

# 自動車用ハロゲンフリー電線の加熱変形特性による評価

自動車電装事業部 望月 淳\*1・高橋 憲一郎\*2・北野 英男\*3  
米沢電線株式会社 安部 幸男

## Evaluation by High Temperature Deformation Characteristic of Halogen-free Wire for Automobiles

M. Mochizuki, K. Takahashi, H. Kitano & Y. Abe

当社は自動車用部品に対する環境負荷低減の要求に応えるために、これまでに数種のハロゲンフリー自動車用電線の開発を行ってきている<sup>1)2)</sup>。自動車用ハロゲンフリー電線に求められる性能は多岐にわたるが、中でも自動車安全に深く関わる「耐摩耗性」「難燃性」「限界電流特性」は重要な性能と認識されており、基本性能を満足した上でこれらの性能を現行PVC絶縁電線と比べて劣らないレベルとすることが必要である。

本報では限界電流の代替特性として「加熱変形性」の適用について考察した結果を報告する。

We developed several kinds halogen-free cable for automobiles to meet a request of reduction of impact to environment in a part for automobiles. Manifold performance is demanded from a halogen-free cable for automobiles. However, "Resistance to abrasion", "Resistance to flame propagation" and "Limited overcurrent" which affects safety of a car deeply in those are recognized with important performance. And the halogen-free cable, which we developed, satisfies basic performance, and three performance of above mentioned must not be inferior in comparison with existing polyvinyl chloride insulation cable.

In this paper, we report the result that considered an application of "high temperature transformation" as a substitute characteristic of a limited overcurrent.

### 1. ま え が き

1997年以降、通商産業省（現経済産業省）廃自動車リサイクルイニシアチブ、欧州ELV（End of Life Vehicle）指令等の自動車部品を対象とした環境規制/リサイクル規制が発効されてきており、自動車用電線も「安定剤の脱鉛化」「着色顔料中の重金属不使用」等の対策をとって対応してきた。続いて、自動車の環境への負荷低減/リサイクル性の向上への貢献を目的に、ハロゲンを含まない（ハロゲンフリー）材料を絶縁体とした自動車用電線の開発が行われてきている。

電線の絶縁体に使用されている材料は塩化ビニル混和物（以下PVC）が主流であり、その材料本体に塩素を含む。そのため、材料のハロゲンフリー化は材料系そのものの変更となり、全く違う材料で自動車用電線として必要な性能を実装することが必要である。しかしながら、PVCは自動車用電線の絶縁体として「高い耐外傷性を持つ」「高い難燃性を持つ」「低価格である」という理由で

適しており、その代替材料の開発は容易でない。また、自動車用ハロゲンフリー電線に適用可能な規格として国際規格であるISO6722（2002）が発行されており、自動車用電線として基本的に具備すべき性能は本規格に準じる必要がある。

これに対し当社ではベースポリオレフィンのポリマーアロイ化、効果的な難燃剤および難燃助剤の配合等の方策により、「耐摩耗性」「難燃性」を含めてISO6722を満足する材料の開発を終えている。しかし重要な特性である限界過電流に関し、従来は「通電により電線が発煙する電流値」として定義し、発煙する電流値と時間による発煙特性を指標として評価してきたが、今回開発したハロゲンフリー電線は高温下で視認できるような発煙を起こさないため、限界過電流-発煙特性に変わる指標と評価方法の設定が必要となった。

そこで電線の高温機械特性として一般的に用いられている加熱変形特性に着目し、これを指標として発煙特性との比較を行い、荷重を適切に選ぶことにより相関を得られる知見を得た。また、今回開発したハロゲンフリー電線は、従来のPVC電線と同等の加熱変形特性を持つことが確認できた。

