

## 直接噴射式ディーゼル機関の青煙，白煙について\*

——低温スモーク発生におよぼすシリンダー  
壁温，吸気温の影響——

常 本 秀 幸\*\*

石 谷 博 美\*\*

(昭和54年9月12日受理)

### A Study of the Cold Smoke from a Direct Injection Diesel Engine

—The Effect of Cylinder Wall and Intake Air  
Temperature on the Cold Smoke—

by Hideyuki TSUNEMOTO and Hiromi ISHITANI

In this paper we investigated the effects of the cylinder wall and intake air temperature on the white and blue smoke which appeared when a direct injection diesel engine was started in cold weather.

We found that an increased cylinder wall temperature effectively reduces the white smoke immediately after the starting because of the shortening of the starting time. On the other hand, it was confirmed that a higher intake air temperature effectively reduces the blue smoke as time passes after the engine is started.

#### 1. ま え が き

直接噴射式ディーゼル機関の低温始動時に発生するスモークは，臭気としてのディーゼル公害<sup>1)</sup>の基本的性質を知る上で多くの情報を含む。先に低温スモークに対する評価方法を中心として報告<sup>2)</sup>したが，今回は吸気温，壁温等の温度条件を変化させ，低温スモークに対する影響を調べた。特に低温スモークが多量に発生している時の燃焼を解析してみると，着火おくれが長いにもかかわらず圧力上昇率が低く，暖機時のような急激燃焼がないのが特徴のようである。そこで，種々の運転条件で燃焼解析を行い，低温スモークと燃焼の関係も考察してみた。

#### 2. 実 験 装 置

使用機関は，ボア—102 $\phi$ ，ストローク110mmの4気筒水冷直接噴射式ディーゼル機関で，

\* 日本機械学会北海道支部 No. 782-2 第21回で講演 (78-10-15 室蘭)

\*\* 北見工業大学機械工学科

燃焼室は角型キャビティである。

噴射ポンプは、前回使用した最高、最低速ガバナが不安定であったため、オールスピードガバナに変更した。ノズルは噴射圧  $180 \text{ kg/cm}^2$ 、噴孔径  $0.32 \phi$  の4噴孔を使用している。

燃焼圧は、4番気筒に歪計指圧計を取り付け測定し、この値は図-1に示すように波高分析計でクランク角  $1^\circ$  ごとに読み取り、電算機で燃焼圧を解析するのに使っている。

燃料噴射時期の検出は、変位計を使いノズルニードルリフトで調べているが、今回は上死点前  $20^\circ$  一定で試験をしている。

また、暖機状態の代表温度として、シリンダーボディ上端部の温度を熱電対で測定した。一方、低温スモークの評価は先の報告書<sup>2)</sup>と同様に PHS 型のものを使い、オパシティ値で濃度を示した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 周囲温度の影響

前回は  $0^\circ\text{C}$  前後の温度条件で試験を行う関係上、圧縮比が 14.5 と低い条件で行なったが、今回は圧縮比を 17.5 まであげ、 $-15^\circ\text{C}$  付近の温度条件まで試験をした。

図-2は、周囲温度条件を種々に変更した時の低温スモークの変化を示す。図より明らかに、周囲温度条件が高くなるとスモークが急激に低下してくるが、 $-10^\circ\text{C}$  前後でその変化が大きい。このことは、バッテリー電圧の変動と燃焼圧の連続記録から求めた完爆時間が、この温度付近で大きく変化することからも明らかである。この完爆時間が変化する理由は明確ではないが、フリクションによる回転変化とか、着火限界などに境界条件的要素が作用しているように思われる。

