

## はじめに

自動車用エンジンといえば、今日でも主流はガソリンエンジンとディーゼルエンジンになっています。しかしながら、2015年以降は主に欧州の政治的思惑や議論によって、EV(電気自動車)への転換が主流になるように方向づけられているように思います。そのような流れの中でエンジンは「時代遅れ」であるかのような世論も多くあります。

EVという選択肢は、カーボンニュートラルのための手段であって目的ではないわけです。EVにすれば脱炭素問題が解決するなどという簡単なものではありません。その時のムードに流されてEVが良さそうに思えても、しっかりした技術的な裏付けがないと間違った方向性を選択することになります。このことは、政治的な思惑があつてのことなのはもちろんですが、世界の自動車メーカーのすべてがEVに突き進んでいるわけではありません。多くの自動車メーカーではエンジンの熱効率向上への取り組みが続けられています。

エンジンの役割は燃焼室内で燃料をどのように燃焼して、どのように動力として取り出すかに尽きますが、その大きなポイントが燃焼以前のガス組成の制御ができるかどうかです。それができるのが4サイクルエンジンです。

エンジンはこれまで、動力源としての機能である出力向上はもちろん、排気ガス対応や燃費改善が続けられてきました。そこにどのような課題や技術的な意味があつたのか、これまでの様々な技術についてふり返り、取り上げて見てみることで、新たな見方や知見を提供できると思いました。

自動車は多くの人に馴染みがありますが、二輪車や携帯型エンジン商品となると、エンジンが動力の商品であっても、比較的馴染みが少ない方が多いと思います。それぞれ、用途によって求められるエンジン技術は必ずしも自動車と同じではありません。しかし、これまで自動車用エンジン以外についてはあまり説明されてきていないように思います。

そのため本書では、自動車用の4サイクルエンジンだけでなく、2サイクルエンジンや携帯型エンジン、さらに空冷エンジンや高速型エンジンの技術についても説明しています。

自動車エンジンより小型だから、二輪車や携帯型エンジンの技術が低いというわけではありません。用途や目的が違えば技術課題も異なるということです。そのため、これらあまり知られていない分野のエンジンについても、どのような狙いで開発されたのかなど技術開発の歴史を知ることは、エンジンに興味を持つ人にとって有用ではないかと考えます。

例えば、趣味性の高い乗り物用エンジンは「静かで速い」だけでなく「楽しさ」も求められます。乗り物としての楽しさを演出するためのエンジンの要件は、燃費や排気ガスだけではないのです。

このように用途が異なればエンジンに求められる要件は異なります。それをどのような技術で解決してきたか、多くの人が知っているようなありきたりでない、“そうだったのか”と思ってもらえる説明内容とすることを心掛けました。

技術を進化させるのは、商品として魅力を高めて市場に受け入れてもらうためです。新しい技術によって商品の魅力で先行できると市場で優位に立てます。市場で受け入れてもらうための課題はユーザー個人の満足のためのものから、社会的な課題を解決するためのものまで様々です。その中でエンジンの技術進化の占める役目は大きかったわけです。それらをどのように解決するかが技術で、新たな考え方で先行すると優位に立てます。しかし、競合相手は別のやり方を提案してきます。すると、新たな技術的課題が生じ、そのために開発された多くの技術が集中します。それが技術開発の変遷となります。それらの変遷の中から、主な技術を取り上げて説明しています。

今日のエンジンは搭載された商品の扱いやすさや快適さ、信頼性など、ユーザーの従来からの評価指標に加えて、社会的課題となっている燃費改善、即ちカーボンニュートラル実現のためのCO<sub>2</sub>削減が焦眉の急となっています。そのため、これについてもできる限り理解してもらえるように説明しています。

技術には流れがあります。いきなり全く新しい技術が出現するわけではありません。何事も従来技術をベースにしたものです。そのため、かつての代表的な技術から説明して、流れで理解できるようにしました。具体的には、エンジンが新たな課題を突き付けられたのは排気ガス対策の時代からであるので、それ以降のエンジン技術についても説明しています。

また、売れた商品は技術も評価されますが、売れないためにその技術が評価されないこともままあります。技術的に優れているかどうかは、商品として売れたかどうかとは関係ありません。時代によって受け入れられる技術と、残念ながらそうでない技術があります。優れた技術であってもあまり知られていない技術も多くあります。それらについてもできるだけ取り上げています。

