

はじめに

最初に本書を刊行したのは1991年のことだから、約30年が経過している。技術進歩の早い現在において、約30年というのは決して短い時間ではない。ル・マンやF1の世界ではエンジンの技術的進歩だけでなく、レギュレーションそのものも同じではなくなっている。しかし、今回の刊行に当たって、全体を読み直してみても、ここに書かれていることが、そのまま現在でも通用するものであることを確信することができた。それというのも、レースの規則が変わろうが、エンジン回転が高くなろうが、エンジン性能の追求の仕方や取り組み方には全く変わりがないからだ。また、レーシングエンジンの開発で経験した考え方は、レース以外の社会生活の中で実際に応用できることであることも、日産を退社して大学に籍を置いてから実感したことである。

2002年の改訂に当たっては、日産時代にル・マン24時間レースやデイトナ24時間レースに出場して好成績をおさめたVRH35エンジンの開発熟成していったことを例にしながら、NAエンジンのことを広く採り入れたものになっている。もちろん、新しいデータを採り入れるなどアップ・ツー・デイトな内容にする努力をし、全体に充実したものにしたつもりだ。改訂版を出すことになったのも、この本を是非読みたいという要望が強いことによるが、全体の構成や文章についても徹底した見直しをしたために、旧版とは記述の仕方や章立てなどが大幅に異なっている。ただし、基本的な思想や内容は旧版で記述したものと同じである。私自身の思想や考えに変化がないからだ。

本書の初版が出された当時は工学単位が使われていたが、現在はSI単位に統一されている。なぜSI単位になったかを詳しく知りたい方は、拙著『自動車工学の基礎理論』（2019年10月、グランプリ出版刊行）の「1-1. トルクや出力の単位kgmやpsはなぜ使われなくなったのか」をご覧ください。また換算表を左ページに入れた。

前の本でも触れたように、本書は私の視点から著述しているものの、レーシングエンジンも個人のみで生み出されるわけではない。開発には多くの人たちが関わり、サポートしてくれたもので、それは現在取り組んでいる新しいエンジンの開発でも同じである。これらすべての人たちに最大限の感謝の気持ちを表したいと思う。

林 義正

目次

はじめに	3
第1章 レーシングエンジンとは	7
1-1 全知全能を傾けてマシンを走らせる	7
1-2 技術は人の産物である	8
1-3 レーシングエンジンは究極の量産エンジンである	9
第2章 レーシングエンジンの特性	13
2-1 レーシングエンジンの原点はオットーサイクル	13
2-2 高性能化はノッキングとの闘い	15
2-3 シリンダーヘッド形式の変遷	18
2-4 なぜ高速回転させるか	22
2-5 慣性過給による充填効率の向上	24
2-6 ターボも自然吸気も基本は同じ	26
第3章 馬力を出すための3要素の考察	30
3-1 いかにしてたくさんの空気を吸い込むか	30
3-2 燃焼をよくするのがエンジンの基本	42
3-3 燃料をムダ使いしなければ馬力が出る	53
第4章 企画から設計までに考慮すべき要素	56
4-1 構想から実走行までのプロセス	56
4-2 必要なのは緻密な思考と勝利への意欲	59
4-3 エンジン振動は少ないほど有利だ	61
4-4 BSFC(燃費)の良いエンジンが強い	63

4-5	整備性とは修理不要の信頼性構築	65
4-6	レーシングエンジンのコスト	68

第5章 エンジン設計のキーポイント.....70

5-1	エンジンもマシンユニットのひとつ	70
5-2	車体構成を活かすエンジンレイアウト	72
5-3	排気量とボア・ストローク	77
5-4	ボアピッチと燃焼室形状	83
5-5	望ましい燃焼室形状の追求	90
5-6	燃焼室と動弁系の設計	94
5-7	カムシャフト及び補機類の設計	98

第6章 本体構造系の設計.....105

6-1	シリンダーヘッド	105
6-2	ヘッドカバー	112
6-3	シリンダーブロック	114
6-4	オイルパン及びヘッドガスケットなど	124

第7章 主運動系の設計と構造.....128

7-1	クランクシャフト	129
7-2	ピストン	144
7-3	ピストンリング及びピストンピン	148
7-4	コネクティングロッド	152
7-5	フライホイール	160

第8章 動弁系の設計と構造.....164

8-1	動弁系の作動の基本	164
-----	-----------	-----

8-2	バルブスプリング	168
8-3	バルブ径とリフト量	175
8-4	バルブとその周辺部品の構造	178
8-5	カムシャフト	183
8-6	カムシャフト駆動ギア	188

第9章 システム設計の理論.....190

9-1	吸気系	190
9-2	排気系	207
9-3	冷却系	211
9-4	潤滑系	220
9-5	制御系	229
9-6	ターボユニット	237
9-7	電装系	241

第10章 レーシングエンジンの味付け.....247

10-1	チューニング	247
10-2	レスポンスの改善	252
10-3	マッチング	254

索引	268
----	-----

おわりに	271
------	-----

第1章 レーシングエンジンとは

1-1 全知全能を傾けてマシンを走らせる

モータースポーツは多くの人々を魅了する。レースという闘いの場では参加チームは勝とうとてぶつかり合う。戦争に近いところがあるが、もちろん殺し合いではないし、犬の喧嘩のような知性のない世界とはわけが違う。サーキットのコースという限定された場で、一定のルールのもとで互いに競い合う。そんな、肉体と本能、知恵と理性をフル回転させての闘いだからこそ「モータースポーツ」なのである。

その最終目標は勝つことだ。レースにはただひとり、たった1台、1チームしか勝利者はいない。優勝という夢の実現のためには、ラップタイムを1秒削るのに精魂を尽くし、能力のすべてを注ぎ込んで闘う。勝つための情熱と執念である。

