

68 電子制御化ディーゼル機関の運転

その3 燃料噴射・吸排気弁の電子制御化運転の結果について

海上技術安全研究所 機関動力部

○ 西尾澄人、高杉喜雄、桑原孫四郎、大橋厚人、
石村恵以子、中島康晴、張潔、菊地正晃、菅進

1. はじめに

燃料消費率と排ガス特性の改善を目的として、これまで、実験用ディーゼル機関の燃料噴射系を油圧駆動電子制御方式に改造し、運転試験をし、低負荷においてこれらを同時に改善できることを実証した。¹⁾ 続いて更なる改善をめざし、吸排気弁系に対しても電子制御化の試みを行い、燃料噴射系と吸排気弁系を共に電子制御化した実験機関の運転に成功した。^{2) 3)} まだ、試運転であること、データ数が少ないこと等のため、結論的なことは述べられないが、今後の研究に向けて、参考となるデータを得たのでこれを報告する。

2. 実験装置及び方法

2.1 実験装置

燃料噴射系と吸排気弁系を共に電子制御化した実験機関は、最大出力257kW(350PS)/420rpmの中速4サイクル機関（3気筒）で、燃料はA重油を使用した。^{1) 2) 3) 4)}

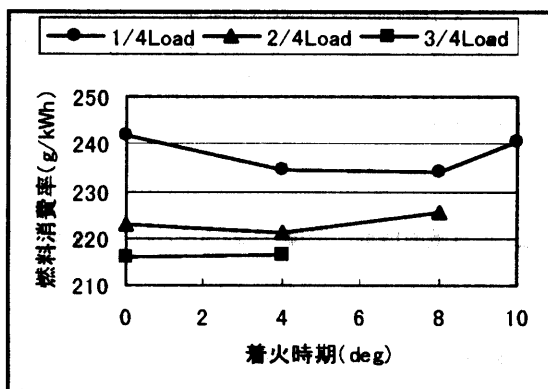
2.2 実験方法

まず、この電子制御化ディーゼル機関において、吸排気弁の設定を一定としたまま、機関を25%、50%及び75%負荷で運転し、燃料噴射時期を変更し、排ガス特性及び機関特性の変化を調べた。

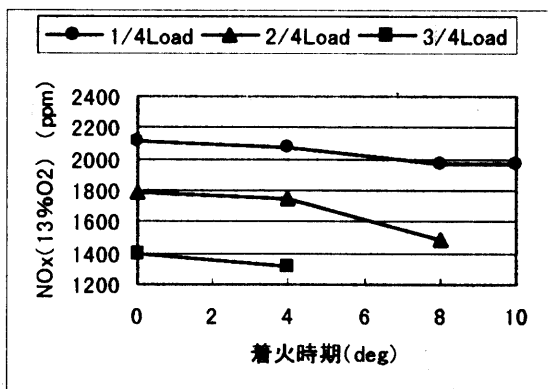
また、機関を75%負荷で運転し、燃料噴射圧を変更して、排ガス特性及び機関特性の変化を調べた。

次に、燃料噴射時期を一定としたまま、機関を25%、50%及び75%負荷で運転し、排気弁の開く時期を変更し、排ガス特性及び機関特性の変化を調べた。

において、25%負荷では、NO_x排出量、PM排出量及び燃料消費率を同時に改善する最適着火時期があることを昨年報告した。¹⁾ 今回は、燃料噴射系と吸排気弁系を共に電子制御化した実験機関を用いて燃料噴射時期（着火時期）を変えてこれを調べた。図1に25%から75%負荷の着火時期に対する燃料消費率、NO_x濃度、排気ガス温度、P_{max}（最高筒内圧）を示す。



