

No. 268.

(Published August, 1943.)

**Theoretical calculation of fuel consumption of
aeroengine at altitude (First Report.)**

By

Keikichi TANAKA, *Kogakuhakusi*,
Member of the Institute
Tetsujiro OZONO, *Kogakusi*.

Abstract.

Numerical calculation of power variation with altitude in both a naturally aspirated engine and in a gear driven supercharged engine were made as recently reported.*

This paper deals with the theoretical calculation of fuel consumption as the result of variation in the power of the engine at altitude.

Fuel consumption varies considerably with the compression ratio of engine and the air fuel ratio. With constant compression ratio and air fuel ratio, however, the fuel consumption varies also with altitude in a naturally aspirated engine, while in a gear driven supercharged engine it varies not only with altitude, but also with boost pressure and temperature.

The present paper deals with these numerical relations reserving the numerical calculation covering general altitude performance of aero engine for a succeeding report.

* Rep. of Aeron. Res. Inst. No. 267.

航空發動機の高空燃料消費率の 理論計算 (第一報)

所 員 田 中 敬 吉
特別研究員 尾 園 鐵 次 郎

目 次

1 緒 言.....	3
2 無過給發動機の場合.....	4
(1) 指示熱効率に就いて.....	4
(2) 機械効率に就いて.....	5
(3) 無過給發動機の燃料消費率.....	6
3 過給機附發動機の場合.....	8
(1) 指示熱効率に就いて.....	9
(i) ブースト圧力の影響.....	9
(ii) 吸気温度の影響.....	10
(iii) 過給機駆動の実際の場合の影響.....	10
(2) 機械効率に就いて.....	11
(i) 過給機駆動馬力に相當する平均有効圧力.....	11
(ii) 背壓に依る回復馬力に相當する平均有効圧力.....	12
(iii) 過給機附發動機の機械効率.....	13
(3) 過給機附發動機の機械効率.....	14

1. 緒 言

航空發動機の高空性能として、無過給發動機並に過給機附發動機の高空出力に就いては、一應の理論計算⁽¹⁾⁽²⁾を終つた。この高空出力に對して發動機の燃料消費率が如何に變化するかを見るために、この理論的計算を試みたものである。

發動機の燃料消費率は發動機の壓縮比及び混合比に依つて著しく變化するもので

-
- (1) 航空發動機の高度に依る出力變化の J.S 線圖に依る計算 (過給機無し) 航研報告 253 號。
(2) 過給機附發動機の高空性能の理論計算, 航研報告 267 號。

あるが、先づ最初に發動機の壓縮比及び混合比を一定として、無過給發動機の場合の高度に依る燃料消費率の變化の状態及び過給機附發動機の高度、ブースト壓力及び溫度の變化に依る燃料消費率の變化の状態を一應検討したものであつて、全般的な高空性能に對する燃料消費率の計算は第2報に譲ることとする。

一般に發動機の指示熱効率を η_i 、機械効率を η_m 、燃料の低値發熱量を H_u kcal/kg とすれば正味燃料消費率 b_e gr/BHP/hr は

$$b_e = \frac{63.2}{\eta_i \eta_m} \frac{10000}{H_u} \text{ gr/BHP/hr} \dots\dots\dots (1)$$

として表はされる。

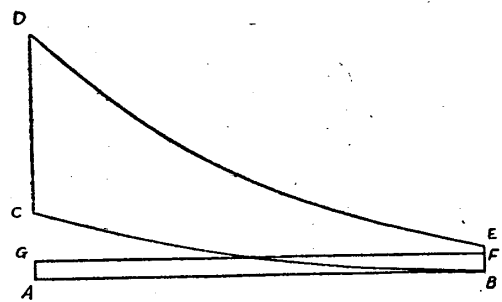
故に使用燃料の低値發熱量 H_u が一定の場合には種々の運轉條件の下に、發動機の指示熱効率 η_i と機械効率 η_m とを求めれば正味燃料消費率 b_e が求められることとなる。

2. 無過給發動機の場合

(1) 指示熱効率 η_i に就いて

無過給發動機の場合の理論サイクルを圖示すれば第1圖の如くなる。

吸入行程に於ける氣筒内の壓力は大氣壓より約8%の壓力損失があるものと一般に考へられるから、第1圖より明らかな如く吸入行程に於ては $ABFG$ なる面積で表される負の仕事を行ふこととなり、正の指示仕事量は $BCDE$ の面積で表されることとなる。故にこの $BCDE$ の面積で表される仕事量を指示仕事量と考へ、損失の仕事量 $ABFG$ は別個に考へることとする。



第1圖 無過給發動機の理論サイクル

今燃燒瓦斯 1 Nm^3 が一サイクルになす $BCDE$ に相當する指示仕事量を AL_i kcal/ Nm^3 とし、この一サイクルに燃燒瓦斯の 1 Nm^3 當りに發生すべき化學的熱量を W kcal/ Nm^3 とすれば、上述の考察より指示熱効率 η_i は

$$\eta_i = \frac{AL_i}{W} \dots\dots\dots (2)$$

で表される。而して 1 kg の燃料に依つて生ずる燃燒瓦斯の體積を $V_g \text{ Nm}^3$ 、その場合氣筒内に残留した排氣瓦斯の體積を $V_r \text{ Nm}^3$ とすれば上述の化學的熱量 W と燃料の低値發熱量 H_u との關係は

$$W = \frac{H_u}{V_g + V_r} \quad \text{kcal/Nm}^3 \dots\dots\dots (3)$$

として表される。燃焼瓦斯の體積 V_g は主として燃料と空氣との混合比 n に依つて變化し、氣筒内に残留した廢氣瓦斯の體積 V_r は主として發動機の壓縮比 ϵ に依つて變化する。

