

MOTOR エレクトロニクス

NO.
2

ますます重要になる〈電力増化・高効率化・小型化・EMC〉対策

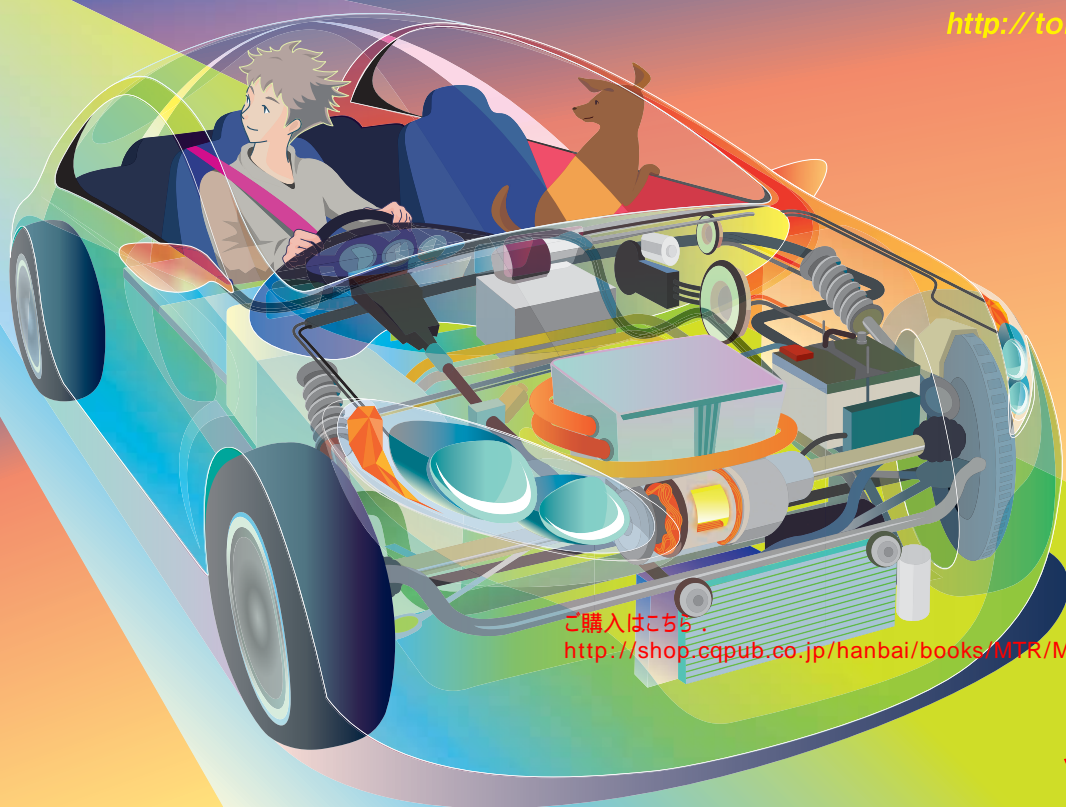
発電するクルマのパワーエレ技術

燃費競争で進化し続ける市販エンジン車の“電源システム”

DC-DCコンバータのスイッチング損失低減化手法“ZVS”

手作りEV設計講座「構造と強度：足回りから考えよう」

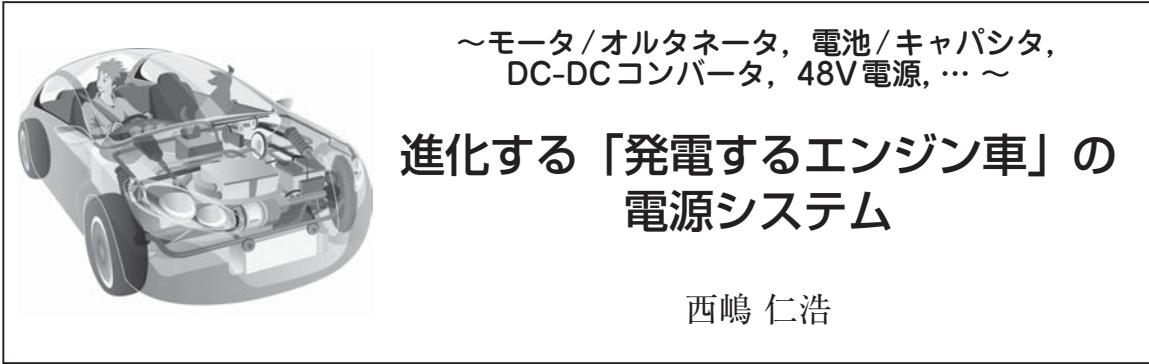
<http://toragi.cqpub.co.jp>



ご購入はこちら
<http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MTR/MTRZ201512.htm>

見本
CQ出版社

第1章



～モータ/オルタネータ、電池/キャパシタ、
DC-DCコンバータ、48V電源、…～

進化する「発電するエンジン車」の 電源システム

西嶋 仁浩

現在の自動車には、走行性能を落とさずに、少しでも燃費を良くすることが求められており、実際にいろいろな技術が導入され燃費改善が目覚ましい。特に最近では、軽自動車やコンパクト・カーの走行性能を落とさず、コストを掛けずに低燃費化を実現するため、いろいろなパワー・エレクトロニクス技術を使った工夫が各社で競われている。小型の多用途モータ/オルタネータの搭載、最新のリチウム・イオン電池や電気2重層キャパシタや新型のDC-DCコンバータの採用など、エンジン走行をアシストするための多種多様なアイデアが投入されている。また、電源の48V化も標準化されそうである。ここでは、最近の自動車のパワー・エレクトロニクス技術を概観する。（編集部）

