



ハイブリッド車向大電流コネクタ用端子

宮崎 正*・澤田 滋・末谷 正晴
近田 一元

High-Voltage, Large-Current Terminal for Hybrid Electric Vehicle Wiring Harnesses — by Sho Miyazaki, Shigeru Sawada, Masaharu Suetani and Kazumoto Konda — In recent years, development of eco-friendly cars is an important theme in the initiatives for environmental protection and energy conservation. The production of various kinds of hybrid electric vehicles is growing rapidly. The biggest obstacle in widespread use of hybrid electric vehicles is price. High voltage harnesses are necessary for connecting between hybrid units (inverter, motor and battery) that must be fitted in a limited vehicle space. In particular, high-voltage large-current harnesses need to be larger in cross section and higher in connection reliability than 12 V harnesses. This paper reports on the successful development of the new low-cost terminal that is proof against vehicle vibrations and suitable for continuous large-current applications over 100 A. The developed terminals are used in Toyota Lexus GS450h.

1. 諸 言

近年、車両の二酸化炭素排出量の低減や燃費向上は、次世代車両に必要な車両性能として市場の認識が高まっている。特に昨今の自動車用燃料の高騰はこの車両環境性能の重要性を市場に強く認識させることとなった。

種々ある環境対策車の中でも特にモーターとエンジンを組み合わせて走るハイブリッド車は既存インフラの流用が可能である等、市場に受け入れられやすい環境対策車として今後もその登録台数を急激に伸ばすものと予想される。

上述の背景の中、カーメーカーからは、ハイブリッド車の構成部品であるモーターやインバータ、バッテリーを電気的に接続する為のワイヤーハーネスに、より低コストで且つ車両搭載性が高い（車両生産性が高い）製品の開発要求がある。

本報告ではトヨタ自動車株式会社製GS450hに搭載されたハイブリッド車向大電流用ワイヤーハーネスを例に、その端末である大電流用端子の接続方式や通電時の発熱量に関する性能に関し分かったことを報告する。

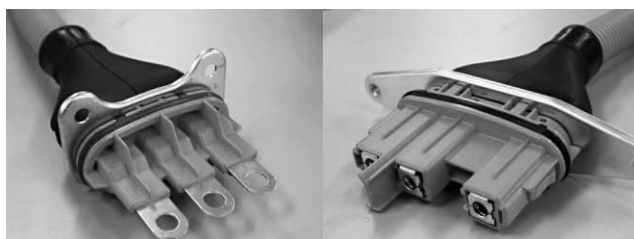


図1 ボルト締結方式 (O3プリウスINV側コネクタ)

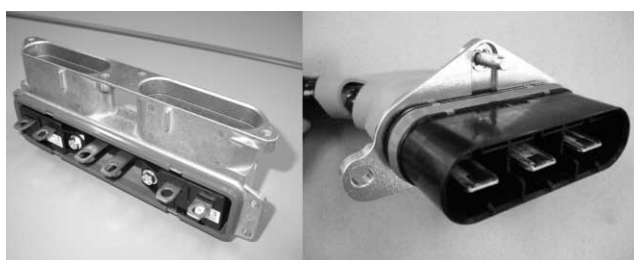


図2 コネクタ方式 (GS450h向INV側コネクタ)

2. 大電流端子構造

まず初めに既存端子のベンチマークを実施し、端子構造の分類を行った。

2-1 ボルト締結方式とコネクタ方式の特徴 ハーネスを接続するコネクタ部の接続方式には、**図1**に示すような端子をボルトにて締結するボルト締結方式と**図2**に示す様な端子内に設けられたバネを用いて接続するコネクタ方式の二つに大きく分類される。

各接続方式の特徴として、ボルト締結式は相手側バスバーと端子を高い接触力で締結できる為、振動等の車両環境に強く且つ簡素な構造の接続構造を得ることができる。しかし、(ボルトを締結する作業は容易ではなく)締結トルクの管理やセットに多数の工程を必要とし、加えてボルト斜め締めや取り付け作業時のボルト脱落等作業上の問題

表1 端子ベンチマーク結果一覧

| 接続方式 | 導体ダイレクト接続 | | | | バネ接続 | | |
|--------|-----------|-----|------|---------|------------|-----|-----|
| | 無 | 無 | 微少 | 無 | 有 | 有 | 有 |
| バネ通電 | 無 | 無 | 微少 | 無 | 有 | 有 | 有 |
| オス端子形状 | 丸ピン | 丸ピン | 平タブ | 平タブ(変形) | 平タブ | 丸ピン | 平タブ |
| 端子イメージ | | | | | | | |
| 導体抵抗 | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ |
| 小型化 | △ | ○ | × | × | -- | ○ | × |
| 製造コスト | × | △ | ○ | × | -- | △ | ○ |
| 備考 | スライドドア用 | | 9.5型 | 市販品 | 4.7型(12V用) | | 市販品 |
| 通電経路 | | | | | | | |