空氣の JS 線圖及び燃焼瓦斯の US 線圖を使用して混合比 $n=0.9$ の場合に就いて(2)式で示す指示熱効率 η_i を計算した結果を第1表に示す。燃料の低值發熱燒 $H_u=10000$ kcal/kg とし、燃焼及び膨脹の兩行程に各 7% 宛の熱損失のあるものと假定した計算結果である。

發動機の壓縮比 ϵ は 4~9 に變化し、高度 Z は地上より 15000 m まで變化した場合である。計算結果を見て明な如く、この指示熱効率は發動機の壓縮比が一定の場合に對しては高度 Z に依つて殆んど變化せず、發動機の壓縮比の變化に依つて大いに異なることが知られる。

第 1 表 指示熱効率の高度壓縮比に依る變化 ϵ

高度 壓縮比	0	2000	4000	6000	8000	11000	13000	15000
4	.258	.258	.257	.257	.256	.255	.253	.253
5	.289	.289	.289	.289	.289	.289	.289	.289
6	.313	.313	.313	.314	.313	.313	.312	.311
7	.333	.333	.333	.334	.333	.333	.332	.331
8	.349	.349	.349	.348	.350	.349	.348	.347
9	.361	.361	.361	.361	.362	.361	.361	.360

(2) 機械効率に就いて

次に發動機の機械効率 η_m の計算であるが、發動機の正味馬力に相當する正味平均有效壓力を P_{mbz} とすれば之は

$$P_{mbz} = P_{miz} - P_{mLz} - P_{maz} \quad \text{kg/cm}^2 \dots\dots\dots (4)$$

の形で表される。但し P_{miz} は上述の指示馬力に相當する指示平均有效壓力、 P_{mLz} は摩擦その他の損失馬力に相當する平均有效壓力、 P_{maz} は上述の吸入行程に於ける損失馬力に相當する平均有效壓力を示すものとする。従つて上述の指示熱効率 η_i に對して機械効率 η_m は

$$\eta_m = \frac{P_{mbz}}{P_{miz}} = 1 - \frac{P_{mLz} + P_{maz}}{P_{miz}} \dots\dots\dots (5)$$

として計算すればよいこととなる。

指示平均有效壓力 P_{miz} は US 線圖に依る指示仕事量 AL_i kcal/Nm³ の計算よ

り直ちに求められ

$$P_{miz} = 0.04269 \frac{AL_i}{v_B - v_C} \dots\dots\dots (6)$$

として表される。但し $v_B - v_C$ はその場合の 1 Nm^3 の燃焼瓦斯の行程容積 m^3/Nm^3 を表す。

次に P_{mLz} なる損失馬力に相當する平均有効壓力は、地上に於ては指示平均有効壓力 P_{mio} の 10% に相當し、その 70% はピストン、軸受等の摩擦損失に相當するもので一定とし、他の 30% は吸入混合氣量即ち P_{miz} に比例するものと考へて

$$P_{mLz} = 0.10 P_{mio} \left(0.70 + 0.30 \frac{P_{miz}}{P_{mio}} \right) \dots\dots\dots (7)$$

で表す。

最後に吸入行程に於ける損失馬力に相當する平均有効壓力 P_{maz} は氣筒内の壓力が大氣の壓力より 8% の低下あるものとし

$$P_{maz} = \frac{0.08 P_c}{735.5} \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (8)$$

で表される。

従つて(6)式(7)式及び(8)式の數値を(5)式に代入することに依り、その場合の機械效率 η_m を求めることが出来る。この機械效率 η_m の計算結果を第2表に示す。同様に混合比 $n=0.9$ の場合で發動機の壓縮比 $\epsilon=4\sim 9$ 高度 $Z=0\sim 15000 \text{ m}$ の範圍に互り計算したものである。

計算結果を見ると機械效率は高度 Z に依つて著しく變化し、壓縮比に依つては殆ど變化しないことが知られる。高度の増加と共に摩擦損失の%が増大することがその主なる原因である。

