

将来エンジンを想う

鈴木 孝

日野自動車工業株式会社
〒191 東京都日野市日野台3-1-1

Thinking about Future Engine

Takashi SUZUKI

Hino Motors, Ltd.
3-1-1 Hino-Dai, Hino-shi, Tokyo 191

In the air, on the sea and on the land, engines for transportation have abruptly changed in the last 50 years since the WWII. For example, concerning the railway locomotive, it changed to the electric train from the steam locomotive in Japan. Also in many other countries, diesel engine locomotives and electric locomotives are expanding their use. The reasons were economy and environment.

During this time, the internal combustion engine technologies develops amazingly include lean burn in spark ignition engine, and high pressure fuel injection, multiple fuel injection and bulk combustion in diesel engine and others.

The candidates of new prime mover for the next century are being researched and proposed by several researchers. Although the ultimate zero emission fuel will be hydrogen, its production without any emission have been tried in Japan. All these activities for future prime movers proceeding with dreams of engineers.

1. はじめに

18世紀に誕生した大気圧蒸気エンジンは産業革命の発端となり爾来、技術の進歩と共に先進国の社会は限らない利便性を享受してきた。しかし今日、人類社会は開発途上国の進展と共に深刻な環境問題に直面している。ここで取り上げる移動用動力としてのエンジンは、そのエネルギーを化石燃料に求めて来たため、第二次大戦後の爆発的なモーターゼーションと共に排気による環境汚染に大きく関与してしまっている。ここでは環境問題を念頭に置きながら、将来のエンジンを想って見たい。想うという表現は論ずるとするには浅学が邪魔し、その取り扱うべき根拠に欠けるからである。

2. 動力の50年を振り返る

第二次大戦以降、移動用動力は空、海、陸とも大幅な変革を遂げた。

航空用では主力であったガソリン・エンジンはジェット・エンジンににとって代わられたが、かつて燃料消費量の低減を目指し、極めて多くの航空用ディーゼル・エンジンが試作され研究されていた。しかし、それらはことごとく敗退して

いる。ディーゼル技術が未熟であったこともあるが、直接の原因は排出ガスの煙と臭い、つまり環境問題と、ガソリン・エンジン並みの軽量化を計ったための耐久性不足などであった。ピストン・エンジンがジェット・エンジンに変わった直接の動機は航空機に対する要求ではあったが、その後の発展は経済性においてもガソリン・エンジンを遥かに凌駕するに至っている。ジェット化された以後、さらなる速度の向上を求めたコンコルドの失敗は未だ耳目に新しい。その原因はジャンボ・ジェットの3倍にもなる経費（一人当たり）と、周辺への騒音であった。

大型商業用船舶は蒸気タービンが消え、100%ディーゼル・エンジンとなった。ただし軍用は小型軽量のガス・タービン、長大な航続力を持つ原子力エンジンなど用途に応じて使い分けられている。

大中型トラック用エンジンは戦後各国とも一斉にディーゼル化した（アメリカは遅れた）。これは戦争に使用された軍用車両の経済性が一般に認識された事が大きい。また1950年以降大型車はヨーロッパを中心に急激に直接噴射式エンジンに移行したが、これは1950年に発足したヨーロッパ石炭鉄鋼共同体（ECSC）に端を発する経済圏の拡大に伴う長距離輸送の増加と共に、エンジンの燃費並びに耐久性の要求が厳しくなったからである。鉄道車両については蒸気エンジンは姿を消し日本では殆ど電化されているが、諸外国では未だディーゼル車が多い。これらもエネルギー効率の他、環境問題が主要因である。

この様に大きく世代の交替が行われたエンジンの世界の中で一人乗用車用のみが、ガソリン・エンジンの王座を保っている。厳しく問われた環境問題は三元触媒によって大幅な改善が達成され、軽量コンパクトの特徴は経済性の要求を抱えていても他への代替を許さなかったからである。しかし近年、小型ディーゼル・エンジン特に直接噴射式の進歩と、CO₂、経済性の観点から日米を除きディーゼル化が進んでいる。

3. 自己の技術を振り返る

日本のすべての技術に言えることであるが、西欧のそれに追いつかない内に第二次大戦になり、そのため技術ギャップが一層拡大していた状況が50年前であった。勢い模倣と技術導入が主体となり私共も例外ではなかった。事例の参考として私共の例をご紹介します。

1967年、ディーゼル燃焼の本質を会得し得ないままの、直接噴射式の模倣は手痛い失敗をもたらした。オーバー・スクエアによる有効燃焼室容積の減少を見落とした基本的ミスであった。但し時流を見通した決断は評価さるべきで、結果的には後日の成功をもたらす事につながった。同じ頃のM燃焼方式の導入は成功はしたがM方式の技術限界に対する評価において文化のギャップを認識することになったが、環境問題（臭い）および耐久性の限界を見通しての早期の撤退は正解であった。1981年の高過給エンジンの開発で、世界に先駆けての幾つかの新機構を採用することが出来、漸くまがりなりに独自技術と言えるところに来たのでは無いかと思う。