も懸念される。また、締結用ソケット等の工具を使用することにより、端子ピッチ等コネクタ体格が規制されてしまう。

これに対し、コネクタ方式ではコネクタの嵌合作業により電気的な接続が完了する為、機器へのハーネス嵌合性が高く容易である。また端子接続作業に工具を使用しない点はコネクタ小型化への可能性を大いに期待できると思われる。

また、防水構造のコネクタに於いてはボルト締結方式では防水カバーが必要であるがコネクタ方式ではコネクタ構造で防水構造を完結することが可能となり、一般的にはコネクタ方式の方がコスト高に見えるが構造によっては低コスト化の可能性もある。

2-2 端子接続方式 一般的にコネクタ式端子の形態には様々なものが存在する。特に既存の大電流接続が可能な端子とその接続方式の分類を実施した結果を表1に示す。

表1の分類から端子は、接続する導体同士を直接接触させ通電させる導体ダイレクト接続方式と、接続する導体の間にバネ状の接触部が存在するバネ接続方式に大きく分類することができる。

いずれの接続方式でも、導体を接触させる為のバネが存在しているが、特徴的なのが、導体ダイレクト接続方式ではバネを介して通電しておらずバネは導体同士の密着のみの機能を持っている。これに対し、バネ接触方式ではバネと導体が密着し、バネを介して通電を行っているという特徴がある。

3. 端子通電性能の検証

次に端子構造の違いによる通電性能に関し、模型端子を用いて確認した。

3-1 導体ダイレクト接続とバネ接続の性能比較

表2に示す様な模型端子をモデルに、導体ダイレクト接続とバネ接続の端子の端子抵抗や通電時の温度上昇値の比較

表2 性能確認用模型端子仕様

| 接続方式 | 導体ダイレクト接続 | | バネ接続 | |
|-------|---------------------|------|---------------------|------|
| | メス端子 | オス端子 | メス端子 | オス端子 |
| 断面図 | | | | |
| 材質 | 端子本体 純銅 (and 黄銅) | | 端子本体 純銅 (and 黄銅) | |
| | バネ SUS | | バネ Be-Cu | |
| 表面メッキ | Sn | | Sn | |

を実施し、どちらの方式が大電流接続に適しているかを検証することとした。

①端子抵抗値

端子全体抵抗の理論式は式(1)で示される。

$$R_t = R_1 + R_2 \quad \dots \text{式(1)}$$

R_t = 端子全体抵抗

R_1 = 導体抵抗

R_2 = 接触抵抗

端子全体抵抗を設計的に検討する際、接触抵抗に関しては製品仕様上、多くのファクターが存在し、製品設計においては直接比較することが困難であると判断し、今回の報告では表2に示した類似形状の端子導体抵抗にて計算し比較した。

導体抵抗の理論式は式(2)で示される。

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \dots \text{式(2)}$$

R = 導体抵抗
 ρ = 抵抗率
 l = 導体長さ
 S = 導体断面積

式(2)を用いて、端子が嵌合した状態での端子断面積を模型端子から求め導体抵抗を計算した。

導体ダイレクト接続端子での端子断面積と導体抵抗を計算した結果を図3に示す。環境温度が27℃の時、端子嵌合状態での導体抵抗は0.024mΩとなった。

バネ接触式端子に関しては、ブリッジ型のバネを使用した為、接触部で複雑な通電経路をとる。そこで、表1に示す様な通電経路をとると想定し、並行抵抗回路の計算にてバネ部の2経路ある導体抵抗を合成抵抗と考え、バネ部の計算を行った。

