

車両における電気配線(ワイヤーハーネス)火災 の出火機構に関する研究

北九州市消防局（福岡）

松本 龍一

高倉 誠二

松本 二郎

1 はじめに

自動車には、ヘッドライト等の照明、エアコン等の空調、電子制御でコントロールされるエンジン、その他カーナビ等を作動させるため、たくさんの電気配線が搭載されている。

普通自動車では、重量にして約15kg以上、長さにして2kmほどの配線が使用されている。

各電気配線は、通常、バッテリーからエンジンルームを経て、車室内のダッシュボードへ、運転者が操作する運転席周辺へ一旦集約され、その後、各機器へ配線されている。

自動車のワイヤーハーネスを含む電気配線における火災の発生要因の一つとして、ボディアースがある。自動車のボディにはバッテリーからマイナス電流が常時流されおり、一部の機器を除いてプラス配線を設置機器まで延長接続し、機器付近のアースされたボディからマイナス電流を取り込んで使用している。

経年劣化や走行中の振動でプラス配線が擦れ、被覆が損傷しボディやマイナス配線と短絡すれば火災となる場合がある。

電気火災を防ぐための安全装置として、自動車にはヒューズが設置されている。一般的にはバッテリー付近にある「ヒューズブルリンク（メインヒューズ）」とヒューズボックス内の各機器に対する「ヒューズ」が設置されており、機器によっては機器自身に専用のヒューズが設置しているものもある。

【参考1 ブレードヒューズ色表示】

一般的にヒューズブルリンク（メインヒューズ）には、70 A～100 A程度、ヒューズボックス内のヒューズには、7.5 A、10 A、15 A及び20 Aが最も使用されており、7.5 A未満のヒューズは、ほとんど使用されていない。

これだけのヒューズに保護されているので、安全と思われがちな電気配線であるが、実際、電気配線からの出火は発生している。

そこで、プラス配線が直接、マイナスアースされたボディへ短絡した場合（以下、「直接短絡」という。）及び「ほこりや雨水等」により間接的に短絡した場合（以下、間接短絡という。）の状況を再現し、発熱状況等を確認することで、ヒューズの安全性やその作動限界や火災危険について検証することとする。

2 火災実験概要

実験を行うにあたって、バッテリーについては、電圧12 V（性能ランク80D26）を使用し、電気機器は未使用（無負荷）の状態で行うこととする。

(1) 直接短絡

ア 実験1「直接短絡・ヒューズなし」

自動車用バッテリー（12 V）を電源とした電気配線において、ヒューズを設置することなく、後付部品を素人配線で行い、その後、配線被覆の劣化・損傷が起こったという想定で、プラス配線の途中に傷をつけ、芯線を一部露出させ、マイナス（グラウンド）配線に接続されている鋼製の棒（自動車のボディアースを想定）に直接短絡させ、電流値、配線状況等を確認する。

【実験図1参照】

イ 実験2「直接短絡・ヒューズあり」

「実験1」と同様の実験設定において、各ヒューズ（20 A、15 A、10 A、7.5 A、5 A及び3 A）をバッテリー付近に設置し、ヒューズの作動状況及び配線状況等を確認する。

【実験図2参照】

(2) 実験3「間接短絡・ヒューズあり」

自動車用バッテリー（12V）を電源とし、各ヒューズ（20A、15A、10A、7.5A、5A及び3A）を、バッテリー付近に設置している電気配線（マイナス配線を含むワイヤーハーネスを想定）において、配線被覆の劣化・損傷が起こったという状況を再現し、隣接するプラスの配線被覆とマイナスの配線被覆の途中に傷をつけ芯線を一部露出させ、その部分に「ほこりや雨水等」を想定した「食塩水」を断続的に滴下し、間接短絡させ、ヒューズ作動及び配線状況等を確認する。

【実験図3参照】

3 実験結果と考察

(1) 直接短絡

ア 実験1「直接短絡・ヒューズなし」

直接短絡直後から、配線被覆全体から多量の白煙が発生・噴出し、その後、配線が赤熱した。電流を測定したところ最大値で85Aであった。実験後、短絡させた部分を確認したところ、電気痕があった。状況を【写真1、2及び3】に示す。

これは、配線にヒューズ保護がなされていないため、直接短絡することで、バッテリーのプラス端子からプラス配線、短絡させた部分からマイナス配線へマイナス端子までの回路が形成されることで、電気配線の許容電流を遥かに超えた大電流が、回路内に流れたため、配線が赤熱したものと考えられる。付近に可燃物があれば着火し、火災に至る場合がある。

