



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	国産往復式内燃機関の主要諸元と性能に関する総括的調査・解析
Author(s)	宮本, 登; 小川, 英之; 山崎, 信行 他
Citation	北海道大學工学部研究報告, 136, 69-76
Issue Date	1987-07-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42047
Type	departmental bulletin paper
File Information	136_69-76.pdf



国産往復式内燃機関の主要諸元と性能に 関する総括的調査・解析

宮 本 登 小 川 英 之
山 崎 信 行 山 崎 賢 治

(昭和62年3月31日受理)

Analysis for Main Descriptions and Performances of Reciprocating Internal Combustion Engines Made in Japan

Noboru MIYAMOTO, Hideyuki OGAWA,
Nobuyuki YAMAZAKI and Kenji YAMAZAKI

(Received March 31, 1987)

Abstract

This report classifies and analyzes the main characteristics and performance of internal combustion engines produced in Japan.

In the analysis, data for all types of internal combustion engines were compared using a microcomputer and schematic correlation diagrams for the performances. Descriptions were made to analyze the mutual relationships.

As a result, the mutual relationship between the main performance and design factors, i.e. engine types, engine speeds, and compression ratios, and also advantageous features for design and research of internal combustion engines were obtained.

1. ま え が き

現在我が国では、数多くの往復式内燃機関が生産されており、その形式数は、排気量がわずから 15 cm^3 、出力が 0.5 PS に満たない2サイクルガソリン機関から、排気量 $20,000\text{ l}$ 、出力 $50,000\text{ PS}$ 以上の船用ディーゼル機関に至るまで数千にも及ぶ。それらの機関の主要諸元・性能は、各メーカーおよび各機関の種類別に数表化されてはいるものの、データ数が膨大な上、これを総括的かつ系統的に整理した例は少なく、機関諸元・性能に対する一般的特性の把握は容易ではない。なお、これまでのこの種の調査として、自動車用内燃機関のみを対象とした調査報告⁽¹⁾がみられるものの、船用、陸用(発電、ポンプ駆動など)、あるいは鉄道車両用などをも含む全機種を総括した系統的な調査例は見当たらない。

本報告では、自動車用に限らず全分野の国産内燃機関について、それらの主要な諸元および性能に関するデータをパーソナルコンピュータ(NEC製PC-9801)を用いて整理・解析することにより、内燃機関の一般的特性に対する把握と解析を行い、機関の形式、回転速度、あるいは圧縮比などの設計因子および諸性能値についての相互関係を明らかにするとともに、内燃機関の設計・

および研究に対する有用な資料を提供する。

2. 調査の対象とした機関とその形式数の動向

本報告で調査の対象とした機関は、1983年版内燃機関データブック⁽²⁾に掲載されている国産往復式内燃機関であり、その総数は4,681種である。表1にその分類・用途別機関形式数を示す。表から明らかなように、2サイクルディーゼル機関(大部分が船用大形ディーゼル機関)の形式数が最も多く、全形式数の半数近くを占めている。また、4サイクル小形ディーゼル機関においては、近年の直噴化傾向がよく現れており、その小形ディーゼル機関全体に占める割合は65%にも達し、高速性が要求される自動車用機関においても直噴式が過半数を占めている。また、予燃焼室式機関と渦室式機関を比較すると、高速性に優れる渦室式が形式数で上回っており、とくに自動車用機関ではその傾向が著しくなっている。一方、ガソリン機関に関しては、4サイクルの自動車用機関の形式数が最も多くなっており、2サイクル工業用機関がそれに次いでいる。