■ はじめに

序章で述べたように、すべてのクルマは“発電”します。エンジン車でも、多くの電装品があり、それらを動作させるには電力が必要で、そのために“鉛バッテリー”とエンジンと連動して回転する専用の“発電機（オルタネータ）”を搭載しています。

また、EVやハイブリッド車では、専用の発電機を搭載していませんが、走行前に大容量の充電電池に充電された電力と、減速時に“駆動用モータ”が発電する電力によって、クルマのエネルギー効率の改善を果たしています。

さらに最近になって、エンジン車でも、石油燃料をできるだけ使わなくするため、信号停車時にエンジン自体の動作を停止させるなどの技術的工夫がされた車種も増えてきました。

こうした、いわゆるエコ・システムを実現するには、さまざまなパワー・エレクトロニクス技術が使われています。ここでは、現在市販されている省エネ自動車に使われている、いろいろなパワー・エレクトロニクス技術を紹介していきたいと思ひます。

なお、ここでは従来エンジン車のパワー・エレクトロニクス技術については、ほとんど触れていません。

1. 発電するクルマの種類

● 発電とその利用形態で3種類に分類

まず、この章で取り上げる発電するクルマについて、図1に示すように大きく3種類に分けて説明していきたいと思ひます。

■ 1.1 ストロング・ハイブリッド方式

● もっとも普及したハイブリッド方式

ハイブリッド車の普及に貢献したトヨタ「プリウス」がこの方式です。ちなみに、プリウスは発売が1997年なので18年の歴史をもち、技術的に今も進化を続けています。さて、この方式は、エンジンとモータの二つの動力源を搭載していて、エンジン効率の悪い始動時と加速時にモータを利用します。高出力のモータを搭載しているため、短時間であればEVのようにモータだけで走行できます。そのため、“ストロング・ハイブリッド方式（あるいはフル・ハイブリッド方式）”と呼ばれています。

● エコだけでなく加速性に優れている

同じ排気量のガソリン・エンジン車に比べると燃費

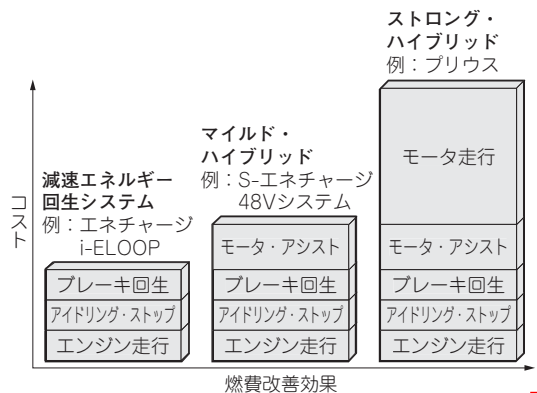


図1 発電するクルマの種類

見本

50%ほど改善できますが、車両価格は40万円程度高くなるといわれています。そのため、環境には優しい車ではありますが、浮いたガソリン代で元を取るには、10万km以上の走行距離が必要になります。それなら、ハイブリッド車なんていらない！と、思われるかもしれませんが、ハイブリッド車には燃費改善のメリットだけでなく、モータ・アシストによりワンランク上の力強い加速性能と静粛性が得られるという利点もあります。

したがって、ハイブリッド車並みの加速性能を持つ排気量のガソリン車と比較すると、100%ほどの燃費改善効果(2倍の走行距離)を期待できます。しかも価格差は10万円程度なので、ここからエコカー減税(車種にもよるが10万円程度)や自動車税などの維持費を差し引くと価格差はなくなり、逆に少し安くなるくらいです。

ただ、エンジン車のエンジン駆動機構&石油タンクとEVのモータ駆動機構&電池をダブルで搭載することになるので、クルマ全体のシステムとしては複雑で重くなります。

■ 1.2 マイルド・ハイブリッド方式

● 搭載モータは駆動用ではなくエンジンのアシスト用
「マイルド・ハイブリッド方式」は、スズキの「ワゴンR」(2014年版以降)、「ソリオ」(2015年版)や、2016年ごろから市場に登場する予定の、48Vシステムが搭載されるクルマが該当します。ストロング・ハイブリッド方式のように、モータ単独で走行することはできませんが、エンジン再始動時の駆動アシストにモータを利用しています。スズキでは、モータというより、ISG(モータ機能付き発電機)と呼んでいます。

この方式は、上記のストロング・ハイブリッド車に比べて、モータ駆動部&電池を小型・軽量化できるので、製造コストも安価で燃費も改善することができます。同じ排気量のガソリン車と比較すると、価格は10万~15万円ほどアップしますが、燃費は10%~15%ほど改善できるといわれています。

■ 1.3 減速回生ブレーキ・システム

● 減速時回生エネルギーを電装用電力に使用

マツダの「アテンザ」(2012年以降のバージョン)などは、モータによるエンジン・アシストは行いませんが、車が減速する際に発電し、エネルギーを電池に回収する「減速回生ブレーキ・システム」を備えています。

回収した電力をオーディオなどの電装品に供給することで、アイドリング・ストップ機能と合わせると、燃費を5~10%程度向上させることができます。コストアップは5~10万円程度です。アイドリング・ス

