

第1章

なぜ今、車載用48Vシステムなのか？

見本

1. 欧州自動車メーカーが協定を結んだ理由

2011年6月にドイツで開催された第15回 Automobil-Elektronik CongressにおいてVW (Volkswagen)、ポルシェ、アウディ、ダイムラー、BMWの5社は、48V電源システムに対して短期的、中期的な取り組みを共同で行うことを表明した。BMWでE/Eアーキテクチャ、システム機能、ソフトウェア開発、eモビリティの統括責任者(2011年当時)を担当するジュセッペ・マスコリーノ (Giuseppe Mascolino)氏は、この決定について次のように説明している。

「高出力の車載デバイスが増加し、12Vの電源供給でこれら全ての機能を作動させることは、技術面、経済面の双方の観点から次第に困難になってきている。今回BMWを始めとする主要自動車メーカーが、将来モデルに二次システムとして48V電源供給を追加して既存の12Vを補完することを決定した背景にはこうした事情がある。これによって、将来的に、高出力コンポーネントの統合を簡単にコスト効率良く行えるようになり、革新的な機能の実現が可能になる。」

欧州のこの動きは、2年後である2013年夏、VDA(ドイツ自動車工業会)と協力しながら、前述の5社が車載用48V電源システムの標準規格であるLV148を策定、さらに、VDAが品質管理規格「VDA320」の仕様公開という流れに繋がっていく。そして2016年3月に、世界で初となる48V電源システムを搭載したSUV「SQ7 TDI」がアウディより発売されることとなる。図1-1にその外観を示す。

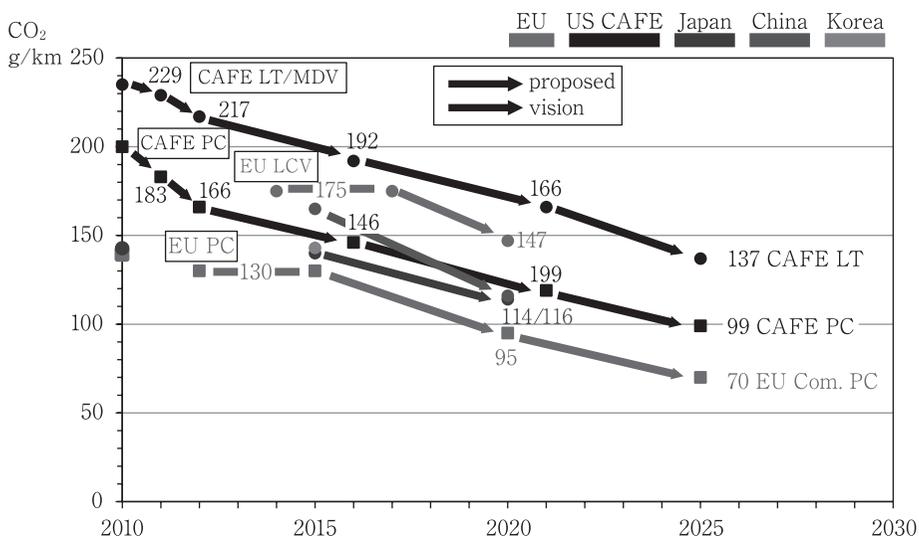


図1-1 SQ7 TDI(アウディ 2016年3月発表) (カラーの図は巻頭ページに掲載)

欧州の車載用48V電源システムに対する動きは、二つの時流を受けた反応である。一つは、世界で最も厳しい欧州のCO₂排出量規制である。その規制の要求値と年代の関係を図1-2に示す。キロメートルあたりのCO₂排出量が2020年の90 g/kmというハードルが掲げられた時点