\*1 電装品技術部

\*2 電装品技術部長

\*3 電装品技術部グループ長

表1 ヒューズ溶断時間 (JASO D 612-2001 p.11より抜萃)  
Operating time

試験電流 (A)	溶断時間 (s)	
	最小	最大
定格電流の110%	100 (h)	-
定格電流の135%	0.75	1.800
定格電流の200%	0.15	5
定格電流の350%	0.04	0.5
定格電流の600%	0.02	0.2

表2 既存電線と開発品の構造  
Structure of existing cable and developed cable

項目	単位	AVSS 0.5sq	開発品
断面構造	-		
外径	mm	1.6	1.3
導体構成	本/素線径	7/0.32	7/0.30 SB*
絶縁体材料	-	ビニル	ポリオレフィン
絶縁体厚	mm	0.3	0.2
計算断面積	mm <sup>2</sup>	0.5629	0.4948
最大抵抗値	mΩ・m	32.7	37.1

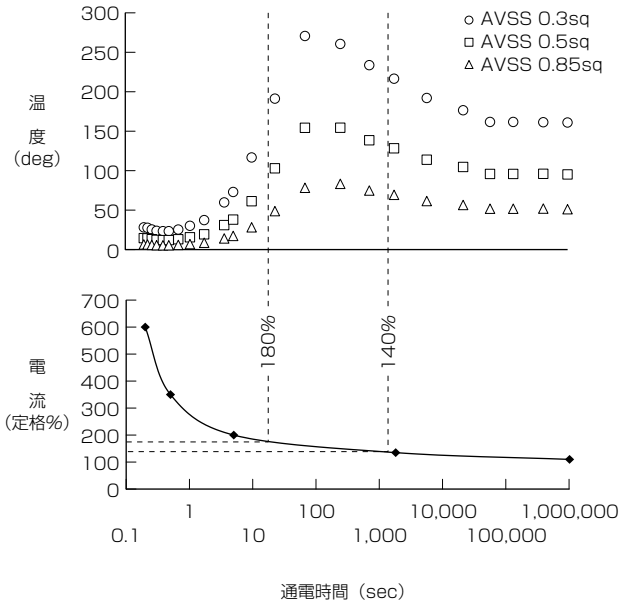


図1 ヒューズ溶断条件と電線上昇温度の関係  
Relation between fuse blow condition and cable temperature

\*SBはSmoothBodyの略

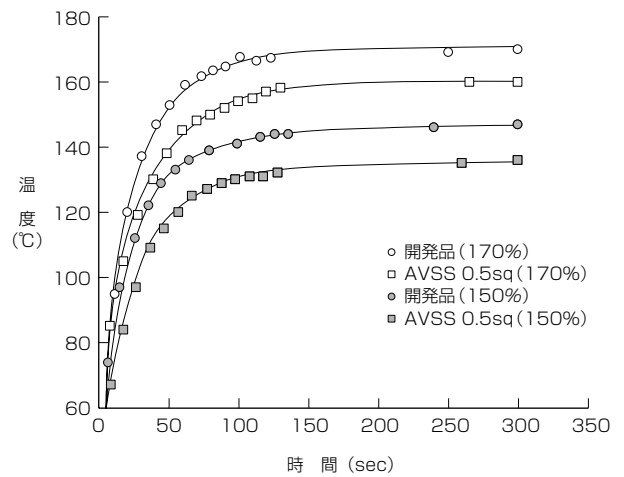


図2 導体温度  
Temperature of cable conductor

## 2. 限界過電流と絶縁体の挙動

### 2.1 自動車用電線における限界過電流

JASO D 609 「自動車部品-低圧電線の電流容量<sup>3)</sup>」によれば、限界過電流は「外部要因などが原因で、電線に一時的に許容電流を超えて通電があった場合、その通電時間に応じて定まる過電流の限界値」と定義されており、通電時間は「絶縁体が発煙する時」とされている。

実際の自動車では、一時的な許容電流を超える通電とは、主としてボディと電線のショートであるが、通常ショートに対しては、回路上に配されたヒューズが溶断し絶縁体が発煙するまえに通電を止めて回路保護を行うように回路設計がなされてる。

