

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-270719

(P2010-270719A)

(43) 公開日 平成22年12月2日(2010.12.2)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
FO2D 19/06 (2006.01)	FO2D 19/06 Z	3G066
FO2M 37/00 (2006.01)	FO2M 37/00 341Z	3G092
FO2M 53/00 (2006.01)	FO2M 53/00 J	3G301
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2M 37/00 P	3G384
FO2D 19/08 (2006.01)	FO2D 45/00 364K	
審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 29 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2009-124563 (P2009-124563)  
 (22) 出願日 平成21年5月22日 (2009.5.22)

(出願人による申告) 平成20年度、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 委託研究: 「マルチ燃料対応船用機関制御に関する研究」 産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 501204525  
 独立行政法人海上技術安全研究所  
 東京都三鷹市新川6丁目38番1号  
 (74) 代理人 100075258  
 弁理士 吉田 研二  
 (74) 代理人 100096976  
 弁理士 石田 純  
 (72) 発明者 西尾 澄人  
 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内  
 (72) 発明者 春海 一佳  
 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

最終頁に続く

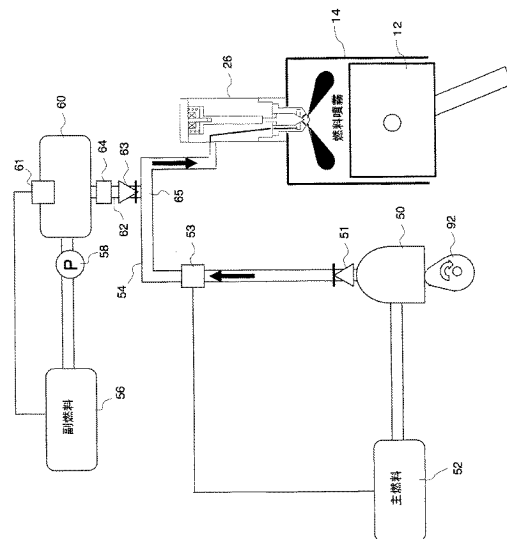
(54) 【発明の名称】 多種燃料に対応可能な燃料噴射装置

(57) 【要約】

【課題】 多種類の燃料に対応できる内燃機関の燃料噴射装置を提供する。

【解決手段】 ディーゼル機関に、主、副、二つの燃料系を設ける。副燃料系は、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射し、主燃料系と副燃料系が一つの電気制御式燃料噴射弁26を共有し、電気制御式燃料噴射弁26の上流側で主燃料系と副燃料系を合流させる。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

内燃機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置であって、  
燃料を噴射する主燃料系と、  
燃料噴射期間の初期において前記主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、

前記主燃料系と前記副燃料系が一つの電気制御式燃料噴射弁を共有し、この電気制御式燃料噴射弁の上流側で前記主燃料系と前記副燃料系を合流させた燃料噴射装置。

## 【請求項 2】

船舶のディーゼル機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置であって、  
燃料を噴射する主燃料系と、  
燃料噴射期間の初期において前記主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、

前記主燃料系と前記副燃料系が共有した一つの電気制御式燃料噴射弁と、  
前記電気制御式燃料噴射弁の上流側で前記主燃料系と前記副燃料系が合流する合流部と

、  
前記主燃料系の燃料及び前記副燃料系の燃料の性状、気筒内圧力、機関の負荷条件、地理的条件のうち少なくとも一つに基づき前記電気制御式燃料噴射弁の噴射条件を変更する制御手段と、を有する燃料噴射装置。

## 【請求項 3】

内燃機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置であって、  
燃料を噴射する主燃料系と、  
燃料噴射期間の初期において前記主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射するか、あるいは前記主燃料系と同時に噴射する際には前記主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、

前記主燃料系の燃料又は前記副燃料系の燃料を燃料性状に応じて前処理する前処理手段と、を有する燃料噴射装置。

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の燃料噴射装置であって、前記前処理手段は、燃料を加熱する加熱器を含む燃料噴射装置。

## 【請求項 5】

請求項 4 に記載の燃料噴射装置であって、前記加熱器は、前記内燃機関の負荷に応じて前記燃料に加える加熱量を変える燃料噴射装置。

## 【請求項 6】

請求項 3 ~ 5 のいずれか一つに記載の燃料噴射装置であって、  
前記主燃料系の燃料及び前記副燃料系のいずれか 1 つの燃料は、廃食油又はバイオ燃料とし、

前記主燃料系及び前記副燃料系のうち燃料を廃食油又はバイオ燃料とする系統に前記前処理手段を設けるときは、前記前処理手段は、廃食油又はバイオ燃料のフィルタである燃料噴射装置。

## 【請求項 7】

請求項 3 ~ 6 のいずれか一つに記載の燃料噴射装置であって、  
前記前処理手段が設けられた前記主燃料系又は前記副燃料系に使用される燃料の基準燃料性状に対し実際に使用する実燃料性状が異なる場合に、前記前処理手段で前記実燃料性状を調整する燃料噴射装置。

## 【請求項 8】

請求項 3 ~ 7 のいずれか一つに記載の燃料噴射装置であって、  
前記前処理手段が前記主燃料系及び前記副燃料系に設けられ、前記前処理手段が燃料を加熱する加熱器である場合に、前記主燃料系に設けられた加熱器による加熱条件と前記副燃料系に設けられた加熱器による加熱条件とを関連させる燃料噴射装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 9】**

内燃機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置であって、  
燃料を噴射する主燃料系と、  
燃料噴射期間の初期において前記主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射するか、あるいは前記主燃料系と同時に噴射する際には前記主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、  
前記主燃料系の燃料と前記副燃料系の燃料の噴射燃料比を内燃機関の負荷及び排気ガス性状の少なくとも一つに応じて調整する燃料噴射装置。

**【請求項 10】**

請求項 9 に記載の燃料噴射装置であって、前記排気ガス性状として窒素酸化物濃度に応じて、前記副燃料系の燃料の前記主燃料系の燃料に対する比率を調整する燃料噴射装置。

10

**【請求項 11】**

内燃機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置であって、  
燃料を噴射する主燃料系と、  
燃料噴射期間の初期において前記主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射するか、あるいは前記主燃料系と同時に噴射する際には前記主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、  
前記主燃料系の燃料又は前記副燃料系の燃料が供給できなくなった時に運転状態を切り換える制御手段と、を有する燃料噴射装置。

**【請求項 12】**

請求項 11 に記載の燃料噴射装置であって、前記副燃料系の燃料の供給ができなくなったときに前記副燃料系を止める燃料噴射装置。

20

**【請求項 13】**

請求項 11 又は 12 に記載の燃料噴射装置であって、前記副燃料系の燃料の供給ができなくなったときに警報を発する警報手段を有する燃料噴射装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、内燃機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置に関し、特に多種の燃料に対応可能な燃料噴射装置に関する。

30

**【背景技術】****【0002】**

石油資源の枯渇、地球温暖化を背景に多種の燃料で運転可能な内燃機関およびこのような内燃機関に用いられる燃料噴射装置が求められている。例えば、より低質の石油系の燃料を用いること、バイオ燃料を用いることなどが提案されている。燃料はその種によって着火性が異なり、多種の燃料で運転可能とするためには、着火性の悪い燃料に対応する必要がある。着火性の悪い燃料を用いる場合に、この燃料よりも着火性の良い燃料を先に噴射し、着火させ、これを火種として着火性の悪い燃料を燃焼させる技術が知られている（下記、特許文献 1 参照）。

**【0003】**

また、燃料噴射前に燃料を加熱する燃料加熱ヒータを備え、筒内圧力センサ等の信号を元に燃料の着火時期が所望のタイミングからずれているか否かを判定し、燃料加熱ヒータによる燃料の加熱を制御して着火遅れ時間を調整する技術が開示されている（下記、特許文献 2 参照）。また、燃料タンクと燃料噴射ポンプとの間に燃料フィルタと熱交換器を設け、燃料フィルタと燃料噴射ポンプとを電氣的加熱手段によって加熱し、熱交換器にはエンジンからの冷却水を循環させて燃料を加熱する技術が開示されている（下記、特許文献 3 参照）。

40

**【0004】**

また、主燃料に加えて、バイオ燃料等の副燃料を燃料噴射弁から噴射する燃料噴射装置において、エンジンの回転数又は負荷の上昇に伴いバイオ燃料の混入量を減少させるよう

50

に制御する技術が開示されている（下記、特許文献4参照）。

【0005】

また、ディーゼルエンジンの制御において、燃料の残量に応じてエンジンを停止する制御を行う技術が開示されている（下記、特許文献5参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平6-159182号公報

【特許文献2】特開2009-36086号公報

【特許文献3】特開2008-303867号公報

【特許文献4】特開2008-51112号公報

【特許文献5】特開2005-188469号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、多種の燃料に対応可能とするためには、着火性の悪い燃料であっても燃焼可能としなければならない。また、前述の特許文献1においては、火種とするための着火性の良い燃料を、主の燃料とは別に準備する必要がある。また、燃料の種類を変更したときに、これに合わせた噴射制御が実行されることが望まれる。

【0008】

本発明は、上記の問題点または課題の少なくとも一つを解決することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項1に対応した燃料噴射装置は、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系と副燃料系が一つの電気制御式燃料噴射弁を共有し、この電気制御式燃料噴射弁の上流側で主燃料系と副燃料系を合流させた構成を有する。副燃料系から高い圧力で噴射される燃料は、より微細な粒子として噴射される。

【0010】

請求項2に対応した燃料噴射装置は、船舶のディーゼル機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置であって、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系と副燃料系が共有した一つの電気制御式燃料噴射弁と、電気制御式燃料噴射弁の上流側で主燃料系と副燃料系が合流する合流部と、主燃料系の燃料及び副燃料系の燃料の性状、気筒内圧力、機関の負荷条件、地理的条件のうち少なくとも一つに基づき電気制御式燃料噴射弁の噴射条件を変更する制御手段と、を有する。主燃料系の燃料及び副燃料系の燃料の性状、気筒内圧力、機関の負荷条件、地理的条件のうち少なくとも一つに基づき、副燃料系から高い圧力で燃料を噴射することによって、燃料はより微細な粒子として噴射される。例えば、噴射条件として主燃料と副燃料の比や噴射時期を変更する。

【0011】

請求項3に対応した燃料噴射装置は、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射するか、あるいは主燃料系と同時に噴射する際には主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系の燃料又は副燃料系の燃料を燃料性状に応じて前処理する前処理手段と、を有する。前処理手段における前処理によって、目標とする燃焼特性に応じて燃料の性状が調整される。

【0012】

請求項4に対応した燃料噴射装置において、前処理手段は、燃料を加熱する加熱器とする。また、請求項5に対応した燃料噴射装置において、加熱器は、内燃機関の負荷に応じて燃料に加える加熱量を変えるものとする。前処理手段を加熱器とすることによって、燃

10

20

30

40

50

料の温度を調整し、燃料の性状を調整する。

【 0 0 1 3 】

請求項 6 に対応した燃料噴射装置において、前処理手段は、フィルタとする。例えば、主燃料系の燃料及び副燃料系の燃料のいずれか 1 つは廃食油又はバイオ燃料とし、主燃料系及び副燃料系のうち燃料を廃食油又はバイオ燃料とする系統に前処理手段を設けるときは、前処理手段は、廃食油又はバイオ燃料のフィルタとする。前処理手段をフィルタとすることによって、燃料に含まれる不純物や夾雑物を除去し、燃料の性状を向上させる。

【 0 0 1 4 】

請求項 7 に対応した燃料噴射装置は、前処理手段が設けられた主燃料系又は副燃料系に使用される燃料の基準燃料性状に対し実際に使用する実燃料性状が異なる場合に、前処理手段で実燃料性状を調整する。

