

自動車の不具合による事故・火災情報における
車両火災に関する調査実施報告書

平成23年6月

国土交通省自動車交通局

目 次

| | | |
|---------|---|----|
| 1. | 目的..... | 1 |
| 2. | 自動車の不具合による事故・火災情報の調査..... | 1 |
| 2. 1 | バッテリー付近からの出火による車両火災に関する調査・分析..... | 1 |
| 2. 2 | バッテリー付近からの出火による車両火災発生時の車両の走行状態..... | 3 |
| 3. | 実験車両の選定 | 3 |
| 4. | バッテリーを不適切に取り付けたことによる火災の台上再現実験..... | 5 |
| 4. 1 | バッテリーを不適切に取り付けたことによる火災発生メカニズムの推定..... | 5 |
| 4. 2 | バッテリー及びバッテリーブラケットの振動特性測定(予備実験)..... | 5 |
| 4. 2. 1 | バッテリーとブラケット及び治具の共振点調査..... | 6 |
| 4. 2. 2 | バッテリー固定金具の振動による位置変化測定..... | 9 |
| 4. 2. 3 | バッテリー端子取付けナットの緩みとターミナルの浮き測定..... | 10 |
| 4. 3 | バッテリー固定金具取付けナットの締め付け不良による火災の台上再現実験..... | 12 |
| 4. 4 | バッテリー端子取付けナットの締め付け不良による火災の台上再現実験..... | 13 |
| 5. | バッテリーを不適切に取り付けたことによる火災の実車再現実験..... | 17 |
| 5. 1 | バッテリー固定金具の取付け不良による火災の実車再現実験..... | 17 |
| 5. 1. 1 | 軽貨物自動車における固定金具とプラスターミナルのショート火災実車再現実験..... | 17 |
| 5. 1. 2 | 小型乗用車における固定金具とプラスターミナルとのショート火災実車再現実験..... | 18 |
| 5. 2 | バッテリー端子取付けナットの締め付け不良による火災の実車再現実験..... | 19 |
| 5. 2. 1 | 軽乗用車におけるバッテリー端子締め付け不良によるスパーク火災の実車再現実験..... | 19 |
| 5. 2. 2 | 普通乗用車におけるバッテリー端子締め付け不良によるスパーク火災の実車再現実験..... | 20 |
| 6. | 後付け電装品を不適切に取り付けたことによる車両火災再現実験..... | 22 |
| 6. 1 | HID ヘッドランプを不適切に取り付けたことによる火災発生メカニズムの推定..... | 22 |
| 6. 2 | HID ヘッドランプを不適切に取り付けたことによる車両火災の予備実験..... | 22 |
| 6. 2. 1 | HID ヘッドランプのバルブ表面温度測定..... | 22 |
| 6. 2. 2 | ヘッドランプ周辺部品の発火温度測定..... | 23 |
| 6. 2. 3 | 走行条件の違いによるヘッドランプ部周辺の温度変化測定..... | 24 |
| 6. 3 | HID ヘッドランプのバルブの取付けが不適切で発生する火災の再現実験..... | 26 |
| 6. 4 | HID フォグランプのハーネスの配索が不適切で発生する火災の再現実験..... | 29 |
| 6. 4. 1 | HID フォグランプのハーネスの配索が不適切で発生する火災の再現実験(ヒューズ有り)..... | 29 |
| 6. 4. 2 | HID フォグランプのハーネスの配索が不適切で発生する火災の再現実験(ヒューズ無し)..... | 30 |
| 7. | まとめ..... | 32 |
| 8. | 自動車ユーザーへの提言事項..... | 33 |

1. 目的

平成21年から国土交通省ホームページにおいて公表している、自動車製作者等から報告のあった自動車の不具合による事故・火災情報(以下、「事故・火災情報」という。)の中で、バッテリー付近から出火した車両火災が多数見られる状況にある。

このバッテリー付近から出火した車両火災においては、バッテリーの取付け作業ミス、後付け電装品の電気配線の不適切な配索や、不適切な取付けに起因した火災など、様々な要因による火災が発生している。しかしながら、車両の走行条件や電装品の取付け状態と車両火災との因果関係は明らかとなっていないため、今後とも同種・同要因の車両火災の発生が見込まれる。

自動車用バッテリーは通常3年～5年程度で寿命となるのでその時点で新品のバッテリーへの交換作業を行う必要がある。また、その交換作業が適切に実施されないと、車両火災という思わぬ事態に至る危険性がある。また、HID ヘッドランプやフォグラмп及びホーンといった後付け電装品が自動車用品店等で多数販売されており、純正品からこれらの後付け電装品に交換するユーザーも多いと考えられる。しかし、この後付け電装品についても、その取付けが適切に実施されないと、車両火災が発生する危険性がある。このようなことは、一般的にはあまり知られていないと考えられる。

このため、平成21年度の事故・火災情報について調査・分析を行い、バッテリー等が関係する火災の出火原因の傾向を明らかにする。それとともに、実際の車両を用いた再現実験を実施して不具合の発生原因及び出火までのメカニズム等を調査して、自動車ユーザーや整備事業者等への注意喚起が必要と考えられる内容を取りまとめ、広く情報提供することにより、これらの車両火災の未然防止を図ることを目的とする。

2. 自動車の不具合による事故・火災情報の調査

2.1 バッテリー付近からの出火による車両火災に関する調査・分析

平成21年4月から平成22年3月末までの1年間に国土交通省に報告された事故・火災情報の中でバッテリー付近からの火災情報は98件である。この98件の事故・火災情報をその推定される要因別に分類・整理すると、表2-1に示すようにバッテリー交換作業ミスに起因すると推定される不具合が28件、後付け電装品を不適切に取付けたと推定される不具合も28件と最も多く発生している。また、ヘッドランプのバルブ交換作業や、何らかの整備作業によるハーネスのクリップ外れ等の不適切な整備で火災になったと推定される不具合が8件となっている。またそれ以外には、切れたヒューズの交換の際により容量の大きいヒューズを使用した結果、ヒューズが切れる前に配線が加熱され火災になったもの、オルタネータ内部からの発火、その他種々の要因(全て異なる要因)と考えられるものが12件となっている。なお、原因が不明なものが22件となっている。

表2-1 車両火災の不具合推定要因別発生件数

| 不具合推定要因別 | 件数 |
|----------------|----|
| バッテリー交換時の作業ミス | 28 |
| 後付け電装品の不適切な取付け | 28 |
| 不適切な整備 | 8 |
| その他 | 12 |
| 原因不明 | 22 |

表2-2 車両火災の車種別発生件数

| 車種別 | 件数 |
|--------|----|
| 乗用自動車 | 45 |
| 軽乗用自動車 | 9 |
| 貨物自動車 | 29 |
| 軽貨物自動車 | 15 |

一方、車両の種類別の発生件数を集計したものが表2-2のとおりである。乗用自動車が45件と最も多く発生しており、次いで貨物自動車が29件、軽貨物自動車が15件となっている。

バッテリー交換作業ミスが原因と推定される車両火災は28件発生しており、その内容を調査すると、表2-3に示すように、バッテリーの固定用金具の取付けが不適切であったためにバッテリーや固定金具が走行中の振動や衝撃等で動いてショートしたものが14件、バッテリーの端子取付けナットの締め付けが不十分で、ターミナルとバッテリーポストの間でスパーク(火花)が発生して火災が発生したと推定されるものが10件、端子位置が左右逆のバッテリーを搭載したことで、金属カバーと端子がショートしたと推定されるものが2件あることがわかった。その他バッテリーのプラス、マイナスを逆に接続したり、バッテリーケースの蓋が閉まっていなかったために、使用していた傘の金属部が当たってショートしたことによる火災が各1件ずつ発生している。

表2-3 バッテリー交換時の作業ミスの内訳

| バッテリーの状態別 | 件数 |
|-------------------------------------|----|
| バッテリー固定金具の取付け不良 | 14 |
| バッテリー端子取付けナットの締め付け不良 | 10 |
| 端子位置逆のバッテリー搭載(金属製のカバーとバッテリー端子がショート) | 2 |
| バッテリー上がり時のジャンピング時にプラス、マイナスを逆に接続 | 1 |
| バッテリーケースの蓋が閉まっていなかった為に傘の金属部がショート | 1 |

次に、後付け電装品の不適切な取付けによるものと推定される車両火災は28件発生しており、その内容別に分類すると表2-4のとおりである。HID ヘッドランプハーネスのショートやフォグラмпハーネスのショート、及びバルブ取付け不良による火災というランプ関連の火災が合わせて7件と多く発生していることがわかる。残りは電圧安定器本体や電圧安定器のハーネスショートによる火災が5件発生しており、オーディオ、リモコンエンジンスタート等の火災がそれぞれ2件ずつ発生している。その他の後付け電装品では、バックモニター、DC-DC コンバータ等の火災が発生している。また、メーカー報告資料では、後付け電装品の種類は不明であるがハーネスのショート火災が6件発生している。

表2-4 後付け電装品の不適切な取付けの内訳

| 内容 | 件数 |
|---|----|
| HID ヘッドランプやフォグラмпのハーネスショート及びバルブ取付け不良による火災 | 7 |
| 電圧安定器本体焼損・ハーネスショート | 5 |
| オーディオハーネス接触不良&ショート | 2 |
| リモコンエンジンスタートのハーネスショート | 2 |
| その他の後付け電装品の不適切な取付けによる火災 | 6 |
| 後付け電装品(不明)のハーネスショート | 6 |

2.2 バッテリー付近からの出火による車両火災発生時の車両の走行状態

事故・火災情報の中で車両火災が発生したときの車両の走行状態を調査・分類すると、表2-5に示すように一般道走行中に車両火災が発生したものが36件と最も多く、高速道路走行中が8件、走行後の停車中に車両火災が発生したものが23件、駐車中が28件、走行状態が不明のものが3件となっている。

駐車中の28件の中でイグニッションスイッチを OFF にして駐車後、数十分から数時間後に火災が発生しているものが複数件あり、自動車製作者等の報告では、後付け電装品のハーネスショートやバッテリー固定金具とターミナルのショート等が原因と推定されている。

表 2 - 5 火災発生時の車両の走行状態

| 走行状態 | 件数 |
|---------|----|
| 一般道走行中 | 36 |
| 高速道路走行中 | 8 |
| 走行後の停車中 | 23 |
| 駐車中 | 28 |
| 走行状態不明 | 3 |

以上2.1の分析結果から、バッテリー付近からの出火による車両火災98件中の28件がバッテリー交換時の作業ミスが原因で火災が発生していることとなり、また、後付け電装品の取付けが不適切であったことによるものと推定される火災も28件と多く、この2種類の火災で全体の60%近く(原因不明を除けば75%近く)を占める。これらの火災事例では火元となった部品だけで消火出来た例もあるが、中には周囲の部品に燃え移り、エンジンルームや室内又は車両全体まで燃えて全焼となった事例もある。また、2.2のように、火災は走行中でも走行後でも発生する。一般の自動車ユーザーは、このような危険性を認識せずにバッテリー交換や後付け電装品の取付けを行っているものと考えられる。

この結果から、本報告書ではバッテリー交換時の不適切な作業による車両火災と、後付け電装品の不適切な取付けによる車両火災の2種類の火災要因について再現実験等を行い、出火原因やメカニズム等を調査することとする。

3. 実験車両の選定

事故・火災情報にあるバッテリー交換時の不適切な取付けや後付け電装品の不適切な取付けによって車両火災に至る現象が再現するかを確認し、またそのメカニズムを調査するため、本調査では事故・火災情報の中で複数件の火災が報告されている車両の中から実験車両を選定した。

再現実験に使用した自動車は、表3-1に示すように事故・火災情報を参考に4種類の自動車、軽乗用自動車(自動車 A)、軽貨物自動車(自動車 B)、小型乗用自動車(自動車 C)、普通乗用自動車(自動車 D)の都合4台を選定し、実験項目に応じてこれら4台から抽出して使用した。

表3-1 実験車両の主要諸元

| | 車種/通称名 | 原動機排気量 最高出力 | 製造年 | 駆動方式 | バッテリー 型式 | 走行距離 |
|----------|----------------|-----------------|-----|------|-------------|----------|
| 自動車 A | 軽自動車 トッポ BJ | 660cc 50PS | H12 | FF | 26B17L | 74,469km |
| 自動車 B | 軽貨物自動車 サンバー | 660cc 46PS | H12 | RR | 26B17L | 66,610km |
| 自動車 C | 小型自動車 キューブ | 1400cc 98PS | H15 | FF | 34B19L | 98,145km |
| 自動車 D | 普通自動車 アコード | 2000cc 180PS | H13 | FF | 55B24L | 36,294km |

各車両のエンジンルームやバッテリー搭載状態を写真3-1から写真3-4に示す。なお、自動車Bは軽貨物自動車であり、エンジンは荷台の下側に搭載され、バッテリーは助手席のシート下側に搭載されている。

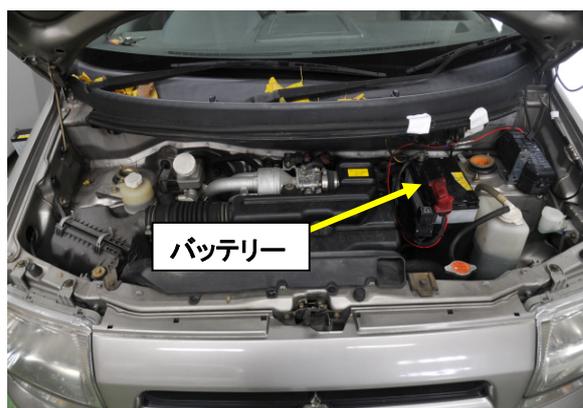


写真3-1 自動車Aのバッテリー搭載位置



写真3-2 自動車Bのバッテリー搭載位置



写真3-3 自動車Cのバッテリー搭載位置

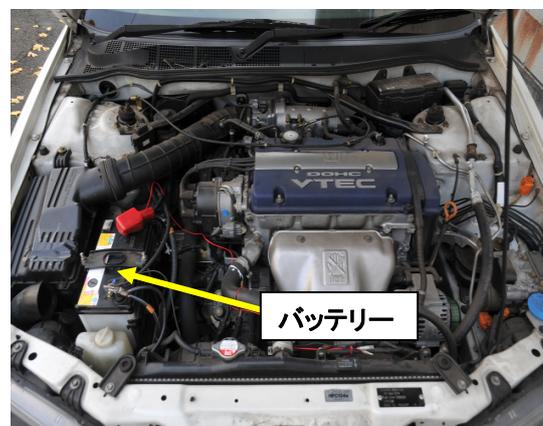


写真3-4 自動車Dのバッテリー搭載位置

4. バッテリーを不適切に取り付けたことによる火災の台上再現実験

4.1 バッテリーを不適切に取り付けたことによる火災発生メカニズムの推定

事故・火災情報では、バッテリー交換時の作業ミスが多くは、表2-3で示したようにバッテリー固定金具の取付け不良とバッテリー端子取付けナットの締め付け不良の2種類である。本調査では、バッテリーが不適切に取り付けられた場合に火災が発生するメカニズムを次のように推定した。