しかしヒューズの溶断はジュール熱によるものであるため、通電電流値と通電時間の双方が関わり、ショート部の接触抵抗が大きい場合、また接触が断続的な場合は、電線は発熱するがヒューズが溶断しない状態が生じることとなる。つまり、通電電流値×通電時間がヒューズ溶断の条件を満たさない場合、電線の温度上昇のみが続くこととなり電線にダメージを与える可能性がある。

このような背景により、ヒューズの溶断特性 (通電電

流値-時間)と電線の発煙特性 (通電電流値-時間)を比較して、ヒューズ溶断条件外で電線が発煙に至らないことの確認、いわゆる「ヒューズマッチング」とよばれる検証が一般的に行われており、電線の発煙特性は重要な特性として認識されている。

### 2.2 限界過電流通電時の温度と特性

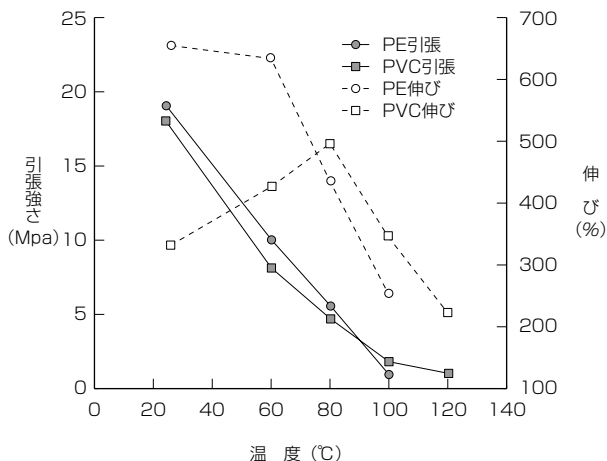
ヒューズの溶断特性については回路保護と経済性の観点から、JASO D 612「自動車部品-ヒューズ-」にてヒューズの定格電流に対してその何%の電流がヒューズに流れたとき何secで溶断するかを最小値と最大値が定められている<sup>4)</sup>。

そこで15Aヒューズを例にとり、表1に示すJASO D 612規定のヒューズ溶断条件 (最大)から通電電流値と通電時間を導きだし、JASO D 611規定の極薄肉電線 (AVSS) 0.3, 0.5, 0.85sqにその条件で通電した場合の電線導体表面温度を算出した。その結果を図1に示す。温度上昇の計算はJASO D 609の計算式を用いた。図1より温度上昇が最も大きくなるのはヒューズ定格の150%~170%であり、計算上AVSS 0.5sqの電線で150℃を超える温度となることがわかる。ここで得られた電流範囲150%~170%を用いて、表2の構造の実際の電線に通電し、その温度上昇を測定した結果を図2に示す。AVSS 0.5sqで約135~160℃、開発品は145~170℃になる

**表3 主要材料の高温諸特性<sup>6)</sup>**  
High temperature characteristic of plastics

材 料	軟化点	融 点	溶流点	分解温度	引火温度	発火温度
PVC	219	-	-	200~300	390	455
PE	123	220	-	335~450	340	350
PP	157	214	244	328~410	-	-

単位℃



**図3 各温度での機械特注**  
Mechanical characteristic with each temperature

ことから、限界過電流を考えた場合に注目すべき温度領域は、AVSS 0.5sqで160℃、開発品で170℃と定まる。

次に、これらの温度領域での絶縁体の特性を知るため、絶縁体主要材料の諸特性を表3に、PVCおよびポリエチレンの各温度での機械特性を図3に示す<sup>5) 6)</sup>。表3よりPVC絶縁体で160℃という温度領域は、発火点には達していないものの、絶縁体の分解温度の下限に近い温度であり発煙が生じる状態にある。一方、図3よりポリオレフィンであるポリエチレン/ポリプロピレンはPVCよりも軟化点が低く100℃以上で軟化し、その機械的性能は170℃では大きく低下した状態になっていることが推測できる。ただし、分解温度は330℃以上にあるため、この温度領域において発煙は生じない。

