

電動化車両への適用を見据えたエンジン熱効率と排ガスの改善

[研究代表者] 西島義明 (工学部機械学科)

[共同研究者] 山下勇人 (株式会社 SOKEN)

研究成果の概要

自動車の電動化が進む中においてもエネルギー変換機関としてのエンジンに対する需要は根強く CO₂ 削減や排ガス規制対応に向けた継続的開発が必要であると考えられる。これに対してエンジンの効率向上や排ガスの改善が必須課題の一つである。そこで、本研究では圧縮された燃料が燃料噴射弁から噴射される際の燃料噴射弁内圧力挙動の検出を試みた。さらに、燃料識別のために燃料の圧縮圧力に対する燃料噴射弁内圧力変動量を燃料種ごとに定式化することを目的とした。

コモンレール式高圧発生装置を用いて燃料を昇圧し燃料噴射弁に供給した。燃料噴射量は ECU による燃料噴射弁への駆動電流の通電期間により制御した。燃料噴射弁から燃料が噴射される際の燃料噴射弁内の圧力を実測した。なお、燃料として JIS2 号軽油 (以下、JIS2) とカーボンニュートラル燃料である水素化植物油 (以下、HVO) を対象とした。

燃料圧力 50[MPa]から 200[MPa]における圧力の実測値から圧力降下割合を算出した。140[MPa]から 200[MPa]の範囲では JIS2 に比べて HVO の燃料圧力降下割合が想定通り大きくなることが確認された。そこで、140[MPa] から 200[MPa]の範囲での JIS2 の燃料圧力に対する圧力降下割合を近似線として示した。同様に HVO についても燃料圧力に対する圧力降下割合を近似線として示した。

研究分野: エネルギー変換、内燃機関、自動車

キーワード: 燃料噴射、カーボンニュートラル、体積弾性係数、CO₂、燃料識別

1. 研究開始当初の背景

現在自動車業界では 2050 年のカーボンニュートラル目標を達成するために、排ガス低減や燃費改善に向けた様々な対策が講じられている。そのひとつとして車両の電動化が促進されており、小型車だけでなく大型車にも適用される機会が増えている。

しかし、電動化車両の中でも 2050 年時点においてはエンジンとモータを搭載する HEV (Hybrid Electric Vehicle) や PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) が 70%を占めると予想されている。すなわち電動化が進む中においてもエネルギー変換機関としてのエンジンに対する需要は根強く CO₂ 削減や排ガス規制対応に向けた継続的開発が必要である。こうしたエンジンへのニーズを把握したうえでカーボンニュートラルを実現していくための選択肢の一つとしてカーボンニュートラル燃料が提唱されている。今後カーボンニュートラル燃料が既存の化石燃料に混合され

使用されることを想定すると、燃料種の違いからエンジン投入前での燃料識別方法が必要となる。

2. 研究の目的

投入燃料種すなわち燃料の体積弾性係数に対応した調量制御を適応することが必要であると考えられる。そこで、どのような体積弾性係数を有する燃料が使用されているかを判別するために、車両上で燃料を識別する必要がある。本研究では、圧縮された燃料が燃料噴射弁から噴射される際の燃料噴射弁内圧力挙動の検出を試みた。さらに、燃料識別のために燃料の圧縮圧力に対する燃料噴射弁内圧力変動量を燃料種ごとに定式化することも試みた。

3. 研究の方法

燃料噴射圧力は 50[MPa]から 200 [MPa]の範囲に設定した。燃料噴射弁の通電期間は燃料噴射弁内の燃料体積変

化 ΔV を一定にするために 1.0 [msec] で一定とした。燃料が噴射される容器内の雰囲気圧力は 0.4 [MPa] で一定とした。

以下に実験と解析の手順を示す。

- (1) 定容容器内の雰囲気圧力を 0.4[MPa] に設定
- (2) 高圧発生装置にて燃料圧力を実験条件に設定
- (3) 燃料噴射弁の通電期間を 1.0 [msec] に設定
- (4) 燃料噴射弁に駆動電流を通電し燃料噴射する
- (5) 圧力センサにて燃料噴射弁内圧力を測定する
- (6) 燃料圧力に対する燃料噴射弁内圧力変動量を燃料種ごとに定式化する。

4. 主要な設備備品

図 1 の実線で囲われた部分に燃料噴射弁内の圧力測定用の圧力センサ (KISTLER 製、4067A3000V392) を搭載した燃料噴射弁の外観を示す。圧力センサは燃料噴射弁に燃料を供給するための燃料供給管路が燃料噴射弁に接続される位置に搭載されている。圧力センサの出力はオシロスコープ (横河計測株式会社製、DL750) にて計測する。図 1 の破線で囲われたコモンレール式高圧発生装置 (コクノ電子株式会社製、KE57) を用いて燃料を昇圧し燃料噴射弁に供給する。燃料噴射量は ECU による燃料噴射弁への駆動電流の通電期間により制御している。燃料噴射弁への駆動電流を電流プローブ (横河計測株式会社製、701933) にて計測し噴射時期及び噴射期間を制御した。