〈 バッテリーの不適切な取り付けによる火災発生メカニズムの推定メカニズム 〉

- ① バッテリー固定金具のナットの締め付けが緩く、走行中の振動や衝撃が加わることで金具が移動し、移動量が一定以上になるとプラス側のバッテリー端子との間でショートが発生し、バッテリー端子に塗布されたグリースやターミナルカバーに引火する。
- ② バッテリー端子取付けナットの締め付けが緩く、走行中の振動や衝撃が加わることでターミナルの浮きが発生し、ターミナルとバッテリーポストの間でスパークが発生し、バッテリー端子に塗布されたグリースやターミナルカバーに引火する。

これらの火災では、走行中は一定の風量があるため炎が大きくなりませんが、停車や駐車によって走行風が収まることで炎が大きくなり、周囲の可燃物に引火して車両火災が発生すると考えられる。

4.2 バッテリー及びバッテリーブラケットの振動特性測定(予備実験)

4.1の推定メカニズムから、バッテリー固定金具のナットやバッテリー端子取付けナットが緩む要因として振動が考えられるため、バッテリーや固定金具等に振動を加えた台上実験を行い、ナットの緩みや固定金具の移動及びターミナルの浮きが発生するかを確認することにした。

台上再現実験に使用したバッテリーや治具は表3-1に示した各実験車両の純正バッテリーと純正ブラケット(バッテリーを車体に固定するもの)、純正トレイ及び純正のバッテリー固定金具等を入手して、走行時の振動条件に近い振動をバッテリーに印加出来るように治具を製作した(写真4-1から写真4-4参照)。また、バッテリーに接続される端子やハーネスもそれぞれの車両の純正品を入手して再現実験に使用した。この治具にバッテリーを搭載してハーネスを接続し、振動試験機(注)の加振テーブルに固定して振動加速度と振動周波数を変化させて台上再現実験を実施した。



写真4-1 自動車 A バッテリーブラケット及び治具



写真4-2 自動車 B バッテリーブラケット及び治具

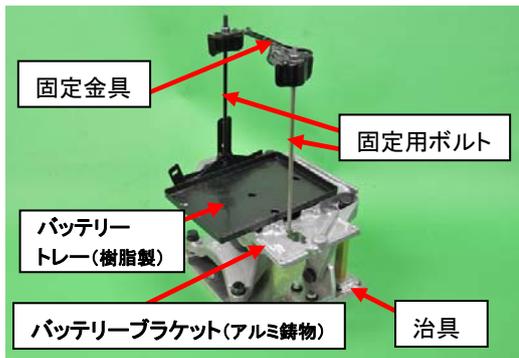


写真4-3 自動車 C バッテリーブラケット及び治具

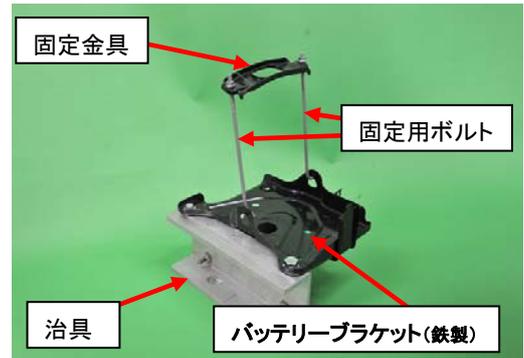


写真4-4 自動車 D バッテリーブラケット及び治具

注;実験に使用した振動試験機の主な仕様

三方向振動発生機:一つの加振テーブルを X、Y、Z=水平2方向と垂直の3方向に加振可能

振動発生方式:動電型振動試験機

最大加振力:500kgf

最大加速度:9G(無負荷)、5G(45kg 負荷時)

最大変位:51mm p-p(水平、垂直共)

振動周波数:5~500Hz

最大搭載荷重:100kg

加振テーブル寸法:400mm×400mm

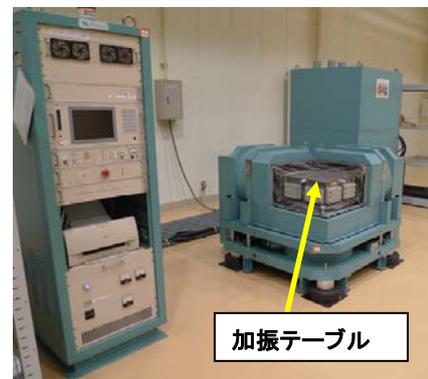


写真4-5 実験に使用した振動試験機

4. 2. 1 バッテリーとブラケット及び治具の共振点調査

バッテリー、バッテリーのブラケット、固定金具及びバッテリーターミナルはそれぞれ固有の共振周波数を持っていて、その周波数の振動が加わった時に固定金具取付けナットや端子取付けナットの締め付けが緩いと、少しの振動でも大きく動き、ショートやスパークが発生するきっかけとなることが予測される。そこで、表3-1の実験車両の純正ブラケットを使用した治具にバッテリーを組み込んで、振動試験機を以下の条件で動作させた時の、それぞれのバッテリー上部の振動を測定して共振点を測定した。

振動試験の加速度は、一般的な車の走行条件として車体に加わる加速度の最大値に近い値として、2Gを選定した。また、振動試験の掃引周波数は、低周波側について振動試験器の加振能力の上限値(最大振幅)15Hzとし、高周波側については自動車電装品の振動試験で一般的に使用されている上限周波数に合わせて200Hzとした。

実験車の標準仕様のバッテリーサイズは表3-1に示した通りであるが、入手出来なかったサイズのもの、容量や形状が近いものを入手して台上実験に使用した。

バッテリーを固定治具に取り付けて振動試験機の加振テーブルに組み込んだ状態を写真4-6から写真4-9に示す。加振方向は上下方向とし、バッテリー上部に取付けた3軸加速度センサーで車両の前後、左右、上下方向の加速度を測定した。加速度センサーの位置は写真に示した通りである。

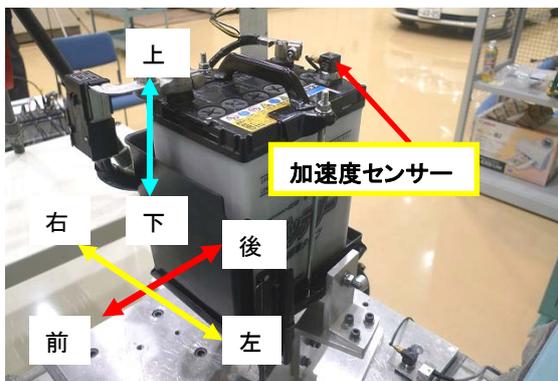


写真4-6 自動車 A のバッテリー及び治具



写真4-7 自動車Bのバッテリー及び治具

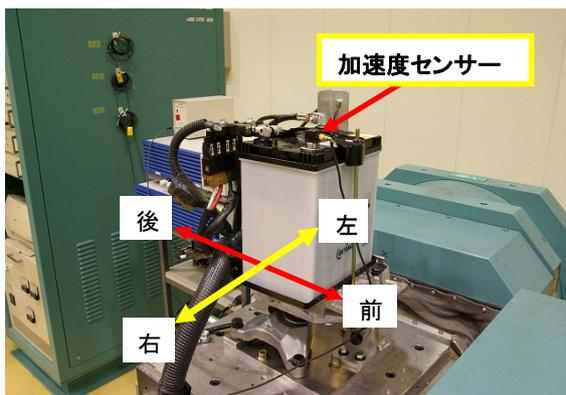


写真4-8 自動車Cのバッテリー及び治具

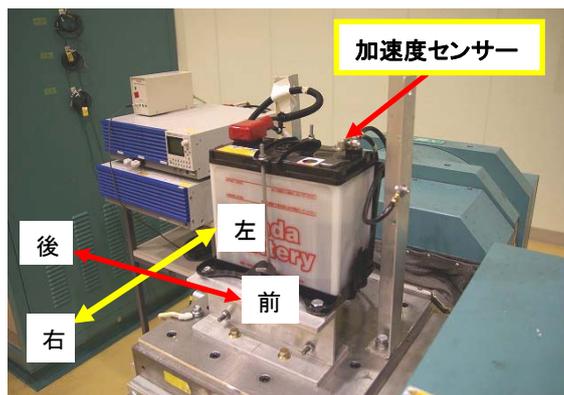


写真4-9 自動車 D のバッテリー及び治具

図4-1から図4-12に示すようにいずれの車種にも治具にバッテリーを組み込んだ状態で固有の共振点が見られる。自動車 A は20Hz 付近と70Hz 付近に、自動車 B は44Hz 付近と100Hz 付近の2カ所に共振点があることがわかった。また、自動車 C は67Hz 付近と77Hz 付近、自動車 D は20Hz 付近と95Hz 付近の2カ所に共振点があることが判明した。このように、共振によるバッテリー上部の振動加速度の大きさは車種によって異なり、薄い鉄板の溶接によるブラケットの採用された自動車 A、B、D は共振による加速度の増大幅が大きいが、アルミニウム鋳物製ブラケットを採用している自動車 C では、共振によるバッテリー上部の振動加速度の増大幅が比較的小さくなっている。この調査結果をまとめたのが表4-1である。

共振周波数近辺の周波数の振動が加わった場合には路面やエンジンからバッテリーに伝わる振動が小さくても、入力の数倍から数十倍の大きさの加速度を持つ振動がバッテリー上部で発生するため、バッテリーターミナル部のナットの緩みや固定金具取付けナットの緩みが発生しやすく、ターミナルの浮き上がりによるバッテリーポストとのスパーク火災やバッテリー固定金具の移動によるターミナルとのショート火災が発生しやすくなると考えられる。(注1)

表4-1 取付け治具付きのバッテリー上部共振点調査結果

| 車種 | バッテリー型式 | 結果 |
|------|---------|-------------------------------------|
| 自動車A | 28B17L | 前後、左右方向で20Hz付近と上下方向で70Hz付近に共振点が見られる |
| 自動車B | 28B17L | 左右、上下方向で44Hz付近と100Hz付近に共振点が見られる |
| 自動車C | 40B19L | 前後、左右方向で67Hz付近と77Hz付近に共振点が見られる |
| 自動車D | 55B24L | 前後、左右方向で20Hz付近と95Hz付近に共振点が見られる |

