

まえがき

1997年に初の量産HEV（ハイブリッド車）としてプリウスが登場した当時、欧米の自動車メーカーは冷やかな目で見ていた。それは将来の自動車の動力源を考えたときEV（電気自動車）になるはずであり、また当時はFCEV（燃料電池車）への期待も高まっていたからである。ハイブリッド技術はそれらに行くまでの「つなぎ」の技術でしかないと思われたのである。

しかし、EVもFCEVもバッテリー性能、水素燃料のインフラ等々いろいろな課題を抱え、その普及は遅々としている。開発の機運こそ非常に高まっているものの、急速な伸びは期待できないのが現状である。

一方で世界の排気ガス規制、燃費規制（CO₂規制）はその後もうっそう厳しさを増し、内燃エンジンの改良だけでそれらをクリアすることはもはや不可能なレベルに来ている。さらに欧州では内燃エンジンのみの車両の販売禁止や都市により乗り入れを禁止するなどの法制化の機運も出てきている。ハイブリッド化はもはや必然ともいえる情勢になり、ハイブリッド技術に対する世界の見方も全く変わった。

それでも、HEVは「内燃エンジンを使う」ことから究極を見たときに抵抗感を持つ人もいる。しかし、最近になって、生産から廃棄までの環境負荷を考慮するLCA（ライフサイクルアセスメント）の考えが強まっている。EVが再生可能エネルギー由来の電気で作ると確かに環境負荷は低いが、EVの材料の採掘・生産～廃棄に至るすべての工程を考えたとき、内燃エンジン車より圧倒的に有利とはいえなくなる。一方内燃エンジンはバイオ燃料や水素燃料を使うことで、走行時の環境負荷を抑えることができる資質を持っている。今後自動車の動力源がどのような方向に行くのか、大変興味深い情勢になっており、ハイブリッド技術は重要な意味を持っていると考える。

本書の初版発行は2014年だが、それから6年の間にハイブリッド技術は大きく進化したし、その行き着くところも見えてきた感がある。改訂に当たっては、新たに最近の排気ガス規制、燃費規制についての情勢を増補した。初版ではすでに使われていないHEVとその技術について解説しているが、それは「歴史」としての意味を持つものとの考えからそのまま残し、その後のHEVやその技術については「その後の……のHEV」として追補した。

あらためて、ハイブリッド車の技術について理解が深まれば幸甚である。

目 次

まえがき／3

序 章 排出ガス規制とそれへの対応

ますます厳しくなる排出ガス規制……7 排出ガス規制に対応する技術……8 ディーゼル車への逆風……9 燃費規制とCO₂規制はイコール……9 企業平均燃費による「CAFE」規制……10 燃費計測モードの世界統一化で厳しささらに……12 CAFE燃費規制への対応策……12 タンクtoホイールとウェルtoホイール……13 ライフサイクルアセスメント (LCA) とは……14 期待されるハイブリッド車……14

第1章 クルマの究極の姿とハイブリッド車

有望な次世代車はなにか／17

次世代車はモーターで走る……17 日本と欧米の対応の違い……18

ハイブリッド車とは／19

2つの動力源を使い分ける……19

第2章 ハイブリッド車の特徴

モーターの特性／21

ゼロ回転から最高トルクを発生……21

ハイブリッドカーはなぜ燃費がよいのか／22

エンジンとモーターのシナジー（相乗）効果……22 高効率に使えるエンジン……23 エネルギー回生は当たり前……23

モーターの大きさと数の意味／24

小モーターでも効果は大……24 大モーターは多彩な制御で高効率が可能……24

電池の大きさの意味／25

回生電力を捨てる……25

第3章 ハイブリッドカー誕生の技術的背景

ニッケル水素電池と交流モーターの登場／27

第4章 ハイブリッド車の歴史

日野のハイブリッドトラック・バス開発／29

動力計の発想から生まれたHEV……29 リターダーをモーターに置き換える……29

乗用車用ハイブリッド車／31

認識を改めた欧米メーカー……31 日本が先行するハイブリッドカー……32 シボレーボルトがPHEVで追撃……33

プラグインHEV（PHEV）の可能性／34

一時代を担うプラグインHEV……34 PHEV（プラグインハイブリッド車）の大きな意義……34 PHEVの燃費計算……35

第5章 ハイブリッドシステムの種類と特徴

ハイブリッドシステムの種類／38

シリーズハイブリッドエンジン発電に専念……38 パラレルハイブリッドエンジンモーターがアシスト……41 シリーズパラレルハイブリッド（コンパインドハイブリッド／スプリットハイブリッド）多彩な組み合わせの制御が可能……42

機構によるハイブリッドの分類／44

モーターを挟む……44 独特の機構トヨタのTHS……45 これ以外の独自方式……45

その他のハイブリッドシステム／47

ストロングハイブリッド／フルハイブリッド……47 マイルドハイブリッド……47 マイクロハイブリッド……48 Sハイブリッド（スマートシンブルハイブリッド）……48 e-4WD……49