単なる技術解説でなく、当たり前に使われている技術が、多くの方に“そういうことだったのか”と認識していただけることを目指しました。エンジンに関心のある方に満足していただければ幸いです。

# 目 次

## はじめに／2

### 第Ⅰ章 エンジン生き残れるか

1. 自動車用エンジンを取りまく現状 …………… 7
2. 今後のガソリンエンジンは …………… 10
3. 生き残るためにエンジンは進化した …………… 11
4. そして4サイクルエンジンが残った …………… 16
5. 結局はガソリンもディーゼルも同じ …………… 19
6. 排気ガス特性と清浄化 …………… 20
7. 特性を活かさない生き残れない …………… 23

### 第Ⅱ章 もっと知るエンジン作動特性

1. シリンダ内のガス組成はこんなに違う …………… 26
2. ポイントは低温での急速燃焼 …………… 30
3. 燃費の指標は  $q - T$  特性 …………… 53
4. 燃費を良くするベースは摩擦の低減 …………… 56
5. もっと考慮したい排気ポンピングロス …………… 62
6. 燃費改善の基本は狭角4バルブ …………… 66

### 第Ⅲ章 適合性を高める可変装置

1. 吸気の動的効果をもつ吸気制御装置 …………… 70
2. 運転条件に合わせる可変動弁装置 …………… 77
3. ガソリン圧縮着火 (HCCI) が可能にする  
超希薄燃焼 …………… 89
4. 基本諸元可変装置 …………… 93

## 第IV章 2サイクルエンジンの特性と欠点の原因

1. 高出力が2サイクルの特徴 …………… 98
2. 2サイクルでは避けられない低負荷時の  
不整燃焼、排気ガス低減の壁 …………… 102
3. ガソリン圧縮着火の先駆者は2サイクル …… 110
4. 2サイクルエンジンの可能性 …………… 112

## 第V章 設計が難しい空冷エンジン

1. 空冷エンジンの冷却 …………… 124
2. バルブクリアランスの維持 …………… 127
3. 空冷エンジンのシリンダ配置 …………… 129
4. シリンダヘッド締め付け部の設計 …………… 133
5. 空冷エンジンのクランク軸受 …………… 135

## 第VI章 産業用小型エンジン

1. 新機能でシェアを逆転した汎用エンジン …… 137
2. 芝刈り機用バーチカルエンジン …………… 141
3. 携帯型2サイクルエンジン …………… 144
4. 携帯型4サイクルエンジン …………… 150

## 第VII章 もっと知るエンジンのあれこれ

1. 高速回転の難しさ …………… 159
2. 人の感覚とエンジン特性 …………… 173
3. 実用的な4サイクルのトルク特性 …………… 182
4. 1スロットルと多連スロットル …………… 184

5. 負荷によって異なる回転変動 .....	187
6. クランクケース過給エンジン .....	190
7. 狭角V型エンジン .....	192
8. 水噴射エンジン .....	194
9. 水素エンジン .....	196

#### **第Ⅳ章 今後の動力源**

1. 電動車用エンジン .....	199
2. 適者生存 .....	205
3. EVは成長期への移行が可能か .....	208

**参考資料／214**

**資料協力／214**

**おわりに／215**

---

---

# 第 I 章

## エンジンは生き残れるか

---

---

### 1. 自動車用エンジンをとりまく現状

～環境対応車=EVではない～

地球温暖化対策としてパリ条約に定めた国際的な枠組みとして、2020年12月に政府は「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を決定しました。原発依存を減らす再生可能エネルギーの導入や省エネルギー技術の導入による、国を挙げてのエネルギー転換プログラムです。産業構造の大転換が起きることも予想され、すそ野の広い自動車産業に大きな影響が出るのが心配されます。何より、カーボンニュートラル=電気自動車(EV)と理解したメディアの伝え方もあったと思いますが、少なからぬ動揺がありました。

EVは走行時のCO<sub>2</sub>排出量がゼロであるため優れた環境対応車と考えられますが、その電気を作るため発電時にはCO<sub>2</sub>が排出されます。火力発電の割合が多いとCO<sub>2</sub>も多くなるので再生可能エネルギーの発電促進が必要となります。EVが増えれば問題は大きくなります。自動車業界だけの問題とはなりません。

