

特異火災原因事例シリーズ

24

電気による出火メカニズム

名古屋市消防研究室

1 はじめに

火災件数が減少傾向の中、職員の世代交代も進み貴重な経験及び技術を持つ職員が少なくなっています。そのような背景の中で、出火メカニズムについて理解を深める機会も減少しています。

一般的に火災調査において電気は苦手だという調査員が多いと思われませんが、電気による出火の場合は金属の溶融を伴う場合がほとんどです。

消防研究室で近年行った電気に係る鑑識事案を紹介するとともに、各消防署へ出向し、職員等に対して実施した巡回教養での出火メカニズムに関する実験のノウハウについて簡単にご紹介します。

2 出火事例

(1) コードの短絡

写真1は火災現場から収去した延長コードの差込プラグと電線です。溶痕が形成されているのはA、B及びCの部分であり、Bの部分で電線同士が溶着しています。

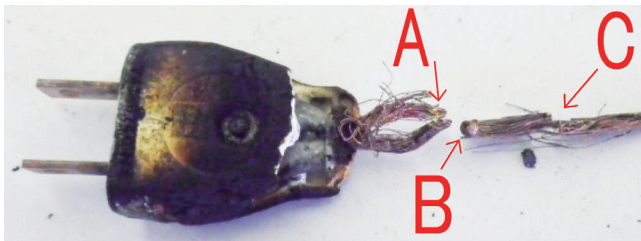


写真1 コードに形成された溶痕

これらの溶痕の形成順序を考えると、溶痕Aは電源に一番近い位置にあり、溶痕Bは2本の電線が完全に溶着しています。この電線同士の溶着があると短絡による大電流が継続



写真2 溶痕C

し、ブレーカーが作動して電気を遮断します。

電気が遮断されるとそのブレーカーに接続されている電線では短絡が発生せず、溶痕も形成されません。

したがって、溶痕C(写真2)はブレーカーの遮断以前に形成されたものと考えられます。また、溶痕Cは電線の二線間での溶着はなく、素線単位で形成されている小さな溶痕(球状、光沢有)も確認できます。

これらの溶痕は非常に近接した位置にありますが、溶痕Cの部分で最初に短絡が発生したものと推定出来ます。

(2) トラッキング現象

特徴: 金属製金具に溶融の痕跡

: 残存樹脂がグラファイト化

: 接触不良に伴う発熱の痕跡

: 水分の混入

: 接続負荷の使用状況

A エアコンの電源プラグ

写真3に示すように電源プラグの差込刃が双方とも付け



写真3 溶断した差込刃が残ったコンセント

根付近で溶断しています。このような溶断は火災では発生しづらく、この付近で局所的な発熱があったものと推定出来ます。

また、差込刃の円形の脱落防止用の穴付近に、溶融の痕跡が複数確認できます(写真4)。

これらの穴付近の溶融は差込刃と刃受け金具の間で発生した放電によるものと推定され、こ

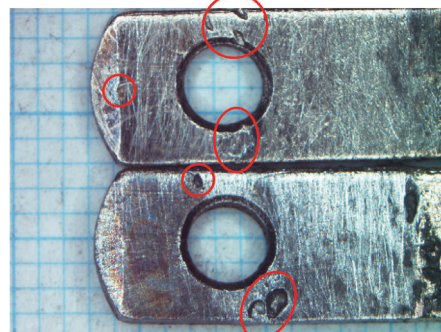


写真4 差込刃先端

の付近で接触不良があったものと推定出来ます。この接触不良により生じた熱が差込プラグの内部に伝わり、樹脂が化学反応により吸湿物質（塩化カルシウム）を発生させ、水分がかからなくても、空気中の水分を集めトラッキング現象に至ったものと推定出来ます（トラッキング現象のメカニズムについては、3.出火現象の再現方法の(3)トラッキング現象からの出火を参照）。

