

이번 (화재) 생각해 봅시다.

우리는 여러 경로를 통해 화재원인 조사 방법이나 새로운 팁 (tip) 등에 대하여 많은 지식을 접하고 있다. 이러한 정보의 제공은 제한된 지면이나 시간에 의존된 제약으로 인해 보편적이고 빈도가 높은 원인 해석 등에 집중되어 왔다. 본 지면에서는 이러한 보편적 논의에서 소외되기 쉽지만 화재 조사와 관련된 업무 종사자라면 반드시 한 번은 깊이 생각해 보아야 할 부분에 대하여 같이 논의해 보고자 한다. 이번에는 그 첫 번째로 여름철에 많이 발생하는 낙뢰에 의한 화재 발생 원인과 그 사례에 대하여 고찰해 본다.

〈집필자주〉

# 낙뢰와 화재

## 1. 낙뢰 가. 낙뢰의 개요

낙뢰는 크게 두 가지 방식으로 일어난다. 하나는 구름과 구름 사이, 다른 하나는 구름과 대지 사이의 공기 중에 일어난다.

대규모 불꽃 방전인 낙뢰는 방전 직전 전위차가 1~10억V, 전류의 세기는 수만 A(암페어)에 이르며, 방전로의 거리도 수 km로부터 수십 km에 이르기 때문에 시설물 피해는 물론 인명도 앓아갈 수 있다. 자연현상의 하나인 낙뢰는 화재나 기기의 파손, 사람과 가축에 상해를 입히는 재해의 유형으로 나타난다.

우리나라에서 주로 발생하는 낙뢰는 따뜻한 공기에 차가운 공기가 침입한 경우에 발생하는 계뢰(界雷)와, 태양에 의해 강하게 가열된 지표면 부근의 공기 온도가 현저하게 상승할 때 생기는 열뢰(熱雷)가 있다.

여름에 주로 발생하는 낙뢰는 양자의 조건이 함께 작용하는 열적 계뢰가 많다.

이렇게 생성된 낙뢰가 지상에 도달하는 경로는 4가지로, TV 안테나 등 빌딩 위에 돌출된 금속 부분을 통하는 것과 구조물에 직접 떨어지는 것, 나무 등과 같은 평지에 돌출된 높은 물체 또는 그 근처에 떨어지는 것, 그리고 전화선이나 TV 케이블, 전력선 등에 떨어지는 것이 대표적이다.

구체적 사례를 보면, 낙뢰는 지표면이 상대적으로 높은 곳이나 벌판에 있는 높은 나무 끝에 떨어지기 쉬우며 특히 끝이 뾰족한 곳에 발생 위험이 크다. 따라서 이러한 곳에서 비를 피하는 것은 사람에게도 매우 위험하다.

낙뢰의 전류는 토양의 지면에서는 땅 속으로 들어가지만 바위일 경우에는 그 표면을 따라 땅으로 흘러 들어가기 때문에, 비가 올 때 바위 위나 바위 옆 또한 사람에게는 감전이나 화상의 위험이 매우 높다.

낙뢰의 일반적인 현상은 온도상승에 의해 나타나는 열적 효과, 방전로가 급격한 가열에 의하여 나타나는 압력파에 의한 파괴를 가져오는 기계적 효과, 도체에 락 시지가 작용하여 생기는 전기적 효과 등이 대표적이다.

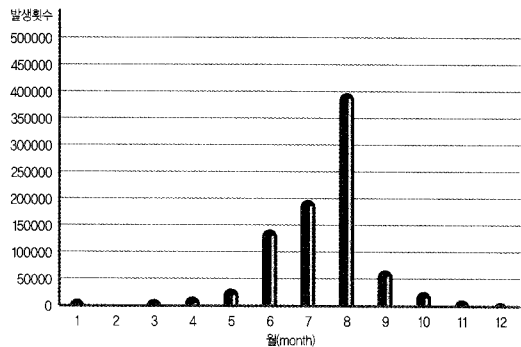
#### 나. 우리나라 낙뢰의 특징

(기상청, 2008 낙뢰연보 참조)

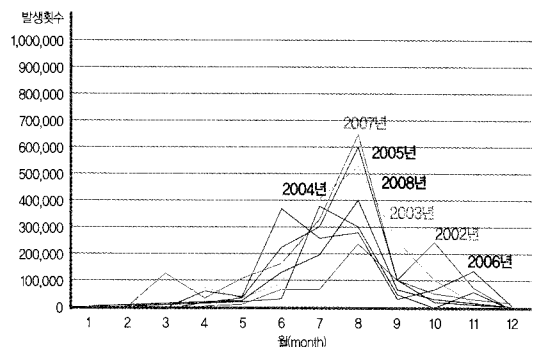
2008년에 우리나라에서는 약 86만 회의 낙뢰가 발생했으며, 그중에서 8월 중에 발생한 낙뢰만 40만 회 이상으로 연중 발생량의 절반에 가깝게 일어난다.

