

広島市消防局アドバイザースタッフ制度と 火災原因調査事例

竹野 健次, 歌谷 昌弘, 佐々木 博和

(令和3年10月14日受理)

Hiroshima City Fire Services Bureau Advisory System: An Investigation of Fire Cases

Kenji TAKENO, Masahiro UTATANI and Hirokazu SASAKI

(Received October 14, 2021)

Hiroshima City Fire Services Bureau has introduced a staff advisory system for three types of fire (electrical, chemical and automobile) since 1996, for the investigation of recent complex and diversifying fire causes. Faculty members of Hiroshima Kokusai Gakuin University have been appointed as the advisory staff in these fields. This report shows the tendency of the recent fire causes analyzed from the past cases, and our investigation into representative cases in each field. In addition, it considers possible future fire causes. The aim of this paper is thus to introduce the research activity of the Hiroshima City Fire Services Bureau as well as to contribute to heightening the general awareness of fire prevention.

Keyword : Hiroshima City Fire Services Bureau, Fire investigation, Chemical fire, Electric fire, Car Vehicle fire

広島市消防局は、近年の複雑および多様化している火災原因調査のため、平成8（1996）年より「電気」「化学」「自動車」の3分野におけるアドバイザースタッフ制度を導入している。そして本学の教員は、これら3つの分野においてアドバイザースタッフに任命されている。

本報告は、これまでの火災調査の依頼件数から近年の火災原因の傾向とそれぞれの分野における代表的な火災原因の調査事例を示すことで、広島市消防局予防部予防課調査係の火災原因調査活動の紹介と、身近な製品からの火災予防への意識向上と注意喚起に寄与することを目的とする。また、今後の火災原因についても考察する。

キーワード：広島市消防局, 火災調査, 化学火災, 電気火災, 自動車火災

1. はじめに ～広島市消防局アドバイザースタッフ制度～

近年の生活環境の変化や製品技術の進歩等に伴い、複雑および多様化する火災の原因調査のため、広島市消防局は「電気」「化学」「自動車」の3分野について、中立的かつ専門的知識を有する大学教員等をスタッフとするアドバイザースタッフ制度を平成8(1996)年度より導入している。この制度により、鑑識実験および火災原因究明をはじめ毎年調査員の研修も行っている。

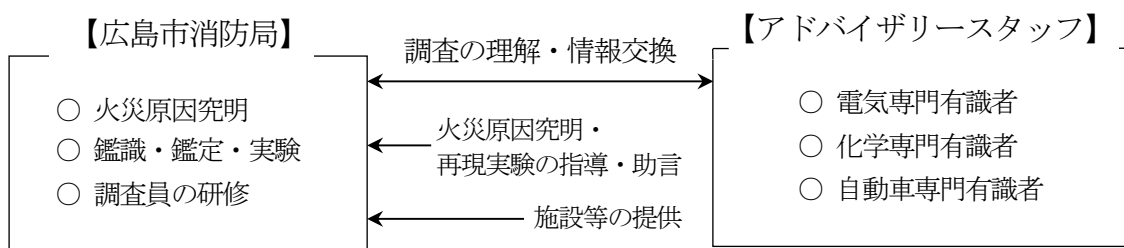


図1 広島市消防局とアドバイザースタッフとの連携

平成20(2008)年度からはアドバイザースタッフを一新し、広島国際学院大学工学部および広島国際学院専門学校の教員で3分野すべてを担当することとなり、現在担当しているスタッフは、アドバイザーとして令和3(2021)年度で14年目を迎えた。

本稿は、本学が3分野を担当することとなった平成20(2008)年度から令和3(2021)年度における依頼件数と、その中でも各分野において特徴的な火災原因とその調査過程を記すことによ



(a) 全体研修



(b) 電気火災研修



(c) 化学火災研修



(d) 自動車火災研修

図2 アドバイザースタッフによる3分野の火災調査課程研修の様子

り、広島市消防局予防部予防課調査係の火災原因調査活動の紹介と、我々の身近な製品からの火災予防への意識向上と注意喚起に寄与することを目的とする。

なお、本稿に紹介される各事例においては、プライバシー保護のため詳細な地名や学校名、車種名、商品名および製造業社名は明記せず、個別事案の特定に繋がらないよう配慮した。

2. アドバイザリースタッフへの火災調査依頼件数

現在のスタッフが担当することとなった平成20（2008）年度から令和3（2021）年度における、火災原因調査依頼件数を表1に示す。

表1 アドバイザリースタッフへの火災原因調査依頼件数
(2008年4月から2021年8月末)