a) 燃料消費率



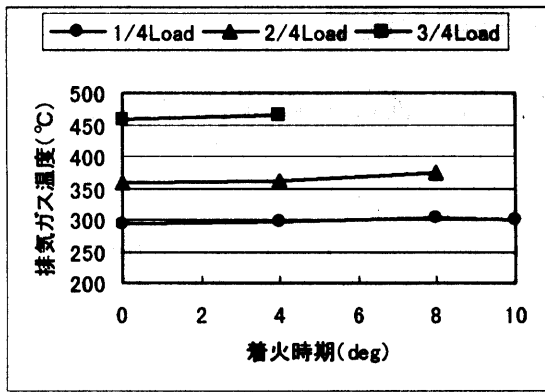
b) NO_x濃度

図1.燃料噴射時期の影響(作動油圧20MPa、基準TDC)

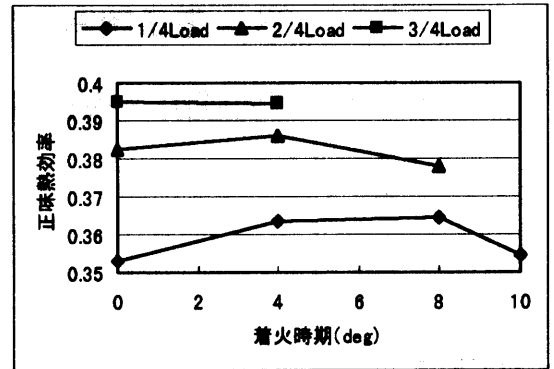
3. 実験結果及び考察

3.1 燃料噴射時期の影響

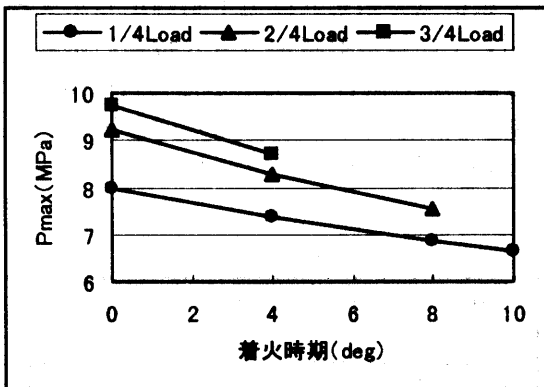
燃料噴射系のみを電子制御化した実験機関に



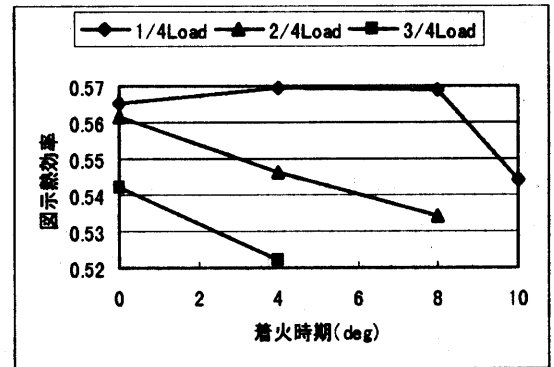
c) 排気ガス温度



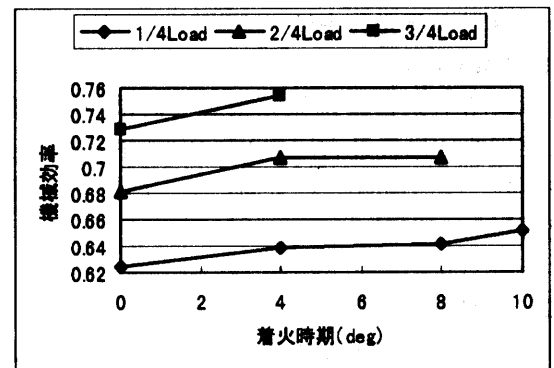
a) 正味熱効率



d) Pmax



b) 図示熱効率



c) 機械効率

図1.燃料噴射時期の影響(作動油圧20MPa、基準TDC)

