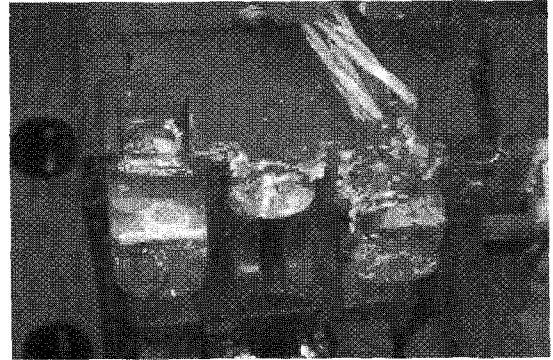
〈Figure 1〉 현장 약도, 연소등고선



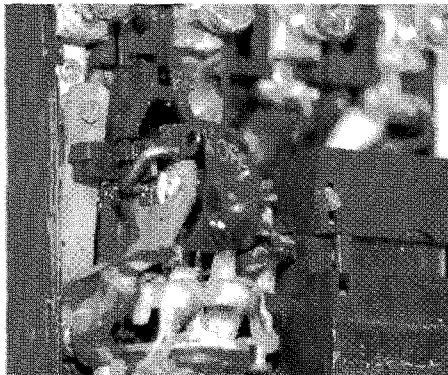
〈Figure 2〉 현장의 연소형상 ○ 표시 부위 분전함



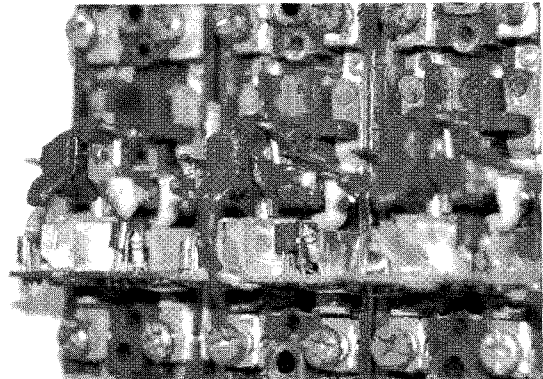
〈Figure 3〉 분전반 연소형태



〈Figure 4〉 주차단기 전원측 단자의 트레이킹형태



〈Figure 5〉 주차단기 차단작동 상태 식별



〈Figure 6〉 부하측 차단기 차단작동 상태 식별

분전반은 Figure 1의 연소등고선과 Figure 2 현장사진을 보면 연소중심부와 다소 이격된 출입문 좌측벽면에 설치되어 있고, 분전반의 차단기 각 내부를 분해검사한 결과, 주차단기 및 부하측 차단기 5점이 차단작동된 상태였고, 주차단기 전원측 단자의 양단자 및 고정볼트에서 전기적인 용융흔이 식별되는 등의 트래킹 형태가 식별되

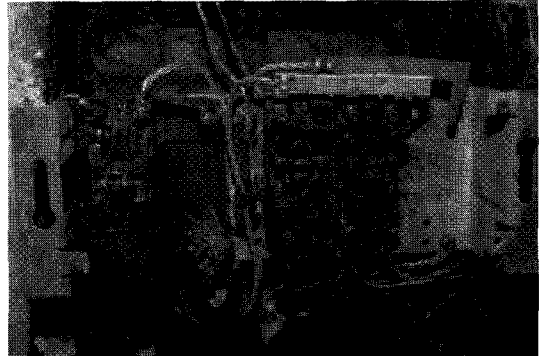
었다.