B マルチタップ

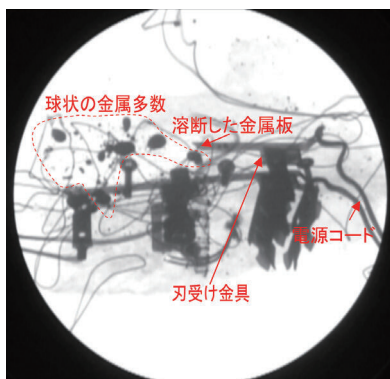


写真5 マルチタップのX線透過像

写真5はマルチタップのX線透過像です。樹脂内部に多数の球状の金属及び刃受け金具に溶融部が認められます。

これもトラッキング現象の大きな特徴である金属の溶融が確認できます。

C 一口延長コード



写真6 一口延長コード

写真6は、電源コードと一口延長コードの接続部でトラッキング現象が発生したものです。

負荷は暖房器具であり、消費電力は1000Wです。X線透過にて観察すると刃受け金具の欠損と球状の金属が確認できました。また、差込刃には接触不良に伴う放電の痕跡が認められ（写真7）、この接触不良により生じた熱が差込プラグの内部に伝わり、樹脂が化学反応により吸水物質を発生させ、トラッキング現象に至ったものと推定出来ます。



写真7 プラグ刃表面のスパーク痕

トラッキング現象のもう一つの痕跡である、グラファイト化部分を確認するためにそれぞれの刃受け金具間の抵抗値を測定すると、本来は絶縁されている部分なので ∞ を示しますが、本供試品では149.5 Ω を示し、絶縁材料（塩化ビニル）のグラファイト化が確認できました。

トラッキング現象からの出火を確認するため延長コードメス側にAC100Vを加えると発火が確認できました。

D 自動車のイグニッションコイル



写真8 供試品（左からコイル1、右端がコイル4）

エンジンの各シリンダー上部に配置される形式のイグニッションコイル（写真8）であり、このうちの一つのコイル端子部分でトラッキング現象が発生し、出火に至った事案です。

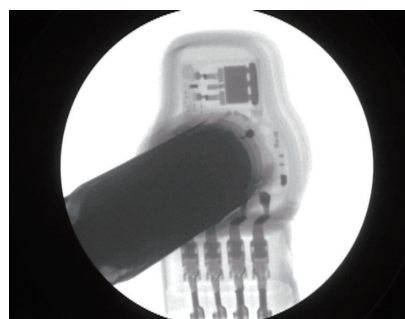


写真9 コイル4のX線透過

写真9、写真10はX線透過像による、異常があるコイル3と正常なコイル4の比較です。

写真11に示すように、溶融部分をさらに観察するためクランク状のリード付近の樹脂を削り取り観察をすると、コイル3のクランク状のリードが溶断していることが確認できました。写真12は比較のためにコイル1のクランク状リードを露出させたものです。

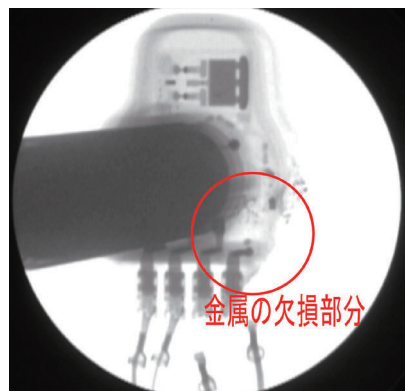


写真10 コイル3のX線透過像

テスターでクランク状のリード付近の

樹脂の任意の位置の2点間の抵抗値を測定（テスター棒間隔約1mm）すると11.9 Ω という非常に低い値（正常なものは ∞ ）を示しました。さらに発熱の確認を行うため、コイル3の電源供給部にDC12Vを印加し、発熱状況を観察しました。



写真11 コイル3の溶解部



写真12 コイル1の基板とリード



写真13 赤熱部の拡大

通電を開始すると写真13に示すように、樹脂のグラファイト化した部分の赤熱と白煙の噴出が確認でき、通電を続けると赤熱部が拡大しました。

この樹脂部分の赤熱は、樹脂に形成された炭化導路に通電されたため生じたものと推定できます。

(3) 静電気による出火

写真14は、給油取扱所の防犯ビデオからキャプチャしたもので、給油中の車両の運転者が前部トランク内部に触れていたところ突然出火した瞬間です。



写真14 ガソリン蒸気への着火の瞬間

これは、トランク内に滞留したガソリン蒸気が人体に帯電した静電気により着火したものと推定されます。本給油所はセルフではありません。

近年セルフ給油所が多くなってきているので、類似事案の発生の可能性があります。

静電気による着火現象では溶痕が形成されないため、人間が付近にいたか、気象の状態、着火物は何かなどの周囲の状況を把握することが必要です。

3 出火現象の再現方法

出火のメカニズムを理解していると、火災調査を行う上で合理的に見分を進めていくことが可能になると考えられます。そこで、出火事例で扱った代表的な出火メカニズムについての実験方法を紹介します。