年度	電気	化学	自動車
平成20（2008）	12	4	3
平成21（2009）	3	2	8
平成22（2010）	5	3	6
平成23（2011）	7	2	4
平成24（2012）	4	3	4
平成25（2013）	5	3	1
平成26（2014）	3	0	2
平成27（2015）	1	0	0
平成28（2016）	8	1	0
平成29（2017）	4	1	0
平成30（2018）	5	0	1
令和元（2019）	3	0	1
令和2（2020）	3	0	2
令和3（2021）8月末現在	1	2	0
合計	64	21	32

単位：件

以上の通り、電気火災の依頼件数が最も多く、自動車火災の2倍、化学火災の約3倍の依頼件数であった。本依頼件数の内容は産業系および公共関係、そして一般家庭からの火災のすべてを合わせた依頼件数であるが、現代社会の各分野において電化製品が広く普及されていることもあり、様々な箇所において電気系の火災が起きていることを示している。

自動車火災については、各産業界での定期検査や一般家庭の自動車も車検が義務付けられていることもあり、一定の火災予防の効果が考えられるが、それでも断続的に火災が起きている。

また、化学火災においては一般家庭に化学反応を伴う製品が少ないこともあり、全体的に依頼の件数が少なく、塗装や金属の表面加工、化学工業の分野での火災が見られた。

3. 電気火災の調査事例

3.1 電気配線付近からの出火

3.1.1 出火の概要

広島市内の耐火構造3階建ての共同住宅一室を焼損した。出火場所の状況を以下にまとめる。

A：出火箇所付近の火源としては、電気配線及びリチウムイオン電池が認められる。

B：電気配線付近の畳に著しい焼損が認められる。

C：配線状況は図3のような状況であった。なお、接続機器は全て通電状態であった。

D：電気配線には、図4のような電気痕若しくは熱痕が複数認められる。

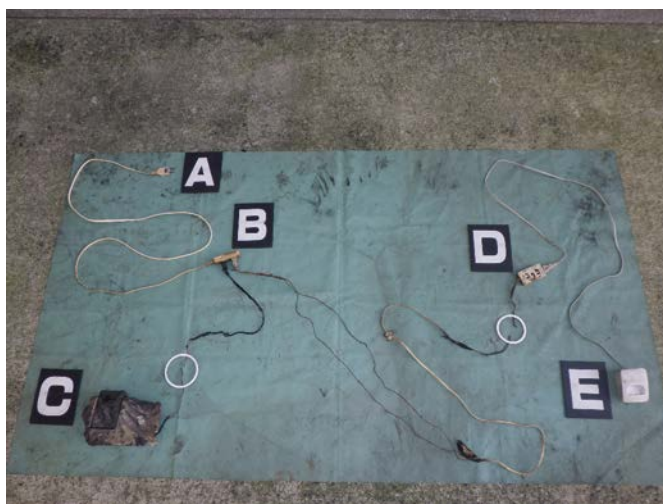


図3 火災現場の状況

3.1.2 出火の原因調査と結論

出火原因として図3のCにあるリチウムイオン電池が原因となっている可能性があるが、電池には損傷はなく、電池のケースが熱で溶けただけであった。通電状態で電気痕があることから、電気配線周りから出火した可能性が高くなった。図3の火災現場からは、電気痕がCとDの白い円の付近で見つかった。

電気痕を研磨し断面を顕微鏡観察したところ、Dの電気痕は煤を含んだもので、C付近の電気痕はボイドが大きい煤は含んでないという結果であった。煤を含



図4 電気痕

まない電気痕は、火災原因である可能性が高いこと¹⁾、もともとC付近の延焼が激しいことから、C付近の配線から出火し、Dの電気痕は延焼が原因で発生したと結論付けた。

3.2 雷による出火

3.2.1 出火の概要

物品販売店舗の屋上（店舗看板側壁部分）に設置された引込線の気中負荷開閉器の2次側に、看板改装工事のため取り付けられた縁廻りシート（絶縁用防具）、蓄力コネクタカバー等が焼損した。出火の1時間程前から雷を伴う強めの降雨があり、出火時間1～2分前に出火場所付近の広範囲で停電が発生していた。また、出火箇所付近に明らかな落雷の痕跡を認めることができず、また

側雷の痕跡についても同様であった。その他の状況等を以下にまとめる。

- A：看板改装工事のため取り付けられた縁廻りシートに雨水が滞留していたかは不明。
- B：引込線3本の内、1本の端末に図5のような短絡痕状の電気痕が認められる。
- C：付近にいた人の多くが火災発生直前に「ドン」という大きな音を聞いている。

