

# ガソリン機関に於ける 各種燃料の壓縮比と機関性能特性

笠松 儀三郎・岸田 卓治

## 1. 緒言

ガソリン機関に於いて実際に壓縮比を変えた場合、機関に及ぼす各種の影響は已にC. F. R機関及び Ricardo-E35 機関によつて実験結果が発表されて居り、特にノッキング及びアンチノッキング性に関しては幾多の実験が行われている。

しかし之等の実験は燃料、壓縮比、機関出力の三変数に就いて総合的な考察を施したのではなく、二変数間の少範囲を以つて研究している。

本研究に於いては市販ガソリン及び代用燃料ソルベント・ナフサに就いて、エチル・アルコールの混合割合を増減し数種の異つたオクタン價の燃料を作り、之等を用いた場合の機関性能に就いてC. F. R機関によつて実験した。実験要目としては種々の壓縮比に於いて機関出力を変へ、機関性能が如何に変るかを調べ、同時にバウシング・ピンによりノッキングの程度を各々の場合に就いて測定した。更に又、代用燃料ソルベント・ナフサを用いて種々の壓縮比に対する吸入混合気温度及び冷却水温度及び点火時期の影響を調べた。此の様にして機関が適当な壓縮比で運転する事によつて性能を向上し得る事を明らかにし、同時に代用燃料ソルベント・ナフサを用いて實際運転を行つた場合ガソリン運転を対像として比較する事が出来た。而して業者の間でかなりその使用法に就いて疑問視されて居る事実を解決すべき一指針を得た。同時にアルコールを混入する事により機関の性能を著るしく向上せしめ得る確証を得た。

## 2. 実験機関及びその装置

実験に使用した機関はC. F. Rガソリン機関でその要目は次に示す。

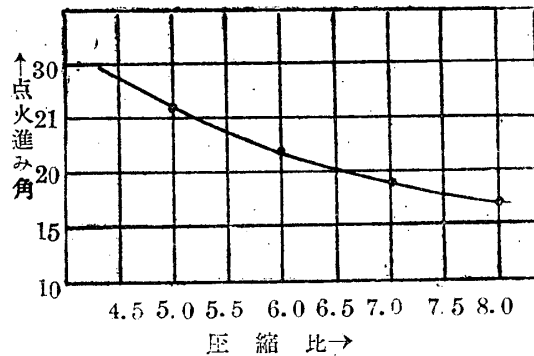
型式	4サイクル
気筒数	1
行程	115 mm
気筒直径	82.5 mm
回転数	900 rev/mn

気化器は所要出力に対して絞り弁開度を調節する必要がありC. F. R機関用一定絞りを廢して自動三輪車用「アマル型」気化器を用いた。之によつて機関の回転数は常に  $900 \pm 20$  r. p. m に保持する様にした。

尙所要出力はフロー動力計を使用し、之を機関に直結した。

又、C. F. R機関では点火時期は壓縮比の変化に従つて自動的に変化し得る機構になつて居りその間の関係を第1図に示す。

第1図



壓縮比と点火進み角の関係

又機関の冷却に就いては蒸発冷却方式である。本実験に於いては特別に点火時期及び冷却水温度の影響に就いて調べた以外は以上の方式に従うものとした。そして同様に吸入混合気温度も之等の場合  $11^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$  の室温とした。

## 3. 実験要領及び燃料

実験はA. B. C. D. Eと五種系列行つた。Aはガソリン及びガソリンにエチル・アルコールを10%~30%混入した場合の機関性能に就いて調べBは同様にしてソルベント・ナフサ及び之に10%~30%のアルコールを混合した場合の機関性能に就いてであるC. D. Eは何れもソルベント・ナフサを燃料とした場合、夫々吸入混合気温度、冷却水温度、及び点火時期が壓縮比変化に及ぼす影響に就いて実験した。之等に対して、壓縮比は、A. B両実験では5.0より0.5飛びに8.0、~7.0迄上昇せしめ、又、C. D. E実験では

