超希薄予混合圧縮自着火機関における高・低オクタン燃料の役割*

古谷正広^{*1}, 河野正顕^{*2}, 太田安彦^{*1}Role of High and Low Octane Fuels on Ultra Lean
Premixed-Compression-Ignition Engine

Masahiro FURUTANI, Masaaki KOHNO and Yasuhiko OHTA

Two different octane fuels must be used to optimize an autoignition timing and rate of pressure rise at the hot flame onset, for the ultra lean premixed-compression-ignition engine previously proposed. The burning characteristics in this operation can be elucidated from the roles of high- and low-octane fuels. Higher octane raises the power output by keeping constant-volume heat release near the TDC. However, some amount of high-octane gaseous fuel might not participate in burning due to its poor self-ignition tendency, which resulted in a higher exhaust hydrocarbon emission than a spark ignition operation. Hydrogen can be used as a high-octane fuel in this concept, but the power output was insufficient compared to propane. Burning characteristics in this operation would be influenced by the inhomogeneity of cylinder charge, the dispersion of vaporizing liquid low-octane fuel into homogeneous lean high-octane fuel/air mixture, and the ignition and propagation of flame in spatially small scale mixture volumes, which would be depending on the small scale local mixture strength.

Key Words: Combustion, Internal Combustion Engine, Ignition, Combustion Products, Premixed Combustion

1. はじめに

先に超希薄予混合圧縮自着火機関のコンセプトを提案した⁽¹⁾。圧縮自着火でなら熱炎は火炎伝ば下限界より低い当量比であっても発生する⁽²⁾。この圧縮自着火の特質を積極的に利用すれば、予混合機関の希薄限界は飛躍的に低くなる。二ストロークサイクルで予混合圧縮自着火機関が提案されており^{(3),(4)}、内部 EGR によって軽・中負荷域での燃料消費率の低減と排気の清浄化が得られるが、広い運転範囲は実現されていない。予混合圧縮自着火機関が広い運転範囲をもつためにはまず自着火熱炎の発生時期を制御する必要がある、そのための一手法として、既報⁽¹⁾では異なるオクタン価の燃料を別々に吸気管に投入して、その供給割合と供給量を同時に調整するという方法を呈示した。その結果、当量比 0.2 程度から軸出力を得ることができ、窒素酸化物濃度は 100 ppm 以下、黒煙濃度は測定限界以下になり、現有の火花点火やディーゼル機関では実現できない良好な排気特性となった。ただし未燃

炭化水素濃度は多かった。

未燃炭化水素と一酸化炭素は燃焼の不完全さと密接な関連をもっている、それらの排出挙動を知れば超希薄予混合圧縮自着火運転における着火と伝ばの状況がどのようなものかをうかがい知ることができよう。熱発生速度を制御するための知見もそこから得られよう。

ここでは高オクタン燃料と低オクタン燃料の組合せとそれらの投入手法を変えて超希薄予混合圧縮自着火運転を行い、そのときの出力と排気に含まれる一酸化炭素、未燃炭化水素濃度を調べる。その結果は予混合圧縮自着火運転を 1 種類の燃料で実現するための方向を知る手掛かりともなろう。

2. 実験装置および方法

ここでの実験装置は既報⁽¹⁾で用いられたものである。供試機関は直接噴射式単シリンダ空冷四サイクルディーゼル機関(ボア×ストローク: $\phi 75 \times 62$ mm, 排気量: 273 cm³)である。燃焼室はパンケーキ形に変更されている。圧縮比は 14.3(実圧縮比: 11.8)であり、シリンダヘッドには指圧計(共和電業: PE-200 KWS)と火花点火運転が可能のように点火プラグが取り付けられている。液体燃料の投入は吸気弁に近い位