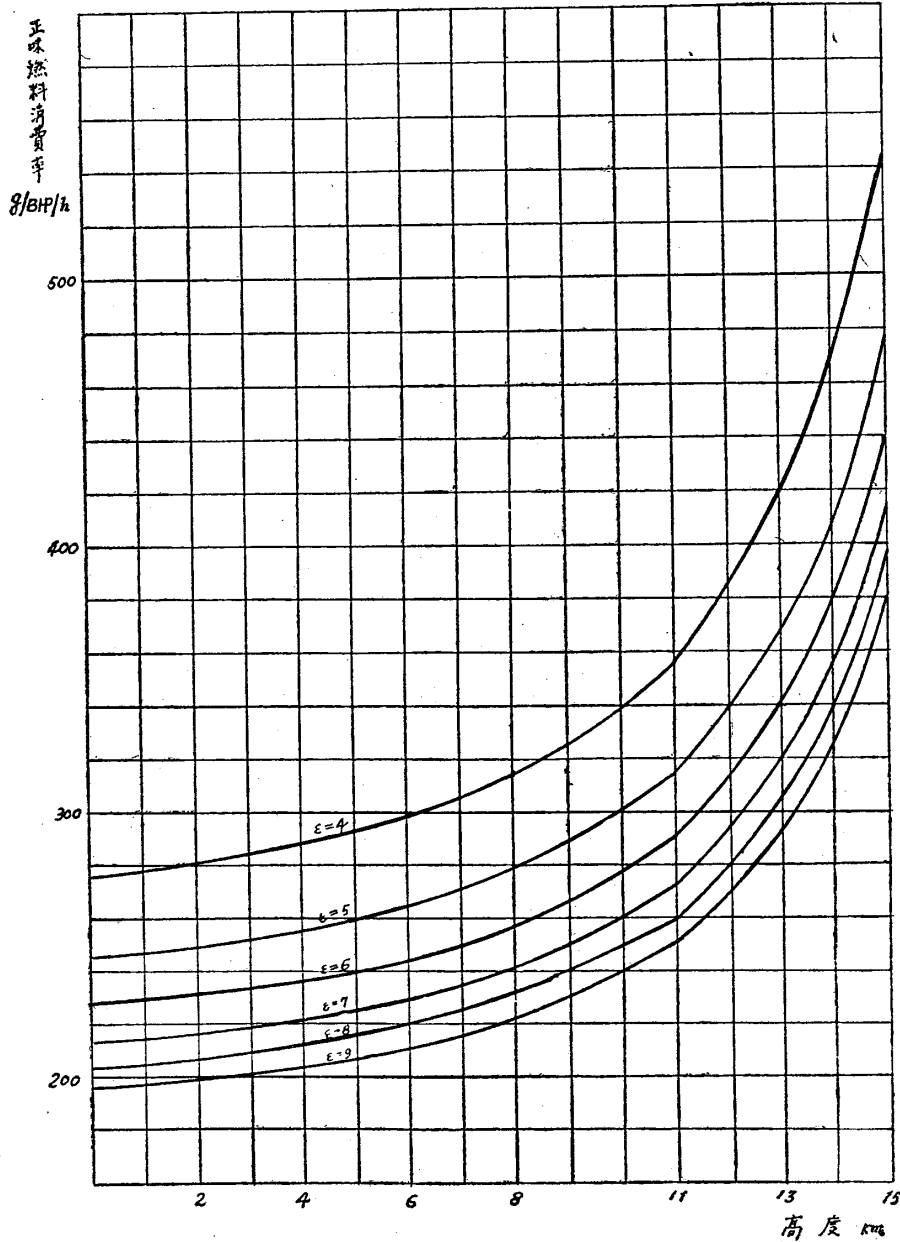
第2表 高度に依る機械效率の變化

高度 壓縮比	0	2000	4000	6000	8000	11000	13000	15000
4	.890	.874	.853	.823	.785	.695	.595	.459
5	.891	.875	.853	.823	.785	.696	.596	.459
6	.892	.876	.852	.824	.786	.697	.596	.460
7	.892	.876	.854	.824	.786	.698	.597	.460
8	.892	.875	.854	.825	.786	.698	.597	.459
9	.893	.876	.854	.825	.786	.698	.597	.459

(3) 無過給發動機の燃料消費率

以上第1表及び第2表の指示熱效率 η_i 及び機械效率 η_m を使用して無過給發動機の燃料消費率 b_e を(1)式より計算し、この計算結果を第3表に示し之を第2圖

に圖示する。指示熱効率 η_i は高度に依つて變らず、發動機の壓縮比 ϵ の増加と共に増加し、又機械効率 η_m は壓縮比 ϵ に依つて變らず高度 Z の増加と共に著しく低下して、結局燃料消費率 b_e は壓縮比 ϵ の増加と共に低下し、高度の増加と共に著しく増加することが知られる。



第 2 圖 燃料消費率の高度に依る變化

第3表 高度に依る燃料消費率の變化

$n=0.9, H_u=10,000 \text{ Kcal/kg}$

高度 壓縮比	0	2000	4000	6000	8000	11000	13000	15000
4	276	281	288	299	314	356	420	544
5	246	250	256	266	279	314	366	477
6	227	231	237	244	257	290	340	442
7	214	217	222	230	242	272	319	415
8	203	207	212	220	230	260	304	397
9	196	200	205	212	223	251	295	382

3. 過給機附發動機の場合

過給機附發動機の理論サイクルを圖示すれば一般に第3圖の如くなる。この場合には過給機の駆動のために、吸入行程に於ける氣筒内の壓力は一般に大氣壓よりも高く、第3圖に示す如く吸入行程に於て $ABFG$ の面積に相當する正の仕事をする事となる。之を背壓に依る回復馬力と呼ぶ。

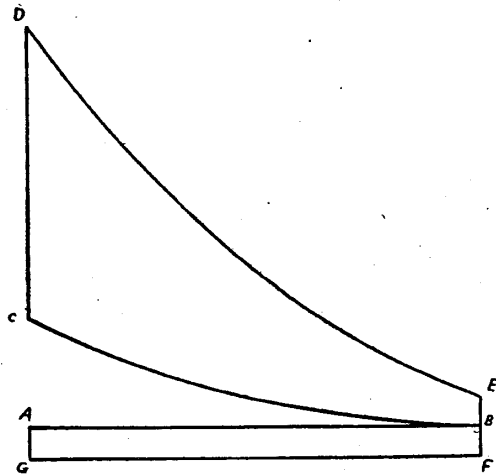
無過給機の場合と同様に第3圖の $BCDE$ の面積に相當する仕事量を指示仕事量とし之を指示平均有效壓力 P_{miz} で表すこととすれば、軸馬力に相當する正味平均有效壓力 P_{mbz} は

$$P_{mbz} = P_{miz} - P_{miz} - P_{msz} + P_{maz} \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots (9)$$

として表される。但し P_{msz} 過給機駆動馬力に相當する平均有效壓力を示し、この場合は無過給の場合と異り P_{maz} は一般に正の仕事量を表す。

この背壓に依る回復馬力に相當する平均有效壓力 P_{maz} は過給機駆動に依つて生ずるものであるから、過給機駆動馬力に相當する P_{msz} からこの P_{maz} を差引いた $P_{msz} - P_{maz}$ が過給機に依つて消費せられる損失馬力に相當するものである。故に(9)を

$$P_{mbz} = P_{miz} - P_{miz} - (P_{msz} - P_{maz}) \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots (9)'$$



第3圖 過給機附發動機の理論サイクル

の形に置き、第3圖の PV 線圖に於て $ABFG$ に相當するものを過給機驅動馬力に含めて、 $BCDE$ に相當する指示平均有效壓力 P_{miz} を考へれば、機械效率は無過給の場合と同様に

$$\eta_m = \frac{P_{miz}}{P_{miz}} = 1 - \frac{P_{miz} + (P_{miz} - P_{miz})}{P_{miz}} \dots\dots\dots (10)$$

