

# 自動車用42V電源システム対応コネクタ

機器電材事業部 崎山 興治\*1・井出 剛久\*1・明石 一弥\*2

## New Connector for 42V Automotive Electrical System

K. Sakiyama, T. Ide & K. Akashi

自動車の電気負荷は年々増加しており、より効率を高めるため、車両電圧を14Vから42Vへ昇圧する動きがある。42Vシステムにおいて、ワイヤハーネスは重要な部品となるが、多くの技術的課題がある。特に通電中にコネクタを外したときに発生するアーク放電は深刻な問題で、実験では端子が5mm程度溶け、端子の温度が1,000 以上に達することがわかった。

この問題を解決するため、42Vシステムに対応した新タイプのコネクタを開発した。このコネクタは、端子間で発生するアークエネルギーを本質的に低減することができる。

Recently, in order to provide more electrical power in road vehicle, a need to increase voltage from 14V to 42V has arisen. Wiring harness will be one of the most important components in 42V system, but it has a variety of anticipated subjects to be resolved. Especially, arc discharge phenomenon which occurs while unmating connectors supplying power to a 42V-load is a serious problem. Our experiment showed that the connector terminal damage from arcing was approximately 5mm in length, and peak temperature of the terminal was estimated more than 1,000 with 3kW-load.

To resolve the problem, a new type of connector for 42V automotive electrical system has been developed. This connector can substantially reduce arc energy between terminals.

### 1. ま え が き

自動車に搭載される電気負荷は年々増加・高容量化し、さらに近年は機械式あるいは油圧式の駆動システムが、徐々に電気式へ置きかわりつつある。このような中、電力供給の効率をより高めるため、車両電圧を現在の14Vから42Vへ昇圧する研究が行われている<sup>1)2)3)</sup>。この研究は、米国のMIT/Industry Consortiumが中心となって行っており、当社もアルコアフジクラと連名でこの活動に参画している。

42Vシステムの導入には、バッテリーやオルタネータの高効率化など、電力供給面の課題のほか、電源分配という重要な役割をになうワイヤハーネスにとっても、アーク放電やリーク電流、EMI/EMCといった回路保護面の課題が多く残されている。中でもアーク放電は、現在の14Vシステムよりもその影響が大きく、最悪は車両火災にいたる危険性があることから、早期解決が求められている。

例えば、電源電圧42Vでユーザが誤って通電中の負荷につながるコネクタを外した場合、端子の接点が離れる瞬間に激しいアーク放電が発生し、これが継続する<sup>4)</sup>。そのときのアークエネルギーは、端子の先端が溶けるほどの

熱量であり、周囲に可燃物があれば容易に引火してしまう。また、半嵌合状態のコネクタが、走行中の振動にさらされた場合も、上述と同じような現象となることが予想される。

本論文では、コネクタ部分で発生するアーク放電の影響を詳しく調査した結果を報告するとともに、その低減対策について述べる。

### 2. 将来予想される電気負荷

燃費向上、CO<sub>2</sub>排出量削減の要求から、機械式あるいは油圧式の駆動システムが、電気式に置きかわりつつある。また安全性向上、快適性向上、機能性向上の面からも、今後新しい大容量電気負荷が車両内に増えてくる。現在

表1 将来予想される新機能とその最大負荷  
Peak load of future functions

新機能	最大負荷
電気加熱式触媒	2,000W
ウインドウヒータ	3,000W
電気式アクティブサスペンション	2,500W
電気・機械式ブレーキ	1,500W
電動パワーステアリング	3,000W
電磁式エンジンバルブ	3,000W

\*1 開発部

\*2 開発部長

大容量といわれる電気負荷は数百ワット程度であるが、将来はこれが数千ワットにおよぶとされている。表1に将来予想される代表的な電気負荷を示す<sup>1)</sup>。表に示す最大負荷は、ほとんどが短時間での発生であるが、電磁式エンジンバルブについては、走行中連続的に発生する可能性がある。