第6章 ハイブリッドシステムの構成パーツ

モーターの基礎知識／51

モーターが回る基本原理／51

磁極の吸引と反発を利用……51 モーターが回るもうひとつの原理……52 磁束のゆがみを戻そうとする力が働く……53 左手がモーター、右手が発電機……54 リラクタンストルクとは……54

モーターの基本構造／55

電磁石と永久磁石、その組み合わせ……55

モーターの特性／60

右下がり基本性能曲線……60 回転数は周波数で決まる……60 駆動用として主流のモーター……61 磁石をローターの中に埋め込む……61 突極がリラクタンストルクを生む……62

インバーター等／63

インバーターはなぜ必要か……63 コンバーターはなぜ必要か……64 モーターの電圧制御……65

ハイブリッド用エンジン／66

高効率エンジンの技術傾向……66 エンジン効率の基礎知識……67 アトキンソンサイクルエンジン（ミラーサイクル）……68 フリクションを減らす数々の手立て……71 トランスミッション……72

電池（バッテリー）／73

電池の基礎知識／74

電池の原理……74 エネルギー密度と出力密度……74 1次電池と2次電池……76 キャパシターの基礎知識……78

第7章 メーカー別ハイブリッドシステム

日本はハイブリッドを要に小型からEV化……80 欧州で普及拡大する48Vマイルドハイブリッド……81 米国連邦規制と加州のZEV規制……82 EVに舵を切ったものの…中国は……83

■トヨタ／83

THS II（トヨタハイブリッドシステムII）／83

量産ハイブリッド車の誕生と進化……83 エンジン……86 モーター……86 発電機……88 バッテリー……88 動力分割機構……88 動力分割機構の動作……90 パワーコントロールユニット……90 回生ブレーキ／フットブレーキとの協調……91 システム制御／最高の効率で走行するために……91

14代目クラウンのハイブリッドシステム／94

FR用THSの概要……94 エンジン自体の改良……96 ◆その後のトヨタのHEV／97

【詳解：THSの動力分割と変速作用について】 99

■ホンダ／106

IMA／106

簡易ながら効果大きい1モーター方式……106

i-DCD／110

デュアルクラッチトランスミッションに組み込んだ独自の1モーター方式……110 i-DCDの機構／重要な役割演ずる1つのプラネタリーギヤ……112 エンジン／バルブ休止機能を持たせた理由……113

i-MMD／114

世界最高効率を標榜……114 i-MMDの特徴／3つの走行モードを持つ……114 i-MMDの機構／基本はシリーズハイブリッドだが、他の走行パターンも可能……116 燃費カムでアトキンソンサイクルを達成。切り替えて高出力も発揮……119 プラグインハイブリッド……120 三菱アウトランダーPHEVとの比較……121

SH-AWD／122

3モーターといっても「1+2」……122 ◆その後のホンダのHEV／122

■日産／125

FF、FR用ハイブリッドシステム／125

小型車ではEVに注力するもHEVもラインナップ……125 FR用ハイブリッドシステム……125 FF用ハイブリッドシステム……128 ◆日産のその後のHEV／129

■三菱／132

アウトランダーPHEV／132

EVIに近いハイブリッド車として登場……132 概要—2モーター方式を突き詰める……132 ハイブリッド機構……134 走行モード……136 ◆三菱のその後のHEV／138

■SUBARU／138

スバルXV HYBRID／138

走りを重視した、スバル独自開発のハイブリッド……138 システム構成……140 ◆その後のスバルのHEV／145

■その他のメーカー／146

スズキ／146

鉛バッテリーの簡易HEV……146 スイフト レンジ・エクステンダー……147 スズキの簡易ハイブリッド……148

◆スズキのその後のHEV／148

マツダ／150

HEVへの対応は？……150 ◆マツダのその後のHEV／153

ダイハツ／154

現状HEVはトヨタのOEMのみ……154

BMW／155

3社共同で重量級のハイブリッド開発……155 BMWアクティブハイブリッド……156 BMW i……159 2モード・アクティブ・トランスミッション……162 主な走行パターン……166 動力の流れ……167 ◆その後のBMWのHEV／168

フォルクスワーゲン／168

TSIエンジン+1モーターの組み合わせを拡大……168 ◆その後のVWのHEV／172

アウディ／173

ZF社との共同開発のシステム……173 ◆その後のアウディのHEV／174

ダイムラー／176

1モーター2クラッチを大型車から……176 ◆その後のダイムラーのHEV／177

ゼネラルモーターズ／178

シボレーボルト……178 メカニズム……179 作動モード……180 電池、モーター、エンジン……181 ◆その後のGMのHEV／181

フォード／182

日本製の機構を使ったエスケープ……182 ◆その後のフォードのHEV／183

プジョー／183

世界初のディーゼルハイブリッド……183 ◆その後のプジョーのHEV／185

ボルボ／186

ディーゼルハイブリッドのプラグイン……186 ◆その後のボルボのHEV／187

その他／187

◆その後のその他のHEV／188

第8章 モータースポーツとHEV

どのようなレースにハイブリッド車は参加しているか／189

最初のレーシングハイブリッド車は北海道で……190 早くも本格的レーシングハイブリッド・スーブラHV-R……191

WECにおけるハイブリッドマシン／191

4輪駆動のアウディ、後輪駆動のトヨタ……191 モーター性能を生かす後輪回生……192 協調回生技術にたけているトヨタ……193 回生エネルギーの蓄え方の違い……194 2014年、規則改定で4輪回生・アシストのTS040登場……194 ◆トヨタのWECマシンのその後／196