なお、本報告では、ボア 301 mm 以上を中・大形機関、それ以下を小形機関として分類した。

表1 分類・用途別機関形式数

		自動車用	船用	工業用	農業用	農・工両用	鉄道用	船・工両用	汎用	用途不明	計(占有率%)
小形4サイクル ディーゼル	直噴	59	229	149	8	27	20	118	5	253	868(18.5)
	予室	9	32	69	0	11	24	3	3	25	176(3.8)
	渦室	49	40	31	38	101	0	6	12	46	323(6.9)
	小計	117	301	249	46	139	44	127	20	324	1,367(29.2)
小形4サイクルガソリン		237	2	34	—	—	—	—	36	64	373(8.0)
中・大形4サイクルディーゼル		—	90	21	—	—	—	176	—	227	514(11.0)
大形2サイクルディーゼル		—	1,977	—	—	—	—	—	—	254	2,231(47.7)
小形2サイクルガソリン		37	43	88	—	—	—	—	—	28	196(4.2)
計		391	2,413	392	46	139	44	303	56	897	4,681
(占有率%)		(8.4)	(51.5)	(8.4)	(1.0)	(3.0)	(0.94)	(6.5)	(1.2)	(19.2)	(100)

3. 調査結果, および考察

3.1 各種主要諸元と機関回転速度との関係

まず最初に、各種諸元と機関回転速度との総括的関連について述べる。なお、この場合の機関回転速度は、原則として最大出力時での値を採用することにしたが、これが不明な場合は定格運転時のものを用いた。したがって、一般に自動車用機関の場合には前者を、その他は後者を採用している場合が多い。

図1は、シリンダ径と回転速度との関係を示すものである。図中、SIはガソリン機関(Spark Ignition Engines)、CIはディーゼル機関(Compression Ignition Engines)、Largeは大形機関、Directは直接噴射式機関、Preは予燃焼室式機関、そしてSwirlは渦室式機関をそれぞれ表している。総括的にみて、機種種のいかにかわらず、回転速度の増加にともなって、シリンダ径が急激に減少するが、約3,000 rpm以上においては大きな減少は認められない。なお、ガソリン機関では、回転速度にほとんど無関係に、そのシリンダ径が40~90 mmの間に分布している。ディーゼル機関の中で、渦室式機関は、2,000 rpm以上の自動車用小形高速機関に数多く用いられており、

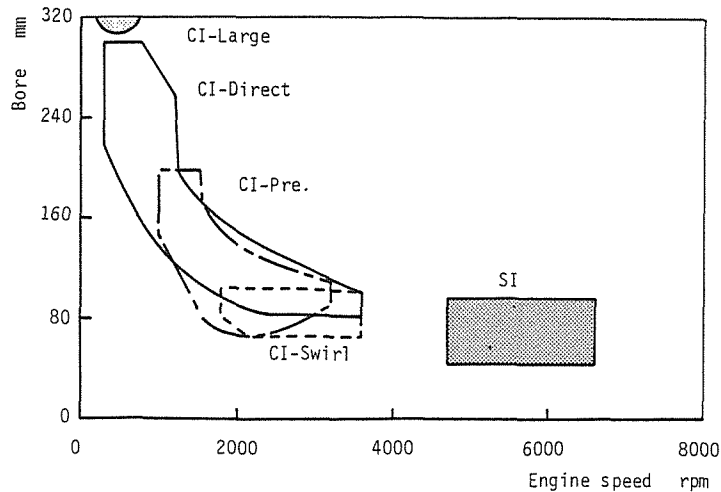


図1 シリンダ径と機関回転速度との関係

そのシリンダ径は80 mm 前後に分布している。これに対して予燃焼室式機関は、シリンダ径が60 mm 程度的高速機関から、シリンダ径200 mm、回転速度1,500 rpm 程度の比較的大きな低速機関に至るまで用いられている。一方、直接噴射式ディーゼル機関は、船用の大形低速機関から、小形高速機関に至るまで広範に存在しており、とくに近年、シリンダ径が90 mm 程度で、3,000 rpm 以上の小形の機関においては、熱効率の改善を狙いとして副室式機関に取って換わる傾向がある。

図2に、ボア/ストローク比と回転速度の関係を示す。図から、ボア/ストローク比(B/S)は、機関形式にかかわらず回転速度が高くなるにしたがって増加する傾向が認められるものの、大部分が0.8~1.2の間に分布しているのがわかる。なお、平均ピストン速度は、図3に示すように回転速度の増加にともなって大きくなり、ガソリン機関では、15 m/s 以上のものが数多く見られる。また、大形低速機関においては、通常のボア/ストローク比を有する機関ではピストン速度が5~10 m/s であるのに対し、超ロングストローク型機関では15~18 m/s に達するものがあるため、ピストン速度は二つの領域に別れて分布しているが、概ねディーゼル機関では5~12 m/s、ガソリン機