10

【 0 0 1 5 】

請求項 8 に対応した燃料噴射装置は、前処理手段が主燃料系及び副燃料系に設けられ、前処理手段が燃料を加熱する加熱器である場合に、主燃料系に設けられた加熱器による加熱条件と副燃料系に設けられた加熱器による加熱条件とを関連させる。加熱条件の関連付けは、例えば、主燃料と副燃料とを同じ温度に調整すること、あるいは主燃料と副燃料が同じ粘度となるように、主燃料と副燃料の混合比（燃料噴射比）に応じて各々の加熱条件を調整することである。

【 0 0 1 6 】

請求項 9 に対応した燃料噴射装置は、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射するか、あるいは主燃料系と同時に噴射する際には主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系の燃料と副燃料系の燃料の噴射燃料比を内燃機関の負荷及び排気ガス性状の少なくとも一つに応じて調整する。これにより、内燃機関の負荷又は排気ガスの性状に応じて、内燃機関の運転状態を制御することができる。

20

【 0 0 1 7 】

請求項 10 に対応した燃料噴射装置は、排気ガス性状として窒素酸化物濃度に応じて、副燃料系の燃料の主燃料系の燃料に対する比率を調整する。これにより、内燃機関から排出される窒素酸化物濃度を直接的に制御する。

【 0 0 1 8 】

請求項 11 に対応した燃料噴射装置は、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射するか、あるいは主燃料系と同時に噴射する際には主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系の燃料又は副燃料系の燃料が供給できなくなった時に運転状態を切り換える制御手段と、を有する。主燃料系の燃料又は副燃料系の燃料の残量に応じて、内燃機関の運転状態を制御する。

30

【 0 0 1 9 】

請求項 12 に対応した燃料噴射装置は、副燃料系の燃料の供給ができなくなったときに副燃料系を止める。副燃料系の燃料の供給ができなくなったときであっても、副燃料系における電力等の消費や機械系の劣化を招くことがなくなる。

40

【 0 0 2 0 】

請求項 13 に対応した燃料噴射装置は、副燃料系の燃料の供給ができなくなったときに警報を発する警報手段を有する。副燃料系の燃料の供給ができなくなったときにユーザ等に警告を与えたり、システムの制御を切り換えたりする。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 1 】

本発明の燃料噴射装置によれば、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系と副燃料系が一つの電気制御式燃料噴射弁を共有し、この電気制御式燃料噴射弁の上流側で主燃料系と副燃料系を合流させた構成を有することにより、初期において主燃料系の圧力が不十分

50

な場合であっても、燃料粒子を微細とすることができる。また、主、副の燃料系で同時に噴射する際には、副燃料系が主燃料系より高い圧力で燃料を噴射することで、微細な燃料粒子をより多く供給することができる。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の燃料噴射装置によれば、船舶のディーゼル機関の気筒内に燃料を噴射する燃料噴射装置であって、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系と副燃料系が共有した一つの電気制御式燃料噴射弁と、電気制御式燃料噴射弁の上流側で主燃料系と副燃料系が合流する合流部と、主燃料系の燃料及び副燃料系の燃料の性状、気筒内圧力、機関の負荷条件、地理的条件のうち少なくとも一つに基づき電気制御式燃料噴射弁の噴射条件を変更する制御手段と、を有することにより、主燃料系の燃料及び副燃料系の燃料の性状、気筒内圧力、機関の負荷条件、地理的条件のうち少なくとも一つに応じて、副燃料系から高い圧力で燃料を噴射して燃料をより微細な粒子として供給することができる。例えば、現在位置が港湾内、陸地から近い位置であれば、排気ガス浄化を優先した運転モードとし、外洋であれば、燃料消費率を優先した運転モードとするようにできる。また、地理的位置や沿岸からの距離により排気ガス規制や環境規制等が異なる場合に、地理的条件に従った運航を行うことができる。

10

【 0 0 2 3 】

また、本発明の燃料噴射装置によれば、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射するか、あるいは主燃料系と同時に噴射する際には主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系の燃料又は副燃料系の燃料を燃料性状に応じて前処理する前処理手段と、を有することによって、目標とする燃焼特性に応じて燃料の粘度等の性状を調整することができる。これにより、主燃料又は副燃料をより微細な粒子として供給することができる。また、排気ガスの性状の悪化を防ぐことができる。

20

【 0 0 2 4 】

なお、前処理手段を燃料を加熱する加熱器とすることにより、燃料の温度を調整し、燃料の性状を調整することができる。これにより、所望の着火時期が得られるように主燃料又は副燃料の粘度を調整し、内燃機関の着火性・燃焼性を最適化できる。また、主燃料や副燃料を複数種で切り替えられる構成となっている場合、又は主燃料や副燃料を入れ替えて用いるような場合において、主燃料や副燃料の性状に応じて内燃機関の運転状態が最適となるように制御を行うことができる。

30

【 0 0 2 5 】

また、前処理手段をフィルタとすることにより、燃料に含まれる不純物や夾雑物を除去し、燃料の性状を向上させることができる。

【 0 0 2 6 】

また、前処理手段が設けられた主燃料系又は副燃料系に使用される燃料の基準燃料性状に対し実際に使用する実燃料性状が異なる場合に、前処理手段で実燃料性状を調整することより、基準となる基準燃料性状と実燃料性状と差異によって生ずる内燃機関の運転状態のずれを抑制することができる。これにより、主燃料の性状または副燃料の性状に応じた前処理ができ、基準燃料性状に基づいて設計された主燃料系または副燃料系に合わせて燃料性状が調節できるため、主燃料と副燃料の制御を適切に行うことができる。

40

【 0 0 2 7 】

また、前処理手段が主燃料系及び副燃料系に設けられ、前処理手段が燃料を加熱する加熱器である場合に、主燃料系に設けられた加熱器による加熱条件と副燃料系に設けられた加熱器による加熱条件とを関連させることにより、主燃料と副燃料の混合比（燃料噴射比）に応じて、混合後の燃料が同じ粘度となるように、各々の加熱条件を調整し粘度調節ができる。すなわち、主燃料と副燃料を混合（燃料噴射）した際に燃料全体としての温度や粘度を適切に調整することができる。

【 0 0 2 8 】

50

また、本発明の燃料噴射装置によれば、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射するか、あるいは主燃料系と同時に噴射する際には主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系の燃料と副燃料系の燃料の噴射燃料比を内燃機関の負荷及び排気ガス性状の少なくとも一つに応じて調整することにより、内燃機関の負荷又は排気ガスの性状に応じて内燃機関の運転条件を調整することができる。

【0029】

なお、排気ガス性状として窒素酸化物濃度に応じて、副燃料系の燃料の主燃料系の燃料に対する比率を調整することにより、内燃機関から排出される窒素酸化物濃度を直接的に制御することができる。

【0030】

また、本発明の燃料噴射装置によれば、燃料を噴射する主燃料系と、燃料噴射期間の初期において主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射するか、あるいは主燃料系と同時に噴射する際には主燃料系の噴射圧力より高い圧力で燃料を噴射する副燃料系と、主燃料系の燃料又は副燃料系の燃料が供給できなくなった時に運転状態を切り換える制御手段と、を有することにより、主燃料系の燃料又は副燃料系の燃料の残量に応じて、内燃機関の運転を制御することができる。

【0031】

なお、副燃料系の燃料の供給ができなくなったときに副燃料系を止めることにより、副燃料系の燃料の供給ができなくなったときであっても、副燃料系における電力等の消費や機械系の劣化を招くことがなくなる。

【0032】

また、副燃料系の燃料の供給ができなくなったときに警報を発する警報手段を有することにより、副燃料系の燃料の供給ができなくなったときにユーザ等に警告を与えたり、システムの制御を切り換えたりすることができる。また、燃料不足による他の構成要素への悪影響を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本実施形態のディーゼル機関の概略構成を示す断面図である。

【図2】機械式燃料噴射ポンプの構成を示す部分断面図である。

【図3】第1の実施の形態における燃料供給系の構成図を示す図である。

【図4】主燃料系による燃料圧を示す図である。

【図5】主燃料系と、副燃料系による燃料圧を示す図である。

【図6】第1の実施の形態におけるディーゼル機関の制御ブロック図である。

【図7】圧力センサとしてのロードワッシャの配置を示す図である。

【図8】気筒内圧とボルト軸力の関係を示す図である。

【図9】圧力センサとしての歪みゲージの配置を示す図である。

【図10】気筒内圧とボルトの伸びの関係を示す図である。

【図11】燃料噴射時期と燃焼状態の関係を示す図である。

【図12】各燃料種における負荷と排気ガス中の成分との関係を示す図である。

【図13】第2の実施の形態における燃料供給系の構成図を示す図である。

【図14】第2の実施の形態におけるディーゼル機関の制御ブロック図である。

【図15】第3の実施の形態における燃料供給系の構成図を示す図である。

【図16】第3の実施の形態におけるディーゼル機関の制御ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、本発明の実施の形態を、図面に従って説明する。図1は、内燃機関、特に船舶用ディーゼル機関10の概略の断面図である。ディーゼル機関10は多気筒機関であり、図1の紙面を貫く方向に複数の気筒が直列に配置されている。ピストン12は、シリンダライナ14の円筒内周面に沿って摺動しつつ往復運動し、この往復運動が接続棒16を介し

てクランク軸 18 の回転運動に変換される。シリンダライナ 14 はエンジンフレーム 20 に支持され、シリンダライナ 14 とエンジンフレーム 20 の間には、冷却水の流れる水ジャケットが形成される。このエンジンフレーム 20 の、シリンダライナを囲みこれを支持する部分と、シリンダライナ 14 とでシリンダが構成される。エンジンフレーム 20 には、クランク軸 18 を支持する軸受が設けられているが、図 1 においては省略されている。

#### 【0035】

エンジンフレーム 20 の上部には、シリンダヘッド 22 がヘッドボルト 24 (図 7, 9 参照) により締結されており、これによりシリンダヘッド 22 がシリンダライナ 14 の上部の開口に当接し、密着している。ピストン 12 の頭頂面と、これに対向するシリンダヘッド 22 の下面と、シリンダライナ 14 の内周面により燃焼室が形成される。シリンダヘッド 22 の燃焼室の中央にあたる部分に燃料噴射弁 26 が設けられている。燃料噴射弁の配置は、噴射される燃料の噴霧の拡がり方など、燃焼状況により適切に定められればよく、中央以外に部分に設けられてもよい。シリンダヘッド 22 には、燃焼室に通じる吸気ポートおよび排気ポートが形成されており、さらに、これらのポートの燃焼室に対する開口を開閉するための吸気弁 28、排気弁 30 (図 7, 9 参照) が配置される。吸排気弁 28, 30 は、燃料噴射弁 26 の紙面奥側と手前側に配置されており、図 1 においては示されていない。吸気ポートは吸気管 32 に連通しており、排気ポートは排気管 34 に連通している。

10

#### 【0036】

シリンダの側方には、ギア、チェーンなどの伝達装置を介してクランク軸 18 に駆動されるカム軸 36 が配置される。カム軸 36 は、気筒の配列方向と平行に配置され、各気筒の吸気弁、排気弁に対応したカム 38 を備えている。カム 38 のカム面に接するカムフォロワ 40 が設けられ、さらに、カムフォロワ 40 に接続され、シリンダヘッド 22 に向けてプッシュロッド 42 が延びて配置される。シリンダヘッド 22 には、ロッカーアーム 44 が配置され、ロッカーアーム 44 の一端にはプッシュロッド 42 が接続し、他端は吸気弁 28 と排気弁 30 のステム端 46 に接続している。カム軸 36 の回転により、カム 38 がカムフォロワ 40 を揺動させ、この動きがプッシュロッド 42 を介してロッカーアーム 44 に伝達される。そして、ロッカーアーム 44 も揺動して吸気弁 28 および排気弁 30 が駆動され、吸気ポート、排気ポートの開閉が実行される。

