



HEV/EV用ハーネスとコネクタ ～パイプハーネス パワーケーブル ダイレクトコネクタ～

Wiring Harness and Connector for Electric and Hybrid Electric Vehicles
- Pipe Shielded Wiring Harness, Power Cable, and Direct Connector -

水谷 美生*
Yoshio Mizutani

橋本 大輔
Daisuke Hashimoto

釣田 聡史
Satoshi Tsuruta

桑原 正紀
Masanori Kuwahara

この約四半世紀、CO₂排出量増加による地球温暖化問題に対応するため、自動車業界ではHEV（ハイブリッド自動車）などの開発が活発に行われている。更に近年では内燃機関を使用しないEV（電気自動車）の開発が加速している。電気自動車は主に高圧バッテリー、インバータ、モータからなる電気駆動系で走行し、走行時にCO₂を排出しないため環境問題の解決に大きく貢献できる。当社はこれまで電気駆動系に使用される高圧ハーネスや高圧コネクタを開発・製造しており、多数のHEVなどに採用されている。本稿では、EVにも適用可能なHEV用開発品として、高圧バッテリーとインバータを接続するアルミ電線に適用したパイプハーネス、インバータとモータを接続するパワーケーブルとダイレクトコネクタを紹介する。

Sumitomo Electric Industries, Ltd. has developed and produced high-voltage wiring harnesses and connectors used for electric drivetrains, and these products have been used in many hybrid electric vehicles (HEVs). For the past quarter century, HEVs have been actively developed to prevent global warming caused by CO₂ emissions. The development of electric vehicles (EVs) that require no internal combustion engines has also been accelerated. An electric drivetrain used in an EV mainly consists of a high-voltage battery, inverters, and motors. This paper introduces our products that have been developed for HEVs and are also applicable to EVs. These products include a pipe shielded wiring harness applied to the aluminum wire between the high-voltage battery and the inverters as well as a power cable and direct connectors that connect the inverters to the motors.

キーワード：高圧ハーネス、パイプハーネス、パワーケーブル、高圧コネクタ

1. 緒言

ここ約20年、化石燃料の枯渇問題やCO₂排出量増加による地球温暖化問題に対して、燃費向上やCO₂排出量削減を目的にHEV^{*1}・EV^{*2}などの開発が進められている。特にこの中でもHEVは燃料補給に既存のガソリンスタンドを利用できるため急速に普及が進んできた。近年は、各国の内燃機関車両の販売禁止方針の発表（表1）、CO₂排出量規制の厳格化に伴い、図1に示すように電動化車両が増加傾向となっている。当分の間、電動化車両に占めるHEVの割合は高い状態が続くと予測されるが、内燃機関を用いないEV

の開発が加速しており、電池技術や充電技術の進化とともに今後はEVの増加が予測される。

HEVやEVの電気駆動系は高圧バッテリーやモータなどから構成されている。それらは互いに高圧ハーネスで接続さ

表1 内燃機関車両の販売禁止方針

国	内燃機関車両販売禁止時期
ノルウェー	2025年
オランダ	2030年
ドイツ	2030年
インド	2030年
フランス	2040年
英国	2040年
スウェーデン	2045年

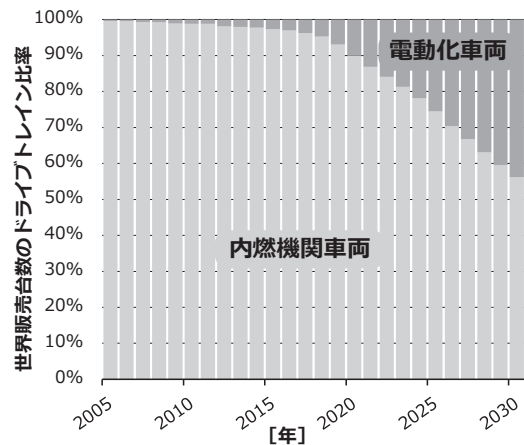


図1 内燃機関車両と電動化車両の販売比率予測

れて電力伝送が行われている。当社は、この高圧ハーネスを20年近くにわたり製造している^{(1)~(4)}。また、この電動化の波の中、HEVのモータ出力増大、燃費向上に向けた軽量化、更にはEVへの適用も視野に入れた高圧ハーネスの開発を進めている。