トップとは、信号待ちなどの間にエンジンを一時停止させる機能で、この機能だけを備えている車の場合、3万円~5万円のコストアップで3%~5%の燃費を改善できます。

2. 減速回生ブレーキ・システム

ここでは、エンジン車の回生ブレーキ・システムについて、少し詳しく説明します。これは、エンジン車にカテゴリされる車種で採用されています。

● エンジン車の電装品の電力消費は最大2~3kW

自動車においても、電装品がたくさん電力を消費すると、当然のことながら車の燃費が悪くなります。どのくらい燃費が悪くなるかというと、10%ほどのようです。電装品の消費電力ってそんなに多いのだろうか?と疑問に思うかもしれませんが、エアコン、ナビ/オーディオ、ライト/ランプ類、ワイパー、電動パワステ、曇り止めヒータ(デフォッグ)、ポンプ類(ウォータ・ポンプ、燃料ポンプ、CVTポンプなど)、ECU(エンジン制御ユニット)などの電装品があり、その最大消費電力は2~3kWにもなります。

この電力は、エンジンの横に置かれた鉛電池(14V)と、その鉛電池充電のために搭載されている「オルタネータ(発電機)」から供給されています。つまりガソリンを使って低い効率で発電した電力で、電装品を動かしていることとなります。

● 減速回生用に鉛電池では難しい

そこで、減速回生ブレーキ・システムでは、車が減速する際にブレーキで「熱」として捨てていた運動エネルギーを発電に回して電池に充電し、電装品の駆動に再利用しています。自動車には、もともと電装品への電力供給やエンジン始動のために(車載補機用)鉛電池が搭載されているので、この電池にエネルギーを回生できれば安価にシステムを構築できるのですが、残念ながら、鉛電池の容量は12V 30~40Ah程度なので、減速時のエネルギーを十分に回収することはできません。

そこで、より多くのエネルギーを回生するために、鉛蓄電池とは別に電気2重層キャパシタやリチウム・イオン電池を搭載する方式が実用化されています。電気2重層キャパシタやリチウム・イオン電池では、充放電電圧を高めることが容易で、電流を下げることができ、また内部抵抗も低いので、鉛電池よりずっと効率良くエネルギー回収ができます。

■ 2.1 リチウム・イオン電池を使った「エネチャージ」

回生用電池にリチウム・イオン電池を用いたシステムから紹介します。

見本



写真1 エネチャージ搭載のスズキの軽自動車(アルトとラパン)

● 減速時にオルタネータで発電される電力を使う

エンジン車ですが、スズキの軽自動車「アルト」/「ラパン」(2014年版以降)などには、「エネチャージ」と呼ばれる減速再生ブレーキ・システムが搭載されていて(写真1)、約3%の燃費向上を実現しています(2015年8月時点)。このシステムには、12V/36Whのリチウム・イオン電池パックと、定格1.2kWのオルタネータ(発電機)が搭載されています(図2)。減速時にオルタネータで発電されたエネルギーは、鉛電池とリチウム・イオン電池に充電され、また一部は電装品にも供給されます。

車の減速は、長い下り坂以外では短時間に終わります。減速時にすべてのエネルギーを再生で回収するには、

- (1) 運動エネルギーから電気エネルギーに変換するオルタネータの発電容量/発電電流が、十分に賄うことができること。つまり、重い車体が急速に減速するには、それなりのオルタネータの発電容量が必要。また、オルタネータは、発電機部では交流を生成し、それを定電圧の直流に変換する電子部があり、いずれも耐電力性が必要。
- (2) 電池の充電電力許容量が、オルタネータの発電容量に対応できること。そのためには、前述に示したように電池の内部抵抗が低いこと。などが重要になります。

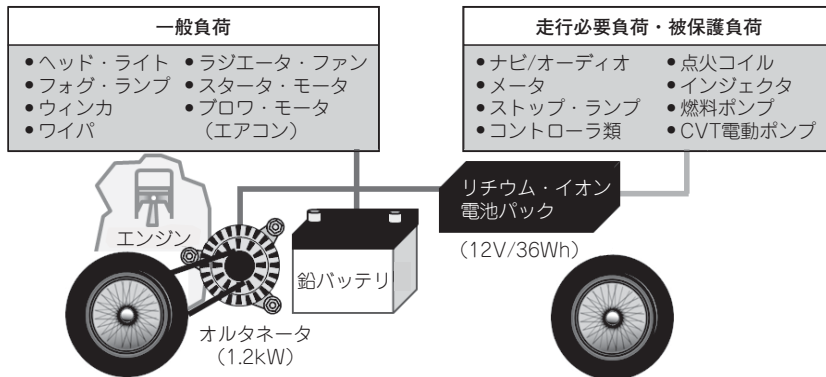


図2 エネチャージのシステム構成

● リチウム・イオン電池も12V～14Vで使用すると…

リチウム・イオン電池は、電池セル(3.7V)を直列接続することで、高い電圧でも使用できます。この場合は、鉛電池と共存して使用するので、充放電電圧特性が近い12V～14V付近が利用されています。このように同じ電圧範囲の電池を使用することで、二つの電池間のエネルギーをやり取りするために通常必要となるDC-DCコンバータ(電圧変換器)が不要となり、図3に示すように、切り替えスイッチだけで安価に燃費を改善することができます。