そんなレースに魅せられ、マシンをつくったり走らせたりするスタッフが集合するサーキットは、闘う人間たちが集う檜舞台だ。観客は、そのステージで闘

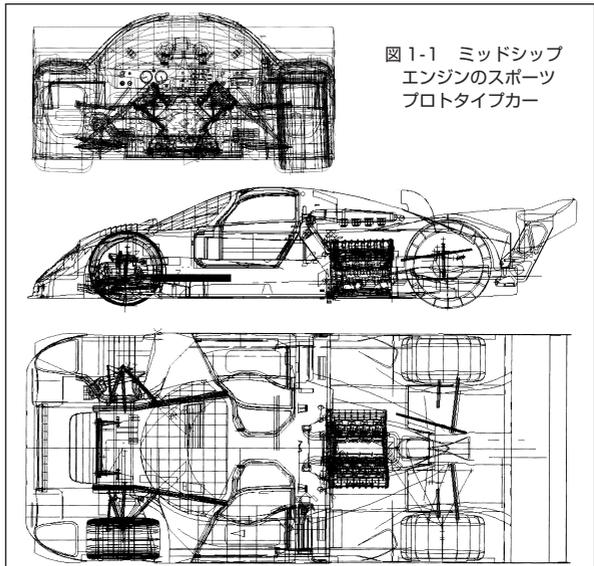


図 1-1 ミッドシップ
エンジンのスポーツ
プロトタイプカー

争を演じる人間たちの夢と感動を共有する。ここに「祭り」が形成される。祭りも、集いたいとか騒ぎたいとかの人間の欲求によって生まれるものだろう。つまりレースは、闘争とお祭りが合体融合したものだと思う。

社会心理学では、人間の欲求には5段階あるという。第1段階は生理的欲求。ご飯を食べたい、眠りたい、給料が欲しい、などだ。これが満たされると、その状態を維持し続けたい欲求が生まれて、これが第2段階の安全安定の欲求。次には、仲間をつくりたい、グループを構成したいという第3段階の社会的欲求。これが満たされると、他人と違うことをやってみたい第4段階の自我の欲求となる。最終的には、自己の行動によって何かの成果を生みたい第5段階の自己実現の欲求が生まれる。考えてみればレースは、これら5つの欲求をすべて内包しているのではないだろうか。

1-2 技術は人の産物である

ここでレースの勝敗を左右する要素を列記すると、①レーシングチーム②ドライバー③エンジン④車体(シャシー&ボディ)⑤タイヤ、となる。

重要な度合の順に並べてみたが、とくに①は整備技術に始まり各種のレース運営までを行うチームが、勝敗を左右する最も重要なものであることは、どんな場合であろうとも変わらない。それ以下の②～⑤の順序は不動のものではなく、勝てなかった場合に、その時々で問題となった原因となる項目が上位に浮上する、といったものだ。

図 1-2 2002年初頭のBAR ホンダのテスト風景



これらの項目のうち①と②はソフトで、③～⑤はハードということになる。ところがこのハードの部分も、デザインし、設計し、作り出すのは人間である。デザイングループのチーフが変われば、できあがってくるハードの性質はまったく違うものになってしまう。エンジンにしても同様である。中心になる人が変われば違った角度から勝利に向かってアプローチする。そこに介在す

第2章 レーシングエンジンの特性

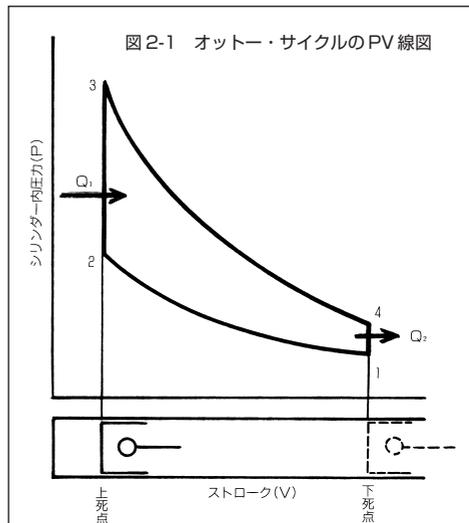
2-1 レーシングエンジンの原点はオットーサイクル

1876年、ドイツのニコラス・アウグスト・オットーが、4サイクルエンジンを発明した。現在のガソリンエンジンのルーツがここにある。そして今なお、このオットーが定義したオットー・サイクルには、ガソリンエンジンを開発設計する上での真理がある。

図2-1のオットー・サイクルは、シリンダー内のガスがピストンで圧縮され、そこに Q_1 という熱が上死点で与えられることによって、容積が一定の下で圧力が上昇し、それがシリンダー内で断熱膨脹してピストンを押し下げ、熱を仕事に変えるというものである。

仕事を終えた後には、 Q_2 という熱が残り、排出される。これで1サイクルである。 Q_1 と Q_2 の熱の差が仕事に変化しているわけで、圧縮したガスに何らかの方法で熱エネルギーを加え、それを仕事にかえる。

オットー・サイクルを理論的にみれば、これこそ神様が作った究極のエンジンと言うことができる。つまり、空気とガソリンの混合気がシリンダーの中にあって、これをピストンで圧縮し、圧縮が終わったところで点火プラグから火が飛んで、一瞬のうちに混合気は燃え尽き、シリンダー内の圧力が一気に高ま



れていた。

一方、燃焼ということに目を向けたのが、1963年に登場するウェスレイクの4バルブエンジンである(図2-8)。ピストンの頭頂部をフラットにする考え方をもち、吸排気バルブの挟み角を狭くして、燃焼室を半球形型ではなくペントルーフ型とした。その一方で、空気をより多く吸い込み、また、燃焼室の中心に点火プラグを配置するために、4バルブを採用した。このウェスレイク4バルブエンジンが、今日に至る高速・高出力エンジンのレイアウトの基礎となった。

1965年にコベントリーはマークIXで4バルブとしたが、ボア×ストローク72.4×60mmの2リッターエンジンは、最高出力244.2ps/8900rpm、最大トルク21.4kgm/7500rpmという性能で、4年後に出てきた4バルブエンジンであるにもかかわらず、1リッター当たりの出力に換算すると1ps向上しただけに止まっている。2バルブから4バルブになったとはいえ、深い燃焼室をもち、また高回転化が達成できていないためではないかと思う。