として表すことが出来る。即ち (10) 式の右邊の第2項は過給機驅動及び摩擦其他に依る完全損失馬力の指示馬力に對する%を表す。

上述の第3圖の PV 線圖の $BCDE$ の面積に相當する仕事量に對しての指示熱效率 η_i は、無過給機發動機の場合と同様に

$$\eta_i = \frac{AL_i}{W} \quad (2)$$

として表され、上の (10) 式の η_m とこの (2) 式の η_i を計算することに依つて過給機附發動機の燃料消費率 b_c を (1) 式から求めることが出来る。

(1) 指示熱效率に就いて

以上の如く定義した指示熱效率 η_i は無過給機の場合には一定の壓縮比 ϵ 、一定の混合比 n の場合、高度 Z に依つて殆ど變らず一定であることが明となつたが、過給機附發動機に於ては一定の壓縮比 ϵ 、一定の混合比 n の場合で、同一の高度に對しても、吸入管内の吸氣溫度 t_s 及びブースト壓力 ($P_s - 760$) mmHg が變化し、従つて背壓比 P_2/P_1 も亦變化するから指示熱效率 η_i がこれらの三つの變化に從つて如何に變化するかを先づ検討しなければならない。

(i) ブースト壓力の影響

發動機の壓縮比 $\epsilon = 6$ 、混合比 $n = 0.9$ 高度 $Z = 0$ に於て吸氣溫度 $t_s = 15^\circ\text{C}$ としてブースト壓力 ($P_s - 760$) mmHg を 0 mmHg より 1000 mmHg まで上げてその場合の指示熱效率 η_i の變化を (2) 式に依つて空氣の JS 線圖及び燃燒瓦斯の US 線圖を使用して正確に計算すると第4表の如くなる。この場合も燃燒及び膨脹の兩行程に各7%宛の熱損失があるものとして指示仕事量 AL_i kgm/Nm³ を求めたものである。

第4表 ブースト壓力に依る指示熱效率の變化

$n = 0.9 \quad \epsilon = 6 \quad t_s = 15^\circ\text{C}$

ブースト壓力 ($P_s - 760$) mmHg	0	200	400	600	800	1000
η_i	.3126	.3129	.3136	.3138	.3138	.3139

之に依つて見るに僅であるがブースト壓力の増加と共に指示熱效率は増加する。之はブースト壓力の増加と共に、燃燒の最高壓力 P_D が上昇し (附圖第7圖参照)。

従つて熱解離度が減少するため瓦斯の膨脹衝程に於ける仕事量が増加することとなるが、又一方ブースト圧力の増加のために気筒内の残留瓦斯量が減少しそのため燃焼の最高温度 t_b (附圖第4圖参照) が漸次上昇し熱解離度を増加することとなるが爲め、全體の結果としては之が相殺して、ブースト圧力の増加に依つて指示熱効率 η_i は差引き極く僅かしか増加しないものと考へられる。

ブースト圧力 P_s の増加は背壓比 P_2/P_s を當然變化せしめることとなるから、この計算結果は背壓比の影響をも當然含めたものであつて、ブースト圧力 P_s の増加は背壓比 P_2/P_s を低下せしめ上述の気筒内の残留瓦斯量を減少せしめる作用を行ふこととなる。

(ii) 吸入温度の影響

同様に發動機の壓縮比 $\epsilon=6$ 、混合比 $n=0.9$ 、高度 $Z=0$ に於てブースト圧力 ± 0 mmHg として吸氣温度 t_s を 15°C 、 115°C 、 215°C と變化して、指示熱効率 η_i の變化を同様にエントロピ線圖を使用して計算し之を下表に示す。

第5表 吸入温度に依る指示熱効率 η_i の變化
 $n=0.9$ $\epsilon=6$ $P_s=\pm 0$ mmHg

吸入温度 t_s	15°C	115°C	215°C
η_i	.3126	.3056	.2997

之に依つて見ると、吸入温度 t_s の増加と共に指示熱効率 η_i は相當に變化する。之は吸氣の温度上昇はサイクルの各點の温度を上昇せしめ、瓦斯の比熱は高温度となる程高くなることより、燃焼の最高温度 t_b が高いために熱解離度が増加し、指示仕事量を低下せしめる結果を來すものと考へられる。

實際の場合として吸入温度 t_s を 215°C にも上げればノッキング等の制限を受け、實用に供し得ないし、又よしかゝる高温度が許される場合にも、 15°C に對してこの指示熱効率 η_i は僅に4%の低下であることが知られる。

(iii) 過給機駆動に依る場合の影響

以上で指示熱効率 η_i に及ぼすブースト圧力 P_s (従つて背壓比 P_2/P_s) 及び吸氣温度 t_s の影響の程度が明となつたのであるが、實際の場合には過給機の駆動に依つてブースト圧力 P_s を高めるのであるから、吸氣温度 t_s もその結果として高められることとなり、ブースト圧力 P_s の増加に依つて指示熱効率 η_i は僅かに高められるが、吸氣温度 t_s の増加に依つて低められる。この兩者の影響は相殺する方向に働くが後者の影響の方が大きく、従つて實際の場合にはブースト圧力 P_s の増加と共に指示熱効率 η_i は僅かであるが低下することとなる。

この計算例として

過給機の全断熱効率 $\eta_{ad}=0.65$
 ポリトロップ指数 $n=1.63$

としてブースト圧力を變化し地上と高度 6000 m との場合の過給機出口の温度 t_s を計算すれば下表の如くなる。

第 6 表 過給出口の温度 t_s

ブースト圧力 mmHg		-400	-200	0	200	400	600	800	1000
高	0 m	—	—	15	42.2	66.1	87.6	107.3	125.5
度	6000 m	-16.9	24.3	61.5	93.3	121.0	145.9	168.8	189.8