世界エネルギー機関が2017年に自動車のドライブトレインに関する技術普及のシナリオを示しましたが、それには2040年にEVは15%、燃料電池自動車(FCV)は1%、プラグインハイブリッド車(PHEV)及びハイブリッド車(HEV)が残りの80%以上となっています。エンジン付き電動車

---

---

## 第Ⅱ章

# もっと知るエンジン作動特性

---

---

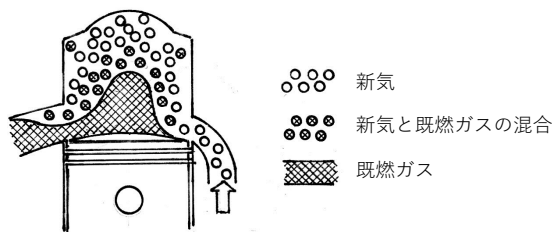
いまさら、教科書的にエンジンの作動について説明しようというわけではありません。4サイクルエンジンが生き残ったのには理由があるわけですから、ここからは作動特性からエンジンの持って生まれた特徴を整理してみます。

### 1. シリンダ内のガス組成はこんなに違う

～同じエンジンでも作動特性で燃焼の仕方は異なる～

エンジンはシリンダ内に供給する燃料の量によって出力を制御します。正確には発生する熱エネルギーに比例するという事です。シリンダの中に燃料と空気を入れて燃焼させますが、その時のシリンダ内のガス組成には大きな違いがあります。

4サイクルガソリンエンジンは、排気行程でシリンダ内の既燃ガスを押し出した後、続く吸気行程で新気を吸入します。シリンダ内に何も無い状態から新気を吸入するわけです。細かくいうと、燃焼室内には排気できない残留ガスがありますが、圧縮比分の量ですから問題にはならないと考えたと、ピストンの下降によってスロットルバルブで絞られて吸気バルブを経て流入する新気だけがシリンダ内に存在することになります。スロットルを大きく開くと行程容積分の新気が吸入されますが、スロットルの部分開度では開度に見合った量の新気が吸入されます。このように、シリンダ



図表 2-2 掃気過程の概念

気ポートから圧縮された新気が流入することによって既燃ガスを追い出して新気と置換します。掃気という行程です。シリンダ内に存在するガスの総量は常に一定で、残留ガスに対する新気の割合が多いか少ないかが異なります。スロットル開度によってガスの割合、即ち混合気の質を変化させているのが2サイクルエンジンの特徴です。

掃気の過程が解明されているわけではないですが、**図表2-2**のようであると考えられています。新気がシリンダ内に流れ込むと、既燃ガスを押し出します。その時に既燃ガスと新気との境界では速度の違いによって渦が発生して混合します。その状態で一部は排気ポートに逃げていく「吹き抜け」と呼ばれる現象が発生します。ピストンが上昇して排気ポートが閉じるまで、シリンダ内のガスを排気ポートに押し出すのでこの間で大きな吹き抜けが発生します。静的にはシリンダ内には排気ポートが閉じられた時の容積のガスしか残っていないわけです。

このように、掃気行程から逃れられないのが2サイクルエンジンの宿命です。排気ポートが上昇するピストンで閉じられてから圧縮が始まりますが、定性的には、どのような状態でもこの時のガス総量は一定だからです。そのため、スロットル開度に関わらず点火前の圧縮圧力は同じになります。

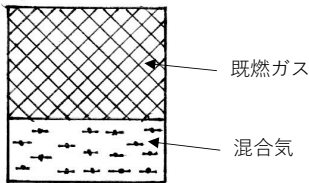
スロットル部分開度時の低負荷でも、高い圧縮圧力に加え高温の残留ガスによって点火前の温度が上がりますから、大量の残留ガスの中に少ない新気量という、燃焼しにくい状態でも燃焼が行われます。



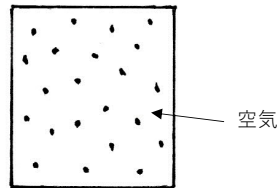
このように、4サイクルエンジンでは燃焼不可能な大量残留ガス割合の状態でも、2サイクルエンジンが運転できている要因の一つには点火前の温度があります。そのため2サイクルエンジンはスロットル開度や回転数などの運転条件が変化しても、一定の点火時期でも支障なく運転できる、アバウトで構わない特徴があります。細かいことはいわなくても2サイクルエンジンは回るのです。別の言い方をすれば、2サイクルエンジンはとても優れたエンジンであるともいえます。