이는 여름철 강한 일사로 인하여 대기가 불안정해져 소나기구름과 함께 낙뢰가 발생하기 쉽기 때문이다.

최근 7년간(2002~2008년)의 통계를 보면 여름철인 7~8월에 대부분의 낙뢰 빈도가 집중되어 있는 특징이 일관되게 나타난다. 연도별 발생 빈도는 특별한 증가나 감소보다는 일정 범위 내에서 편차를 보이며 관측된다.



[도표 1] 2008년 월별 낙뢰발생 횟수

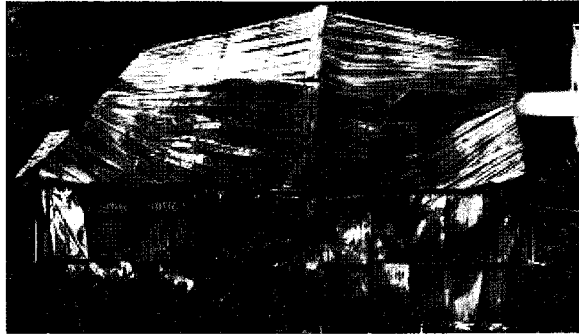


[도표 2] 최근 7년간 월별 낙뢰발생 횟수 비교

## 2. 낙뢰와 화재

낙뢰에 의한 재해는 자연현상에 의한 것이지만 때로는 사람의 부주의가 결합되어 나타날 수 있는 현상이다. 낙뢰에 의한 전류가 고체에 흐를 때 생성되는 열은 그것의 착화에너지에 충분히 이른다.

### 가. 낙뢰의 직접 착화 작용



〔자료 1〕 철골 및 패널 구조물의 낙뢰 화재 형태(하동경찰서 제공)

산이나 정원에서 커다란 나무가 벼락을 맞은 흔적을 한두 번씩 보았을 것이다. 지면에서 돌출된 큰 나무는 낙뢰에 매우 취약한 약점을 지니고 있다. 낙뢰는 일종의 전기적 아크 방전과 세기에 있어 차이가 있을 뿐 본질적으로는 같다.

따라서 낙뢰를 맞은 나무는 그 전류로부터 발생하는 열이 압력파를 만들어 적게는 나무껍질을 벗기는 것에서 시작하여 심하게는 내부 수분의 급격한 발수 및 팽창에 의한 폭발을 가져오며, 매우 큰 에너지와 순간적인 고온으로 손상되고 착화가 진행되면서 화재에 의해 나무가 타 버린다. 이것이 가연물에 직접 낙뢰가 작용되어 화재로 이어지는 경우이다.

때로는 토양이나 암석 등에 작용하기도 하여 야산에서 낙뢰가 화재의 원인이 되는 것이다.

나무에 작용되는 경우, 오래되고 마른(죽은) 나뭇가지가 살아있는 나무보다 화재로 이어지기 쉽다. 살아있는 나무는 상대적으로 전도성이 좋고 가연성은 덜하기 때문이다.

또한 샌드위치패널 구조물은 표면이 금속이고 충진물이 가연성 스티로폼으로 되어 있어 낙뢰 화재에 매우 취약하다.

### 나. 낙뢰에 의한 2차 피해 화재

주로 전기적 효과로 나타는 재해로서 낙뢰 통로 근방에 금속판이나 루프코일 등이 있으면 유도전압, 코로나 방전, 절연파괴 등이 발생하여 화재의 가능성을 높여주며, 뮌 서지에 의한 지면의 대지 전위 상승은 수용가 내의 배전 및 분전 시설에 급격한 전위 상승을 가져와 접촉부나 이음부 등의 발열과 파괴를 일으키면서 화재로 발생된다.