切り替えスイッチは、リチウム・イオン電池パックの中に、MOSスイッチが2個とバイパス・リレー・スイッチが1個あり、オルタネータからの電力の経路を決めています。

● 「エネチャージ」での再生手順

エネチャージの各走行状態における動作を図4に示します。

(a) 駐車時・初回始動時

駐車時やフェイルセーフ時でも、ごく一部の電装品

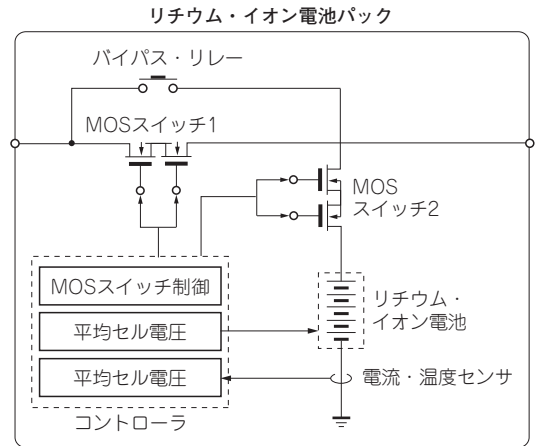


図3 リチウム・イオン電池パックの回路構成

は動かさなければなりません。そのため、バイパス・リレーのみがONとなり、鉛電池のみが電装品と接続された普通の自動車と同じ状態になります。

人が車に乗り込んで初回エンジン始動時も、鉛電池からスタータ・モータに電力が送られ、エンジンがかかります。

(b) 加速時

車が加速する際には、オルタネータの発電を停止し、発電のために必要なエンジンの負担を軽減します。これによって、加速性能はそのままに燃費を向上することができます。この間の電力供給は、鉛電池とリチウム・イオン電池から行いますが、MOSFETスイッチ2のみがオンになっているので、鉛電池とリチウム・イオン電池とは切り離されています。

(c) 減速時 (13km/h以上)

車が減速する際は、オルタネータの発電量を増加させます。この期間では、MOSFETスイッチ1と2が両方ともONになっていて、オルタネータは二つの電池と接続されていますが、発電したエネルギーは、内部抵抗の低いリチウム・イオン電池側に主に充電されます。

(d) 減速時 (13km/h以下)

車が13km/h以下に減速すると、エンジンが停止します。これにより、アイドリングによる無駄な燃料消費を抑えることができます。この期間も減速時(13km/h以上)と同様に、オルタネータで発電したエネルギーは二つの電池に充電されます。

(e) 一時停止 (信号待ちなど)

車が信号待ちなどで停止している間も、オルタネータの発電は停止しています。この期間では、MOSFETスイッチ2のみがオンとなり、電装品の電力は、鉛電池またはリチウム・イオン電池から供給されます。

(f) 再始動時

加速時、一時停止時と同様に、MOSFETスイッチ2のみをオンにし、電装品の電力の一部をリチウム・イオン電池から供給します。これにより、スタータ・モータを駆動させる際の鉛電池の負担を軽減できます。