* 原稿受付 1997 年 4 月 9 日。

^{*1} 正員, 名古屋工業大学工学部 (☎ 466-8555 名古屋市昭和区御器所町)。^{*2} 名古屋工業大学大学院。

置の吸気管に取付けられた電子式燃料噴射弁(京浜工業：06164-P 36-00)によってなされる。気体燃料は吸気管最上流に取付けられた投入口からつねに投入される場合(これ以降、常時投入と称する)と液体燃料用の電子式燃料噴射弁に近接した別の電子式燃料噴射弁で吸気弁開孔時に投入する場合(これ以降、定時投入と称する)がある。最上流部から投入される燃料と吸入空気との混合促進を期待して吸気管最上流部より液体燃料投入口までに格子長5 mmのメッシュを3枚挿入している。供試機関には吸排気バルブタイミングに50°のオーバーラップがある。このため噴射弁は燃料が排気管に吹き抜けることを防ぐために吸排気上死点後25°に作動させた。

ここでは気体燃料としてプロパン(RON：112)と水素を、液体燃料としてn-ヘプタン(RON：0)、n-ペンタン(RON：62)、n-ヘキサン(RON：25)、オクタン価0、20、50、80の標準燃料を用意した。いずれの気体燃料も純度は99%以上であり、液体燃料は薬局方試薬である。

オクタン価の基準には比重、蒸発潜熱、沸点が近いこともあってiso-オクタンとn-ヘプタンが選ばれている⁽⁵⁾。ここでは気体燃料と液体燃料を同時に供給するので、オクタン価の定義にそぐわない。これ以降に示すオクタン価はモル比換算した便宜的なものである。

機関には絞り弁はなく、いずれの燃料を用いた場合でも全開吸気状態で、機関回転速度は600 rpmである。排気ガスの分析は一酸化炭素と未燃炭化水素についてはCO-HCアナライザ(柳本：ALTAS-100 D)により、メタン、エタン、プロパン、アセトアルデヒド、n-ブタン、エチルエーテル、n-ヘプタンについてはガスクロマトグラフ(島津製作所：GC-4 BPF)によって行われる。ここで示す未燃炭化水素量はC_i換算値である。実験データはシリンダヘッド温度が70±5°Cのときに採取される。

3. 実験結果および考察

3・1 予混合圧縮自着火と火花点火での未燃炭化水素と一酸化炭素濃度 これまで、予混合圧縮自着火の希薄限界を調べたことがある⁽²⁾が、そこでの燃焼ガスの組成については調べてはならず、他に報告もない。本来ならば広い範囲の温度、圧力の下で圧縮自着火について、その燃焼ガス組成を調べるべきであろうが、ここではまず大まかな傾向を知ることとした。供試機関の燃焼室は超希薄予混合圧縮自着火運転に対して最適化されているわけではない。さらに吸排気バル

ブタイミングのオーバーラップの影響も危ぐされる。このようなことで標準燃料を噴射弁で定時投入して圧縮自着火させた場合とプロパンを常時投入して火花点火運転した場合の未燃炭化水素と一酸化炭素濃度を計測した。この実験の段階では圧縮自着火の着火時期制御操作はなされていない。

プロパンで火花点火運転したときの設定当量比は0.7、0.8、0.9、1.0である。点火時期はそれぞれの当量比でのMBTである。予混合圧縮自着火させた標準燃料のオクタン価は0、20、50、80である。設定当量比範囲はオクタン価0では0.10～0.40、オクタン価20では0.2～0.51、オクタン価50では0.31～0.55、オクタン価80では0.35～0.72である。

当量比0.35、0.30、0.25のオクタン価50とオクタン価20の標準燃料を圧縮自着火させたときの圧力履歴に空気のみを圧縮したときの圧力履歴を添えてそれぞれ図1、2に示す。図の横軸はクランク角である。いずれの当量比でも、冷炎による圧力上昇は16°bTDC付近から始まる。熱炎の発生は当量比が小さくなるに従って遅れていき、かつ熱炎による圧力上昇

Fig. 1 Autoignition of ON50 standard Fuels ($\phi=0.35, 0.30, 0.25$)