4. 燃焼の発展

排ガス対策研究の結果、エンジンの燃焼研究は世界的に大きく進歩した。デ

ディーゼル・エンジンについて言えばシリンダー内空気流動、特に乱れの把握と活用が燃焼改善に大きく寄与し、1975年に実用エンジンに応用された。1976年には乱れエネルギーの散逸をベースとする燃焼モデルが提案され、今日でもこれが基本となって発展を続けている。1987年、新燃焼システム研究所が産官の共同で設立され、高圧燃料噴射の研究が精力的に推進されたが、その成果は、その研究体制と共に世界的に注目された。今日、高圧燃料噴射はディーゼル燃焼の基本となり、高圧化をベースに極めて多種の燃料噴射システムが世界の各社から発表され実用化しつつある。かつてディーゼル・エンジンの燃焼室の方式が多岐を極めた時代があったが、今日の多岐を極める燃料噴射システムが淘汰されるものなのか否かは俄かに判断はできない。一方ウイスコンシン大学のグループは膨大な配列のマルチ噴射のパターンの中からNO_x、PMの低減に効果的な配列を見出し、且つそれにEGRを併用することで低公害ディーゼル・エンジンの実現を示唆した。

1995年、ディーゼル・エンジンにおいて、いわゆるバルク燃焼が、殆どゼロに近いNO_xと煤の排出量であることから俄かに注目を集めたが、これは新燃焼システム研究所(ACE)の後を継いだ新ACEとトヨタ自動車とが独立にほぼ同時に発表したものである。かつて1959年に発表されたVIGOM燃焼の再現と言えればそれまでであるが、最新の技術背景の中で他の技術との組み合わせ等も含め、その発展が期待される。

ディーゼル・エンジンに対する触媒の研究も着実に進んでいる。もともと触媒はかつてACEで発表された触媒エンジンに見られるように、その組み合わせも含めると大きな可能性を秘めるものであり今後の発展が期待できる。

一方ガソリン・エンジンにおいては1996年、リーン・バーンのシリンダー内直接噴射方式が三菱自動車およびトヨタから発売され、その低燃費性が大いに注目されている。リーン・バーンによる低燃費の実現は1938年に航続距離の世界記録を達成した航研機を嚆矢とし、またシリンダー内直接噴射は二次大戦中のドイツの航空エンジンには多用されていたが、空燃比約40以上を負荷変動の多い自動車用で達成したことは特筆に値する。因みに航研機の場合は空燃比は約19であった。

5. これからのエンジンは？

ディーゼル・エンジンの問題はNO、PM等排気物質と共に燃費である。ガソリン・エンジンの問題も燃費の他、NMHC等の排気物質である。つまり半世紀の間エンジンとして懸命に辿ってきた道は今だ半ばにも至っていない事に気付く。グローバルの観点からはCO₂は排出量ゼロが望ましいし、都市型の大気汚染もさらなる改善が求められている。

この様な背景で新たな新動力の提案が相次いでいる。一つはアメリカのPNGVプロジェクトにおけるビッグ3の提案で共にディーゼル・エンジンと電力とのハイブリッドで、燃費を現在の1/3を目指している。アメリカにおけるもう一つはLE55プロジェクトでこれは低公害、熱効率55%を目標とするものでデトロイト・ディーゼルなどが真剣に取り組んでいるがベースはDIディーゼルである。

燃料電池は数年前よりアメリカで試行されて来たが、トヨタ自動車でFCEVとして発表された。カナダのバラード社ではバッテリーを省略する試みがなされて

いる。

アメリカのジェオメット社ではロケット・ボイラーと称し水素・酸素のロケット・エンジンを利用した蒸気エンジンで、無公害化をめざしている。

究極の無公害燃料は水素である。水素エンジンの研究が日本で先行し、またその製造法を含めた活用研究がNEDOを中心として推進されていることは同慶の至りである。

6. むすび

ここ50年で、エンジンの主体は外燃機関から内燃機関に変わったとは言え、日本の鉄道車両は既に殆ど全てが電気動力であり、諸外国の趨勢もこれに倣うことは疑いない。航空用は更なるスピードと宇宙空間を目指しバリエブル・サイクルやスクラム・ジェットが胎動している。ディーゼル・エンジンの熱効率を越えるエンジンが生まれないとすれば船用におけるその王座は揺るぎそうにない。最も過酷な外的条件つまり環境問題に晒されているのが自動車用エンジンと思える。

都市交通を主体としていろいろな形のハイブリッド・システムは増加しようが、出力密度、エネルギー密度の点からレシプロ・エンジンは生き残る。ディーゼル・エンジンとガソリン・エンジンはそれぞれの問題点に対し今以上の多くの情熱とチャレンジが果たされ、生まれ変わって来るに違いない。そしてシェアの変動はあろうが並存する。

ハイブリッド・システムに対する無限の組み合わせは技術屋の夢を沸きただせずには置かない。2次大戦末期に出現したV-2号ロケットのエンジンを利用した無公害車がかつて誰が想像したであろうか。

一方、化石燃料はいろいろな形で改質が進み、またDMEなどのニューフェースが実用される可能性もある。全体として化石燃料のシェアは下がるであろうがエンジン並びに燃料自体の改善技術により生き残るであろう。しかし、CO₂の排出がゼロとなる究極の燃料は水素である。隅田川から発見された細菌と、ごみと太陽とから既に水素が出来ている。技術屋の将来は夢とロマンに満ちている。