

# ノルズの噴射開始圧力と噴射量について

榊 原 和 明

## 1 ま え が き

自動車用ディーゼル・エンジンは、燃焼室形式による分類で、直接噴射式、副室式（予燃焼室式、渦流室式）がある。近年（88年度自動車諸元表）では、予燃焼室式が姿を消し、直接噴射式が多くなっている。従来、直接噴射式は、主に大型のディーゼル・エンジンに用いられていたが、2500 ccクラスまで使用されている。その理由は、直接噴射式の燃料消費率（146～165g/psh）は、副室式の燃料消費率（180～210g/psh）より優れている。又、ガソリン・エンジンの燃料消費率が向上して、副室式の燃料消費率との差が小さくなったことがあげられる。直接噴射式エンジンの小排気量化に伴い、直接噴射式エンジンの高回転化が進むと思われる。

直接噴射式のノズル噴射開始圧力は（180～230kgf/cm<sup>2</sup>）は、副室式のノズル噴射開始圧力（100～135kgf/cm<sup>2</sup>）より高い。そこでノズル噴射開始圧力を高くして、インジェクション・ポンプを高速回転をさせたら、噴射量等にどのような影響が出るかを今回実験したので結果を報告する。

## 2 回転速度と噴射量

噴射ポンプのラック位置をある位置10mmとか12mmに固定し、回転速度を徐々に増していき、その都度一定ストロークの噴射量を測定すると一般に図1、のような噴射量特性となる。噴射量は低速では少なく、ポンプ回転速度が増すにしたがって少しずつ増加していく、また高速ではある限界を越すと点線のように少なくなる。

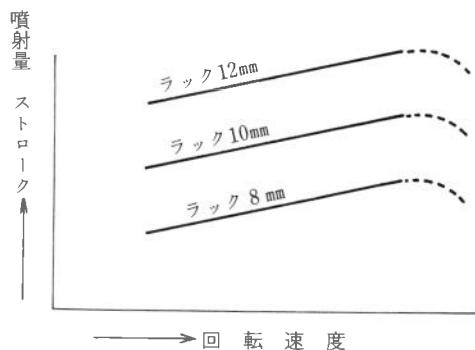


図1 回転速度と噴射量

1) 低速から回転速度が増すにしたがって噴射量が増加するのは次の項目が影響する。

### ① もれ量

これは、ポンプ・エレメントやノズルの潤滑を行うものと、そのほかの所より洩れるものを加えたもので、ポンプの回転速度が高くなるにともない、一回あたりに要する時間が短くなり、もれ量は減少し、噴射量が増加する傾向になる。

なお、ポンプ・エレメントのもれ量は噴射量の0.01~0.05%程度であり0.02%以下を標準としている。もれ量  $Q_1$ は(1)式にて推定することができる。

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot D_p \cdot P \cdot \delta^3 \cdot t}{12 \cdot \mu \cdot L \cdot 10^3} (\text{mm}) \dots\dots\dots(1)$$

$D_p$ : プランジャ径	mm
$P$ : 噴射圧力	kgf/cm <sup>2</sup>
$\delta$ : プランジャとシリンダのスキマ	mm
$t$ : もれ時間	sec
$\mu$ : 燃料の粘度係数	kgf/cm-sec
$L$ : もれ部の長さ	mm

②前噴射量

プランジャ・パレルのフィード・ホールがプランジャの上端面で閉じられる前に噴射される量である。ポンプの回転速度が高くなると、プランジャで押す燃料の速度が速くなり、プランジャ上部の燃料全体が勢いよくデリバリ・バルブのほうに移動し、フィード・ホールよりフェューエル・チャンバ内にもどりにくくなる。このとき、フィード・ホールが完全に閉じられていない状態で、フィード・ホールの絞り効果のため圧力は上昇し、デリバリ・バルブが押し上げられて噴射が始まるため噴射量が多くなる。

③後噴射量

噴射の終わった時を考えると、②前噴射の時とは逆に燃料の慣性とフィード・ホールの絞りの為、フィード・ホールの開放面積がある程度以上にならないと、噴射が終わらないため噴射量は多くなる。