● **アイドリング・ストップ対応の電池容量は36Wh**

この「エネチャージ」システムでは、アイドリング・ストップ・システム向けリチウム・イオン電池パック

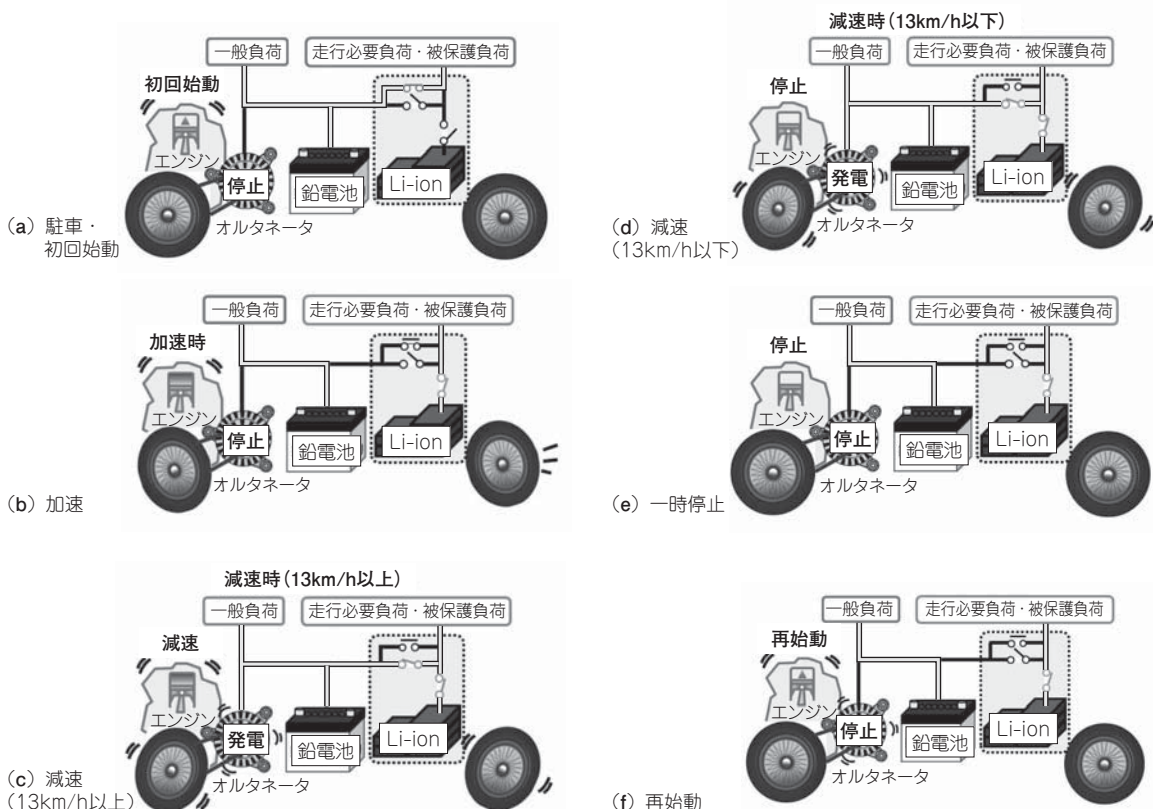


図4 エネチャージの各走行状態における動作

見本

(センサー開発)が採用されていて、助手席の下に取り付けられています。電池パック(写真2)は、サイズ178×200×70mm、重量2.5kgで、内部には切り替えスイッチと制御回路、リチウム・イオン電池が内蔵されています。電池には、電圧2.4V、3Ahの電池セルが直列に5本内蔵されています。

この電池容量は36Whで、軽自動車用の鉛電池の約10分の1程度、プリウスのニッケル水素電池の1.3kWhに比べると3%弱しかありません。しかし、最長2分間のアイドリング・ストップを維持した際のSOC(Start of Charge: 充電率)は、10%程度の減少に留まります。これは、アイドリング・ストップ時に電装品によって消費される平均電力が100Wと仮定した場合です。

36Whの容量をワット時からワット秒に変換すると、約130kWs(ワット秒)になりますが、100Wを2分間(120秒)消費すると12kWsとなり、約10%の減少量になります。

一方、減速回生で回収できるエネルギーは、オルタネータの最大発電量が1.2kWなので、最大で1秒ごと

に約1%ずつ充電されることになります。なお、充放電の使用範囲としては、30～80%程度とのことです。

● リチウム・イオン電池に「SCiB」を採用

上記の電池パックに搭載されているリチウム・イオン電池には、東芝製の「SCiB」が採用されています。このSCiBはチタン酸リチウムを採用することで、従来のリチウム・イオン電池よりも急速充電特性や寿命、SOCレンジが特に優れた特長をもっています。

鉛電池では充電時の内部抵抗値が60mΩほどなのに対して、5本直列接続したSCiBでは内部抵抗が14mΩと小さく、鉛電池の4分の1の抵抗値です。電池容量(SOC)30%～80%の範囲では、約1.3kW～2kWの充電電力許容量があるので、1.2kWのオルタネータで発電した電力を十分に吸収することができます。

また、SCiBは長寿命であることも特徴で、1万回の充放電後も80%以上の容量を維持できるサイクル寿命(図5)を有しています。そのため、メーカーも5年・10万キロ以内を電池の補償期間としています。さらに、-20℃の環境でも約80%の容量を維持できる低温特性(図6)を有しているため、寒冷地での仕様にも耐えることができます。

リチウム・イオン電池というと、過去に携帯電話が過熱・発火する事故が多発したので、安全面は大丈夫かと心配になりますが、この電池は、負極材にチタン酸リチウムを使用することで、強制的に内部短絡させたとしても熱暴走を起こさないとのことです。

● でも鉛電池が車から消えない理由は…

リチウム・イオン電池を搭載するのであれば、そもそも鉛電池はなくてもいいのでは？と疑問に感じる方もいると思います。しかし、鉛電池をなくせないのには理由があります。

その一つは、リチウム・イオン電池は-40℃では特性が大幅に低下してしまうからです。自動車には、-40℃の環境下でもエンジンを始動できることが求められているため、今のところ安価にこれを実現でき

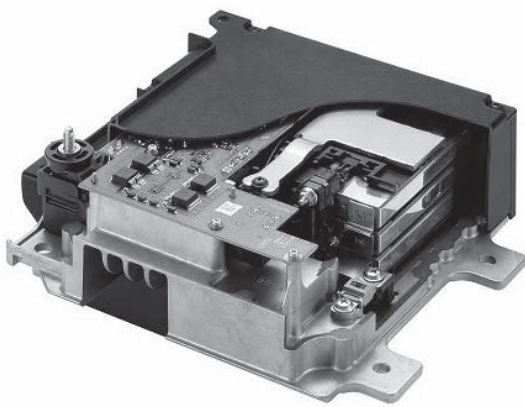


写真2 エネチャージに搭載されている電池パックの外觀(センサー)