で、ディーゼル車はともかく多くのガソリン車はこの規制をクリアできないといわれている。よって何らかの形での電動化の技術的なアプローチが必要となる。もう一つの時流として、日本におけるストロング・ハイブリッド車の動きである。1997年12月、「21世紀に間に合いました。」のキャッチコピーをバックオーケストラにデビューしたのが、トヨタから発表された初代プリウスである。ここから2015年12月には4代目プリウスが販売開始され、国内外で大きなシェアを獲得するに至っている。これに追従する形で、国内各社はストロング・ハイブリッド車の研究開発を活発化し、パワー半導体市場の拡大期と相まって自動車の電動化技術は世界で日本が独走状態といっても良い広がりを見せている。この時流への、いわば“楔(くさび)”が48V電源システムの共同開発声明であろう。もちろん、欧州完成車メーカーも48V電源システムが恒常的に今後、市場を獲得していくとは考えていない。欧州車についても100V以上の電源を持つハイブリッド車は順次、既に販売開始されている。しかしながら、あえて48V電源システムを共同で打ち出していくことは、欧州完成車メーカー連合の、ある戦略を内包している。

本書では、48V電源システムにおける時流解読のみならず、技術的な視点に基づいた48V電源システムの概要図説、具体的なシミュレーションをベースとした48V電源システム対応車予測、並びに欧州完成車メーカーの戦略予測までカバーしながら、我が国の自動車関連メーカーが、それぞれの立場でどのように欧州の風に乗っていくかについての指針を掲示するものである。



CAFE=Corporate Average Fuel Economy, PC=Pass. Cars, LT/LTD=Light Trucks(pick-ups, vans, SUVs)
MD(P)V=Medium Duty (Pass.) Vehicles, LCV=Light Commercial Vehicles

図 1-2 各国のCO₂排出量規制(カラーの図は巻頭ページに掲載)

第2章

車載用48V電源システムに対する
各完成車メーカー・**見本**の動き

1. 48V電源システムに対する完成車メーカーの動き

2016年3月3日にアウディよりSクラス「SQ7 TDI」(以下、SQ7と記載)が発表された。第1章の図1-1がその外観である。このSQ7は世界初の48V電源システムを搭載した量産車として注目を集めている。何よりも、日本との48V電源システム車に対する市場戦略の違いをはっきりと見せた商品であり、今後の日本が海外で48V電源システム車を展開するにあたり、非常に参考になる戦略車である。以下、基本的な諸元を記載する。

本モデルはアウディの上位SUVであるQ7をベースとした高級モデルであり、V8 TDIエンジンをベースに、ツインターボによるシーケンシャル加給(低中負荷領域と高負荷領域とで駆動タービン数を切り替える)の効果で320 kW(435 PS)の最高出力と900 Nm/1,000~3,250 rpmの最大トルクを獲得している。このV8エンジンの排気量は、3,956 ccであり、0~100 km/hを4.8秒で加速し、最高速度は250 km/h(電子リミッター作動)の性能を誇る。新欧州ドライビングサイクル(NEDC)における100 km/h走行あたりの燃料消費量は7.4 Lであり、リッターあたりの燃費に換算すると13.5 km/Lとなる。これをCO₂排出量に換算すると194 g/kmに相当し、この車両クラスとしては非常に低い値に抑えられている。

ここまでが、主に内燃式機構に係る諸元となるが、今回のSQ7における新技術は電気システムに集中している。項目としてまとめると、下記となる。

- 1) 48Vリチウムイオンバッテリー(最大13 kW, 470 Wh)を搭載
- 2) ターボ加給をサポートする電動コンプレッサ(EC)を搭載
- 3) 電動アクティブスタビライザを採用

以下、それぞれの項目に対して解説を行う。

1.1 リチウムイオンバッテリー

図2-1にSQ7におけるリチウムイオンバッテリー搭載位置を示す。この図よりわかる通り、48Vリチウムイオンバッテリーは12V鉛蓄電池を仲介するDC-DCコンバータと共に後部座席後ろに搭載している。リアラゲッジスペースの下部となる。今回、SQ7に搭載されたリチウムイオンバッテリーのスペックを確認すると、13 kW出力であり、ハイエンドクラスの車両総電力量を充分まかなえる容量を確保している。また、この電力量をサポートするため3 kWのモータ・オルタネータシステム(ISG)を搭載し、車両電力量を補う発電を担っている。第1章の図1-5に示した通り、SQ7は48V電源システムを採用していることから、オルタネータと直流電圧である48V電源ラインを介する電力変換器はインバータとなっており、この電力変換器は双方向動作、すなわち発電用の整流器としての役割、そしてモータ駆動用のインバータとしての

