

航空 Diesel 發動機の Supercharging に就て

(第 2 報)

囑 託 村 田 元 之 助

1. 緒 言

著者は第 1 報⁽¹⁾に於て航空 Diesel 發動機の出馬力當りの重量の軽減を目的とする Supercharging が發動機の出馬力に及ぼす影響を求め一方法を指摘して、それによつて單管 Diesel 發動機の實驗結果より推定した發動機の基準性能に對して、Boost 壓力と補正指示平均有効壓力⁽²⁾の關係を求めた。その結論としては Boost 壓力に對する補正指示平均有効壓力の増加割合が Boost 壓力の 0.1 kg/cm^2 附近に於て大きいことより地上性能に就てのみ考ふれば Boost 壓力をこの附近に保つことが有利と思はれることを述べた。

本文は以上の考察を航空機が空氣狀態の異なる高空に行つた場合(高度 4000 m 迄)に迄擴張して、ある壓力比(吐出壓力/吸入壓力)の Supercharger の與へられた場合に、各高度に於て發動機の負荷を増大することなく運轉するために必要なる壓縮比とその時に期待し得る補正指示平均有効壓力を計算して、以て Supercharger 付航空 Diesel 發動機の設計の一次計算の參考に資せんとしたものである。

2. 計 算 方 法

計算方法は全く第 1 報と同じで、たゞ大氣の溫度及び壓力即ち Supercharger 入口の溫度及び壓力として各高度に相當する値を採用して、Entropy 線圖を利用して計算するに過ぎないものであつて、この際に用ひた假定を列擧すると次の如くである。

(i) 基準 Diesel 發動機の Cycle は Sabathé Cycle とし各高度に於て一定と見做す。即ち

$$p_m = \text{最大爆發壓力} = 71.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$p_c = \text{壓縮最終壓力} = 34.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$n_c = \text{壓縮 Polytrope 變化指數} = 1.37$$

$$n_e = \text{膨脹 Polytrope 變化指數} = 1.20$$

$$p_e = \text{混合前殘留ガス壓力} = 1.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_e = \text{混合前殘留ガス溫度} = 773^\circ\text{K}$$

$$H_u = \text{燃料發熱量} = 10,000 \text{ kcal/kg.}$$

かく發動機の Cycle を一定と見做すことは高空に到るに従つて大氣溫度が減少し、發動機自身の狀況も變化する故に常に正しいものではない。然しながらこの計算に於て扱つた高度 4000 m 迄の範圍では大氣溫度は最低 -11°C となるに過ぎないから水冷發動機に於ては冷却水の溫度を變更することにより、又空冷發動機に於ても發動機に當る空氣量を Cowling その他によつて調節することによつて發動機の溫度狀態を一定に保つことは決して不可能ではない。

(ii) 發動機の行程容積は一定

この假定と (i) に於て設けた壓縮最終壓力 p_c 及び最高爆發壓力 p_m の一定と云ふこと

(1) 航空 Diesel 發動機の Supercharging に関する一考察 航空研究所彙報 昭和 10 年 4 月.

(2) 指示平均有効壓力より Supercharger に與へる仕事を壓力に換算して減じたもの.

は本計算の基礎となるものであつて気筒内圧縮行程の初期壓力の大きさ如何に拘はらず隙間容積を適當に選定することによつて圧縮行程の終期に於ける壓力を常に p_c ならしめるのである。かくすると同一圧縮最終壓力より燃焼を始めるものと見做し得るから常に同一最高爆發壓力 p_m を得るものとすることが出来る。何故ならば各場合に就て隙間容積及び気筒内圧縮空氣溫度が異なることが最高爆發壓力に及ぼす影響は燃料噴射時期を僅かに變更することによつて除去し得るからである。尙圧縮行程終期の状態より出發して、實驗的に定めた空氣過剩比に相當する Entropy 線圖より等壓燃焼最終容積 V_s を計算しそれより(i)に假定した膨脹 Polytrope 變化指數 n_e を用ひて指示平均有効壓力を求むることは全然第1報と同様である。

(iii) Supercharger より気筒内に到る迄の吸入系統に於ける壓力減小は Supercharger 出口の壓力 p_u' (Supercharger を使用しない場合は大氣壓力 p_u) に比例するものとした。即ち

$$(p_u' - p_a') / p_u' = (p_u - p_a) / p_u = C$$

但し p_a 及び p_a' は気筒内圧縮初期壓力で實驗結果より地上に於ける p_u と p_a の關係が分るからそれより C が計算される。本文で採用した C の値は 0.13 である。

この假定によると更に地上に於ける Boost 壓力と Supercharger の壓力比 (吐出壓力/吸入壓力) との關係が得られる。即ち第1報に於けると同様に地上に於て Supercharging を行つたための気筒内圧縮初期壓力の増加量 p_b を以て Boost 壓力と定義し、Supercharging を行はない場合の大氣壓力 p_u に於ける圧縮初期壓力を p_a 、吐出壓力 p_u' なる Supercharger を用ひた時の気筒内圧縮初期壓力を p_a' とすると、

$$p_a' = p_a + p_b$$

となり、既述の假定により次式が成立する。

$$p_a / p_u = p_a' / p_u' = (p_a + p_b) / p_u'$$

$$\therefore p_u' / p_u = (p_a + p_b) / p_a \dots\dots\dots(1)$$

これより直ちに Boost 壓力 p_b を生ぜしむるに必要な Supercharger の壓力比が分る。

(iv) Supercharger の性能に關してはその壓縮 Polytrope 變化の指數 n_s が 1.41, 1.60 及び 1.80 の3種類の Supercharger を考慮し、その全斷熱効率は計算の便宜上常に 70% と見做した。