20

#### 【0037】

燃料噴射弁 26 には、燃料供給系 48 により燃料が供給される。このディーゼル機関 10 には、二つの燃料供給系が設けられる。一つの燃料供給系は機械式燃料噴射ポンプ 50 を備え、このポンプは燃料タンク 52 内の燃料を加圧して、逆止弁 51 を備えた燃料供給管 54 を介して燃料噴射弁 26 に供給する。この燃料供給系を主燃料供給系と記し、燃料タンク 52 を主燃料タンク 52、燃料供給管 54 を主燃料供給管 54、さらに主燃料供給系で供給される燃料を主燃料として以下説明する。さらに、この主燃料供給系と、主燃料を供給する燃料噴射弁を含めて主燃料系と記す。

30

#### 【0038】

また、燃料供給管 54 には安全弁 53 を設けてもよい。安全弁 53 は、燃料供給管 54 内の燃料の内圧が一定以上になると、スプリングの作用等により燃料を燃料タンク 52 へ戻して内圧が上がり過ぎることを防ぐ。

40

#### 【0039】

もう一つの燃料供給系を副燃料供給系と記す。副燃料供給系は、燃料噴射弁 26 に供給される副燃料を蓄える燃料タンク 56、副燃料を加圧し送る加圧ポンプ 58、加圧ポンプにより送られる加圧された燃料を蓄える蓄圧部としてのコモンレール 60 を含む。コモンレール 60 内に蓄えられた加圧燃料が、逆止弁 63 及び副燃料供給弁 64 を有する燃料供給管 62 を介して主燃料供給管 54 に送出される。主燃料供給管 54 に送出された燃料は、更に燃料噴射弁 26 に向かい、ここから燃焼室内に向けて噴射される。この副燃料タンク 56 から燃料噴射弁 26 に至る、副燃料を噴射するための系を副燃料系と記し、燃料タンク 56 を副燃料タンク 56、燃料供給管 62 を副燃料供給管 62 として以下説明する。

50



## 【 0 0 4 0 】

また、副燃料系には安全弁 6 1 を設けてもよい。安全弁 6 1 は、例えばコモンレール 6 0 に設けられ、コモンレール 6 0 内の燃料の内圧が一定以上になると、スプリングの作用等により燃料を副燃料タンク 5 6 へ戻して内圧が上がり過ぎることを防ぐ。

## 【 0 0 4 1 】

したがって、この燃料供給系 4 8 においては、主、副の燃料供給管 5 4 , 6 2 の合流部 6 5 より下流においては、主、副燃料系が構成要素（例えば燃料噴射弁 2 6 ）を共有している。

## 【 0 0 4 2 】

コモンレールを含む副燃料系は、自動車用のシステムを転用することができる。自動車用の需要は、船舶用のそれよりも多く、量産効果により副燃料系導入のコストを抑制することができる。また、副燃料系に軽油を用いるのであれば、自動車用のシステムを導入するための改造が少なくなり、更に導入コストの抑制が期待できる。また、自動車用のシステムが、船舶用としては容量が不足する場合には、システムを複数備え、1気筒に複数のコモンレールシステムから燃料を噴射するようにできる。また、燃料噴射量を増加するために、コモンレールの容積を増加して対応してもよい。

10

## 【 0 0 4 3 】

副燃料系を、既存の内燃機関に後付けする構成とした場合、外洋を航行中に、副燃料系の寿命が来たとしても、容易に取り替えることができる。さらに、副燃料系に自動車用のコモンレールシステムを用いることにより、これが船舶用の内燃機関に比べて寿命が短い場合も、経済的な負担を小さくして容易に取り替えることができる。

20

## 【 0 0 4 4 】

図 2 は、機械式燃料噴射ポンプ 5 0 の概略構成を示す部分断面図である。ポンプハウジング 6 6 内には、側面に流入孔 6 8 と逃がし孔 7 0 を備えたパーレル 7 2 が収められている。パーレル 7 2 の内周面は円筒となっており、この円筒内周面内に摺動可能にプランジャ 7 4 が位置する。プランジャ 7 4 は、パーレル 7 2 よりも下方に延び、その下端はカム 9 2（図 3 参照）に接触し、このカムによって、往復運動する。プランジャ 7 4 は、下端が常にカムと接触するようにプランジャばね 7 6 により付勢されている。カム 9 2 は、クランク軸 1 8 に、これと同期して駆動される。プランジャ 7 4 には更にピニオン 7 8 が設けられ、これに対応してポンプハウジング 6 6 に摺動可能にラック 8 0 が設けられている。パーレル 7 2 の先端には貫通孔を有するカラー 8 2 が設けられ、貫通孔は、ばねにより付勢された吐出弁によりふさがれている。プランジャ 7 4 の先端面、パーレル 7 2 の内周面およびプランジャ先端面に対向するカラー 8 2 の面により、ポンプ室 8 6 が形成される。

30

## 【 0 0 4 5 】

プランジャ 7 4 の側面の、パーレル 7 2 内に位置する部分には、縦溝 8 8 と異形溝 9 0 が刻設されている。縦溝 8 8 は、プランジャ 7 4 の先端面から軸方向に沿って延び異形溝 9 0 に達している。異形溝 9 0 は、展開すると略三角形、または円の四分の一の扇形に類似した形状を有する。異形溝 9 0 の、プランジャ表面円周方向の幅は、プランジャの先端から離れるに従って広がっている。

40

## 【 0 0 4 6 】

プランジャ 7 4 がカムにより押され進出すると、ポンプ室 8 6 の容積が減少し、流入孔 6 8 と逃がし弁 7 0 がプランジャ 7 4 の側面によりふさがれた後は、ポンプ室 8 6 内の燃料が逃げ場を失い、加圧される。ポンプ室 8 6 内の圧力が高まり、吐出弁 8 4 を付勢するばねの力に打ち勝つと、吐出弁 8 4 が開き、燃料が吐出される。プランジャ 7 4 が更に進出し、逃がし孔 7 0 が異形溝 9 0 にかかると、ポンプ室 8 6 内の燃料は、縦溝 8 8 から異形溝 9 0 を通して、逃がし孔 7 0 から流出する。これによりポンプ室 8 6 内の圧力が低下して、吐出弁 8 4 が閉じて燃料の吐出が停止する。つまり、プランジャ 7 4 のストロークの内、プランジャ先端が流入孔 6 8 と逃がし孔 7 0 を塞いでから、異形溝 9 0 によって逃がし孔 7 0 が開放されるまでが、燃料吐出における有効ストロークとなる。

50

## 【 0 0 4 7 】

前述のように、異形溝 9 0 の円周方向の幅は、プランジャ 7 4 先端からの距離によって異なる。したがって、プランジャ 7 4 を軸回りに回転させて、逃がし孔 7 2 の位置に対する異形溝 9 0 の位置を円周方向にずらせば、有効ストロークを変更することができる。プランジャ 7 4 を軸回りに回転させるために、前述のラック 8 0 およびピニオン 7 8 が設けられている。なお、プランジャ 7 4 は、異形溝 9 0 が逃がし孔 7 0 に係らない位置まで回転可能であり、このときには、プランジャ 7 4 が最も進出する位置まで燃料が吐出される。要求されるディーゼル機関 1 0 の出力に応じて、ラック 8 0 が進退方向に制御され、これにより燃料の吐出量が制御される。

## 【 0 0 4 8 】

図 3 は、燃料供給系 4 8 および燃料噴射弁 2 6 を示す図である。主燃料系においては、主燃料タンク 5 2 に蓄えられている主燃料は、機械式燃料噴射ポンプ 5 0 により加圧されて送出され、主燃料供給管 5 4 を介して燃料噴射弁 2 6 に送られる。なお、逆止弁 5 1 より下流へ送り出された主燃料は、逆止弁 5 1 によって機械式燃料噴射ポンプ 5 0 側へ逆流することが防がれている。

## 【 0 0 4 9 】

副燃料系においては、副燃料タンク 5 6 に蓄えられた副燃料は、加圧ポンプ 5 8 で加圧、送出され、圧力が高い状態でコモンレール 6 0 に蓄えられる。コモンレール 6 0 から主燃料供給管 5 4 に向かう副燃料供給管 6 2 の途中には副燃料供給弁 6 4 が設けられており、この副燃料供給弁 6 4 を開放することによって、合流部 6 5 より下流に副燃料が供給される。副燃料供給弁 6 4 は、電氣的に制御される電気制御式とする。なお、合流部 6 5 より下流へ送り出された副燃料は、逆止弁 6 3 によってコモンレール 6 0 へ逆流することが防がれている。コモンレール 6 0 に蓄えられた燃料が、主燃料供給管 5 4 を介して燃料噴射弁 2 6 に送られる。加圧ポンプ 5 8 およびコモンレール 6 0 は全気筒または複数の気筒に共通に設けられ、副燃料供給弁 6 4 が各気筒ごとに設けられる。

## 【 0 0 5 0 】

副燃料供給弁 6 4 として電氣的に制御できるものを付加することにより、自動車用のコモンレールシステムの導入が容易となる。また、電気制御式とすることで、燃料噴射タイミングや、燃料噴射期間（噴射量）、燃料噴射パターン等が電気信号で制御可能となり、制御の自由度が拡大する。また、船舶においては、波の影響により、波の周期に関連した負荷変動を生じる場合があるが、制御の自由度が高い電気制御式を採用することで、これに好適に対応できる。

## 【 0 0 5 1 】

燃料噴射弁 2 6 は、燃料の噴射に電氣的制御を行う電気制御式燃料噴射弁とする。電気制御式噴射弁は、気筒内に燃料を噴射する噴射弁として機能すると共に、主燃料及び副燃料の供給を制御する燃料制御弁としても機能する。電気制御式燃料噴射弁は、制御信号を受けて、電磁弁を備えた噴射ノズルから制御信号で示される噴射量の燃料を噴射する。噴射された燃料は、細かな粒子（液滴）となってシリンダ内を拡がり、ピストンによる圧縮で気筒内の温度が上昇すると自己着火して燃焼する。主燃料系は、カム 9 2 によるプランジャ 7 4 のストロークのたびに燃料が加圧される。

## 【 0 0 5 2 】

上述のように、主燃料系においては、燃料の加圧は、燃料噴射のたびにそれぞれ独立して行われるのに対し、副燃料系においては、燃料は予め加圧されて、加圧された状態で蓄えられており、燃料噴射のタイミングで予め加圧されていた燃料が供給される。主燃料系においては、燃料噴射の初期においては、圧力が低く、噴射される燃料の粒子が比較的大きい。一方、副燃料系においては、燃料は予め加圧されているので、噴射期間の初期から高い圧力で噴射することが可能であり、燃料の粒子はより微細となる。また、コモンレール内の圧力は、変更することができる。具体的には、例えば、加圧ポンプ 5 8 に電気式のポンプを採用した場合は、ポンプを駆動するモータの回転速度を変更して、コモンレール内圧力を調整する。また、加圧ポンプ 5 8 として機械式のポンプを用いる場合には、コモ

10

20

30

40

50

ンレール 60 から副燃料タンク 56 に副燃料を戻すリターン経路に調圧弁を設け、この調圧弁が開放する圧力を変更して、コモンレール内圧力を調整する。

【0053】

図 4 および図 5 には、燃料噴射圧の変化を示すイメージ図である。図 4 は主燃料系のみによる場合、図 5 は主、副燃料系により燃料噴射を行う場合を示している。また、破線は、低負荷時、実線は高負荷時の燃料圧の変化を示している。