ホンダは、1964年に1.5リッター時代のF1グランプリに参戦、高出力化のために多気筒化したエンジンを開発してヨーロッパの人たちを驚かせた。66年にF1エンジン規定は3リッターとなり、68年のシーズンを闘い終えた後、ホンダは一時F1活動を休止した。しかしその後1983年にカムバック、14年間のブランクを乗り越えて瞬く間にホンダはF1エンジンとしての成果を上げたが、そのホンダの活躍は、そのまま日本の開発力の強さを示すことになった。レースにおいて、年々大幅に出力を向上

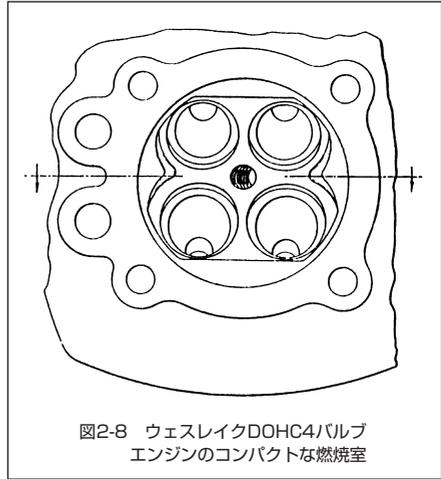


図2-8 ウェスレイクDOHC4バルブエンジンのコンパクトな燃焼室

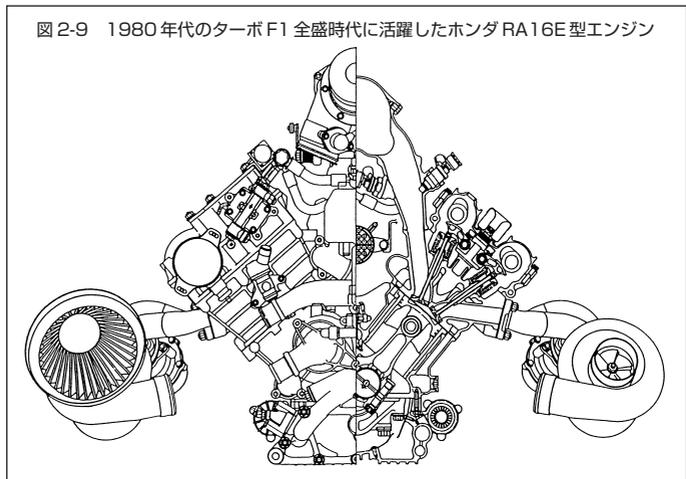


図2-9 1980年代のターボF1全盛時代に活躍したホンダRA16E型エンジン

かいし、服も着ているから、詰め込めば想像以上の人数が乗れるものだ。

このまま放っておけば、やがては電車の中の圧力が高くなって、外からの勢いを超えて、中の人間がホームへ押し戻されてしまう。しかし、京浜急行の車掌はうまい。乗客が目一杯に電車に詰まって、ホームへ押し戻される寸前に、ピシャッとドアを閉める。まさに絶妙のタイミングだ。

この電車をシリンダーに、ホームに並んだ人々を空気に置き換えて考えれば、それが慣性過給だ。空気といえども質量(ひらたく言えば重さ)があるのであって、それが移動する(流れる)ところには勢い(慣性)が働く。また、空気は水などと違って圧力をかければ体積を小さくできる可圧縮性流体であることを利用するのだ。1気筒の排気量が500ccであれば、普通だったら大気圧の空気を最高でも500ccしか吸い込めないが、慣性過給を利用することで、それより多くの空気を吸い込むことができる。シリンダー内に閉じ込められた空気の容積は500ccでも、それを大気圧に換算すればもっと多いわけである。つまり、たくさんの酸素が供給されているので、たくさんのガソリンを燃やすことができる。

慣性過給効果を最大限に利用するためには、電車のドアを閉めるタイミングと同様にバルブタイミングを工夫する。シリンダー内の圧力が最も高くなったときに吸気バルブが閉じれば、体積効率が100%を超えることも可能だ。

しかし、吸気バルブの開き角が早すぎたり、吸気バルブの閉じ角が遅かったりと、タイミングが悪いと、シリン

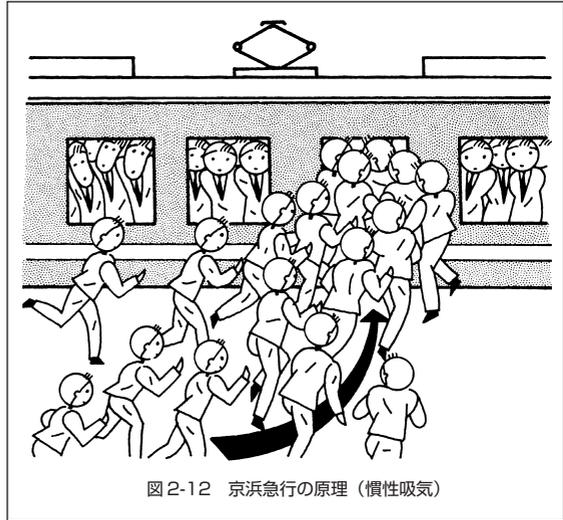


図2-12 京浜急行の原理(慣性吸気)

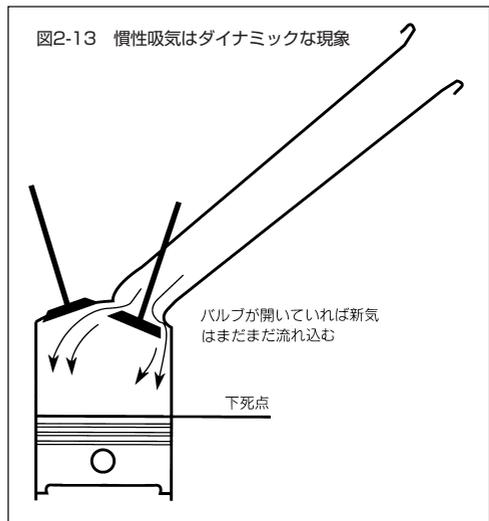


図2-13 慣性吸気はダイナミックな現象

ボチャージャーを使う。

ところで、ターボで「空気を押し込む」という表現がよく使われる。しかし、これは正確には間違いだ。あくまで「吸い込む」のである。吸い込む空気の密度を上げているだけだ。