本稿では、EVにも適用可能な製品としてHEV用に開発した、アルミ電線に適用したパイプハーネス、パワーケーブル、ダイレクトコネクタの構成と特徴について述べる。

2. 電気駆動系と高圧ハーネス

HEVやEVの電気駆動系を構成する主要機器である高圧バッテリー、インバータ、及びモータは、互いに高圧ハーネスで接続されている(図2)。高圧バッテリーとインバータ間を結ぶ高圧ハーネスは、床下ハーネスと呼ばれ、線長が比較的長い。一方、インバータとモータ間を結ぶ高圧ハーネスはパワーケーブルと呼ばれ、比較的線長が短い。いずれの高圧ハーネスにも、周囲の電子機器や信号線に電磁ノイズ影響を与えないよう、シールド機能が必要である。

床下ハーネスは車両の床下に配線されるため、飛び石などによる外傷から電線を保護する外装材が重要である。外装材には樹脂プロテクタや金属パイプが使用される。

近年、インバータとモータ間の距離が短くなりつつあり、パワーケーブルは短尺化傾向にある。この動向に対して当社は、従来約100cmであったパワーケーブルを10cm程度に小型/軽量化したパワーケーブル、または機器間を高圧コネクタで直接接続するダイレクトコネクタを開発して車両の特徴に応じて適用している。

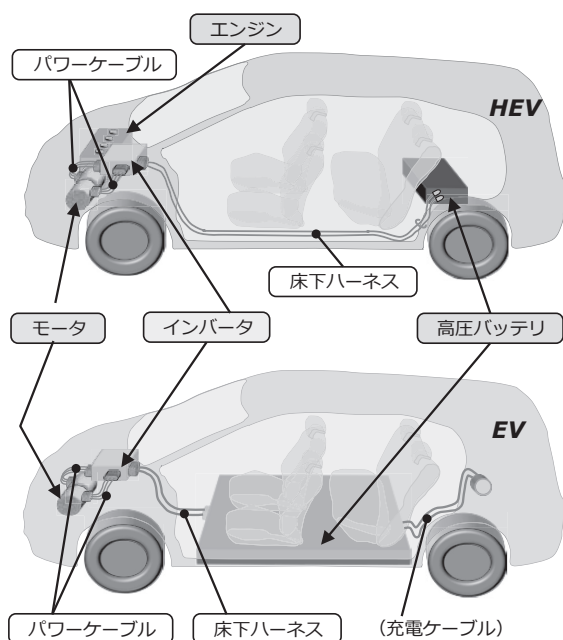


図2 HEV、EVの電気駆動系

3. EVにも適用可能なHEV用開発品

本章では、EVへの適用も念頭に置いて開発したHEV用開発品を紹介する。

3-1 パイプハーネスとPNコネクタ

床下ハーネスには前述したように保護機能が重要であり、当社は外装材として樹脂プロテクタ以外に、アルミパイプを使用したパイプハーネスを2005年以来製造している⁽¹⁾。パイプハーネスの特徴は、アルミパイプが保護機能とシールド機能を兼ね備えている以外に、良好な耐熱性/熱伝導性、及び三次元曲げ加工による配線形状対応などである^{(3),(4)}。

従来のパイプハーネス^{(1),(3),(4)}では、アルミパイプに挿通する電線は銅電線であった。しかし、HEVのパワー増大による大電流化により導体の断面積が増大となり質量増加が問題となった。また、燃費向上の観点からも軽量化が望まれた。これら要求に対応するため電線のアルミ化を行った。パイプハーネスに適用するアルミ電線には、振動に耐える耐屈曲性と良好な導電性が必要であり、それらを両立した新しいアルミ材料を用いて軽量化を実現した(写真1(a)、(b))。