【0054】

主燃料系のみ、つまり機械式燃料噴射ポンプ 50 のみにより燃料の加圧、噴射を行う場合、プランジャ 74 のストロークに従って徐々に燃料圧  $P_i$  が上昇し、燃料圧  $P_i$  が噴射開始圧  $P_o$  に達すると（クランク角 1）燃料噴射弁 26 から燃料が噴射される。高負荷時には、プランジャ 74 の有効ストロークが長くなるようラック 80 の進退が制御され、全負荷の場合には、噴射最高圧  $P_{max}$  に達する（クランク角 2）。その後、供給系の配管内等に残る圧力によりわずかに燃料が噴射されるが、基本的にはクランク角 1 から 2 が燃料噴射期間となる。一方、低負荷時には、プランジャの有効ストロークが短くなり、クランク角 2 よりも上死点に近いクランク角 3 までが燃料噴射期間となる。クランク角 3 では、燃料圧は、最高圧  $P_{max}$  より低い  $P_1$  にしか達していない。このため、低負荷時には燃料噴射圧が低く、噴射された燃料粒子は大きなものとなる。燃料の粒子径が大きいと着火性が悪化する。このため、機械式燃料噴射ポンプのみにより燃料供給をする場合には、低負荷時において着火性が悪化する傾向がある。

【0055】

主燃料系と副燃料系の双方を用いて燃料噴射する場合、燃料噴射期間の初期に副燃料系による噴射を行う。副燃料系の噴射期間（4～5）の間、主燃料系のみによる燃料圧以上の圧力で、副燃料系の燃料噴射が行われる。コモンレール 60 には、燃料が微細な粒子となる圧力で噴射ができるよう十分な圧力で燃料が蓄えられている。副燃料系の燃料圧は、噴射期間の最初から高く、噴射期間の間、ほぼ一定である。前述のように、機械式燃料噴射ポンプの場合、燃料圧は、次第に上昇するものであり、副燃料系の噴射期間においては、クランク角 5 の時が最も高くなっている（圧力  $P_3$ ）。副燃料系の燃料圧  $P_2$  は、この圧力  $P_3$  よりも高く、主燃料系により燃料を噴射する場合よりも、燃料をより微細な粒子とすることができる。図 5 においては、副燃料系による燃料圧  $P_2$  は、主燃料系による最高圧  $P_{max}$  より低い値で示されているが、これに限らず最高圧  $P_{max}$  以上の圧力に設定されてもよい。高負荷時においては、クランク角 4 にて副燃料系による燃料噴射を開始し、クランク角 5 で停止する。その後は、主燃料系による圧力が上昇しているため、主燃料系のみによる噴射を行うことが好適である。副燃料系による噴射を噴射期間の初期にのみ行うのは、コモンレール 60 に蓄えられている燃料が多量に噴射されると、コモンレール内の圧力が低下してしまうことを防ぐためである。次の噴射の時点で、必要な燃料圧を確保するためには、コモンレール 60 の容量を増やす、また加圧ポンプ 58 の流量を増やす等の対策をしてもよい。ただし、装置の大型化を招くことに繋がる可能性がある。また多気筒機関においては、機関全体の噴射間隔は短くなるので、低下したコモンレール内の圧力をより早く回復させる必要性、またはコモンレール内の圧力を低下させないように、その容量を増やす必要性が、より高まる。燃料供給系 48 において、副燃料系による噴射を、主燃料系による燃料圧が低い噴射期間の初期に限定し、副燃料系の噴射量を抑制することで、小型のコモンレール、加圧ポンプを用いることが可能となる。

【0056】

また、船用等の大型の内燃機関では、燃焼室も大きく、1 回当たりに噴射される燃料量が、自動車等の小型の機関のそれよりも多くなる。このため、コモンレール等の蓄圧部に蓄えられた燃料で全噴射量を賄おうとすると、蓄圧部の容積を大きくするか、ポンプ流量を増加させる必要がある。この理由からも、主燃料系と副燃料系を備え、副燃料系による噴射量が少ない構成を採ることが望ましい。

【0057】

副燃料系の噴射の開始時点（4）、終了時点（5）については、調整することがで

10

20

30

40

50

きる。例えば、着火性の悪い燃料を用いる場合には、気化する燃料を多くして着火性を改善するために、微細な粒子の割合を多くし、また気化する時間を長くするために、噴射期間を長くするようにする。噴射開始を早めてもよい。また、着火性の比較的良好な燃料を用いる場合は、副燃料系の噴射期間が短くなるようにしてよい。十分な着火性が確保されるのであれば、高負荷時においては、主燃料系のみでの噴射としてもよい。これにより、副燃料の消費を抑制することができる。

#### 【0058】

低負荷時においては、図5に示すように、噴射期間(4~5)において、副燃料系により噴射を行うようにする。図5の制御においては、高負荷時、低負荷時において、副燃料の噴射期間(4~5)は、同じに示されているが、負荷によって噴射の期間(タイミング、長さ)を変更してもよい。

10

#### 【0059】

主、副燃料は、同種の燃料を用いることも、異種の燃料の組み合わせとすることもできる。同種の燃料を用いる場合であっても、前述のように、副燃料系においては、噴射初期から高い圧力で噴射でき、燃料粒子が微細となって、着火性が改善される。特に、前述の燃料噴射弁による低負荷時の着火性の悪化を改善することができる。

#### 【0060】

同種の燃料を副燃料系により噴射しても、十分な着火性を得られない場合に、主、副燃料に異種の燃料を使用することもできる。この場合、副燃料に着火性の良い燃料を使用し、副燃料を火種として、着火性の悪い燃料を燃焼させるようにすることができる。ディーゼル機関における着火性は、セタン価で評価され、この場合は、セタン価の高い燃料を副燃料として使用し、低い燃料を主燃料として使用する。主燃料に着火性の悪い燃料を使用する場合、副燃料として軽油、バイオディーゼル油、GTL(Gas To Liquid)、DME(ジメチルエーテル)を使用することが好適である。主燃料として重油を使用した場合、相対的に着火性のよい菜種油等を用いてもよい。

20

#### 【0061】

図6は、主燃料系および副燃料系の噴射条件の制御に関する制御ブロック図である。この制御ブロック図は、主、副の燃料系において燃料噴射弁、特にそのノズルが共用される構成例を対象とした制御ブロック図である。既出の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略する。ディーゼル機関10の運転状態を検出するために、回転センサ100、圧力センサ102および排気ガスセンサ104が備えられる。また、燃料噴射弁26に実際に供給される主燃料および副燃料の量をそれぞれ検出する主燃料流量センサ106、副燃料流量センサ108を備えてもよい。回転センサ100は、クランク軸18の回転速度を検出するセンサである。

30

#### 【0062】

圧力センサ102は、燃焼室内の圧力を直接検出するセンサを用いることができるが、より簡易な方法として、後付け、または外付けのセンサにより圧力の検出を行うことができる。例えば、燃焼室内の燃焼圧がシリンダヘッドボルトに作用する力に基づくセンサを用いることができる。

#### 【0063】

図7は、ディーゼル機関10の燃焼室周囲の構成を示す概略図であり、特に圧力センサ102としてのロードワッシャの配置を示す図である。シリンダヘッド22は、エンジンフレーム20に対してシリンダヘッドボルト24により締結されている。このボルトのナットとシリンダヘッドの間に、圧力センサ102であるロードワッシャが配置される。ロードワッシャには、シリンダヘッドの締め付け時に加えられる軸力と、気筒内圧を受けて発生する軸力が作用する。

40

#### 【0064】

図8は、クランク角に対する(a)気筒内圧変化と、(b)ロードワッシャに作用する力(ボルトの軸力)の変化が示されている。二つの図を比較して、ロードワッシャに作用する力が気筒内圧と良好な相関を有していることが理解できる。したがって、気筒内圧を

50

直接測定するのではなく、気筒の外部に設けたロードワッシャにより気筒内圧を測定することが可能である。

【 0 0 6 5 】

図 9 は、ディーゼル機関 1 0 の燃焼室周囲の構成を示す概略図であり、特に圧力センサ 1 0 2 としての歪みゲージの配置を示す図である。圧力センサ 1 0 2 としての歪みゲージは、シリンダヘッドボルト 2 4 の軸部に装着される。図の例においては、歪みゲージは、エンジンフレーム 2 0 と、シリンダヘッド 2 2 の間の隙間に対応して装着される。しかし、ボルト 2 4 の伸びを適切に検出できる位置であれば、どこに装着されても良く、例えばシリンダヘッド 2 2 内のボルト軸部に装着されてよい。

【 0 0 6 6 】

図 1 0 は、クランク角に対する ( a ) 気筒内圧変化と、( b ) 歪みゲージにより検出されたボルトの伸び ( ボルトの軸力 ) の変化が示されている。二つの図を比較して、ボルトの伸びに作用する力が気筒内圧と良好な相関を有していることが理解できる。したがって、気筒内圧を直接測定するのではなく、気筒の外部に設けた歪みゲージより気筒内圧を測定することが可能である。ロードワッシャ型、歪みゲージ型のいずれも、気筒の外部に装着可能であるため、副燃料系としてコモンレールシステムを後付けする場合や、故障時や寿命時の取り替えがボルトの脱着だけで簡単にできる。また、ボルトの緩みや締め付けトルクが不足した場合に、異常が検出可能となる。

【 0 0 6 7 】

圧力センサ 1 0 2 は、各気筒ごとに設けることができ、また代表となる 1 つまたは複数の気筒に対応して設けることもできる。気筒配置が V 型の機関であれば、左右のバンクにそれぞれ 1 つの圧力センサを設けることができる。気筒ごとに圧力センサを設けた場合、噴射条件の制御も気筒ごとに行うことができる。また、V 型のバンクごとなど、いくつかの気筒ごとに圧力センサを設けた場合、バンクごと、その気筒群ごとに噴射制御を行うこともできる。圧力センサ 1 0 2 により検出された気筒内圧に基づき、エンジン状態推定部 1 1 0 において、内燃機関の運転状態を推定する。

【 0 0 6 8 】

排気ガスセンサ 1 0 4 は、内燃機関の排気ガス中の窒素酸化物 (  $\text{NO}_x$  )、一酸化炭素 (  $\text{CO}$  )、粒子状物質 (  $\text{PM}$  ) 等を検出するセンサである。排気ガスセンサ 1 0 4 は、各気筒ごとに設けることができ、また代表となる 1 つまたは複数の気筒に対応して設けることもできる。排気ガスセンサ 1 0 4 からの出力信号はエンジン状態推定部 1 1 0 へ送られ、エンジン状態推定部 1 1 0 において排気ガスの性状に応じて内燃機関の運転状態を推定する。

【 0 0 6 9 】

エンジン状態推定部 1 1 0 は、着火時期、図示平均有効圧、最高気筒内圧、排気ガスの性状の少なくとも一つの情報に基づき、内燃機関における燃焼状態について推定を行う。図 1 1 は、燃料噴射時期を変化させたときの、気筒内圧、熱発生量、熱発生率を示すグラフである。圧力センサ 1 0 2 によって気筒内圧を検出することで、最高気筒内圧、図示平均有効圧を算出でき、また気筒内圧から求めた熱発生率から、着火時期を推定することができる。熱発生率から着火時期の推定を行うに当たり、あるサイクルの最大値と最低値より定められる閾値を用いて推定を行うことができる。例えば、熱発生率の最大値と最小値の差の 1 0 % を最小値に加算した値を閾値とし、あるサイクルにおいて、この値を超えたときを、そのサイクルの着火時期とすることができる。図から理解できるように、気筒内圧、着火時期等は、燃料噴射時期を変更すると変化し、これを利用して、圧力センサ 1 0 2 の検出値に基づき得られた前記のパラメータが予め定めた値となるように、主、副燃料の少なくとも一方の噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を制御することができる。