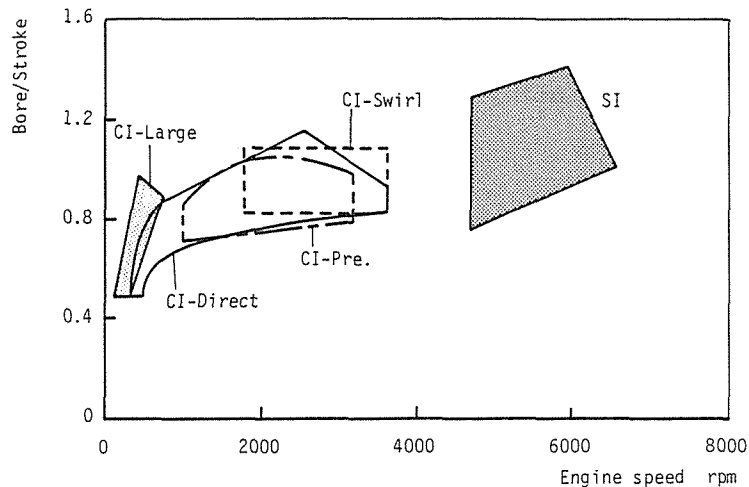


図2 ボア・ストローク比と機関回転速度との関係

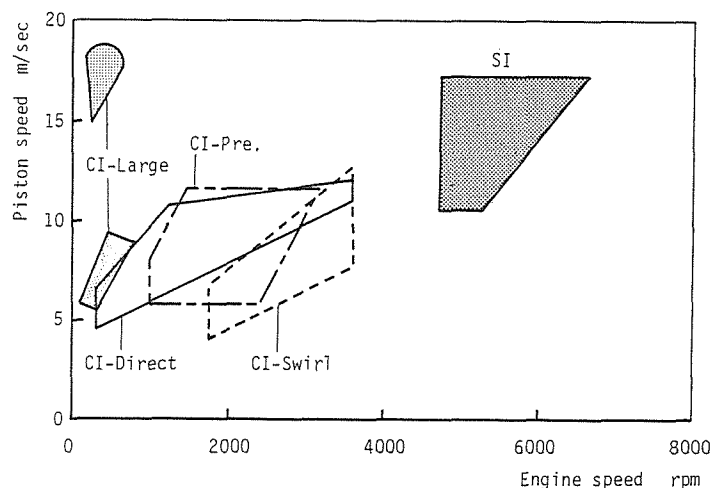


図 3 平均ピストン速度と機関回転速度との関係

関では 12~18 m/s となっている。

図 4 に、正味平均有効圧と回転速度との関係を示す。低速領域においては、高圧過給を行っている機関が多いため正味平均有効圧は全般的に高くなっており、大形ディーゼル機関では 20 kgf/cm^2 に達しているのに対し、高速小形ディーゼル機関では無過給の場合正味平均有効圧は低く、 $5 \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$ 程度であり、過給を行ったとしても $10 \sim 14 \text{ kgf/cm}^2$ 程度である。一方、ガソリン機関での正味平均有効圧は、無過給のディーゼル機関よりは若干高くなっており、 $9 \sim 13 \text{ kgf/cm}^2$ となっている。

図 5 は、正味燃料消費率と回転速度との関係を示したものである。図において、総括的には、回転速度の高い機関ほど正味燃料消費率が増加する、すなわち熱効率が悪化する傾向がみられる。とくにディーゼル機関では、この傾向が強くみられるのに対し、ガソリン機関では、回転速度にあまり関係せずに、正味燃料消費率が概ね $210 \text{ g/(PS}\cdot\text{h)}$ 前後に分布し、副室式ディーゼル機関にほぼ匹敵する水準になっている。大形ディーゼル機関では年々燃料消費率の改善がなされ、現在