### 3. 42Vシステムにおけるコネクタ端子部のアーク放電

#### 3.1 実験

図1に示す回路を使って、42Vシステムにおけるアーク放電の影響を調査した。パワーリレーを駆動することで

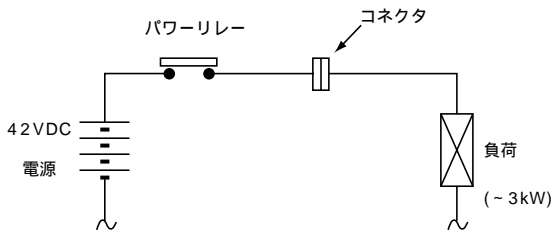


図1 実験回路  
Experiment circuit

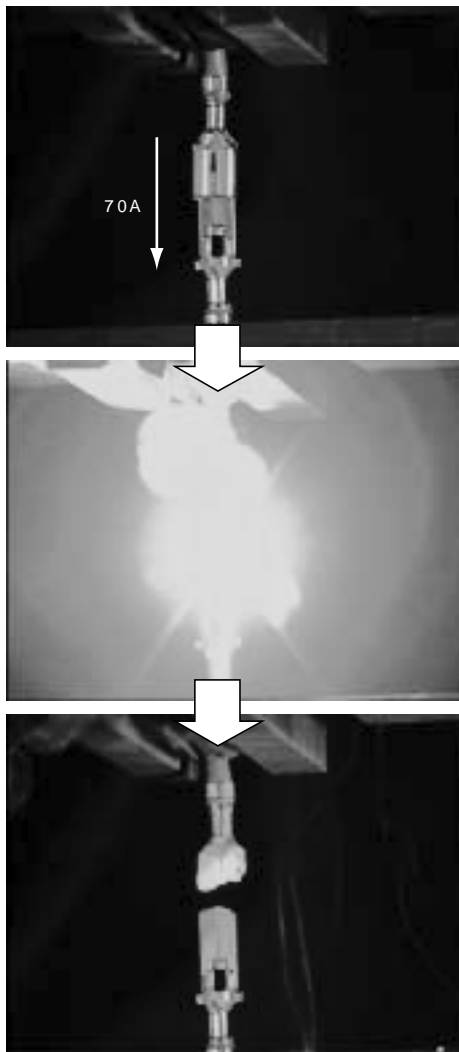


図2 アーク放電の発生状況  
Arc discharge phenomenon

負荷に通電を行い、この状態でコネクタを毎分5mmの速度で徐々に切り離す。このようにしてアーク放電を発生させ、そのときのアークエネルギー、端子部の温度および端子の溶損度合いなどを計測した。

#### 3.2 アーク放電の発生状況

図2にアーク放電発生状況の一例を示す。負荷は3kWで、70Aの電流がメス端子（上）からオス端子（下）へ流れている。この写真から、激しい閃光火花をともなうアーク放電が端子間で発生している様子がわかる。このときアーク放電は発生から1秒以上継続し、アーク熱で端子の先端が数mm溶損した。また、放電終了後も赤熱状態がしばらく続いた。この一連の状況は、周囲の可燃物に引火する恐れがあり、非常に危険である。

#### 3.3 アークエネルギー

図3に、端子間で発生するアーク電流とアーク電圧の特性を示す。負荷は1.5kWで、端子が正常に嵌合しているときは36Aの電流が流れている。この図から、アーク電流は徐々に低下し、一方アーク電圧は増加していることがわかる。このときのアーク継続時間は約0.7秒であった。

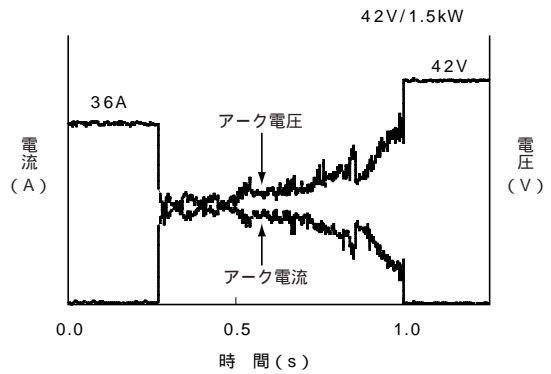


図3 アーク電流とアーク電圧の特性  
Characteristics of arc current and voltage

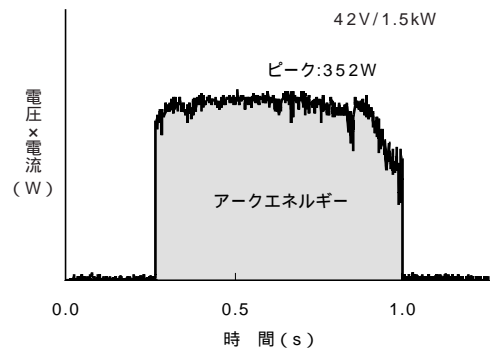


図4 アークエネルギー  
Arc energy

表2 アーク継続時間とエネルギー  
Arcing duration and energy

項目	1.5kW	3.0kW
アーク継続時間	0.6 ~ 0.9 s	0.8 ~ 1.5 s
アークエネルギー	270 ~ 430 J	600 ~ 960 J

また、図4は両特性から計算されたアークエネルギーを示している。アークエネルギーは、端子間で消費された電力の積分であり、計算上約370Jであった。

表2は、負荷が1.5kWと3.0kWの場合のアーク継続時間とアークエネルギーをまとめたものである。アークエネルギーは最低でも270Jであり、これは黄銅端子の質量および比熱を考慮すると、端子を容易に溶かす熱量に相当する。