【 0 0 7 0 】

また、エンジン状態推定部 1 1 0 は、排気ガスの性状に応じて内燃機関の燃焼状態を推定する。図 1 2 ( a ) ~ ( c ) に、内燃機関の負荷に対する排気ガス中の窒素酸化物 (  $\text{NO}_x$  )、一酸化炭素 (  $\text{CO}$  ) 及びスモークの変化をそれぞれ示す。図 1 2 ( a ) ~ ( c )

10

20

30

40

50

において、菱形の印が軽油、四角の印がA重油、三角の印が菜種油（バイオ燃料の代表）を示す。スモークは、排気ガス中の粒子状物質（PM）の量に対応する。すなわち、エンジン状態推定部110は、排気ガス中の窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）、一酸化炭素（CO）及びスモーク（粒子状物質（PM））の測定値の少なくとも一つを排気ガスセンサ104から受けて、受け取った測定値から内燃機関の燃焼状態を推定することができる。この推定された内燃機関の燃焼状態又は窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）、一酸化炭素（CO）、スモーク（粒子状物質（PM））の測定値自体に応じて、主、副燃料の少なくとも一方の噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を制御することができる。

#### 【0071】

エンジン状態推定部110により推定される燃焼状態は燃料の性状を反映する。例えば、着火性の良い燃料を使用している場合は、噴射時期に対して早期に着火し、逆に着火性の悪い燃料の場合には、着火が遅れる傾向がある。また、着火性の良い燃料を使用している場合は、排気ガス中の窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）が増加し、着火性の悪い燃料の場合には、一酸化炭素（CO）及びスモーク（粒子状物質（PM））が増加する。

#### 【0072】

したがって、エンジン状態推定部110は、燃料性状を検出する手段としての機能を有する。燃料性状の検出または推定は、性状が分かっている燃料と、この燃料を用いて所定の運転条件で運転したときの気筒内圧若しくは排気ガスの性状又はこれらに基づき算出されるパラメータとの関係を示すデータを予め記憶しておき、これを参照して、燃料の性状を検出または推定する。つまり、性状の分からない燃料で、所定の運転条件で運転を行い、このときの気筒内圧若しくは排気ガスの性状又はこれらに基づき算出されるパラメータを得て、前記の予め記憶していたデータを参照することにより、用いられた燃料の性状を推定する。

#### 【0073】

エンジン状態推定部110は、このようにして得られた着火時期、内燃機関の燃焼状態、燃料の性状、圧力センサ102の検出値及び排気ガスセンサ104の検出値等の運転条件に基づいて主、副燃料の少なくとも一方の噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を制御するための制御信号をシステム制御部114へ出力する。

#### 【0074】

ディーゼル機関10の運転条件は、運転操作盤120に入力された条件に基づき定められ、これに基づき前述のエンジン状態推定部110および各センサによる検出値をフィードバックしてシステム制御部114によりディーゼル機関10が制御される。運転操作盤120には、ディーゼル機関10の始動・停止を行う運転スイッチ122、出力レベルを制御するスロットルレバー124が備えられ、また燃料の種類や搭載量、排気ガス等に関する規制値、運転モードを入力する条件設定部126を備える。燃料の種類としては、重油、軽油、菜種油、廃食油、パーム油やバイオディーゼル油、GTL（Gas To Liquid）、DME（ジメチルエーテル）等が想定されており、それぞれの代表的な性状が予め記憶されている。また、主燃料と副燃料にそれぞれにどの種類の燃料を使用するか、設定することができる。また、排気ガス規制値（NO<sub>x</sub>規制、CO規制、スモーク規制、SO<sub>x</sub>規制、CO排出量規制）等の設定をすることができる。さらに、環境を重視する設定とするか、燃費を重視する設定とするかの運転モードの選択も行うことができる。操作者によりこれらの操作、入力となされ、運航条件算出部128にて、これらの条件に適した、運航条件が算出される。具体的には、主、副燃料の比率、燃料の性状（セタン価、発熱量）、排気温度目標値、効率の目標値、負荷条件の算出を行う。

#### 【0075】

また、GPS130を搭載し、GPS（全地球測位システム）情報、レーダ情報等に基づき現在の位置を取得し、これも合わせて運航条件を算出してもよい。GPSまたはレーダにより、陸からの距離、目的地からの方位や距離、航行時の目標物との位置関係を取得することができ、これらに応じた運航条件を算出することができる。例えば、現在位置が港湾内、陸地から近い位置であれば、排気ガス浄化を優先した運転モードとし、外洋であ

10

20

30

40

50

れば、燃料消費率を優先した運転モードとするようにできる。航行時の目標物は、例えば灯台や、追従航行をしている場合であれば追従対象の他の船舶である。世界の国、地域、都市等の地理的位置や沿岸からの距離により排気ガス規制や環境規制等が異なる場合に、地理的条件に従った運航条件の算出ができる。また、GPS、レーダは、船舶用として一般に搭載されるものを共用することができる。

#### 【0076】

運航条件算出部128により算出された運航条件に基づき、運転条件設定部112において、ディーゼル機関10の運転条件がシステム制御部114に設定される。運転条件は、例えば、主、副燃料系ごとの燃料噴射パターン（噴射時期、噴射量）、着火時期、最高気筒内圧、図示平均有効圧、排気温度等の目標値とされる。この設定された条件に基づきシステム制御部114による制御が実行される。

10

#### 【0077】

また、運転条件設定部112においては、燃焼状態を示す上記パラメータ（着火時期、図示平均有効圧、最高気筒内圧）および排気温度、燃料流量等のパラメータをいくつか組み合わせて、現在使用されている燃料の性状により、一旦設定された運転条件を、現在の状況に合わせて変更するようにもできる。運転条件の変更は、例えば、主燃料と副燃料の噴射量の比を制御して行うものもできる。噴射量の比は、主燃料、副燃料の少なくとも一方の供給量を変更して制御する。また、主燃料より燃焼性または着火性のよい副燃料を用いる場合、副燃料の噴射時期を、燃焼の改善に対して効果的となるように制御するようにできる。主燃料の着火性が悪い場合は、主燃料系において、着火性の良い異種燃料を混合するようにできる。また、混合比の変更をすることができる。異種燃料を混合するために、主燃料のタンクを複数備え、異種の燃料を別個のタンクに蓄え、必要に応じて混合して燃料噴射ポンプに供給するようにすることができる。また、更に、混合燃料を蓄えるタンクを備えるようにし、異種の燃料を所定の割合でこのタンクに供給し、ここから燃料噴射ポンプに燃料を供給してもよい。

20

#### 【0078】

前述したように、燃料としては重油、軽油、菜種油、廃食油、パーム油やバイオディーゼル油、GTL（Gas To Liquid）、DME（ジメチルエーテル）等が想定されるが、さらに異なる種類の燃料を混合した混合燃料を使用することも可能である。また、エンジン状態推定部110で燃焼状態を推定し、監視しているので、主燃料や副燃料の種類が不明であっても、燃焼状態に対応した主、副燃料系の制御を行うことで、運転可能である。例えば、着火時期が遅れ気味であると判断されたときには、副燃料の噴射量を増量したり、主、副燃料の少なくとも一方の噴射時期を早めたりすることで着火時期を適正値に制御するようにする。

30

#### 【0079】

システム制御部114は、エンジン状態推定部110での推定される内燃機関の運転条件、例えば着火時期、内燃機関の燃焼状態、燃料の性状、圧力センサ102の検出値及び排気ガスセンサ104の検出値等、及び運転条件設定部112において設定される内燃機関の運転条件に応じて、機械式燃料噴射ポンプ50、加圧ポンプ58、副燃料供給弁64及び燃料噴射弁26を制御することによって主燃料及び副燃料の噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を調整する。副燃料の噴射時期、噴射量及び主燃料との噴射燃料比の制御は、システム制御部114により、副燃料供給弁64を制御することにより行われる。また、副燃料の燃料圧を制御するために、加圧ポンプ58の制御も行ってよい。機械式燃料噴射ポンプ50により、主燃料の噴射量及び副燃料との噴射燃料比を制御する場合には、カム92のクランク軸に対する位相を変更する機構を設ける。また、内燃機関への主燃料及び副燃料の噴射時期（タイミング）は、燃料噴射弁26の開閉制御により行うことができる。

40

#### 【0080】

本実施形態の燃料供給系48においては、主、副の燃料供給管54, 62が、燃料噴射弁26の上流側で合流している。したがって、主燃料と副燃料とは別々に噴射することもできるし、同時に噴射することも可能である。いずれの場合にも、内燃機関の運転状態、

50

例えば内燃機関の負荷や排気ガスの性状等に応じて、主燃料と副燃料との噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を調整することができる。

【 0 0 8 1 】

主燃料と副燃料を別々に噴射する場合、例えば、内燃機関が低負荷時の間において副燃料系において高圧の燃料供給が行われている時には、主燃料系は燃料を供給しないようにする。この場合には、燃料供給系 4 8 においては主、副の燃料系で燃料供給管 5 4 の一部および燃料噴射弁 2 6 を共有しているので、副燃料を供給しようとする際、この共有部分に前回噴射時の主燃料が残っていないこと、またはその量が少ないことが望ましい。このため、主、副の燃料供給管 5 4 , 6 2 の合流点は、燃料噴射弁 2 6 に近いことが望まれる。また、燃料噴射期間の最後に、副燃料を供給し、供給管 5 4 , 6 2 の合流点より下流の配管および燃料噴射弁 2 6 内に副燃料を満たしておき、次の燃料噴射時においては、この燃料が噴射されるようにしてもよい。

10

【 0 0 8 2 】

また、副燃料と主燃料とを同時に噴射する場合、副燃料の供給量及び供給圧力を副燃料供給弁 6 4 の開閉及び開放量（開口量）により調整する。一方、主燃料の供給量及び供給圧力は機械式燃料噴射ポンプ 5 0 により調整することができる。例えば、内燃機関が低負荷の間において副燃料系において高圧の燃料供給を行いつつ、主燃料も混合して供給する場合には、主燃料の供給量及び供給圧力は機械式燃料噴射ポンプ 5 0 により調整しつつ、副燃料の供給量及び供給圧力を副燃料供給弁 6 4 の開閉又は開放量により調整することによって主燃料供給管 5 4 内の主燃料と副燃料の混合比及び圧力を調整することができる。また、内燃機関が高負荷になってきて主燃料に対する副燃料の燃料噴射比を下げるには、副燃料供給弁 6 4 の開閉時間又は開放量を小さくすればよい。なお、副燃料の供給量及び供給圧力の制御として副燃料供給弁 6 4 を用いずに、加圧ポンプ 5 8 の吐出圧すなわちコモンレール 6 0 の圧力制御と燃料噴射弁 2 6 開閉、開度調節により行うこともできる。

20

【 0 0 8 3 】

そして、主燃料供給管 5 4 内の主燃料と副燃料の混合比及び圧力を調整したうえで、燃料噴射弁 2 6 を電磁的に制御して開閉することによって、所望の噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を得ることができる。

【 0 0 8 4 】

以下、具体的な制御の例を示す。例えば、主燃料としてバイオ燃料（菜種油）及び副燃料として軽油を用いる場合、内燃機関の負荷が低下するに伴って、主燃料であるバイオ燃料（菜種油）に対する副燃料の軽油の噴射燃料比を高くする、又は噴射時期、噴射量の調整により主燃料のバイオ燃料（菜種油）の供給を止める制御を行う。特に、最大負荷（100%）の50%以下のときに、主燃料であるバイオ燃料（菜種油）に対する副燃料の軽油の噴射燃料比を高くする、又は噴射時期、噴射量の調整により主燃料のバイオ燃料（菜種油）の供給を止めることが好適である。これによって、一酸化炭素（CO）及び粒子状物質（PM）を低下させることができる。一方、そのときの負荷が最大負荷（100%）の50%より大きければ、負荷が増加するに伴って、主燃料であるバイオ燃料（菜種油）に対する副燃料の軽油の噴射燃料比を低くすることによって一酸化炭素（CO）及び粒子状物質（PM）を低下させることができる。このような制御により、排気ガスの性状の悪化を防ぐことができる。特に、内燃機関の負荷が50%以下になったときの急激な排気ガスの性状の悪化を防ぐことができる。