3.2.2 出火の原因調査と結論

看板工事が出火へ影響した可能性が心配されたが、金属の足場等に落雷の痕跡は見られず、図5のケーブルと足場の接触もないことから、出火の直接的な原因ではないと結論付けた。

また直接図5の溶融痕部分に落雷していれば、より大きな溶融痕やケーブルの欠損が発生するはずである。証言のドンという大きな音、図5のような比較的小さな溶融痕とシートが燃える程度の被害で終わっていることから、雷が店舗の避雷針等に一度落雷した後、地面に流れきる前にビルの壁面等から空気を電離して側撃雷となって、図のケーブルに届いたものと結論付けた。



図5 側撃雷による溶融痕

4. 化学火災の調査事例

4.1 食品用乾燥材からの出火

4.1.1 出火の概要

広島市内某所での住居にて、住居関係者が所有する2階建ての住居のうち、1階台所部分に置かれた木製のレンジ台および炊飯器、床面等の一部が焼損したものである(図6)。

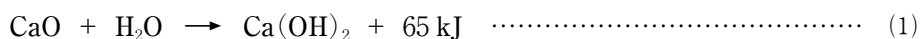
出火箇所と推定される乾燥剤の下部に高温の水蒸気が接触するような位置に炊飯器が設置されていた。



図6 炊飯器の高温蒸気接触による乾燥剤からの出火による焼損の様子

4.1.2 出火の原因調査と結論

乾燥剤の主成分は生石灰と呼ばれる酸化カルシウム(CaO)で、空気中の水分を吸収し、式(1)のように消石灰と呼ばれる水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)に変化する²⁾。この反応を利用して、密封された食品中の乾燥剤として一般的に利用されている。この反応には小さいながら反応熱があり、水に濡れて発熱するが、通常は大気に放熱されて火災に至ることは少ない。



しかしながら、図6の炊飯器上部にいくつかの乾燥剤が保管されており、ここに炊飯器からの高

温水蒸気が接触し、高温の水蒸気の温度に乾燥剤の発熱反応が加わることで放熱が間に合わずに、蓄熱により高温となった乾燥剤が木製の棚など可燃物に接触し、火災に繋がったものと推測した。

そこで、大気開放した状態での乾燥剤に90℃のお湯をかけた場合と、アルミ缶に乾燥剤を詰め、半密閉状態にて90℃のお湯を注入した場合の温度を測定した。その様子を図7に示す。



図7 半密閉状態での乾燥剤の発熱実験



図8 蓄熱による乾燥剤包み紙の無炎燃焼

大気開放の状態にてお湯をかけた場合、お湯と反応して蒸気が上がったが温度は110℃程度で、発火に至ることはなかった。次に図7のように半密閉した状態でお湯を注入した場合、激しく蒸気が上がり、温度は220℃を計測した。温度が下がり内部の乾燥剤を見ると、包み紙は黒く焦げており、無炎燃焼を確認した(図8)。

これらのことから、当該火災は高温の水蒸気が重ねていた乾燥剤に一定時間接触し、反応熱の蓄熱により可燃部の発火を招いたものと結論付けた。

4.2 中学校の理科準備室における火災

4.2.1 出火の概要

広島市内某所での中学校にて、中学校1階の理科準備室の床および作業台等の一部が焼損した(図9)。

出火箇所の残渣物には、黒く変色した酸化銅、銅粉及びマグネシウムリボンが見分され、可燃ごみの袋の一部も確認された。実験を担当した教職員によると、出火の当日、銅粉32gと、マグネシウムリボン(約長さ2cm・幅5mm)8枚をガスバーナーにて加熱し、酸化銅と酸化マグネシウムを生成する実験授業を行っている。実験後、酸化銅、酸化マグネシウムおよび酸化前の銅粉を再生紙に包み、理科準備室の紙屑等の入った可燃ごみの袋の中に破棄したところ、約4時間後に火災に至った。

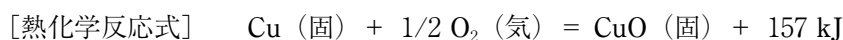
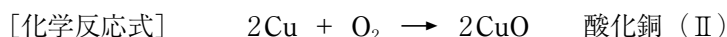