### 3.4 アーク放電中の端子の温度

図5は、メス端子中央部分の温度を示している。アーク放電発生から温度は徐々に増加し、最高で933℃を記録した。端子先端部の温度は、1,000℃を超えるものと推測される。

図6は端子の最高温度と接続負荷の関係を示している。電源電圧14Vでは、負荷が300Wでの端子温度は100℃以下であるが、42Vでは200Wですでに800℃を超えている。これは同じ負荷容量でも、14V時のアークは状態が不安定ですぐに消えてしまうが、42Vでは状態が安定しアークが持続するからである。

### 3.5 端子の溶損

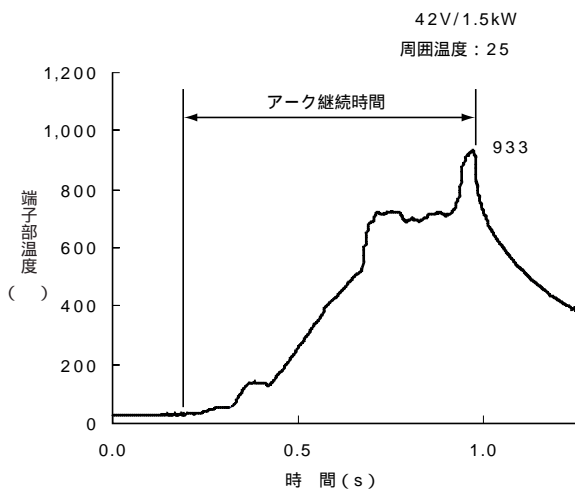


図5 放電中の端子部の温度  
Terminal temperature during arcing

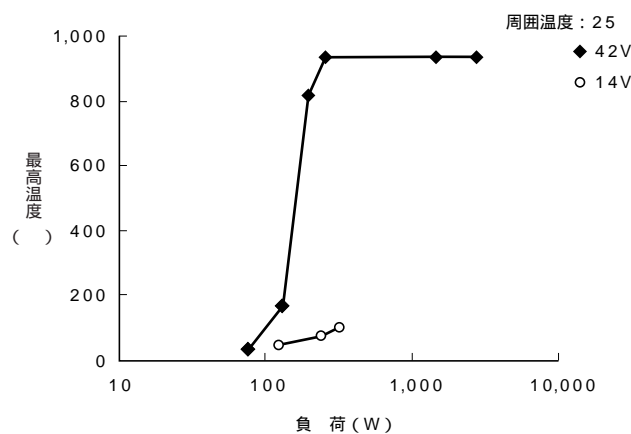


図6 端子の最高温度と接続負荷の関係  
Peak temperature vs. load

図7はアーク放電後の端子を示している。オス端子から放出された電子は電界により加速され、メス端子に衝突する。このため、オス端子よりも電流の上流側にあるメス端子の方が、激しく溶損している。このように端子が溶損してしまうと再び嵌合することができず、ワイヤハーネス全体を交換しなければならない。

図8は端子の溶損と接続負荷の関係を示している。ここで溶損は、溶損した部分の長手方向の長さを表している。接続負荷の増加とともに端子の溶損は増加し、その長さは、負荷が3kWの場合で3mm~7mmに達している。このことから、42Vシステムにおいて従来のコネクタをそのまま適用することは不相当であるといえる。

## 4. 42V対応コネクタの開発のねらい

上述の問題を解決するため、42V電源システムに対応したコネクタの開発を進めた。開発のねらいを次に示す。これらを実現するために、さまざまな実験を重ね、その結果ひとつの有力な解決策を見出した。