30

40

【 0 0 8 5 】

一方、排気ガス中の窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）の低減に着目した場合、内燃機関の負荷が増加するに伴って、O<sub>2</sub>含有量の多い燃料に対するO<sub>2</sub>含有量の少ない燃料の噴射燃料比を高くしてもよい。例えば、主燃料であるバイオ燃料（菜種油）に対する副燃料の軽油の噴射燃料比を高くする、又は噴射時期、噴射量の調整により主燃料のバイオ燃料（菜種油）の供給を止める制御を行う。特に、最大負荷（100%）の50%以下のときに、主燃料であるバイオ燃料（菜種油）に対する副燃料の軽油の噴射燃料比を低くする、又は噴射時期、噴射量の調整により副燃料の軽油の供給を止めることが好適である。一方、そのときの

50



負荷が最大負荷（100%）の50%より大きければ、負荷が増加するに伴って、主燃料であるバイオ燃料（菜種油）に対する副燃料の軽油の噴射燃料比を高くすることが好適である。これによって、内燃機関の気筒内の局所的な高温部分の温度が低下し、排気ガス中の窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）を低下させることができる。特に、内燃機関の負荷が50%以下になったときの急激な排気ガス中の窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）の増加を防ぐことができる。

**【0086】**

また、内燃機関の負荷に応じて、発熱量の多い燃料に対する発熱量の少ない燃料の噴射燃料比を調整してもよい。例えば、内燃機関の負荷が増加するに伴って、発熱量の多い燃料に対する発熱量の少ない燃料の噴射燃料比を高くしてもよい。例えば、主燃料を軽油やA重油及び副燃料をバイオ燃料（バイオディーゼル油、DME等）とした場合、主燃料に対する副燃料の噴射燃料比を高くする、又は噴射時期、噴射量の調整により主燃料の供給を止める制御を行う。これによって、内燃機関の気筒内の局所的な高温部分の温度が低下し、排気ガス中の窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）を低下させることができる。主燃料と副燃料を他の燃料とした場合でも、内燃機関の負荷に応じて、主燃料と副燃料の噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を調整することによって排気ガスの性状を良好にすることができる。

10

**【0087】**

また、排気ガスに含まれる窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）、一酸化炭素（ $\text{CO}$ ）、粒子状物質（PM）の測定値に応じて噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を直接制御してもよい。例えば、内燃機関の負荷に対する窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）の目標値を運航条件算出部128で算出し、運転条件設定部112によってシステム制御部114に設定する。システム制御部114は、エンジン状態推定部110から受けた窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）の測定値と、設定された内燃機関の負荷に応じた目標値との関係に応じて、主燃料と副燃料の噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を調整する。

20

**【0088】**

例えば、窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）の測定値と目標値との関係に応じて、 $\text{O}_2$ 含有量の多い燃料に対する $\text{O}_2$ 含有量の少ない燃料の噴射燃料比を調整すればよい。例えば、主燃料としてバイオ燃料（菜種油）及び副燃料として軽油を用いる場合、最大負荷（100%）の50%以下のときには、窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）の測定値が目標値よりも高ければ、燃焼性の変化に伴う一酸化炭素（ $\text{CO}$ ）や粒子状物質（PM）の増加に配慮しつつ、主燃料であるバイオ燃料（菜種油）に対する軽油の噴射燃料比を低くする、又は噴射時期、噴射量の調整により副燃料の軽油の供給を止める制御を行う。窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）の測定値が目標値よりも高くなければ、現在の噴射燃料比を維持する。これによって、排気ガス中の窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）を目標値以下に維持するように噴射燃料比を調整できる。

30

**【0089】**

また、主燃料としてバイオ燃料（菜種油）及び副燃料として軽油を用いる場合、最大負荷（100%）の50%以下のときには、一酸化炭素（ $\text{CO}$ ）又は粒子状物質（PM）の測定値が目標値よりも高ければ、主燃料であるバイオ燃料（菜種油）に対する副燃料の軽油の噴射燃料比を高くする、又は噴射時期、噴射量の調整により主燃料のバイオ燃料（菜種油）の供給を止める制御を行う。一酸化炭素（ $\text{CO}$ ）又は粒子状物質（PM）の測定値が目標値よりも高くなければ、現在の噴射燃料比を維持する。これによって、排気ガス中の一酸化炭素（ $\text{CO}$ ）又は粒子状物質（PM）を目標値以下に維持することができる。

40

**【0090】**

主燃料と副燃料を他の燃料とした場合でも、排気ガスの性状に応じて、主燃料と副燃料の噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を調整することによって排気ガスの性状を良好にすることができる。

**【0091】**

また、主、副の燃料流量センサ106、108を設けた場合、計測された燃料流量が、そのときの負荷に応じた基準燃料より多い場合、より多くの燃料が消費されている、すなわち効率が悪いと判断し、噴射時期、噴射量及び噴射燃料比の少なくとも1つを変更してもよい。また、噴射時期、噴射量及び噴射燃料比のいずれかを変更した前後において、燃

50

料流量が増加すれば、効率が悪くなったと判断し、変更した噴射時期、噴射量及び噴射燃料比を元に戻すか、元に戻る方向に変化させてもよい。

【 0 0 9 2 】

< 第 2 の実施の形態 >

第 2 の実施の形態では、主燃料系及び副燃料系に燃料の性状に応じて前処理を行う構成を有する。

【 0 0 9 3 】

図 1 3 は、本実施の形態における燃料供給系 4 8 および燃料噴射弁 2 6 を示す図である。本実施の形態における燃料供給系 4 8 には前処理部 1 5 0 , 1 5 2 が設けられている。なお、第 1 の実施の形態と同じ構成要素には図 3 と同じ符号を付して説明を省略する。

10

【 0 0 9 4 】

本実施の形態において、前処理部 1 5 0 は、主燃料系に設けられ、加熱ヒータ 1 5 0 a 、フィルタ 1 5 0 b 及び温度センサ 1 5 0 c を含んで構成される。また、前処理部 1 5 2 は、副燃料系に設けられ、加熱ヒータ 1 5 2 a 、フィルタ 1 5 2 b 及び温度センサ 1 5 2 c を含んで構成される。

【 0 0 9 5 】

加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a は、例えば、主燃料系及び副燃料系の配管の周囲に巻かれた、又は主燃料系及び副燃料系の配管内に挿入された抵抗加熱型ヒータとすることができる。加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a を抵抗加熱型ヒータとした場合、加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a は、ヒータ本体へ流れる電流を制御する制御回路も含むことが好適である。加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a の制御回路は、システム制御部 1 1 4 によって制御される。例えば、燃料タンク 5 2 , 5 6 から常温で供給される主燃料又は副燃料を 6 0 から 1 0 0 程度に加熱して燃料噴射弁 2 6 から内燃機関へ供給する。

20

【 0 0 9 6 】

また、加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a は、船舶等に搭載されたボイラの熱を利用したヒータ、又はエンジンの冷却水の排熱を利用したヒータ等としてもよい。加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a をこれらのヒータとした場合、加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a は、ボイラやエンジンから主燃料系及び副燃料系の配管へ熱を伝搬する流体の流量を制御する制御システムも含むことが好適である。加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a の制御装置は、システム制御部 1 1 4 によって制御される。

30

【 0 0 9 7 】

前処理部 1 5 0 , 1 5 2 は、加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a の温度制御を行うために温度センサ 1 5 0 c , 1 5 2 c を備えることが好適である。温度センサ 1 5 0 c , 1 5 2 c は、例えば、熱電対やサーミスタとすることができる。温度センサ 1 5 0 c , 1 5 2 c によって、加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a で加熱される主燃料及び副燃料の温度を測定し、その測定温度がシステム制御部 1 1 4 へ出力される。

【 0 0 9 8 】

また、フィルタ 1 5 0 b , 1 5 2 b は、主燃料及び副燃料に含まれる不純物や夾雑物（パーティクル等）を除去するために設けられる。フィルタ 1 5 0 b , 1 5 2 b は、対象物よりも細かい穴がたくさんあいたメッシュ状の多孔質（ろ材）を備え、主燃料及び副燃料から不純物や夾雑物を分離する。主燃料及び副燃料としてバイオ燃料や廃食油等が用いられることもあり得るので、フィルタ 1 5 0 b , 1 5 2 b を設けて燃料及び副燃料に含まれる不純物や夾雑物（パーティクル等）を除去することによって、主燃料系及び副燃料系における配管の詰まりや腐食を防ぎ、ディーゼル機関 1 0 での燃焼を安定させることができる。

40

【 0 0 9 9 】

図 1 4 は、本実施の形態における主燃料系および副燃料系の噴射条件の制御に関する制御ブロック図である。既出の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【 0 1 0 0 】

50

システム制御部 114 は、温度センサ 150c, 152c から加熱ヒータ 150a, 152a によって加熱された主燃料及び副燃料の測定温度を受けて、運転条件設定部 112 で設定される内燃機関の運転条件、エンジン状態推定部 110 において推定される内燃機関における運転状態に応じて制御回路又は制御装置を制御して主燃料及び副燃料の温度を調整する。

#### 【0101】

一般的に、主燃料及び副燃料として利用される重油、軽油、菜種油、廃食油、パーム油やバイオディーゼル油、GTL (Gas To Liquid)、DME (ジメチルエーテル) 等の燃料は、その温度が高くなるにつれて粘度が低下する性状を有する。燃料の粘度が低下すると、燃料噴射弁 26 からその燃料を噴射する際に燃料粒子をさらに微細にすることができ、燃料の着火性・燃焼性を向上させることができる。

10

#### 【0102】

そこで、システム制御部 114 は、燃料の基準燃料性状に応じて運転条件設定部 112 で設定される運転の目標値と、エンジン状態推定部 110 において推定される運転状態との相違に応じて、主燃料又は副燃料の温度を制御するようにしてもよい。例えば、着火性の良い燃料が使用されている場合は噴射時期に対して早期に着火し、逆に着火性の悪い燃料が使用されている場合には着火が遅れる傾向があるので、システム制御部 114 は、燃料の種類に応じて主燃料及び副燃料の性状に応じた温度調整を行う。具体的には、運航条件算出部 128 は、主燃料及び副燃料の種類又は主燃料及び副燃料の種類の組み合わせに応じて、主燃料及び副燃料に対する着火時期の目標値を決定する。例えば、これらのデータは予めメモリに登録しておけばよい。運転条件設定部 112 は、主燃料及び副燃料の種類又は主燃料及び副燃料の種類の組み合わせに応じた着火時期の目標値をシステム制御部 114 に設定する。システム制御部 114 は、加熱ヒータ 150a, 152a を制御して、主燃料及び副燃料の温度を調整する。エンジン状態推定部 110 は、主燃料及び副燃料の温度調整に伴う内燃機関の着火時期の変化を推定する。この推定結果をシステム制御部 114 へフィードバックすることによって、システム制御部 114 は着火時期の目標値と推定値とが一致するように主燃料及び副燃料の温度を調整する。もちろん、主燃料又は副燃料のいずれか一方のみについて、燃料の種類に応じた温度調整を行ってもよい。これによって、所望の着火時期が得られるように主燃料又は副燃料の粘度を調整することができる。

