

二段噴射を用いたディーゼル機関の性能・排気に及ぼす燃焼室形状の影響

Effects of Combustion Chamber Shape on Performance and Emissions in a Diesel Engine

with Two-Stage Injection

学 〇磨井 泰裕 (京大院) 正 堀部 直人 (京大院) 学 田中 宏和 (京大院)
正 石山 拓二 (京大)

Yasuhiro USUI, Naoto HORIBE, Hirokazu TANAKA and Takuji ISHIYAMA

Graduate School of Energy Science, Kyoto University, Yoshida-hommachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501

1 はじめに

予混合圧縮着火(PCCI)燃焼は、ディーゼル機関の低負荷域においてNO_xとPMの同時低減の可能性を持っている。著者らは、二段噴射を適用し EGR 率と噴射条件を適切に組み合わせることで、圧力上昇率の急激な増加を避けつつ出力の増大が可能であることを報告したが、低負荷域では未燃物質排出が多く、中負荷域では熱効率を維持したままの Smoke 排出低減が困難であった⁽¹⁾。そこで本研究では、単気筒試験機関を用いて燃焼室形状の選択による中・低負荷の性能・排気改善の可能性について調査した。

2 実験装置および方法

実験には、コモンレール式燃料噴射装置および cooled-EGR システムを備えた無過給単気筒ディーゼル機関(口径 102mm, 行程 105mm, 圧縮比 15.5, スワール比 2.6)を使用した。燃焼室はくぼみ口径 56.7mm のトロイダル型標準燃焼室(D56), 口径 68.0mm の燃焼室(D68), D68 の上死点隙間を縮小した燃焼室(D68s), 口径 45.9mm のリエントラント型燃焼室(Re45)の4種類を用いた(図1)。噴射ノズルは噴孔径φ0.18mm×6孔で、噴射角度が150°と125°の2種類のノズルを用い、噴射圧力は120MPaである。機関回転速度は1800rpmに固定し、燃料はJIS2号軽油(セタン指数57)を使用した。低負荷においては燃料噴射量20.0mm³/st, EGR率45%, 中負荷においては燃料噴射量30.0mm³/st, EGR率25%で固定し、各燃焼室において一段目、二段目噴射時期を変えて実験を行った。

3 実験結果および考察

3.1 低負荷における性能・排気特性

低負荷での未燃物質低減のためには、燃焼室のくぼみの外で形成される混合気の抑制が必要であると考えられる。そこで、口径を拡大したD68, D68の上死点隙間を縮小したD68s, スキッシュリップにより混合気がくぼみから外れるのを防ぎ、強い流動によりくぼみ内の混合気を均一化する効果が期待されるRe45を用いた。噴射量配分 $q_{1st}/q_{2nd} = 5/15$, 二段目噴射時期 $\theta_{2nd} = -5^\circ\text{ATDC}$ とし、各燃焼室に

において一段目噴射時期 θ_{1st} を変化させたときのSmoke, NO_x, CO, THC排出濃度と図示熱効率 η , 最大圧力上昇率 $dp/d\theta_{max}$ を図2に示す。なお, Re45は口径が小さいため噴射角度 $\alpha = 125^\circ$ とし, 他の燃焼室は $\alpha = 150^\circ$ とした。口径の拡大によるSmoke増加は, 上死点隙間の縮小により減少するが, 未燃物質は減少しない。また, Re45では η の低下が問題となる。この理由として, 強い流動により一段目燃料の燃焼が抑制され, 二段目燃料の燃焼が遅角化したことが考えられる。

3.2 中負荷における性能・排気特性

中負荷でのSmoke低減のためには筒内の流動強化が有効であると考えられる。そこでD56, D68s, Re45において, $q_{1st}/q_{2nd} = 5/25$, $\theta_{2nd} = 0^\circ\text{ATDC}$ とし, θ_{1st} を変化させた。その結果を図3に示す。D68sでのSmokeはD56と同程度である。Re45においてはSmoke, COが大幅に増加する。これはスキッシュリップ下部に過濃な混合気が形成されたためと考えられる。

4 おわりに

二段噴射を適用したディーゼル機関において燃焼室形状が性能・排気に及ぼす影響を調べた。その結果, 上死点隙間の縮小はSmoke低減に効果があること, リエントラント型燃焼室は中負荷においてSmokeが大幅に増加するため口径を拡大するなどの改善が必要であること等がわかった。

最後に, 実験にご協力いただいた, 本学学生, 濱田貴之氏に感謝する。また, 噴射系部品を提供いただいたトヨタ自動車(株)に深く感謝の意を表す。

参考文献

(1) Horibe, N., et al., Int. J. Engine Res., 10(2), p.71, (2009).

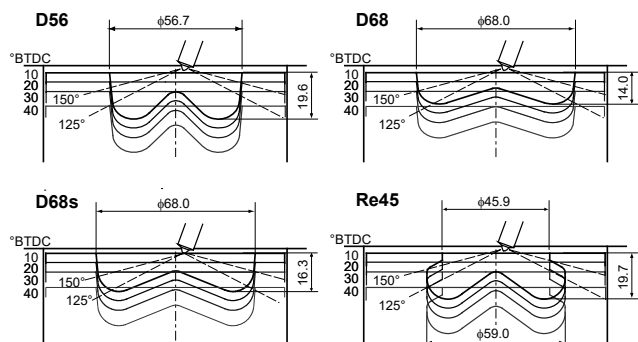


Fig.1 Piston bowl geometry and spray direction

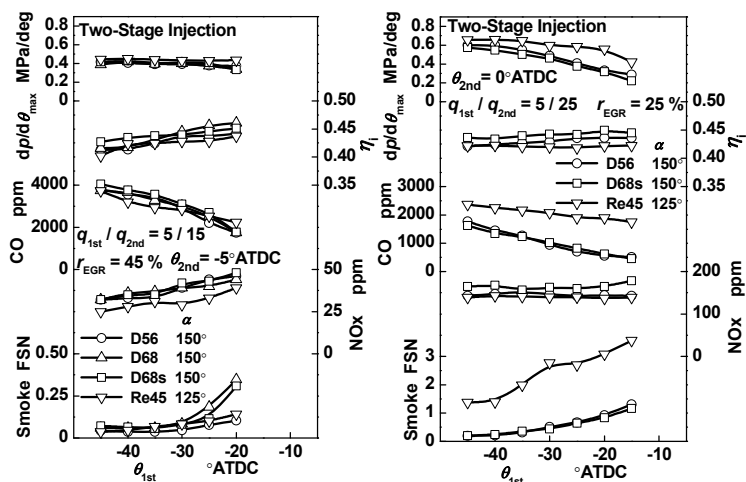


Fig.2 Effects of first injection timing and combustion chamber shape ($q_f = 20 \text{ mm}^3/\text{st}$)

Fig.3 Effects of first injection timing and combustion chamber shape ($q_f = 30 \text{ mm}^3/\text{st}$)