(1) 短絡とブレーカー

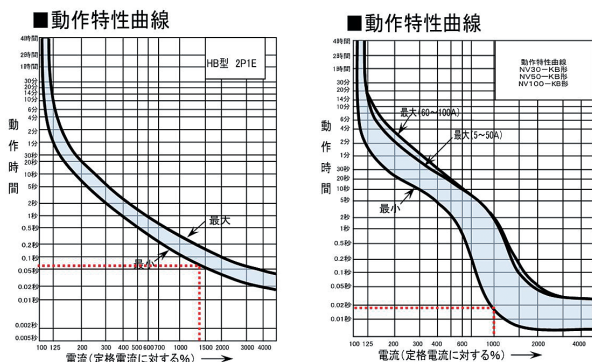


図1 ブレーカーの動作特性曲線

火災の出火原因に「短絡」があります。一般的に短絡が発生すれば、ブレーカーが動作して電流を遮断するので、火事にはならないと考えがちです。しかし、現実に短絡で火災は発生しています。

ブレーカー付の実験盤及び図1の動作特性曲線でブレーカーの特性を説明します。ブレーカーは15A、20A、50A等という定格遮断電流が設定されていますが、定格遮断電流を少し超過しただけでは遮断しません。短絡時にはその場所までの電線の長さや太さにもよりますが、100A～200Aの電流が流れます。しかし、定格遮断電流を超過するパーセンテージによって遮断までの時間が変化します。

具体的にはVVケーブルに用いられる2mm単芯のような太い銅線が接触した場合は銅線を溶断させるまでに時間がかかるので、ブレーカーは動作しますが、器具コードに用いられる0.18mmの素線同士の短絡の場合には、ジュール熱により瞬時に銅の融点である1083℃以上に達して0.18mmの銅線は溶断します。このため短絡回路が維持されず、電流の流れる時間が動作範囲に入りません。簡単に言うと、瞬時に終わるような短絡ではブレーカーは遮断しないということです。

次に、短絡時に発生する火花(赤熱した銅粒)の飛散により火災になるのはどのような場合かを実験により展示します。この実験では、可燃物として着火しやすいティシュペーパーを用いますが、可燃物から短絡火花の発生部を近づけたり遠ざけたりして、ティシュペーパーへの着火状況を観察します。着火は可燃物によほど近くないと発生せず、またブレーカーは短絡の継続がない(銅線が溶けて飛散する)ので遮断しません。

(2) 電線の短絡(素人配線からの出火)

電線のねじり接続*1部分に接触不良が生じ、発熱し短絡に至る現象を想定した実験で出火を再現します。

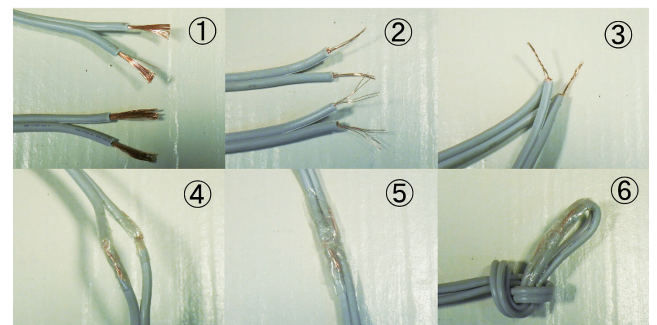


写真15 接触不良部の作成

本実験では、電線接続部の経年劣化等による接触抵抗の増加を擬するため、写真15のように接続部において30本あるコード(①)の銅線(素線)を4本残してカットし(②)、その4本をねじり接続しておきます(③)。素線をテープで絶縁して(④及び⑤)、コードの重なり部分を作るため八の字結びを作成します(⑥)。