また、このパイプハーネスにおけるもう1つの開発品は、インバータ側の接続に用いる高圧コネクタであり、PNコネクタ^{*3}と呼ばれる(写真1(c))。大電流が流れるパイプハーネスの電線は、断面積が大きい太物電線であるため、車両の振動が電線を介して高圧コネクタに作用し、端子の電気接点部を摩耗させて発熱に至る恐れがある。この振動を抑制するためには電線と高圧コネクタ、インバータを互いに

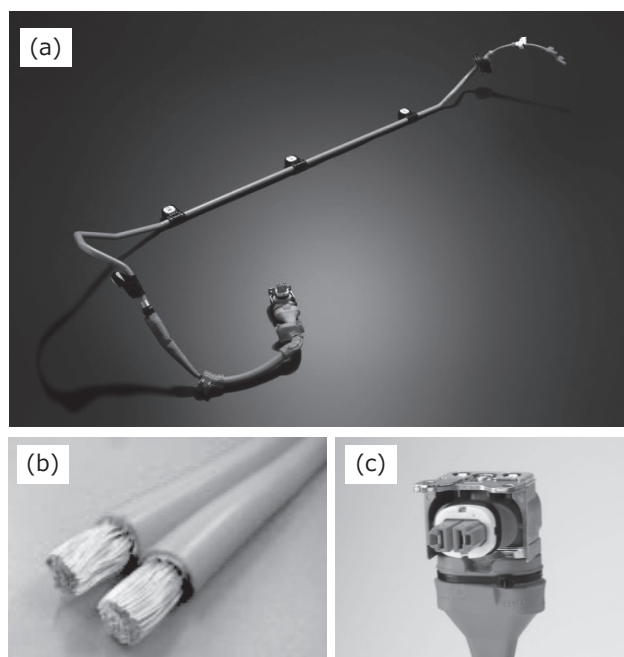


写真1 パイプハーネスとPNコネクタ

強固に固定する必要がある。しかし背反として、温度変化による高圧コネクタ構成部品の膨張収縮を吸収できず、電気接点部が摩耗する恐れがある。これらを考慮して開発したPNコネクタは、**図3**に示すように強固な固定構造でありながら、柔軟導体が膨張収縮による構成部品の寸法変化を吸収する構造となっている。この構造により、信頼性だけでなく、従来のボルト締め構造から組付けが容易なコネクタ構造となったことにより、インバータへの組付け作業性も大きく向上した。

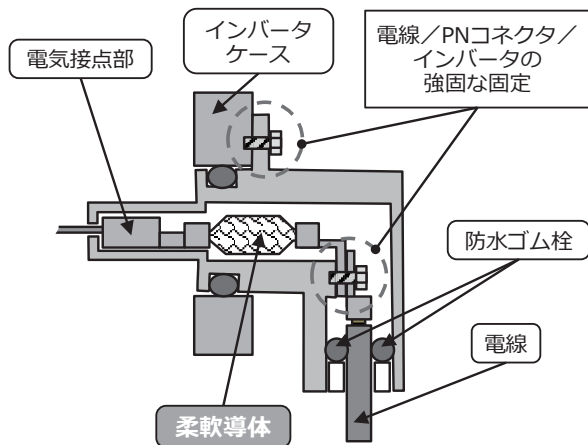


図3 PNコネクタの寸法変化吸収

3-2 パワーケーブル

前述したようにインバータとモータ間の距離は短くなりつつある。これに応ずるための1つの方法として開発したパワーケーブルについて述べる。

今回の対象車両のパワーケーブルは、インバータと駆動用/発電用の2基の三相交流モータとを接続しており、各モータの3本、計6本の太物電線、インバータとモータに接続する高圧コネクタ、及び電磁ノイズを遮蔽するシールド層から構成されている。このパワーケーブルを短尺区間に適用するために小型/軽量化が必要であった。