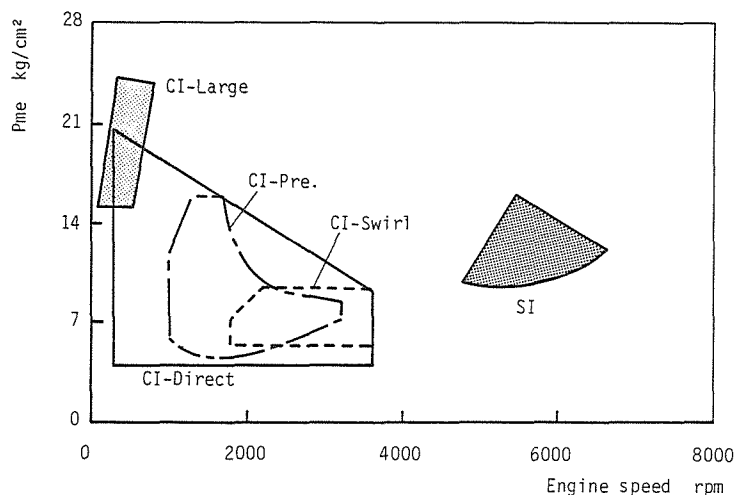


図 4 正味平均有効圧と機関回転速度との関係

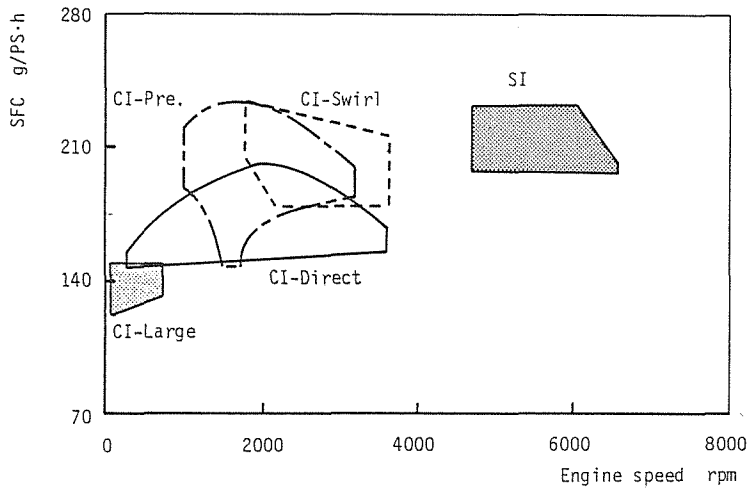


図 5 正味燃料消費率と機関回転速度との関係

では約 120 g/(PS·h), すなわち, 正味熱効率で 50% 以上にも達している。さらに, 同一回転速度の直接噴射式と副室式ディーゼル機関において, 正味燃料消費率の平均的レベルを比較すると, 15% 前後直噴式の熱効率が高くなっている。

図 6 は, 図 5 に示した小形ディーゼル機関の正味燃料消費率を過給および吸気冷却の有無によって整理分類したものであり, 図中の N は無過給を, T はターボ過給を, TC は吸気冷却を施したターボ過給をそれぞれ示している。いずれの機関形式においても, 過給, さらには吸気冷却を付