このような、低温スモークが多量に発生している時と、発生量が少ない時での燃焼圧の変化を比較したのが図-3である。両者の着火おくれ期間を比較して

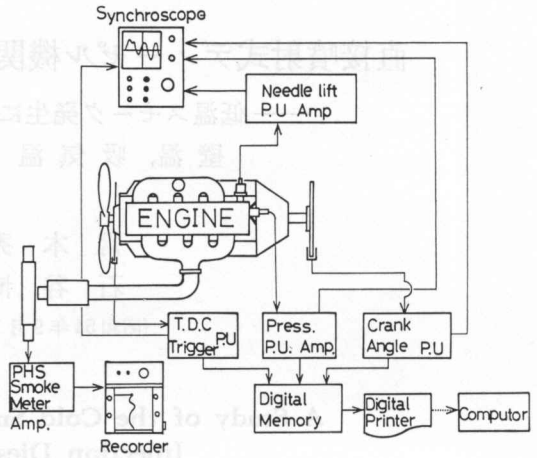


図-1 実験装置略図

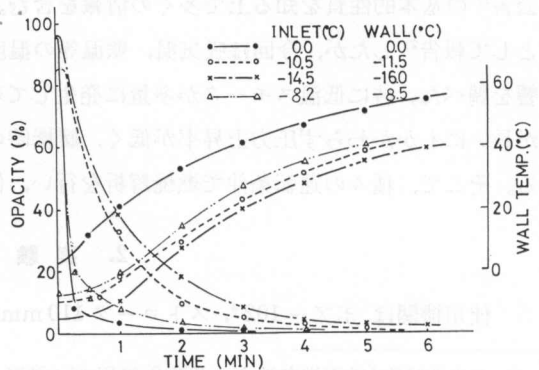


図-2 周囲温度条件と低温スモーク

みると、 $0^{\circ}\text{C}$  に対して、 $-10^{\circ}\text{C}$  の始動後 30 秒では、クラウン角で  $8^{\circ}$  位長くなっている。しかも、低温時の方が圧力上昇率も低く、熱発生率もゆるやかであり、暖機時に言われているような着火おくれ期間後の急激燃焼がみられない。このことは、低温時の噴射燃料の蒸発が十分でなく、燃焼が十分に進行していないことを示しているものと考えられる。一方、2 分位経過すると図-4 に示すように、燃焼圧及び熱発生率ともに周囲温度条件の影響が見られなくなってい

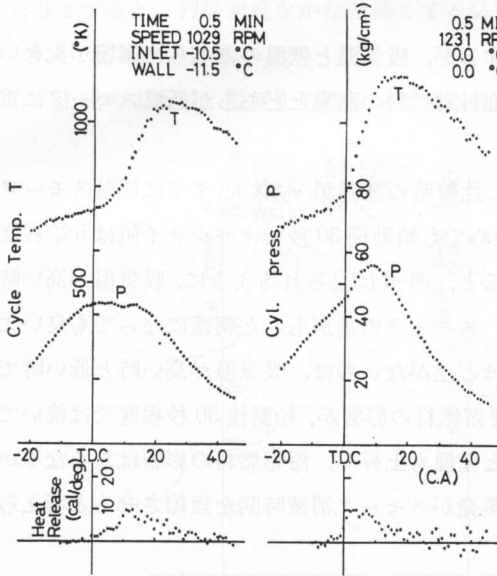


図-3 温度差による燃焼状態の変化 (30 秒)

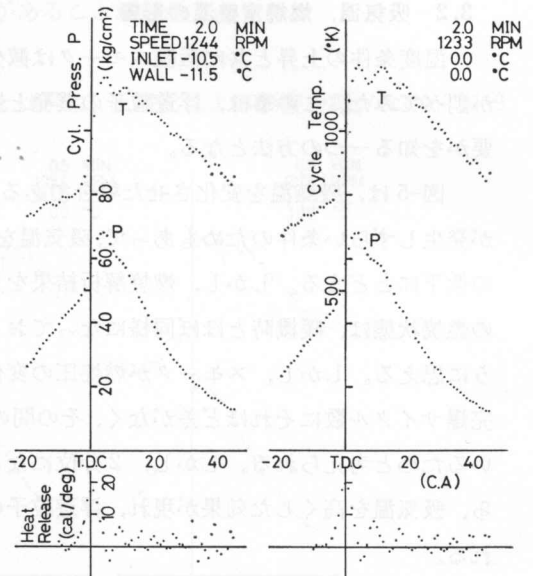


図-4 温度差による燃焼状の変化 (2 分)