4サイクルディーゼルエンジンはというと、スロットルなしであるため吸入する空気量は常に行程容積分であり、高圧縮することによって燃焼室内を高温・高圧の状態にして噴射した燃料に着火し燃焼させています。燃料が噴射されてから気化、拡散、自己着火、燃焼という過程が非常に短い時間で行われるわけです。ガソリンエンジンのように混合した燃料を燃やすわけではないので、噴射された燃料が空気と十分混ざり合うだけの時間がなく不均一な混合気となります。吸入する空気量は一定なので、負荷に応じて燃料の割合を変化させることによって出力を調整しているのがディーゼルエンジンの特徴です。そのため燃焼には必要ない過剰な空気が運転条件によらず常にあるわけで、常に希薄燃焼の状態です。

即ち、吸入した空気が燃焼に使われない割合があるので供給できる燃料が少なく、1サイクル当たりの熱発生量、つまりトルクが小さくなります。しかし、低回転でもトルクが出せるので低速トルクに優れたエンジンとな



図表 2-3 2サイクルガソリンエンジンのシリンダ内模式図



図表 2-4 4サイクルディーゼルエンジンのシリンダ内模式図

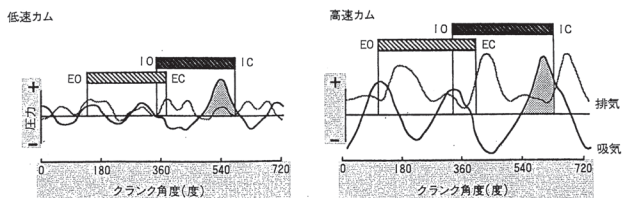
# 第Ⅲ章

## 適合性を高める可変装置

### 1. 吸気の動的効果をもつ吸気制御装置

～運転条件に合わせるのが基本～

狭角4バルブでエンジンの考え方について方向性が決まりましたから、その次には低速も高速も優れたエンジンを目指すことになります。自動車用エンジンは吸気系の動的効果を利用することによって、出力向上を図ることが行われてきました。吸気管内の圧力波を制御することです。吸気バルブの開き始め時期には吸気管内の圧力を高めて燃焼室内の掃気を良くし、吸気バルブの閉じ終わり時期には流れている吸気流の慣性を高めて多くの吸気をさせるという考え方です。昔から考え方は知られていましたから、実現するためにこれまでにいろいろなやり方の特許が出願されてきました。燃料噴射が採用されることで、吸気系を積極的に出力向上に利用できるようになったわけです。電子制御による可変技術の進展によって実用化されたものも多くあります。図表3-1に吸気制御に加えて後述するバ



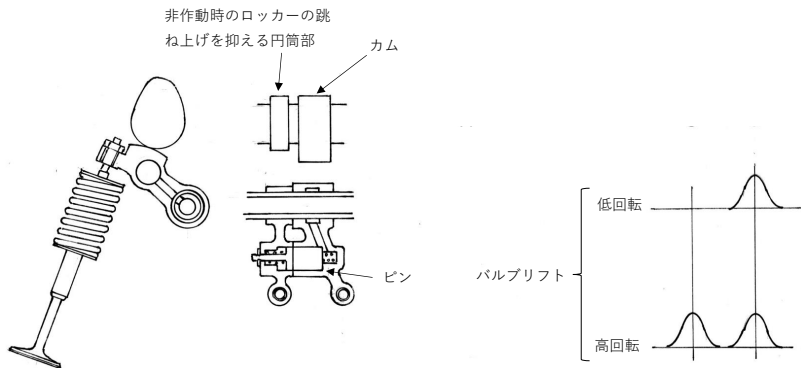
図表 3-1 V6 エンジンの吸排気ポートの圧力波形

一方、1983年12月にホンダから二輪車エンジンにREV(Revolution-modulated Valve control)と呼ばれる可変動弁装置が採用されました。回転数応答型バルブ休止機構です。吸気2バルブのうち、低回転で1つのバルブを休止させるものです。バルブごとにそれぞれのロッカーアームを用いて、油圧によるピンの出し入れによってロッカーアームの接続を切り換えるものです。カムは1つで、作動させるロッカーアームを1つもしくは2つに切り換えます。高回転では2バルブで性能を維持しながら、低中速域では1バルブでトルク向上とスワールによる燃焼改善によって、乗りやすさと燃費改善を図るものです。図表3-13に示します。