4.5より6.0迄4.5, 5.0, 5.3, 5.5, 5.7, 6.0の6段階に交えた。A, B実験に使用する燃料としては次の通りである。

番号	種類	オクタン価	比重
1	市販ガソリン	70	0.732
2	〃+10%エチル・アルコール	72	0.746
3	〃+20%エチル・アルコール	76	0.755
4	〃+30%エチル・アルコール	86	0.76
5	ソルベント・ナフサ	67	0.801
6	〃+10%エチル・アルコール	70	0.802
7	〃+20%エチル・アルコール	74	0.803
8	〃+30%エチル・アルコール	83	0.804

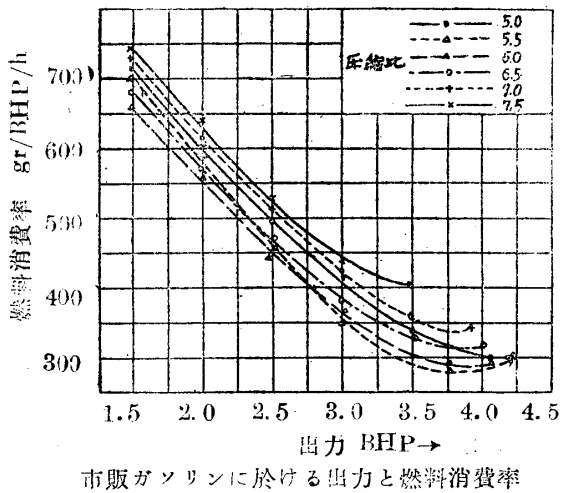
低発熱量市販ガソリン10,500 Kcal

ソルベント・ナフサ9,200 Kcal

#### 4. 実験結果

##### I 圧縮比が燃料消費率に及ぼす影響

燃料1に就いて燃料消費率を出力の変化に対して各圧縮比毎に示すと、第2図の如くなる。

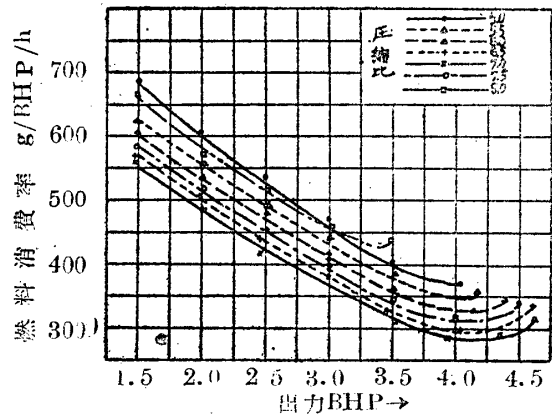


市販ガソリンに於ける出力と燃料消費率

第2図

即ち各圧縮比とも燃料消費率は出力の増大と共に段々減少し、各々過荷重に至つて幾分急に増加する。同時に圧縮比5.5迄は燃料消費率が漸次減少し、それに従つて最大出力は増加して来る。しかし5.5以上の圧縮比では次第に燃料消費率が増大して最大出力は低下する。之によつて或程度迄機関の熱効率の上昇を計る為には圧縮比を高める事が可能であるが、或る値に達すると機関に最良の性能を與えるに至る。此の値を最適圧縮比と呼ぶ事にし、以上の定義に従つて以下之を用うる。但し此の場合5.5が必ずしも最適圧縮比であるとは限らない。何故なれば

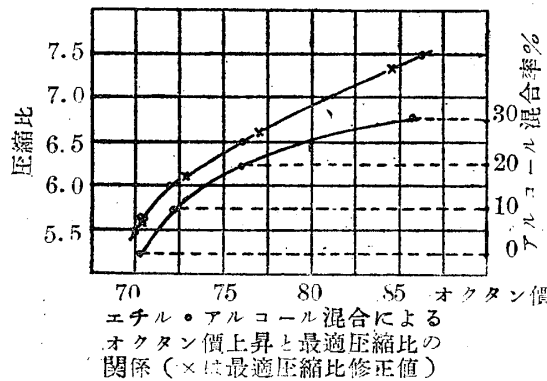
5.5は実験の手段として與えた値であるから眞の最適圧縮比はその附近にあるかも知れない事実其の後調べた結果5.65である事を確かめたそしてこの最適圧縮比以上では機関の出力を却つて低下させる事が認められる。換言すれば燃料のデトネーションによつて制限されぬ限り最適圧縮比を高める事が可能である。燃料2, 3, 4に就いても同様の傾向にあり、燃料4を使用した場合第3図に示す。この時最適圧縮比は7.5で