自然吸気エンジンは、ピストンが下降してシリンダー内の気圧が下がり、外部(大気)との間に気圧差を生じさせ、大気(空気)をシリンダー内に導き入れる。これは誰でも、素直に「吸い込む」と理解している。

でも考えてみれば、気圧差で空気を導き入れるのはターボ付きでも同じだ。吸気管の入口に空気を溜める部屋(コレクター)があり、その部屋の気圧をターボチャージャーで高めてやっているだけである。もし、その部屋を大気圧の2倍にしたとすると、自然吸気エンジンと同じ体積の空気をシリンダーに導き入れたとしても、そこにある酸素の量は2倍になる。2倍のガソリンを燃やせるので、パワーは2倍になる。

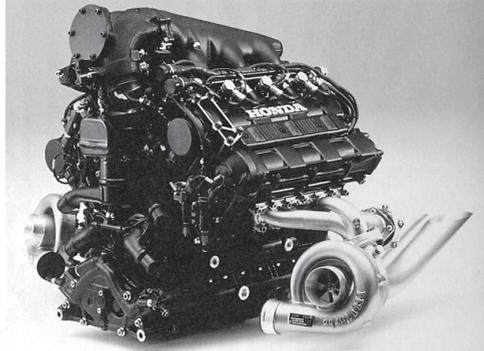


図2-15 各バンクにターボを装着した
ホンダRA168E型F1用エンジン

図2-16 インタークーラー付きターボを
装着した VRH35 型エンジン

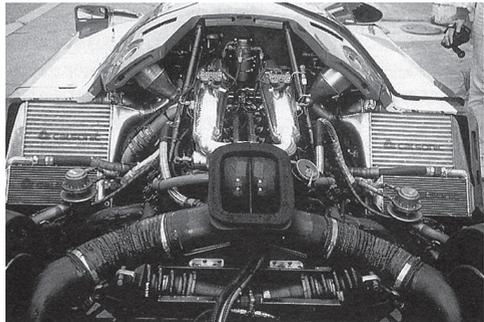
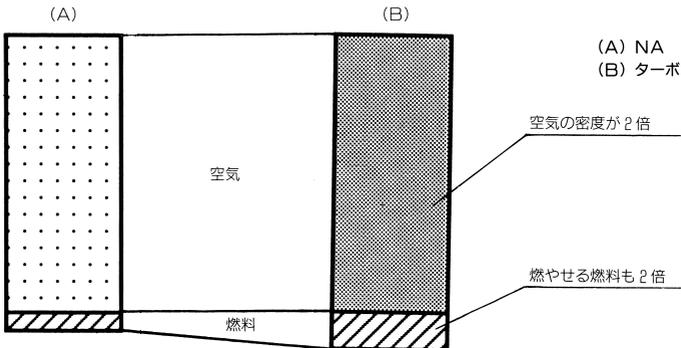


図2-17 ターボエンジンの高出力化のポテンシャル



第5章 エンジン設計のキーポイント

5-1 エンジンもマシンユニットのひとつ

すでにあるエンジンを改良するのではなく、新しくエンジンをつくる場合、まず最初にやらなければならないのが根本的な企画だ。

つくるのはレーシングエンジンである。勝てるポテンシャルを持った1台のレーシングカーを生み出すのが目的であって、最初にエンジンありき、といった調子でエンジンがひとり歩きするのではない。シャシーやボディと一体になることを考えながら、エンジンの形状や重量や出力性能を決めていくのである。そうでないと戦闘力のあるマシンは生まれない。

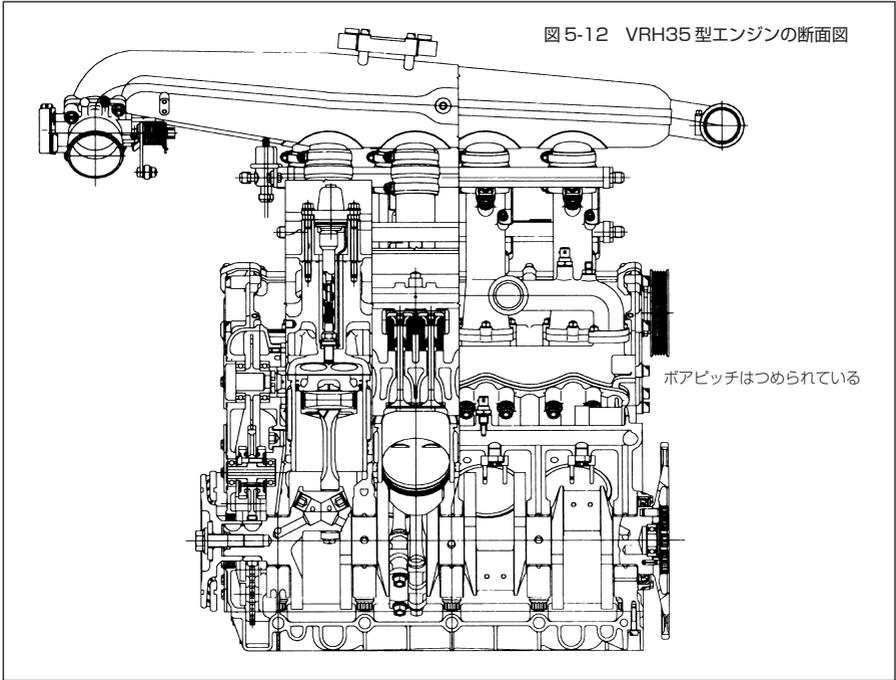
こうした考察を具体的に述べていこう。ここでは、私が日産時代に開発したVRH35シリーズのエンジンの場合を例として挙げながら紹介していくが、基本的なやり方はどんなエンジンでも同じである。概略は図5-1のようになる。

このエンジンの場合、参加するのはル・マン24時間耐久レースをメインとした。そこにはグループCカーのレギュレーションが存在する。これに合致させることが第1条件だ。

出場するC1クラスの場合、車体寸法やボディフロアの下面からの高さが決められており、重量も一定の重さ以上になるように決められていた。そうしたレギュレーションの枠の中でマシン全体をつくり上げなければならず、その中にエンジンも含まれる。