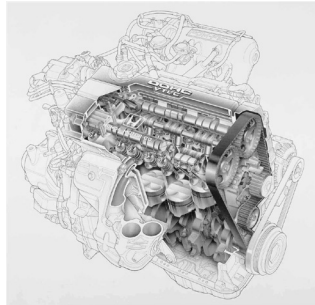
それまで、低回転と高回転とのそれぞれで、バルブの作動に求められる特性は図表3-14に示すように異なるものと考えられていました。カタロ



図表 3-12 ホンダ CBR-400F (REV 搭載車 /1983 年)



図表 3-13 ホンダ REV



図表 3-16 ホンダインテグラ XSi (VTEC 搭載車 /1989 年) と VTEC エンジン透視図

ことで、全域の高性能化が実現されました。現実的にエンジンの運転回転数の範囲を10以上に広げたわけで、自然吸気の自動車用エンジンで初めてエンジンのリッター当たり馬力(排気量の違うエンジンを同列で比較するために1,000ccあたりに換算して馬力を比較する見方)が100PSを実現し、のちにタイプRという市販車の出現につながりました。

その後、VTECを排気側にも備えるとともに、**図表3-17**に示す希薄燃焼エンジンのために3段階に制御できる3ステージVTECや、吸・排気バルブを停めるバルブ休止も加えて6気筒を負荷に応じて4気筒、3気筒運転を可能とする気筒数可変機構などに展開されていきました。

日産では、ロッカーアームとサブロッカーアームの接合を油圧によるレバーによって低速用、高速用のカムを切り換える、NEO-VVLが開発されました。

トヨタではロッカーアーム内のロックピンが油圧によって移動し、スリッパを固定することで高速カムに切り換わるVVTL-iが開発されました。

---

---

# 第V章

## 設計が難しい空冷エンジン

---

---

### 1. 空冷エンジンの冷却

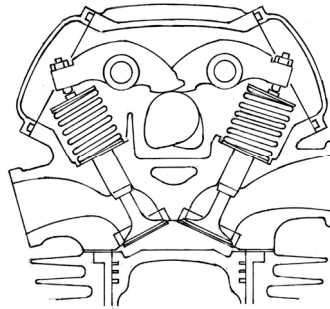
～冷却フィン面積を拡大しても冷却できない～

馬力を上げると発熱量が増えるのでエンジン温度も上がります。シリンダもシリンダヘッドも冷却を強化することが必要となります。当然です。シリンダヘッドとシリンダとの受熱量はシリンダヘッド7、シリンダ3の割合といわれています。特に冷却すべきはシリンダヘッドです。シリンダヘッドの温度は排気ガス濃度には影響は少なく、出力には影響が大きいことが分かっています。シリンダヘッドは積極的な冷却が有効です。

二輪車のような走行風によって冷却しているエンジンは、冷却条件が厳しいので設計が難しくなります。走行風といっても、前にはフロントホイールがありますから、風が当たらないように邪魔しているようなもので、実際にエンジンに当たる風は少ないのです。走行風による自然空冷は二輪車エンジンだけのように思います。

風を当てて冷却するのですから、空冷エンジンは放熱面積を増やすために冷却フィンを設けているのだと思われているところがあります。これは必ずしも正しくありません。温度の低いところにフィンを設けても、それだけで十分には冷却できません。「ビュンビュン」風が当たるわけではないのです。

空冷V型2気筒エンジンを搭載した二輪車があります。横から見てV型



燃烧室、吸・排気ポートまわりを肉厚にした空冷エンジンのシリンダヘッド

図表 5-2 空冷エンジンのシリンダヘッド周り

差を大きくすることで効率的な冷却が可能となります。少ない冷却風でも冷却を可能とするために必要な設計の考え方です。フィンを薄くしたのは先端まで熱が伝わりません。フィンが冷たいのでは意味がないのです。冷却を良くしようと単にフィン面積を増やすだけでは効果はありません。

空冷で4バルブとなると、さらに難しくなります。4バルブにするのは出力を上げることが目的ですから発熱量が上がります。バルブとプラグとの間隔、バルブとバルブとの間隔が短いので、特に熱による変形を考慮することが必要ですが、高温で二股の排気ポートは表面積が大きいので、ここからシリンダヘッドの受熱が大きくなるわけで、さらに冷却を難しくすることになります。