市販ガソリン+30%エチル・アルコールに於ける出力と燃料消費率

第3図

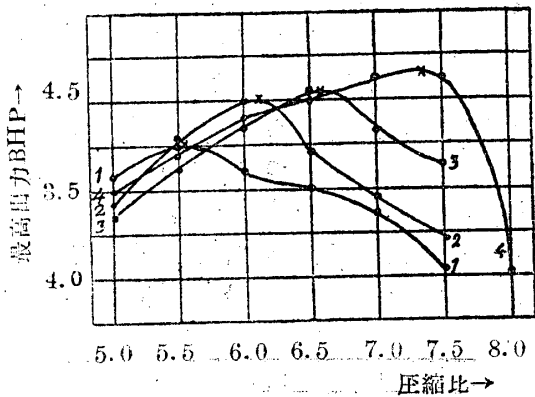
その修正値は7.3であり1.7の上昇が許される。燃料1, 2, 3, 4のオクタン価と最適圧縮比との関係を第4図に示し、圧縮比と最高出力との関



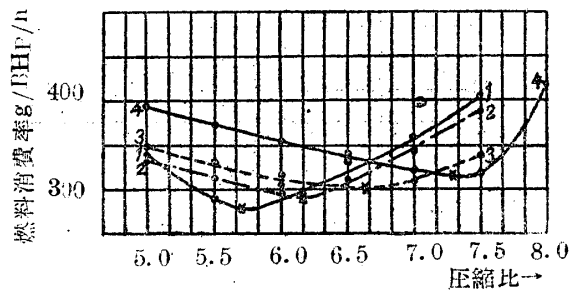
エチル・アルコール混合によるオクタン価上昇と最適圧縮比の関係 (×は最適圧縮比修正値)

第4図

係を第5図に示す。之より最高出力の最大なる圧縮比が燃料消費率の最小なる点と殆ど一致する事がわかる。即ち最適圧縮比は又出力の最大を取り得る事が明らかである。尤も之等の最適圧縮比の場合供試燃料はアルコールを添加してオクタン価を増したものであるから発熱量の点から、この実験では当然オクタン価の高い燃料



第5図A A<sup>1</sup>.2.3.4各燃料に於ける圧出力との関係×縮比と最高は最適縮比(修正)

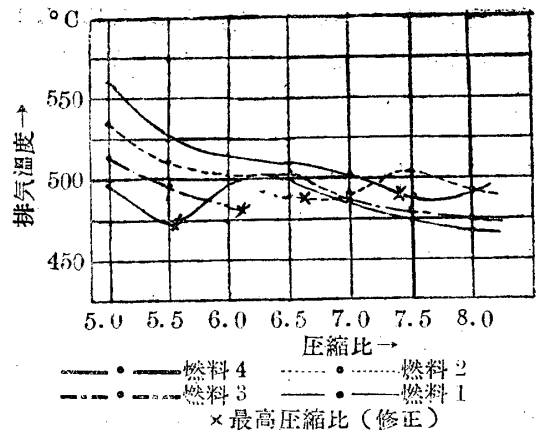


第5図B 縮比と燃料消費率(於3.5BHP)  
(×は修正最適縮比・番号は燃料の種類)