図9 理科準備室での実験金属を含む残渣物からの出火

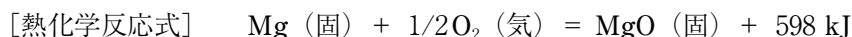
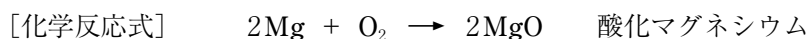
4.2.2 出火の原因調査と結論

(1) 実験金属の酸化について

ア. 銅の酸化と熱量



イ. マグネシウムの酸化と熱量



上記のとおり、やや高い酸化熱を示すが³⁾、一般に常温での金属の酸化には時間を要し、通常、酸化熱は大気に放熱されるため、室内での静置により発火に至ることは稀である。よって、授業にあった金属の加熱による酸化実験について再現を行った。その内部を観察した様子を図10に示す。



図10 加熱による銅の酸化とその内部



図11 実験後の金属残留物の回収と静置

関係者の証言どおり、実験後直ちに金属残留物と未使用の金属を紙に包み、安全を確保しながら24時間放置した(図11)。その結果、発火までの現象は見られなかったが、紙の内部の一部は無炎燃焼による焦げが見られた。よって、今回の火災は実験後のまだ温度が下がっていない金属残留物を紙に包んで廃棄したことで、余熱に未反応の金属の酸化蓄熱が加わり火災に至ったもの判定した。このような金属の加熱実験後の残留物は、一旦余熱を冷ましてから処理する必要がある。

5. 自動車火災の調査事例

5.1 インジェクション車のエンジンルームからの出火

5.1.1 出火の概要

広島市街地を某車種の車両が30分程度走行し、エンジンを正常に停止。約10分後エンジン始動(この時「パツン」という破裂音のような音を聞いたという供述)。その後約20m進んだところでエンストを起こしエンジンが停止。セルを数回回しエンジンの再始動を試みるも始動せず。ギヤをニュートラル・レンジに入れ、車両を押して移動している途中、エンジンルーム内から煙の発生を確認。その後、ボンネットを開けるとエア・クリーナー付近から煙の発生を確認、まもなく炎の発生も確認する。(図12)



図12 出火車両のエンジンルーム

5.1.2 出火の原因調査と結論

エア・クリーナー上部、インテーク側の焼損状況、エンジン始動時の破裂音などの実況見分、供述状況から、バック・ファイヤーが原因と推測される。

バック・ファイヤーの発生メカニズムは混合気が希薄状態で燃焼した際、火炎伝播速度が遅くなり次の燃焼の吸気のため吸気弁が開いたときに混合気が高温の燃焼ガスで着火して、その火炎が吸気ポート側に逆流する現象である。エンジン始動時の破裂音は、インテーク・マニホールド内の混合気が急激に燃焼したためだと思われる。

バック・ファイヤーが原因で火災に発展する多くはキャブレター車であり、電子制御燃料噴射装置車では火災には至らないとされているため⁴⁾、現車にて再現実験を行った。

電子制御燃料噴射装置車の冷却水温を検出する水温センサのECU側ハーネスを短絡し、冷却水温が高温状態の信号をECUに入力することにより、燃料噴射量が減少する。

この状態で、始動時にアクセルペダルをばたつかせ過剰な空気を吸入させることにより、より一層希薄な混合気となりエンジン始動中数回の小さなバック・ファイヤーが発生した。この時、アクセル操作をしているためスロットル・バルブが開きエア・クリーナー側へ炎が出ている(図13)。

出火原因は、バック・ファイヤー時のアクセル操作によりインテーク・マニホールド内の混合気がエア・クリーナー側に押し出されエア・クリーナー上部に付着し、バック・ファイヤーの炎により着火したものと推測できる。しかし、通常のインジェクション車では、バック・ファイヤーが起こるほど混合気が希薄になることは考えられないため、車両の燃料系統の不具合による燃料圧力の低下も疑われ、始動時の誤ったアクセル操作と重なり出火したと思われる。



図13 バック・ファイヤーの炎

5.2 スペアタイヤからの出火

5.2.1 出火の概要

高速道路を走行中の特殊車両の車両火災の事例である(図14)。供述状況、実況見分によると、高速道路を走行中ミラー越しに車の後方が明るくなっていることに気付き、振り返って見ると火が見えたため、路肩に停車し確認するとスペアタイヤ付近から火が出ていた。

車体後部にスペアタイヤが設置され、この前方約20cmの位置にマフラーがあり、噴き出した排気ガスがあたり続ける状態となっている。スペアタイヤはマフラー側が焼失している(図15)。



