

エコカーを支えるエンジンパワートレイン技術の進展

日立オートモティブシステムズ株式会社
パワートレイン&電子事業部
パワートレイン設計本部 主管技師
兼 グローバルオペレーションセンタ長

藤 下 政 克

1. はじめに

環境問題が深刻化するなか、自動車においてCO₂排出量を低減することが重要課題となっている。地球温暖化、燃料（ガソリン、軽油）の高騰がその主な原因である。CO₂排出量を削減するために自動車業界では、様々なエコカーのための技術が投入されている。パワートレインにおけるエンジン自体のさらなる高効率化、高効率変速機と電動化技術の開発、適応である。

エンジン高効率化においては、いままで実用化が難しいとされている高圧縮比化、廃熱などのエネルギー回収を、様々なアクチュエータ・制御技術を駆使して搭載しようとしている。モータ・バッテリーなどの電動化技術の投入も進展しているが、比較的小型の車に搭載するための低コスト化が課題である。いずれの場合も今まで手の付けられていなかった領域への進展となり、そのための技術も高度化している。ここでは、自動車のCO₂低減の動向と、特に高効率エンジン、電動化のキー技術を紹介する。

2. 自動車の環境（CO₂）規制

自動車のガソリン車に対する環境規制のトレンドを図1に示す。現在までは、排気規制が技術を牽引し

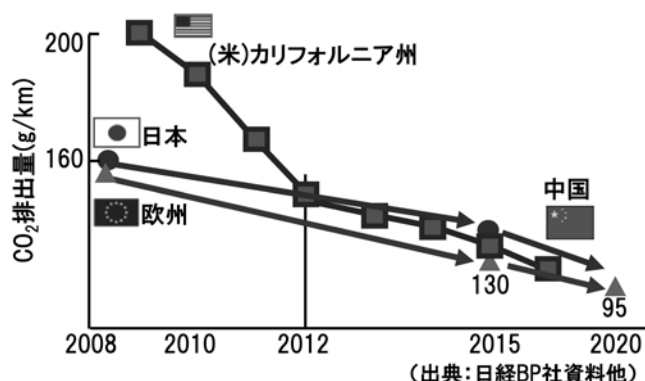


図1 自動車の環境（CO₂）規制

てきたが、2010年以降はCO₂規制強化により、その低減技術が急速に進展する。CO₂規制は欧州が先駆けとなり、世界中の国々が追随する形となっている。米国でも2012年からは同程度となり、中国も今後追随することになる。2010年以前はCO₂排出量が160g/kmであったのに対し、2020年では95g/kmと40%削減しなければならない。この規制が低燃費自動車の開発を牽引している。

3. エンジンパワートレインの対応技術

図2にエコカーのためのエンジンパワートレインの対応技術を示す。縦軸はCO₂排出量を示しており、上方向が低排出量を示す。下段がガソリンエンジン車の技術であり、上段がHEV/EVなどの電動化技術を示す。

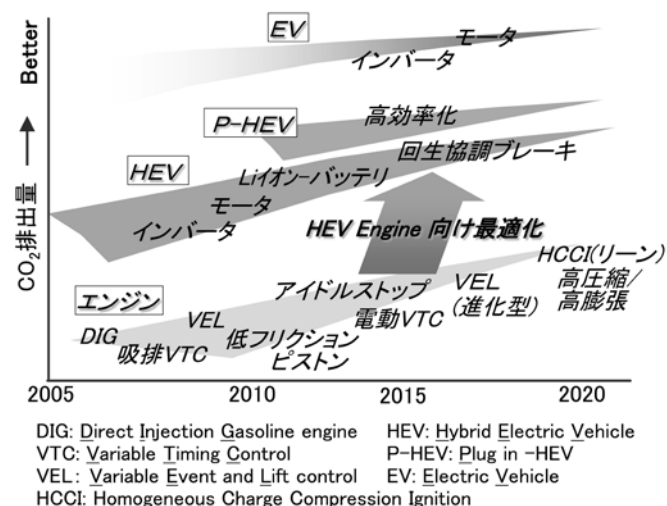


図2 エンジンパワートレインの対応技術

エンジン高効率化のためには、エンジンの燃焼室内に直接燃料を噴射するガソリン筒内噴射（DIG）技術が核となる。また、様々な可変動弁技術が追加される。

吸気と排気弁の開閉タイミングをコントロールする油圧による吸排 VTC、電動化する電動 VTC、さらには吸気弁の開閉期間、リフトを連続制御する VEL が進展する。これらの可変動弁はエンジンのポンピング損失を極限まで低減する技術である。

また将来的には、比熱比拡大、圧縮比、膨張比を拡大し熱効率を向上する技術が開発されている。ガソリン圧縮自着火（HCCI）や高圧縮 / 高膨張エンジンである。アイドルストップも拡大しているが、今後は走行中でもエンジンを停止するシステムへ進化する。これらの高効率エンジンは、HEV 車へも適応され、さらなる CO₂ 低減を実現する。

また、電動化技術もその高効率化と共に、HEV から P-HEV へと進展する。制動力を回生するブレーキ回生協調システムも、ブレーキ技術の進展とともに導入される。バッテリーの小型高効率化、モータ、インバータの損失低減技術の進展、これらの電動化製品の低コスト化によっては、将来的には EV が普及する可能性がある。

次にエンジン技術と電動化技術の最近の進展について紹介する。

4. エンジン技術の進展

基本的にガソリンエンジンは圧縮比を高め、膨張比を大きくすることでその効率は向上する。但し、機械損失増加、ノッキング発生が課題となっている。前者は低フリクション、軽量化、後者に対してはガソリン筒内噴射（DIG）が有効である。