注1:バッテリー端子各部の呼称は P13の写真4-12を参照。

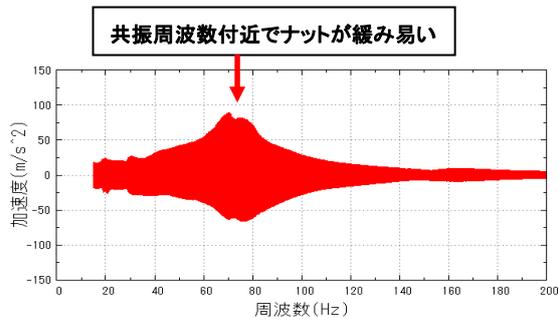


図4-1 自動車 A 上下方向の振動特性

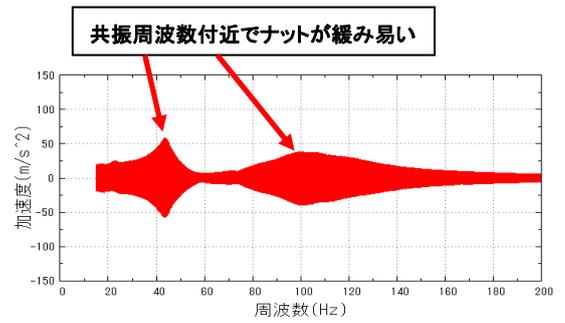


図4-2 自動車 B 上下方向の振動特性

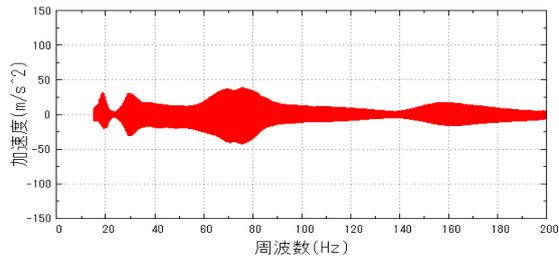


図4-3 自動車 A 左右方向の振動特性

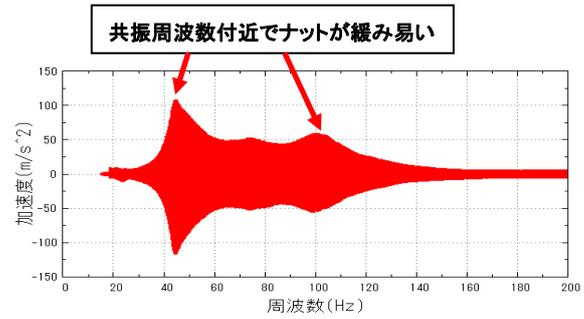


図4-4 自動車 B 左右方向の振動特性

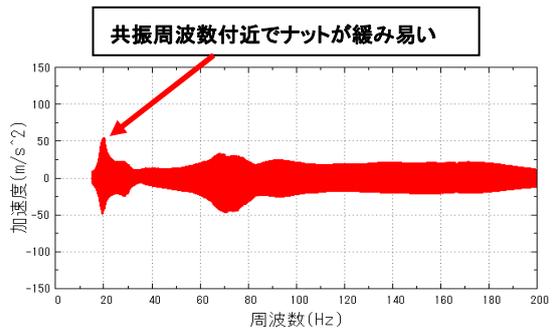


図4-5 自動車 A 前後方向の振動特性

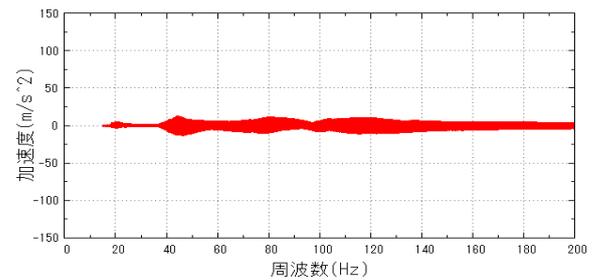


図4-6 自動車 B 前後方向の振動特性

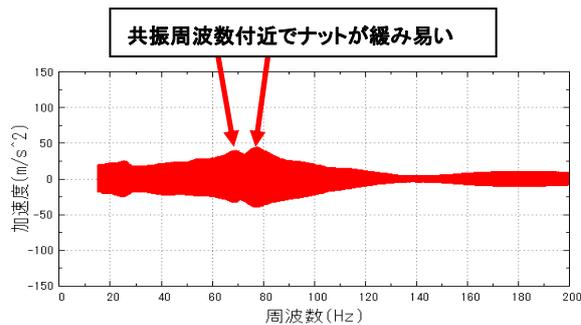


図4-7 自動車 C 上下方向の振動特性

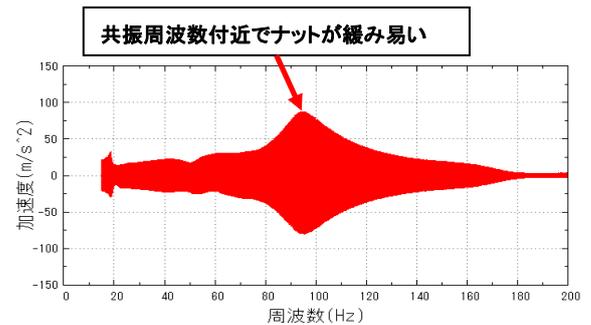


図4-8 自動車 D 上下方向の振動特性

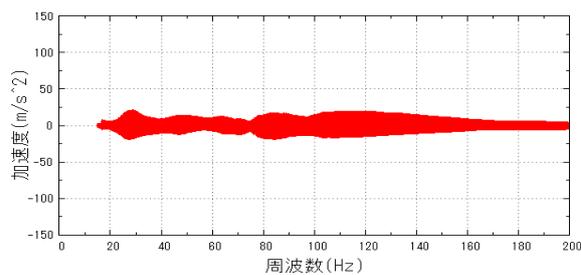


図4-9 自動車 C 左右方向の振動特性

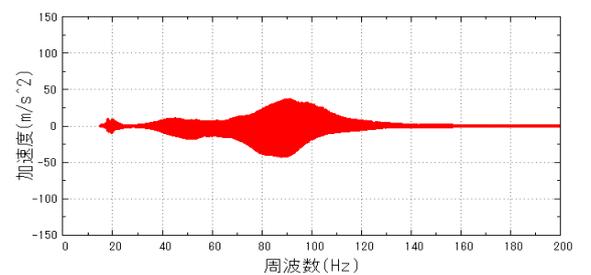


図4-10 自動車 D 左右方向の振動特性

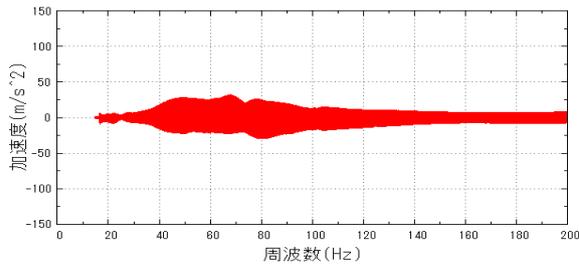


図4-11 自動車C 前後方向の振動特性

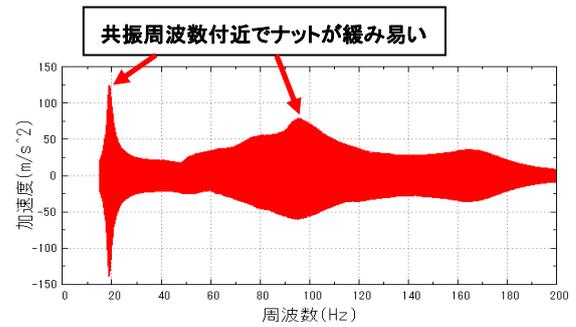


図4-12 自動車D 前後方向の振動特性

4.2.2 バッテリー固定金具の振動による位置変化測定

バッテリー固定金具の取付け不良に起因する固定金具とバッテリーターミナルとのショート火災の再現実験の予備調査として、振動試験機によりバッテリーと治具を加振(振動加速度:上下方向1G、2G 掃引周波数:15Hz~200Hz)した時のバッテリー固定金具取付けナットの締め付けトルクと位置変化との関係を測定した。振動条件としては、通常の走行での最大加速度として2G とその半分の1Gで加振することとし、振動周波数は自動車電装品の試験周波数として JASO D 001-94 で用いられている範囲の値を採用した。

その結果、自動車 D の固定金具ではわずかな動きが発生したものの、バッテリーターミナルとショートするような状態にはならなかった。一方で他の3車種のバッテリー固定金具では表4-2に示すように、ナット締め付けトルク0.2Nm~0.5Nm では固定金具が動いて、バッテリーターミナルとショートする位置まで移動することがわかった。また、固定金具の移動は表4-1に示す共振点の周波数付近で大きくなり、振動による影響が共振点近辺で大きいことが確認出来た。共振周波数(44Hz)近辺の振動によって固定金具がプラスのバッテリーターミナル側に移動して、ショートする直前となった自動車 B の状態を写真4-10に示す。(注2)

表4-2 振動によるバッテリー固定金具の動き発生状況:加速度2G

| 車種 | バッテリー型式 | 振動加速度:上下方向2G | | | | |
|------|---------|--------------------------|----------|--------|--------|--------|
| | | 固定金具取付けナットの締め付けトルク (N・m) | | | | |
| | | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 0.5 | 0.2 |
| 自動車A | 28B17L | 正常 | 正常(実験省略) | 正常 | わずかな動き | 動きあり |
| 自動車B | 28B17L | 正常 | 正常(実験省略) | 正常 | 正常 | 動きあり |
| 自動車C | 40B19L | 正常 | 正常(実験省略) | わずかな動き | 動きあり | 動きあり |
| 自動車D | 55B24L | 正常 | 正常(実験省略) | 正常 | 正常 | わずかな動き |

注2:振動条件によってはマイナスのバッテリーターミナル側にも固定金具が移動することはあるが、この場合はショートしないためプラス側に移動する条件を探した。

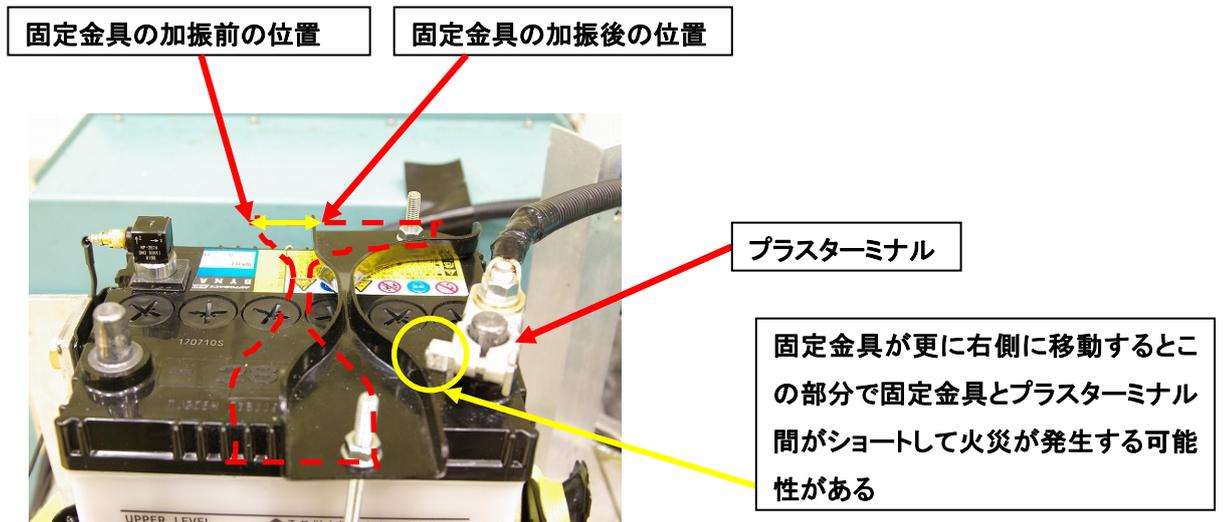


写真4-10 加振されることによって固定金具が動いてプラス端子側に接近した時の写真
(自動車 B で加振周波数が44Hz 近辺の場合)

4. 2. 3 バッテリー端子取付けナットの緩みとターミナルの浮き測定

バッテリー端子取付けナットの締め付け不良に起因する、ターミナル(注3)とバッテリーポスト(注3)の間でのスパークの発生による車両火災の再現実験の予備調査として、振動試験機によりバッテリーと治具を(振動加速度:上下方向1G、2G 掃引周波数:15Hz~200Hz で)加振した時の、バッテリープラス端子取付けナットの締め付けトルクの変化と、ターミナルの移動の有無及び量(バッテリーポストからの浮き上がり)を調べた。(注3:いずれも端子と表現する場合があるが、本調査では別の表記とした。写真4-12参照)

また、各実験車両の整備書を調査したところ、バッテリー端子取付けナットの締め付けトルクを具体的な数値として規定しているのは自動車 C のメーカーのみで、端子取付けナットは5.15Nm と規定されていたので、この値を参考に実験条件を決めた。

予備的に実験したところ、ナットを3.0Nm~5.0Nm のトルクで締め付けると、振動で緩むことは無いことが確認出来たので、振動による緩み調査実験の条件は0.2Nm(手で締めた状態)~2.0Nm とした。その結果、表4-3に示すように、振動加速度1Gでは自動車Aと自動車Bはターミナルの浮きは発生しないものの、自動車Cではプラス端子取付けナットの締め付けトルクが0.2Nm~0.5Nm、共振周波数70~80Hz 付近で取付けナットの緩みとターミナルの浮きが発生することが確認出来た。自動車Dでは締め付けトルク0.5Nm では緩みは発生しないものの、締め付けトルク0.2Nm では共振周波数の20Hz 付近でターミナルの浮きが発生した。

表4-3 プラス端子のナット締め付けトルクと振動による浮き上がり発生状況:加速度1G

| 車種 | バッテリー型式 | 振動加速度:上下方向1G | | | | |
|------|---------|--------------------------|----------|----------|------------------|------------------|
| | | プラス端子取付けナットの締め付けトルク(N・m) | | | | |
| | | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 0.5 | 0.2 |
| 自動車A | 28B17L | 正常(実験省略) | 正常(実験省略) | 正常(実験省略) | 正常(実験省略) | 正常(注4) |
| 自動車B | 28B17L | 正常(実験省略) | 正常(実験省略) | 正常(実験省略) | 正常(実験省略) | 正常(注4) |
| 自動車C | 40B19L | 正常(実験省略) | 正常(実験省略) | 正常(注4) | 浮き上がり発生(70~80Hz) | 浮き上がり発生(70~80Hz) |
| 自動車D | 55B24L | 正常(実験省略) | 正常(実験省略) | 正常(実験省略) | 正常(注4) | 浮き上がり発生(20Hz) |

注4: 正常とは取付けナットの緩みやターミナルの浮きが発生しなかったもの

次に、振動加速度2Gでは締め付けトルク0. 2Nmの条件では表4-4に示すように、4種類全てでターミナルの浮きが発生した。特に、自動車Cではプラス端子取付けナットの締め付けトルクが0. 2Nm～1. 0Nmでターミナルの浮きが発生することが確認出来た。ターミナル浮きの発生状態を写真4-11から写真4-18に示す。

表4-4 プラス端子のナット締め付けトルクと振動による浮き上がり発生状況:加速度2G

| 車種 | バッテリー型式 | 振動加速度:上下方向2G | | | | |
|------|---------|---------------------------|----------|------------------|------------------|---------------------|
| | | プラス端子取付けナットの締め付けトルク (N・m) | | | | |
| | | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 0.5 | 0.2 |
| 自動車A | 28B17L | 正常 | 正常(実験省略) | 正常(注4) | 正常(注4) | 浮き上がり発生(67Hz) |
| 自動車B | 28B17L | 正常 | 正常(実験省略) | 正常(注4) | 正常(注4) | 浮き上がり発生(45Hz) |
| 自動車C | 40B19L | 正常 | 正常 | 浮き上がり発生(70~80Hz) | 浮き上がり発生(70~80Hz) | 浮き上がり発生(70~80Hz) |
| 自動車D | 55B24L | 正常 | 正常(実験省略) | 正常(注4) | 正常(注4) | 浮き上がり発生(20Hz,100Hz) |

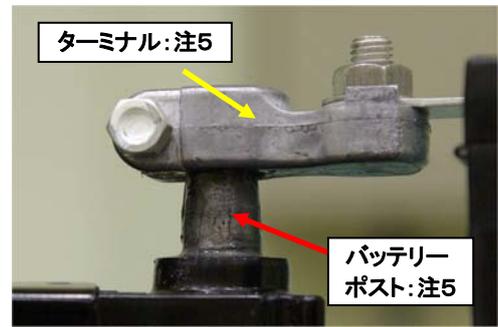
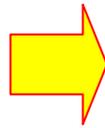