燃料噴射ポンプを作動させる油圧シリンダーの作動油圧は20MPaに設定してある。燃料消費率に関しては、25%負荷時には着火時期が上死点後8°、50%負荷時には上死点後4°、75%負荷時には上死点の時の低い結果となった。25%負荷での結果は燃料噴射系のみを電子制御化した実験機関での結果と一致した。¹⁾

図2に正味熱効率とこれに関係する図示熱効率(消費した燃料エネルギーのどれだけがピストン上の図示馬力になったかの割合)と機械効率(ピストン上の図示馬力のどれだけが正味馬力になったかの割合)を示す。図示熱効率は着火時期が上死点に近づくほど高くなるが、機械効率は着火時期が遅くなるほど高くなるため、その積でもある正味熱効率が最高になる着火時期が存在する。

NOx濃度は、図から分かるように燃料噴射時期を遅延することにより、Pmaxの低減とともに低減するのが分かる。

図2.正味熱効率、図示熱効率、機械効率に与える燃料噴射時期の影響(作動油圧20MPa、基準TDC)

3.2 燃料噴射圧の影響

燃料噴射系のみを電子制御化した実験機関において燃料噴射圧を高めることにより25%負荷では、燃料消費率及びPM排出特性が改善される傾向にあることを昨年報告している。¹⁾今回は、燃料噴射系と吸排気弁系を共に電子制御化した実験機関においてこれを調べた。図3に75%負荷で実験機関を運転し、燃料噴射ポンプを作動さ

せる油圧シリンダーの作動油圧を20MPa、25MPa、30MPaに変更した場合の、燃料消費率、NOx濃度、排気ガス温度を示す。燃料噴射圧の最高値は上記の作動油圧に対して、約44MPa、約50MPa、約55MPaが対応する。¹⁾燃料の着火時期は上死点后約4°とした。

図から分かるように作動油圧が20MPaから25MPaに上がるにつれ、燃料消費率はわずかに減少し、NOx濃度はやや上昇する。

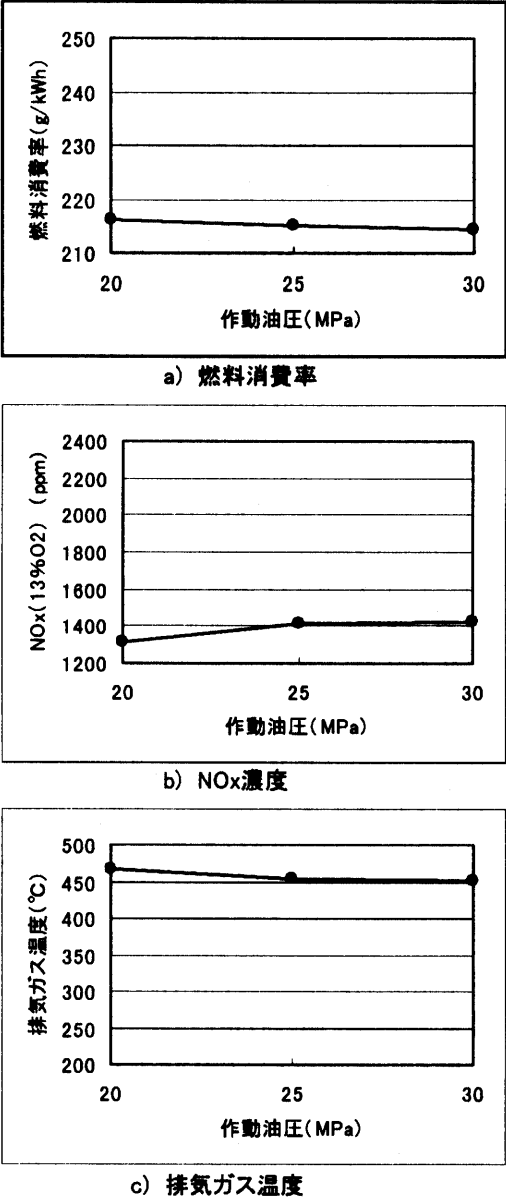


図3.燃料噴射圧の影響(75%負荷、着火時期ATDC4°)