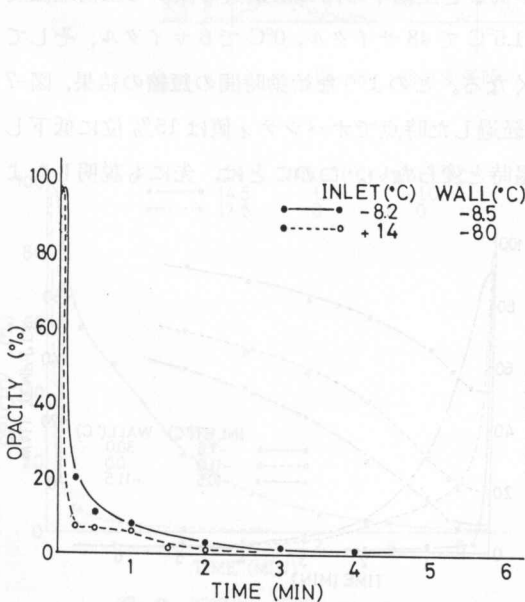


図-5 吸気温と低温スモークの関係

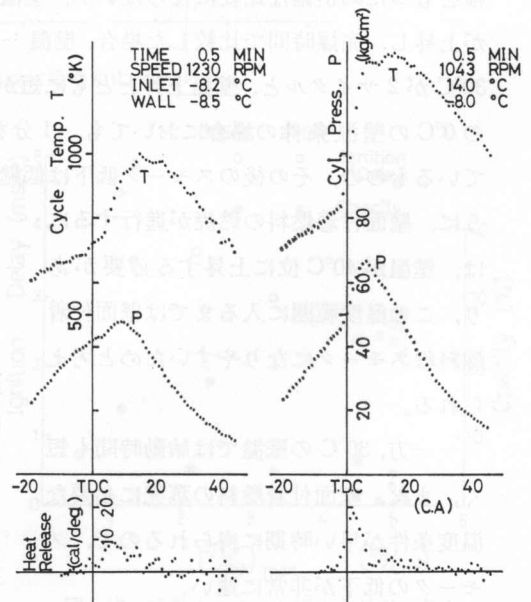


図-6 吸気温変更時の燃焼圧変化 (30 秒)

る。しかし、図-2に見られるように、低温スモークに差があるのは、始動期間中の燃焼室内滞留燃料や、燃焼室壁面に付着した燃料の挙動、あるいは始動時に放出され排気管に付着した燃料の影響が大きいと思われる。なお、図-2より低温スモークが消滅するまでの時間を見てみると、圧縮比の変化にもかかわらず、前報で得られたのと同様、壁温がほぼ $40^{\circ}\text{C}$ であることは、壁面付着燃料の燃焼などを考えた場合、興味深いことである。

### 3.2 吸気温、燃焼室壁温の影響

温度条件の上昇と共に低温スモークは減少するが、吸気温と壁温のどちらの影響が大きいかわけてみた。この事は、浮遊粒子の蒸発と壁面付着燃料の蒸発とどちらが低温スモークに重要かを知の一つの方法となる。

図-5は、吸気温を変化させた場合であるが、比較時の壁温が $-8^{\circ}\text{C}$ とすでに低温スモークが発生しづらい条件のためもあるが、吸気温を高めても始動後30秒でオパシティ値は5%程度の低下にとどまる。しかし、燃焼解析結果を見ると、図-6に見られるように、吸気温が高い時の燃焼状態は、暖機時とほぼ同様になっており、スモークの差がもっと明確になっても良いように思える。しかし、スモークが燃焼圧の変化ほど差がないのは、吸気温が高い時と低い時で完爆サイクル数にそれほど差がなく、その間の滞留燃料の影響が、始動後30秒程度では続いているためと考えられる。しかし、2分位になると壁温も上昇し、滞留燃料の影響はなくなるから、吸気温を高くした効果が現れ、浮遊粒子の蒸発がスモーク消滅時間を短縮させると考えられる。