アウディの2014マシンは空力と軽量化が主で基本は変わらず……196 ◆アウディのWECマシンのその後／197
ボルシェ919ハイブリッドの参戦……197

GT300レースにおけるハイブリッドマシン／199

GT300マシンは市販車とは全く異なる怪物……199 モーターがギヤボックスの脇に付く「MUGEN CR-Z GT」……200
動力分割装置と発電機を外したプリウスGT……201

F1におけるハイブリッドシステムの搭載／202

KERSからERSへ。その意味するところ……202

参考文献／207

序 章

排出ガス規制とそれへの対応

■ますます厳しくなる排出ガス規制

排出ガス規制はスモッグに悩まされていたロサンゼルスを州都に持つ米国カリフォルニア州から始まっている。1962年の「クランクケースエミッション規制」に始まり1965年には連邦政府に先駆け、CO(一酸化炭素)とHC(炭化水素)の規制に踏み切り、1971年にはNO_x(窒素酸化物)の規制も加えられる。全米としては1963年に大気清浄法、1968年に全米排気規制、そして1970年には有名なマスキー法が成立して話題を呼んだ。その後も「Tier1」～「Tier3」という具合に段階的に規制を強化してきている。一方カリフォルニア州はそれより厳しい基準を独自に定めたり、ZEV(ゼロエミッションビークル)規制を設けたりしている。各州は連邦の規制を取るか、カリフォルニアの規制を取るかを選べるようになっている。

日本の排出ガス規制は1966年のガソリン車のCO規制から始まった。そして1973年にはCOに加えHCやNO_xの規制が行なわれ、さらに1978年には世界で最も厳しいといわれた排ガス規制(昭和53年規制)が施行される。その後も段階的に規制が強化され、2018年から新しい規制が施行されている。

また、ヨーロッパでは1992年にEUが定めた「EURO1(ユーロ1)」から始まり2014年からは「EURO6」が施行されている。なお発展途上国ではEUの現行規制より前の

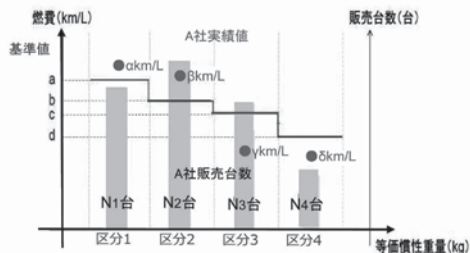
(81g/km)、30年には同37.5%減(59g/km)の案がまとめられるなど、その先にはさらに厳しい規制値が見えている。

なお、日本ではCAFE規制の罰則は事実上ないに等しい。その成績を公表することで企業イメージに影響が出ること程度の内容となっている。

重量区分ごとの燃費基準
(2020年度基準)

等価慣性重量 (kg)	車両重量 (kg)	燃費基準値 (km/L)
800	～740	24.6
910	741～855	24.5
1,020	856～970	23.7
1,130	971～1080	23.4
1,250	1081～1195	21.8
1,360	1196～1310	20.3
1,470	1311～1420	19.0
1,590	1421～1530	17.6
1,700	1531～1650	16.5
1,810	1651～1760	15.4
1,930	1761～1870	14.4
2,040	1871～1990	13.5
2,150	1991～2100	12.7
2,270	2101～2270	11.9
2,500	2271～	10.6