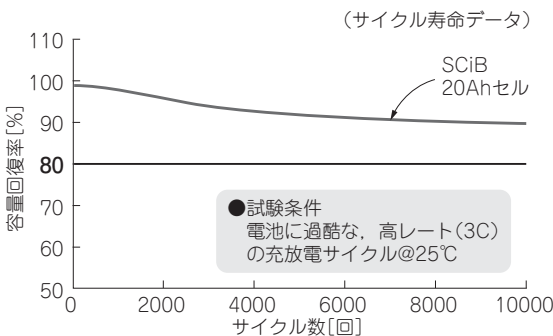


図5 SCiBの充放電サイクルに対する容量回復率

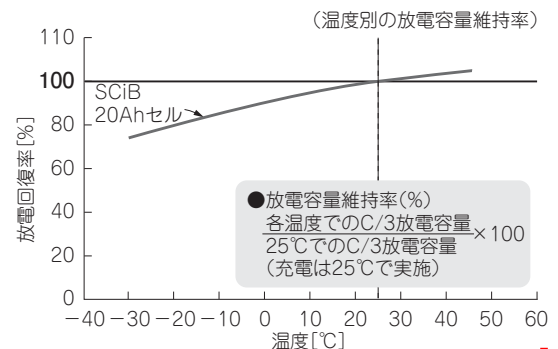


図6 SCiBの温度特性

見本

るのは鉛電池しかありません。

もう一つの理由は、リチウム・イオン電池が鉛電池よりも高価だからです。前記したように、リチウム電池の容量は鉛電池の約10分の1程度しかありません。自動車はエンジン停止中でもキーレス・エントリや盗難防止装置などの待機電力があり、電池自体も少しずつ自己放電しますので、十分な電池容量を確保して、数か月間は車を使わなくても電池が上がってしまわないようにしなければなりません。しかし、鉛電池並みの容量を確保しようとすると、大幅にコストが高くなってしまいますので、現実的ではありません。

■ 2.2 電気2重層キャパシタを利用する方式1—i-ELOOP

● 電気2重層キャパシタは急速充電が可能

マツダやホンダは、減速エネルギー回収を行う蓄電部品として電気2重層キャパシタ(電気2重層キャパシタ)を利用しています。

電気2重層キャパシタは、図7に示すように、鉛電池やリチウム・イオン電池のような化学電池に比べ、エネルギー密度が1桁から2桁小さいため、たくさんのエネルギーを蓄えることができません。

しかし、化学電池のように電気エネルギーを化学反応によって蓄える電池よりも出力密度が高く、大電流による急速充放電が可能です。また、化学変化ではな

く物理現象を使うので、寿命も長く数百万サイクルの充放電に耐えることができます。

● 「アテンザ」で採用されている「i-ELOOP」

マツダの「アテンザ」(写真3)に2012年から採用されている「i-ELOOP」と呼ばれる減速回生ブレーキ・システムには、日本ケミコンの電気2重層キャパシタ(最大電圧25V, 120F)がエンジン・ルームに搭載されています。

頻繁に加減速がある実用走行時、いわゆる街中走行時には、アイドリング・ストップ機能を含めると10%程度の燃費改善効果が期待できるといいます(電装品が40A程度の電流を消費している場合)。一方で、i-ELOOPによるコストアップは、10万円ほど見積もられています。

● i-ELOOP のシステム構成

写真4にi-ELOOPのシステム構成図を示します。

電気2重層キャパシタの電圧は、コンデンサと同じで、充電時の電圧で充電されます。その電力を使用(放電)すると、使用した率に比例して電圧が下がっていきます。このように電気2重層キャパシタは、化学電池と異なり、充放電により大幅に電圧が変動します。