図14 焼損車



図15 スペアタイヤとマフラー

5.2.2 出火の原因調査と結論

出火原因は明らかに、マフラーからの排気ガスがスペアタイヤに当たりつづけたための、タイヤからの発火である。通常のマフラーの配管ではスペアタイヤなどを避ける配管となるが、図15から分かるようにテールパイプが脱落して排気ガスが直接スペアタイヤに当たる状態となっている。

ここで、タイヤの発火について検証してみる。タイヤにヒートガンを当てて過熱していくと、約350℃付近で白煙が出始め、続いてトレッドゴムの表面の炭化、カーカス・コードとトレッドゴム間の剥離現象が確認できた（図16）。約400℃でスチール・ワイヤが赤熱し、ヒートガンの風量を下げた時点でこのスチール・ワイヤが火種となり出火した（図17）。

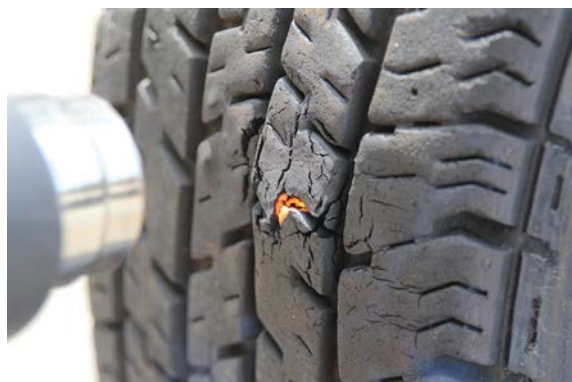


図16 スチール・ワイヤの赤熱

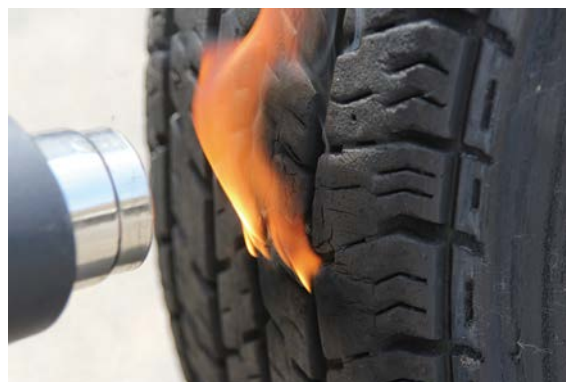


図17 有炎現象

今回の火災は、テールパイプが脱落してスペアタイヤに排気ガスが直接当たっている状態にて、排気温度が200℃以上となる高速走行を行ったことが原因であると判断した。

6. 本報告での考察と今後の予測

本稿でのアドバイザースタッフへの火災原因調査依頼件数によると、電気火災の依頼件数が最も多く、自動車火災の2倍、化学火災の約3倍の依頼件数であった。このことから、現代社会における各分野において広く電化製品が普及されていることもあり、今後も電気系の火災が多く起こることが予想される。また、政府の地球温暖化対策によりガソリン車から電気自動車に移行するなど、自動車関係についても電気系の故障や火災の増加が懸念される。

一方、化学火災については一般家庭に化学反応を伴う製品が少ないことから事例は少ないが、極まれに一般家庭内でも化学系の火災が起きている。今後も塗装や金属の表面加工、化学工業などの分野での火災が予想される。

最後に、従来の各分野の製品による火災の原因調査のみならず、今後はこれまで使用されている製品の経年劣化や、電気自動車など新しい技術が搭載された製品が一般市民にも導入されるなど、火災の原因がさらに複雑化および多様化することが予測される。このため、火災原因の調査および消防局との連携に、ますますアドバイザースタッフ制度の重要性が増してくるものと思われる。

謝 辞

本稿の火災調査事例において、火災調査関連資料を提供頂いた広島消防局予防部予防課調査係の弓場法恵さま、久保有輝さま、村長優樹さまに感謝申し上げます。また、これまで火災原因調査を担当された、歴代の調査係の方々に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 新火災調査教本<電気火災編>, 東京消防庁監修, 財団法人 東京防災指導協会, 第3巻, 363-365, 平成11年7月1日発行
- 2) 生石灰と消石灰, 高木春光, 化学と教育, 62巻, 2号, 78-79, 2014
- 3) 反応熱と熱化学方程式
(http://fnorio.com/0088thermochemical_equation1/thermochemical_equttion1.html)
- 4) 新火災調査教本<車両火災編>, 東京消防庁監修, 財団法人 東京防災指導協会, 第8巻, 68-69, 平成19年11月発行