火災調査時には、対象の電気配線にヒューズ保護がなされていないこと、一部の電気配線のみ焼損が激しいこと、発熱による素線間に溶着・硬化がある及び短絡部分の電気痕を見分することが重要な物証となる。

イ 実験2「直接短絡・ヒューズあり」

全てのヒューズを使用した場合において、直接短絡させた直後

にヒューズが作動、回路が遮断され出火には至らなかった。

直接短絡させた部分を確認したところ電気痕もない。15 Aのヒューズでの状況を【写真4、5、6及び7】に示す。

作動したヒューズには、ヒューズ部に大きな欠損があり、樹脂製ハウジングの一部に「すす」の付着があった。20 Aのヒューズでの溶断状況を【写真8】に示す。

これは、実験1と同じく、大電流が流れたが、ヒューズ作動により、回路が遮断された。また、大電流であったため、ヒューズの欠損部分が大きくなったものと考察する。欠損部分の大きさは、電流量の大・小により決定する。

(2) 実験3「間接短絡・ヒューズあり」

3 Aのヒューズを使用した場合では、配線被覆の除去部分に食塩水滴下直後に、ヒューズが作動し溶断した。3 Aのヒューズの溶断状況を【写真9】に示す。

これは、今回の実験設定において、間接短絡させた際、回路内に流れた電流が、3 Aのヒューズを作動させるだけの電流量であったためだと推察する。

5 A以上のヒューズを使用した場合では、ヒューズは作動せず、食塩水滴下直後から、間接短絡が起こり、配線被覆の除去付近の配線被覆から少量の白煙が上がり、黒く炭化（グラファイト化）が確認された。

その後、断続的に滴下を続けると、徐々に白煙の上昇が激しくなり、芯線間に発生した炭化（グラファイト化）部分も拡大を続けた。

発火直前には赤熱が見られ、その部分の熱画像測定による温度は、最高531.6℃であった。

滴下を始め約36分後、赤熱部分は炎を上げ発火し、その後マットに延焼した。

15 Aのヒューズを設置した場合の状況を【写真10、11、12、13、14、15及び16】に示す。

実験後、間接的な短絡部分を確認したところ、明らかな電気痕は認められなかった。15 Aの短絡部分の状況を【写真17及び18】に示す。

このことは、今回の実験設定では、5 A以上のヒューズを使用した場合では、グラファイト化した配線被覆等を経由した間接短絡が起こった場合、ヒューズが作動する電流が流れなかったこととなる。

これは、一時的に5 Aを超える電流が流れる場合があっても、その継続時間が短いため、ヒューズが作動しなかったこと、間接短絡であるため、微弱な電流しか流れていないが、発熱、発火し、出火に至る場合があるということが確認された。

当局の保有する機材では、瞬間的な電流値を測定することができないが、別添の【参考2 ブレードヒューズ溶断曲線】及び【参考3 ブレードヒューズの作動一般的特性】から読み取ると、発火時には、瞬間的ではあるものの最大10 A程度の電流が流れたものと推察する。

実際、自動車のボディには腐食防止のための塗装されており、直接短絡しにくい。また、ワイヤーハーネスを固定する金具（クランプ）には緩衝目的のためのゴム被覆の保護があるため、同様のことが言える。

これらのことから、「間接短絡」で火災が発生する可能性は少ないものと考えられる。

実火災で、貨物自動車で24 Vの30 Aヒューズが作動せず、出火した事例の短絡箇所の状況を【写真19、20及び21】に示す。

作動電流が大きなヒューズで発生した間接短絡の際には、プラス配線及びワイヤーハーネスを固定していた金具（クランプ）に明確な短絡痕が発生していた。

また、自動車各社の自動車の取扱説明書を確認し、電流使用に対するヒューズの設定電流を見てみると、例として、ヘッドライ

トの設定ヒューズで、「60Wの電球を使用し、5Aの電流が流れる電気回路など」に対して、突入電流（※）等を含めた安全率を考慮した上で、使用電流の2倍程度のアンペア設定した10Aのヒューズ取り付けの仕様となっていた。

