202 ディーゼル機関の低温始動時における未燃炭化水素の排出特性

Emission Characteristics of Unburned Hydrocarbon from Diesel Engine During Cold-Starting

○学 川端 大貴 (北見工大院)

山田 康太 (アイシン AI)

正 石谷 博美 (北見工大)

正 林田 和宏 (北見工大)

山田 広行 (いすゞ)

柏倉 拓 (いすゞ)

Daiki KAWABATA, Kitami Institute of Technology, 165Koen-cho, Kitami, Hokkaido

Kota YAMADA, Aishin AI

Hiromi ISHITANI, Kitami Institute of Technology

Kazuhiro HAYASHIDA, Kitami Institute of Technology

Hiroyuki YAMADA, Isuzu Motors

Hiraku KASHIWAGURA, Isuzu Motors

Key Words: Diesel Engine, Cold-Starting, Unburned Hydrocarbon, Exhaust Emission

1. はじめに

ディーゼル機関の低温始動時は、圧縮端温度が低いことや、燃料微粒化の悪化などから、クランキング期間が長期化する。クランキング中には多くの燃料が噴射されるため、始動直後には燃焼に寄与しなかった未燃燃料、燃料の熱分解や部分酸化などにより生成された HC 成分が多く排出される。HC は低温始動時に排出される青・白煙や排気臭気的主要原因成分とされており¹⁾、始動時の HC 排出の低減が求められている。常温始動時に排出される炭化水素に関しては知見がある²⁾が、低温始動時に排出される具体的な HC 成分やその挙動については不明な点が多い。

そこで本研究では、低温始動時における排出ガス中の HC 成分のうち、特に燃料の熱分解成分である低級炭化水素の濃度について詳細に調べる。また低級炭化水素の部分酸化で生成される CO 濃度も合わせて調べる。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略図を図 1 に示す。供試機関はボア 95.4mm, ストローク 104.9mm, 行程容積 3L, 圧縮比 17.5 のコモンレール式水冷直列 4 気筒 DI ディーゼル機関である。エンジンの ECU は PC と繋がっており、燃料噴射量や噴射タイミングを変更することができる。使用燃料はセタン価 51.9 の JIS 特 3 号軽油である。

エンジンは低温室内に設置されており、エンジンのソーク温度を $-30 \sim 0^{\circ}\text{C}$ の任意の温度に設定することができる。エンジン始動条件を統一するため、エンジンオイルが所定の温度に達してから 10 時間のソークを行った後に実験を開始する。そして、実験終了後は後処理装置を再生し、後処理装置内に残った HC 成分の焼却を行う。

低級炭化水素は、排気ガスをサンプリングバッグに採取し、ガスクロマトグラフ (島津製作所 GC-14B) で分析を行う。また、HC, CO 濃度は非分散赤外線吸収法による HC・CO アナライザ (HORIBA MEXA-321) を用いて計測する。なお、排気ガスのサンプリングは後処理装置前後で行い、HC 成分が凝縮しないようサンプリングラインを 200°C に保温する。

3. 実験結果および考察

図 2 に低温始動時のクランキング開始から始動に到るまでの回転数と燃料噴射量の変化を示す。エンジン回転数は始動初期に 850rpm になるよう設定されており、目標回転数に

なるよう噴射量が調整されている。燃料噴射はプレとメインの 2 回噴射で行われており、図に示す噴射量はプレとメインの合計値である。図より、ソーク温度が低くなるほどクランキング時間が延び、燃料噴射量も増加している事が分かる。これは圧縮端温度が低いことや、燃料噴霧の微粒化の悪化、およびエンジンオイルの粘性が高くなり摩擦トルクが大きくなることなどが原因と言える。