程燃料消費率は増加すべきであるが、第2図と第3図を比較してみると、後者は30%アルコールを添加したに拘らず殆ど差が無い。

II 縮比の上昇と排気温度の関係

排気温度に就いて最適縮比との関係を見ると極めて興味ある事実が見出される。之を第6図に示す。即ち排気温度は各燃料とも同様に最適縮比迄は縮比の上昇に従つて降下し、最適縮比を越える頃から急に上昇し、再び徐々に降下して来る。而して高出力になる程高い。今迄、縮比と排気温度の関係は色々説明されて居るが、此の様な曲線が出たのは始めてである。先づ最初、縮比が高くなると気筒内温度が上昇するのに何故排気温度が低くなるかという理由は縮比を上昇する場合、気筒内で燃焼ガスの膨脹の割合が大きくなる為と考えられる。

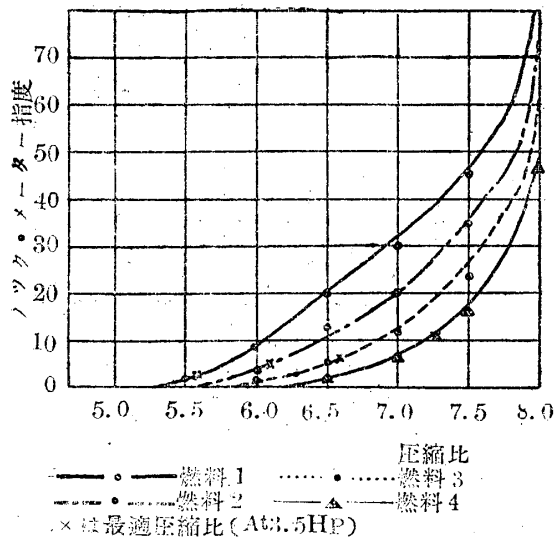


第6図 排気温度と縮比の関係(於3BHP)

図に於いて3馬力の時、何れの最適縮比に於いても已にノッキングを起している為気筒内温度が上昇し、漸次縮比を高くするとノックの発生割合が増加し熱損失が大きくなる。その為最適縮比より約0.5縮比を上げる事に対して急激に何れも30°C~20°C排気温度が上昇する其の後縮比の上昇と共に気筒内の間隙容積が小となるため、前サイクルの気筒内高温残留ガスの量が新たに吸入される低温の混合気の量に比してその割合が小となり、従つて気筒内混合気の初温が低下する。それと共に気筒内の密度を増し、膨脹の割合は増々大きくなる。斯くして排気温度は再び低下する。尙低オクタン價のもの程不完全燃焼を幾分ともなうから排気温度は低くなつている。

III アルコールのアンチノック性と縮比の増加がノッキングに及ぼす影響

以上の如く異つたオクタン價の燃料を使用した運転に対して、各縮比に於けるノッキングの程度をノックメーターを用いて、その示度を記録した。3馬力迄は縮比を7.5迄上げてノックメーターは常に0を示し、時々初発ノックが起る事が別にバウンディングピンから取つたミリボルトメーターによつて探知された。このノッキングの程度と縮比との関係を第7図に示す。此処に示す如くアルコールの混合割合を増加する事によつてノックを起す程度は減少するが、この事実は縮比自然着火説によつて得られる物理的説明が最も満足すべきであろう。即ち各種燃料-空気の混合気には定まつた発火温度はないが、発火温度-時間関係があり、それは燃



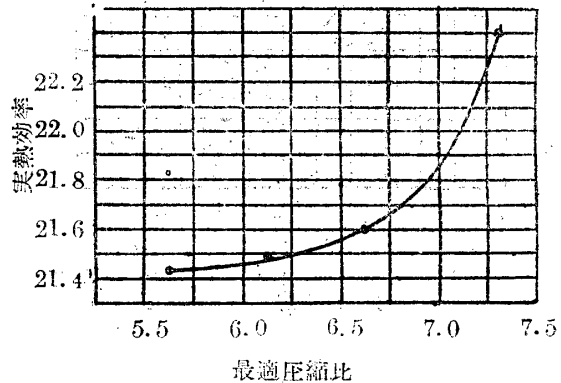
第7図 圧縮比とノッキング指数

料によつて異なるし、又機関の運転状態によつても異なる。故にノックすべき圧縮比の夫々に於いてアルコールの混合割合を増す場合、燃料は蒸発潜熱が大となり、混合気は全般的に幾分濃厚となつて燃焼室に吸入される。