※ 突入電流とは

電気機器の電源投入の初期時に一時的に流れる大電流のことである。

電球では、フィラメントが、電源投入直後、冷たく電気抵抗が低いため、一時的ではあるが大電流が流れ、その後、フィラメントが温まると抵抗が大きくなり、定常の電流値となる。

電球を直流で使用する場合、ピーク電流は通常電流の約5～10倍となる。

今回の実験想定した電気配線に接続されている電気機器を使用していない無負荷の状態の場合はもちろん、電気機器を使用中でもあっても、「間接短絡」で消費される電流は少なく、機器使用電流に加算しても、その積算値は、ヒューズの安全率設定内に収まってしまうため、ヒューズは作動しない。

火災調査時には、電気配線のバッテリー（一次）側に取り付けられたヒューズが作動していないからとの理由で、電気配線からの火災を否定することはできない。

4 まとめ

電気配線の間接短絡からの火災の予防措置については、発生に際して予兆等もなく、根本的な対策はないが、車検や点検等の際に電気配線を、特にワイヤーハーネス等の固定部分について、目視で異常がないか確認することの徹底が必要と思われる。

根本的な予防措置を自動車業界で対応するとなると、「ワイヤーハーネス内にはマイナス配線を混線させないこと」及び「ボディアースは必要最小限の部分とし、必要以外の部分、特にワイヤーハーネスを設置する付近にはその部分から除外すること」となるだろう。対応を検討することを要望する。

平成26年6月に経済産業省から「電気用品安全法の技術基準解釈通達の一部改正について」が通知なされ、今回の自動車用ヒューズ実験と同様に「電気ブレーカー」が感知・作動せず、火災を防ぐことが困難であったプラグとコンセント間で発生する「トラッキング現象の対策」として、電源プラグ本体の耐火性試験を義務付ける旨を、周知期間を経て、平成28年3月17日から実施することが決定された。

これは、今日まで消防関係者等が、一般的な電気ブレーカーでは防ぐことができない「無負荷でも発生する危険性の高いトラッキング現象」を予防広報し続けた結果、国や産業界を動かし、電源プラグ本体を燃えにくい素材に変更するという究極の安全対策がなされることとなったものである。

今後も消防は、火災調査結果を予防広報に生かすとともに、発生を未然に防ぐための情報発信を続けていかなければならない。

図、表及び写真

実験 1

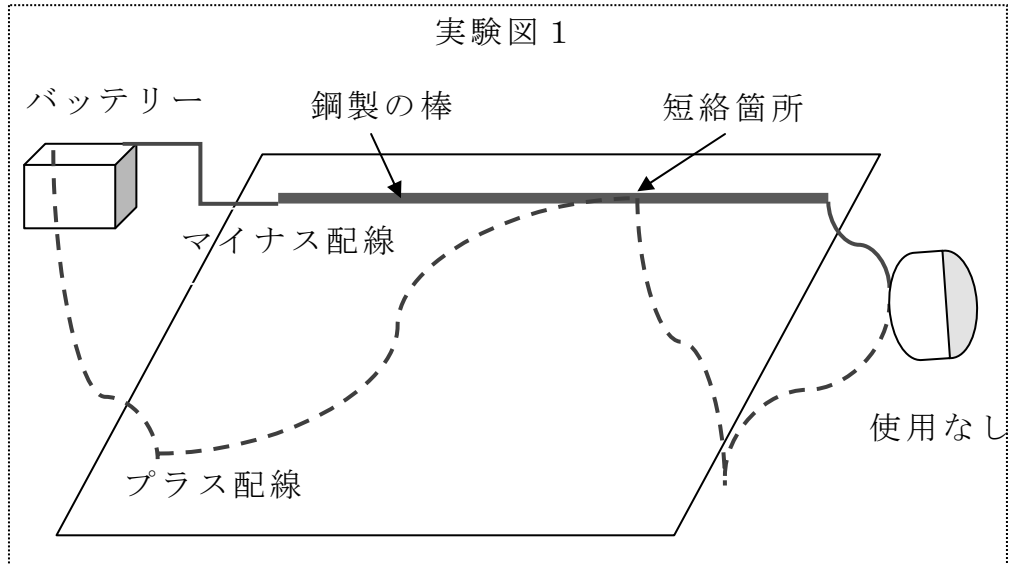
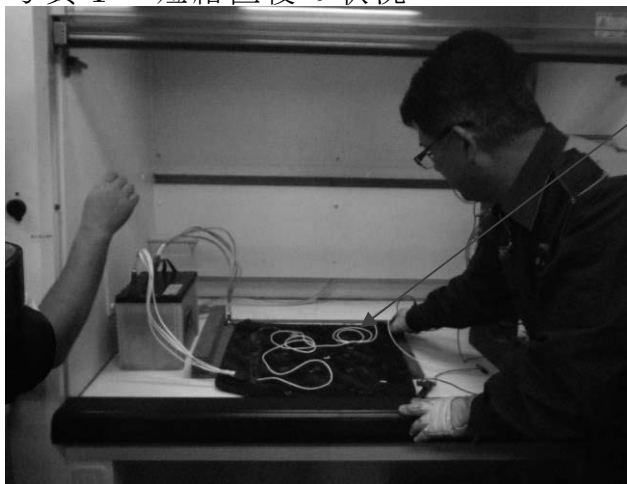