そこで、i-ELOOPには、定格5kWの可変電圧式オルタネータ(電圧範囲12~25V)を搭載し、オルタネータとキャパシタを直結させています。また、キャ

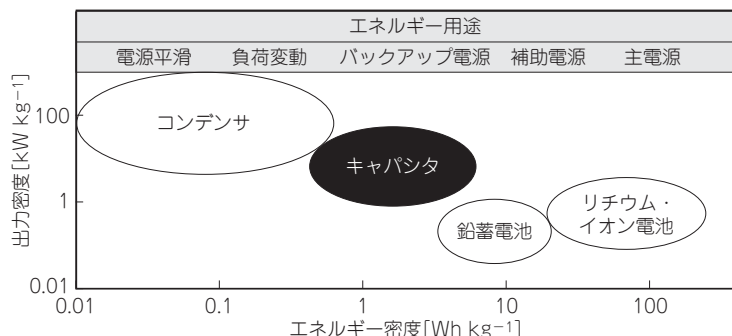


図7 電気2重層キャパシタと化学電池の比較



写真3 電気2重層キャパシタを搭載したマツダ「アテンザ」

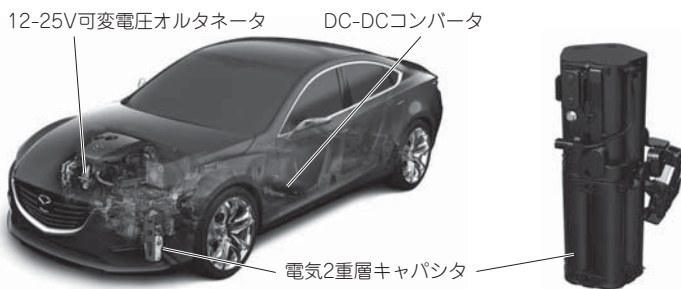


写真4 i-ELOOPのシステム構成

見本

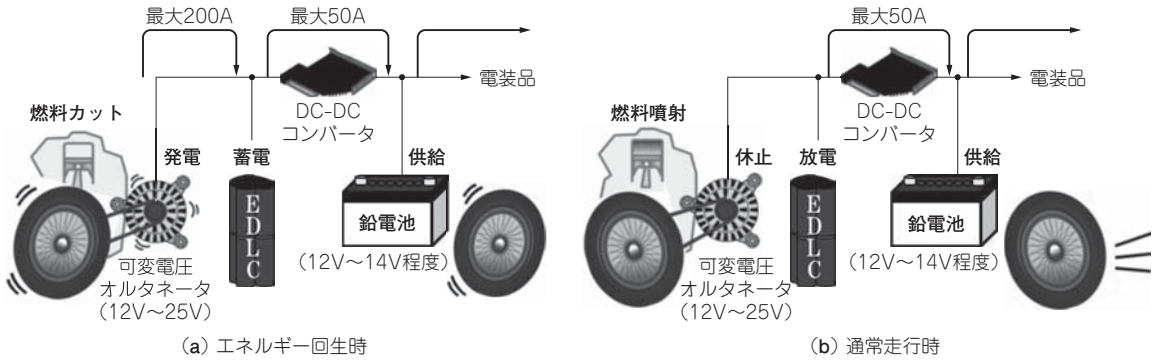


図8 i-ELOOPの動作概要

パシタの電圧から車載補機用鉛電池の電圧(12V～14V程度)に変換するために、DC-DCコンバータが助手席の下に搭載されています。

● i-ELOOPの動作概要

図8にi-ELOOPの動作概要を示します。

(1) エネルギー回生時

i-ELOOPでは、アクセルを放すと、オルタネータによって最大200Aでエネルギー回生を始めます。発電されたエネルギーの大部分は電気2重層キャパシタに蓄電されますが、そのうちの2割程度(最大50A)は、DC-DCコンバータを介して鉛電池や電装品側にも同時に供給されます。

例えば、オルタネータから鉛電池側に40Aが供給されているとすると、電気2重層キャパシタ側には160Aが供給されていることになります。キャパシタ電圧が初期値14Vから25Vまで充電されるまでの時間 $T_{recycle}$ を計算してみると、 $Q = I \times t = CV$ より、理論的に、

$$T_{recycle} = 120 [F] \times (25 [V] - 14 [V]) / 160 [A] = 8.25 [\text{秒}]$$

となり、一般的な減速1回分の秒数で満充電できることがわかります。

(2) 通常走行時

アクセルを踏んでいる通常走行時では、オルタネータでの発電を停止して、電気2重層キャパシタと鉛電池から電装品に電力を供給します。これにより、エンジンをほぼ100%車の走行のために活用できるため、燃費を向上することができます。

● 減速してどれくらいの電気量を賅えるか

減速1回分の回生量で、電装品を何秒間駆動できるか計算してみましょう。回生時には、キャパシタに25kJ程度のエネルギーを蓄えられます(詳しくは後述)。また、同時に鉛電池側に40Aが供給されるとすると、2割程度の5kJが鉛電池にも蓄えられるので、合計すると30kJが回生されます。電装品の消費電流



写真5 アテンザに搭載されている電気2重層キャパシタ

が40A、鉛電池の電圧が14Vだと仮定すると、30kJの回生量によって電装品に供給できる時間 T_{acce} は、 $W = V \times I \times t$ より、

$T_{acce} = 30 [kJ] / (14 [V] \times 40 [A]) = \text{約} 54 [\text{秒}]$ となります。したがって、減速1回分のエネルギー回生で信号停止等のアイドリング・ストップ中に電装品が消費する電力をほとんど補うことができます。

● 電装品による消費電力が50A以上になると…

電装品に電力をどれだけ供給することができるかを考えたとき、ボトルネックになるのは電気2重層キャパシタではなく、DC-DCコンバータになります。電装品が消費する電流は、通常12V/40A以下だといわれています。そのため、DC-DCコンバータ側から電装品側に出力できる最大電流は50Aに設計されています。

とはいっても、日本の真夏ではエアコンに電力が使われるので、50Aを超える状態が続くこともあります。そのときは、オルタネータと電池は直結されます。

● i-ELOOP搭載の電気2重層キャパシタ容量

「アテンザ」に搭載されている電気2重層キャパシタの外観を写真5に示します。体積約4000cc、重量5.7kgです。電気2重層キャパシタは長寿命であるため、

見本

年24万kmの補償期間があるそうです。

内部には、日本ケミコン社製の電気2重層キャパシタ「DLCAP」(定格電圧2.5V, 静電容量1200F, 直径40mm・高さ150mmの円筒形)が直列に10本接続されています(定格25V/120F)。キャパシタ単体としては、10.4Ah(37.5kJ)の容量を持っています。

この容量は、エネチャージ・システムのリチウム・イオン電池の約3割の容量で、プリウスに搭載されている電池容量約1300Wh, 重量40kgと比較すると、電力量が約0.8%, エネルギー密度(Wh/kg)は5.6%以下です。

しかし、キャパシタ1本あたりの内部抵抗は0.9mΩ以下で、10kW/kg以上の高い出力密度を持っているので、5kWのオルタネータで発電される電力を効率よく吸収することができます。

なお、i-ELOOPのシステムでは、基本的に25V～14Vの範囲でキャパシタを使用しているため、電気2重層キャパシタに蓄電されたエネルギーのうち、i-ELOOPシステムで実際に活用できるエネルギー W_{iEloop} は、

$$W_{iEloop} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 120 [F] \times (25 [V]^2 - 14 [V]^2) = 25.7 [kJ]$$