### 3. 낙뢰 화재의 조사요점

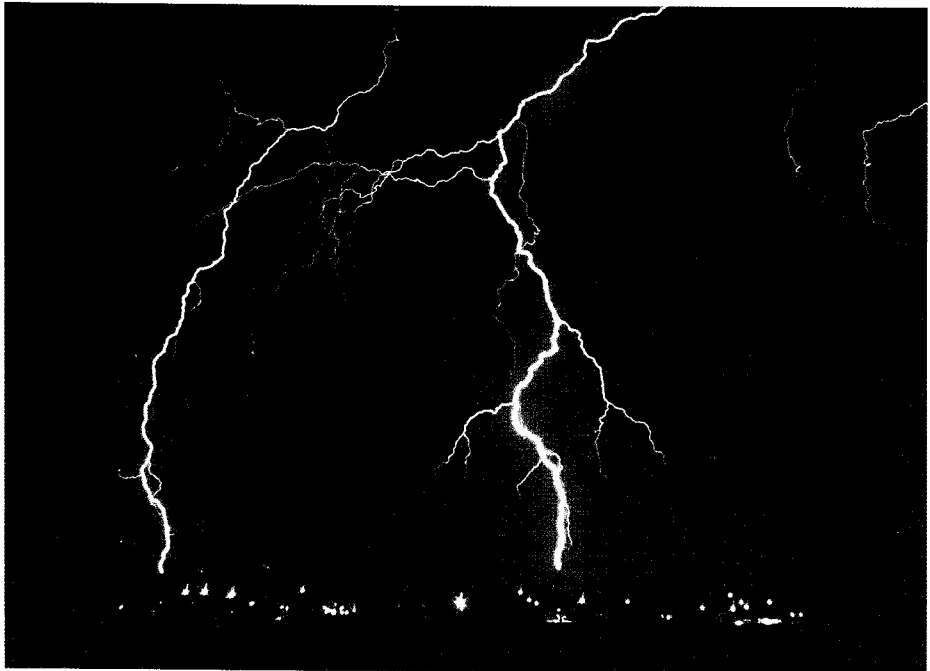
낙뢰에 의해 일어나는 재해는 순간적으로 엄청난 에너지에 의한 것으로, 구체적 재현이 어렵고 시간 고정과 같은 임의성이 없는 어려움을 가지고 있다. 그러나 낙뢰가 발생하여 손상된 흔적은 일반적으로도 알 수 있고, 경우에 따라서는 훈련된 전문가에 의해 발견될 수 있다. 특히, 화재로 발전된 흔적이란 처음 낙뢰의 흔적 이후 화재로 손실되어 이를 찾아내는 데는 전문적 식견이 필요한 부분일 수 있다.

일반적인 낙뢰의 흔적은 대표적으로 콘크리트의 구멍이나 부서지거나 갈라진 나무, 배선로를 따라 나타나는 탄화흔이나 그 배선의 파괴, 전기기구의 폭발성 손상 등이 있다. 또한 외적으로는 목격자의 진술이나 기상자료의 참조가 좋은 자료가 된다.

기상자료에서 특정한 지역의 낙뢰 발생 여부는 낙뢰에 의한 발화 가능성에 대한 유용한 정보를 제공해 준다.

특히 고온다습한 북태평양 고기압 영향을 받는 여름철에 연중 낙뢰의 대부분이 발생하기 때문에 여름철 화재에서 이를 고려해야 한다. 특별한 발화지점을 알 수 없는 화재가 산이나 숲의 외진 곳에서 발생하면 조사자는 그것이 낙뢰에 의한 것인지 여부의 판별이 매우 어려워지게 된다.

도심에서는 낙뢰에 의해 변압기 파손이 종종 일어나며, 전주에서는 고압선의 단선과 이로 인한 2차 지락이 동반되어 일어나기도 한다.