写真 1 短絡直後の状況



短絡箇所

写真 2 短絡 10 秒後の状況



写真 3 短絡痕跡あり



実験 2

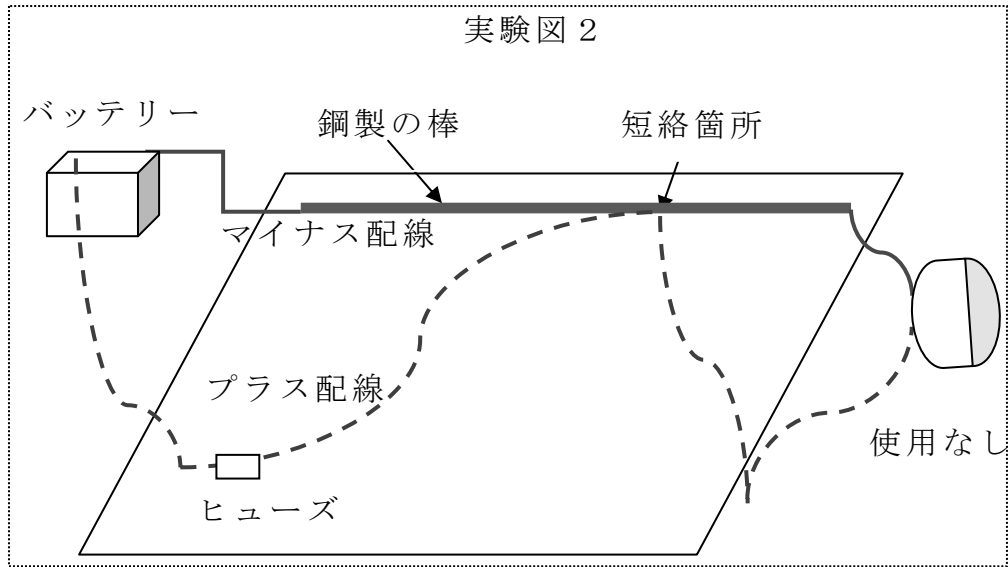
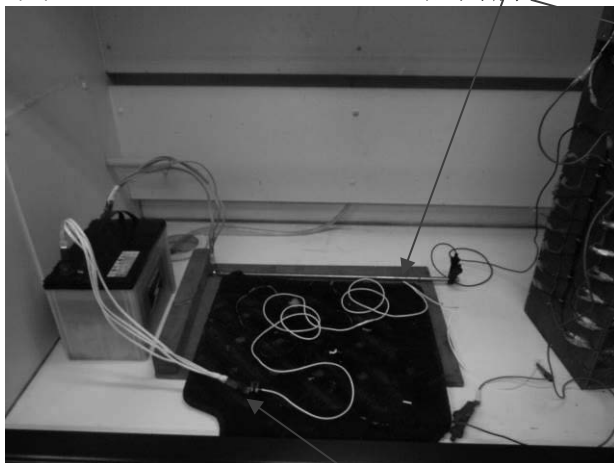


写真 4 マイナス配線 鋼製の棒



バッテリー ヒューズ プラス配線 電球

写真 5 短絡箇所



ヒューズ作動 (溶断)