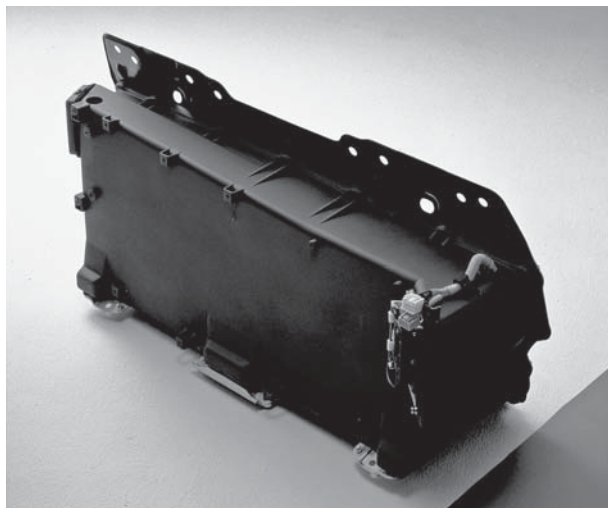
企業平均燃費方式 (CAFE方式) イメージ



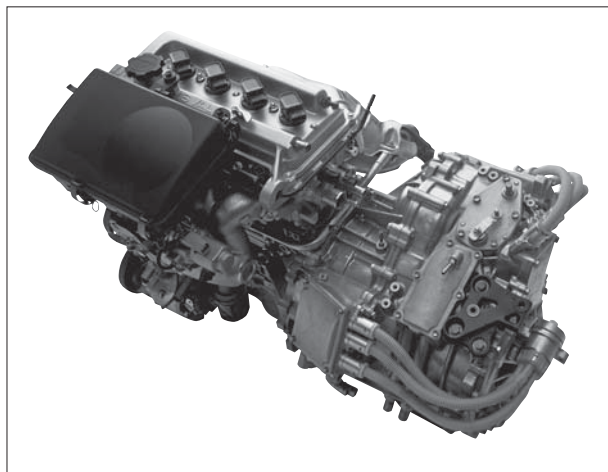
日本の燃費規制はEUと異なり、～740kgから2271kgまでの15の重量区分により燃費値が定められている。CAFE規制では、ある区分の車両が規制値をオーバーしても、他の区分で規制値を下回った分でカバーすることができる。そのトータルでCAFE規制が達成されたかどうか問われる。

$$A社のCAFE値 = \frac{N_1}{\alpha} + \frac{N_2}{\beta} + \frac{N_3}{\gamma} + \frac{N_4}{\delta} \geq A社のCAFE基準値 = \frac{N_1}{a} + \frac{N_2}{b} + \frac{N_3}{c} + \frac{N_4}{d}$$

しかモーターを回せない。これでハイブリッドカーを作ってもデメリットのほうが大きく、実用にならなかったのである。ところがニッケル水素電池と交流モーターが使えるようになって、デメリットを上回るメリットを出せる可能性が出てきたのだ。もちろんトヨタも、条件が整ったからハイブリッドを始めたわけではなく、可能性を追求する中でバックグラウンドの進化と融合することで実用ハイブリッドを完成させたといえる。



初代プリウスのニッケル水素バッテリー。1990年代初頭に発明されたニッケル水素バッテリーが実用化されたことも、ハイブリッド車が成立するためのひとつの要件であった。



初代プリウスのハイブリッドシステム。1.5Lアトキンソンサイクルエンジン(左側)と発電機、動力分割装置、モーターなどによるハイブリッド機構(右側)。

第5章

ハイブリッドシステムの種類と特徴

ハイブリッドシステムの種類

一口にハイブリッドといってもいろいろな種類がある。2つの動力源をどのようにつなぐのか、その基本的な構成により、ハイブリッドの性格も大きく異なる。基本的にはシリーズハイブリッド、パラレルハイブリッド、シリーズパラレルハイブリッド(コンバインド型/スプリット型ともいう)の3種類がある。また、外部電源から車載電池に給電できるようにしたプラグインハイブリッドを、通常のハイブリッドと分ける考え方もある。プラグインハイブリッドを、構造的意味よりも使い方の意味からとらえて「レンジエクステンダー型(航続距離延長型)」と分類する考え方もある。さらに1モーターか2モーターかで分類する考え方もある。

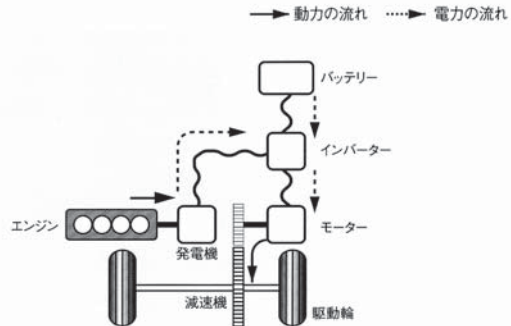
■シリーズハイブリッドーエンジンは発電に専念

「シリーズ」は電気の世界では直列を表わす言葉で、シリーズハイブリッドは2つの動力源が直列に構成されているハイブリッドである。簡単にいうと駆動輪へのエネルギー伝達について、エンジン、発電機、モーターが概念的に直列に並んだ方式である。エンジンは発電のみ行ない、直接駆動は行なわない。駆動は発電された電気でモーター

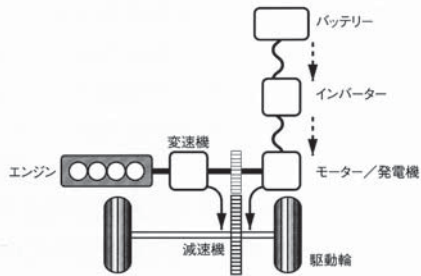
(上)ハイブリッドの分類例。シリーズハイブリッドは、エンジンは発電機を回して電力を作ることと専念し、直接駆動は行わないタイプ。

(中)パラレルハイブリッドは、エンジンとモーターの両方で協調して駆動するタイプ。通常モーターはひとつで、駆動と減速回生の両方を担う。

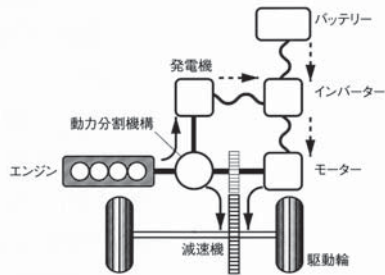
(下)シリーズパラレルハイブリッド。シリーズとパラレルの両方の機能を持った方式で、必ず2つのモーターを持つ。モーター駆動中でもバッテリーに充電が可能。