写真4-11 自動車Aのバッテリー端子:加振前 写真4-12 自動車Aのバッテリー端子:加振後
注5:いずれも端子と表記する必要があるが本調査では別の表記とした(振動条件:加速度2G、ナット締め付けトルク0. 2Nm)

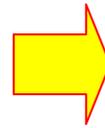


写真4-13 自動車Bのバッテリー端子:加振前 写真4-14 自動車Bのバッテリー端子:加振中
(振動条件:加速度2G、ナット締め付けトルク0. 2Nm)

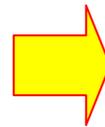


写真4-15 自動車Cのバッテリー端子:加振前 写真4-16 自動車Cのバッテリー端子:加振後
(振動条件:加速度2G、ナット締め付けトルク0. 2Nm)



写真4-17 自動車Dのバッテリー端子;加振前

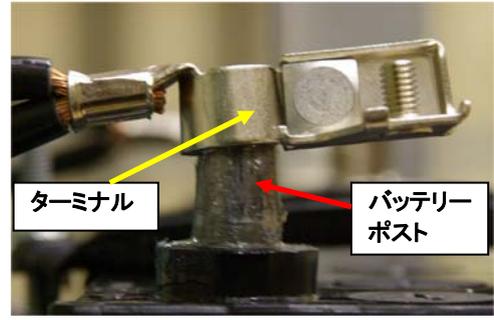
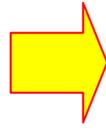


写真4-18 自動車Dのバッテリー端子;加振後
(振動条件:加速度2G、ナット締め付けトルク0.2Nm)

ターミナルの浮きが発生した状態では、バッテリーのプラスターミナルとバッテリーポストとの電氣的接触は不良の状態であり、この状態で走行を続けると、エンジンや路面からの振動でターミナルとバッテリーポストが接触したり離れたりするため、接触したときにはオルタネータからバッテリーへ充電電流が流れ込み、他方、離れた時にはスパークが発生し、この状態が長時間続くと火災になる可能性がある。

4.3 バッテリー固定金具取付けナットの締め付け不良による火災の台上再現実験

バッテリー固定金具取付けナットの締め付け不良による火災の台上再現実験は、FF 駆動方式車のバッテリー配置の代表として自動車 C と、RR 駆動方式車のバッテリー配置の自動車 B を使用した。2.1 の調査・分析によると、バッテリー交換時のミスによる火災が両試験車ともに発生している。その中でもバッテリー固定金具とバッテリーポスト間のショートによる火災が大部分を占めている。

バッテリー固定金具取付けナットの締め付け不良の台上再現実験の条件は以下の通りである。

- 1) バッテリーはそれぞれの自動車の純正品と同等の容量の自動車用品店プライベートブランド又は自動車メーカーブランド品(新品、フル充電状態)を使用した。
- 2) バッテリーターミナルカバーには、固定金具との接触部に予め切れ目を入れてショートし易くした。
(市場では経年劣化や金具との接触で亀裂等が入ることが想定されるため)
- 3) バッテリープラスターミナル部及びターミナルカバー(内側)にはグリースを塗布した。
- 4) バッテリー固定金具取付けナットの締め付け状態は4.2.2の振動実験結果から、手で締めた状態(0.2Nm~0.5Nm)として、最初からバッテリーターミナルに固定金具を接近させた後に、少しずつ両者間のギャップを狭めて、ショートさせるようにした。
- 5) デッドショート状態になると、固定金具とターミナルが溶着して火花が飛ばなくなってしまうため、常に火花が飛び続ける状態を維持するように固定金具とバッテリーターミナルのギャップを調整した。

以上の条件で2種類のバッテリーを用いて台上再現実験を実施したところ、2種類共にショートを継続させることによって約1分から1分30秒でターミナルカバーが燃えて火災が再現出来た。実験結果のまとめを表4-5に、ショートによる火花の発生状態と火災再現時の状態を写真4-19から写真4-22に示す。

表4-5 バッテリー固定金具とバッテリーターミナルとのショートによる火災再現実験結果

| 車種 | バッテリー型式 | ターミナルカバー | 電源電圧(V) | ショート電流 MAX(A) | 結果 | 備考 |
|------|---------|----------|---------|------------------|----|----------------------|
| 自動車B | 28B17L | 純正品 | 12.6 | 500以上 | 発火 | ショート発生後 約1分で発火 |
| 自動車C | 40B19L | 純正品 | 12.8 | 500以上 | 発火 | ショート発生後 約1分30秒で発火 |

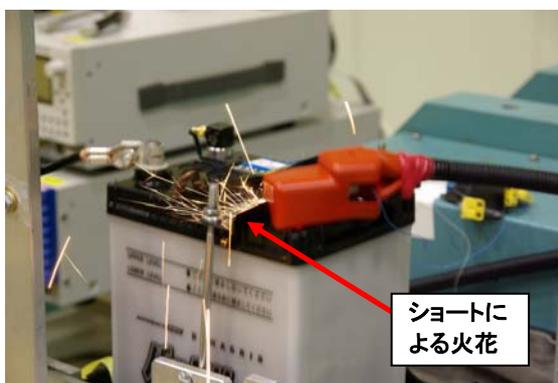


写真4-19 自動車 B のショート発生状態



写真4-20 自動車 B のショート火災再現状態

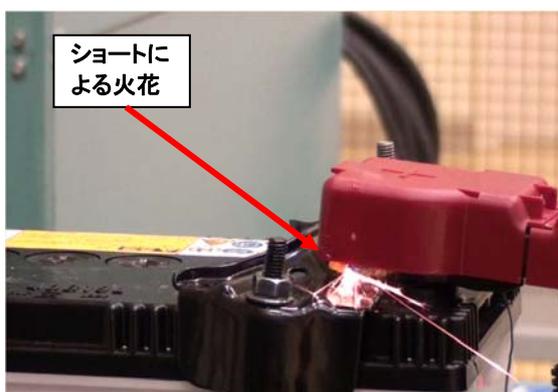


写真4-21 自動車 C のショート発生状態

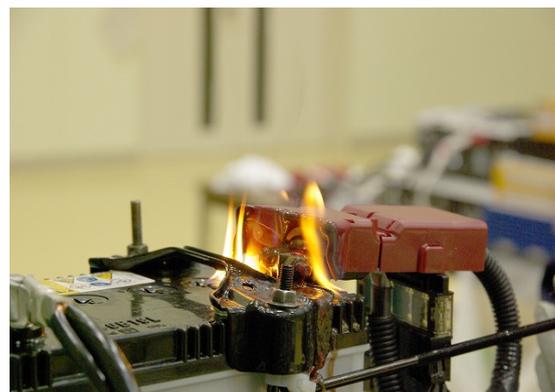


写真4-22 自動車 C のショート火災再現状態

4.4 バッテリー端子取付けナットの締め付け不良による火災の台上再現実験

バッテリー端子取付けナットの締め付け不良による車両火災については、種々の要因検討の結果、オルタネータから発生するバッテリーダンプサージが要因の一つとして考えられることがわかった。

通常、バッテリーが上がり気味でエンジンが始動出来ない時は、他のバッテリーを使用してエンジンを始動する。始動の後にエンジンをかけたままそのバッテリーを端子から外した場合、その瞬間にオルタネータから数十ボルトのサージ電圧が発生することが知られている。この時にオルタネータから発生するサージ電圧のことをバッテリーダンプサージもしくはロードダンプサージと呼ぶ。ISO7637-2 自動車電装品試験規格にもロードダンプサージ試験として32V～100V、減衰時間200ms が規定されている。又、発生するバッテリーダンプサージはオルタネータのメーカーや種類で異なり、通常のは50～100V

程度の電圧が発生するが、サージ電圧を低く抑えるためにパワーツェナーダイオードを使用しているオルタネータでは30V 前後となる。

電装品の負荷電流が大きい場合や経年劣化したバッテリーでは、走行中のオルタネータからの充電電流よりもバッテリーからの放電電流が大きくなって、走行中でもバッテリーが上がり気味となることが多い。このような上がり気味のバッテリーの場合にはエンジンの回転数が高いとオルタネータから大きな充電電流がバッテリーへ流れ込んでいることが多く、この時にバッテリーターミナルの浮きが発生して、ターミナルがバッテリーポストと離れると、数十ボルトのバッテリーダンプサージが発生することになる。

図4-13と図4-14は実験車の自動車Aと自動車Dのバッテリーダンプサージを測定したデータである。バッテリーを完全放電させた後に、エンジン回転3000回転でオルタネータからバッテリーに充電している状態でバッテリー端子を外した時の電圧と電流の変化について測定を行ったところ、自動車Aで約31V、自動車Dで約30Vのダンプサージが発生することがわかった。

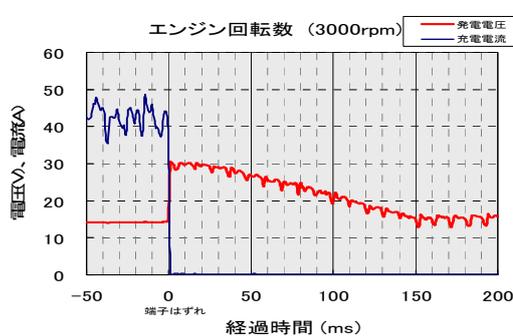


図4-13 ダンプサージ(自動車A)

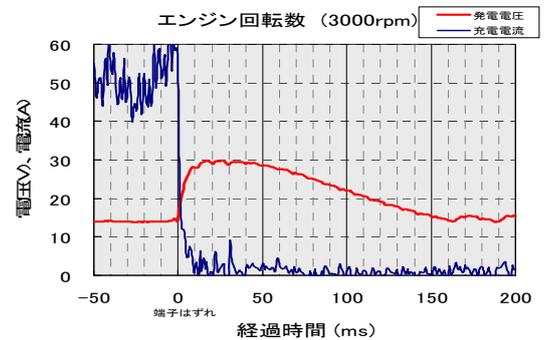


図4-14 ダンプサージ(自動車D)

以上のことを踏まえて、本調査の台上再現実験では次のような火災発生メカニズムを推定して、実験を行うこととした。

〈 バッテリー端子取付けナットの締め付け不良による車両火災の推定メカニズム 〉

車両が走行中でオルタネータからバッテリーに充電中に、バッテリー端子取付けナットの緩みによってバッテリーターミナルの浮きが発生し、振動等でターミナルとバッテリーポストが離れる。そのことにより、オルタネータからバッテリーダンプサージが発生して、このサージ電圧によってターミナルとバッテリーポスト間にスパークが発生し、端子部に塗布されたグリースや端子カバーに引火して火災が発生する。

バッテリー端子取付けナットの締め付け不良火災再現実験では、4.2で使用した治具を振動試験機の加振テーブルに固定して動電型振動試験機で振動加速度と振動周波数を変化させ、バッテリーや治具を加振出来るようにして再現実験を実施した。なお、再現予備実験の結果、ターミナルの浮きが発生した後に大きな振動を加え続けるとターミナルがバッテリーポストから外れてしまうことと、ターミナルの浮きを発生させた後は、振動加速度を0.1G程度にすると、スパークが比較的連続して発生することがわかったので、この加速度条件で実施した。

また、スパークに関する予備的な実験の結果、印加電圧が高い程、あるいはバッテリーに流入する電流が大きい程、発生するスパークの火花が強くなることが確認出来たため、印加電圧を40V 又は48Vと

高めの条件を採用した。

【 バッテリー端子取付けナットの緩みによる火災再現実験の条件(台上試験) 】

- (1)バッテリー端子部のスパーク発生要因としてオルタネータのダンプサージを想定
- (2)ダンプサージ源として定電圧・定電流源を使用して40V又は48Vを印加
- (3)バッテリープラスターミナル部及びターミナルカバー(内側)にグリース塗布
- (4)バッテリーは純正品または同等性能のものを使用し、実車のブラケット等を使用した治具で固定
- (5)走行時の振動を想定して動電型振動試験機で振動を加える(振動G:0.1G 掃引周波数15~200Hz)
- (6)バッテリープラス端子取付けナットは締め付けが緩い(手で締めた程度)状態
- (7)バッテリー自体を約60℃に暖める(エンジンルーム内の雰囲気温度を想定)
- (8)バッテリープラスターミナルとバッテリーポストとのギャップを調整して、両者の間に発生するスパークを調整・維持

以上の条件を設定して、動電型振動試験機で加振しながら4.2.3で再現させたようにバッテリーターミナルの浮きを発生させた。その結果、バッテリーターミナルとバッテリーポストの間で連続的にスパークを発生させることで火災を発生させることが出来た。試験車両4車種のバッテリーについて、スパーク火災を再現させた時の条件を表4-6のとおり一覧表にまとめた。バッテリーダンプサージ源として外部から印加した電源電圧が高い程、又は電流が大きい程スパークが強くなるが、発火までの時間はばらついている。自動車Dについてはターミナルカバーをメーカー純正品の場合と社外品の2通り実施したところ、どちらのカバーでも火災が再現出来た。この場合、表4-6に示したように、社外品のターミナルカバーの方が純正品と比較して、小さい流入電流でも短時間で発火するなど、火災に至りやすい傾向があった。バッテリーターミナルとバッテリーポスト間のスパークによる台上火災再現実験の様子を写真4-23から写真4-28に示す。

表4-6 バッテリーターミナルとバッテリーポスト間のスパークによる火災再現実験結果

| 車種 | バッテリー型式 | ターミナル カバー | 電源電圧(V) | 流入電流MAX(A) | 結果 | 備考 |
|------|------------|-----------|---------|------------|----|---------|
| 自動車A | 28B17L | 純正品 | 40 | 15 | 発火 | 約22分後発火 |
| 自動車B | 40B19L(注6) | 純正品 | 40 | 15 | 発火 | 約10分後発火 |
| 自動車C | 40B19L | 純正品 | 40 | 15 | 発火 | 約6分後発火 |
| 自動車D | 55B24L | 純正品 | 48 | 15 | 発火 | 約13分後発火 |
| 自動車D | 46B24L(注6) | 社外品 | 48 | 10 | 発火 | 約6分後発火 |