従つて燃焼温度は比較的低くなり、火焰面が給気の後燃焼部分を圧縮する際にその時の最高温度と最後燃焼部分の最低自己点火温度との差が小となり、正常な火焰が最後燃焼部分を割合早く通過すると考えられる。即ち最初燃焼部分の燃焼による圧縮及びそれに続く燃焼によつて、給気最後燃焼部分の温度が自己点火の最低温度以上に高められたとしても、火焰面の通過前に自己点火の急激燃焼をする為に必要な物理的或いは化学的素地を為す時間が不足であるから激しいノッキングには到らない。一方混合気の濃厚な為と、アルコール自体の性質として火焰速度が速くなるため、ノッキングを減少せしめる。(火焰速度のみでアンチノック性を論ずべきではないが、アルコールの火焰速度が他の炭化水素よりもかなり速く、而も火焰の安定を保持する限界が大であり、之等の要素がアンチノック性に大なる効果を與える事は事実である。)而して圧縮比の上昇は以上の理由により給気最後燃焼部分の温度及び圧力の上昇を来す結果となり、ノッキングの傾向を助長せしめるものである。之等の考察は燃料別に見ると最適圧縮比がアルコールの混合割合と共に増加し

ているのにノッキングの指数には殆ど大差の無い事によつて明らかである。

次に出力とノッキングに就いて見れば、何れにしる、各圧縮比とも3馬力前後から起り始め機関出力を制限するに到り、その程度は圧縮比の上昇と共に順次高くなつてゐる。この実験に於いては僅かのノッキングならば最適圧縮比に

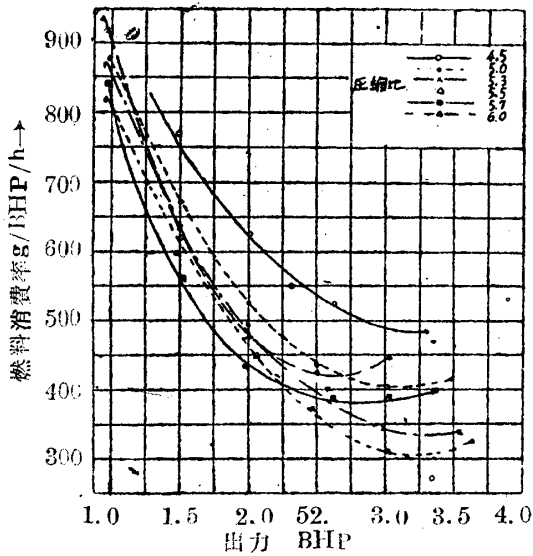


第8図 最適圧縮比と実熱効率との関係

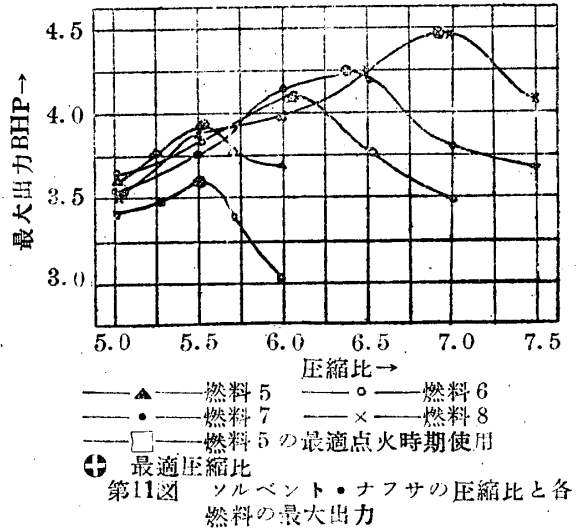
於いて3馬力以上では已に惹起して居るが可聴ノックは3.5馬力以上で起り、高出力に至つてノックが激しくなり始めて性能の低下を来すが最適圧縮比を過ぎると急激に最大出力の低下を来す。此の点も排気温度の急激な上昇点と一致する。之は絞り弁開度を増す事によつてのみ出力の増加を計つた為、高出力に於いては混合気が稀薄で燃焼速度及び火焰速度が小となるが逆に火焰温度が高くなり気筒内温度の上昇を来したものである。第8図は各燃料の最適圧縮比と実熱効率の関係を示す。

