

ブレーキパーツクリーナー（エアゾール製品） により発生した静電気火災について

北九州市消防局

1 火災の概要

本火災は、令和3年8月、北九州市内にある共同住宅の一室から出火して、浴室の網戸及び浴室内の衣類を焼損し、居住者の男性1名が全身熱傷を負った建物火災である。

出火当時、居住者は浴室でブレーキパーツクリーナー（エアゾール製品）を使用して油分の付着した衣類を洗浄中で、浴室内で突然爆発が発生したことにより、中等症の全身熱傷（Ⅲ度熱傷：約2%、Ⅱ度熱傷：約27%、Ⅰ度熱傷：約14%）を負っている。

出火当時の天候は曇り、気温は27℃、相対湿度は84%であった。

2 居住者の回答

(1) 火災発生までの状況

居住者は、トランクス1枚の格好で自宅浴室のバスマット上にしゃがみ、衣類（ズボン）にブレーキパーツクリーナーを噴射して、付着した油分を手で擦り、洗浄作業を行っていた。

居住者が上記の作業を約10分間継続したところ、洗浄中のズボン付近から出火し、直後に爆発が発生した。

(2) 火災発生後の状況

本火災は、爆発後の延焼はなく、居住者は、消火行為を行っていない。

また、居住者は、全身に熱傷を負ったため、

水を溜めていた浴槽で患部を冷却した後、消防機関へ救急要請を行っている。

(3) ブレーキパーツクリーナーの使用状況

居住者は、日常的に浴室でブレーキパーツクリーナーを使用して衣類の洗浄作業を行っていた。

今回、出火時に使用していたブレーキパーツクリーナーは出火の前日に購入した未使用品であった。

なお、ブレーキパーツクリーナーの使用中は、浴室のドア及び窓を開放しており、浴室の照明はつけていない。

3 現場見分の状況

(1) 浴室の状況

浴室上部に位置する窓の網戸が溶融していた。

また、浴室の床（タイル）には、穴あきのバスマットが敷かれており、その上に焼損した衣類が置かれていた。（写真1から写真3参照）



写真1 浴室の状況①



写真2 浴室の状況②



写真3 浴室の状況③

(2) 浴室内の衣類

浴室内の衣類は、上着の背部及びズボンの左裾が溶融していた。上着の生地はポリエステル100%で、ズボンの生地はポリエステル65%及び綿35%であった。(写真4及び表1参照)



写真4 溶融した衣類の状況

表1 溶融した衣類の素材

上着	ポリエステル：100%
ズボン	ポリエステル：65% 綿：35%

(3) ブレーキパーツクリーナー

居住者が使用していたブレーキパーツクリーナーは、ノズル部分が溶融していたが、ブレーキパーツクリーナーの本体に焼損はなかった。

また、ブレーキパーツクリーナーは、シクロヘキサン、イソヘキサン及びエタノールの引火性液体を主成分とし、LPガスにより噴射するエアゾール製品である。(写真5及び写真6参照)



写真5 本体の状況



写真6 ノズルの状況

4 現場見分及び居住者の回答からの考察

現場見分の状況から、本火災の焼損は、浴室の網戸、浴室内の衣類及び居住者が使用していたブレーキパーツクリーナーのノズルのみであることから、出火箇所は浴室であると考えられる。

また、居住者は浴室のバスマット上でブレーキパーツクリーナーを使用して約10分間、ズボンを手で擦って洗浄していたところ、ズボン付近から出火し、直後に爆発が発生したと回答している。

以上のことから、何らかの火源が浴室内に滞留した引火性液体の蒸気に引火したものと考察した。

5 再現実験

何らかの火源が浴室内に滞留した引火性液体の蒸気に引火したものと考察したが、浴室及びその周辺に火源となるものは確認できなかった。そこで、洗浄作業中に帯電した衣類、人体及びブレーキパーツクリーナー等から静電気放電が発生した可能性が考えられたため、浴室内の衣類及びブレーキパーツクリーナー（同製品）を使用して、居住者の回答を基に再現実験を行った。実験は、現場の状況を再現し、バスマット上でトランクス1枚の格好で実施した。