注6:自動車Bの実験と自動車Dの2回目の実験で使用したバッテリーは、正規のサイズと異なるものを使用した。これは、上記の火災再現実験の条件を決める前に、種々の条件で予備的実験をしており、この事前実験で多数のバッテリーのバッテリーポストが溶解して使用不可となった。そのため、異なるサイズ(容量は異なるが、発生するスパークはほぼ同等)のバッテリーを使用した。

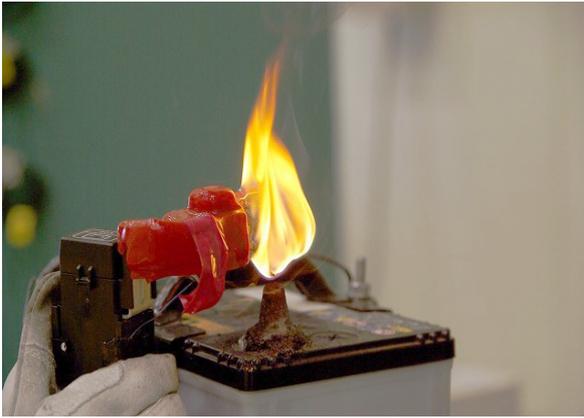


写真4-23 自動車 A の火災再現状態
(ターミナルカバーは純正品を使用)



写真4-24 自動車 B の火災再現状態
(ターミナルカバーは純正品を使用)

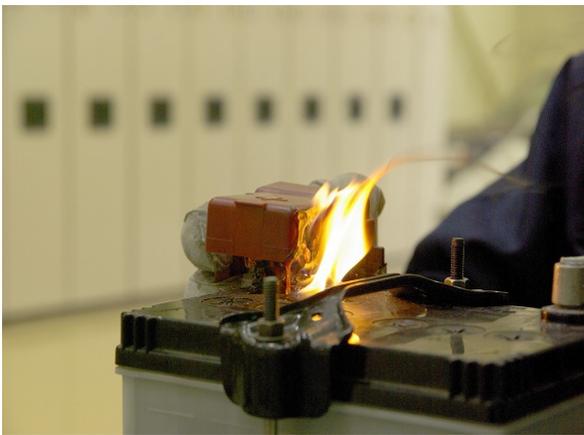


写真4-25 自動車 C の火災再現状態
(ターミナルカバーは純正品を使用)



写真4-26 自動車 D の火災再現状態
(ターミナルカバーは純正品を使用)



写真4-27 自動車 D のスパーク火災再現状態
(ターミナルカバーは社外品を使用)



写真4-28 実験後のプラスバッテリーポスト
(写真4-27の実験後のバッテリーで、バッテリー
ポストが半分程度溶損している)

5. バッテリーを不適切に取り付けたことによる火災の実車再現実験

バッテリー固定金具とバッテリーターミナルとのショート火災とターミナルとバッテリーポストとのスパーク火災が台上実験で再現出来たので、この台上での再現条件を基に実車を用いた実験を実施した。

台上実験の結果、バッテリー固定金具の取付け不良によるショート火災では固定金具とバッテリーターミナルとのギャップを常に最適な状態に保つ必要があり、また、バッテリー端子取付けナットの締め付け不良によるスパーク火災では、浮いたターミナルとバッテリーポストとのギャップを常に最適な状態に保つ必要があることが火災再現の必要条件であることがわかった。走行中の実車でこれらのギャップを最適状態に保つために、固定金具とバッテリーターミナルとのギャップやバッテリーターミナルとバッテリーポストとのギャップを車室内(助手席)から遠隔操作出来る治具を作成して、ショート状態やスパーク状態を持続させられるようにして実験を実施した。

さらに、実車実験ではバッテリーに印加される振動の加速度や周波数は任意に調整出来ないため、固定金具やバッテリー端子取付けナットが緩んだ状態を設定し、路面の凹凸が比較的大きいためにバッテリー近辺の振動加速度が大きくなると考えられる砂利路での走行に加え、舗装路面での一定速走行及び旋回走行等を実施して固定金具の移動や端子の浮きが発生するかどうかを調査した。その発生状態を確認した後に、舗装路面での一定速走行を実施し、その時に固定金具とターミナルとのギャップやターミナルとバッテリーポストとのギャップを調整しながらショート状態やスパークの状態を持続させて、火災が発生するかどうかを確認することとした。

5.1 バッテリー固定金具の取付け不良による火災の実車再現実験

5.1.1 軽貨物自動車における固定金具とプラスターミナルのショート火災実車再現実験

RR 駆動の軽貨物自動車(自動車B)を使い、バッテリー固定金具の取付け不良(ナットの締め付けトルク0.2Nm～0.5Nm)の状態において、走行中の振動や衝撃により固定金具とプラスターミナルが接触するかどうかについて、走行する路面やスピードを変化させて実車確認を行った。その結果、表5-1に示したように、平坦な舗装路走行では固定金具が動くことは無かったが、路面の凹凸が比較的大きい砂利路走行での加速時には固定金具が移動した。振動によって固定金具はバッテリープラスターミナル側に移動してターミナルカバーに接触することが確認出来た。この時、車体のバッテリー近辺で計測された振動加速度は最大で約1.3Gであった。この加速度は台上振動実験の結果(1Gないし2Gで移動)に近い。

表5-1 自動車Bの走行時のバッテリー固定金具の移動有無確認結果

| 走行条件 | バッテリー型式 | バッテリー近辺の車体上下方向振動加速度 | 固定金具の状態 | 備考 |
|------------|---------|-----------------------|-------------|------------------|
| 舗装路 20km/h | 28B17L | 1.0 m/s ² | 移動無し | 振動加速度:0.1Gと:小さい |
| 舗装路 40km/h | 28B17L | 1.4 m/s ² | 移動無し | 振動加速度:0.14Gと:小さい |
| 砂利路 30km/h | 28B17L | 8.0 m/s ² | 移動無し | 振動加速度:0.8G |
| 砂利路 40km/h | 28B17L | 12.8 m/s ² | プラス端子カバーに接触 | 振動加速度:1.3Gで移動発生 |



写真5-1 自動車Bの砂利路走行状態



写真5-2 砂利路速度 40km/h 走行後の状態

次に、自動車Bで舗装路を速度約40km/h で一定速走行し、バッテリー固定金具とターミナルとのギャップを調整してショートによる火花が出る状態を維持させて火災発生の状態を観察した。約40秒でターミナルカバー部分から発火し、火災が発生した。その火災発生時の状態と消火後のターミナルカバーの状態を撮影したものを写真5-3と写真5-4に示す。



写真5-3 自動車 B のショート火災再現状態



写真5-4 自動車 B の火災消火後の状態

5. 1. 2 小型乗用車における固定金具とプラスターミナルとのショート火災実車再現実験

FF 駆動の小型乗用車(自動車 C)を用いたバッテリー固定金具取付け不良(ナットの締め付けトルク0.2Nm~0.5Nm 程度)の状態でのショート火災再現実験では、平坦な舗装路走行と路面の凹凸が比較的大きい砂利路走行でも固定金具の移動は発生しなかった。しかし、約20km/h での左旋回走行時にバッテリーと固定金具が移動してプラスターミナルカバーと固定金具が接触することが確認出来た。これは、自動車 C のバッテリー搭載方向が他車と異なっていて、バッテリーの長手方向が車両の左右方向となっているために旋回時の遠心力の影響を受けやすく、固定金具とバッテリーに旋回走行時の遠心力が作用して移動したものと推定される。

表5-2 自動車 C の走行時のバッテリー固定金具の移動有無確認結果

| 走行条件 | バッテリー型式 | バッテリー近辺の車体振動加速度 | 固定金具の状態 | 備考 |
|---------------------------|---------|-----------------------------|-------------|----------------|
| 舗装路 20km/h | 40B19L | 0.7 m/s ² (上下方向) | 移動無し | 振動加速度0.07Gと小さい |
| 舗装路 40km/h | 40B19L | 1.4 m/s ² (上下方向) | 移動無し | 振動加速度0.14Gと小さい |
| 舗装路 20km/h 旋回走行(半径約6m) | 40B19L | 1.9 m/s ² (左右方向) | プラス端子カバーに接触 | 左旋回時に端子カバーと接触 |
| 砂利路 40km/h | 40B19L | 6.0 m/s ² (上下方向) | 移動無し | 振動加速度は0.61G |

次に、自動車 C で舗装路を速度約40km/h で一定速走行し、バッテリー固定金具とターミナルとのギャップを調整して、ショートによる火花が出る状態を維持させて火災発生の状態を観察した。約20秒でターミナルカバー部から発火し、火災が再現出来た。自動車 C の砂利路走行状態、舗装路走行状態と火災発生時及び消火後のターミナルカバー部の状態を写真5-5から写真5-8に示す。



写真5-5 自動車 C の砂利路走行状態



写真5-6 自動車 C の舗装路走行状態



写真5-7 自動車 C のショート火災再現状態

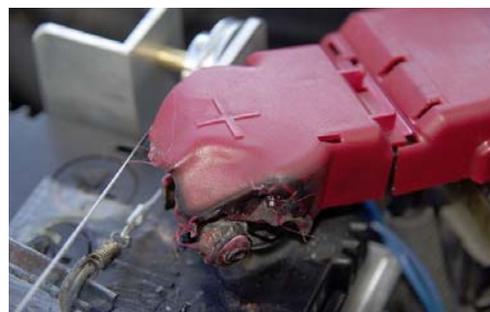


写真5-8 自動車 C の火災消火後の状態

5.2 バッテリー端子取付けナットの締め付け不良による火災の実車再現実験

5.2.1 軽乗用車におけるバッテリー端子締め付け不良によるスパーク火災の実車再現実験

FF 駆動の軽乗用車(自動車 A)におけるバッテリー端子締め付け不良によるスパーク火災の実車再現実験では、あらかじめターミナルの浮きを発生させておいて、ターミナルとバッテリーポストとのギャップを車室内から遠隔操作することによりスパークを継続させる方法で実験を行った。

また、予備実験の結果、オルタネータは内部の IC レギュレータで発電電圧と電流を制御しているため、

バッテリーの充電時にバッテリーに流入する電流が変化して、ターミナルがバッテリーポストから離れた時に発生するバッテリーダンプサージが安定せず、スパークも一定とならないことが判明した。そこで、フィールドコイル電流を外部から制御出来るようにオルタネータを改造し、安定的にスパークが発生するようにして実車実験を行った。

自動車 A の実車実験は下記の条件で実施した。

- ① 走行条件は舗装路で40km/h 一定速、シフトポジションは2速(エンジン回転数を高回転として充電電流を増加させ、発生するバッテリーダンプサージを大きくするため)
- ② バッテリーは自動車用品店プライベートブランド品(型式:28B17L)を使用
- ③ ターミナル部の固定用ナットは手で締めた状態(0.2Nm~0.5Nm)
- ④ ターミナル部には助手席から遠隔操作でギャップ調整できる治具を使用
- ⑤ オルタネータのフィールドコイル電流を外部から制御

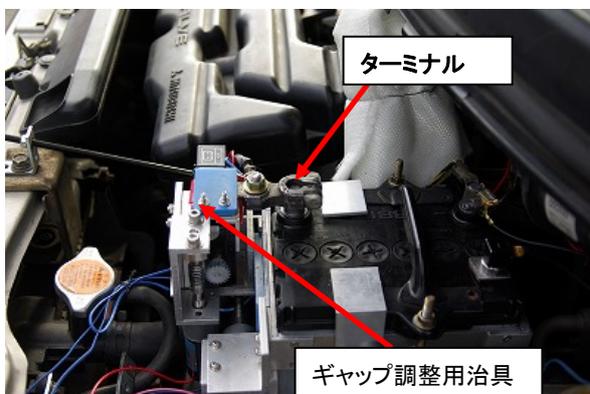


写真5-9 実車実験時のターミナルと治具

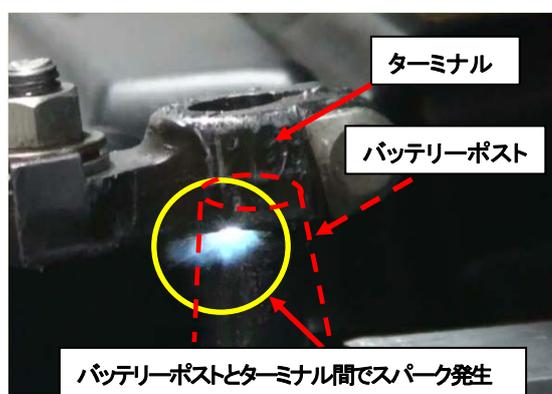


写真5-10 実車実験時のスパーク発生状態

実験の結果、スパークは発生するが炎は発生せず、火災は再現しなかった。さらに、バッテリーへの充電電流を51Aまで増加させて、発生するスパークを強くしたが持続せず、ターミナルとバッテリーポストとのギャップをうまく遠隔操作する事が出来なかった事が原因と推定される。

表5-3 自動車 A の端子の締め付け不良による火災の実車実験結果

| 走行条件 | バッテリー銘柄 | バッテリー型式 | エンジン回転数 (rpm) | ダンプサージ電圧(V) | バッテリー充電電流(A) | 結果 |
|-----------|----------|---------|---------------|-------------|--------------|----------------|
| 舗装路40km/h | 自動車用品店PB | 28B17L | 2700 | 31.7 | 51 | スパークは発生するが発火せず |

5.2.2 普通乗用車におけるバッテリー端子締め付け不良によるスパーク火災の実車再現実験

FF 駆動の普通乗用車(自動車 D)におけるバッテリー端子締め付け不良によるスパーク火災の実車再現実験は5.2.1と同様にあらかじめターミナルの浮きを発生させておいて、ターミナルとバッテリーポ

ストとのギャップを車室内から遠隔操作してスパークを継続させる方法で実験を行った。オルタネータは自動車 A と同様にフィールドコイル電流を外部から制御出来るように改造し、安定的にスパークが発生するようにして実車実験を行った。