Fig. 2 Autoignition of ON20 standard fuels ($\phi=0.35, 0.30, 0.25$)

は緩慢になってゆく。前報⁽¹⁾と同様に、熱炎による急激な圧力上昇が始まるときからそれが緩慢になるまでの圧力差を、その期間で割った値を熱炎の圧力上昇率とし、その値を当量比 0.30 で比較するとオクタン価 50 では 0.65 MPa/°CA であるのに対してオクタン価 20 では 0.35 MPa/°CA となり、ほぼ半減している。

図 3 に一酸化炭素・未燃炭化水素濃度と当量比との関係を示す。図 3 にはプロパンで火花点火運転したときの結果も併せて描いてある。圧縮自着火では当量比が高くなると一酸化炭素と未燃炭化水素の濃度は低くなる。未燃炭化水素濃度を同じ当量比で比較するとオクタン価が低いものほど低濃度になる。最小値は当量比 0.5 のオクタン価 20 のときであり、そのときの値は 1 920 ppm である。火花点火運転時の未燃炭化水素濃度の最小値は 1 620 ppm であった。このうち吹抜け量がどの程度含まれているかは明らかではないが、この値以上の吹抜け量はないことになる。オクタン価 80 で当量比 0.30 以下の希薄域では明確な熱炎を安定に得ることが難しくなることもあって、この領域で急激に一酸化炭素濃度が上昇する。オクタン価の低い燃料のほうが一酸化炭素濃度は低くなる傾向にあるが、その相関は弱い。一酸化炭素濃度が最小になるのはオクタン価 50 の当量比 0.55 のときであり、そのときの値は 0.12% であって、火花点火運転での最小値とほぼ同じになっている。

混合気が希薄になればなるほど未燃炭化水素と一酸化炭素濃度は急激に高くなるが、オクタン価 0 の当量比 0.2 以下では一酸化炭素濃度のみ低くなる。ここには示さないが、当量比 0.2 では熱炎は明確であるが、

Fig. 3 Exhaust emission of premixed-compression ignition of standard fuels and spark ignition

当量比 0.15 では明確ではなく、空気のみを圧縮しているときの履歴と比較してかろうじて熱炎による圧力上昇が認められる程度である。圧縮自着火の一般的性質として、冷炎期間ではすすの前駆物質とおぼしき物質が発生し⁽⁶⁾、冷炎期間において一酸化炭素は蓄積され、青炎後期に至ってその濃度は急激に減少する⁽⁷⁾。これらのことを考え併せると、当量比 0.15 では熱炎が弱いために、冷炎期間で生成された一酸化炭素と分解途中の物質が熱炎反応によって消費されずに排出されていると考えられる。当量比 0.20 以上でなら一酸化炭素濃度は減少するが、これは熱炎反応が盛んになってゆくためであろう。圧縮自着火で熱炎が発生するためには何らかのしきい値が存在すると予想される⁽⁶⁾が、これと当量比 0.20 で一酸化炭素濃度が最大になることとは関連があると考えている。

火花点火運転したときの未燃炭化水素、一酸化炭素濃度と当量比の関係は一般に得られる特性を保持しており、ここの燃焼室で特異な燃焼は起こっていないとみなせる。また吸気管最上流部から気体燃料を連続投入すれば空気との混合状態は良好であるとしてよいであろう。

3.2 種々の高・低オクタン燃料での超希薄予混合圧縮自着火機運転

高オクタン燃料としてプロパンを、低オクタン燃料として n-ヘプタンを用いて、それらの投入量と投入比率を同時に変え、熱炎発生時期を制御しながら超希薄予混合圧縮自着火運転を行った。同一の出力を得ることができる当量比とオクタン価の組合せは一つではない。これ以降に示すものはその当量比で最も熱効率が高い場合である。図 4 は横軸に当量比を取り、縦軸に図示平均有効圧を取ったものである。図 4 には比較のために供試機関で火花点火運転したときの結果も併せて描いてある。当量比を上げると出力は大きくなっていき、当量比 0.7 の火花点火運転時での値近くまで達している。図示平均有効圧と図示