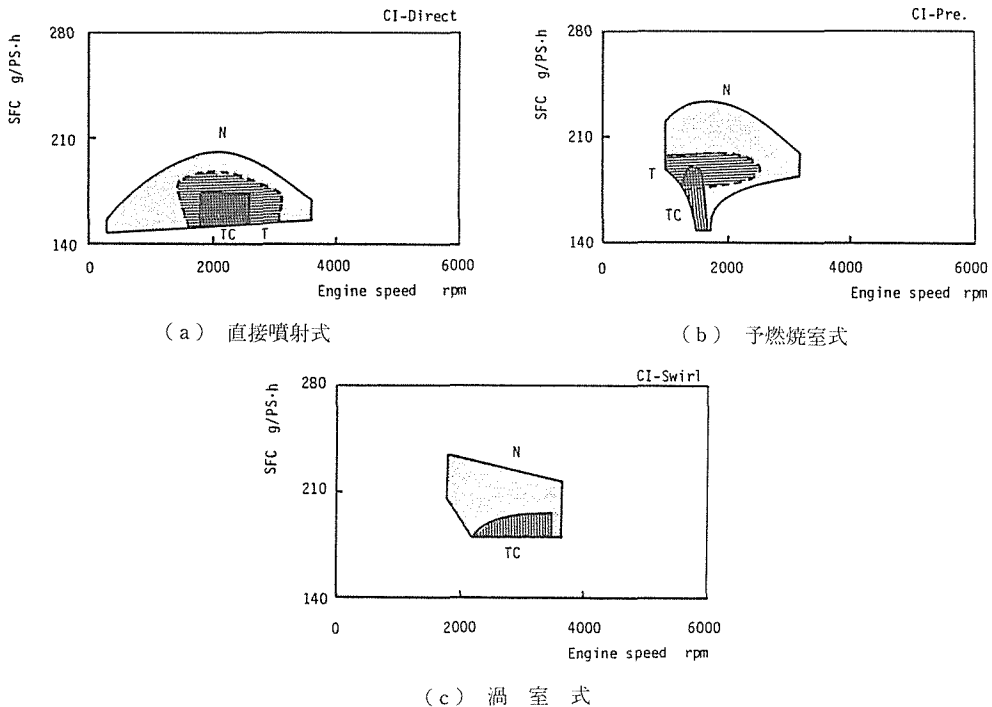


図 6 燃料消費率と機関回転速度との関係——過給および吸気冷却の有無による差異——

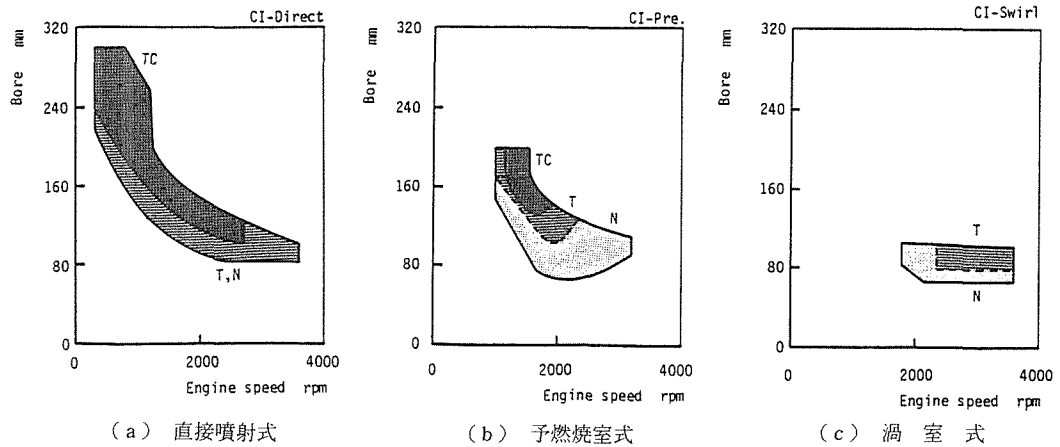


図 7 シリンダ径と機関回転速度との関係——過給および吸気冷却の有無による差異——

加することにより、燃料費率は大きく減少することが明らかである。なお、図 7 に示すように、無過給機関に比べて過給あるいは吸気冷却を有する機関では、シリンダ径が大きくなる傾向がある。

3.2 各種主要諸元と圧縮比との関係

本節では、各種機関諸元と圧縮比との関連について扱う。

まず、シリンダ径と圧縮比との総括的關係を図 8 に示す。ディーゼル機関では 10 以上の圧縮比が採用されており、そのシリンダ径が小さくなる、すなわち小形になるほど圧縮比は高くなっている。これは、前述したように大形の機関ほど過給を行う場合が多いこと、およびシリンダ径の小さい機関では始動性を確保するために圧縮比を高くせざるを得ないことなどによるものである。一方、ガソリン機関では、その圧縮比が 7~10 の範囲におさまっていると同時に、小形になるほど圧縮比が高くなる傾向が若干ながらみられる。これは、ノッキングを回避し易いシリンダ径の