- ・アーク放電による端子溶損の低減
- ・アーク継続時間の短縮
- ・簡素な構造
- ・小型、低コスト
- ・従来コネクタ同様の扱いやすさ

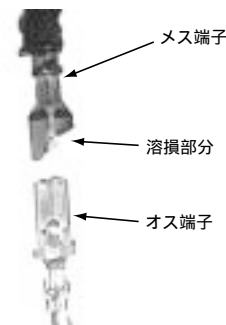


図7 アーク放電後の端子  
Terminal after arcing

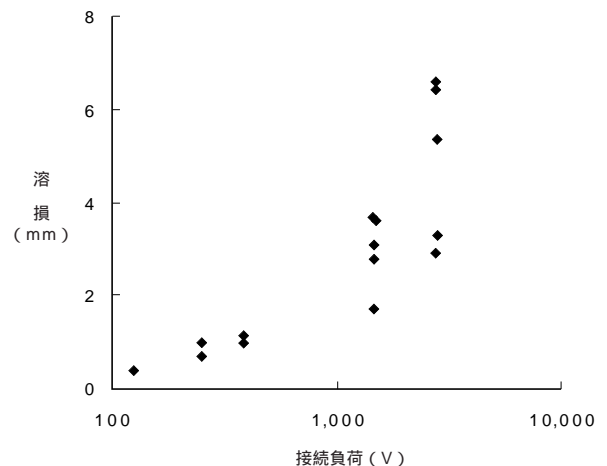


図8 端子の溶損と接続負荷の関係  
Terminal damage vs. load

## 5. アーク低減対策

### 5.1 アーク低減メカニズム

図9は、端子の溶損と切離し速度の関係を示している。端子の溶損は、切離し速度の対数値にほぼ比例して減少している。このことは、端子の接触をすばやく切り離し、短時間で所定の端子間距離にすることが、アーク放電の影響を低減するひとつの方策であることを示している。しかしながら、このような機能をコネクタハウジングに設けることは困難であり、常に安定した切離し速度にするには、構造が複雑化、大型化してしまうという問題がある。

そこで、切り離し速度ではなくアーク放電の軌跡を制御することによるアーク低減を試みた。図10にそのメカニズムを示す。端子の嵌合方向と垂直に磁界を印加するだけの簡素な構成である。アーク放電発生とともにオス端子から放出された電子は、磁界の作用によりローレンツ力を受け、その軌跡が曲げられる。ローレンツ力は磁束密度に比例することから、与えられた磁界の大きさに応じてアークの軌跡が引き伸ばされることになる。これは、定性的には端子をすばやく切離すのと同じことであり、アーク継続時間を短縮し、端子の溶損を低減することができる。言い換えればアークエネルギーを低減する

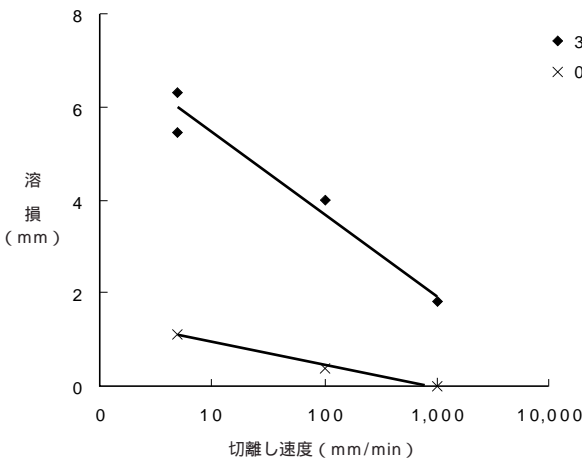


図9 端子の溶損と切離し速度の関係  
Terminal damage vs. unmating speed

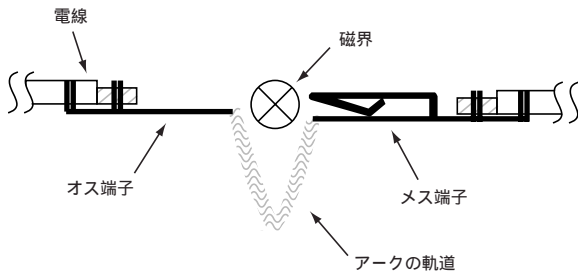


図10 アーク低減メカニズム  
Mechanism to reduce arc energy

ことができる。

### 5.2 磁界印加の効果

図11は、磁界を印加したときの効果を示している。磁界がない場合、端子の溶損は2mm~4mm、アーク継続時間は約1秒間であったが、磁界を印加することで双方ともに大幅に低減することができた。また、磁束密度が高ければこの低減効果は大きく、現状もっとも高い磁束密度の磁界を印加することで、端子の溶損を0.3mm以下、アーク継続時間を20msec以下に抑えることができた。

## 6. 42V対応コネクタ

図12にアーク低減対策を織り込んだ42V対応コネクタの外観を示す。オスコネクタに一对の永久磁石を設けるだけの簡素な構成である。二つの磁石は互いに対向しており、端子の嵌合方向に対して磁力線が垂直になるようにセットされている。磁石を設けること以外は、従来のコネクタ技術がそのまま適用できる。