3.3 排気弁開時期の影響

低負荷では、高負荷に比べ燃焼期間が短いため燃料噴射時期を遅らせる余裕があり、NOx排

出量と燃料消費率を同時に改善する最適着火時期が得られた。しかし、高負荷では燃焼期間が長いいため燃料噴射時期を遅らせる余裕が少ないと考えられる。そこで、この電子制御化ディーゼル機関を用いて、まず着火時期を一定とした条件で排気弁開の時期がNOx排出量と燃料消費率に与える影響を調べた。図4に25%から75%負荷における排気弁の開く時期に対する燃料消費率、NOx濃度、排気ガス温度、Pmax、過給圧を示す。燃料噴射ポンプを作動させる油圧シリンダーの作動油圧は20MPa、着火時期は上死点后約4°とした。

図から分かるように燃料消費率は排気弁の開く時期を遅らせることにより低減するのが分かる。

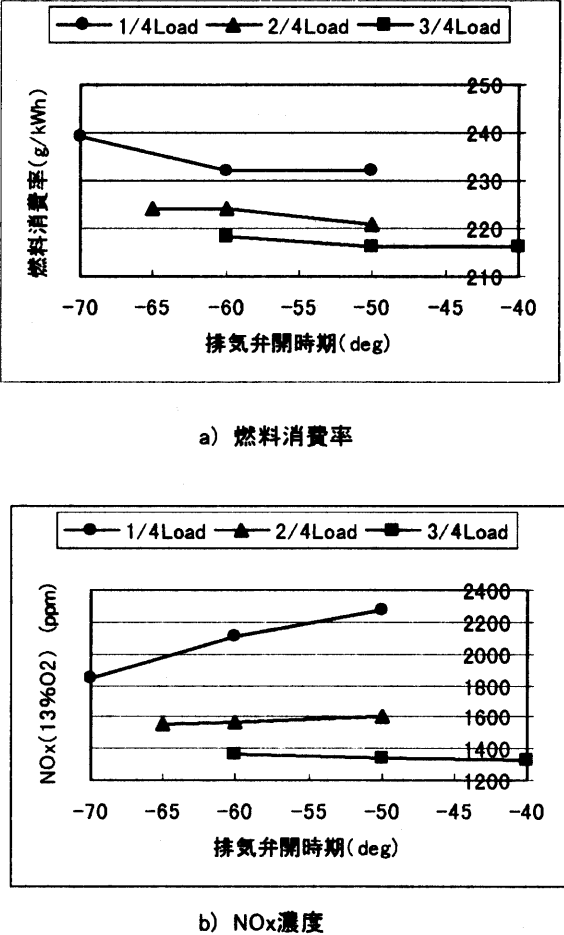
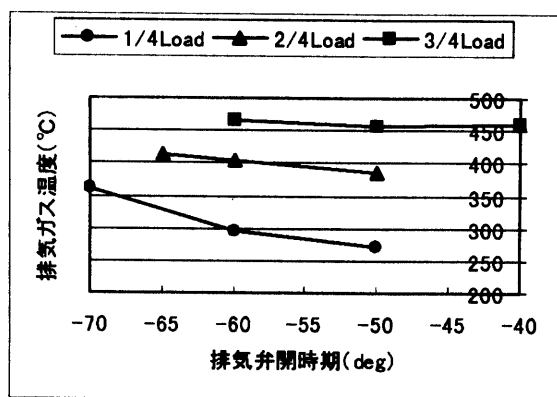
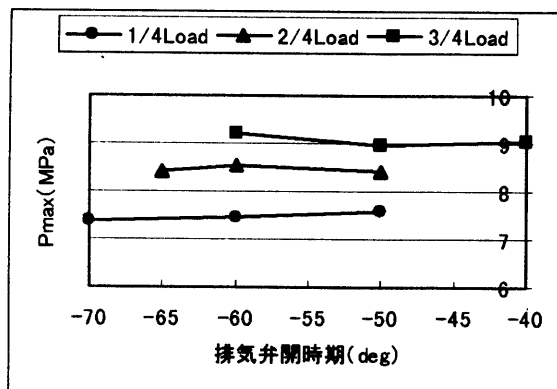