まとめると、ヒューズ溶断条件のある領域では電線温度が160℃や170℃という温度になる可能性があり、この温度に達するとPVCは発煙および軟化を生じる。一方、ポリオレフィンは発煙は生じないが、著しく軟化して機械特性を落とす。

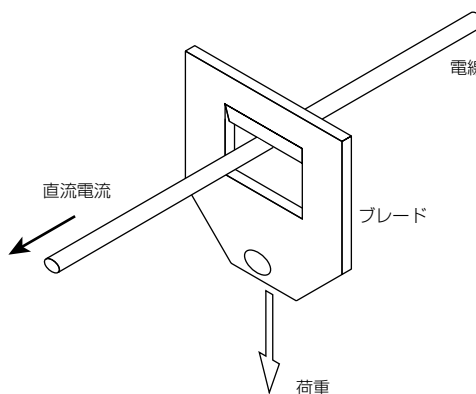
以上より、「発煙」に変わる特性として、特にポリオレフィン系の材料においては「高温時の機械特性」が重要であるといえる。

**3. 高温機械特性評価方法**

よく知られているように、一般ケーブルや電子ワイヤの規格では高温時の機械特性として「変形性」を評価している。たとえば、JIS C 3005.25「加熱変形試験」、UL1581.560「DEFORMATION」、ASTMD470.127「Heat

**表4 加熱変形試験方法**  
Test method of high temperature deformation

周囲温度	60℃
通電電流	ヒューズ容量の147%、167%、187%、200%、267%、333%
最大通電時間	1,800sec
荷 重	0.77N : ISO6722の次式より算出 $F = i(2D - i)$ F = 荷重 (N) D = 仕上外径 (mm) i = 絶縁体厚 (mm)
試 験	通電開始後、ブレードが導体に達する間での時間を測定 ブレードが導体に達しなかった場合は、耐電圧試験により絶縁性を確認



**図4 試験概要図**  
Outline of test method

Distortion Test」、ISO 6722「High Temperature presser test」があり、いずれも使用温度かそれ以上で一定時間加圧後、絶縁体の変形性を評価する試験となっている。

そこで、絶縁体の高温機械特性の低下を加熱変形性で評価することが適当であると考え、次に発煙特性に相当する変形特性を得られる試験方法について考察を行う。

試験温度に関しては、ヒューズ溶断条件による通電上昇温度となる。また、評価基準としては加熱変形試験で一般的な「一定時間後の変形率XX%以下」ではヒューズ溶断特性との比較が困難であるため、これを「変形率が限界に至るまでの時間」とする。変形率の限界については、絶縁体性能の終点という観点から「導体に達する変形」とし、同一条件のPVC電線の発煙特性との相関により、その妥当性を確認する。

一方、荷重に関しては「変形を生じさせるのに十分か(軽すぎないか)」「材料間で生じる変形性の差をスポイルしてしまわないか(重すぎないか)」「電線の構造による有利不利は生じないか」等を考慮して妥当な値を決定する必要があるが、今回は、サイズにかかわらず絶縁体の厚さの半分を変形率の基準として、これに一定の圧力がかかるように試験方法がとられているISO 6722規定の荷重を用いた。

以上より、ISO 6722「High Temperature presser test」をベースに、JASO D 609の発煙試験方法の条件を組み合

表5 試験結果  
Test result

サンプル	単位	通電電流 (ヒューズ定格の倍率)						
		100%	127%	147%	167%	200%	267%	333%
開発品	sec	○	○	○	1,560	179	16.7	8.7
AVSS0.5sq	sec	○	○	75	51	42	13	10

