

Study on improvement of combustion in marine diesel engine using electronically controlled fuel injection system

岡崎, 航介
九州大学大学院総合理工学府

<https://doi.org/10.15017/21744>

出版情報 : 九州大学, 2011, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名： 岡崎 航介

論文題名：電子制御燃料噴射システムによる船用ディーゼル機関の燃焼改善に関する研究

区 分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

船舶用主機としては、その信頼性や高出力・高効率などの特長からディーゼル機関が最も多く用いられている。近年、環境意識の高まりや地球温暖化問題から、船舶に対しても排気有害物質低減や CO₂ 削減の要求は一層高まっている。これを受けて国連 IMO（国際海事機関）では、船からの排気規制および貨物トン・マイル当たりの CO₂ 排出規制に踏み切った。

始めに、2011 年から 2016 年にかけて段階的に強化される NO_x、SO_x の大幅な規制をクリアすることが、研究機関、関連企業にとって急務となっている。一方で船用燃料重油はますます低質化する傾向にあり、悪い燃料を使っても信頼性を確保しつつ排気もきれいに・・・という難題が与えられている。

本論文は、船用ディーゼル機関の心臓部とも言うべき燃料噴射システムを電子制御化して、燃料噴射圧力の増加と噴射率制御により噴霧燃焼を改善し、上記の問題へ対処する方法について研究したものであり、以下の 6 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景について述べた。

第 2 章では、現在までのディーゼル機関の噴霧燃焼に関する理論を概説した。

第 3 章では、本研究で用いた大型可視化実験機関（2 ストロークディーゼル機関）や燃料噴射システムの詳細について紹介し、さらに燃料噴射システムを電子制御化することによる燃焼改善効果について可視化実験の結果を示した。

噴霧燃焼の改善には燃料噴射圧力を上昇させることが有効と考えられる。ここでは、従来の機械式燃料噴射系でも可能な噴口径絞りによる高圧化と、電子制御システムによって理想的な噴射圧力・噴射率に制御した場合の燃焼を可視化実験で比較した。その結果、後者では燃焼中のスーフト生成の減少、後燃え期間の短縮など劇的な燃焼改善が観察された。

しかしながらこうした燃焼改善は燃焼温度の上昇を伴い、結果的に NO_x 生成の大幅な増加を招くことが多く、このようなトレードオフ関係を打ち破る方策も考える必要がある。そこで本研究では、電子制御システムを活用して燃料噴射率を「後ろ高」に制御する（「ブーツ噴射」と名付ける）実験を行った。単純な噴射時期リタードと比較した結果、ブーツ噴射ではより少ない燃費の犠牲で NO_x 生成量を低減でき、両者のトレードオフを緩和して排気の改善が出来ることを確

認した。

第4章では、船用燃料の低質化問題へ対応するための研究について述べた。

始めに、軽質の分解残渣分である LCO (Light Cycle Oil) の特性について調査した。LCO は、最近の石油精製プラントでは余剰となっている高芳香族の成分であるが、IMO・SO_x 規制 Tier IIIの発効する 2015 年から、その低硫黄・低粘度の特性から広く販売されることが予想される。

ここでは、可視化実験機関によって LCO の着火・燃焼性を調べる実験を行なった。また、LCO を実際の大型低速 2 ストローク機関で使用し、燃焼と排気の特徴を A 重油と比較する実験を行なった。その結果、LCO は特に低負荷で未燃分の排出が多く、また ECA で使用するには好ましくない NO_x の増加も見られた。

続いて、電子制御燃料噴射による LCO 燃焼の改善を試みた。LCO の着火性と燃焼性の悪さの両方の影響を受ける中速 4 ストローク機関を対象に、その着火・燃焼の改善策として少量のパイロット噴射を行う実験を行なった。その結果、軽油と同等の着火特性と後燃えの改善を得ることができ、電子制御システムが低質燃料対策となり得ることを実証した。

第5章では、現在は実現できていない 350 MPa までの超高圧噴射の燃焼に及ぼす効果について、CFD コードによる数値計算で解明する研究を行った。始めに CFD 計算の妥当性について検証した。これは、噴射圧力 150 MPa までの可視化実験と同じ条件で数値計算を行い、両者の比較から計算の妥当性を確認する作業である。その後、シリンダ径 400 mm の低速機関を対象に噴射圧力 350 MPa までの計算を行なった。

その結果、得られる燃費の改善と増加する筒内最高圧力や NO_x 排出量とのトレードオフを考えると、いたずらに噴射圧力を上昇させても得られるメリットは少なくなり、現実には 200MPa 前後に最適値が存在するものと考察された。

第6章は総括であり、以上の研究成果を取りまとめたものである。