#### 4. 낙뢰화재 사례



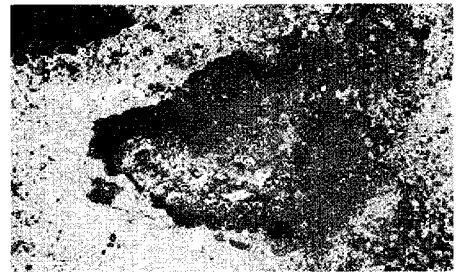
[사진 2] 낙뢰에 의해 파손된 고압선로 애자 형태



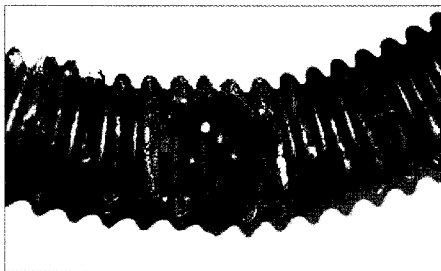
[사진 3] 낙뢰에 의해 절단되면서 발생한 아크 방전흔



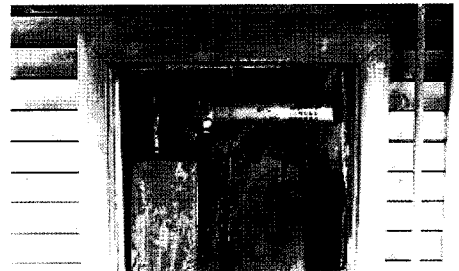
[사진 4] 낙뢰에 의해 단선된 후 지락에 의한 용융흔



[사진 5] 고압선의 지락발열로 생긴 파열과 유리질 결정물의 생성 형태



[사진 6] 지락전류의 통로를 구성하는 보일러 가스배관의 용융형태(가스 누출)



[사진 7] 가스 누출에 의한 발화로 연소된 보일러실

2009년 6월 2일 낮 서울 도심의 한 주택에서 지상을 지나던 고압전선(13.2kV)의 단선에 의한 지락으로 화재가 발생한 사건이 있었다. 사고 당일 기상청 자료의 서울 날씨는 '비, 소나기, 연무, 뇌전, 천둥'으로 기록되어 있다. 6월 한 달간 기록에서 뇌전이 발생한 유일한 날이었다.

화재현장에는 전진주 끝단에 설치된 가공지선 및 한 상의 고압선이 단선되었고(사진 2~3) 변압기 입력측 COS(Cut Out Switch ; 변압기 보호와 개폐용도로 변압기 1차 측에 설치됨)가 용단된 상태였다.

단선된 고압선로는 끝단이 지면으로 떨어져 아스팔트에 지락되면서 발열이 일어나 노면이 깨지고 유리질 결정물을 만들어내는 흔적을 남겼다(사진 4~5). 발화지점 부근에는 지락 경로 중 하나를 구성하는 가스보일러의 가스배관이 고압 방전을 일으키며 용융된 형상을 보여주고 있으며(사진 6), 이로 인해 가스가 누출되고 방전 불꽃에 착화되어 보일러가 연소되었다(사진 7). 가스 누출에 의한 순간적 화재는 즉각 대응이 어렵고 가옥의 많은 가연물로 화재 확대는 빠르게 일어나게 된다. 또한 낙뢰주변 가옥에서는 다수의 가전 및 통신기기에서 장애가 발생하였다.

이와 같이 낙뢰로 인한 2차 피해로 이어지는 화재의 경우 일부 소실된 상황이라도 많은 증거를 남기 마련이므로, 가능한 한 남아있는 흔적을 모두 증거화해서 합리적인 설명이 가능하도록 해야 한다.

## 5. 맺음말

낙뢰가 화재로 이어지는 빈도가 높지는 않지만, 여름철에 집중되고 그 에너지가 매우 큰 작용기전을 가지고 있어서 계절 화재에 있어서 반드시 고려해야 할 발화 관련성의 자연현상이다. 특히 발생이 자연적이었다 하더라도 건물과 기기 등에 낙뢰 보호를 위한 여러 가지 장치를 하고 있으므로, 낙뢰 화재를 자연재해로 치부하기보다는 그 예방활동이나 안전장치에 대하여 소홀한 책임이 공급자나, 판매자, 사용자 등에게 귀책될 수 있는 인재라는 점을 생각해 보아야 할 것이다.

낙뢰는 사람의 힘으로 막을 수는 없지만, 평상시 예방과 안전을 위한 수칙을 철저히 지킨다면 피해를 최소화할 수 있다.

또, 낙뢰 시 화재 등의 피해보다 인명안전이 무엇보다도 중요하다. 당국에서 여러 가지 안전 수칙에 대하여 홍보를 함에도 낙뢰 시 무리한 등산이나 야외운동 등을 하다가 인명피해를 입는 일이 종종 발생하므로 각별히 주의를 기울여야 할 것이다.

‘남의 일이겠지’ 라는 안이한 태도가 사고를 불러오는 안타까운 결과들을 우리는 기억하고 있기 때문이다. ☹

### <참고문헌>

1. David R. Redsicker 외, Practical Fire and Arson Investigation, 2nd ed., 1997, CRC Press, U.S.A.
2. John D. DeHaan, Kirk's Fire Investigation, 6th ed., 2007, U.S.A.
3. 소방방재청, 2008 낙뢰연보, 2009, 7.