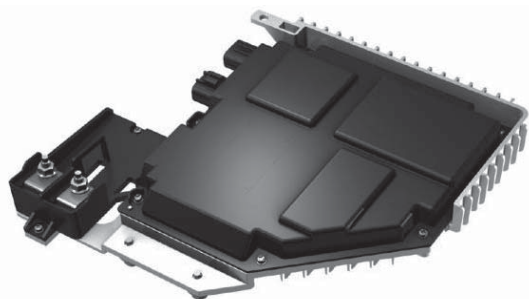


写真6 i-ELOOPに搭載されているDC-DCコンバータ

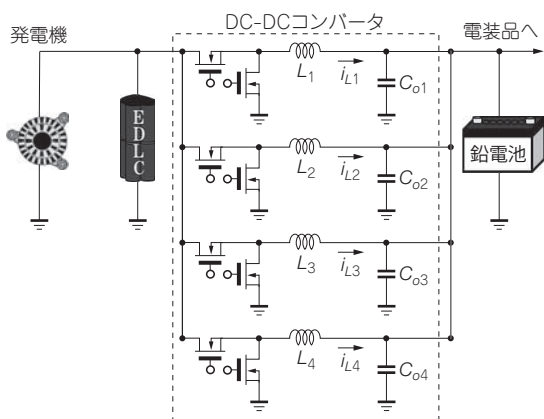


図9 4相方式の同期整流方式降圧型コンバータ

電力量としては、

$$= 7.15 [Wh]$$

となります。

● 12Vに変換する4相DC-DCコンバータの役割

前記したように、i-ELOOPシステムには、キャパシタの電圧(12～25V)から車載補機用鉛電池の電圧(12V～14V程度)に変換するために、DC-DCコンバータが必要です。

DC-DCコンバータは、写真6に示すように、最大出力電流50A, 重量1.8kgで、入力電圧範囲が0V～25V, 出力電圧定格12.5V(出力電圧範囲11V～14.8V), 作動温度範囲は-40℃～85℃です。スイッチング周波数は125kHz/110kHzです。

回路方式としては、図9に示すように、4相の同期整流方式降圧型コンバータが採用されています。並列接続された4個の降圧型コンバータにエネルギーを分散させることで、

- (1) 大電流化と低ノイズ化を実現
 - (2) 降圧型コンバータの動作させるタイミングを90度ずつずらし4相にすることで、出力へ供給される電流の脈動(リップル)を低減させる
- という特徴が得られます。

● 出力電流のリップルを低減させる

降圧型コンバータのチョーク・コイル $L_1 \sim L_4$ を流れる電流 $iL_1 \sim iL_4$ は、図10に示すように三角波のリップルを持った波形になりますが、位相を90度ずつずらして出力側 (iL_o) で足し合わせることで、リップル成分を相殺できます。ちなみに、このような多相方式は、パソコンのCPU(中央演算処理装置)用電源に昔から使われています。

各相を流れる電流リップルのピーク to ピーク値は、

$$\Delta iC_o = V_o (1 - (V_o / V_i)) / L_{fs}$$

より求められます。

例えば、スイッチング周波数 $f_s = 125kHz$, チョー

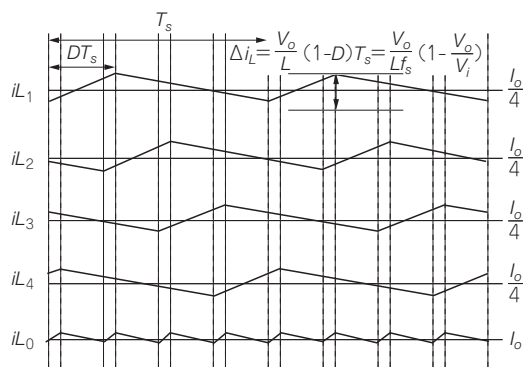


図10 チョーク・コイルと出力平滑コンデンサに流入する電流の波形

見本

NEC/TOKIN

小惑星探査機「はやぶさ2」。
NECトーキン製の
磁気回路を搭載したイオンエンジンにより、
順調に航海中。

2014年12月、C型小惑星「Ryugu」をめざし

「はやぶさ2」が打ち上げられました。

ミッションは、有機物や水を含む可能性のあるC型小惑星からのサンプルリターン。
実現すれば、地球・海・生命の起源や進化の解明につながる可能性があります。

この小惑星探査機を軌道制御するイオンエンジンに搭載されたのが、
NECトーキンのサマリウム・コバルト磁石を使った磁気回路です。

宇宙航海という過酷なミッションにも耐えうる信頼性が評価され、

初代「はやぶさ」に引き続き採用されました。高エネルギー積、高耐熱を特長とし、
市場では車載向け各種センサやイグニッションコイルなど多彩な用途で活躍しています。

永久磁石のルーツ。それは東北大学金属材料研究所、

本多光太郎博士の研究を基礎とした永久磁石の開発、量産化に始まります。

磁性材料技術の礎を築き、日本だけでなく世界の産業発展にも貢献。

その飽くなき探究心はDNAとして受け継がれ、事業領域を宇宙へと拡げています。

日本から世界へ、宇宙へ。
フロンティアに挑む、DNAがある。
NECトーキン



本多光太郎 博士



サマリウム-コバルト磁石



画像提供：JAXA (宇宙航空研究開発機構) 殿 イラスト：池下章裕 氏

NECトーキン株式会社

お問い合わせ

東京支社 / 〒101-8362 東京都千代田区西神田三丁目8番1号 千代田フーズビル東館
EMC事業部販売推進部 Tel.03-3515-9260 http://www.nec-tokin.com

見本

雑誌 06664-12

Ⓛ 2016.1.28



4910066641252
02400