一方、壁温の変化と低温スモークの関係を求めたのが図-7である。吸気温が $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 位の幅をもつため正確な比較にならないが、壁温が高いと圧縮中の冷却水損失の減少で圧縮端温度が上昇し、完爆時間で比較した場合、壁温 $-11.5^{\circ}\text{C}$ で48サイクル、 $0^{\circ}\text{C}$ で6サイクル、そして $30^{\circ}\text{C}$ が2サイクルと、壁温上昇とともに短くなる。このような始動時間の短縮の結果、図-7の $0^{\circ}\text{C}$ の壁温条件の場合においても、1分を経過した時点でオパシティ値は15%位に低下しているものの、その後のスモーク低下は低壁温時と変わらない。このことは、先にも説明したように、壁面付着燃料の燃焼が進行するには、壁温が $40^{\circ}\text{C}$ 位に上昇する必要があるが、この温度範囲に入るまでは壁面付着燃料はスモークになりやすいためと考えられる。

一方、 $30^{\circ}\text{C}$ の壁温では始動時間も短く、また、壁面付着燃料の蒸発に必要な温度条件が早い時期に得られるので、スモークの低下が非常に速い。

図-8は、壁温を変更した時の燃焼解

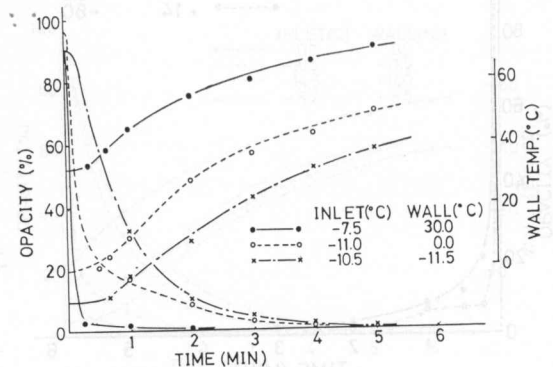


図-7 壁温と低温スモークの関係

析結果であるが、0°Cの壁温でも、30秒付近ではスモーク発生の特徴である圧力上昇率が低く、熱発生率のゆるやかな燃焼となり、スモーク発生の傾向が理解できる。

上述のように、吸気温、および壁温上昇によるスモークの変化を見てみたが、吸気温上昇による低温スモークの変化は、始動直後のスモークよりも、暖機が進むにつれ影響が現れてくるが、一方、壁温の上昇は、始動時間の短縮に効果的であるが、数分後のスモークを低下させようとする、初期壁温をかなり高くする必要があることがわかる。

### 3.3 圧縮比の影響

上記のように、温度を直接変化させる要素とは別に、圧縮比による影響を調べたのが図-9

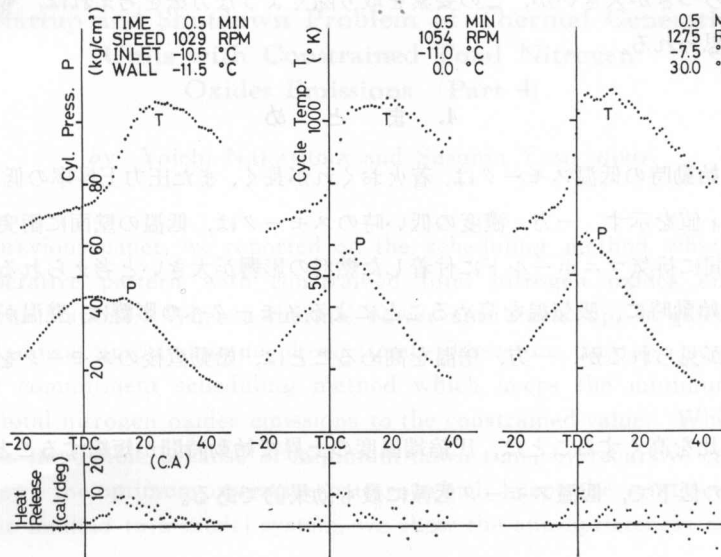


図-8 壁温変更時の燃焼状態の変化 (30 秒)

