

自動車の環境・エネルギー技術に関する将来展望

大聖 泰弘^{*)}
Yasuhiro Daisho

1. はじめに

自動車は人の移動や物資輸送のための必要不可欠な手段であり、その関連産業は先進技術を絶えず開発・実用化しながら大きな規模を形成するに至っている。

その一方で、石油を大量に消費し、都市の大気汚染成分や温室効果ガスであるCO₂の主要な排出源とされている。このような状況にあって、先進国では2010年前後において、乗用車から重量車にわたる最終的な排出ガス規制の強化を実施する予定であり、これによって大気環境問題は概ね克服されるものと予想される。その上で、中長期的には温暖化の抑制と石油の消費削減に向けた一層の燃費基準の強化が必要とされている。自動車メーカーには、排気浄化と燃費低減の両立というまさに二律背反的な難題が与えられているといえよう。そこで、本稿では自動車用エンジンの環境・エネルギー技術に焦点を当て、10年から20年にわたる将来について私見を交えて展望してみたい。

2. ガソリン車の燃費改善

乗用車として広く普及しているガソリン車では、最近一段と精緻化した電子制御燃料噴射システムと三元触媒システムの組合せによって、NO_x、炭化水素(HC)、COの3成分は、30年前の未規制レベルから実に1%台以下にまで低減されている。冷始動や暖機時での対策も進み、HCとNO_xの規制値に対して1/4レベルの超低排出ガス車が一般化しつつある。

ガソリン車にとっては、やはり燃費改善が最重要の課

題である。2010年度の燃費基準については、わが国のメーカーによってすでに前倒し達成され、2004年度比で23.5%の燃費改善を求める2015年の基準が提示されている^[1]。その対応技術としては、表1に示すように、吸排気系や動弁系等の可変機構の活用や燃料供給系制御の精緻化、変速システムの高効率化、過給システムによるエンジンのダウンサイジング、気筒休止、各部の摩擦や補機類損失の低減、さらには車両の軽量化等があり、コストにも配慮してこれらを効果的に組み合わせる必要がある。

ちなみに、石油ショック契機に制定されたガソリン車の燃費基準の経緯を振り返ってみると、1978年から次期の2015年基準に至る過程で、10年ごとに10数%から20数%の燃費改善が達成されており、2015年以降さらに20数%の改善に向けて漸近し、飽和域に達するものと予想される。

表1 自動車の燃費改善技術

燃費改善率		◎: 10%以上 ○: 5~10% □: 5%以下	
対象	技術	[G:ガソリン車, D:ディーゼル車]	
エンジン	新方式	◎直噴ガソリン(G) ◎ミラーライバル	◎ハイブリッド化 ○リンカーン(G)
	制御	○アイドルストップ □空燃比・点火時期制御の高精度化(G)	□減速時燃料カット
	機構	□4弁化 ○可変弁機構(VVT等による可変圧縮比) ◎可変気筒機構	○可変ターボ過給 ◎エンジンの小型化
	摩擦低減	□潤滑特性の改善	□運動部の軽量化
駆動・伝達系	○無段変速機(CVT) □ATの電子制御化	○自動化MT □ATの多段化	
車体		◎軽量化(樹脂、軽金属、超高張力鋼の利用) ◎空気抵抗低減(高速時) □低転がり抵抗タイヤ	
	その他	□補機類の高効率化 □廃熱の利用	

*) 早稲田大学大学院創造理工学研究科 教授

参考文献 [1] 2015年度乗用車等の新しい燃費基準の最終取りまとめ, http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090202_2_.html [2] ULSAB-AVCの取組み, <http://www.jfe-holdings.co.jp/release/nkk/0201/0131.html> [3] 今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(中央環境審議会八次答申) 2005年

[4] 大聖「今後のディーゼル車の排気浄化技術に関する動向」, No.19-06シンポジウム「ディーゼルクリーン化を目指す最新後処理・燃焼技術」, 自動車技術会(2007年1月)

[5] クリーンディーゼル乗用車の普及・将来見通しに関する検討会報告書, 経産省, 2005年4月, <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g50418b01j.pdf>

[6] 木原, 大聖「高性能ハイブリッド自動車の研究」山海堂, 2005年

成層燃焼を行うリーンバーン直接噴射方式は、有力な燃費改善技術であるものの、浄化率の高い三元触媒は使えず、高性能のNO_x還元触媒システムが必要とされ、その性能維持のため石油業界の自主的取組みによって2005年から10ppm以下の低硫黄ガソリンが市場に導入されている。しかしながら、上述の超低排出レベルの達成が難しく、コスト高も手伝って、残念ながら採用が見送られているのが現状であるが、わが国のメーカーが先導する技術として今後の再登場が強く望まれる技術である。