燃料については、ル・マンの場合では決勝レースで使用する総量が決められていたから、パワーだけでなく燃費の良いものにする必要があった。また、世界耐久選手権シリーズでは、燃料は現地でも供給されるものを使用する規則であり、その燃料サンプルを手にいれて、それに見合ったエンジンとしなければならない。燃料次第でエンジンの仕様は大きく変わるものだからだ。

図 5-12 VRH35 型エンジンの断面図



ボア径、ストローク、ボアピッチを初期の段階できちんとレイアウトしたエンジンでは、それらの寸法を変えることなくマッチングの仕様変更のみで、そのエンジンは進化し続けられる。そうなるように、スタートの段階から理詰めで徹底的に追い込んだ数字を出すのが、最良のレイアウトである。あとになってボアピッチを変更するというのはエンジンを新設計するのに等しい。でもレギュレーションの変更等でボア・ストローク寸法などを変更する事態となった場合には、現状のエンジンとは別に新たにつくるのだと考えるべきである。

猟で獲物を狙うときは、ライフルで一発必中であるべき、というのが私の考え方だ。何発撃ったとしても、獲物に致命傷を与えるのは一発でしかない。下手な鉄砲でも数撃ちゃいいとか、散弾銃とかの発想でやっても、その中で本当にいい方向のエンジンはひとつしかないはずである。あちこち方向性を持たせたりすればするほど、本筋のものに注げる力(思考/人手/お金/時間)は減少する。

こういう一発必中のやり方では、開発グループにしっかりした思想を持った人間がいなければならない。しかもその人間はひとりでもいい。親分が方向性を決め、いくつもの部分的テーマを提示する。それをスタッフがワッとたかって処理し、その結果をまた1ヶ所に集め、親分が中心になってチェックする。なにか封建的だが、とくにひとつの性能

ト量となる。シリンダーオフセット量はもちろん少ない方がいいが、その寸法はここで決まってしまうのだ。

総排気量、気筒数、ボア径、ストローク、ボアピッチ、そして燃焼室形状が決まれば、エンジンの素性は決まったようなものである。

5-5 望ましい燃焼室形状の追求

●燃焼室設計のポイント

ではどんな燃焼室が望ましいのか考えてみよう。点火系は理想的であったと仮定して、燃焼室側に要求される項目を整理してみれば、まず混合気に火がつきやすい状態を生み、火がついたら素早く燃え広がることであり、しかもそれが毎回バラツキなく繰り返されることである。そのためには、以下の項目がポイントとなる。

- ①点火プラグが中心近くにある燃焼室形状
- ②適切な混合気の流動を生む燃焼室形状
- ③火炎核から勢いよく燃え広がる燃焼室形状
- ④熱が逃げにくい燃焼室形状
- ⑤燃焼の初期段階でとくによく燃える燃焼室形状

このうち①は、燃焼室内にある混合気に最短の時間(距離)で炎を広げるには、火種である火炎核を混合気を中心に作りたいからである。プラグをまん中に置くとすると、やはり4バルブがベストという結論が出る。なお、これは1気筒につきプラグが1本の1点点火の場合であり、2点点火なら2本のプラグをボア径寸法の半分ほど離して、燃焼室中央から振り分けることになる。

②は、スキッシュ効果による直線的な吹き出しや、吸入ポートからの気流などを利用して、混合気のガス流動をうまく作ることだ。これにより気化したガソリンと空気がよく混ざり合いながら、その一番美味しいところを点火プラグの電極付近に送る。同時に、着火してからはその炎をひっかきまわして、積極的に燃焼室全体に広げていく。そのため適切なスキッシュ形状や吸気ポートを与える必要がある。

③では、凸凹の少ない燃焼室形状が望ましい。いくらガス流動でかきまわすとはいっても、その効果は知れたものであり、基本的にはバツと放射状のような感じで燃え広がる部分を大切にしなければならない。火炎核ができる中心部分から放射

図 5-16 良い燃焼室の形状



第6章 本体構造系の設計

本体構造系は、エンジンの殻となる部分で、シリンダーヘッド、シリンダーブロック（主軸受けとライナーを含む）、オイルパン、ヘッドカバー、そしてフロントカバーから成っている。これらの部品によってエンジン全体の強度や剛性、形状や寸法が定まってしまう。なお、説明の都合上からヘッドガスケットもこの本体構造系に含めて述べる。

6-1 シリンダーヘッド

エンジンの構造や設計に関する書籍の中ではシリンダーブロックから解説しているものもあるが、本書では最初にシリンダーヘッドをとり上げたい。エンジンの中で最も複雑であり、その性能の善し悪しや特性を大きく決定づける部品だからである。

設計するにも、シリンダーヘッドから始めるべきである。シリンダーヘッドを設計すれば、シリンダーブロックに関する構想は必然的に浮かび上がってくるはずだ。

もちろん、設計に入る前のレイアウトの段階で十分に検討しておく。それでも実際に設計を進めていくと、ヘッドボルトとシリンダーライナーとの位置関係によるガスシール性能とか、ヘッドボルト／ウォータージャケット／吸排気ポートのスペースの取り合いなどにより、レイアウト段階での構想に若干の変更を加える必要が生じることもある。ここでは、かなりシビアな場所取り合戦が展開されるのだ。また、こうした構造はシリンダーブロックと関係してくるのだが、基本的にはシリンダーヘッド側の要求が優先される。