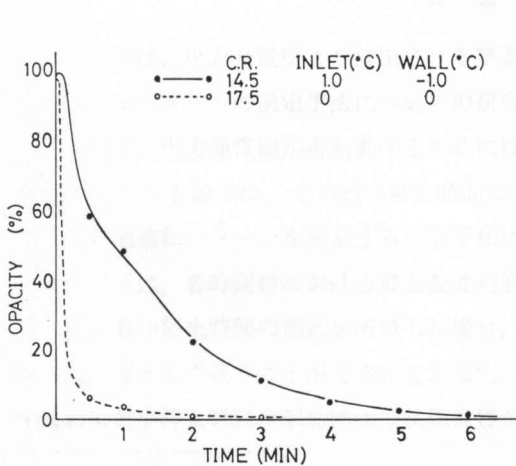


図-9 圧縮比と低温スモーク

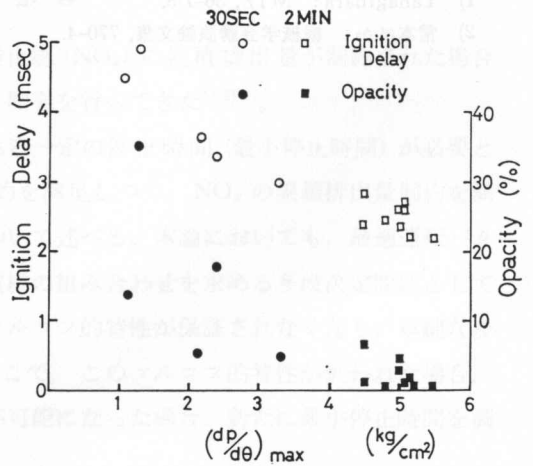


図-10 低温スモークと圧力上昇率，着火おくれの関係

である。図-9の圧縮比の違いによる圧縮端温度の差は、計算上 $50^{\circ}\text{C}$ になる。このことから、圧縮比を高くすることは、燃料蒸発が活発になり始動時間が短縮され、また、圧縮圧上昇による噴霧の壁面付着量が減少することから、低温スモークの低減には最も効果的である。なお、 $0^{\circ}\text{C}$ の条件で比較したのは、14.5の圧縮比の場合に始動限界に近い条件となったためである。

### 3.4 圧力上昇率と低温スモークの関係

低温スモーク発生時の種々の運転条件で、圧力上昇率と着火おくれ期間ならびに低温スモークの関係を調べたのが図-10である。この図-10より、低温スモークは、概して着火おくれが長く、圧力上昇率の低い燃焼状態で高い濃度を示すことがわかる。ただ、始動時間の要素が入るためにばらつきが大きい、この要素を取り除くような方法を考えれば、もっと良い相関が得られると思われる。

## 4. ま と め

i) 低温始動時の低温スモークは、着火おくれが長く、また圧力上昇率の低い燃焼状態で、高いオパシティ値を示す。一方、濃度の低い時のスモークは、低温の壁面に衝突した燃料の挙動や、始動時間に排気マニホールドに付着した燃料の影響が大きいと考えられる。

ii) 低温始動時に、吸気温を高めることによるスモークへの影響は、壁温がある程度上昇してから効果が見られるが、一方、壁温を高めることは、始動直後のスモークを低減するのに効果的である。

iii) 圧縮比を高くすることは、圧縮端温度の上昇で始動時間が短縮すること、あるいは、噴霧の貫通力の低下で、低温スモーク低減に最も効果的である。

## 文 献

- 1) Yanagihara: MTZ, 36-7/8.
- 2) 常本ほか: 機械学会講演論文集, 770-4.