20

30

#### 【0103】

また、着火時期ではなく、主燃料及び副燃料の温度を直接の目標値として設定してもよい。具体的には、運航条件算出部 128 は、主燃料及び副燃料の種類又は主燃料及び副燃料の種類の組み合わせに応じて、着火時期を最適にする主燃料及び副燃料の温度の目標値を決定する。例えば、これらのデータは予めメモリに登録しておけばよい。運転条件設定部 112 は、主燃料及び副燃料の種類又は主燃料及び副燃料の種類の組み合わせに応じた主燃料及び副燃料の温度の目標値をシステム制御部 114 に設定する。システム制御部 114 は、加熱ヒータ 150a, 152a を制御して、主燃料及び副燃料の温度を調整する。主燃料及び副燃料の温度は温度センサ 150c, 152c によってシステム制御部 114 へフィードバックされる。システム制御部 114 は主燃料及び副燃料の温度の目標値と測定値とが一致するように主燃料及び副燃料の温度を調整する。もちろん、主燃料又は副燃料のいずれか一方のみについて、燃料の種類に応じた温度調整を行ってもよい。これによって、所望の着火時期が得られるように主燃料又は副燃料の粘度を調整することができる。

40

#### 【0104】

また、燃料の基準燃料性状と内燃機関の負荷に応じて、主燃料及び副燃料の温度の制御を行ってもよい。

#### 【0105】

例えば、運航条件算出部 128 は、主燃料及び副燃料の種類の指定に応じて、主燃料及び副燃料の種類毎に内燃機関の負荷と目標温度設定との対応データを決定する。例えば、

50

これらのデータは予めメモリに登録しておけばよい。運転条件設定部 1 1 2 は、決定された主燃料及び副燃料の種類毎の内燃機関の負荷と目標温度設定との対応データをシステム制御部 1 1 4 に設定する。システム制御部 1 1 4 は、エンジン状態推定部 1 1 0 から内燃機関の負荷状態の推定値を受けて、その内燃機関の負荷に対応する主燃料及び副燃料の目標温度に一致するように主燃料及び副燃料の温度を加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a により調整する。これにより、主燃料の性状及び副燃料の性状に応じた温度調整ができ、副燃料の粘度調整と、燃料混合又は気筒内への噴霧における主燃料と副燃料との混合の影響を配慮した制御を行うことができる。もちろん、主燃料のみを噴射する場合には主燃料の温度のみ調整し、副燃料のみを噴射する場合には副燃料の温度のみ調整してもよい。

#### 【 0 1 0 6 】

具体的には、内燃機関が低負荷時である場合、副燃料の目標温度を現在値よりも高く設定する。この目標温度に合わせるように副燃料を加熱する制御を行うことによって、副燃料がより高温に加熱されて粘度が低下し、内燃機関における着火性・燃焼性を向上させることができる。また、内燃機関が高負荷になるにつれて、副燃料の目標温度を低下させる。この目標温度に合わせるように副燃料を加熱する制御を行うことによって、内燃機関の負荷に応じて燃料の温度調整ができ、着火性・燃焼性を最適化できる。また、燃料の加熱のための無駄なエネルギー消費を抑制することができる。

#### 【 0 1 0 7 】

このような制御を副燃料の圧力の制御や主燃料と副燃料との噴射燃料比の制御と併せて行ってもよい。これによって、内燃機関の着火性・燃焼性をより最適化できる。また、主燃料や副燃料を複数種で切り替えられる構成となっている場合、又は主燃料や副燃料を入れ替えて用いるような場合において、主燃料や副燃料の性状に応じて内燃機関の運転状態が最適となるように制御を行うことができる。

#### 【 0 1 0 8 】

また、目標温度ではなくヒータによる目標加熱量に応じて制御を行ってもよい。この場合、運航条件算出部 1 2 8 は、主燃料及び副燃料の種類毎の内燃機関の負荷と目標加熱量との対応データを決定する。例えば、これらのデータは予めメモリに登録しておけばよい。運転条件設定部 1 1 2 は、決定された主燃料及び副燃料の種類毎の内燃機関の負荷と目標加熱量の対応データをシステム制御部 1 1 4 に設定する。システム制御部 1 1 4 は、エンジン状態推定部 1 1 0 から内燃機関の負荷状態の推定値を受けて、その内燃機関の負荷に対応する主燃料及び副燃料の目標加熱量に一致するように主燃料及び副燃料の加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a の加熱量を調整する。もちろん、主燃料のみを噴射する場合には主燃料の加熱量のみ調整し、副燃料のみを噴射する場合には副燃料の加熱量のみ調整してもよい。

#### 【 0 1 0 9 】

これにより、内燃機関の負荷に応じて燃料への加熱量が調整され、主燃料の性状及び副燃料の性状に応じた温度調整を素早く行うことができる。また、主燃料や副燃料を複数種で切り替えられる構成となっている場合、又は主燃料や副燃料を入れ替えて用いるような場合において、主燃料や副燃料の性状に応じて加熱制御を行うことができる。

#### 【 0 1 1 0 】

また、主燃料と副燃料とを混合して噴射する場合、主燃料及び副燃料のいずれか一方のみを加熱した場合、主燃料と副燃料とを混合した際に燃料全体の温度が所望温度よりも低下してしまうおそれがある。そこで、主燃料の加熱処理と副燃料の加熱処理とを関連付けて行ってもよい。例えば、システム制御部 1 1 4 は、主燃料の加熱温度と副燃料の加熱温度を同じ温度となるように加熱ヒータ 1 5 0 a , 1 5 2 a を調整する。また、例えば、システム制御部 1 1 4 は、内燃機関における燃焼状況や排気ガスの性状に応じて決定される主燃料と副燃料との混合割合（噴射燃料比）に基づいて、主燃料及び副燃料の加熱温度を調整してもよい。すなわち、主燃料に対する副燃料の混合割合（噴射燃料比）が高いほど、主燃料と副燃料とを混合した際の燃料全体の温度に対する主燃料の温度の影響は小さくなるので、副燃料の加熱温度に対する主燃料の加熱温度を徐々に低くしてもよい。反対に

10

20

30

40

50

、主燃料に対する副燃料の混合割合（噴射燃料比）が低いほど、主燃料と副燃料とを混合した際の燃料全体の温度に対する副燃料の温度の影響は小さくなるので、主燃料の加熱温度に対する副燃料の加熱温度を徐々に低くしてもよい。これによって、主燃料と副燃料とを混合した際に燃料全体としての温度を適切に調整することができる。なお、主燃料と副燃料の粘度に着目し、主燃料と副燃料の混合比（燃料噴射比）に応じて各々の加熱条件を調整してもよい。すなわち、主燃料と副燃料の混合比（燃料噴射比）に応じて、混合後の燃料が同じ粘度となるように、各々の加熱条件を関連して調整してもよい。

【 0 1 1 1 】

また、一般的に、主燃料及び副燃料として利用される重油、軽油、菜種油、廃食油、パーム油やバイオディーゼル油、GTL (Gas To Liquid)、DME (ジメチルエーテル) 等の燃料は、燃焼性が良くなると窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) が増加し、一酸化炭素 (CO) 及び粒子状物質 (PM) が低下する性状を示す。そこで、システム制御部 114 は、排気ガスの性状の測定値と目標値との差に応じて、主燃料又は副燃料の温度を制御して燃焼性を調整し、排気ガスの性状を制御してもよい。

10

【 0 1 1 2 】

例えば、システム制御部 114 は、窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の測定値が目標値よりも高い場合には、現在供給されている主燃料及び副燃料の少なくとも一方の温度が現在値よりも低くなるように加熱ヒータ 150a, 152a を調整する。これにより、内燃機関における燃料の燃焼温度が低下して、窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の排出量を減少させることができる。また、システム制御部 114 は、一酸化炭素 (CO) 及び粒子状物質 (PM) の測定値が目標値よりも高い場合には、現在供給されている主燃料及び副燃料の少なくとも一方の温度が現在値よりも高くなるように加熱ヒータ 150a, 152a を調整する。これにより、内燃機関における燃料の燃焼性が向上して、一酸化炭素 (CO) 及び粒子状物質 (PM) の排出量を減少させることができる。

20

【 0 1 1 3 】

また、フィルタ 150b, 152b をそれぞれ加熱ヒータ 150a, 152a の下流側に設けることによって、フィルタ 150b, 152b が主燃料及び副燃料の粘度の影響を受け難くなる。これにより、フィルタ 150b, 152b のメンテナンスの周期を延ばすことができる。

【 0 1 1 4 】

また、フィルタ 150b, 152b をそれぞれ機械式燃料噴射ポンプ 50 及び加圧ポンプ 58 の上流側に設けることによって、機械式燃料噴射ポンプ 50 及び加圧ポンプ 58 が主燃料及び副燃料の粘度の影響を受け難くなる。これにより、燃料性状によらず安定した運転が可能となる。

30

【 0 1 1 5 】

また、フィルタメッシュをフィルタ 150b よりもフィルタ 152b において細かく設定することによって、主燃料系よりも精密な副燃料系の構成要素の目詰まり等を効果的に抑制することができる。一方で、主燃料系のフィルタ 150b が目詰まりし難くなり、フィルタ 150b の交換・メンテナンスの周期を延ばし、ディーゼル機関 10 の運転を安定に行うことを可能とする。

40

【 0 1 1 6 】

なお、フィルタ 152b が目詰まりした場合、主燃料系から供給される主燃料のみでディーゼル機関 10 の運転するものとしてもよい。これにより、燃料の着火性・燃焼性は低下するおそれがあるが、ディーゼル機関 10 の運転は維持することができる。

【 0 1 1 7 】

もちろん、第 2 の実施の形態の構成や制御は、第 1 の実施の形態における構成や制御と共に進んでもよい。

【 0 1 1 8 】

例えば、内燃機関の負荷に応じて主燃料と副燃料との燃料噴射比を変更する制御を行う際に、O<sub>2</sub>含有量の多い燃料を増加させる場合に、O<sub>2</sub>含有量の少ない燃料の温度をより上

50

昇させる制御を行うとよい。これにより、燃料が膨張して体積当たりの重量が減るため、 $O_2$ 含有量の多い燃料の供給比が増加されて一酸化炭素（ $CO$ ）又は粒子状物質（ $PM$ ）を低下させることができる。

【0119】

また、内燃機関の負荷の増加に伴って $O_2$ 含有量の多い燃料を減少させ、 $O_2$ 含有量の少ない燃料を増加させる場合や、窒素酸化物（ $NO_x$ ）濃度に応じて、副燃料の主燃料に対する比率を調整し窒素酸化物（ $NO_x$ ）濃度を下げる場合は、 $O_2$ 含有量の多い燃料の温度をより上昇させる制御を行うとよい。これにより、 $O_2$ 含有量の少ない燃料の供給比が増加し、内燃機関の気筒内の温度が低下して排気ガス中の窒素酸化物（ $NO_x$ ）を低下させることができると共に、 $O_2$ 含有量の多い燃料の供給比の減少に伴う着火性の低下を温度の上昇により補うことができる。

10

【0120】

<第3の実施の形態>

第3の実施の形態では、主燃料系の燃料と副燃料系の燃料のいずれかが供給できなくなった時に運転状態を切り換える構成又は警報を出力する構成を有する。

【0121】

図15は、本実施の形態における燃料供給系48および燃料噴射弁26を示す図である。本実施の形態における燃料供給系48には、燃料タンク52、56に燃料センサ140、142がそれぞれ設けられている。なお、第1の実施の形態と同じ構成要素には図3と同じ符号を付して説明を省略する。

20

【0122】

燃料センサ140、142は、機械式センサや光学式センサを使用して構成することができる。機械式センサとしては、例えば、燃料タンク52、56内にフロータ（浮き具）を設け、そのフロータの位置により燃料タンク52、56内の主燃料及び副燃料の液面を計測し、その位置に基づいて主燃料及び副燃料の残量を求める。光学式センサとしては、例えば、燃料タンク52、56に燃料の液面を計測するための透明窓を設け、その透明窓を通して光を燃料タンク52、56内に照射して、光の反射量や透過量を光電変換素子等で検出して主燃料及び副燃料の残量を求める。