### III ソルベント・ナフサを使用した場合

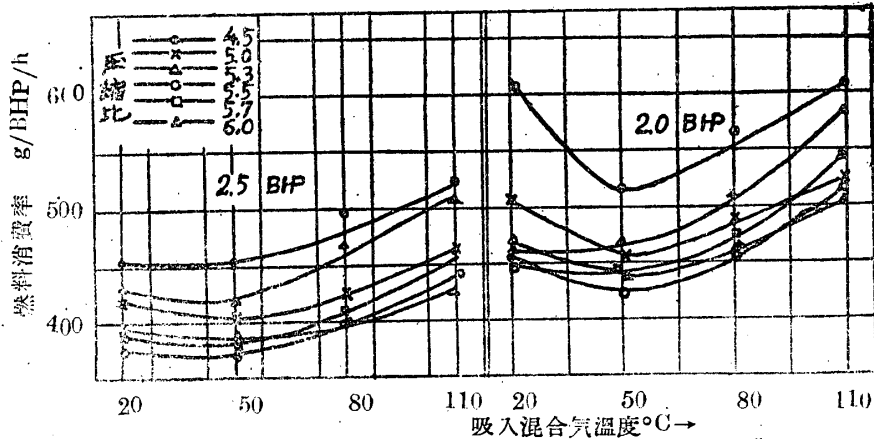
第9図にソルベント・ナフサ単体を燃料とする圧縮比毎に燃料消費率と出力の関係を示し更に第10図に30%アルコールを添加した場合を示す。之等はガソリンに比して燃料消費率に大差は無いが出力は何れも12~13%少く圧縮比の増加は相当大なる影響をもたらしている。大体沸点が高く約160°Cで溜出した石炭乾溜液であり比重は0.801で比較的軽く従つて揮発性も悪い。更に発熱量9200Kcalであるが芳香族炭化水素がかなり含まれている為それ程機関に悪影響はない。



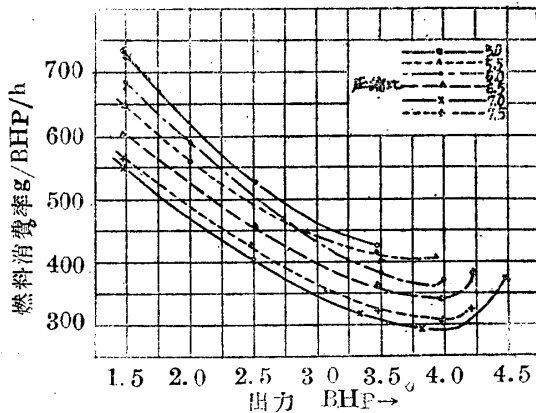
第9図 ソルベント・ナフサに於ける出力と燃料消費率



第11図 ソルベント・ナフサの圧縮比と各燃料の最大出力  
更に山崎毅六、小栗正哉両氏の實驗で吸入混合気温度及び冷却水温度等の運転條件が芳香族炭化水素のアンチノック性に少なからず影響するらしいので以下ソルベント・ナフサに就いて各運転條件に於ける最適圧縮比を見出して見た。