写真 6 短絡痕跡なし



写真 7



写真 8

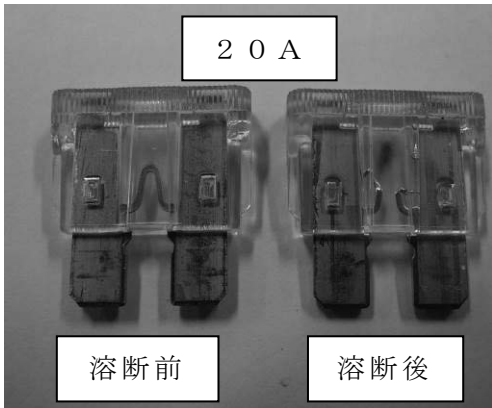
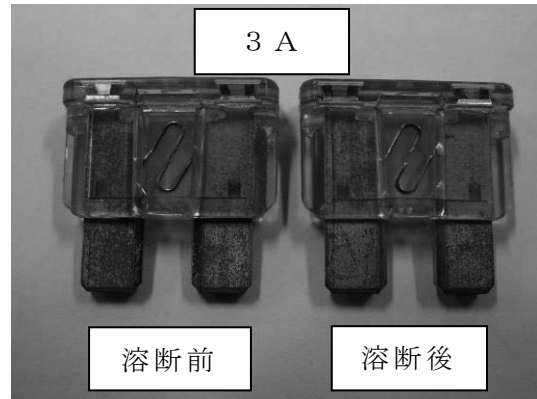