Fig. 4 Operating range and power output of propane/n-heptane premixed-compression-ignition operation

Fig. 5 Relation between indicated mean effective pressure and indicated thermal efficiency on propane/*n*-heptane premixed-compression-ignition operation

Fig. 6 Relation of octane number vs equivalence ratio

熱効率との関係が図5である。0.4 MPaまでは図示平均有効圧が高くなるに従って熱効率が上がっていき、それ以降47%付近に落ちついている。図6には当量比と最高熱効率を与えるオクタン価の関係を示す。当量比のみを高くすると着火遅れが短くなり、等容度が低下する。熱炎の発生を圧縮上死点近傍に制御するためには当量比を高くしていくと同時に、オクタン価を高くすることになる。

図7にプロパン/*n*-ヘプタンで超希薄予混合圧縮自着火運転を行った場合の各当量比での排気中未燃炭化水素と一酸化炭素の濃度を示す。当量比が大きくなるに従って未燃炭化水素と一酸化炭素の濃度は低くなる。未燃炭化水素濃度は図3で示したオクタン価80の標準燃料での値に近くなっている。

図4中のA, B, C, Dでの未燃炭化水素の組成をガスクロマトグラフで分析した。D以外での*n*-ヘプタンの当量比はいずれも0.23にしており、プロパンの当量比のみをAでは0.19, Bでは0.12, Cでは0.10と変えている。Dでのプロパン当量比は0.05, *n*-ヘプタン当量比は0.28である。比較の対象とするために*n*-ヘプタン単体の圧縮自着火の排気も同様に分析した。設定当量比はAの当量比に近い当量比0.43とした。図8は横軸に図示平均有効圧を取り、縦軸にそれぞれの物質の濃度を示す。Dの場合を除いて、最も

Fig. 7 Exhaust emission of propane/*n*-heptane premixed-compression-ignition operation

Fig. 8 Exhaust species at propane/*n*-heptane premixed-compression-ignition operation

高い濃度になるのはプロパンである。AからDまでで排気中に含まれるプロパンが燃料として投入したプロパンの何%に相当するかを計算したところ、Aでは9%, Bでは12%, Cでは12%, Dでは3%になった。これらの排気に含まれるプロパン分を投入量から差引いて図示熱効率を算出すると最高1.7%図示熱効率は向上する。Aの当量比に近い当量比0.43の*n*-ヘプタン/空気圧縮自着火の排気に含まれるプロパンは30 ppmであり、Aでの7%にすぎない。プロパン分の当量比がDの2倍であるCでは排気に含まれるプロパン濃度はDの3倍になっている。これらの分析結果は排気に含まれるプロパンは*n*-ヘプタンが分解してできたプロパンだけではなく、燃料として投入されたプロパンの一部がそのまま排気されたことを示している。

一酸化炭素濃度はいずれのオクタン価の標準燃料の値よりも低くなっている。オクタン価と一酸化炭素濃度の相関はさほど明確ではない。熱炎は一酸化炭素爆

Fig. 9 Relation between pressure rise rate and CO emission

Fig. 10 Operating range and power output of hydrogen/*n*-heptane premixed-compression-ignition operation

発であると考えられる⁽⁷⁾。そこで一酸化炭素濃度を熱炎圧力上昇率で整理した。図9がそれである。標準燃料の圧縮自着火であっても、プロパン/*n*-ヘプタンで圧縮自着火を制御していても、熱炎での圧力上昇率が同じであれば一酸化炭素濃度はほぼ同じになり、熱炎圧力上昇率が高いほど一酸化炭素濃度は低くなっていることがわかる。燃料として投入した投入プロパンの一部がそのまま排出されることから推測すると、プロパン/*n*-ヘプタンでは熱炎発生時の未燃分が多いと考えられる。このため標準燃料の場合よりも熱炎反応が強くなり、結果として一酸化炭素濃度が低くなったと思われる。