2.2.2 사례2

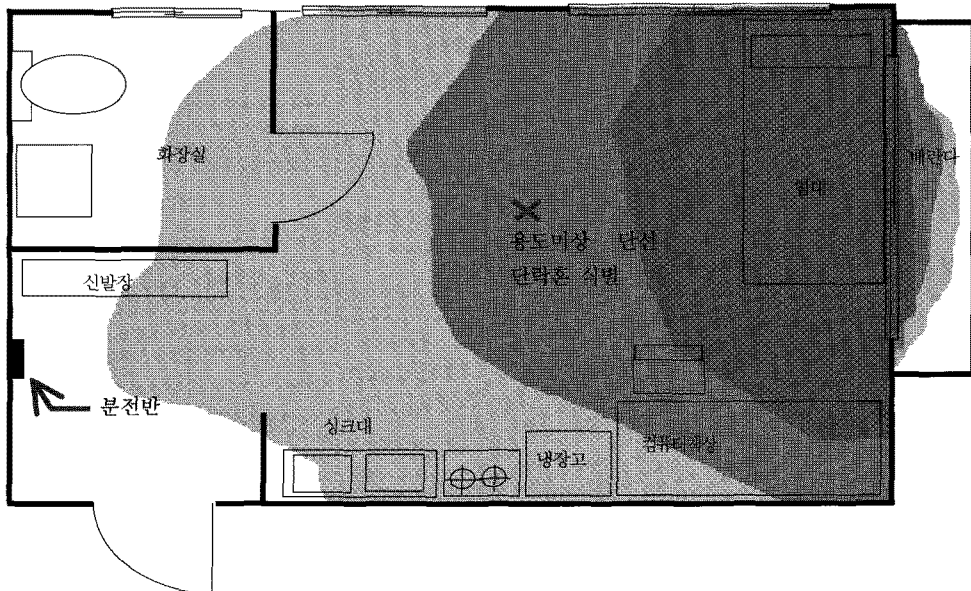
2006. 9월 강남구 원룸 화재 - 분전반의 분기 차단기 2점이 차단작동한 상태였으나, 주차단기의 전원측 단자간에서 트래킹 형태가 식별됨.



〈Figure 7〉 표시 차단기 설치 장소



〈Figure 8〉 차단기 근접촬영(주차단기 전원측단자 트래킹)



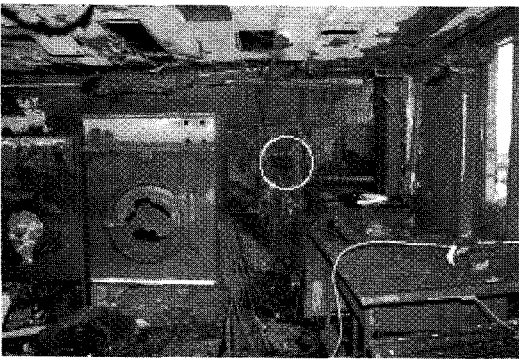
〈Figure 9〉 현장 약도, 연소등고선, (부하측2개 차단작동)

Figure 7, Figure 8의 현장사진과 Figure 9의 연소 등고선 등에서 보이는 바와 같이 분전반은 좌측 벽면 상단인 \wedge 표시방향에 설치되어 있으며, 사진에서 연소형태는 우측방향의 하단부분으로부터 좌측방향으로 연소확대된 형태를 보이고 있다. 분전반은 연소정도가 심한 상태로서, 일부분이 소실된 상태이나, 분기차단기를 분해하여 관찰한 결과, 차단기 U편 등의 위치로 보아, 2점의 분기차단기는 모두 작동된 것으로 볼 수 있으며,

주차단기의 전원측 단자는 부분적인 연소형태를 보이며, 전기적인 용융흔이 식별되는 등의 트래킹 형태가 식별되었다.

2.2.3. 사례3

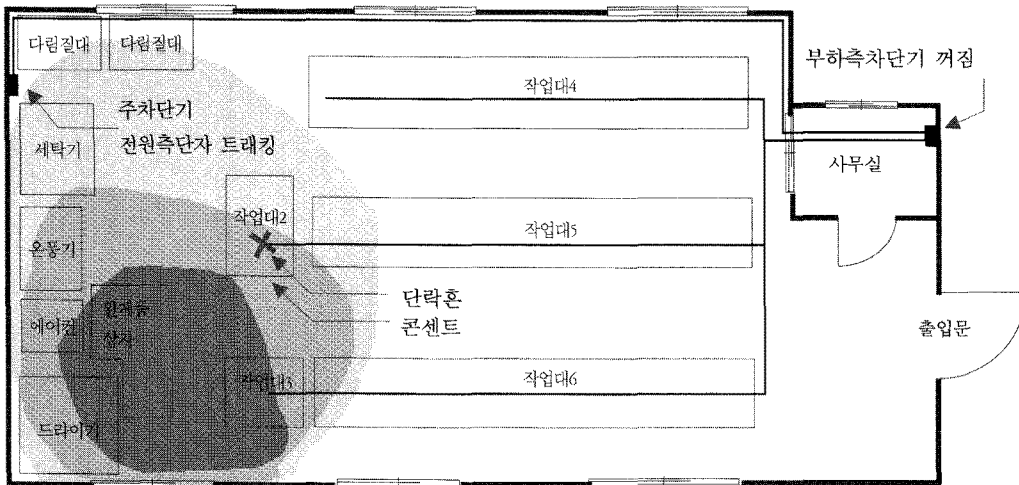
2006. 10. 12. 광진구 증곡동 봉제공장 화재 - 분전반의 차단기 부하측 배선에서 단락흔이 식별되나, 주차단기(3상4선식)의 전원측 단자 2개소에서 트래킹 형태가 식별됨.