さらに、車両の軽量化も極めて重要な燃費向上技術であることを指摘しておきたい。これによって動力システムが小型化され、排気浄化の負担も軽減される効果がある。強度を従来比で2倍から3倍向上させた超高張力鋼の採用が提案され、車重を20~30%減らして20数%の燃費向上が可能なが実証されている例がある^[2]。わが国の鉄鋼メーカーはこの分野で先行しており、部分的な採用が始まっているが、加工性やコスト、品質・生産のグローバル化への対応の課題を克服して、さらに大幅な軽量化が広く普及することが期待される。軽金属やプラスチックの利用も含めて、衝突安全性や事故の未然防止を目指した先進的な安全技術の研究開発を促す新たな動機付けにもなることを付言しておく。

3. ディーゼル車の排出ガス対策

ディーゼルエンジンは燃料経済性や高出力、耐久性が要求されるトラック・バスにとって今後とも主流であり続ける原動機であり、ガソリンエンジンに比べて熱効率が2~3割よくCO₂の排出抑制には有効である。その反面、不均一な噴霧燃焼に起因して同時に排出されるNO_xと黒煙・粒子状物質(PM)に対しては、図1に示

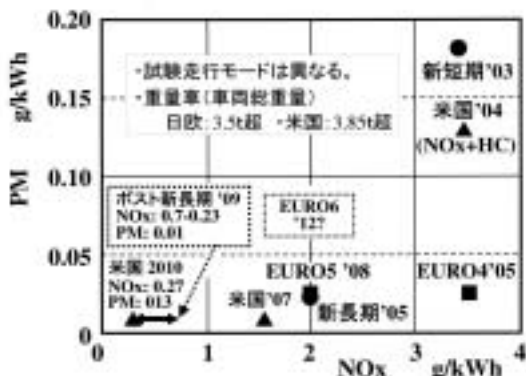


図1 日米欧のディーゼル重量車NO_xとPMの規制の比較

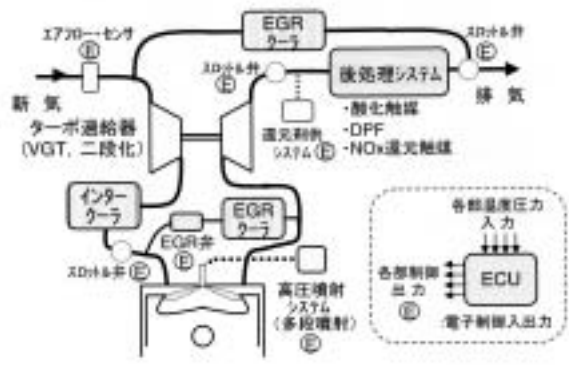


図2 ディーゼルエンジンの排出ガス対策例

すように、2009年以降、日米欧ではガソリン車並のクリーン化が求められる^[3]。

その対策として、図2に示すような対策システムが開発されつつある^[4]。NO_x対策として排気再循環(EGR)や噴射時期制御、燃費とPMの改善策として、可変ターボ過給システムや柔軟な電子制御が可能なコモンレール式の高圧噴射システムが利用される。また、排気後処理技術のうち、健康影響への懸念やEUで始まる粒子数規制への対応からディーゼルパーティキュレートフィルター(DPF)が不可欠である。さらに尿素SCRあるいは吸蔵型NO_x還元触媒の併用が必要となり、燃焼技術との役割分担や信頼耐久性の確保、システム全体のコスト抑制等の課題を克服しなければならない。それらはいずれは地域やメーカーを越えて最適なシステムへと収斂するものと予想される。

なお、EUにおいて、ディーゼル乗用車はターボ過給と高圧噴射による良好な燃費や低中速での高いトルク特性、静粛性が好まれ、乗用車全体の約5割を占める状況にある。

一方わが国では、スモークや騒音等の問題で敬遠され、市場からほとんど姿を消しているのが実情である。日米の次期規制適合車の市場投入を準備しているわが国のメーカーもあり、石油精製における製品バランスとCO₂抑制の観点からも、登場が期待される場所である。それには高い浄化性能のNO_x還元触媒の開発とシステム全体のコストダウンが鍵になることはいうまでもない^[5]。

4. 新たな燃焼技術

最近、ディーゼルエンジンにおいて、均一予混合圧縮着火方式(HCCI: Homogeneous Charge Compression

Ignition) が注目されている。極めて希薄な混合気による低温着火燃焼を行わせて、NO_xとPMの生成領域を避け、かつ燃費を維持しながら排気後処理の負担を大幅に軽減することがねらいである。その実現には、多段噴射方式が有用であるが、着火の制御が難しい上、高負荷条件では極めて急激な燃焼になるため、現状では部分負荷条件に限って一部で実用化されている。この種の燃焼は、実際には噴射燃料の混合気形成の不均一性が残るので、予混合圧縮着火(PCCI: Premixed Charge Compression Ignition) と呼ぶ方が適切であり、詳細な現象の解明や制御方式の開発も今後の課題といえる。