プロパンを高オクタン価燃料として用いたとき、それ自身が未燃炭化水素の原因になっているわけであるから、水素を高オクタン燃料として用いれば未燃炭化水素の排出挙動がより明確になると考えた。低オクタン燃料はこれまで同様、*n*-ヘプタンとした。メタン価の定義によれば水素はRON 94の*n*-ブタンよりもノッキングしやすいことになっている。供試機関に水素単体を供給しても圧縮自着火は発生しないから水素のオクタン価は80以上94以下の範囲にある。メタン価とオクタン価との関係から水素のオクタン価を外挿してもほぼこの範囲に入る。

Fig. 11 Relation between indicated mean effective pressure and indicated thermal efficiency on hydrogen/*n*-heptane premixed-compression-ignition operation

Fig. 12 Premixed-Compression-ignition operation using hydrogen and *n*-heptane

Fig. 13 Exhaust emission of hydrogen/*n*-heptane premixed-compression-ignition operation

図10には水素/*n*-ヘプタンの当量比と図示平均有効圧との関係を示す。図10にはプロパンで火花点火運転を行ったときのものも併せて示してある。図11には図示平均圧と図示熱効率を示す。プロパン/*n*-ヘプタンの場合よりも図示熱効率、図示平均有効圧は小さい。図12には図10中に示した点での圧力履歴を示す。

す、採取されたデータの中では図示平均有効圧が高いものに属するが、圧力履歴には激しいノック振動はみられず、プロパン/n-ヘプタンで運転したときの明確な差異を見いだせない。図13に排気ガス中の未燃炭化水素、一酸化炭素濃度と当量比との関係を示す。一酸化炭素はプロパン/n-ヘプタンで運転したときよりも若干低くなっている。当量比が低い領域での未燃炭化水素濃度はn-ヘプタン単体での圧縮自着火と同水準により、当量比が高い領域では若干それより低くなる。プロパンから水素に変更した結果、未燃炭化水素濃度はn-ヘプタン単体での水準に近くなったが、これはn-ヘプタンが未燃炭化水素排出に無関係ではないことを示している。

これまで用いてきた高オクタン燃料はいずれも機関に対する単独着火オクタン価以上のものであった。このことが未燃炭化水素濃度が高い原因であると考えられる。高オクタン燃料を単独着火オクタン価以下の燃料を用いれば未燃炭化水素濃度は減少することになる。そこで高オクタン燃料としてn-ペンタンを、低オクタン燃料としてn-ヘキサンを用いて、それぞれ別の燃料噴射弁で定時投入した。その結果、未燃炭化水素は当量比0.29において3180 ppm、一酸化炭素濃度は0.29%になった。これらの値は図7中のPとして示されている。未燃炭化水素はプロパン/n-ヘプタンの場合よりも減っており、標準燃料の圧縮自着火での値に近い。一酸化炭素は標準燃料圧縮自着火の値よりも低くなっており、ほぼプロパン/n-ヘプタンの値になっている。単独着火オクタン価以下の高オクタン価燃料として用いれば一酸化炭素、未燃炭化水素ともに減少する。n-ペンタンのようにそれ単体で圧縮自着火する燃料では、当量比でしか熱炎の発生時期を制御できない。ここでの実験条件ではn-ペンタン/n-ヘキサンの組合せで熱炎を圧縮上死点近傍に制御することは困難であった。上記の条件での図示熱効率率は36.8%、図示平均有効圧は0.27 MPaにとどまっている。

出力を大きくするには当量比とオクタン価を上げればよいのであるが、当量比を上げると着火遅れが短くなって、熱炎発生時期を圧縮上死点近傍に制御することが難しくなってくる。出力を上げるためには高オクタン燃料のオクタン価を高くするほうが得策である。

