

予混合化ディーゼルエンジンの燃焼騒音研究

1. はじめに

今後ますます厳しくなる環境規制にディーゼルエンジンの排出ガスを適合させるには、高過給・高EGR(Exhaust Gas Recirculation)条件で低温予混合化状態で燃焼させることが有効であるが、一方で燃焼騒音の低減が課題となっている。

燃焼騒音と最も関係が深いのは最大圧力上昇率であるが、実際には幾つかの因子が関係しており、最大圧力上昇率が高くてもある程度燃焼騒音を低減することが可能である。北海道大学では実機試験とシミュレーションの両面から予混合化ディーゼルエンジンの燃焼騒音低減を目指しており、本稿で紹介する。

2. 燃焼騒音の評価方法

エンジン実験では最新のコモンレール燃料噴射装置を有する排気量550ccの単気筒過給ディーゼルエンジンを用いた。マイクロホンより採取された機関騒音と筒内圧力データからコヒーレント法により燃焼騒音と伝達関数を計測している。

一方、シミュレーションでは、Wiebe関数により予混合化ディーゼル燃焼時の任意の熱発生率を与え、そこから計算される筒内圧力と伝達関数より燃焼騒音の予測を行っている。たとえば、同一熱発生率形状でその位相だけを変え、燃焼騒音と熱効率を評価するシミュレーションを行っている。実験によるこのような評価は、不可能であるが、シミュレーションでは容易に実施可能である。計算結果を図1に示す。高熱効率の条件では燃焼騒音も大きい結果を示しており、Lund大学のJohansson教授はこの現象を“sound of efficiency”(効率が低い条件では音もうるさい)と表現した。このように高効率を維持しつつ燃焼騒音を低減するのはとても難しい。

当研究では、シミュレーションにより燃焼騒音を低減するための熱発生率形状を詳細に調べ、過給とEGRなどにより求める熱発生率形状を変化させ

て実験による検証を行っている。

3. 熱発生率形状が熱効率と燃焼騒音に与える影響(シミュレーション)

高熱効率と低燃焼騒音を同時に実現する熱発生率形状について述べる。

3.1 50%熱発生率タイミング(CA50)

図1において、燃焼音を低減させるためにCA50を進角または遅角させると熱効率も同時に低減するため、CA50だけでは高熱効率と低燃焼騒音の実現は難しい。

3.2 熱発生率の初期の立ち上がり

高温酸化反応の初期の立ち上がりを緩やかにすると燃焼初期の最大圧力上昇率が抑制され燃焼騒音が低減する。周波数解析をすると、とくに2000Hz以上での高周波領域での燃焼騒音の低減が顕著である。また熱効率を高く維持するためには後燃え期間が短く等容度の高い燃焼がよい。

3.3 燃焼期間と熱発生率のピーク値

熱発生率のピーク値一定のもとで燃焼期間を延ばすことはエンジンの負荷が上昇するため一般には燃焼騒音は大きくなると考えられるが、燃焼初期の熱発生が抑制されることから実際には燃焼騒音を低減させることができる。また、燃焼期間一定のもとで熱発生率のピーク値を大きくすると周波数全域にわたって燃焼騒音が大きくなる。したがって、同一負荷で運転する場合は、等容度が悪化しない範囲で燃焼期間が長く熱発生率のピーク値を低く抑えた燃焼をさせると、燃焼騒音の抑制と高熱効率を両立した運転が実現できる。

4. おわりに—実機への応用例(実機試験)

過給とEGRにより同一負荷で熱発生率を変化させたときの熱発生率と筒内圧力を図2に、そのときの燃焼騒音の周波数解析結果を図3に示す。過給とEGRにより熱発生率の最大値を抑制し燃焼期間が長く高温酸化反応の初期の立ち上がりを緩やかにすることで熱効率を悪化させることなく6.3dBaの燃焼騒音の低減を図ることができ、

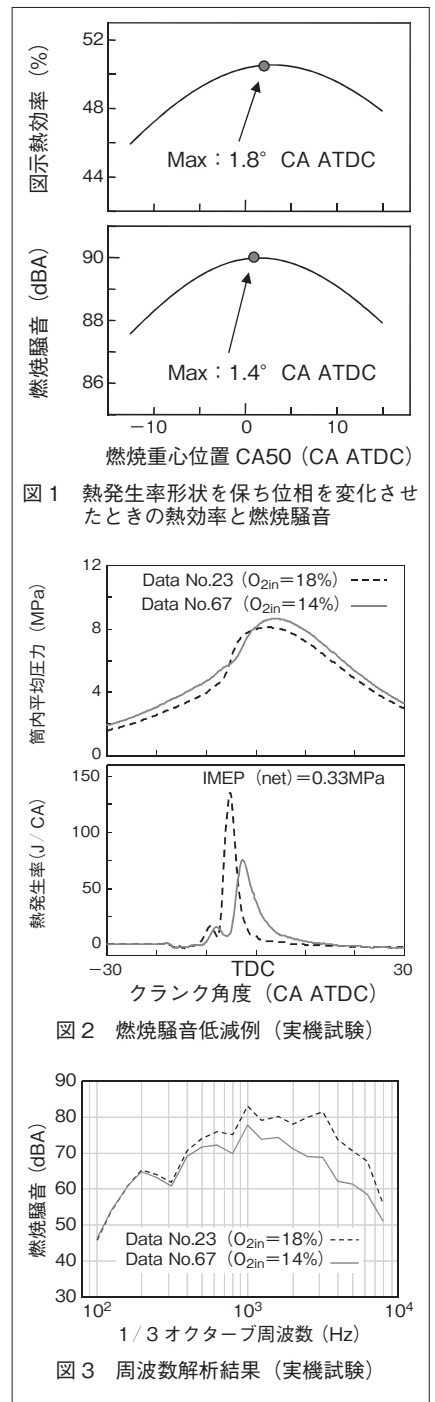


図1 熱発生率形状を保ち位相を変化させたときの熱効率と燃焼騒音

図2 燃焼騒音低減例(実機試験)

図3 周波数解析結果(実機試験)

300Hz以上での燃焼騒音をまんべんなく抑制することに成功した。

(原稿受付 2014年9月16日)

[柴田 元 北海道大学]

●文献

- (1) Shibata, G., ほか, Combustion Noise Analysis of Premixed Diesel Engine by Engine Tests and Simulations, SAE Technical Paper, 2014-01-1293,