従来の高圧コネクタは、防水用ゴム栓を通した3本の太物電線の両端に樹脂成形した筐体を組付けたものであり、パワーケーブルはこれを2組用いた形態であった。このパワーケーブルの小型化を行うために、6本の電線を一度にインサートモールドする6相一括モールド技術 (**図4**) を採用した。これによりゴム栓省略、2組のパワーケーブルの一体化が実現されて小型化が可能となった。

従来のシールド層は、電線を筒状の編組シールドが包み込む構造であったため、端末接続などの影響で小型化には限界があった。今回、短尺区間であることも活用して布状のシールド部材を採用することにより小型/軽量化を実現

した (**写真2**)。

これらの小型/軽量化対策により、**写真3**に示すようなパワーケーブルを開発し、限られた狭いスペースでの搭載を可能にした。

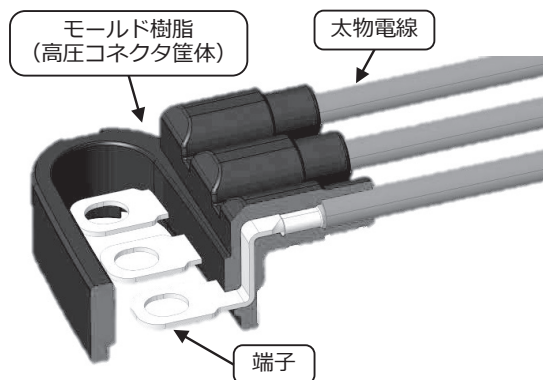


図4 6相一括モールド断面の概念図

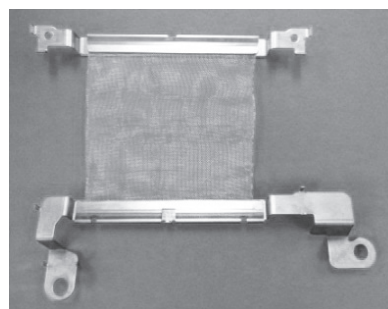


写真2 銅布シールド

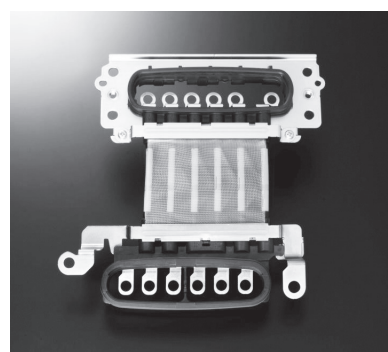


写真3 パワーケーブル外観

3-3 ダイレクトコネクタ

ここでは、インバータとモータを高圧コネクタで直接接続するダイレクトコネクタについて述べる。

車両工場における組付け作業性を向上させるためにモータ直上にインバータを搭載するレイアウトとし、ケーブルを使用せずインバータをモータ上に載せると同時に接続できる技術が求められていた。これの解決策として、インバータ／モータの各機器に高圧コネクタを一体化したダイレクトコネクタを開発した（写真4）。

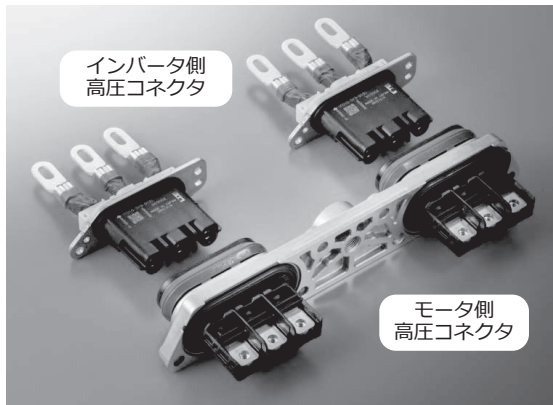


写真4 ダイレクトコネクタ外観

インバータをモータ直上に搭載してモータと接続するには、高精度な位置合せが必要である。しかし、重量物であるインバータを微調整しながら搭載することは困難であるため、ラフな位置合せでインバータとモータの高圧コネクタを嵌合できることが要求された。この要求に応えるために2段階の誘い込み構造を採用した。第1段階はインバータをモータに接近させた時のコネクタ嵌合の初期段階である。インバータケースに位置決めピンを設け、形状の工夫、及び適切な誘い込み代を設定することにより、高圧コネクタ同士が干渉せずに最適な位置となるようにした（図5）。