シリーズハイブリッドシステム



パラレルハイブリッドシステム

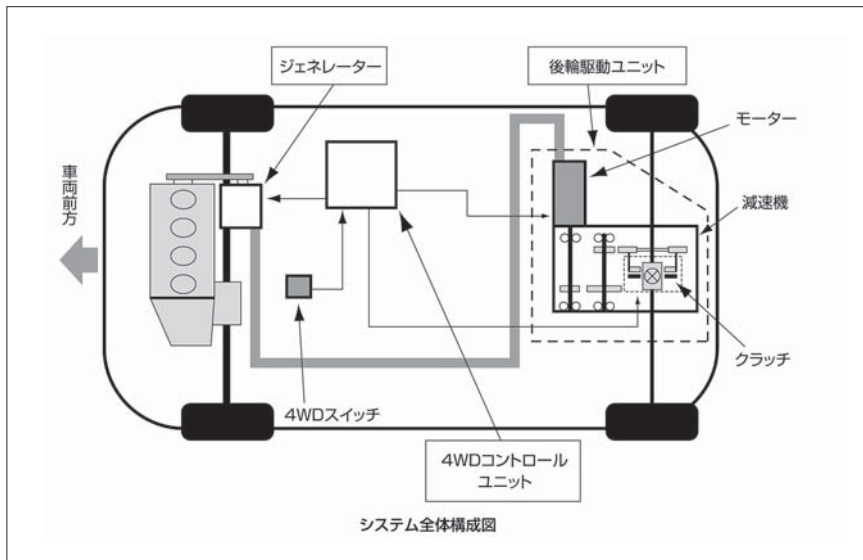


シリーズパラレルハイブリッド（プリウス用 THS）

ることはできない。ただ常時つながっているベルトによる始動なので、所要時間は0.3秒と速く静かにエンジン始動ができる。減速時のエネルギー回生を行ない、パワーアシストもするが、1.8kW(2.5PS)程度の出力をごく短時間だけなので、知らず知らずのうちに燃費の改善に役立っているといった程度。バッテリーは小型の鉛電池を追加している。ハイブリッドと呼ぶにはちょっと違和感を覚えるかもしれないが、燃費の改善にはつながっている。一般的な分類としてはマイクロハイブリッドといえよう。

■ e-4WD

前輪は通常のエンジン駆動で、後輪をモーター駆動するシステム。2002年にマーチで初めて採用されたが、その目的は雪道や凍結路など滑りやすい路面での走破性を高めることにあった。その後、前輪駆動車が後輪をモーター駆動するシステムは一般化した。マーチの例では、後輪ユニットはモーター、クラッチ、減速ギヤからなり、モーター駆動用の電源はエンジンに直結された専用発電機からの電力を使う。バッテリー



e-4WDの構成図。前輪駆動車の後輪は通常フリーだが、独立したモーターを装備することで後輪を駆動する。結果的に4WDとなる。ただし、モーターはバッテリー電力ではなくエンジンにより発電された電力で駆動する。エスティマハイブリッドで確立したトヨタの「E-FOUR」の場合は、前輪を駆動するハイブリッドシステムとは独立した後輪用モーターを設け、基本的にバッテリーの電力で駆動する。

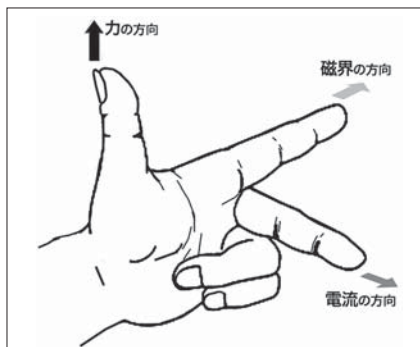
■左手がモーター、右手が発電機

この磁界と電流と力の方向の関係は「フレミングの左手の法則」により表わされる。すなわち、図のように親指と人差し指と中指の3本を互いに直角に向けたとき、磁界の方向が人差し指、電流の方向が中指とすると、親指の方向に力が働く。この法則に従ってモーターは動くわけである。左手の法則はモーターに対しての法則だが、右手の法則もあり、これは発電機に適用される。つまり、この力の発生する理論からすると、逆に磁界の中にある導線に力を加えて動かせば、電流が発生するはずである。この場合は右手の指を同様に開いたとき、人差し指の向きの磁界の中で、親指方向に力を加えて導線を動かせば、中指方向に電流が流れる。

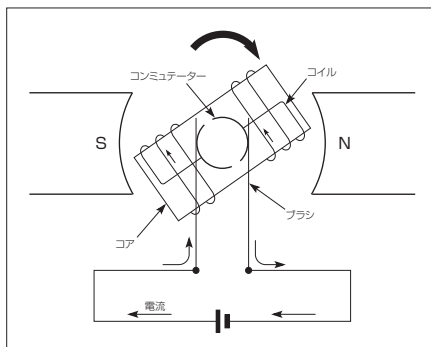
フレミングの左手の法則はモーター、右手の法則は発電機と覚えておけばよい。この原理によりモーターは使い次第で発電機にもなるわけだ。駆動用モーターが減速時にエネルギー回生するときには発電機として働いているのは、この原理によっているわけである。