2) 高速である限界を越すと噴射量が減少するのは、次の項目が影響する。

①未充填量

燃料はフィード・ポンプによって、フィード・ホールよりデリバリ・チャンバ内に送り込まれるが、ポンプの回転速度が高くなると、プランジャが下がってフィード・ホールを開いている時間が短くなり、次の噴射が行われるまでにデリバリ・チャンバ内に、燃料が補給されないため噴射量は減少する。

②逆流

ポンプの回転速度が高くなると、デリバリ・バルブの慣性も大きくなり、デリバリ・バルブの運動が不安定となり、噴射パイプ内の燃料が逆流し噴射量は減少する。これはバルブ・スプリングを強くしたり、バルブ・ストッパを設けることである程度改良できる。

### 3 実験装置と実験方法

#### 供試ポンプ

自動車用ディーゼル・エンジンに使用される噴射ポンプには種々あるが、今回の実験には PES-A型、4サイクル、4シリンダ、過流室式、小型ディーゼル・エンジン用ポンプを使用した。噴射ポンプの主要諸元は表1に示す。

#### 実験方法

ポンプ・テスター用の噴射ノズルをノズル・テスターを用いて噴射開始圧力(120, 170, 220, 270kgf/cm<sup>2</sup>)にその都度調整し、ポンプ回転速度500~2500rpm間を250rpm毎に噴射管内圧力と噴

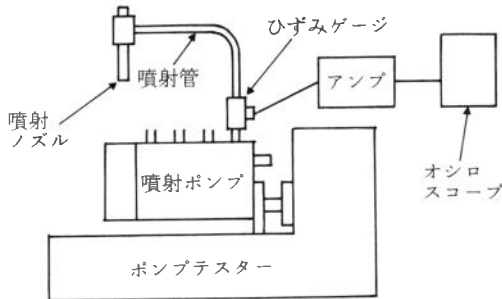


図2 噴射管内圧力測定説明図



図3 噴射管内圧力の脈動波形

表1 供試噴射ポンプ

製作会社	ディーゼル機器 KK
AssyNo.	1441-002
ポッシュNo.	NP-PES4A65C312LS2000NP12
カムリフト量	8 mm
プランジャ	直径6.5mm, 正リード, 左巻リード,
タペット	高速タペット
デリバリ・バルブ 及びスプリング	開弁圧力 28kgf/cm <sup>2</sup> 取付荷重 3 kgf バネ定数 0.9kgf/mm

表2 測定装置

ポンプテスター	ディーゼル機器製, 7 NP 型,
ノズルテスター	ディーゼル機器製, 105785-0700
圧力測定用ひずみゲージ	ディーゼル機器製, 型式名 TR, 製品番号 201041, 1000kgf/cm <sup>2</sup> 噴射圧計 出力歪量 2940×10 <sup>-6</sup> 非直線性 0.6%FS 以下 ヒステリシス 0.6%FS 以下
アンプ	共和電業製, 動ひずみ測定機DPM-611A
オシロスコープ	ケンウッド製, CS-1575A

表3 測定条件

コントロール・ラック位置	フルロード位置 12mm
ラック位置セット方法	セット・スクリュにて固定
プランジャ・ストローク数	1000ストローク
ポンプ回転速度	500~2500rpm
ノズル噴射開始圧力	120・170・220・270kgf/cm <sup>2</sup>
燃料送油圧	1.6kgf/cm <sup>2</sup>
噴射パイプ	外径6mm, 内径2mm, 長さ600mm
噴射ノズル	NP-DN12SD12T
供試燃料油	2号軽油
燃料液温	40℃ <sup>+5℃</sup>

射量を測定した。

噴射管内圧力の測定方法は、圧力測定用ひずみゲージを図2の位置（噴射ポンプのデリバリ・バルブ・ホルダと噴射管の間）に取り付け、アンプ、オシロスコープで噴射量の測定と同時に測定した。測定値は図3の脈動圧力波形の最高圧力を読んだ。噴射量は、ポンプ・テストを用いて表3の測定条件で測定し、4シリンダの平均噴射量を求めた。