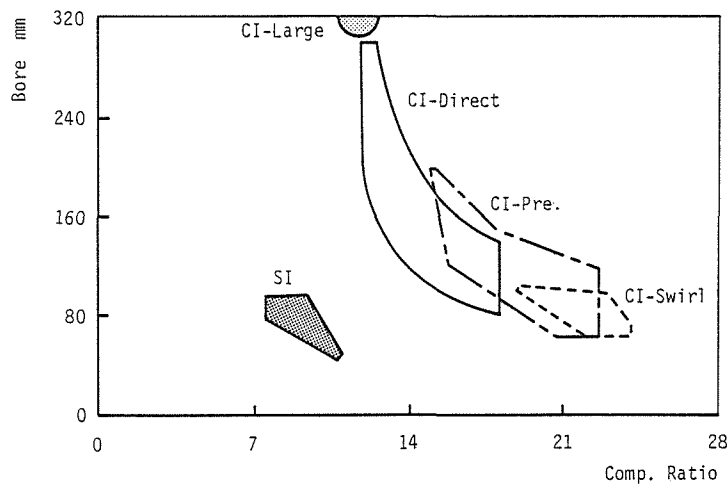


図 8 シリンダ径と圧縮比との関係

小さいものほど圧縮比を高くすることができるために生じたものと言えよう。

図9は、機関回転速度と圧縮比との関係を示したものである。この中で、ディーゼル機関はガソリン機関に比べて低速であるという一般的な特性が明瞭にみられる。また、直噴式ディーゼル機関は、ディーゼル機関の中でも全般に回転速度と圧縮比が低く、この傾向は大形機関において著しい。一方、予燃焼室式ディーゼル機関については、同一圧縮比（15以上）の直噴式や渦室式に比較して回転速度の低い機種が多く存在するようである。これは、予燃焼室式機関が工業用あ

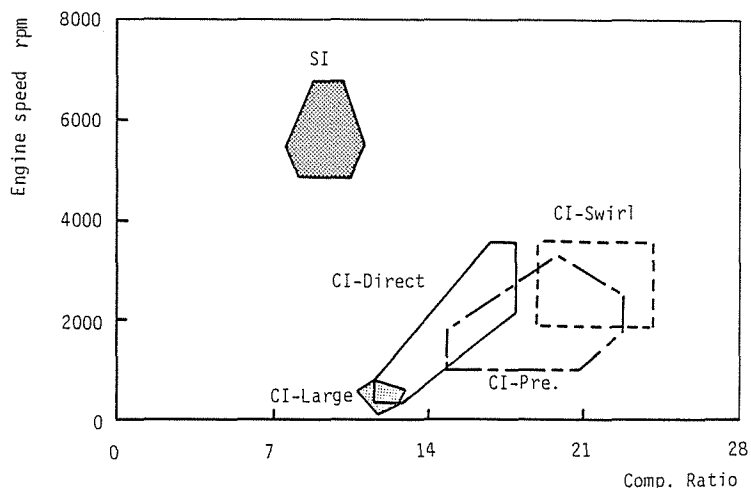
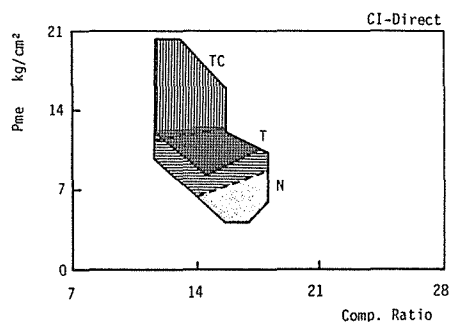
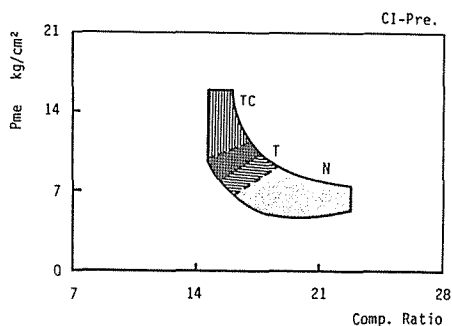