次に發動機の壓縮比 $\epsilon=7$, 混合比 $n=0.9$ として地上 $Z=0$ 及び高度 $Z=6000$ m の場合に就いてブースト圧力, 従つて吸気温度 t_s を上述の第 6 表の如く變化した場合の指示熱効率 η_i の計算を同様にエントロピ線圖に依つて行つた結果を下表に示す。

第 7 表 指示熱効率 η_i

ブースト圧力 mmHg		-400	-200	0	200	400	600	800	1000
高	0 m	—	—	.333	.333	.333	.332	.331	.328
度	6000 m	.335	.334	.332	.331	.330	.328	.328	.326

之に依つて, 上述の如くブースト圧力の増加とそれに伴ふ給気温度 t_s の上昇に依る影響とが相殺するが後者の影響の方が大きい爲めに指示効率 η_m はブースト圧力の増加と共に極く僅かであるが減少することを知る。

(2) 機械効率 η_m に就いて

過給機附發動機の機械効率 η_m は上述の(10)式の如く定義されたが, (10)式に於ける指示平均有効圧力 P_{miz} は, 指示仕事量 AL_i kcal/Nm³ が指示熱効率 η_i を求める場合にエントロピ線圖より求められるから, (6) 式の計算で求められる。又摩擦その他の損失馬力に相當する平均有効圧力 P_{mLz} は(7) 式より計算することが出来る。従つて過給機驅動馬力に相當する平均有効圧力 P_{msz} 及び背壓に依る回復馬力に相當する P_{maz} を計算すれば機械効率 η_m を求めることが出来る。

(i) 過給機驅動馬力に相當する平均有効圧力

1 Nm³ の混合氣を大氣壓 P_z より所定のブースト圧力 P_s まで壓縮するに要する仕事量は

$$\frac{1}{\eta_{ad}} L_{ad} = \frac{1}{\eta_{ad}} \cdot \frac{k}{k-1} R T_z \left[\left(\frac{P_s}{P_z} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \text{kg-m/Nm}^3 \dots \dots (11)$$

として表される。但し L_{ad} は過給機の理論的断熱壓縮の仕事量 kgm/Nm³, k は

断熱係数 c_p/c_v , β は 1 Nm^3 の瓦斯常数即ち $37.84 \text{ kgm/Nm}^3/\text{K}$ を示す。この仕事を気筒内の平均有効圧力 P_{msz} の形に換算すれば

$$P_{msz} = \frac{1}{\eta_{ad}} L_{ad} \frac{1}{L_B - L_C} \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^2 \dots (12)$$

となる。但し $L_B - L_C$ は 1 Nm^3 の混合気の気筒内の行程容積 m^3/Nm^3 を示す。(11)式と(12)式より $k=1.40$, $\eta_{ad}=0.65$ と置くことに依り

$$P_{msz} = \frac{5.073}{L_B - L_C} T_z \left[\left(\frac{P_s}{P_z} \right)^{\frac{1}{.35}} - 1 \right] \text{ kg/cm}^3 \dots (12)'$$

となり、所定の高度で T_z 及び P_z が與へられ、所定のブーストで $\frac{P_s}{P_z}$ が計算されるからその場合の 1 Nm^3 の行程容積 $(L_B - L_C) \text{ m}^3$ を求めれば (12)' 式に依つて P_{msz} が求められる。

$(L_B - L_C) \text{ m}^3$ は發動機の壓縮比 ϵ , 混合比 n , ブースト圧力 P_s 及び温度 t_s に依つて變化し、上述の計算例 $\epsilon=7$, $n=0.9$ で高度 $Z=0$ 及び $Z=6000 \text{ m}$ の場合にブースト圧力の變化に對する數値を下表に示す。

第 8 表 $(L_B - L_C) \text{ m}^3/\text{Nm}^3$

ブースト圧力 mmHg	-400	-200	0	200	400	600	800	1000
高 0 m	—	—	1.253	1.208	.8764	.7714	.6903	.6275
度 6000 m	2.471	1.689	1.323	1.092	.9403	.8319	.7489	.6831

従つてこの數値を (12)' 式に代入することに依り過給機驅動馬力に相當する平均有効圧力 P_{msz} を計算することが出来る。その結果を下表に示す。

第 9 表 過給機驅動馬力に相當する平均有効圧力 $P_{msz} \text{ kg/cm}^2$

ブースト圧力 mmHg	-400	-200	0	200	400	600	800	1000
高 0 m	—	—	0	.279	.634	1.047	1.678	2.193
度 6000 m	.610	.421	.935	1.533	2.179	2.861	3.575	4.320

ブースト圧力の増加と共に、又高度の増加と共に過給機驅動馬力 P_{msz} は當然増大する。

(ii) 背壓に依る回復馬力に相當する平均有効圧力

次に背壓に依る回復馬力に相當する平均有効圧力 P_{maz} は第 3 圖の PV 線圖の $ABFG$ なる面積に相當するものであつて吸入行程の気筒内の圧力 P_B は吸氣管内のブースト圧力 P_s より 8% の壓力低下あるものと假定して

$$P_B = 0.92 P_s$$

とすればこの回復馬力に相當する平均有効壓力 P_{maz} は P_z を大氣壓として

$$P_{maz} = \frac{0.92 P_s - P_z}{735.5} \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(13)$$