なお、実験を行った室内の気温は24℃、相対湿度は66%であった。

(1) 衣類の摩擦による帯電（実験1）

出火当時、居住者はズボンを擦って洗浄していたことから、ズボンの摩擦による摩擦帯電が発生したと考え、現場の状況を再現し、居住者が洗浄していたズボンを擦り合わせ、静電気が発生するかを検証した。

なお、検証については、付近にあった溶融した上着も含めて行った。

検証の結果、上着とズボンを擦り合わせると、上着にのみ約5.0kVの静電気が摩擦帯電し、上着とズボンを別々に擦り合わせても、静電気は



写真8 実験1の状況

表2 衣類の摩擦による実験

	使用物品	帯電電位
実験1	上着・ズボン	約5.0kV
	上着のみ	×
	ズボンのみ	×

発生しなかった。（写真8及び表2参照）

(2) ブレーキパーツクリーナーの噴射による帯電（実験2）

出火当時、居住者はブレーキパーツクリーナーを約10分間使用していたことから、気体の噴射による噴出帯電が発生したと考え、ブレーキパーツクリーナーを噴射し、静電気が発生するかを検証した。

検証の結果、1分間連続で噴射した場合（実験2-1）は、人体に約8.5kVの静電気が噴出帯電した。（表3参照）

同様の実験を30秒ごとに人体の帯電電位を測定しながら行った結果（実験2-2）、30秒で人体及びブレーキパーツクリーナーに約6.0kV、2分30秒で約23.0kVの静電気が噴出帯電した。（表3参照）

なお、バスマットがない状況で同様の実験を行った場合は、人体及びブレーキパーツクリーナーは帯電しなかった。

表3 ブレーキパーツクリーナーの噴射による実験の結果

実験	噴射時間	帯電電位
2-1	1分00秒	約8.5kV
2-2	0分30秒	約6.0kV
	1分00秒	約7.5kV
	1分30秒	約9.0kV
	2分00秒	約10.0kV
	2分30秒	約23.0kV



写真11 実験3の状況

(3) ブレーキパーツクリーナーを使用した燃焼実験 (実験3)

静電気発生装置を使用して人体を約10kVに帯電させ、静電気放電により、ブレーキパーツクリーナーの引火性液体の蒸気が燃焼するかを検証した。

居住者が使用していたブレーキパーツクリーナーを約2秒噴射して、引火性液体の蒸気を滞留させた容器内で、静電気放電を発生させた結果、燃焼を確認することができた。(写真11参照)

6 静電気火災が発生する条件

静電気火災は、「静電気の帯電」、「燃焼範囲濃度に達する可燃性気体の滞留」及び「可燃性気体の最小着火エネルギー以上のエネルギーを有する静電気放電の発生」の三つの要素が全て揃わなければ発生しないため、これらについて考察する。

(1) 静電気の帯電

居住者の作業内容から静電気が発生する主要因として、摩擦帯電及び噴出帯電が考えられる。

摩擦帯電については、再現実験の結果、上着のみに約5.0kVの静電気が帯電したが、居住者はズボンの洗浄作業中にズボン付近からの出火を目撃しており、再現実験においては、ズボン

に静電気が帯電することはなかったため、摩擦帯電の静電気放電により火災が発生したとは考えにくい。

噴出帯電については、再現実験の結果、ブレーキパーツクリーナーの噴射時間に比例して帯電電位が上昇し、人体及びブレーキパーツクリーナーに約6.0～23.0kVの静電気が帯電した。

このことから、居住者がブレーキパーツクリーナーを約10分間に渡って複数回噴射したため、人体及びブレーキパーツクリーナーが噴出帯電していたと考えられる。

(2) 燃焼範囲濃度に達する可燃性気体の滞留

居住者は、作業前に浴室のドア及び窓を開放しており、浴室内の換気を行っていたが、ブレーキパーツクリーナーの主成分であるシクロヘキサン、イソヘキサン及びエタノールの蒸気(蒸気密度)は全て空気より重たく、窓が浴室の上部に位置していたことから、浴室内の下部に燃焼(爆発)範囲内の可燃性気体(引火性液体の蒸気)が滞留していた可能性が高い。