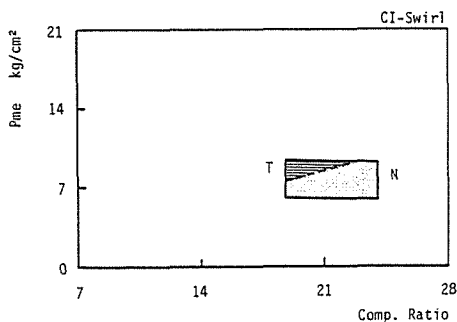
図9 機関回転速度と圧縮比との関係



(a) 直接噴射式



(b) 予燃焼室式



(c) 渦室式

図10 正味平均有効圧と圧縮比との関係——過給と吸気冷却の有無による差異——

るいは鉄道用に多く用いられているのに対し、直噴式および渦室式は、自動車用機関が大半を占めるためである。

図 10 は、正味平均有効圧と圧縮比との関連を過給および吸気冷却の有無によって分類して示したものである。図において、いずれの機関形式においても過給機、さらには吸気冷却を付加した場合には、正味平均有効圧が増加すると同時に、圧縮比が低く設定されていることが明らかである。なお、過給による低圧縮比・高平均有効圧化は、燃焼室形状が最も単純な直接噴射式機関において顕著にみられる。

図 11 に正味平均有効圧と圧縮比との関係を示す。図を総括的にみた場合、通常の内燃機関の理論とは逆に、圧縮比の増加にともなう燃費率の増加、すなわち熱効率の低下傾向がみられ、その程度はガソリン機関に比べてディーゼル機関において著しい。これは、主として熱効率の高い直接噴射式機関の圧縮比が一般的に低いこと、および過給あるいは吸気冷却を有する高性能機関の圧縮比が無過給の場合に比べて低くおさえられていることなどに起因して生じた傾向である。

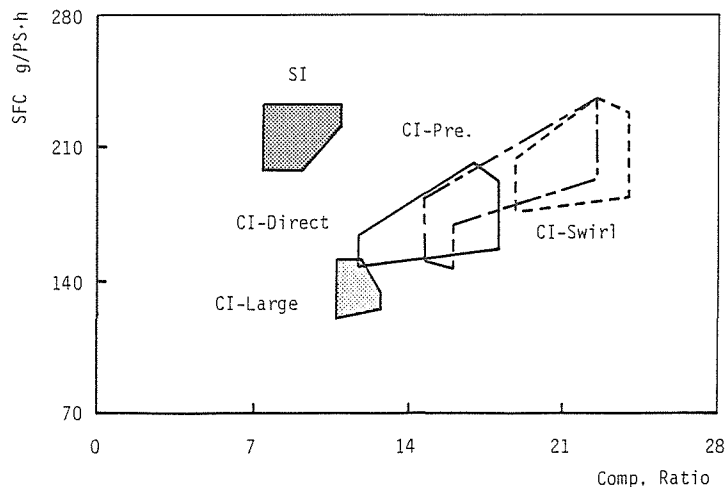


図 11 正味燃料消費率と圧縮比との関係

4. あ と が き

本報告では、多種多様な国産内燃機関を対象とし、それらの設計因子および性能値について、とくに機関回転速度および圧縮比を軸に相互関係を総括的に把握・解析してみた。内燃機関は、その用途により要求される性能が異なるため、本調査のような全機種に対する一括整理は、これに対して多少の異論がないわけではないが、内燃機関全般にわたる諸元・性能の相互関係をはじめ、ガソリン機関、および各種ディーゼル機関の相対的な位置付けをより明確にし、今後の機関の設計、あるいは研究に対する一資料を提供し得たものと考えている。

参 考 文 献

- 1) 後藤新一：自動車技術，Vol. 40（昭 61），No. 9，p. 1098～1103.
- 2) 山海堂：国産エンジンデータブック，1983 年版.