この燃焼方式は、ガソリンエンジンでも、低速・低負荷での燃費改善と大幅なNO_x低減をねらいとして適用の可能性が追究されている。混合気の希薄化、可変弁機構等による高圧縮比化、EGRガスや残留ガスの利用等を図り、さらには混合気の成層化と火花点火を併用する等の方式もある。ディーゼルエンジン側からのアプローチとの類似点もあり、両エンジンの燃焼技術の接近が興味深い。

ガソリン乗用車は成層燃焼やこのような燃焼方式の組合せによって一層の燃費向上が可能であり、ディーゼル乗用車の燃費にかなり近づくと予想される。ガソリンエンジンは、これまで可変機構等の導入に伴うコストアップを量産効果によって克服してきたことも大きな強みといえよう。

5. 従来技術の進化と新システム・新燃料の導入

ガソリン車とディーゼル車は、2010年前後に予定されている最終的な排出ガス規制に適合した上で、一層の燃費技術が進化を続け、今後20年から30年にわたり主

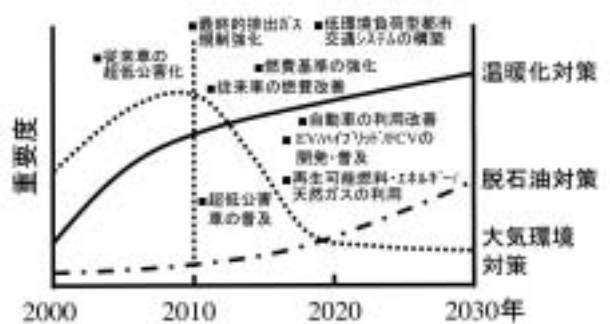


図3 今後の自動車の環境・エネルギーに関する研究開発と政策の重要性

要な地位を保ち続けるものと予想される。それと同時に、これらの燃費・エネルギー効率を超えるハイブリッド車や電気自動車、燃料電池車、さらにはバイオマスを含む新たな動力システム車や新燃料・エネルギーの利用技術の開発と実用化の可能性を検討すべき時期が到来しているといえよう。特に、ガソリンハイブリッド車の燃費はディーゼル車のそれを超えており^[6]、それをさらに上回るにはディーゼルのハイブリッド化が決め手となるが、コストアップの抑制が大きな課題となろう。

乗用車を対象に筆者が行った各種技術の燃費とCO₂削減の将来予測を表2に示しておく。このような従来技術の改善と新技術の発展を目指し、大気環境の改善から地球温暖化の抑制に向けて低燃費技術や新燃料の利用により重点を置いた取組みに移行すべきであり、その意味で京都議定書の目標達成はゴールではなく出発点と考えるべきであろう。

本稿では詳しく触れなかったが、今後の一層のCO₂削減のためには、ここで述べた技術開発と同時に自動車の利用に関わる諸対策も持続的に進めることが不可欠である。それには、情報通信技術を活用した高度道路交通システム(ITS)をはじめ、物流システムの高効率化、鉄道や内航海運へのモーダルシフト、公共交通機関の利用促進、自動車に過度に依存した商慣行やライフスタイルの見直し、さらには環境に配慮した交通網や都市構造の長期計画等が含まれる。

このような研究開発と政策に関わる重要性の将来トレンドを私見として図3に示すが、これらの大気環境の改善と地球温暖化の抑制、化石燃料の節減に向けたわが国の取組みの成果については、モータリゼーションが進展している途上国でも活かされることでグローバルな貢献を果たし得ることを大いに期待したい。

表2 将来における各車種の効率比較 (現在のガソリン車基準, 将来: 2020~2030年)

各車種	相対総合効率	相対CO ₂ 排出量
■現在のガソリン車	100(基準%)	100(削減率%)
☆将来のガソリン車	120~135	83~74 (17~26)
■現在のディーゼル車	115~125	87~80 (13~20)
☆将来のディーゼル車	140~150	71~67 (29~23)
☆将来のガソリンHV	150~220	67~45 (33~55)
☆将来のディーゼルHV	160~240	63~42 (27~58)
☆将来のEV(軽サイズ)	200~250	25~20 (75~80)
●バイオマス燃料の利用	—	97~93 (3~7)
●車両の軽量化	115~125	87~80 (13~20)

【仮定】・総合効率=燃料効率×車両効率
 ・EV電源における化石燃料火力の熱量割合: 50%
 ・バイオマスの熱量換算割合: 5~10%
 ・車両の軽量化: 20~30%