(3) 最小着火エネルギー以上のエネルギーの発生

最小着火エネルギーとは、燃焼範囲内にある可燃性物質が着火するために必要なエネルギーのことである。居住者が使用していたブレーキパーツクリーナーの主成分のうち、シクロヘキサンの最小着火エネルギーが最も小さく、0.22mJである。

帯電物体が導体の場合、蓄積された静電気エ

エネルギーのほとんど全てが放電エネルギーとなって放出され、その値は次の式で与えられる。

$$W = 1 / 2 CV^2$$

Wは静電気エネルギーで単位はジュール(J)、Cは導体の静電容量で単位はファラッド(F)、Vは帯電電位で単位はボルト(V)である。

再現実験(実験2-2)では、ブレーキパーツクリーナーを30秒間噴射しただけでも、人体及びブレーキパーツクリーナーに約6.0kVの静電気が帯電した。

よって、帯電電位を6.0kV、人体の静電容量を100pFとして静電気エネルギーを計算すると1.8mJとなり、シクロヘキサンの最小着火エネルギー(0.22mJ)を大幅に上回る値となる。

以上のことから、出火当時、帯電した人体及びブレーキパーツクリーナーから静電気放電が発生した場合、そのエネルギーは引火性液体の蒸気における最小着火エネルギーを大幅に上回っていた可能性が高い。

7 出火原因

居住者の回答、現場見分の状況及び再現実験の結果から、本火災は静電気火災が発生するための三つの要素である「静電気の帯電」、「燃焼範囲濃度に達する可燃性気体の滞留」及び「可燃性気体の最小着火エネルギー以上のエネルギーを有する静電気放電の発生」が全て揃っていた可能性が高いことが判明した。

以上のことから、本火災の出火原因は、居住者が浴室のバスマット(絶縁体)上で、ブレーキパーツクリーナーを連続して噴射したことにより、人体とブレーキパーツクリーナーが噴出帯電し、浴室のタイル又は他の何らかの物との間で静電気放電が発生したため、浴室に滞留した引火性液体の蒸気に引火して爆発したものと推定した。

なお、静電気放電が発生した状況については、①バスマットの穴を通じて床面のタイルとの間で

発生したことや②壁面のタイルに触れて発生したこと、③水で濡れたバスマットやズボンがタイルと電氣的導通状態になって発生したこと等が考えられるが今回の検証では特定することはできなかった。

8 火災予防対策について

エアゾール製品は、カセットボンベや整髪剤等で日常的に使用されているが、正しい取扱方法について市民の理解が不十分であり、2018年12月に北海道札幌市、2019年7月に大阪府高槻市で、エアゾール製品の不適切な廃棄が原因とみられる大規模な爆発火災事故が相次いで発生している。

本市では、ホームページやSNSを利用して、エアゾール製品について火気付近での使用や高温となる場所での保管をしないように市民に対して注意喚起を行っているが、本事例のように周囲に火源がない状況においても、人体から発せられた静電気放電によって火災が発生する可能性があるため、このことについても、周知・啓発していかなければならない。

加えて、メーカーや国民生活センターに情報提供を行い、エアゾール製品の取扱方法を誤ると火災に繋がることを注意喚起するように協力を要請した。

その後、メーカーから今後製造するものについては、注意事項に「長時間の噴射は静電気による出火を誘発する」旨の記載をするとの回答を得た。

9 参考文献

- (1) 公益財団法人 東京防災指救急協会
「新火災調査教本 第4巻」
- (2) 公益財団法人 東京防災救急協会
「新火災調査教本 第3巻」
- (3) 平川 董「人体の帯電防止対策」
安全工学20巻6号(1981)