自動車 D の実車実験は下記の条件で実施した。

- ①走行条件は舗装路で40km/h 一定速、シフトポジションは2速(エンジン回転数を高回転として充電電流を増加させ、発生するバッテリーダンプサージを大きくするため)
- ②バッテリーはメーカーの純正品(型式:55B24L)を使用
- ③ターミナル部の固定用ナットは手で締めた状態(0.2Nm~0.5Nm)
- ④ターミナル部には助手席から遠隔操作でギャップ調整できる治具を使用
- ⑤オルタネータのフィールドコイル電流を外部から制御

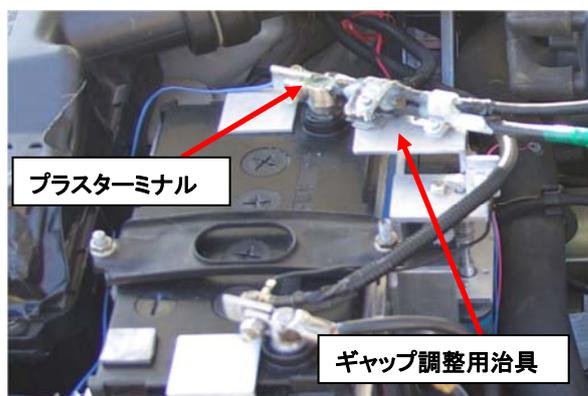


写真5-11 実車実験時のターミナルと治具



写真5-12 炎が発生した時の状態

以上の条件で実車実験を実施した結果、写真5-12に示したように、約10分後にターミナルカバー部で炎が発生し、その後約10分間に渡り、炎が断続的に発生した。しかしながら、炎が発生しただけで、ターミナルカバーに引火することは無く、火災は発生しなかった。

これは、オルタネータから発生するバッテリーダンプサージが最大で30.7V と低く、バッテリー充電電流を37A に増加させて発生するスパークを強くしたが、エネルギーが十分ではなく火災の発生には至らなかったと考えられる。

表5-4 自動車 D の端子の締め付け不良による火災の実車実験結果

| 走行条件 | バッテリー銘柄 | バッテリー型式 | エンジン回転数 (rpm) | ダンプサージ電圧(V) | バッテリー充電電流(A) | 結果 |
|-----------|---------|---------|---------------|-------------|--------------|----------------------|
| 舗装路40km/h | メーカー純正 | 55B24L | 2500 | 30.7 | 37 | 約10分程で炎が発生したが火災にはならず |

自動車 D ではバッテリーの充電電流やエンジン回転を変化させても発生するバッテリーダンプサージは最大30.7V以上にはならなかった。また、自動車 A も最大で31.7V であり、その原因は自動車 A と自動車 D に搭載されていたオルタネータがパワーツェナーダイオードを採用していて、30V程度にサージ電圧がクランプされていたためと推定される。

6. 後付け電装品を不適切に取り付けたことによる車両火災再現実験

事故・火災情報の分析結果では、後付け電装品による火災事例を製品別で見ると、HID のヘッドランプやフォグランプを不適切に取り付けたことによると推定された事例が比較的多い。また、原因別で見ると、ランプのバルブの取付けが不適切で火災が発生したケースや、後付け電装品のハーネスの配線が不適切でショートして火災が発生したケースの2種類が発生している。以上のことから、後付け電装品を不適切に取り付けたことによる車両火災再現実験はHID ヘッドランプとHID フォグランプを用いて、以下の2種類の推定原因別の実験を行うことにした。HID ヘッドランプでは HID バルブの不適切な取付けによってバルブが傾いたり、脱落して火災が発生する再現実験を実施し、HID フォグランプではハーネスの配線が不適切なために車体とショートして火災が発生する再現実験を行った。なお、実験で使用した HID ヘッドランプと HID フォグランプは、自動車用品店で販売されているものの中から入手した。

6.1 HID ヘッドランプを不適切に取り付けたことによる火災発生メカニズムの推定

事故・火災情報の調査だけでは、後付けされた HID ヘッドランプの銘柄や火災発生メカニズムは明確になっていないため、過去の火災事例で比較的多く使用されていたものと類似の輸入品(部品 A: H4-35W タイプ)を使用するとともに、比較参考用として国内メーカー製のもの(部品 B: H4-35W タイプ)も使用し、あらかじめ火災発生メカニズムを推定して実験条件を決めた。

〈 HID ヘッドランプを不適切に取り付けた事による火災発生メカニズムの推定メカニズム 〉

- ①HID ヘッドランプのバルブの取付けが不適切で、筐体のソケットに取り付けたバルブが正規の位置から傾いて周囲の樹脂部品と接触して火災が発生する。
- ②HID ヘッドランプのバルブの取付けが不適切で、バルブが筐体のソケットから脱落して周囲のハーネスや樹脂部品と接触して火災が発生する。

6.2 HID ヘッドランプを不適切に取り付けたことによる車両火災の予備実験

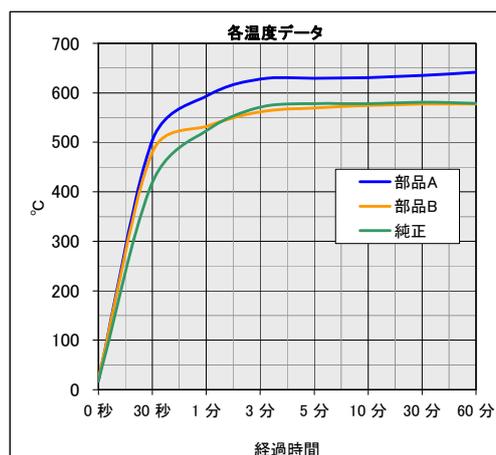
6.2.1 HID ヘッドランプのバルブ表面温度測定

入手したHIDヘッドランプ部品を車両に搭載してエンジンアイドリング状態で各部の温度を確認した結果、バラスト部も温度が上昇するものの、その温度は約50℃程度であり、HID バルブの表面が最も高温になることが判明した。そこで、比較のために供試品の HID ヘッドランプのバルブと自動車 D に装着されていたハロゲンバルブの表面温度を放射温度計で測定した。温度測定時の電源電圧は14.5V(アイドリング状態)で、測定結果を表6-1と図6-1に示す。

表6-1 各種バルブ表面温度測定結果

| バルブ発光部表面温度 | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|
| 単位: °C | | | |
| 経過時間 | 部品A HIDバルブ | 部品B HIDバルブ | 純正 ハロゲンバルブ |
| 0 秒 | 17.9 | 21.9 | 17.3 |
| 30 秒 | 503.9 | 480.3 | 418.6 |
| 1 分 | 593.6 | 532.2 | 523.6 |
| 3 分 | 627.6 | 561.3 | 571.1 |
| 5 分 | 629.0 | 569.3 | 578.3 |
| 10 分 | 631.1 | 574.3 | 578.3 |
| 30 分 | 635.1 | 577.8 | 580.9 |
| 60 分 | 641.6 | 577.5 | 578.7 |

図6-1 各種バルブ温度データ

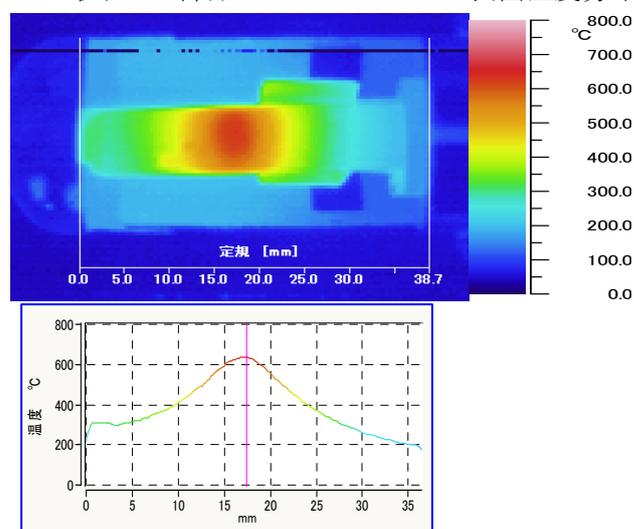


この測定結果から、バルブの温度は点灯してから約5分程度で安定し、60分後の温度を比較すると、純正のハロゲンバルブと入手した部品 B の HID バルブの表面温度は約580度ではほぼ同じ温度であるが、部品 A の HID バルブは約640°Cと約60°C高いことが判明した。また、写真6-1に部品 A の HID バルブを、図6-2に部品 A の HID バルブの表面温度分布の測定結果を示す。この結果から、バルブの表面温度が高いのは発光している極一部であり、最高温度部から位置が5ミリ移動すると約140°Cも低下することがわかる。

写真6-1 供試した部品 A の HID バルブ



図6-2 供試した部品 A の HID バルブの表面温度分布



6.2.2 ヘッドランプ周辺部品の発火温度測定

次に、HID ヘッドランプが不適切な取付けによって、正規位置から傾いて周囲の樹脂部品と接触する、または、ソケットから脱落して周囲のハーネスや樹脂部品と接触して火災が発生することを想定して、各種自動車のヘッドランプ周辺部品の発火温度を測定した。その結果を表6-2に示す。

表6-2 ヘッドランプ周辺部品(純正品と後付け電装品)の発火温度測定結果

| 試料 No. | 試料名 | 試料区分 | 容量 サイズ | 測定温度 | | | | | | | | | | | | 試料重量 mg/cm ³ | 試料重量 (クロス) | | | | |
|--------|------------------------|----------------------------|------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|---------------|------|----|----|----|
| | | | | 300 | 350 | 375 | 400 | 425 | 450 | 475 | 500 | 525 | 550 | 575 | 600 | | | 650 | | | |
| 1 | バルブソケット(樹脂) | 後付け電装品 (部品A) HIDランプ) | 約10 × 10mm | | 溶解 | 炭化 | | 炭化 | | 炭化 | 発火 | 発火 | | | | | 0.15 | 1.08 | | | |
| 2 | ハーネス保護チューブ(コルゲートチューブ) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | |
| 3 | ハーネスコネクタ(カバー) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | |
| 4 | ハーネス保護チューブ(ビニールチューブ) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | |
| 5 | リレーハーネスゴムカバー | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | |
| 6 | コントロール接続ソケット(樹脂部) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 7 | バラストハーネス保護チューブ(ゴム) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 8 | バルブ付け根(樹脂) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 9 | ストラップA(ハーネス等を束ねる部品) | | | | | | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 10 | ストラップB(ハーネス等を束ねる部品) | | | | | | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 11 | ストラップC(ハーネス等を束ねる部品) | | | | | | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 12 | バルブソケット(樹脂) | 後付け電装品 (部品B) HIDランプ) | 約10 × 10mm | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | | |
| 13 | ハーネス保護チューブ(コルゲートチューブ) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 14 | ハーネスコネクタ(カバー) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 15 | ハーネス保護チューブ(ビニールチューブ) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 16 | リレーハーネスゴムカバー | | | | | | 炭化 | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 17 | コントロール接続ソケット(樹脂部) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 18 | バラストハーネス保護チューブ(ゴム) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 19 | バルブ(樹脂) | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 20 | 防水・防塵ラバー | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 21 | ランプリフレクタ | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | | |
| 22 | ヘッドランプレンズ | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | | |
| 23 | ヘッドライトケース | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | | |
| 24 | ソケットグリス | 0.04g | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | | |
| 25 | インナーフェンダー | 純正品 (ランプ周辺の 装備品) | 約10 × 10mm | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | | |
| 26 | ウオッシャータンク | | | | | | 溶解 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | |
| 27 | マンションカバーケース | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 28 | インナーフェンダー | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 29 | ヘッドライトハーネス保護チューブ | | | | | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 30 | エアバックセンサーハーネス保護ビニールテープ | | | | | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 31 | エアバックセンサーハーネス保護チューブ | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 32 | ウオッシャーチューブ | | | | | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 33 | ラジエタードレンチューブ | | | | | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |
| 34 | ラジエターサブタンク | | | | | | | | | | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 | 炭化 |

(発火温度測定方法:ASTM E659-78 に規定される測定装置を改良した電気炉を作成して発火点を測定)

ヘッドランプ周辺部品の発火温度測定結果から、ハーネスの保護チューブ(コルゲートチューブ)やコネクタは約425~450℃で発火し、ランプリフレクタ部の発火温度が約500℃であることが判明した。

この発火温度測定結果から、これらの部品はHIDバルブの高温部が接触すれば発火する可能性があると考えられ、バルブがソケットから外れてランプのリフレクタ部と接触した場合と、バルブが外れてヘッドランプ周辺のハーネスや樹脂部品と接触する場合を想定した火災再現実験を行うことにした。

6.2.3 走行条件の違いによるヘッドランプ部周辺の温度変化測定

事故・火災情報によるとヘッドランプやフォグラмп関連火災は走行中と停車中及び駐車中のいずれの条件でも発生しているため、ヘッドランプ周辺部の温度が停車時と走行時でどのように変化するのか、どちらの条件がヘッドランプの不適切な取付けによる火災が起こりやすいのかを実車走行実験によって調査した。

ヘッドランプ周辺の温度上昇要因はヘッドランプ自体の発熱とエンジン関連部品からの発熱による温度上昇の2つが考えられるため、長時間のアイドリング停車、20km/h から40km/h の一般道走行、80 km/h の高速走行及び高速走行後のアイドリング停車の条件で行うこととした。

小型乗用車(自動車 C)に部品 B の HID バルブを搭載し、HID ヘッドランプ周囲と HID のイグナイター、バラスト、ハーネス各部に熱電対を付けて停車時と走行時の温度変化を測定した。ヘッドランプ周辺の温度測定部位とエンジンルームの温度測定部位を図6-3、写真6-2に示す。