●燃焼室はピストン頭部と同時に設計

ピストン式の内燃機関では、圧縮された混合ガスが燃焼することにより、その封じ込

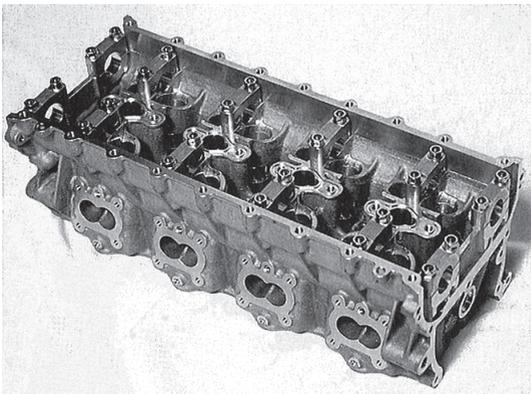
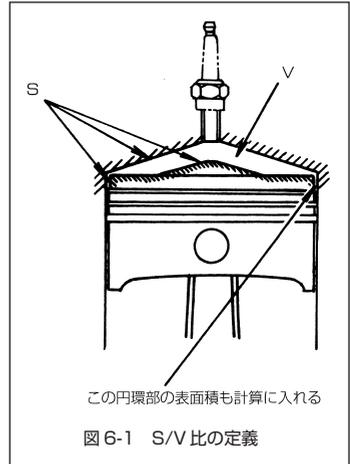
められたガスに熱が加わり、ガスの圧力が上昇してピストンを押し下げる力が発生する。ところが、せっかく加えられた熱が冷却系や潤滑油に多く逃げてしまうと、その分だけピストンを押し下げる力が減少する。ガソリンばかり食って馬力が出ないことになる。

その熱をまったく逃がさないのは不可能だが、できるだけ逃がさないようにする。それには熱の逃げ道を少なくする。つまり、燃焼室の容積(V)に対するその表面積(S)の比率、 $S/V(\text{cm}^{-1})$ の値を小さくするのだ。

そしてこの S/V 比の値を小さく保ちつつ、点火点から離れるにしたがって先細りとなる燃焼室形状、前章までに述べた90ページの図5-16のような形状としていく。設定された圧縮比を得る燃焼室容積にする必要もある。前にも述べたように、燃焼室はピストン頭部とシリンダーヘッドで形作られるものだから、ピストンを同時に設計していくべきである。ピストン頭部とシリンダーヘッド側の形をきちんとした図面に仕上げていく。

このとき、単にCADのモニターの中だけで考察するのではなく、実際にモノをつくって検討してみることが重要だと思う。アルミやプラスチックの塊をNCマシン(コンピューター制御の加工機)で削って、シリンダーヘッド側の燃焼室部分と、ピストン頭部の部分だけをつくってみる。バルブなどが組み込まれているわけではなく、閉じた状態でのバルブやバルブシートが形が刻み込まれているだけである。こんな加工ならば、夕方に図面を出しておけば朝にはできあがっている。

このふたつのダミーの部品を突き合わせ、あるいはカットして、現物を眺め手で触り



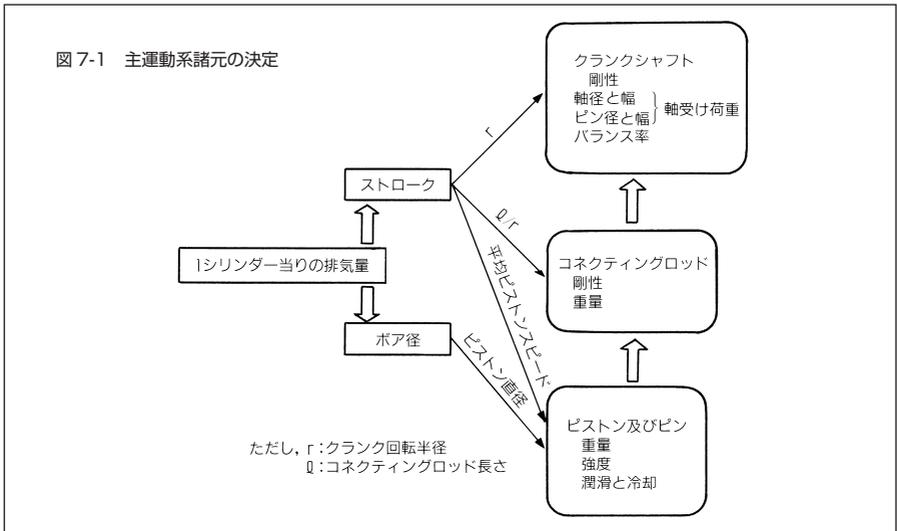
手前に見える4つの穴が排気ポート。カムブラケットは既に取り付けられている

図6-2 シリンダーヘッド(排気側上方より見る)

第7章 主運動系の設計と構造

主運動系は、動力を発生させるために直接的に運動する部分である。クランクシャフト、ピストン(ピストンリングとピストンピンを含む)、コネクティングロッド、及びフライホイールで、いずれも強大な力を受けながら激しく動く部品であり、エンジンの破壊はこれらから発生することが多い。軽くしながらも剛性と強度を確保するように注意深く設計する。

主運動系の各部品の相互関係と諸元の決め方は図7-1のとおりである。全体レイアウトの段階で総排気量や気筒数、さらにボア・ストロークを決めていくと、ピストンの径やピストンピンとリングの仕様が決まっていく。



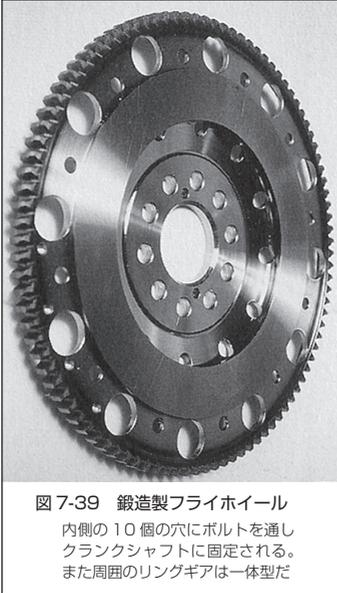


図 7-39 鍛造製フライホイール
内側の 10 個の穴にボルトを通し
クランクシャフトに固定される。
また周囲のリングギアは一体型だ

さらに、この円盤はクランク軸の回転力をトランスミッションに伝え、あるいは絶つための、クラッチ機構のひとつでもある。プレッシャープレートと対になって、クラッチディスクのフェーシング材と接触するフリクションプレートなのだ。