第12図 吸入混合気温度と燃料消費率



第10図 ソルベント・ナフサ+エチルアルコール30%に於ける出力と燃料消費率との関係

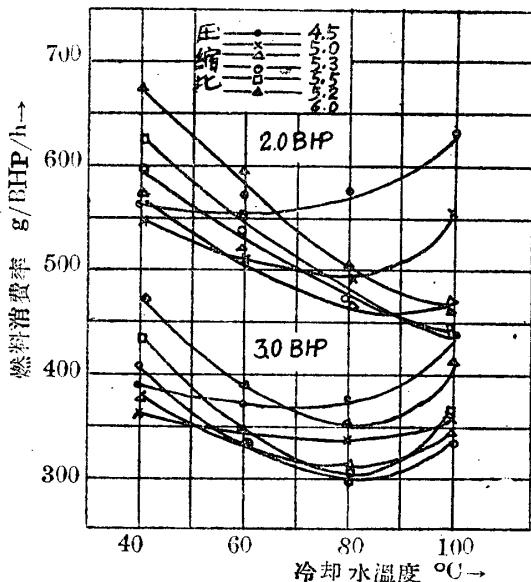
第11図は最適圧縮比と最大出力との関係を示すもので傾向は殆どガソリンの場合と同様である

### V 吸入混合気温度の影響

ノッキングを制禦する二つの物理的性質がガス温度とガス密度であるとすれば夫々のガス密度に対してノックを起すべきガス温度があり得るという事が出来る。それは畢竟燃料の性質とその最高出力並びに燃料消費率は少なからずガス温度に影響される事を意味する。第12図に各圧縮比毎に2馬力、3馬力に於ける燃料消費率と吸入混合気温度の関係を示す。吸入空気は 10°C ~ 12°C の室温であつたが吸入管途中の内部へ電熱器を入れて加熱する様な C. F. R 標準装置を使用した。此の場合大気温度の混合気は、気筒の熱傳導により 22°C の前後の混合気温度として吸入される。而して 50°C の時機関の性能

が最も良好である。Ricardo や秋田氏の実験結果吸入混合気温度が低い場合にはノックを起し易く、最高有効圧縮比は低下して居り、又遠藤氏は吸入温度が高くなると燃焼温度が高くなり其の為デトネーションを起し易くなると述べて居るが、之は本実験と曲線の傾向から見てある程度一致する所である。即ち20°C附近では最適圧縮比は5.3であり50°Cに於いては5.7となりそれ以上温度が上がると機関の調子は悪くなつて来る80°Cから110°Cに達すると3馬力以下に於いてもかなり激しいノッキングを起して居り、最適圧縮比は減少する。此の時は加熱装置が吸入弁に通ずる管の途中にある為、吸入途中の混合気が膨脹し、吸入行程の終りに於いて全部が気筒内に吸入されず一部燃料は気化器に白煙として噴き返されるに至る。斯くの如く過度の温度上昇は混合気の密度を稀薄にする為ノックによつて出力制限を来し、機関の性能を低下させる。一方過度に低い時には混合気密度が大で圧縮比を最適値以上に高めたと同様の結果をもたらすものである。

VI 冷却水温度の影響



第13図 冷却水温度と燃料消費率

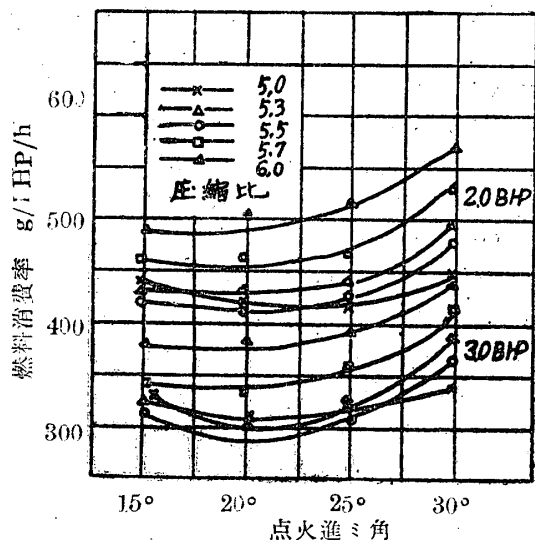
冷却水温度は大體混合気吸入温度の影響と似た傾向を見せる。第13図に圧縮比毎の燃料消費率と冷却水温度の關係を示す。各出力とも80°C辺で最適圧縮は5.3~5.5となり最も良い性能を示す。一般に最適圧縮比迄は比較的溫度の低い方