第3章

アウディ A3 Sportback e-tron 試乗記

(欧州における48V電源システム車と

ストロング・ハイブリッド車との棲み分け戦略図)

1. 欧州のプラグイン・ハイブリッド車導入活発化の意味

1.1 現状のプラグイン・ハイブリッド車の市場の動き

2010年に米国ゼネラルモーターズ(GM)の「シボレー・ボルト」からプラグイン・ハイブリッド車が世界で初めて販売された。これに続いたのが、トヨタのプリウスである。3代目プリウスは2009年に販売開始されたが、2012年には3代目プリウスをベースとしたプラグイン・ハイブリッドモデルをラインナップに加えた。図3-1にそれぞれのモデルの外観を示す。この流れを受けると、2013年には三菱からアウトランダーPHEVが発売され、ホンダもアコードにプラグイン・ハイブリッドモデルを導入した。

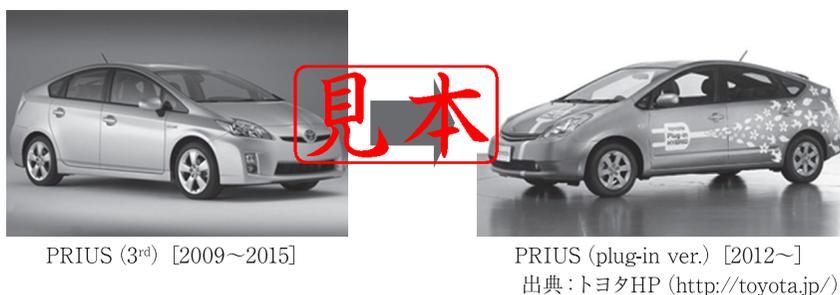


図3-1 3代目プリウスのプラグイン・ハイブリッド化(カラーの図は巻頭ページに掲載)

この日本での流れとは全く別の方向性から、欧州ではプラグイン・ハイブリッドモデルの市場投入が活発化している。2015年11月にアウディより「A3 Sportback e-tron」が発売されたのを皮切りに、VWからは主力車種であるGolfに「Golf GTE」、メルセデス・ベンツからもCクラスに「C350e」がラインナップされた。さらに2016年には、以前から予告されていた通り、BMWから2シリーズ、3シリーズへ、ボルボからXC90にプラグイン・ハイブリッドモデルが市場投入される。そして、この欧州における完成車メーカーの戦略図は、48V電源システム車の市場を含めて総合的に俯瞰する必要がある。本章ではそのプラグイン・ハイブリッドモデル市場活性化の意味、欧州の思惑を問う。

1.2 プラグイン・ハイブリッド車の各使用状況における性能

3代目プリウスのプラグイン・ハイブリッドモデル(以下、プリウスPHEVと略称、PHEVはPlug-in Hybrid Electric Vehicleの略)における、その特殊な走行性能について、図説を行う。説明には図3-2の模式図を使用する。プラグイン・ハイブリッド車の基本的な思想は、タウ

第5章

車載用48V電源システムに
要求される最新パワエレクトロニクス技術

見本

1. 48V 電源システム用 DC-DC コンバータ

48V 電源システム用 DC-DC コンバータは、第1章の図1-5に示す非絶縁の DC-DC コンバータを指す。具体的な回路構成を図5-1に示す。この DC-DC コンバータに求められる性能は、第4章にて解説した通り、3 kW 定格条件下において95%を超える高効率性能と、小型化性能である。逆に、95%を超えることができれば、あとは小型化のみが求められることとなる。小型化と高効率化は電力変換器において密接に絡み合う要素である。ここでは小型化技術として提案する各手法は、そのまま高効率化を要求されるアプリケーションにも適用可能である。今回の48V 電源システム用 DC-DC コンバータの小型化手法として、下記の二つが挙げられる。