■リラクタンストルクとは

磁石のN極とS極は吸引し合うが、片方だけが磁石でもう一方は鉄などの強磁性体の場合も、磁石は鉄を吸引する。これは磁石が出している磁束が鉄によってゆがめら



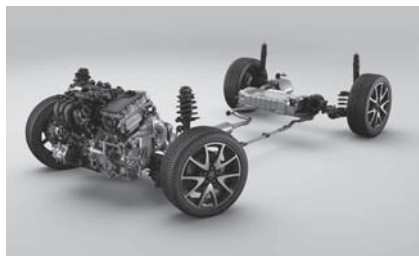
フレミングの左手の法則。互いに直角方向を向いている3本の指から発生する力の方向が分かるのがフレミングの左手の法則。磁界の方向(人差し指)と電流の方向(中指)が決まれば発生する力の方向は親指が表している。



ブラシ付きの直流(DC)モーターの回転原理。外側の永久磁石による磁界の中で、ローターのコイルに電流を流すとコイルは磁力線が発生させて磁石となる。外側の磁石と引き合い回転する。



トヨタヤリスの外観。



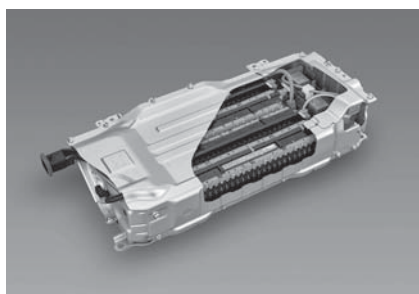
ハイブリッドシステムの配置。エンジン、トランスアクスルをフロントに、バッテリーのみ後部に配置。



新開発のM15A-FXEハイブリッド用エンジン。3気筒1.5Lでポート噴射。ボアストロークは97.6×80.5のロングストロークとしている。ウォーターポンプは電動式。



複軸化されたトランスアクスル。モーター出力は従来比30%向上。減速エネルギー回生の容量も倍増している。



ヤリスのために新開発されたリチウムイオンバッテリー。コンパクトながらモーターアシストと回生効率が向上している。

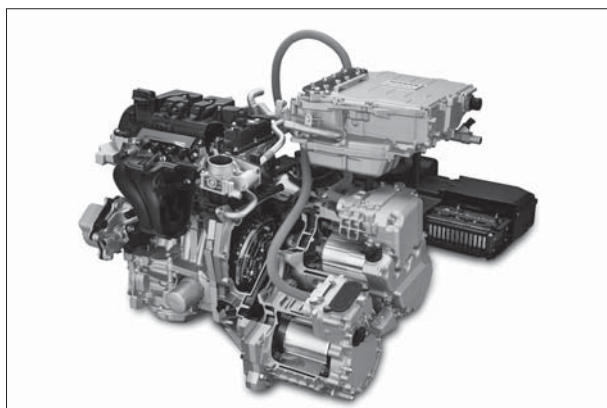
となり、セレナにも搭載、2020年6月には「キックス」も登場した。日産では今後さらに搭載車種を広げていく方向だ。

単なるシリーズハイブリッドといってしまうとそれまでだが、e-POWERの優れたところは構成するエンジン、モーター、バッテリー、インバーターといった主要パーツがいずれも新開発ではないところにある。在来のものであるので、低コストで作り上げることができた。これで手軽に電動車両の乗り味を味わえるわけである。他がほとんどやなかったシリーズハイブリッドに目を付けたその発想が成功のもとである。

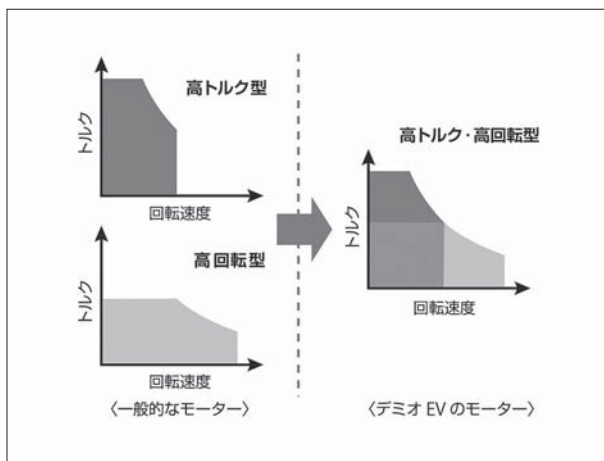
これまでシリーズ型がほとんど採用されなかったのは、モーターが高速走行では効率が落ちるからであった。しかし、高速移動が多い欧米と違い、日本では中低速が主で