○: 1.800sec通電後, 耐電圧試験合格

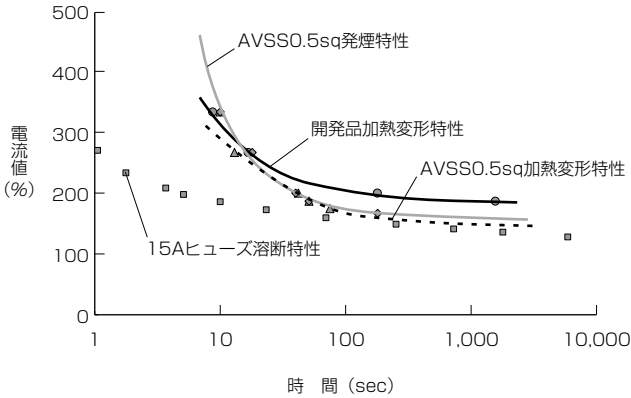


図5 加熱変形特性と発煙特性の比較

Comparison of high temperature deformation characteristic and smoke emission starting characteristic

わせた通電加熱変形試験を発煙特性に変わる高温機械特性の評価方法として提示する。試験条件および装置はISO6722に準じたが、通電による加熱変形性を評価するために表4の内容を加えた。試験概要図を図4に示す。

#### 4. 結 果

3.で定めた試験方法により、AVSS 0.5sqと開発品を評価した結果を表5に示す。また、表5のデータ、AVSS 0.5sqの発煙特性、および15Aヒューズ(23℃)の溶断特性をプロットした結果を図5に示す。

図5より、AVSS 0.5sqの発煙特性と加熱変形特性はヒューズ定格の147%~187%の範囲で良く一致していることがわかる。したがって、本試験方法を実施して得られた加熱変形特性は発煙特性の代用特性として使用でき、加熱変形特性がヒューズ溶断特性よりも上位にあれば、ヒューズマッチングが取れているといえる。一方、187%を超

える大電流・短時間側では加熱変形特性と発煙特性が一致しない結果となっている。これは、ブレードがヒートシンクとなって接触までの時間に影響を与えたためと考えられる。大電流側の相関性を得るには、ブレード材料の選択が必要である。

また、ISO規格電線である開発品は「導体断面積が小さい」「絶縁体が薄い」「電線の外径が小さい」という点で、同じ呼びのAVSS線に比べて加熱変形特性は小さくなると考えられる。

しかしながら、開発品の加熱変形特性は15Aヒューズの溶断特性はもとより、AVSS 0.5sqの変形特性および発煙特性の上位に位置している。つまり、同一の通電条件で開発品はビニル絶縁電線と同等かそれ以上の加熱変形特性を持つ結果となっている。したがって、開発品はAVSS 0.5sqと同等のヒューズマッチングを取ることができるといえる。

#### 5. む す び

以上述べたように、自動車用電線として重要な限界過電流の指標として通電加熱変形試験の検討を行い、これをハロゲンフリー電線に適用した。その結果、開発したハロゲンフリー電線は現行のPVC絶縁電線に比べて同等の変形特性を持つことから、同じ定格ヒューズ下で使用できることを確認した。

今後、発煙特性との相関が取れるよう試験方法のチューニングを行い、電線開発にあたっての評価方法として役立てていく予定である。

#### 参 考 文 献

- 1) 倉崎ほか：自動車用ノンハロゲン難燃耐熱電線，フジクラ技報，第88号，p.54，1995
- 2) 利光ほか：自動車用薄肉エコ電線の開発，平成13年電気学会全国大会講演論文集，p.638，2001
- 3) 自動車規格（JASO）自動車部品－低圧電線の電流容量，社団法人自動車技術会，2001
- 4) 自動車規格（JASO）自動車部品－ヒューズ，社団法人自動車技術会，2001
- 5) 電子ワイヤ要覧，株式会社フジクラ，p.234，2004
- 6) 喜多信之：プラスチックの燃焼性，株式会社工業調査会，pp.9-13，1975