- 1) 多相化技術
- 2) 結合インダクタ技術

以下、それぞれの要素について解説を行う。

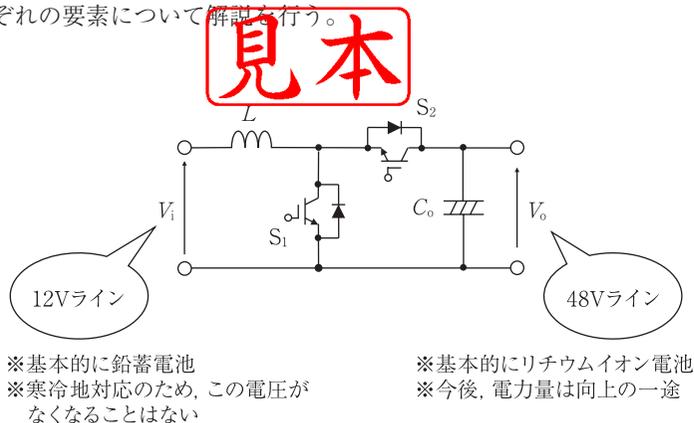


図5-1 48V 電源システム用 DC-DC コンバータ

1.1 多相化技術

48V 電源システム用 DC-DC コンバータを始めとする受動素子を含んだ電力変換器において、電力変換器システムを小型化する手法は高周波化のみである。これは、電力変換器にパワー半導体が含まれる場合において、パワー半導体の駆動周波数を上げることにより、その対策を行うことが一般的である。例えば、DC-DC コンバータにおいてパワー半導体の駆動周波数を100 kHzで駆動されていたものを1 MHzで駆動した場合の、各受動素子の小型化効果について、図5-2、図5-3に示す。図5-2においては平滑キャパシタ部(図5-1における平滑キャパシタ C_o を指す)の小型化効果を示しており、電圧リップルを一致させた場合の設計による各周波数条件におけるキャパシタ値を示している。ここから100 kHzから1 MHzまでパワー半導体の駆動

第6章

2025年へ向けた欧州規格と
それに対応した自動車産業の
目指すべき技術の方向性

本章は、本書籍における結論の章であり、第6章主題に対する持論、さらには車載用48V電源システムにおける具体的な将来予測を行う。そのために、過去の日本におけるマイルド・ハイブリッド車の事例を鑑み、さらに独自シミュレータによる燃費計算の定量的なデータを基に、その技術潮流が行き着く先を読み切る。先に結論から述べると、2025年までには48V電源システム車は淘汰される可能性が高い。しかしながら、48V電圧条件での補機類システムは生き残る。本章ではその理由と意義を述べ、結論から日本の自動車業界への提言を行っていく。

1. 過去のマイルド・ハイブリッド車における課題抽出

1.1 クラウン・マイルドハイブリッドの誕生

2001年8月、トヨタから当時、新しいハイブリッドシステムを搭載した車が発表された。クラウン・マイルドハイブリッドである。図6-1にその外観とシステムを示す。これはマイナーチェンジ時に導入された新システムであるが、同じクラウンである従来の3,000ccエンジン搭載車両が11.4 km/Lの燃費性能であったのに対して、13 km/Lと約14%の燃費改善効果を実現している。具体的には、エンジンはクラウンのラインナップの中におけるロイヤルサルーンG (2JZ・3,000 cc) がベースとなっているが、マイルド・ハイブリッドモデルは、このロイヤルサルーンよりも馬力は20 ps、エンジン回転数のレブリミットも1,000回転数低く設定してある。よって、200 ps/5,000 rpmの出力で、車両重量は1,670 kgである。これは従来のロイヤルサルーンGと比較して車両重量は60 kg重くなっている。この車両重量増加分は、新しく追加されたマイルド・ハイブリッドシステムの重量を意味する。すなわち、大容量バッテリー、DC-DCコンバータ、ISG、ISG用三相インバータが、そのシステムの概要部品である。

これだけの重量増加に対しても大きなアドバンテージがあることを確信して、2001年当時、トヨタは本マイルド・ハイブリッドシステムを世に問うた。その意図と戦略を追っていく。そしてトヨタがマイルド・ハイブリッドシステムにおいて当時実現できなかった「宿題」を、15



(a) 車両外観



(b) ハイブリッドシステム外観

図6-1 クラウン・マイルドハイブリッド(2001年販売開始)(カラーの図は巻頭ページに掲載)