図4はノズルの各噴射開始圧力（120, 170, 220, 270kgf/cm<sup>2</sup>）における、ポンプの回転速度の上昇に対する噴射量の変化を表したものである。噴射開始圧力を高くすると噴射量は減少している、これは噴射管の膨張による逃げのためと思われる。回転速度の上昇による噴射量の変化状態は各噴射圧力とも、1250rpmまでは増加し、1250~2000rpmまで横這いとなり、2000rpmより急激に減少している、減少量は噴射開始圧力が高くなるほど多くなっている。

図5はノズルの各噴射開始圧力（120, 170, 220, 270kgf/cm<sup>2</sup>）における、ポンプの回転速度の

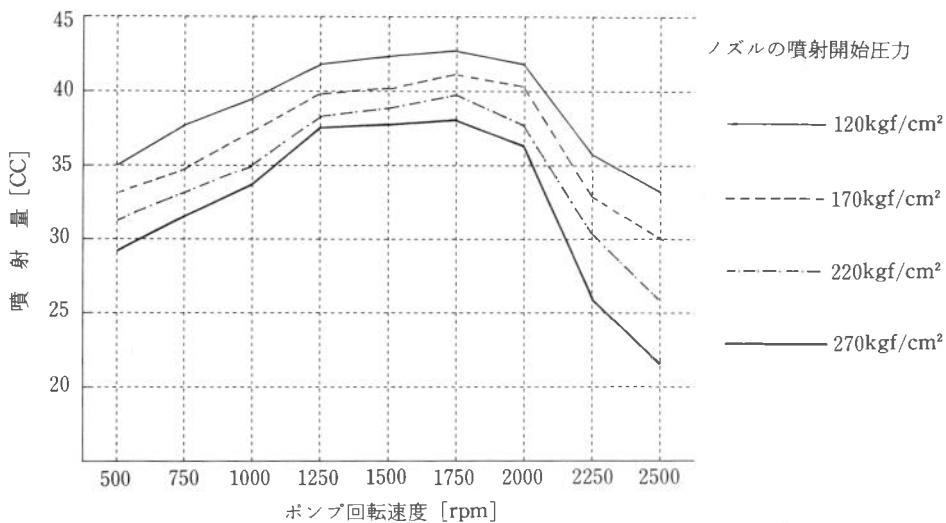


図4 噴射量の変化

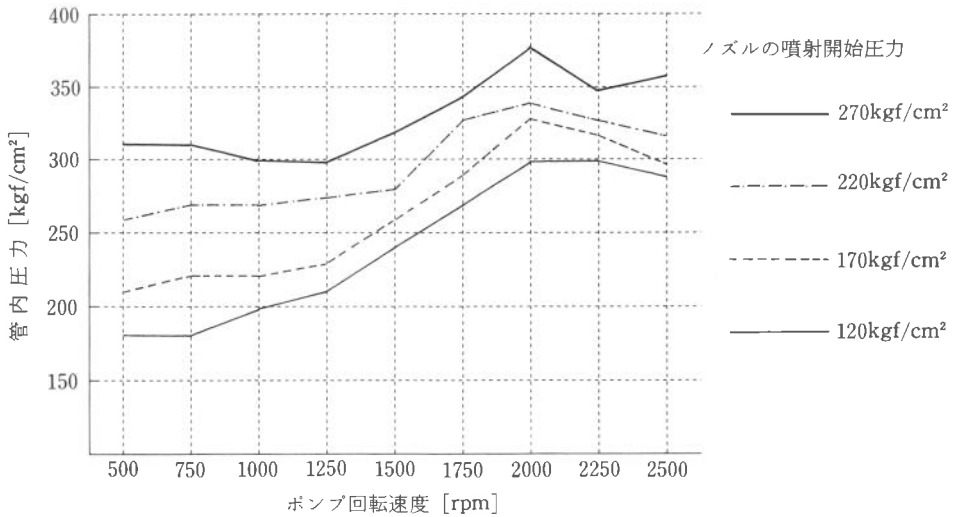


図5 噴射管内圧力の変化

上昇に対する噴射管内圧力の変化を表したものである。管内圧力は燃料の流動抵抗のためにノズルの噴射開始圧力より高くなる、回転速度の上昇にともない更に上昇する、2000rpm がピークでそれ以上回転速度が上昇しても管内圧力は上昇せず不安定となり少し下がる。噴射開始圧力を高くすれば管内圧力も高くなる。