〈Figure 10〉 주차단기 주변의 연소형상 ○ 표시 차단기 위치



〈Figure 11〉 분전반 주차단기 전원측 단자 부분의 연소형태



■ 차단기 — 작업대 전용 콘센트 배선(천정석고보드 아래로 배선되어 있음)

〈Figure 12〉 차단기 근접촬영 (부하측2개 차단작동 주차단기 전원측 단자 트래킹)

Figure 12 현장약도의 연소등고선과 Figure 11의 현장사진에서, 완제품을 적재하였던 장소로부터 세탁기 방향으로 연소확대된 형태를 보이며, 분전반이 설치되어있는 Figure 10의○표시 부위는 발화개소와 이격되어 있는 상태이다. 또한, 분전반 차단기의 부하측 배선 1개소에서 단락흔이 식별되며, 분전반에서 발화하였다고 볼만한 연소형태가 식별되지 않는 상태이나, 분전반 차단기에서 부분적인 연소형태가 식별되며, 전원측 단자 2개소에서 전기적인 용융흔이 식별되는 등의 트래킹 형태가 식별되었다.

2.2.4 사례에 대한 검토

위 사례1, 사례2, 사례3은 분전반 주차단기의 전원측 단자에서 트래킹 형태가 식별됨에도 불구하고, 분전반 주차단기의 부하측에서 전기적인 특이점이 식별되는 경우이며, 연소형태로는 분전반 이외의 부분에서 발화되어 연소확대된 형태를 보이는 사례이다.

이와 같은 경우, 화재조사 과정에서 분전반의 주차단기 전원측 단자에서 트래킹 형태가 식별되더라도, 분전반의 주차단기 부분을 발화개소로 볼 수 없고, 동 트래킹을 발화원인으로 판정해서는 안 되며, 분전반의 주차단기 전원측 단자에서 발생한 트래킹 현상은 화재발생 이후에 발화원인이 아닌 기타 원인 의하여 발생된 것으로 보아야만 한다.

화재발생 이후에 분전반의 주차단기에서 발생하는 트래킹의 원인으로는 ①분전반 주차단기의 전원측 단자는 분전반의 전원측인 인입배선이 단선되지 않는 한 화재발생 이후에도 통전상태를 유지하는 점, ②화재 연소열로 인하여 고온상태가 유지되는 점, ③화재 진화과정 중 연소생성물이나 소화수에 의하여 오염상태가 유지될 수 있는 점 등의 복합적 작용이 가능할 것으로 사

료된다. 또한, 화재발생 이후에 분전반의 주차단기에서 발생하는 트래킹의 구체적인 원인을 규명하기 위해서는 추후에 화재발생 상태의 재현 실험이 필요하다.

3. 결론

화재진화 후, 화재현장의 조사과정에서 식별되는 트래킹 형태는 발화개소의 판정 및 기타 발화원인의 배제과정을 통하여 발화원인으로 판정할 수 있다는 점에는 이견이 없는 상태이나, 3건의 화재현장 조사사례를 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- 1) 화재발생 이후에 조건에 따라, 분전반 주차단기의 전원측 단자에서 최초 발화원인이 아닌 트래킹 현상이 발생될 수 있으며,
- 2) 화재현장 조사과정에서 트래킹 형태가 식별되는 점만으로는 트래킹을 발화원인으로 판정해서는 안 되며, 연소형태 및 전기계통을 종합적으로 검토하여 트래킹으로 인한 발화가능성을 검토하여야 한다.
- 3) 화재현장의 정밀조사를 행하지 않고, 분전반 차단기에서 식별되는 트래킹 형태만으로 분전반 차단기에서의 발화여부 또는 발화원인을 판정하는 것은 불가능한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. R. A. Yereance, "Electrical fire analysis", pp.205-211, TOMAS BOOKS, USA(1995).
2. 김진표, 김만건, "전기화재감식공학", pp. 77, 성안당(2006).
3. 김만우, "화재조사용어집", pp.463, 신광문화사

(2004).

4. 송길목, 최충석, 노영수, 곽희로, “트래킹에 의해 열화된 페놀수지의 탄화 특성”, 전기학회 논문지 53C호, 1권, pp.2(2004).