写真 9



実験 3

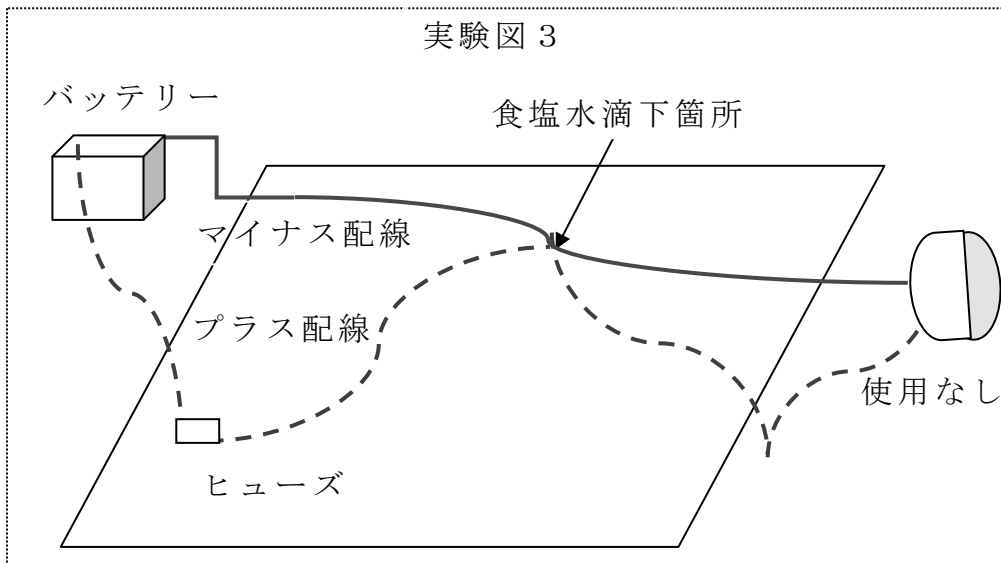


写真 10 食塩水滴下箇所 食塩水

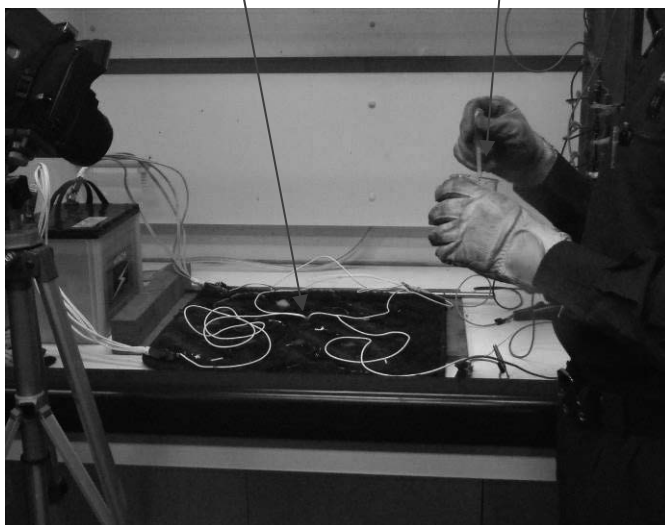
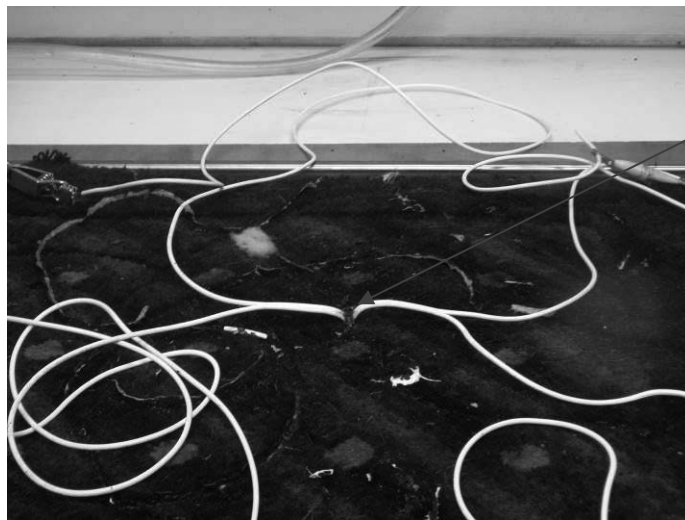
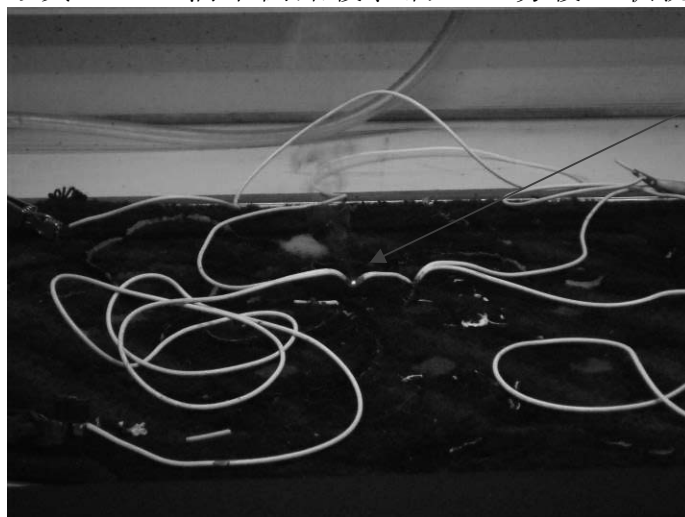


写真 1 1 滴下開始後、約 5 分後の状況



滴下している配線
部分が黒く炭化

写真 1 2 滴下開始後、約 15 分後の状況



白煙の上昇及び配
線の赤熱

写真 1 3 発火直前の温度状況（熱画像装置画像）



最高温度 5 3 1 . 6 度

写真14 36分後の発火直後の状況

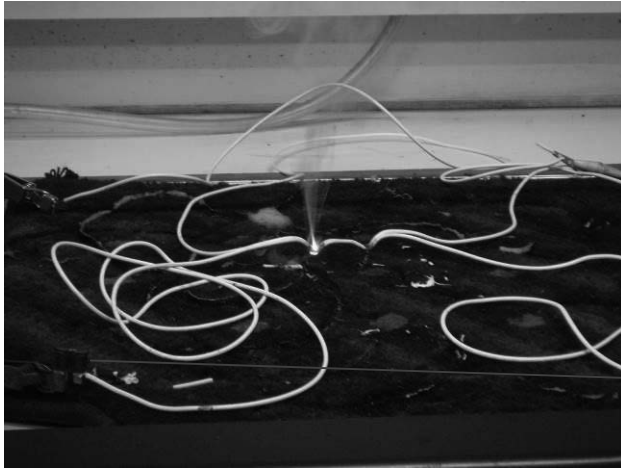
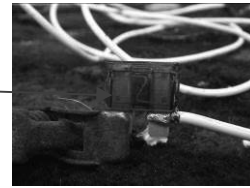