高オクタン燃料のオクタン価が単独着火オクタン価以上でなければ安定に圧縮自着火を制御できなくなるから、ここでのように燃料のオクタン価を調整する方法では抜本的に未燃炭化水素濃度を減らすことはできない。これ以外の低減策としては圧縮比を上げること

が有望である。ここでの圧縮自着火は負の温度係数域でのものであるので圧縮終わり温度が上がると着火遅れは長くなる。着火遅れが長くなればさらに燃料を投入することができ、熱炎での圧力上昇が急しゅんになりすぎない限り出力の向上が望める。圧縮比を上げた場合については別の機会に報告する。

3.3 投入手法による影響 3.2節でのプロパン/n-ヘプタン超希薄予混合圧縮自着火運転での設定オクタン価は40~80の幅にある。設定したオクタン価が80以下であっても、未燃炭化水素濃度はオクタン価80の標準燃料を圧縮自着火させたときの濃度に近い。一酸化炭素濃度は標準燃料の圧縮自着火よりも低濃度であった。標準燃料の圧縮自着火では同じ当量比であればオクタン価が高いほど未燃炭化水素濃度は高くなる。一酸化炭素濃度は熱炎での圧力上昇率が大きいほど低くなり、当量比が高いほど低くなる。これらは超希薄予混合圧縮自着火運転では燃焼室内に設定したオクタン価、当量比よりも高い場所があることを示唆している。

これまで気体燃料は吸気管最上流部から常時投入しており、液体燃料は吸気弁に近い場所から定時投入している。ここでは燃焼室における高オクタン気体燃料と低オクタン液体燃料との重なりがよくなるように、燃料を液体燃料と同様に吸気弁に近い吸気管に設置された噴射弁で液体燃料と同時に定時投入することにした。

当量比、オクタン価ともに同じ値に設定して、プロパンを定時投入した場合と常時投入したときの圧力履歴を図14に示す。低オクタン燃料にはn-ヘプタンが用いられている。冷炎はほぼ同じ時期に発生するのであるが、熱炎の発生は定時投入のほうが早くっており、熱炎での圧力上昇は緩慢になっている。未燃炭化水素濃度は常時投入では5280 ppmであるのに対して、定時投入では4800 ppmと少なくなる。一酸化炭

Fig. 14 Effect of feeding procedures on ignition timing

素濃度は逆に常時投入では0.31%で、定時投入では0.6%となり標準燃料での水準にまで増えている。未燃炭化水素の排出傾向はn-ペンタン/n-ヘキサンで運転したときと同じである。

着火遅れはオクタン価が低く、当量比が高いほど短くなる。定時投入でのほうが着火遅れが短くなるから、常時投入の場合よりもオクタン価が低いか、もしくは当量比が高い場所があることを示唆している。池上⁽⁸⁾は燃料濃度の不均一性が火花ノックに及ぼす影響を調べて、希薄な混合気設定においては燃料濃度が不均一であるほうが火花ノックしやすいと報告している。これまでに得られている結果は定時投入で未燃炭化水素が減ることと矛盾しない。定時投入することによって減少した未燃炭化水素量にどの程度吹抜け量が含まれているかは不明である。そこで当量比は図14と同じとし、吹抜ける可能性のあるプロパンの投入量を70%多くして、定時投入と常時投入で未燃炭化水素と一酸化炭素濃度を計測した。オクタン価が上がっているために、定時投入での熱炎発生は圧縮上死点近傍になり、常時投入ではそれよりも遅れた。このときの未燃炭化水素濃度は定時投入で3960 ppm、常時投入では4620 ppmになった。実験条件を変えると未燃炭化水素の減少量が変わることがわかる。

一酸化炭素濃度は定時投入のほうが増える。これは定時投入ではn-ヘプタンとプロパンとの混合状態は常時投入の場合よりもよくなっており、標準燃料を投入した場合に近くなっているためであろう。

常時投入のほうが空間的なオクタン価の不均一性は高くなっているであろう。同じ当量比、オクタン価設定にあって着火遅れが長くなり、熱炎での圧力上昇率が大きくなる常時投入のほうが、さらに燃料を投入することができるから出力は向上し、等容度が上がるので熱効率も改善される。