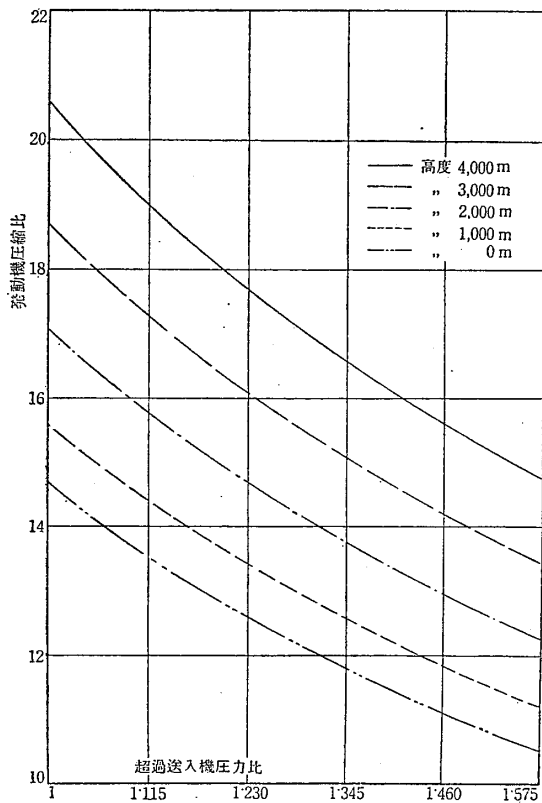
(v) 計算に使用した各高度の標準大氣状態は次の如くである。⁽³⁾

以上によつて發動機の負荷を増加することなくして、同一サイクルを行はしめるために必要な發動機の壓縮比と Supercharger の壓力比との關係を高度を Parameter として描いたのが第1圖であり、それに對する發動機の補正指示平均有効壓力と Supercharger の壓力比との關係を各高度及び3種類の Supercharger に對して求めたのが第2圖である。

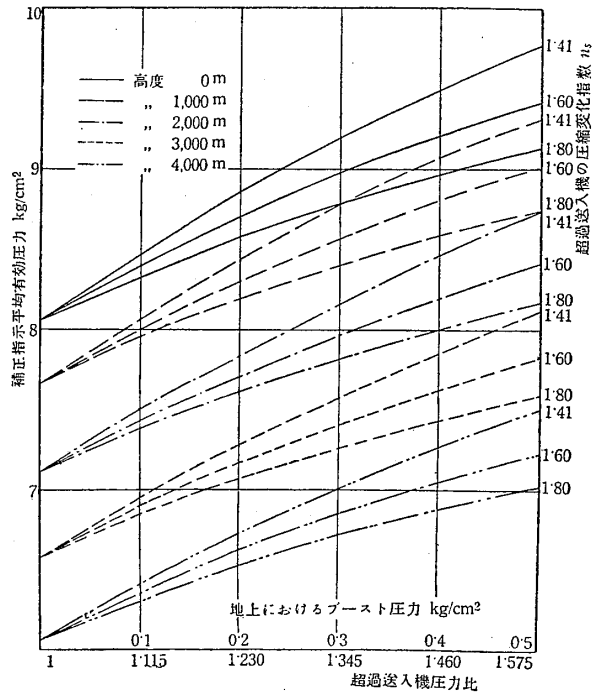
同圖に於て用ひた壓力比 1.115, 1.225, 1.340, ……1.575 と云ふ値は Supercharger を地上で使用した場合に丁度 Boost 壓力 p_b が 0.1, 0.2, 0.3……0.5 kg/cm² となるやうに(1)式によつて計算したものである。

(3) Tamaru Takuro: Hyozyn-Taiki oyobi Kodokei no yomi no Naoshi. 航空研究所報告第12號。

(4) 高度 0 m に於ける標準大氣壓力は 1.033 kg/cm² が正しいが第1報に於て 1 kg/cm² を採用したからその儘使用した。



第 1 圖



第 2 圖

高度 (m)	壓力 (kg/cm ²)	溫度 (°C)
0	1.000 ⁽⁴⁾	15
1,000	0.917	3.5
2,000	0.810	2.0
3,000	0.715	- 4.5
4,000	0.628	-11.0

3. 結 論

航空機よりの要求として Supercharger 付航空 Diesel 發動機の常用高度(Rated Altitude)とその出馬力を與へられた場合に、その發動機の壓縮比及び Supercharger の壓力比を如何に選定すれば丁度その常用高度に於て絞り弁を全開した状態で發

動機に過大の負荷を加へることなく運轉し得るかと云ふこと、竝にその時にどの程度の補正指示平均有効壓力を期待し得るかを知らることは設計の當初に於て甚だ重要なことであるが本文はその問題に對してある程度の解答を與へたものである。即ち第 1 圖竝に第 2 圖より直ちにそれ等の關係を推定することが出来る。

併てこの場合にはもはや第 1 報に於て述べた様な 0.1 kg/cm² 附近の Boost 壓力を固執する必要はなく、Supercharger の許し得る範圍の大きい壓力比を用ひる方が有効と考へられる。但し壓力比の増大に伴ふ Supercharger の容積及び重量の増大等は全然考へなかつたが、實際の設計に際しその發動機の目的に應じて適當の考慮を拂ふ必要があることは云ふ迄もない。

Supercharger の壓力比及び常用高度を決定した後の地上及びその常用高度に到る迄の發動機の出力は Supercharger の絞りに對する性能變化が分ればそれに伴ふ Supercharger の吸收馬力の變化と背壓の影響を考慮することによつて計算することが出来る。