e-POWERを初めて搭載して登場した「ノートe-POWER」



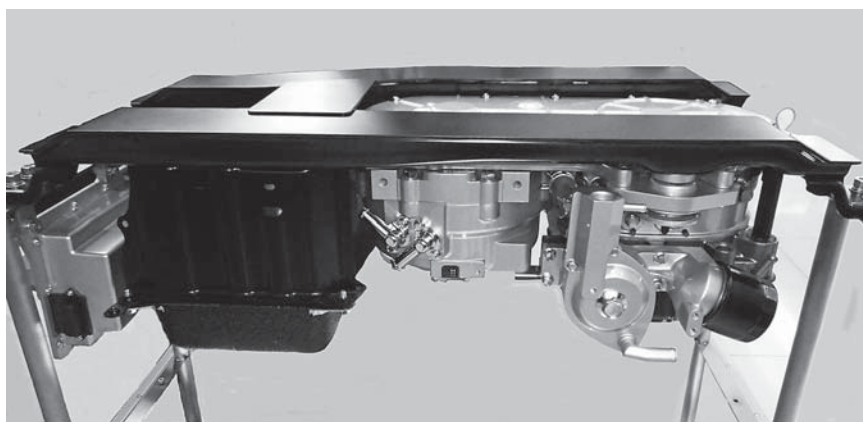
e-POWERのカットモデル。左側がエンジン部で右側上部がPCU、下部が発電機とモーター。後ろにバッテリー。



安川電機と共同開発したステーターコイル切り替え式モーターのトルク特性。コイルの巻き線を長く使うと高トルクが出るが高回転できない。短く使うとトルクは下がるが高回転が可能になる。これを融合したモーターがプレマシーHVやデミオEVで使用されている。



「マツダREレンジエクステンダー」のコンセプトで製作されたテストカー。デミオEVに330ccのシングルロータリーエンジンを搭載。搭載電池の電力が大幅に減ったら、最大出力22kWのロータリーエンジンで、20kW(27PS)のジェネレーターをベルトで回して発電する。



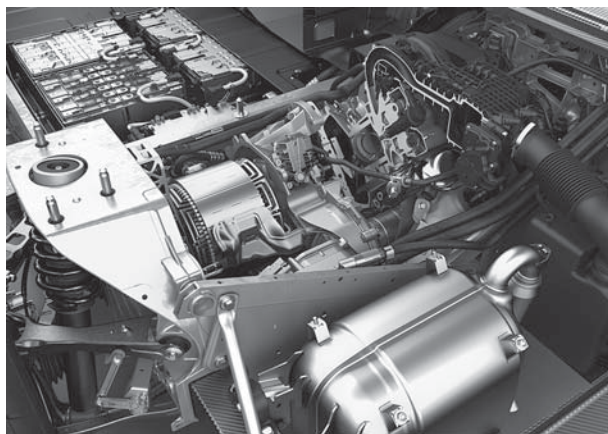
REレンジエクステンダーのコンポーネント。左が燃料タンク、中央が発電機(ジェネレーター)、右がロータリーエンジン、これらがリアトランク下に吊るすように配置される。



「BMW i3」はEVが基本だが、充電用のエンジンを積んだレンジエクステンダー「i3」もある。広い意味でのPHEVである。ヨーロッパでは純EVが7割だが、日本ではレンジエクステンダーが8割の販売比率という。



18.8kWhの容量を持つリチウムイオンバッテリーは床下に敷かれ、モーターはリア左に、エンジンは右に配置され、後輪を駆動する。

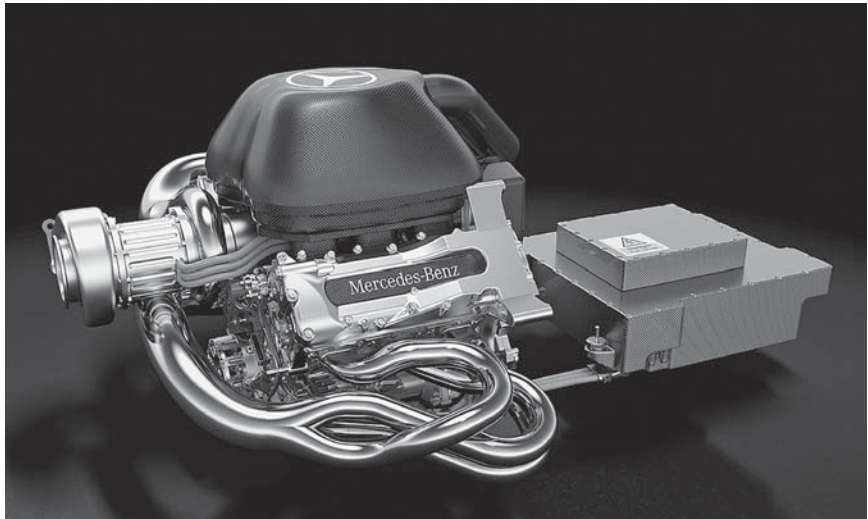
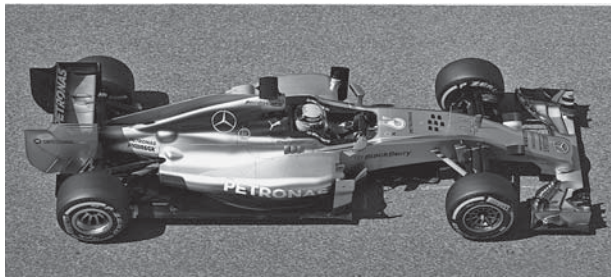