写真15 マットへ延焼



写真16



ヒューズの作動（溶断）なし

写真17

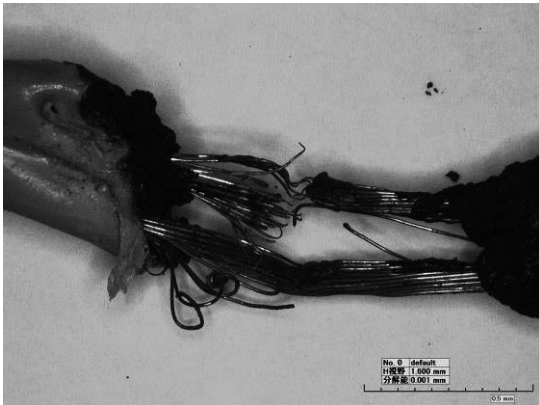


写真18

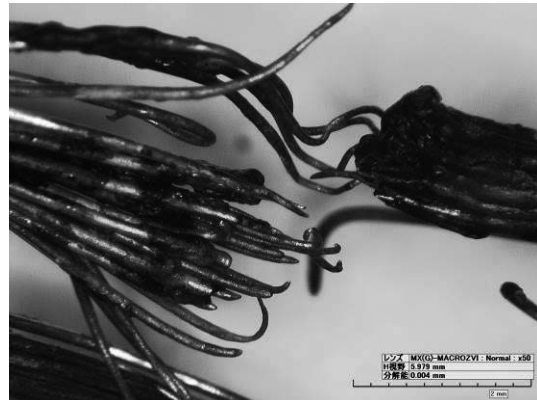


写真19

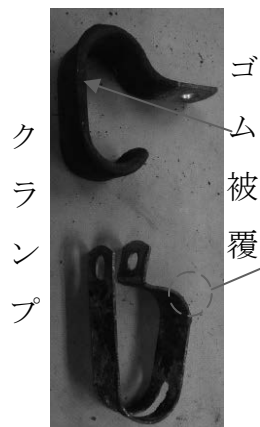


写真20

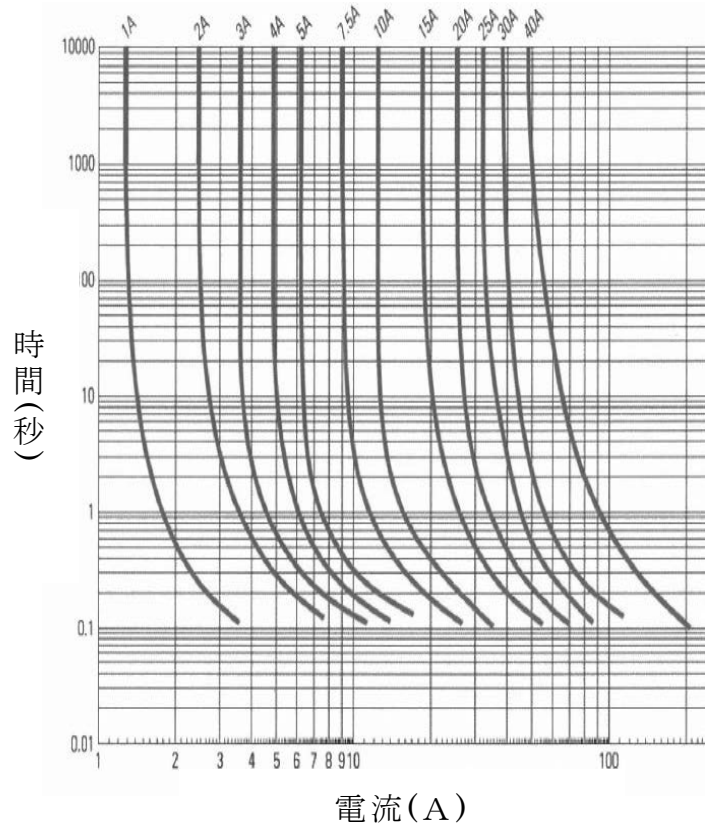


写真21



参考1 ブレードヒューズ色表示 参考2 ブレードヒューズ溶断曲線
 (太平洋精工(株)ホームページより)

定格電流 (A)	ハウジング 色表示
1	黒色
2	灰色
3	紫色
4	桃色
5	黄褐色
7.5	茶色
10	赤色
15	青色
20	黄色
30	緑色
40	橙色



参考3 ブレードヒューズの作動一般的特性 (周囲温度 23℃)
 (太平洋精工(株)ホームページより)

試験電流 (A)	溶断時間	
	最小時間	最大時間
定格電流の110%	100時間	—
定格電流の135%	0.75秒	600秒
定格電流の160%	0.25秒	50秒
定格電流の200%	0.15秒	5秒
定格電流の350%	0.04秒	0.5秒
定格電流の600%	0.02秒	0.1秒

※周囲温度 1℃当たり - 0.15% 変化する。