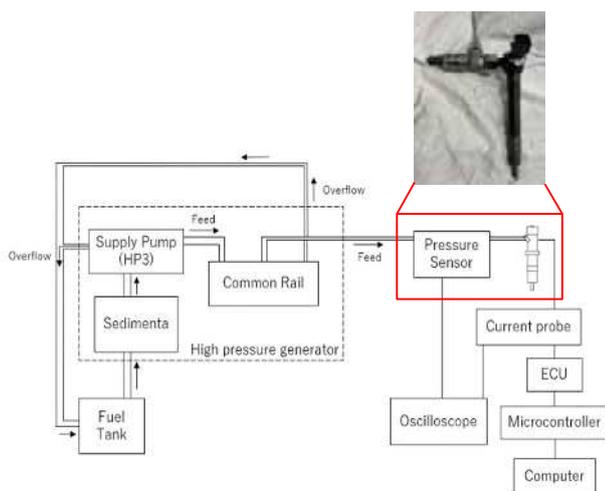


Fig.1 Schematic diagram of test equipment

5. 研究成果

図 2 に燃料噴射圧力 160[MPa]における JIS2 と HVO の

燃料噴射弁内圧力変化量 Δp を示す。図 2 内の実線は圧力の計測値、破線は解析範囲における圧力変化を直線で近似した線である。

図 3 に燃料圧力 50[MPa]から 200[MPa]における圧力降下割合 Δp を示す。ここで圧力降下割合 Δp は解析範囲における燃料噴射弁内圧力変化量 Δp の絶対値を経過時間で除した値である。横軸が燃料圧力、縦軸が圧力降下割合 Δp である。図中の点が各燃料の圧力降下割合の実測値である。図中の破線は各燃料の圧力降下割合の特性を示す近似線である。燃料噴射圧力 50[MPa]から 120[MPa]の範囲では各燃料における燃料圧力降下割合に大きな差異は認められなかった。なお、燃料噴射圧力 140[MPa]から 200[MPa]の範囲では JIS2 に比べて HVO の燃料圧力降下割合が想定通り大きくなることを確認された。

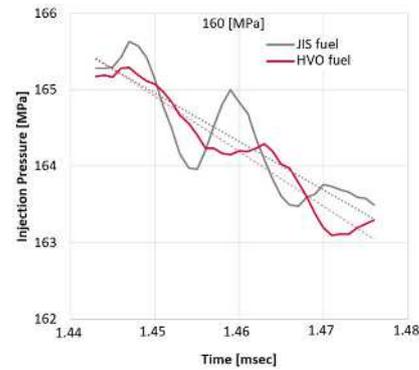


Fig.2 Pressure drop rate Δp Analysis

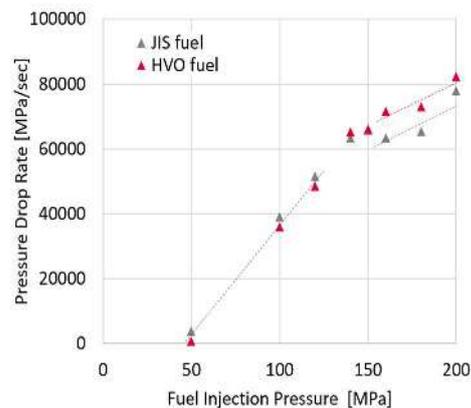


Fig.3 Pressure drop rate Δp

ここで、140[MPa]から 200[MPa]の範囲での JIS2 の圧力降下割合を dp_{JIS2} とし、燃料圧力を x_{JIS2} とする。式(1) に JIS2 の近似線の式を表す。

同様に 140[MPa]から 200[MPa]の範囲での HVO の圧力
降下割合を $dpHVO$ とし、燃料圧力を $xHVO$ とする。式(2) に
HVO の近似線の式を表す。

($140 \leq xJIS2 \leq 200$ [MPa])

$$dpJIS2 = 209.45 xJIS2 + 32473 \quad (1)$$

($140 \leq xHVO \leq 200$ [MPa])

$$dpHVO = 273.51 xHVO + 26232 \quad (2)$$

5. 本研究に関する発表

黒仁田徳士、近藤良樹、酒井 一、西島義明、体積弾性係
数に着目した燃料噴射弁内の燃料圧力挙動に関する研究、
産業応用工学会論文集（投稿中）