モーター(左側)は基本がEVだから125kW(170PS) / 250Nmと大きい出力／トルクを発揮する。右側の充電用エンジンはBMWのスクーター用2気筒650ccで、最高出力25kW(34PS)。

2014年からF1レースは基本的にERSというハイブリッドシステム搭載マシンで争われることになった。2009年にKERSと呼ばれるシステムが登場していたが、車両規則が全面的に変更されたことによるものである。



2014年仕様F1マシン、メルセデスAMG F1 W05 Hybrid。搭載エンジンが2.8L、V8自然吸気から1.6L、V6ターボへと替わるとともに、従来の回生システムKERSもERSへと替わった。



メルセデスのパワーユニット、PU106Aハイブリッド。V6ターボエンジンは運動エネルギーを回生するMGU-Kとターボの熱エネルギーを回収するMGU-Hを最初から備えている。MGU-Hがコンプレッサーとタービンの間に配置しているのが特徴。スタート年の2014年は大きなアドバンテージを持っている。

参考文献

- 鈴木孝幸 『ecoテクノロジーへの挑戦』 毎日新聞社、2008年
- 堀洋一・寺谷達夫・正木良三 『自動車用モータ技術』 日刊工業新聞社、2004年
- 赤津観(監修) 『最新 モータ技術のすべてがわかる本』 ナツメ社、2012年
- GP企画センター 『最新エンジン・ハイブリッド・燃料電池の動向』 グランプリ出版、2003年
- 熊野学 『パワーユニットの現在・未来』 グランプリ出版、2006年
- 「モーターファンイラストレーテッドVol.2 ハイブリッド車の実力」 三栄書房、2006年
- 「モーターファンイラストレーテッドVol.67 ハイブリッド再定義」 三栄書房、2012年
- ニューモデル速報第479弾 「アウトランダーPHEVのすべて」 三栄書房、2013年
- ニューモデル速報第483弾 「アコードハイブリッドのすべて」 三栄書房、2013年
- ニューモデル速報第484弾 「スバルXVハイブリッドのすべて」 三栄書房、2013年
- ニューモデル速報第485弾 「フィットのすべて」 三栄書房、2013年
- 「auto sport 2013年2/1号 レーシングハイブリッド最前線」
- 「日経Automotive Technology 2012年9月号 モーターでモータースポーツ」 日経BP社
- 「日経Automotive Technology 2013年7月号 2020年への環境・安全技術」 日経BP社
- 「TOYOTA Hybrid BOOK」 トヨタ自動車、2001年
- 「PRIUS Press Information 2003」 トヨタ自動車、2003年
- 「トヨタ ハイブリッドシステム THS II PRESS INFORMATION 2003」 トヨタ自動車、2003年
- 「スバル技報No.40」 富士重工業、2013年
- 日経Automotive 2020年3月号 エンジン終焉は本当か？」 日経BP
- 「日経Automotive 2020年5月号 ジャーマン3のCO₂削減」 日経BP
- 「自動車技術 2020年8月号VOL.74 年鑑 ハイブリッド車・他」 自動車技術会
- 「乗用車燃費規制の現状と論点について・資料1」 国土交通省・経済産業省
- 「合同会議 取りまとめ(乗用車燃費基準等)2019年6月25日」 総合資源エネルギー調査会・分科会/省エネルギー小委員会・WG/交通政策審議会・小委員会

〈著者紹介〉

飯塚昭三 (いづつか・しょうそう)

東京電機大学機械工学科卒業後、出版社の(株)山海堂入社。モータースポーツ専門誌「オートテクニック」創刊メンバー。取材を通じてモータースポーツに関わる一方、自らもレースに多数参戦、編集者ドライバーのさきがけとなる。編集長歴任の後、ジムカーナを主テーマとした「スピードマインド」誌を創刊。その後マインド出版に移籍。増刊号「地球にやさしいクルマたち」等を企画出版。現在はフリーランスの「テクニカルライター・編集者」として、主に技術的観点からの記事を執筆。また、一般社団法人日本陸用内燃機関協会・機関誌 LEMA (陸用内燃機関) 編集長としても活動。著書に『サーキット走行入門』『ジムカーナ入門』『燃料電池車・電気自動車の可能性』『ガソリンエンジンの高効率化』(グランプリ出版)等がある。JAF 国内 A 級ライセンス所持。モータースポーツ記者会会員。日本 EV クラブ会員。2013 年～2018 年、日本自動車研究者ジャーナリスト会議 (RJC) 会長。

ハイブリッド車の技術とその仕組み 多様化する新時代のシステム	
著 者	飯塚昭三
発行者	山田国光
発行所	株式会社 グランプリ 出版 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-32 電話 03-3295-0005(代) FAX 03-3291-4418 振替 00160-2-14691
印刷・製本	モリモト印刷株式会社