4. お わ り に

高オクタン/低オクタン燃料の組合せと、その投入手法を変化させて超希薄予混合圧縮自着火で機関を運転した。

(1) 出力と熱効率を向上させるためには当量比を上げ、かつオクタン価を上げる必要がある。運転範囲を広くするためには高オクタン燃料と低オクタン燃料のオクタン価の差を大きくすればよい。

プロパン/n-ヘプタン超希薄予混合圧縮自着火運転での未燃炭化水素はプロパンがその主成分であった。

プロパンを供試機関に供給しても圧縮自着火は起こらない。このため燃料として供給されたプロパンの一

部がそのまま排出される。圧縮自着火を安定に制御するためには、高オクタン燃料として用いる燃料単体を投入しても圧縮自着火が起こらない程度のオクタン価が必要である。このため二つのオクタン価の違う燃料を使った圧縮自着火制御手法を採用する限り未燃炭化水素が多くなる。

(2) 超希薄予混合圧縮自着火燃焼方式では水素を用いることができる。

そのときの熱効率、出力ともにプロパンを高オクタン燃料としたときよりは低い。プロパンのみで火花点火運転したときと比べると出力は劣るものの、熱効率はよい。

(3) ここでの燃焼状況はチャージの成層化の状況、特に微小空間のオクタン価の分散の程度に大きな影響を受けている。

局所的に微小空間オクタン価を低くすることができれば出力、熱効率とも良好になるであろう。これを究極にまで推し進めると、既報⁽¹⁾で述べたような高オクタン気体燃料混合気への微粒化低オクタン液体燃料投入に行き着く。しかしながら未燃炭化水素がさらに増加すると予想されるなど、液体燃料であるがゆえの困難が待ち受ける。

高オクタン燃料単独では火種が近傍になれば燃焼が始まらず、またいったん消炎すると自己消炎能力がない。着火源となる低オクタン燃料を分散・拡散させてその微小気体塊をどのように構築するかが2種の燃料を用いた予混合圧縮自着火機関のかぎである。冷炎着火での熱発生が大きくなると熱炎着火での熱発生が小さくなり、サイクルの等容度を確保することが難しくなる。熱効率を維持するためには冷炎の熱発生は最低限でなければならない。

文 献

- (1) 古谷正広・川島一仁・太田安彦, 超希薄予混合圧縮自着火試案, 機論, 62-595, B(1996), 1240-1246.
- (2) 福田聡史・西村佳晃・日比野光宏・古谷正広・太田安彦, ビストン圧縮自着火の希薄限界と不活性ガス, 機講論, No. 943-1(1994), 229-231.
- (3) Ohnishi, S., Jo, S. H., Shoda, K., Jo, P. D. and Kato, S., Active Thermo-Atmosphere Combustion (ATAC)-A New Combustion Process for Internal Combustion Engines, SAE Paper, No. 790501 (1979).
- (4) Ishibashi, Y. and Tsushima, Y., A Trail for Stabilizing Combustion in Two-Stroke Engines at Part Throttle Operation Proc., IFP Two-Stroke Engine Tech. Conf., P. Duret (Editor) and Edition Techniq, Paris, (1993), 133-124.
- (5) B. Hamilton@irl.cri.nz, Automotive Gasoline FAQ, V1.00, www.rtr.org/maintain, (1995).
- (6) 古谷正広・太田安彦・寺田耕・高橋和, 予混合低温圧縮自着火におけるすすの生成, 機論, 57-537, B(1991),

- 1906-1911.
- (7) 高橋和・太田安彦, 低温度炎, 内燃機関, **22**-285(1983),
41-46.
- (8) 池上詢・塩路昌宏・朱啓明・中島康裕, 火花点火機関の
ノックに及ぼす混合気濃度不均一性の影響, 機論, **57**-542,
B(1991), 3577-3583.
-