水冷エンジンは燃烧室まわりの厚さをできるだけ薄くして、効率よく水に伝熱する設計をします。高温となる箇所には冷却水の流れを強化することで冷却できます。空冷エンジンでは肉厚を厚くして熱容量を大きくしたうえで風に当てるようにするわけです。前方から風が当たっても、後方は風の当たらないところがあります。空冷の考え方としては熱いところに風を当てて冷却するわけではありません。水冷と空冷では冷却のための設計の考え方が全く異なるのです。

---

---

## 第Ⅵ章

# 産業用小型エンジン

---

---

### 1. 新機能でシェアを逆転した汎用エンジン

～新たな価値で潜在ニーズに気づかせた～

汎用エンジンをご存知でしょうか。動力源として使われるエンジンで、日本では昔から主に耕運機やエンジンポンプなど農林漁業や土木作業を始めとする仕事用に使われているものです。国内での生産台数は年間約200万台程度です。世界の総需要は年間約2800万台程度で、最大の市場である北米では1200万台となっています。そのうち70%が庭の芝刈りに用いられる歩行型芝刈り機に用いられているものです。

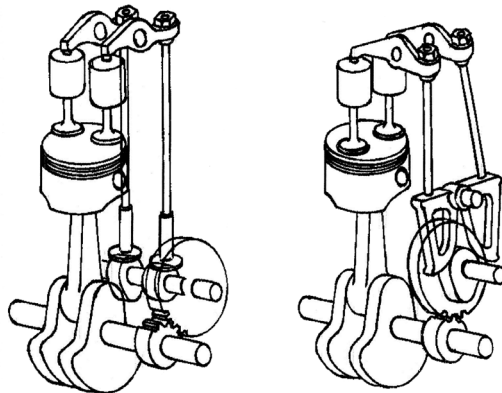
システムの中の動力源として昔から使われているものですから最高回転数も4,000rpmと決まっています。そのため、馬力は排気量で決まってきます。動力源として、ユーザーは同じ馬力なら低価格が良いわけですから、価格だけが重視されてきました。そのため、価格を下げるには部品数が少なく構造が簡単な点からSV(サイドバルブ)エンジンがずっと用いられてきました。そこには技術的な進化はほとんどなく、工場の自動化によるコストダウンと、全米にサービス網をめぐらせていつでも部品が入手できるようにした米国企業がシェアを圧倒していました。

他メーカーから出るものも似た商品ばかりで、技術的には新しいものは見られません。小型化のためにボアを大きくストロークを短くした設計で、小型になれば軽量にできるので材料費も安くなります。シリンダなど

ので、高回転化の障害になることはありません。2サイクルと同じ程度の最高回転数は得られています。バルブは軽量なのでスプリング荷重も小さく、そのためカムの潤滑はミスト状オイルで十分です。

小型になると機能的な違いが出にくいと説明しました。それでも、技術的な差別化を表わすためか、タイミングベルトを用いたOHCを採用しているものもあります。1つのカムで吸・排気ロッカーアームを作動させているものです。タイミングベルトはオイル中で使える材質とし、取付けるだけで張力を持たせるようにして、テンションなどを不要としています。「ベルトだけ」という最も簡単な構成でOHCを実現させています。画一的なOHVでない独自の設計です。

4サイクルエンジンとしては、最低限、動弁系は必要です。だからといって2サイクルエンジンよりも重くて構わないとは思いません。小型軽量は強い市場ニーズであったはずで、であれば、商品としてはできるだけ2サイクルとの質量差をなくすことが大切です。2サイクルは混合燃料を使いますが、給油が面倒だとか入手に問題があるわけではありません。4サイクルでは純ガソリンを用いますが、だからといって便利というわけで



一般的な従来OHV

携帯型エンジンのOHV

図表 6-14 携帯型エンジンの OHV 動弁装置



## おわりに

戦後の何もないところから、サイドバルブエンジンでとにかく自動車や二輪車を造り始めた日本メーカーが、次第に世界のエンジン技術に追いつき、リードするようになりました。