Fig.1 Experimental apparatus

Fig.2 Engine speed and injection quantity

3-1 HC 濃度

図3に各ソーク温度の後処理装置前におけるHC濃度の時間変化を示す。HCはソーク温度が低いほど濃度が高いことが分かる。また、ソーク温度が -20°C 以上の始動では始動直後のHCの濃度ピークは確認できないが、 -25°C 以下だと鋭い濃度ピークがある。これは図2に示すように、 -25°C 以下の始動では始動に時間がかかるためクランキング時間が長期化し、その間に噴射された燃料が燃焼することなく排出され、HCの濃度ピークとなったと考えられる。

また、すべての温度条件で、エンジン始動後260秒以降でHC濃度は一定値に落ち着いていることが分かる。クランキングから始動にかけて燃焼しなかった未燃燃料がシリンダー壁面や排気管内に付着し、それらHCが排気温度の上昇に伴い排出され、始動260秒ですべて排出されるため一定値となるものと考えられる。

3-2 低級炭化水素

低級炭化水素であるメタン、エタン、エチレンおよびプロピレンを測定した。ただし、エタンとエチレンは分子量が近くクロマトグラムのピークが重なり分離できないため、これらの合計値をエタン・エチレンと表記する。

図4に各ソーク温度の後処理装置前におけるメタン、エタン・エチレンおよびプロピレン濃度の時間変化を示す。なお、図ではクランキング開始を0秒としている。全ての物質が始動直後に高い値を示しており、クランキング中に燃料が熱分解し低級炭化水素となったものが不完全燃焼により排出されたと考えられる。各物質共にソーク温度が低いほど濃度が高く、これはHCの排出傾向と同じである。その後、時間経過と共に各成分の濃度は減少していく。

メタンは始動直後の濃度が他の成分と比べ高く、その後の濃度低下も急激である。特にソーク温度 -30°C の始動直後におけるメタン濃度は顕著に高いことが確認できる。これは、図2からもわかるように、ソーク温度 -30°C では始動までにかかる時間の長期化が顕著であり、また、その間に噴射された燃料が非常に多いことが関係しているものと考えられる。

Fig.3 Temporal variation of HC

Fig.4 Temporal variation of C1~C3 hydrocarbons

なお、メタンはソーク温度 -10°C および 0°C では排出されていない。

メタン以外のエタン・エチレンおよびプロピレンはメタンのような急激な濃度低下は見られず、ソーク温度 -30°C を除く条件下での始動においては始動後約50秒で濃度は一定値に落ち着いていることが確認できる。

3-3 CO 濃度

図5に各ソーク温度の後処理装置前におけるCO濃度の時間変化を示す。CO濃度はクランキング開始から始動にかけての期間に高濃度で排出され、始動後は速やかに低濃度となり、その後の排出は少ない。また、ソーク温度が低下するほど、ピーク濃度は高くなる。これは図2に示すように、ソーク温度が低くなるほど始動までに時間がかかるため、不完全燃焼が多くなり、濃度が高くなったと考えられる。

Fig.5 Temporal variation of CO concentration

4. まとめ

- (1) HC濃度はクランキング中に最も濃度が高くなり、その後は減少する。また、ソーク温度が低いほど、高濃度となる。
- (2) メタン、エタン・エチレンおよびプロピレンは始動直後に最も多く排出され、時間経過と共に減少していく。また、ソーク温度低下に伴い濃度は高くなる。
- (3) CO濃度はクランキング開始から始動直後に最も高く、その後は速やかに低濃度となる。また、ソーク温度が低いほど多く排出される。

参考文献

- 1) Murari Mohon Roy, 常本秀幸, 石谷博美, 日本機械学会論文集 (B 編), 65 巻 633 号, pp.1822-1828, (1999)
- 2) 小川英之, 宮本登, Khandoker A. RAIHAN, 滝本文人, 登坂茂, 藤原康博: 過渡運転時におけるディーゼル未燃炭化水素の排出および成分特性, 日本機械学会論文集 (B 編), Vol67, No.659, pp.1855-1860, (2001)