として與へられ、この値はブースト壓力 P_s と大氣壓 P_z にのみ關係する値であつてブースト壓力の増加と共に P_{maz} は増加する。

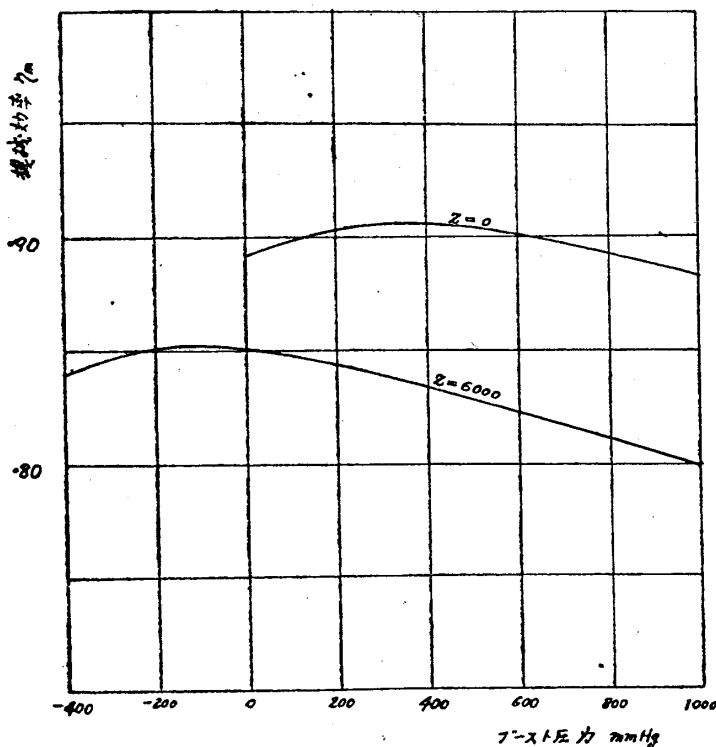
(iii) 過給機附發動機の機械效率

かくして P_{miz} , P_{mLz} , P_{msz} 及び P_{maz} が計算されるから、上述の(10)式よりこの場合の機械效率が計算され、その結果を下表に示す。

第 10 表 機 械 効 率

ブースト壓力 mmHg		-400	-200	0	200	400	600	800	1000
高	0 m	—	—	.893	.904	.907	.900	.892	.887
度	6000 m	.820	.851	.850	.844	.834	.822	.812	.798

この數値を第 4 圖に示す。横軸にブースト壓力を取つて高度一定の曲線として示



第 4 圖 ブースト壓力に依る機械效率の變化
 $\epsilon=7, \eta_{ad}=0.65, \text{ポルトローブ指數 } 1.63$

したものである。地上の場合ではブースト圧力 400 mm 附近に於て機械効率 η_m が最大となり、高度 6000 m の場合ではブースト圧力 -200 mm 附近に於て機械効率 η_m が最大となることが明示される。即ち過給機附發動機に於ては各高度に於てその機械効率 η_m を最大とする様なブースト圧力のあることがこの圖より示される。この點は高度が高くなる程、ブースト圧力の低い處に移動する傾向にあることも認められる。

(3) 過給機附發動機の燃料消費率

上述の如く指示熱効率 η_i 及び機械効率 η_m が計算されるから、この數値よりこの場合の燃料消費率 b_e を(1)式の關係で計算することが出来る。その結果を第11表に示す。

第11表 過給機附發動機の燃料消費率 b_e g/BHP/hr

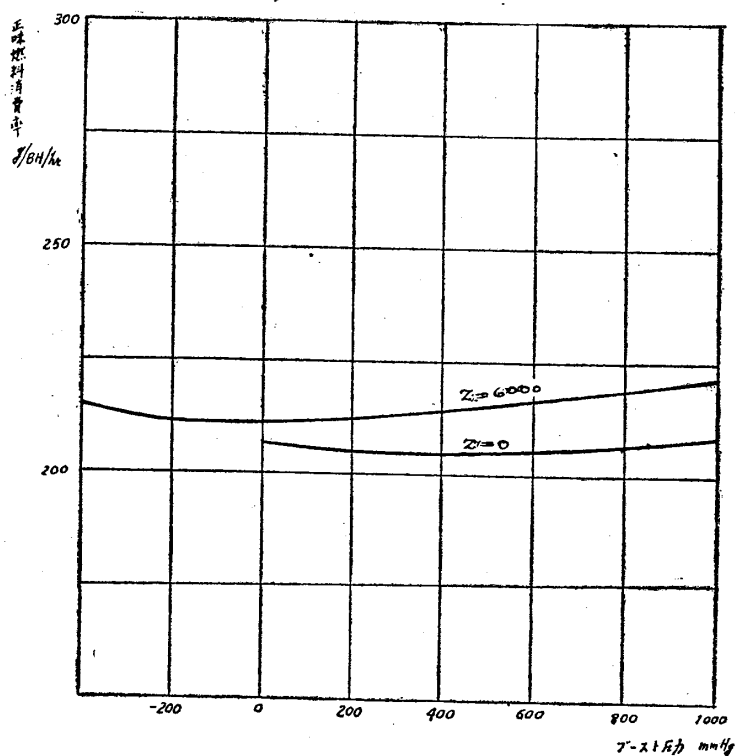
ブースト圧力 mmHg	-400	-200	0	200	400	600	800	1000
高 0 m	—	—	213	210	209	211	214	217
度 6000 m	230	223	224	226	230	234	238	243

發動機の壓縮比 $\epsilon=7$ 混合比 $n=0.90$ 燃料の低値發熱量 $H_u=10000$ kcal/kg, 過給機の全斷熱効率 $\eta_{ad}=0.65$ ポリトロップ指數 $n=1.63$ の場合である。

この數値を第5圖に示す。横軸にブースト圧力を取り、高度一定の曲線として示したものである。圖を見て明な如く、地上に於てはブースト圧力 400 mm 附近に燃料消費率の最小となる點が現はれ、高度 $Z=6000$ m に於てはブースト圧力 -200 mm 附近に於て最小となる點が現れる。之は第4圖の機械効率 η_m の最大となる點と一致する。即ち指示熱効率 η_i はブースト圧力に依つて殆んど變化せず、機械効率 η_m はブースト圧力に依つて變化し、燃料消費率は機械効率 η_m に逆比例するからである。