例えば、マツダは世界でただ一社、ロータリーエンジンの継続的な商品化を実現しました。ガソリンの圧縮着火を併用する超希薄燃焼も先駆けて商品化しました。ホンダは排気ガス規制に触媒を用いずにCVCCで適合させ、また可変動弁装置VTECで燃費と高性能を実現しました。日産はターボを一般のクルマに適用させました。トヨタは4バルブを一般化しハイメカツインカムで熱効率や運転性向上の基本となる方向性を示し、さらにハイブリッド技術で圧倒的な燃費を叩き出して世界をリードしました。三菱はGDIで直接燃料噴射の効果を示し、世界的な直接燃料噴射技術普及の先駆者となりました。他にも、1958年にホンダが二輪車のレースにおいて世界で最も権威のあるイギリスマン島のTTレースに初出場して入賞を果たし、その後、1960年代の世界二輪車レースに勝利を続けた実績は、当時の日本人に自信と勇気を与えてくれるものでした。また、4気筒の大型二輪車でも世界をリードしました。

主な技術だけを挙げて、このように世界に誇れる多くの技術が日本メーカーにはあります。新技術開発と、それを実現するたゆみない生産技術や品質保証技術の向上によって、信頼性に対する評価も勝ち得ています。これらは一朝一夕には実現できるものではありません。

かつて、ある大手電動工具メーカーが携帯型エンジンメーカーを買収して傘下にしたことがありました。自社の商品ラインナップとしてエンジン刈払機なども揃えたかったものと想像します。電動ではどうしても出力と運転時間で勝てないからです。強い営業力でそのエンジン刈払機がホームセンターに並ぶようになりました。しかし、何年か後に買収したエンジンの事業を整理してしまいました。モーターよりも技術開発や製造に手間のかかるエンジンは、やはり一朝一夕ではいけないということだったのでしょう。

エンジンの開発には、出力や効率以外にも排気ガスや振動、騒音など、モーターにはない多くの項目が必要となります。エンジンの開発には多くのヒト、モノ、カネと時間がかかります。日本のメーカーはどのようにして効率的に実現していくか、長い時間をかけて築き上げてきました。カーボンニュートラルを大義とすると、自動車のエンジン技術には課題が多いため、EVに移行して主導権を得よう、という発想は上記の例に近いように思います。今まで積み重ね築き上げてきた技術をすべて棄ててしまうのは惜しいことです。

これまで、エンジンは存亡の危機ともいえる困難な課題を乗り越えることによって、商品としての魅力を高めてきました。経営の短期的な目標を達成するためでなく、長期的な取り組みを続けてきた結果です。これからもエンジン技術の開発は、新たな課題を作り出し、「理想性」を向上させてゆくことに尽きると思います。これまでもそうであったように、新たな課題を見つけ、乗り越えてゆくことができれば、政治などに惑わされることなくユーザーは正しく理解して、間違いのない選択ができるようになります。

エンジンが開発されてきた長い歴史をふり返ってみると、馬力や効率のように、向上することが求められる機能だけでなく、機械としての騒音や振動などといった低減することが求められる機能も重要であることが分かります。自動車に限らず、静粛性や快適性を高めることは、商品全体の魅力向上のために大切であり、エンジンに求められる重要な課題のひとつです。これらの技術の変遷についてもいずれご紹介できればと思っています。

最後に、本書の出版に当たってはグランプリ出版代表取締役社長の山田国光氏、編集に際して編集部の松田信也氏に大変なお世話をいただきました。感謝しお礼を申し上げます。

井坂義治

〈著者紹介〉

**井坂 義治**(いさか・よしはる)

1946年徳島県生まれ。

ヤマハ発動機入社後、二輪車エンジン設計部門で2サイクル、4サイクルエンジンの設計に従事。その後、技術開発部門にて排気ガス対策技術開発に従事した後、二輪車初のV型4気筒エンジンの開発や世界で初めての7バルブエンジンの開発、吸気制御装置の開発などを担当。これらを通して400件以上の特許を出願。MC事業本部技術統括部エンジン開発室主管で退職。

退職後は、静岡大学客員教授、静岡理科大学非常勤講師、(株)アイデアシニアコンサルタント(TRIZ)、小型エンジンメーカー技術コンサルタントとなる。

現在は、中部品質管理協会講師。その他、ASQ(アメリカ品質協会)認定CQE。著書に『技術者のための問題解決手法 TRIZ』『QFDとTRIZ』(ともに養賢堂)、『製品開発の問題解決アイデア出しバイブル』(日刊工業新聞社)、『第3世代のQFD事例集』(共著、日科技連出版社)がある。

## 進化するエンジン技術

課題克服のための発想と展開

著者 井坂義治

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

組版 松田香里