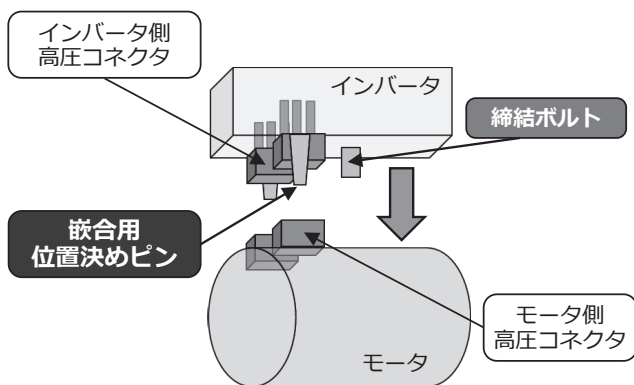


図5 インバータとモータの嵌合作業（第1段階）

第2段階は端子の嵌合が始まる前段階である。この段階では端子嵌合のために更に精度よく位置を調整する必要がある。これに対しては、モータ側高圧コネクタに誘い込みを設定し、インバータ側高圧コネクタをフローティング構造とすることで自動調芯可能とした。また、インバータ側高圧コネクタの動きにより発生するインバータ内部の接続位置とのズレを吸収するために高圧コネクタ内部に柔軟導体を用いた（図6）。

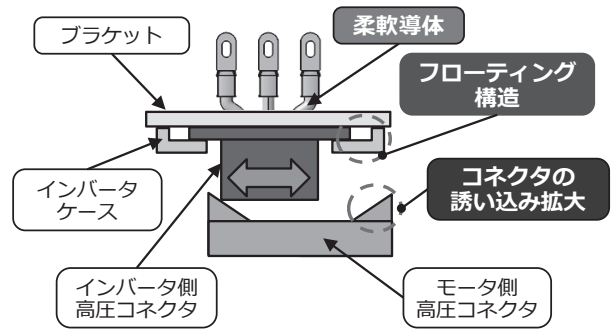


図6 高圧コネクタ嵌合（第2段階）

これらの工夫により、ワンモーション且つ1箇所のみでボルト締結で2個の高圧コネクタ嵌合が可能となり、インバータ搭載／高圧コネクタ嵌合の組付け作業性が大幅に向上した。

4. 結 言

今回報告した開発品は、いずれもEVへの適用を考慮して開発を行い、小型／軽量化、信頼性向上、作業性向上に寄与したものであり、既にHEVの量産車両に搭載されている。

用語集

※1 HEV

Hybrid Electric Vehicle：ハイブリッド自動車。

※2 EV

Electric Vehicle：電気自動車。

※3 PNコネクタ

Positive Negative Connector：高圧バッテリーの正極／負極それぞれをインバータにつなぐ2極の高圧コネクタ。

参 考 文 献

- (1) 「新型ハイブリッド車に高圧ハーネスが採用」、SEI WORLD、vol. 339 (December 2005)
- (2) 宮崎正、紀平宗二、野崎隆男、「プリウス用高圧ハーネスの新シールド構造～トヨタ自動車(株)原価改善優秀賞受賞～」、SEIテクニカルレビュー 第167号、pp. 17-20 (September 2005)
- (3) Y. Mizutani, O. Weiss, "Pipe Shield High-Voltage Wiring Harness," World Electric Vehicle J., vol. 5, issue 2, pp. 581-587 (2012)
- (4) 井谷康志、水谷美生、桑原正紀、橋本章吾、「高圧アルミパイプハーネス」、SEIテクニカルレビュー第185号、pp. 14-17 (July 2014)

執 筆 者

水谷 美生* : (株)オートネットワーク技術研究所
主席



橋本 大輔 : (株)オートネットワーク技術研究所
グループ長



釣田 聡史 : 住友電装(株) グループ長



桑原 正紀 : 住友電装(株) 部長



*主執筆者