当初、噴射開始圧力を高くし、かつ、高速回転でポンプを駆動すると、管内圧力の上昇のために噴射量が減少するという予想に対し、各噴射開始圧力とも、ほぼ同じ回転速度時に噴射量が減少しているし、又、その回転速度における管内圧力は異なっていることから、噴射量の減少する直接の原因は、管内圧力ではなく回転速度にあるようである。回転速度ということは、回転速度と噴射量の所で説明した、未充填量と逆流が考えられる。噴射開始圧力が高い方が減少量が多くなるのは、特に逆流（デリバリ・バルブの運動が不安定）と管内圧力の上昇が考えられる。噴射量の減少する直接の原因がデリバリ・バルブの運動の不安定にあるかを確認するために、デリバリ・バルブ・スプリングの上部に、ドーナツ形の2mmのシムを組み込み（シム2mmを追加することによりスプリング力は、バネ定数0.9kgf/mmであるから1.8kgf強くなる）噴射開始圧力は270kgf/cm<sup>2</sup>でポンプ回転速度1250～2500rpm 間の噴射

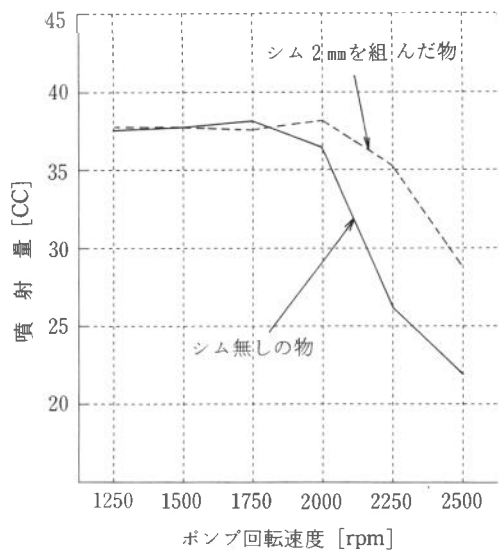


図6 シムを組んだ状態の噴射量変化

量を測定した。結果は図6であり、噴射量が減少するポイントが高回転側に移ったことが確認できた。

## 5 ま と め

噴射開始圧力を高くし、高速回転させると、高速回転時の噴射量の減少量が多くなる傾向が見られる。高速回転時の噴射量の減少は直接的には噴射管内圧力によるものではなく、デリバリ・バルブの運動の不安定による逆流によるものであり、管圧圧力が高くなると逆流量が増加し噴射量の減少量は多くなると思われる。

直接噴射式の高速回転にともなう問題点としては、高圧に対する強度（油密性）が必要であるということ、また高速回転時の燃料減少量が多いということがあげられる。

強度（油密性）の点では、A型よりAD型、P型の方がよく、直接噴射式に多く用いられている。高速回転時の噴射量の減少量が多いのは、デリバリ・バルブ関係（デリバリ・バルブ・ホルダ、デリバリ・バルブ・スプリング、デリバリ・バルブ等）のパーツに対策がされている。

ガバナの逆アングライヒ装置が昭和50年よりRQガバナを初めとし、各種ガバナに取り付けられているが、これも有効と思われる。

## 6 あと が き

ポンプの種類は種々有るが、今回実験したのはその中の一つのポンプであり、今後、他のポンプでも実験してみたい。

最後に実験に当たり、多大なる御協力御助言を戴いた、本学の諸先生方に謝意を評します。

## 参 考 文 献

- 1) 大久保義雄 「燃料噴射装置入門」 山海堂 1979
- 2) いすゞ自動車株式会社サービス部「C190・C240ディーゼルエンジン修理書」1978
- 3) 日本自動車整備振興会連合会 「国産自動車サービスデータ総合版」 1972
- 4) 自動車技術会 「自動車諸元表」 1980, 1985, 1988