第5圖或は第4圖に於て地上の ± 0 mmHg ブーストは無過給發動機の場合に相當する。而してこの無過給發動機の場合よりも適當なブースト圧力を加へた過給機附發動機の場合の方が機械効率 η_m が高く、従つて燃料消費率 b_e も小さくなることが示される。この事柄は高度 $Z=6000$ m の場合でも同様であつて、この場合の無過給の場合をブースト圧力で示せば -407 mmHg に相當する。かくして過給機附發動機の燃料消費率は無過給發動機の場合より一概に増大するとは云ひ得ないことが明となる。

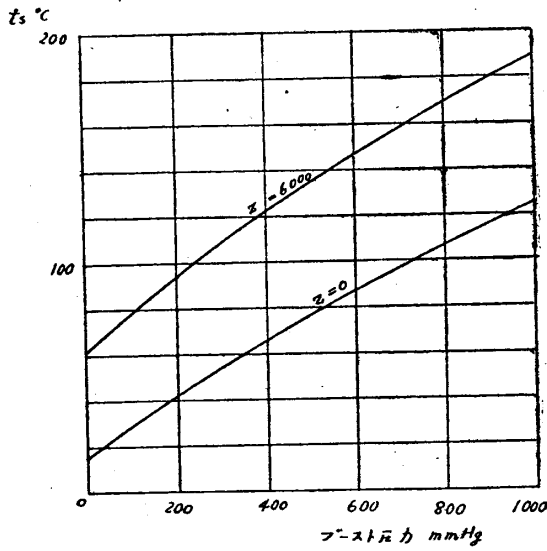
以上の計算例より總括して、過給機附發動機に於ては正規高度が高くなる程、燃料消費率は増大し、一定の正規高度に於ては一般にブースト圧力の増加と共に燃料消費率は増加するが、無過給の状態よりあるブースト圧力までは却つて燃料消費率



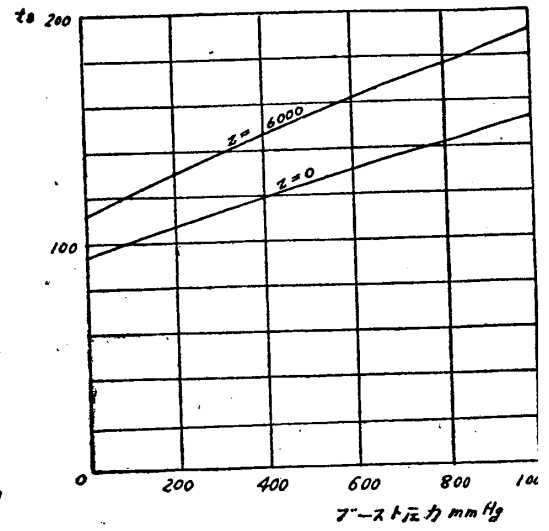
第 5 圖 ブーストに依る正味燃料消費率の變化
 $\epsilon=7, \eta_{cal}=0.65, \text{ポリトロプ指数 } 1.63$

は低下することを知らる。

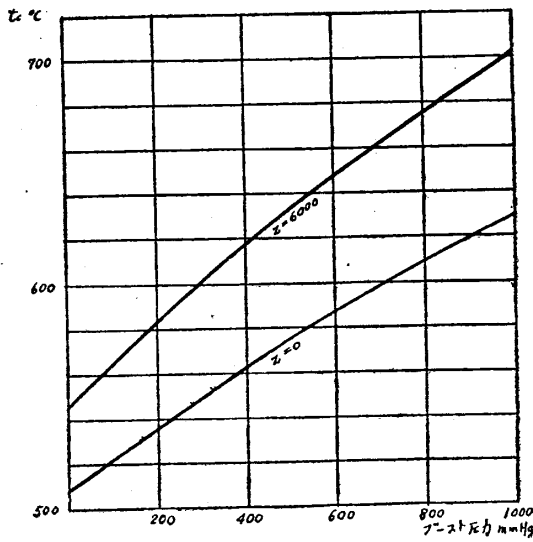
以上の計算結果は發動機の壓縮比 $\epsilon=7$, 混合比 $n=0.9$ の一定値の場合の計算であるが、壓縮比の増加に依る燃料消費率の低減、並びに混合比 n を變化し、混合比を薄くすることに依る燃料消費率の低減等に就いては更に続報に譲ることとする。



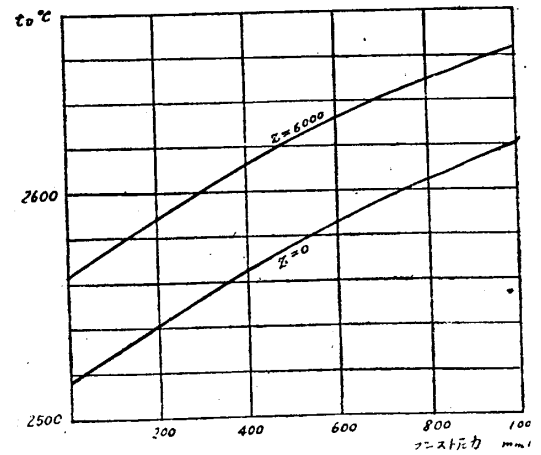
附圖第1 吸気温度
 $\eta_{ad}=0.65$, ポリトロップ指数 1.63