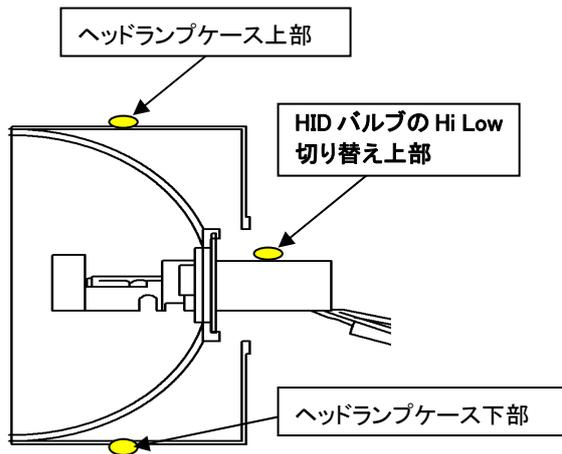


図6-3 ヘッドランプ周辺の測温部位



写真6-2 エンジンルームの HID バルブのバラストとイグナイター測温部位

〈 実験条件 〉

- ①エンジンアイドリングで暖気、停車(約45分間)
- ②砂利路を約20km/h で走行(約5分間)
- ③舗装路を約40km/h で走行(約17分間)
- ④舗装路を約80km/h で走行(約12分間)及びその後、アイドリング停車(約30分間)

これらの走行条件で HID ヘッドランプの周囲、イグナイター、バラスト、ハーネス各部の温度を測定した結果を表6-3と図6-4に示す。走行時はHID ヘッドランプ、イグナイター、バラスト、ハーネスの周囲を走行風が通過するために熱が奪われて HID ヘッドランプ周辺の温度はアイドリング時より大幅に低下することがわかった。また、高速走行後のアイドリング時には走行風が収まってエンジンルームの熱が HID ヘッドランプに影響を及ぼし、高温になることが判明した。この実験結果により、以後の再現実験ではアイドリングの条件で実施することとした。

表6-3 各種走行条件での HID ヘッドランプ周辺各部の温度測定結果(自動車 C 単位:℃)

| 温度測定部位 | 実験開始前 | アイドリング | 砂利路走行 | 舗装路 | 舗装路 | アイドリング |
|--------------------------|-------|--------|-------------------|--------------------|--------------------|--------|
| | | 45分後 | 速度20km/h 5分走行後 | 速度40km/h 17分走行後 | 速度80km/h 12分走行後 | 30分後 |
| ヘッドランプケース上部 | 16.1 | 72.5 | 51.5 | 30.8 | 24.3 | 75.3 |
| ヘッドランプケース下部 | 11.6 | 37.4 | 29.4 | 13.8 | 11.7 | 42.0 |
| HIDバルブHi、Low 切り換え部の上部 | 18.1 | 110.2 | 110.1 | 91.2 | 81.5 | 112.5 |
| イグナイター表面 | 12.2 | 45.0 | 39.0 | 21.1 | 15.8 | 46.7 |
| バラスト表面 | 15.6 | 60.6 | 40.1 | 15.2 | 12.4 | 63.0 |
| ハーネス表面 | 12.9 | 47.8 | 20.0 | 9.9 | 9.9 | 51.2 |

脚注:バラスト (直流電源から交流電圧を発生してイグナイターに供給する安定器)
イグナイター(交流から数万ボルトの高電圧を発生し、放電灯を点灯させる回路)

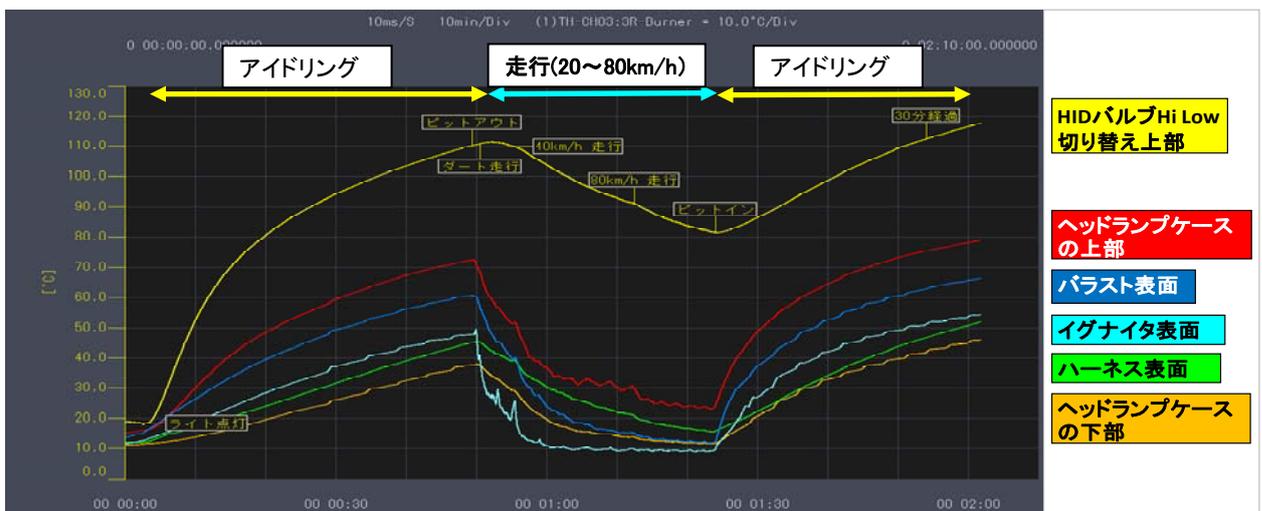


図6-4 各種走行条件での HID ヘッドランプ周辺各部の温度測定結果(自動車 C)

6.3 HID ヘッドランプのバルブの取付けが不適切で発生する火災の再現実験

(1) HID ヘッドランプのバルブの取付けが不適切でバルブがソケットから外れて正規位置から傾いた場合

軽乗用車(自動車 A)と小型乗用車(自動車 C)を使用して、HID ヘッドランプのバルブの取付けが不適切でバルブがソケットから傾いてリフレクタ部と接触した場合を想定して火災の再現実験を実施した。尚、この実験は、予備実験でバルブ表面温度が高かった部品 A の HID ヘッドランプのバルブを使用し、6.2.3項の結果から、アイドリング状態にて実施した。

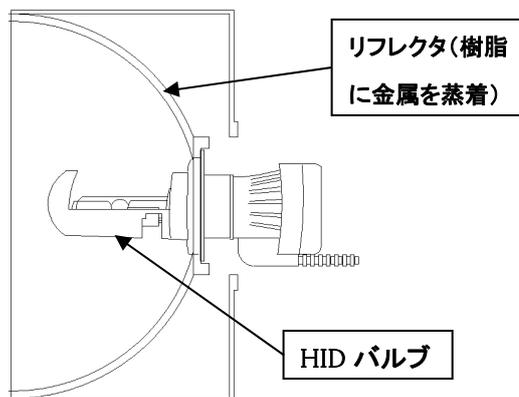


図6-5 HID バルブ取付け正常時

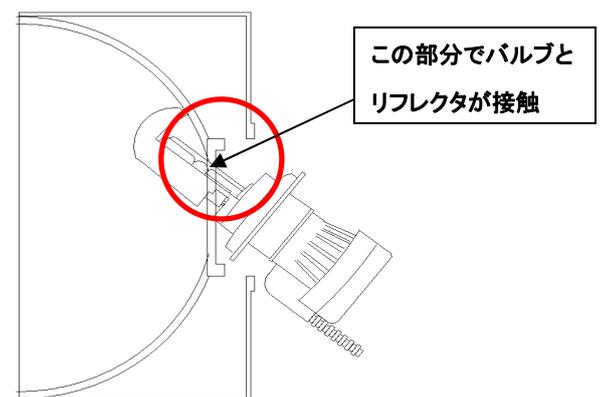


図6-6 HID バルブが傾いた場合

その結果、自動車 A と自動車 C のいずれの車両も発煙はするが、1 時間継続しても発火には至らず、火災は発生しなかった。これは、部品 A の HID バルブは図6-2に示したように、500℃以上となっている高温部の面積が比較的狭く、リフレクタの樹脂部との接触部が極めて限られること、あるいはリフレクタとの接触で HID バルブの表面温度が下がったことが原因として考えられる。HID バルブとリフレクタの接触状態を写真6-3に、発煙によってレンズが曇りが生じた時の様子を写真6-4に、自動車 A と自動車 C の実験結果を表6-4に示す。

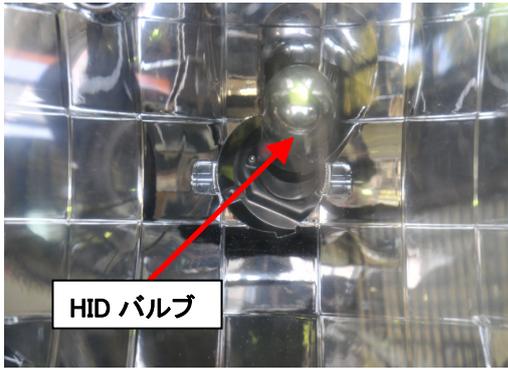


写真6-3 HID バルブとリフレクタの接触状態
(自動車 C)



写真6-4 発煙によりレンズが曇っている状態
(自動車 C)

表6-4 HID バルブが傾いてリフレクタと接触した場合の火災再現実験結果

| | エンジンの状態 | 電源電圧(V) | HIDバルブの種類 | ヘッドランプケース上部の温度(°C) | 結果 |
|------|---------|---------|-----------|--------------------|------------------------------|
| 自動車A | アイドリング | 13.8 | 部品A | 83.9(MAX) | 接触直後から発煙し約1時間放置したが発火には至らなかった |
| 自動車C | アイドリング | 13.8 | 部品A | 92.7(MAX) | 接触直後より発煙し約2時間放置したが発火には至らなかった |

(2) HID バルブの取付けが不適切でソケットから脱落した場合(ケース1:ハーネスに接触)

HID ヘッドランプのバルブの取付けが不適切で、HID バルブがソケットから外れてヘッドランプ用ハーネス部に落下した場合を想定して、自動車 A で実験を実施した。(一般的に後付け用の HID ヘッドランプ製品は配線が長めに作られているため、余ったハーネスをヘッドランプ周辺に配置していたと想定 写真6-5参照)

その結果、HID バルブのハーネス部に落下後、約15秒で煙が出始め、約40秒後に写真6-6に示すように炎が発生した。しかし、これ以上火災が広がることは無く、自己鎮火して、写真6-7に示すようにハーネスの被覆が焦げただけであった。但し、発火点周辺に他の燃えやすい樹脂部品等があって、発生した炎が燃え移れば、エンジンルーム火災あるいは車両火災となる可能性があると考えられる。

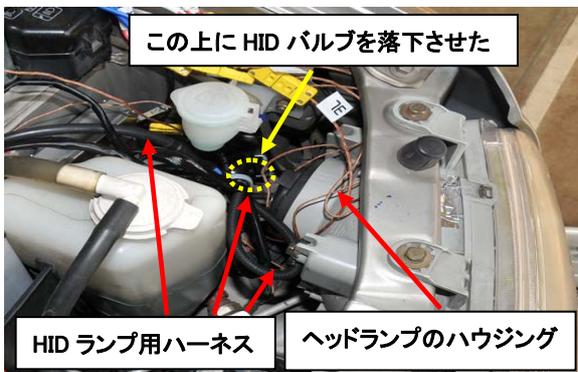


写真6-5 ヘッドランプ後部のハーネスの状態
(HID バルブ落下前 自動車 A)



写真6-6 ハーネスの炎発生状態(自動車 A)
(約40秒後)

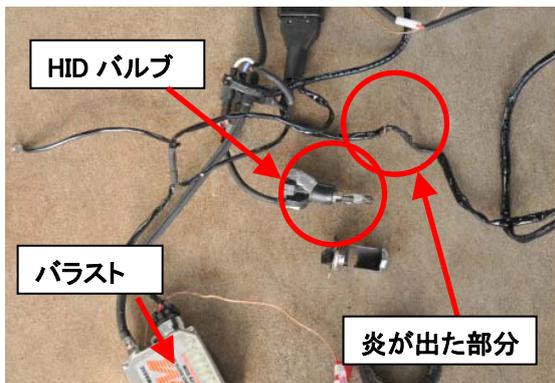


写真6-7 HIDバルブが落下して高温部と接触して炎が出たハーネス

(3)HIDバルブの取付けが不適切でソケットから脱落した場合(ケース2:樹脂部品に接触)

HIDバルブがソケットから脱落した場合に周辺部品と接触するケースとして、ヘッドランプ周辺の樹脂部品に接触することが想定される。自動車Aの左側のヘッドランプの周囲には写真6-8に示すように、ウォッシャータンクと同チューブが配置されており、HIDバルブがソケットから脱落した場合、ウォッシャーチューブと接触することが想定される。各種部品の発火温度の測定結果(表6-2)から、ウォッシャーチューブの発火温度が475℃であり、HIDバルブの高温部が接触した場合には発火することが予測される。そこで、HIDバルブが脱落してウォッシャーチューブと接触する条件で再現実験を実施した。実験に当たって、ウォッシャー液として市場で良く使用されている、アルコール系洗浄液(シリコン、フッ素系界面活性剤、メタノール33%)を使用した。実験の結果、脱落したバルブの接触後、約1分で発煙し、約6分で炎が発生した。その時の様子を写真6-9に示す。



写真6-8 自動車Aのヘッドランプとウォッシャータンクとチューブの配置



写真6-9 ウォッシャーチューブの発火状態(脱落バルブの接触後約6分後)

以上の実験結果から、HIDヘッドランプの不適切な取付け例として、HIDバルブが傾いてリフレクタと接触した場合は、発煙はするが発火はせず、火災には至らないことがわかった。一方、HIDバルブの取付けが不適切で、ソケットから脱落して周辺のハーネスや樹脂部品と接触した場合は、火災が発生する危険性が高いことが再現実験で確認された。