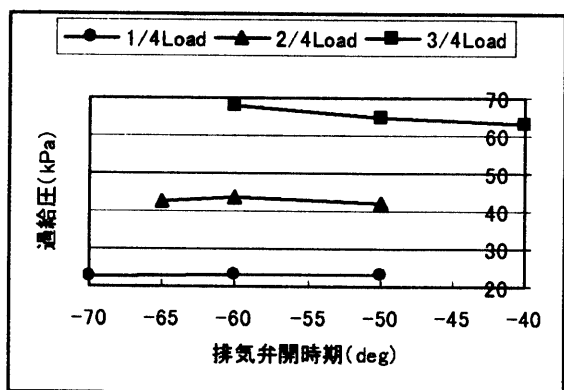
図4.排気弁の開く時期の影響
(作動油圧: 20Mpa、着火時期: ATDC4°、基準BDC)



c) 排気ガス温度



d) Pmax



e) 過給圧

図4. 排気弁の開く時期の影響

(作動油圧: 20Mpa、着火時期: ATDC4°、基準BDC)

NOx濃度に関しては、Pmaxの変化と同じ変化をする。高負荷では、排気弁の開く時期を遅らせるにつれPmaxが低下し、NOx濃度も減少する。低負荷では、排気弁の開く時期を遅らせるにつれPmaxが上昇し、NOx濃度も増加した。これは、本実験機関は動圧過給であり、過給器とのマッチングが関係しているものと考えられる。低負荷では、さらに排気弁の開く時期を遅らせることにより、燃料消費率とNOx排出量を同時に改善できると考える。

4. まとめ

中速4サイクル機関の3気筒全ての燃料噴射ポンプ及び吸排気弁を油圧駆動に改造し、各弁開閉を電子制御にして運転を行った。今回はこの電子制御ディーゼル機関を用いて噴射タイミングの変更、噴射圧の変更、排気弁の開き時期の変更を行い実験を行った。まだ、試運転であり、実験データが少ないため、結論的なことは述べられないが、今回の実験により分かったことを下記に示す。

1. 電子制御ディーゼル機関において低負荷時(25%、50%負荷)では、NOx排出量及び燃料消費率を同時に改善する最適着火時期があることを確認した。
2. 着火時期が同じ状態で燃料噴射圧を上げると燃料消費率は改善される傾向を示すが、NOx排出量はやや増加する。
3. 排気弁の開き時期を調整することによりNOx排出量及び燃料消費率を同時に改善できる可能性があることを確認した。今後は最適排気弁開き時期を得るための実験を行う予定である。

最後に、本研究を行うにあたっては、(株)ナブコに多大の協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 燃料噴射系の電子制御化による船用ディーゼル機関の排気ガス特性の改善-A重油使用時の運転結果-、張潔他、Journal of the Marine engineering Society in Japan、vol.35、No.12
- 2) 電子制御化ディーゼル機関の運転 その1 吸排気弁開閉時期の設定について、高杉他、第65回マリンエンジニアリング学術講演会講演集
- 3) 電子制御化ディーゼル機関の運転 その2 燃料噴射時期と吸排気弁開閉時期制御について、石村他、第65回マリンエンジニアリング学術講演会講演集
- 4) 船用機関からの有害排ガスの低減技術について、西尾他、平成12年度(第2回)船舶技術研究所講演会講演集