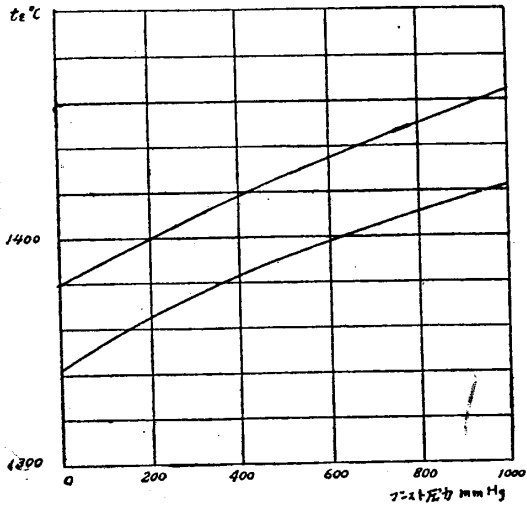
附圖第2 壓縮始めの温度
 $\epsilon=7$, $\eta_{ad}=0.65$ ポリトロップ指数 1.63



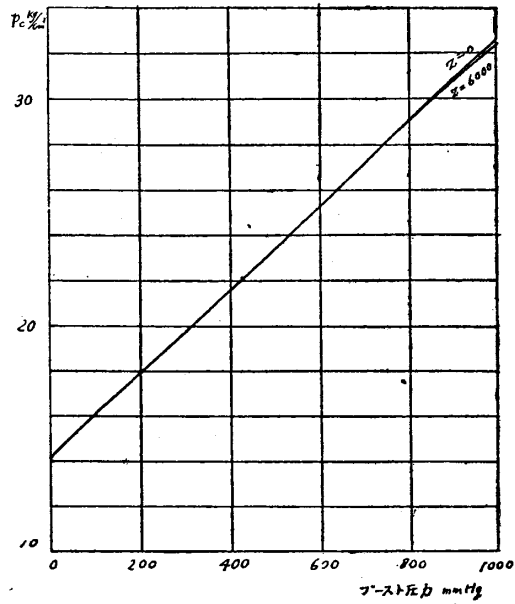
附圖第3 壓縮終りの温度
 $\epsilon=7$, $\eta_{ad}=0.65$, ポリトロップ指数 1.63



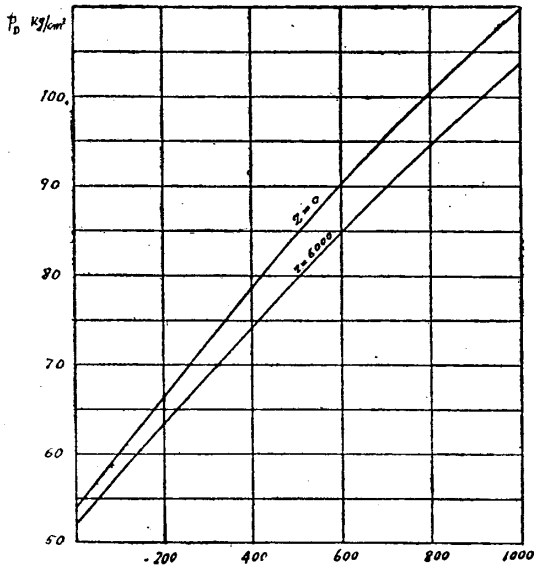
附圖第4 爆發最高温度
 $\epsilon=7$, $\eta_{ad}=0.65$, ポリトロップ指数 1.63



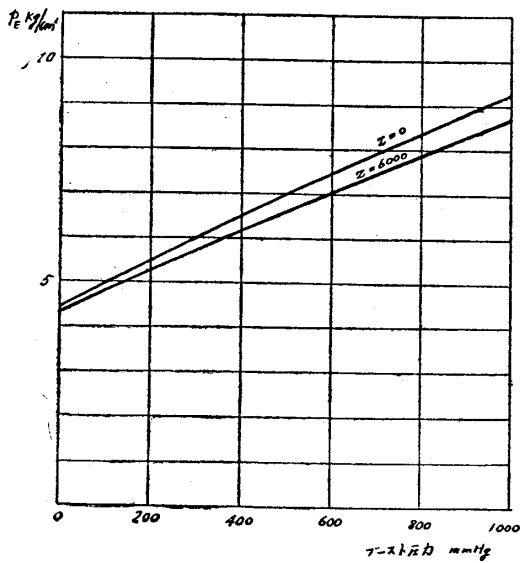
附圖第5 排氣始めの温度
 $\epsilon=7, \eta_{ad}=0.65$, ポリトロップ指数 1.63



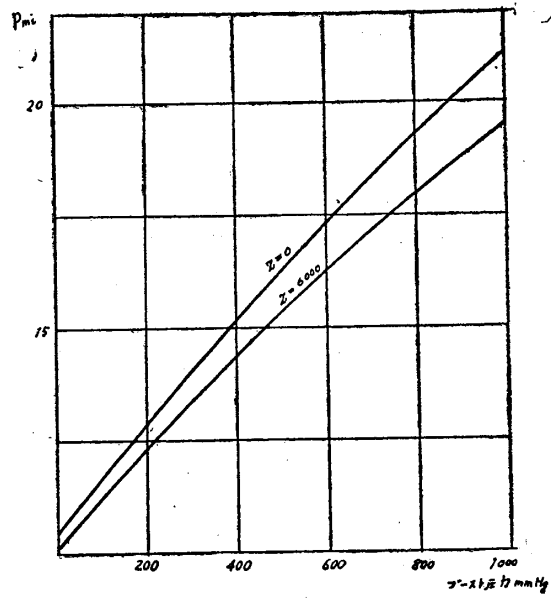
附圖第6 壓縮終り圧力
 $\epsilon=7, \eta_{ad}=0.65$, ポリトロップ指数 1.63



ブースト圧力 mmHg.
 附圖第7 爆發最高壓力
 $\epsilon=7, \eta_{ad}=0.65$, ポリトロップ指数 1.63



附圖第8 排氣始め壓力
 $\epsilon=7, \eta_{ad}=0.65$, ポリトロップ指数 1.63



附圖第9 指示平均有效壓力
 $\epsilon=7$, $\eta_{oil}=0.65$, ポリトロプ指數 1.63