従来コネクタと磁石付きコネクタとで、発生するアークエネルギーを比較すると図13のようになる。磁石付きコネクタは、アークエネルギーを1/50以下に抑えることができ、42V対応コネクタとしての機能を十分に果たしていることがわかる。

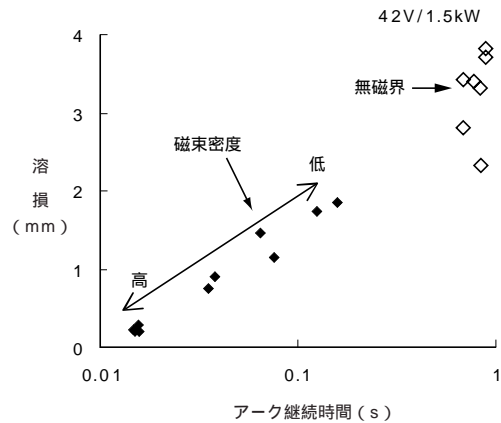


図11 磁界印加の効果  
Effect of magnetic field

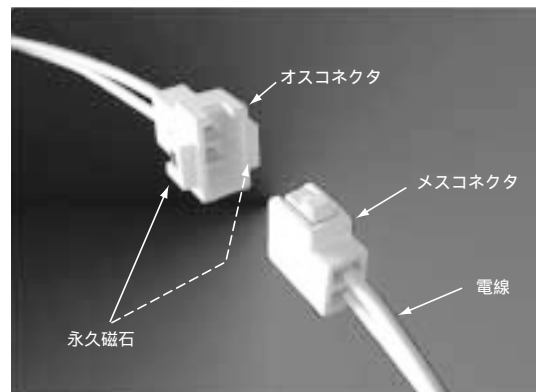


図12 42V対応磁石付きコネクタ  
New 42V-connector

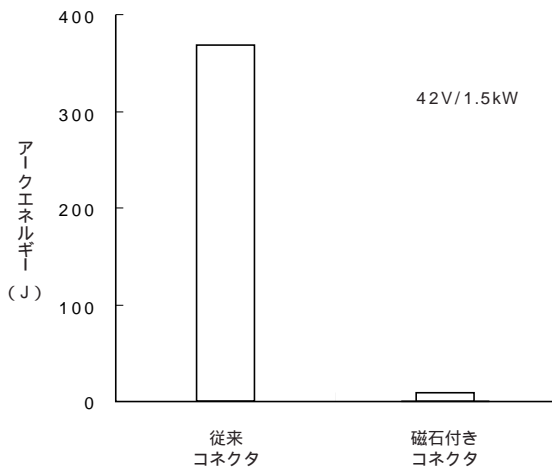


図13 従来コネクタと磁石付きコネクタの  
アークエネルギーの比較  
Comparison of arc energy

## 7. むすび

電源電圧42Vで、ユーザが誤って通電中の負荷につながるコネクタを外した場合、端子の接点が離れる瞬間にアーク放電が発生する。このアーク放電が端子に与える影響を調査した結果、負荷が3kWの場合、端子が長手方向に約5mm溶損し、また端子の温度は先端部分で1,000 を超えることがわかった。

上記問題を解決するため、42V電源システムに対応した

新タイプのコネクタを開発した。このコネクタは従来のコネクタに比べ、端子間で発生するアークエネルギーを本質的に低減し、端子の溶損およびアーク継続時間を大幅に低減できる。さらにこの性能を実現するために複雑な構造は必要とせず、磁石を取り付けること以外は従来コネクタの技術がそのまま適用できる。また従来コネクタ同様に嵌合作業時の取り扱いも容易である。このコネクタは近い将来、42V自動車の普及に大きく貢献できるものと確信している。

## 参考文献

- 1) Michael Walther, Richard Schöttle, Klaus Dieterich: Future Electrical Power Supply System, Convergence 1998, Hyatt-Regency Hotel, Dearborn, MI., October 19 - 21, 1998
- 2) Stefan Müller, Xaver Pfab: Consideration Implementing a Dual Voltage Power Network, Dearborn MI., October 19 - 21, 1998
- 3) John G. Kassakian, John M. Miller, Norman Traub: Automotive electronics power up, IEEE Spectrum, pp.34 - 39, May, 2000
- 4) Jeremy Patterson: The Influence of Arcing on the Design of 42V Proof Interconnection and Switches, MIT/Industry Consortium on Advanced Automotive Electrical/Electronic Components and Systems, Nagoya, October 24 - 26, 2000