6.4 HID フォグランプのハーネスの配索が不適切で発生する火災の再現実験

事故・火災情報によると、後付け電装品の火災原因調査では、ハーネスの配索が不適切で車体や他の電装品等とショートして火災が発生したのではないかと推定されている例が多い。そこで、後付け電装品の HID フォグランプ(部品 C:輸入品、HB3-35W タイプ)ハーネスの配索が不適切で、車体と干渉・被覆が破れて車体とショートした場合を想定した火災再現実験を実施した。また、後付け電装品によるショート火災では、ヒューズを使用しないで後付け電装品を直接バッテリープラス端子に接続していた例もあるため、HID フォグランプの製品に組み込まれていたヒューズをそのまま使用した場合と、ヒューズを使用せず、直接バッテリープラス端子に接続した場合の2通りについて実験を行った。

〈 HID フォグランプの配線ショート火災発生の推定メカニズム 〉

- ①HID フォグランプのハーネスの配索が不適切で、周囲の車体や他の電装品と接触して被覆が破れてショートするも、芯線の一部のみが接触したためにヒューズが飛ぶほどの電流が流れず、そのうちにハーネスが赤熱して被覆が発火し、火災が発生する。
- ②HID フォグランプのハーネスがヒューズを使用せずに直接バッテリーに接続され、配索も不適切なため、周囲の車体や他の電装品と接触して被覆が破れてショートし、ハーネスが赤熱して被覆や保護用チューブ等が発火し、火災が発生する。

6.4.1 HID フォグランプのハーネスの配索が不適切で発生する火災の再現実験(ヒューズ有り)

電装品のハーネスのショートについては、通常、ショート時の大きな電流によってヒューズが飛んで火災が発生しないケースが大部分である。そこで、ヒューズ有りのショート火災再現実験では、車載バッテリーの代わりに定電圧・定電流電源を使用してショート時の電流を一定以上とならないように制限した条件で実車実験を行うこととした。具体的には、HID フォグランプ(部品 C)を自動車 C に搭載し、図6-7に示すように、バッテリーの代わりに定電圧・定電流電源を用いた。そして、電装品の配線の被覆が破れて周囲の車体とショートした状態を模擬して、図6-7のリレーとバラストを接続しているハーネス(線径0.94mm)を車体のラジエータコアサポートアッパーのエッジ部にショートさせた。(写真6-10参照)

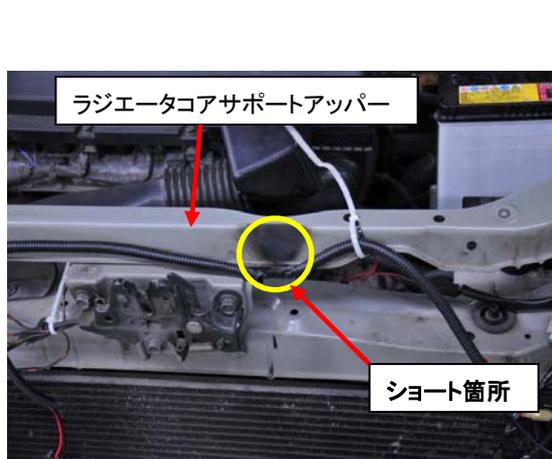


写真6-10 HID フォグランプハーネスのショート箇所

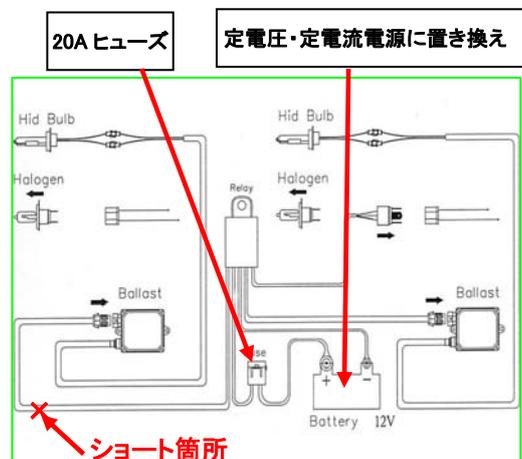


図6-7 HID フォグランプ配線図とショート箇所

図6-7に示したように部品 C の HID フォグランプには20A のヒューズが組み込まれている。そこで、このヒューズの下流でショートした時に、ヒューズが切れない範囲内の電流で火災が発生するかを確認するため、同ヒューズの定格電流近傍でヒューズが切れない状態となるように定電圧・定電流電源の電圧は13.6V、電流は18A に設定した。その結果、ショート開始から約40分後に写真6-11と写真6-12に示すように火災が発生することが確認出来た。この実験後のハーネスと車体のショート箇所を撮影したのが、写真6-13と写真6-14であり、小さなショート痕(注7)が出来ていることが確認出来た。

(注7:電線の被覆が損傷してショートが発生し、その部位に球形の痕ができたものを電気痕やショート痕という)



写真6-11 ショートによる火災発生状況
(自動車C ショート開始約40分後)



写真6-12 ショートによる火災発生状況
(自動車C ショート開始約42分後)

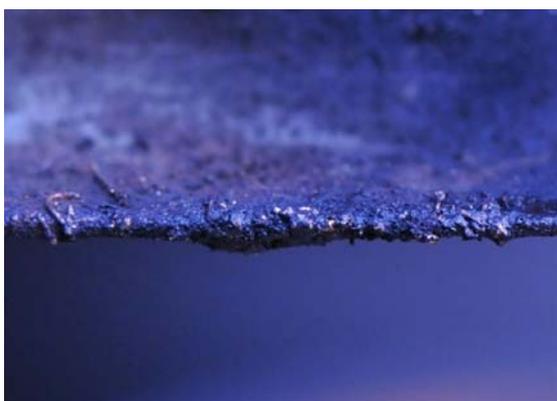


写真6-13 車体のショート箇所
(ラジエータコアサポートアッパーのエッジ部)



写真6-14 ハーネスのショート箇所

6.4.2 HID フォグランプのハーネスの配索が不適切で発生する火災の再現実験(ヒューズ無し)

ヒューズを使用せずに HID フォグランプハーネスが直接バッテリーに接続され、また、配索も不適切なため、周囲の車体と接触して被覆が破れてショートしたケースを想定して実験を実施した。具体的には、6.4.1と同じ車両(自動車C)に部品CのHIDフォグランプを搭載し、ヒューズは予め電線で短絡させておき、ラジエータコアサポートアッパーのエッジ部にハーネスの芯線をショートさせて実験を行った。

〈 実験条件 〉

実験車両:自動車C

エンジン ;アイドルリング

ライトスイッチ;ON (フォグランプ点灯)

この条件でショート実験を実施した所、ショート開始から約9秒で炎が発生し、火災が再現できた。今回はバッテリー直結配線でのショートであるため、6. 4. 1の定電圧・定電流電源を使用した時よりも大幅に短い時間で火災が発生した。写真6-15から写真6-19に HID フォグランプハーネスの取付け状態とヒューズの短絡状態及びショート時の発煙・発火状態とショート痕を示す。なお、この部品 C の HID フォグランプハーネスに用いられている電線を調査した所、写真6-20に示すように自動車用 AV 線ではなく、一般の電気配線用電線(線径 0.95mm、芯線は錫メッキ線 0.136mm、外径 2.75mm)であった。

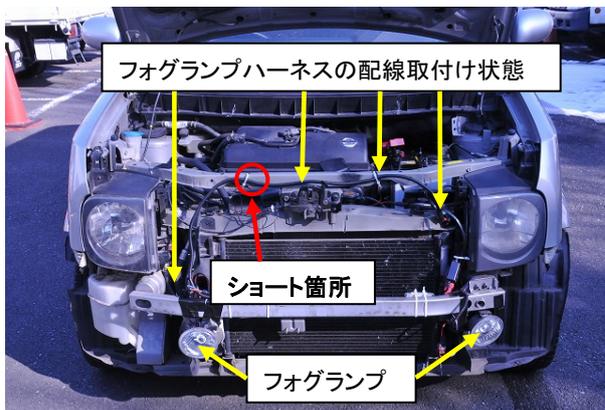


写真6-15 HID フォグランプハーネスの取付け状態



写真6-16 ヒューズは電線で短絡



写真6-17 HID フォグランプハーネスの発煙状態 (約9秒後)



写真6-18 HID フォグランプハーネス火災発生状態 (約25秒後)



写真6-19 ハーネスのショート痕



写真6-20 部品 C の HID フォグランプの電線

7. まとめ

本調査では、平成21年度の事故・火災情報の分析とその結果を基にしたバッテリー交換時の作業ミスによる火災と、後付け電装品の不適切な取付けによる火災のメカニズムを調査した。その結果、以下のことが確認出来た。

(1) 事故・火災情報に基づく分析結果

- ①バッテリー付近からの出火原因には大別して、バッテリー交換時の作業ミスと後付け電装品の不適切な取付けに分けられる。
- ②バッテリー交換時の作業ミスによる火災ではバッテリー固定金具取付け用ナットの締め付け不良とバッテリー端子固定用ナットの締め付け不良によると推定された事例が多い。
- ③後付け電装品の不適切な取付けによる火災では、HID のヘッドランプやフォグランプを不適切に取り付けたことによると推定された事例が多い。
- ④バッテリー付近から発生する火災の場合、周囲には樹脂部品等の可燃物が多く配置されている為、消火が遅れると、自己鎮火せずにエンジンルームや車両全体に及ぶ火災となるケースが事故・火災情報では報告されている。

(2) バッテリー交換時の作業ミスによる火災

- ⑤バッテリー交換時の作業ミスの中で、バッテリーの固定金具取付けナットの締め付け不良に起因する火災のメカニズムを確認した。具体的には、実車再現実験によって、固定金具が走行時の振動や衝撃あるいは旋回時の遠心力によって移動し、バッテリーターミナルに接触することや、固定金具とターミナルとのショート時に発生する火花がターミナル部のグリースやターミナルカバーに引火し、その後、数十秒と比較的短時間で火災が発生することが確認された。
- ⑥バッテリー交換時の作業ミスの中で、バッテリーの端子取付けナットの緩みに起因する火災のメカニズムを確認した。端子取付けナットの緩みによってターミナルの浮きが発生し、オルタネータからバッテリーへの充電時にターミナルがバッテリーポストから離れると、オルタネータから数十ボルトのバッテリーダンプサージが発生する。この高電圧によるスパークが継続的に発生すると、ターミナル部のグリースやターミナルカバーに引火し、火災が発生する。この条件を再現した台上実験を実施した結果、数分から数十分で火災が発生することが確認された。
- ⑦⑥にかかわらず、車両に装備された装置によっては火災に至らないことがあることを確認した。バッテリーの端子部取付けナットの緩みによってターミナルとバッテリーポストが離れた時に発生するスパーク火災の実車再現実験を2種類の乗用車で実施したところ、一車種で炎が出たものの火災には至らなかった。これは実験に使用した車両のオルタネータから発生するバッテリーダンプサージがいずれも約30Vと低く、発生したスパークが弱かったためと推定される(いずれの車両のオルタネータもパワーツェナーダイオードを採用しているものと推定される)。

(3) 後付け電装品の不適切な取付けによる火災

⑧後付け電装品の不適切な取付けによる火災の中で、推定原因として比較的多い HID ヘッドランプの不適切な取付けのうち、ランプのバルブの不適切な取付けに起因する火災の再現実験では、HID バルブの表面が約540～640℃と高温になっており、取付けが不適切な場合、HID バルブが正規の位置から傾いたり、外れたりして周囲の部品と接触して発煙や火災を起こす危険性があることが再現実験で確認出来た。

⑨推定原因として比較的多いもう一つの要因である、後付け電装品のハーネスの配索が不適切でショートした火災の再現実験では、HID フォグランプをヒューズを使用せずにバッテリーターミナルに直接結線すると、配線が車体のエッジや他の電装品のケース等に接触・ショートした時に、10秒経たないうちにハーネスが過熱して火災が発生することが再現実験で確認出来た。

⑩一方で、HID フォグランプにヒューズが装着されている場合は、ハーネスが車体や他の電装品にデッドショートしてもヒューズが溶断して火災に至る事はない。しかし、ハーネスと車体のエッジ部や他の電装品とのショートの仕方によっては電流が小さく、ヒューズが飛ばずに数十分後にショート箇所から火災が発生する可能性があることが確認出来た。

8. 自動車ユーザーへの提言事項

(1) バッテリー交換を行う際には、新しいバッテリーは固定金具を使って正しい位置に取り付けるようにして下さい。また、取付けナットは工具を使ってしっかりと締め付けて固定して下さい(注8)。固定が不十分な場合は、固定用ボルトのフックが走行中に外れてバッテリーが動いたり、固定金具が移動してプラスターミナルと接触してショートし、場合によっては火災が発生する危険性があります。

(2) バッテリー交換時にはバッテリー端子取付けナットは工具を使ってしっかりと締め付けて固定して下さい(注8)。固定が不十分な場合は、走行中の振動や衝撃でターミナルの浮いてバッテリーポストと離れ、その際にスパークが発生し、場合によっては火災が発生する危険性があります。

(3) 取り替えるバッテリーは車両に適合する形式のバッテリーを使用(容量や端子位置の違いの有無を確認)して下さい。選定を誤るとバッテリーの高さや端子の形状、端子の位置が異なるため正常な接続が出来なかったり、端子部が車体の金属部と接触してショートし、場合によっては火災が発生する危険性があります。

(4) 後付け電装品を不適切に取り付けると、火災が発生する危険性があります。その中でも不具合事例が比較的多い HID ヘッドランプとフォグランプについては、商品によってはソケットのサイズや各部の寸法が、純正品と異なる場合があります。サイズ等が合わないにもかかわらず無理に取り付けると、ソケットが割れたりバルブが外れたりして、リフレクタやヘッドランプの周囲のハーネスや樹脂部品等に接触して発煙・発火する危険性があります。

(5)HID ヘッドランプやフォグラмп等の後付け電装品を取り付ける場合に、ハーネスの配索が不適切であったり、適切な容量のヒューズを使用していなかったりすると、ハーネスが車体のエッジ部や他の電装品と接触・ショートして火災が発生する危険性があります。

注8:実験では標準的なトルクレンチを使用し、1.0Nm以下の締め付けトルクではナットが緩み、危険な状態になる例が見られました。

<引用、参考文献>

ISO7637-2 自動車電装品試験規格
自動車メーカーの整備要領書、修理書