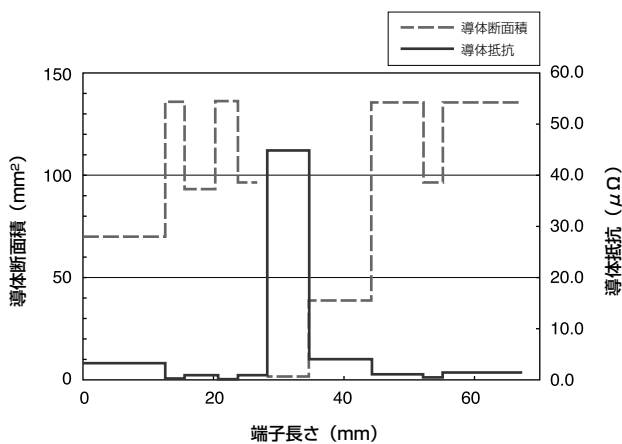


図4 バネ接触端子導体抵抗計算結果

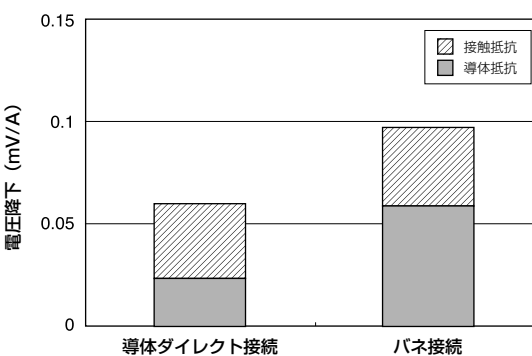


図5 模型端子抵抗測定結果

模型端子で測定した端子全体抵抗と計算で求めた導体抵抗値の割合を計算すると、導体ダイレクト端子で39.9%、バネ接触端子で60.2%と導体抵抗が端子全体抵抗を占める割合が高いことも分かった。

②端子温度上昇値

次に端子温度上昇値の比較実験を行った。

端子形状を、表2に示す。接続方式の違う2種類の端子を同一条件にて比較するため、端子表面積を同じにし、端子表面からの放射熱が同一になるように工夫した。

定常状態における端子の温度上昇は、熱バランスの式(3)で示される。

$$W_{Ter} - (Q_{Ter-Wire} + Q_{Ter-Air}) = 0 \quad \dots \text{式(3)}$$

但し、 W_{Ter} : 端子発熱量 ($= I^2 R_{Ter}$)

$Q_{Ter-Wire}$: 端子から電線への放熱量 ($\propto \Delta T_{Ter-Wire}$)

$Q_{Ter-Air}$: 端子から大気への放熱量 ($\propto \Delta T_{Ter-Air}$)

端子の発熱量は、 $I^2 R$ であらわされ、一方、放熱量は、電線径、電線温度、端子表面積が一定の場合、端子、電線、

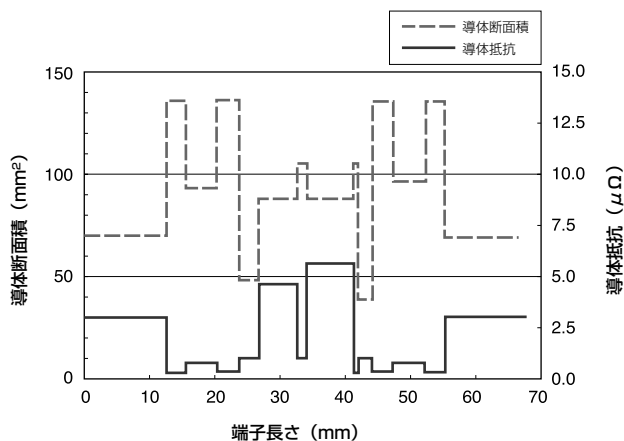


図3 導体ダイレクト接続端子導体抵抗計算結果

バネ接触式端子の計算結果を図4に示す。導体ダイレクト端子と同様に、環境温度が27℃の時、端子嵌合状態での導体抵抗は0.059mΩとなった。

この結果から設計上極端に断面積が減少するバネ接触式端子はバネ部において端子導体抵抗が高くなることが分かった。

バネ接続式の端子導体抵抗を低くするためには、バネ部の断面積の増加やバネ材質の導電率をあげる必要がある。実際の設計でこれらを実施した場合、バネが大型化し結果的に端子が大型化すると考えられる。

図5に模型端子による端子全体抵抗の測定結果を示す。

図5に記載した導体抵抗は上述の計算結果を反映し、端子全体抵抗の実測分から計算で求めた導体抵抗分を差し引いた値を接触抵抗分と考えた。

大気との温度差により放熱係数をかけた値となるため、式(3)を展開すると、

$$\Delta T_{Ter-Wire} = \alpha I^2 R + \beta \quad \dots \text{式(4)}$$

となり、定常状態での温度上昇の値は、端子抵抗の一次式で表される。

今回の端子温度上昇試験結果を図6に示す。

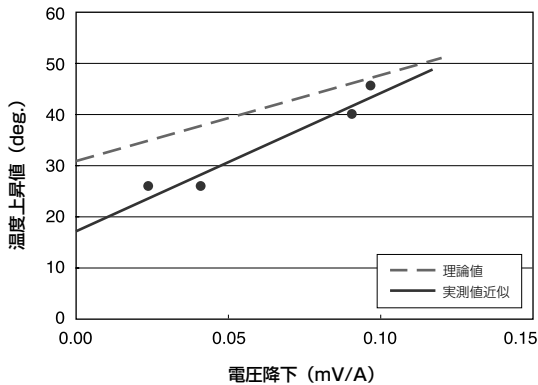


図6 φ7 模型端子温度上昇測定結果

上記試験結果からも、温度上昇は端子抵抗に対して一次式で表され、また、端子全体抵抗を低くすることにより、端子温度上昇値を低くすることが可能となる。よって端子導体抵抗を低くすることは大電流用端子設計に於いて有利な条件になると考えられる。