レーシングエンジンの場合、これらの役目のうち「はずみ車」の部分はほとんど不要である。レーシングエンジンとしては低いと言われているVRH35でも、アイドリング回転数は1700rpmほどだ。2000～3000rpmでの走行のスムーズさとか振動や騒音も関係ない。回転慣性力は小さい方がレスポンスがよく、加速性能もいいので、むしろはずみ車の要素は排除したい。したがって、フライホイールに要求される役割は、クラッチ機構の一部を成すことと、セルモーターの回転力を受けることの2点だけだ。そこで、単にスチールの円盤の外周にリングギアを切り、

その中央をクランク軸の後端へ強固に締結する。クラッチディスクの当たり面を形成するとともに、クラッチカバー取り付け用のスタッドボルトを植え込むだけでいい。

そのうえで、クラッチディスクとの摩擦面とリングギアの間には、多数の穴を開けて徹底的に軽量化する。強度的にリングギアを保持できればよく、フライホイールが軽すぎて困ることは、レーシングエンジンではあり得ない。スチールより軽い材質を使うこともあり、FIではチタン製である。VRHでは、ターボエンジンなのでトルクが強大であることと、そのトルクで長時間走行にわたって酷使したときの耐久強度に不安があることから、鍛造スチールとした。

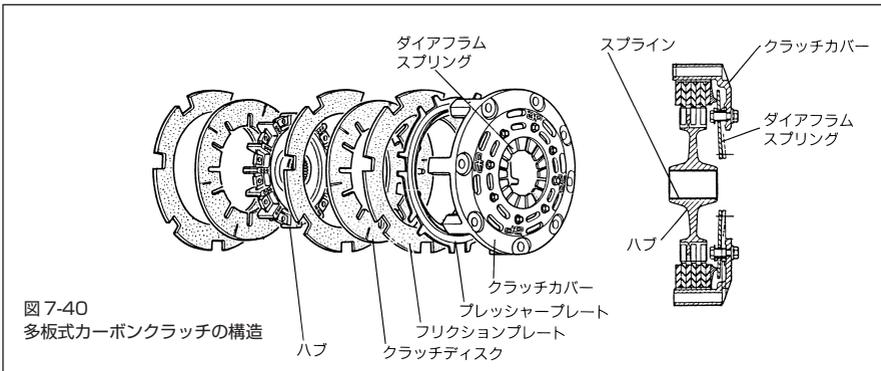


図 7-40
多板式カーボンクラッチの構造

第10章 レーシングエンジンの味付け

10-1 チューニング

レーシングエンジンを「創る」ということは、それぞれの部品を最適な状態に仕上げ、最終的にはエンジンとしての総合的なバランスを磨き上げるところまで含まれる。バランスとはいっても、それはサーキットやレースによって、ときにはチームやドライバーによっても求められるバランスが違ってくることがある。それぞれに見合った最適なバランス状態に仕上げる必要がある。

これは、全体レイアウトや入念な設計によって仕上げられた基本的なエンジン構成に付け加えるものだ。しかし、決して基本部分の貧弱さや不足部分を補正したり修正することではない。あくまで完璧に仕上げた基本に加える味付けである。

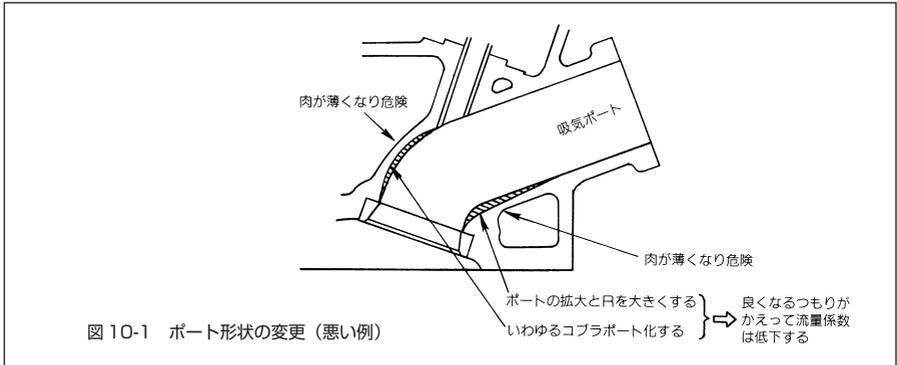
丹精込めて煮込んだシチューを仕上げるために、塩加減をしたり具の調整をしたり生クリームをちょっと入れたりといったことに似ている。ほんのちょっとした味付けであるが、これでベースの良さがひきたちもし、逆に死にもする。

この味付けには、エンジンのハードウェアに手を加える場合と、ソフトウェアである運転変数(空燃比や点火時期など)を調整する場合とがある。少々乱暴な分け方ではあるが、前者をチューニング、後者をマッチングと本書では定義することにする。

このふたつは、一般的概念からすると両方ともチューニングといわれることもあるし、その中にはセッティングと表現されることもある。

●吸気系

吸気ポートやブランチの内壁をグラインダーで研磨し、その表面の凸凹を小さくすることで、吸気の境界層を少なくし流動抵抗を低減する。この必要欠くべからざるチュー



ニングも今では、職人的な手作業の部分は少なく、ほとんどは機械加工により仕上げられている。

研磨の領域を超えてポートを削り、吸気通路の断面積を拡大したり、ポートの曲がり部のアールを変更したりする方法は量産エンジンの改造なら有効な場合もあるが、レーシングエンジンとして計算して形状を決め機械加工したものについて、さらに図10-1のような形状変更を加えるのは間違いである。改良ではなく改悪だ。

状況に合わせてパワー特性を変更するためには、径が異なるブランチ、あるいは径の異なる吸気ポートのシリンダーヘッドを数種類揃えておく。これによって、慣性過給効果が最大となる回転数を変えるのだ。大径化して高速域のトルクを上げたり、小径化して高速域を若干犠牲にして低速域を改善したりする。エアホーンもチューニングパーツで、ここでは若干の長さの調整もできる。