DIG での課題と対応を図 3 に示す。インジェクタにより燃焼室内に燃料（ガソリン）を直接噴射するため、気化熱による吸気冷却効果でノッキングを低減できる。しかし、図 3 のシミュレーション結果のように、燃焼室内の混合気が不均一となり易く、混合気が濃い部分から、パーティキュレートが発生する。

リッチ混合気（ガソリン）は燃焼熱により、ベンゼン環が結合し PAH（気体）となる。さらに、結合が進展し PM（固体）となる。この PM の径は数 μm と小さいため、有害成分として今後規制される。PM はポート噴射では発生量が少なく、ディーゼルでは同様に発生する。従って、DIG もディーゼルと同様に PM 規制される。さらには、PM の数（PN: Particulate Number）が規制される。この課題に対応するには、

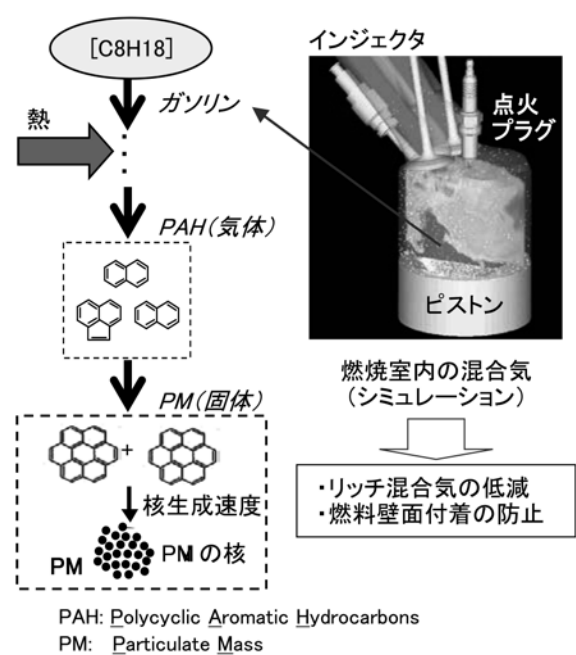


図 3 ガソリン筒内噴射（DIG）エンジンの課題と対応

燃焼室内のリッチ混合気を無くし均一化し、燃焼室壁面への燃料付着を防止することが有効な手段となる。具体的には、最適噴霧形状、微粒化、低ペネトレーション化などのインジェクタ技術と、燃料を時間的・空間的に分散させる一工程に複数回噴射する多段噴射技術である。

5. 電動化技術の進展

モータは、高効率な駆動の他、制動エネルギーを回生し省エネに貢献する特長が期待されている。課題の 1 つは、発熱への対応である。図 4 は、モータとインバータに関する短時間定格出力とパワー密度比（相

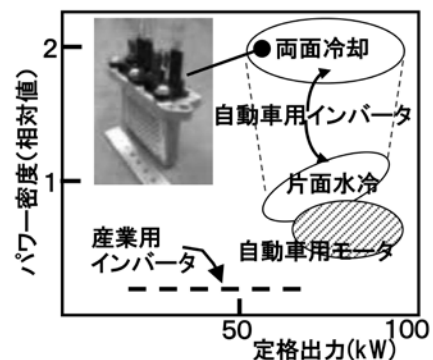


図 4 電動コンポーネントのパワー密度

対値)の関係および産業用のパワー密度を参考で示す。産業用は強制空冷が主流だが、自動車用は水冷或いは油冷であり小型化に貢献している。最新の両面冷却インバータは、パワー半導体チップの表裏から放熱できるように、はんだ接合・絶縁・フィン構造等に工夫を凝らしている。また、産業用が概ね一定出力であるのに対して、自動車用は短時間な加速・制動が多いこともパワー密度が高い理由である。

しかしながら、電気自動車は登坂や高速走行で長時間の使用もある。そこで、実車条件で熱やエネルギー消費を解析する技術が求められる。最近の動向として車両・コンポーネントをモデル化して、エネルギー保存則の下に全体を繋ぐマルチドメイン解析がある。EV用モータの損失と熱に関するモデルを検討した事例を図5に示す。高度なモノづくりの技術と共に、解析や制御技術が電動化システムの発展にとって、大変重要である。

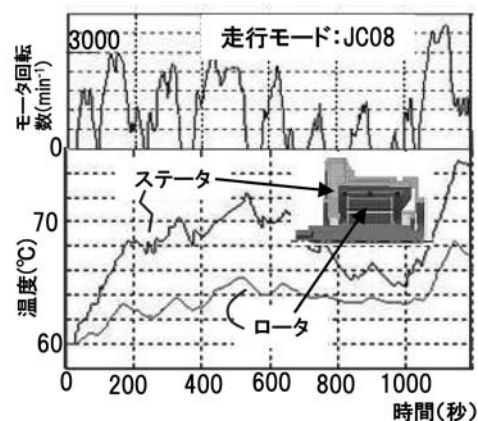


図5 モーター温度のシミュレーション

6. おわりに

パワートレインの高効率化を推進し、自動車の環境対応に貢献していきたいと考えている。パワートレインのマネージメント技術・機器が大きく貢献していることを理解頂けると幸いである。

(機械 昭和 55 年卒)

海外赴任または海外在住の皆様へ

海外にお住まいの終身会員の皆様には、エアーメールで会誌を送付させていただきますので、海外赴任されます場合は、必ず送付先をお知らせ下さい。なお、ご転居・ご帰国の際は、速やかにお届けいただきますようお願いいたします。

年会費会員の皆様には、誠に申し訳ございませんが、赴任後の会費納入が困難となりますので、終身会員への移行をお願いいたします。