4. HEV 用大電流端子

トヨタ GS450h に搭載された 13.0 型端子は、ハイブリッドシステムのパワーアップによる大電流化に対応する為、既存の 9.5 型端子をスケールアップした構造となっている。

4-1 端子構造 ハイブリッド車用大電流端子として開発した 9.5 型及びトヨタ GS450h に搭載された 13.0 型端子の構造を表3に示す。

トヨタ GS450h に搭載された 13.0 型端子は、既存のハイブリッド車用 9.5 型端子と同様に、導体ダイレクト接続構造を採用した大電流端子となっている。両タイプ共に大電流通電を可能にする為、板厚の厚い端子ケースを採用した。これにより表1に示す 12V 系端子の様に端子ケースとバネを一体で製作できない為、別体のステンレス製バネによりオス端子をメス端子接点に押しつける 2 ピース構造の端子となっている。端子コスト面に関しても順送プレス内で端子最終形状まで成形できる製造方法となっており、これにより低コストな端子を実現している。

4-2 端子性能 図7に 9.5 型及び 13.0 型端子の電圧降下測定結果を示す。

表3 9.5型端子と13.0型端子構造

| 端子サイズ | 9.5型 | 13.0型 | |
|-------|--------|-------|-----|
| 端子概要図 | | | |
| 端子断面図 | | | |
| 材質 | 端子ケース | 銅合金 | 銅合金 |
| | バネ | SUS | SUS |
| 表面メッキ | Sn | Sn | |
| 適用電線 | 8~15sq | 20sq | |

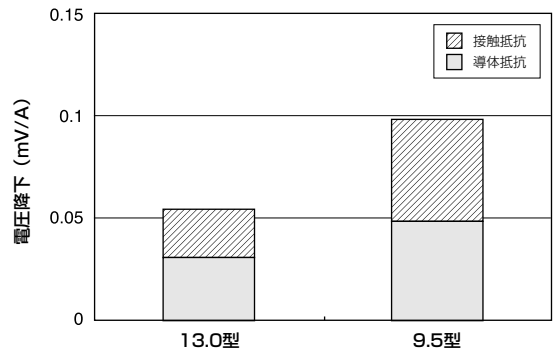


図7 9.5型端子と13.0型端子抵抗測定結果

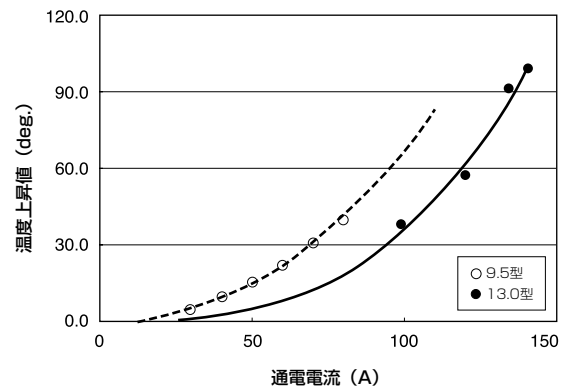


図8 温度上昇測定結果

上述と同様の計算で端子サイズのスケールアップにより、37.9%導体抵抗を低減できた。

また、図8に9.5型及び13.0型端子の温度測定結果を示す。

5. 結 言

上述から端子接続方式は導体同士をダイレクトに接続する方式は、バネ接続方式と比較し導体抵抗を低く設計するのに有利であることが分かった。

今後もハイブリッド車用システムのパワーアップ化及びシステムの小型化が進むと推測でき、ハイブリッド車用大電流接続コネクタにはより小型な端子が必要になると思われる。導体ダイレクト接続構造の端子は小型で且つ大電流を接続する必要のあるハイブリッド車用コネクタに有利な端子構造であると考えている。

参 考 文 献 -----

- (1) 「電気材料」、改訂4版、鳳誠三郎著、共立出版株式会社
 - (2) 「電気・電子の基礎」、宮田孝博編、技術評論社
 - (3) 「自動車部品－低圧電線の電流容量」、JASO D609 (2001)、日本自動車規格
-

執 筆 者 -----

宮崎 正* : (株)オートネットワーク技術研究所
E & E 研究部 HEV 開発室 主任研究員

澤田 滋 : (株)オートネットワーク技術研究所
回路接続研究部基盤技術研究室 主任研究員

末谷 正晴 : (株)オートネットワーク技術研究所
E & E 研究部 HEV 開発室

近田 一元 : 住友電装(株)
機器部品部 HEV 部品設計グループ 担当課長

*主執筆者