が良く、最適圧縮比より高い圧縮比になると何れも溫度の低い場合程機関性能は悪くなり、圧縮比の高くなる程、又出力の小なる時程冷却水温度の影響による変化が著るしい。即ち冷却損失の影響が大なる事を意味している。

しかし一般に80°C附近では殆ど激しいノックは認められず最大出力の3.6馬力に於いて圧縮比5.0の時ノックメーター示度は2であり、6.0に於いては28程度に過ぎなかつた。

VII 点火時期の影響

点火時期はC. F. R機関標準の圧縮比との相互關係を絶ち、單獨に變化出来る様にして、上死点前30°から15°迄5°飛びに遅らせた。之を第14図に示す。即ち点火時期を圧縮比の増加と共に段々遅らせる事はノックの發生を防ぐ方法として知られているが本実験に於いても伺われる事實



第14図 点火進み角と燃料消費率

である。一般に20°附近で性能が良くなりノックも減少し、出力の増加を来している。即最適圧縮比5.5に於いて最高3.5馬力、ノック30程度である標準点火角度は24°前であつたが之より4°遅らせた為最高3.9馬力、ノック28となつた。最適点火進み角は供試燃料によつて異なるから適當に調節すべきであるが、ソルベント・ナフサでは20°の点火進み角に決定すれば圧縮比5.5で最良の性能を得る。

5. 結 論

(1)ガソリン機関に使用する各種の燃料に対して

は、その組成及び性質により機関の性能を充分發揮せしめるべき最適圧縮比がありその圧縮比では出力の最大なる点と燃料消費率最小の点とが殆ど一致し、熱効率最大の値を以つて決定される。而して夫以上或いは夫以下の圧縮比では機関性能を減退せしめる。

(2) アルコールの添加量を30%迄増加すればその燃料の最適圧縮比を高めノックを減少せしめて、著しい出力増加がある。そしてオクタン價上昇にともなつて最適圧縮比の上昇による機関性能の向上は計り得るが、実熱効率に於いてはアルコール添加量増大と共に燃料の発熱量減少の為それ程大差はない。しかし、高圧縮比に於

ける同一運転条件ではアルコールを混合した燃料を以つて濃混合気を使用し、適当な遅延点火をした方が却つて、その燃料単体を使用して異常爆発によつて出力制限を受ける場合より熱効率から見ても機関性能は良好である。

(3) 代用燃料ソルベント・ナフサは始動時にいささか困難を感じるが機関の吸入混合気温度、冷却水温度を夫々50°C、80°C附近に保持して行えばそれ程困難ではない。即ち適合した運転条件を與えて運転すれば、市販ガソリンに遜色なく使用し得る。又之にアルコールを混合すれば出力増加は著しい。

### 参 考 文 献

- (1) Betrachtungen über das Verdichtungsverhältnis,  
von H. J. Vendiger · V. D. I., Chemnitz, ATZ, Jahry. 42 Heft 2, 2512/1939
- (2) Power loss Accompanying Detonation,  
By Neil Maccoull, Research Engineer, the Texas Co. S. A. E. J. Vol. 44 No. 4, 1v/1939
- (3) Fuel-Economy Possibilities of Otto Cycle Aircraft engines.  
By D. S. Hersey, S. A. E. Vol. 44, No. 6 VI/1939
- (4) The Knocking characteristics of Fuel in Relation to Maximum Permissible Performance of Aircraft Engines,  
By A. M. Rothrook, and Arnold. E. Bjernxann, N. A. C. A Report No. 655. 1939
- (5) Internal Combustion Engine  
by C. F. Taylet, and E. S. Tayler
- (6) Internal Combustion Engine by Lichty
- (7) Combustion Flames and Explosions of Gases  
by Lewis and von Elbe.
- (8) 山崎毅六・加藤芳雄 アルコール、エーテル、ケトンの焰の速さ  
機械の研究 昭和25年2月 73頁
- (9) 山崎毅六・加藤芳雄  
オクタン價に関する研究  
燃料協会誌 第22巻 第247号 別冊