なお、走行風圧(動圧、ラム圧)を使って積極的に空気を取り入れ、吸気量を増大させるのも得策である。とくに自然吸気エンジンでは十分に活用する必要がある。

●排気系

排気管の太さと長さ、及び集合部と集合部の間の長さがチューニングのポイントだ。一般に図10-2の部分長くすると低速型になる。

ただしターボエンジンの場合、排気管の径をやたらと太くしても意味がない。ターボユニットのタービンによる排気抵抗が大きいから、排気の流速が落ちてタービンホイールを駆動する力が減少する。それよりも排気管の曲げ方のスムーズさや集合部の合わせ角度を小さくする方がはるかに有効である。また、排気管を長くしすぎると、排気温度が低下してターボユニットのタービンを回転させる力が減少してしまう。ターボエンジンでは自然吸気エンジンに比較し、排気系で行える特性変更の幅は少ない。

なお、排気管を車体に配置するところでは、マシンと大気の相対速度によって排気を

索引

(ア行)

I型コンロッド	158
アイドル回転	264
アウトカム方式	182
アスピレーター効果	208
圧縮比	250
アッパーリテーナー(バルブ系)	180
α -N制御	253
アンダーウイング	75
イグニッションコイル	243
イジェクター効果	208
1次振動	136
インジェクター	202
インナーシム方式	182
ウェスレイク	21
ウェッジ型燃焼室	19
ウエットライナー方式	87
ウォータージャケット	87, 110
ウォーターポンプ	214
エアクリナー	191
エアスクープ	40
エアファンネル	192, 198
H型コンロッド	158
SOHC	19
S/V比	106
FRM	144
エンジンオイル	226
エンジン性能曲線	63
エンジンハーネス	242
沿面プラグ	244
オイルクーラー	224
オイル粘度	227
オイルの稀釈	227
オイルパン	224
オイルリング	151
OHV	19
オーバーヒート	215
オーバーラップ	33, 206
オーバーラン	82
オットー・サイクル	13
音振	61
オルタネーター	103, 241
音速	29

(カ行)

カウンターウエイト	142
火炎核	46
火炎伝播速度	50
過給圧	255
過給圧制御	235
加振力	61
ガasket	113
ガス交換損失	55
ガス流動	45
カムジャーナル	187
カムシャフト	183
カムシャフト駆動	99
カムのベースサークル	98
カムプロフィール	36, 187
慣性過給	24, 199
慣性排気	31
管路抵抗	38
ギア駆動	100
気液分離(オイルタンク内)	224
機械損失	55
機械の定義	9
気化潜熱	65
吸気温度	259
吸気温度制御	233
吸気管	198
吸気バルブ	179
吸気流速	29
急速燃焼	43
吸排気損失	54
吸排気ポート	39, 107
空燃比	256
クーリングチャンネル	146
クラッチディスク	161
クランクアーム	141
クランクウエブ	142
クランクジャーナル	139
クランクシャフト	129
クランクピン	221
クリアランスボリューム	31
クローズイン	153
剛性	74
高速回転化	23
コネクティングロッド	153

おわりに

本書で例として多く取り上げた3.5ℓ、V8のツインターボエンジンVRH35を搭載したニッサンR91CPは当時、人気の高かった全日本スポーツプロトタイプカー耐久選手権レース(JSPC)で1990年から3年連続してチャンピオンシップを獲得し、1992年のデイトナ24時間レースでも5つの記録を樹立して優勝した。その帰りの飛行機の中で、私の小さな技術思想を若者たちに伝承しようと思い日産退社を決意、大学教授に転身し、その後、民間ベンチャー企業でエンジンの開発を続けている。

そこで実感したのは、高出力、低燃費、軽量化、整備性を極限まで追求したレーシングエンジンは熱機関が具備すべき条件をすべて高いレベルでバランスさせた究極のパワープラントだ、ということである。レーシングエンジンで得たノウハウを本格的な発電機用のガスエンジンに適用して、三元触媒による超低排エミッションを実現するために理論空燃比で運転して、通常は34%程度と言われている熱効率を42%以上に改善できた。さらに、キーテクノロジーとなる急速燃焼を突き詰めれば、食物の残渣や汚泥などから発生するバイオガソリンをシリンダー中で燃焼させることも可能になるだろう。粗悪ガスを発電のエネルギーとして活用することも夢ではない。

エンジンはニーズに応じて形を変えながら永遠に続く。これが私の信念である。

最後になりましたが、本書を完成させるにあたり、適切な助言と校正をしていただいたグランプリ出版編集部の武川明氏、常にご支援下さったスタッフの皆様へに深甚な謝意を表します。また、グランプリ出版の創始者で元社長・尾崎桂治氏のご指導により上梓することができた拙著『レーシングエンジンの徹底研究』と『レース用NAエンジン』を一本にまとめた『新版 レーシングエンジンの徹底研究』が本書の原本であることを記し、心からお礼申し上げます。

著者紹介

はやし よし まさ
林 義正 工学博士

1939年3月東京都生まれ。九州大学工学部航空工学科卒業。1962年日産自動車(株)入社。中央研究所(当時)で高性能エンジンの研究、排気浄化技術の開発、騒音振動低減技術の開発などを経て、スポーツエンジン開発室長、スポーツ車両開発センター長を歴任。日産のレース活動を率い、全日本スポーツプロトカー耐久レース3年連続選手権獲得。米国 IMSA-GTP レース4連続選手権獲得、第30回デイトナ24時間耐久レースで数々の記録を樹立して日本車として初優勝。1994年2月に退社。同年4月に東海大学工学部動力機械工学科教授に就任、総合科学技術研究所教授を歴任。2008年、学生チームとしてル・マンに世界初出場。2012年退官と同時に(株)ワイ・ジー・ケー最高技術顧問。主な受賞歴に Spirit of Le Mans Trophy、科学技術庁長官賞、日本機械学会賞、自動車技術会賞などがある。著書に『ル・マン24時間』、『大車林 自動車情報事典』(監修と執筆、(株)三栄書房)、『世界最高のレーシングカーをつくる』(光文社新書)、『レース用NAエンジン』、『乗用車用ガソリンエンジン入門』、『エンジンチューニングを科学する』、『林教授に訊く「クルマの肝」』、『自動車工学の基礎理論』(共にグランプリ出版)などがある。

レーシングエンジンの徹底研究

著者 **林 義正**

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

印刷・製本 モリモト印刷株式会社