【0123】

図16は、本実施の形態における主燃料系および副燃料系の噴射条件の制御に関する制御ブロック図である。既出の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略する。

30

【0124】

システム制御部114は、燃料センサ140、142から主燃料及び副燃料の残量を示す信号を受けて、主燃料系及び副燃料系の運転状態を切り換える制御を行う。

【0125】

例えば、燃料センサ140で得られる主燃料の残量が所定閾値以下となった場合、主燃料系の運転を停止させる。より具体的には、例えば、機械式燃料噴射ポンプ50におけるカム92とプランジャ74とが機械的に接触しないようにカム92又はプランジャ74を相対的に移動させる機構を設け、燃料センサ140で得られる主燃料の残量が所定閾値以下となった場合に機械式燃料噴射ポンプ50におけるカム92とプランジャ74とが機械的に接触しないように制御する。さらに、主燃料用の加熱ヒータ150aが設けられている場合には、加熱ヒータ150aによる加熱を停止させてもよい。これにより、主燃料系での無駄な電力消費を無くし、副燃料への気泡発生等を抑制することができる。

40

【0126】

さらに、主燃料系における副燃料系との合流部65の手前側にバルブを設け、主燃料の残量が所定閾値以下となった場合にそのバルブを閉じること好適である。これにより、主燃料の残量が少なくなったときに安全弁53を介して少量の主燃料の循環を維持することができ、機械式燃料噴射ポンプ50が空打されることがなくなる。したがって、機械式燃料噴射ポンプ50の損傷や劣化を防ぐことができる。

50

## 【 0 1 2 7 】

また、例えば、燃料センサ 1 4 2 で得られる副燃料の残量が所定閾値以下となった場合、副燃料系の運転を停止させる。より具体的には、例えば、加圧ポンプ 5 8 を停止させ及び副燃料供給弁 6 4 を閉状態とするように制御する。副燃料供給弁 6 4 の開口面積を制御できる場合には、完全に閉状態とするのではなく、副燃料の残量に応じて開口面積を小さくすることがより好適である。また、副燃料用の加熱ヒータ 1 5 2 a が設けられている場合には、加熱ヒータ 1 5 2 a による加熱を停止させてもよい。これにより、副燃料系での無駄な電力消費を無くし、主燃料への気泡発生等を抑制することができる。

## 【 0 1 2 8 】

また、主燃料の圧力を高め、その噴射時間を短くしてもよい。これにより、主燃料の着火性・燃焼性を圧力の増加、すなわち主燃料の微細化で補うことができる。また、主燃料の増大を時間短縮により補うことができる。

10

## 【 0 1 2 9 】

これによって、主燃料及び副燃料のいずれか一方の残量が少なくなり、供給ができなくなった場合にも、ディーゼル機関 1 0 を残っている燃料によって引き続き運転することができる。この場合、エンジン状態推定部 1 1 0 における内燃機関における燃焼状態について推定及び運転条件設定部 1 1 2 における運転条件の設定も変更し、残っている燃料によってディーゼル機関 1 0 が適切に運転できるように制御することが好ましい。

## 【 0 1 3 0 】

また、主燃料及び副燃料の残量が所定閾値以下となった場合に、その燃料の供給を停止させると共に他方の燃料の温度を高める制御を行ってもよい。例えば、副燃料の供給を停止させた場合、主燃料の温度を現在より高める。これによって、残っている燃料の粘度を低下させて気化を促進させ、着火性の低下を防ぐことができる。

20

## 【 0 1 3 1 】

また、主燃料及び副燃料の残量が所定閾値以下となった場合に、その燃料の供給を停止させると共に他方の燃料の圧力を高め、噴射時間を短くする制御を行ってもよい。これによって、残っている燃料を微細化して噴射することができ、燃料の燃焼性を高め、着火性の低下を防ぐことができる。

## 【 0 1 3 2 】

また、システム制御部 1 1 4 は、燃料センサ 1 4 0 , 1 4 2 から主燃料及び副燃料の残量を示す信号を受けて、警報部 1 4 4 から警報を出力するものとしてもよい。この処理は、上記の他の処理と共に、又は上記の他の処理の代りに行えばよい。警報部 1 4 4 は、例えば、警報ランプを点灯・点滅させる発光装置や警報音を発信する音声出力装置とすることができる。また、警報部 1 4 4 は、有線又は無線によって警報信号を外部装置へ出力するネットワーク装置としてもよい。

30

## 【 0 1 3 3 】

例えば、燃料センサ 1 4 0 で得られる主燃料の残量が所定閾値以下となった場合、警報部 1 4 4 から主燃料が低減していることを示す警報を出力する。なお、主燃料に対する所定閾値は安全弁 5 3 の作動が保証できる燃料量の下限值とすることが好適である。これにより、燃料の補給、他の燃料への切り換えを容易に行うことができ、燃料不足による他の構成要素への悪影響を防ぐことができる。安全弁 5 3 の作動が保証できる燃料量の下限值とすることで、機械式燃料噴射ポンプ 5 0 の空打前に対処を行うことが可能となる。

40

## 【 0 1 3 4 】

また、例えば、燃料センサ 1 4 2 で得られる副燃料の残量が所定閾値以下となった場合、主燃料が低減していることを示す警報を出力する。これにより、ユーザや管理者は主燃料及び副燃料が低減していることを知ることができ、また警報信号によって外部装置を制御することができる。

## 【 0 1 3 5 】

なお、燃料センサ 1 4 0 , 1 4 2 の代わりに、流量センサ 1 0 6 , 1 0 8 を用いて主燃料及び副燃料の残量を検出するものとしてもよい。例えば、機械式燃料噴射ポンプ 5 0 を

50

開状態にしたときに、流量センサ 106 で測定される流量が所定閾値以下となった場合に、システム制御部 114 は、主燃料系の運転を停止させる、又は警報を出力するものとしてもよい。また、例えば、加圧ポンプ 58 を駆動させ、副燃料供給弁 64 を開状態にしたときに、流量センサ 108 で測定される流量が所定閾値以下となった場合に、システム制御部 114 は、副燃料系の運転を停止させる、又は警報を出力するものとしてもよい。

【0136】

また、本実施の形態では、主燃料系の燃料タンク 52 及び副燃料系の燃料タンク 56 にそれぞれ燃料センサ 140, 142 を設ける構成としたが、いずれか一方のみを設け、主燃料又は副燃料のいずれか一方の残量に応じて運転状態を切り換える構成又は警報を出力する構成としてもよい。

【0137】

上記第 1 から第 3 の実施の形態を含む本発明は、船舶用の内燃機関に適用することができる。本発明に係る燃料噴射装置を用いることにより、低質の石油系燃料や、石油系以外の、カーボンニュートラルな燃料など、着火性、発熱量等の性状の異なる様々な種類の燃料を使用可能な内燃機関を提供することができる。一つの内燃機関において、燃料の種類が変更されても、その燃料の性状に適した運転を行うことができる。燃料の種類としては、主燃料に重油、副燃料に菜種油、廃食油、パーム油等を用いることができる。また、主燃料及び副燃料に重油、軽油、菜種油、廃食油、パーム油やバイオディーゼル油、GTL (Gas To Liquid)、DME (ジメチルエーテル) 等を適宜組み合わせる用いることができる。また、主、副系統とも同一の燃料を使用することもできる。船舶は、世界の多くの国、地域に航海し、寄港先で燃料を補給する必要がある。このため、幅広い性状の燃料に対応することが必要であるが、本発明によれば、それが実現できる。

【0138】

副燃料系には、自動車用のコモンレールシステムを転用することができる。コモンレールの容量が不足する場合は、一つの内燃機関に対して複数のコモンレールシステムを備えるように、また 1 気筒に対して複数のシステムを備えるようにすることができる。

【0139】

以上の燃料供給系 48 は、主、副の 2 系等の供給系を有するが、さらに副燃料供給系を複数とすることも可能である。複数の副燃料供給系は、それぞれ燃料圧が異なるようにしてもよく、またそれぞれ異なる燃料を供給するようにしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0140】

以上の実施形態においては、船舶用のディーゼル機関に関連して説明したが、他の移動体、例えば鉄道車両、自動車等についても本発明を適用することができる。また、ディーゼル機関以外の間欠燃焼を行う機関（直噴式のオートー機関等）についても適用することができる。

【符号の説明】

【0141】

10 ディーゼル機関、26 燃料噴射弁、48 燃料供給系、50 機械式燃料噴射ポンプ、60 コモンレール、64 副燃料供給弁、65 合流部、104 排気ガスセンサ、110 エンジン状態推定部、112 運転条件設定部、114 システム制御部、120 運転操作盤、140, 142 燃料センサ、144 警報部、150, 152 前処理部、150a, 152a 加熱ヒータ、150b, 152b フィルタ、150c, 152c 温度センサ。

10

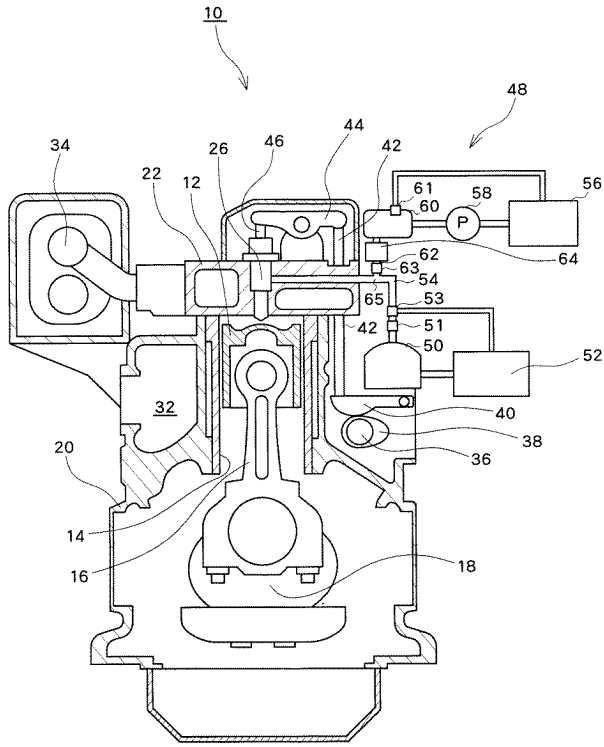
20

30

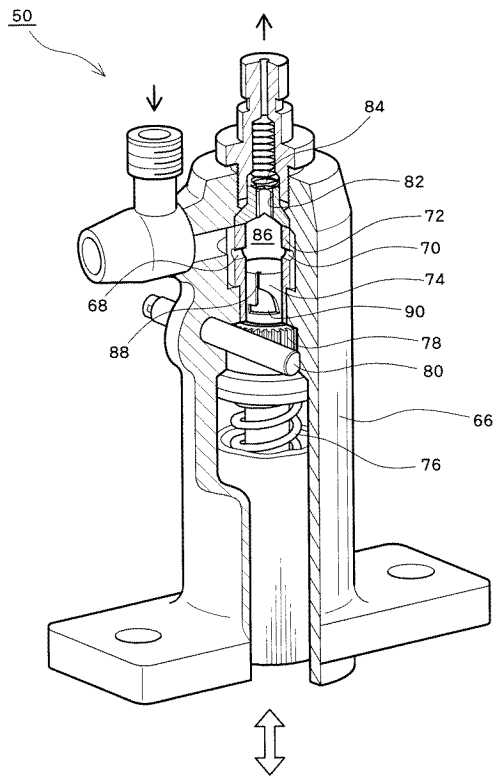
40



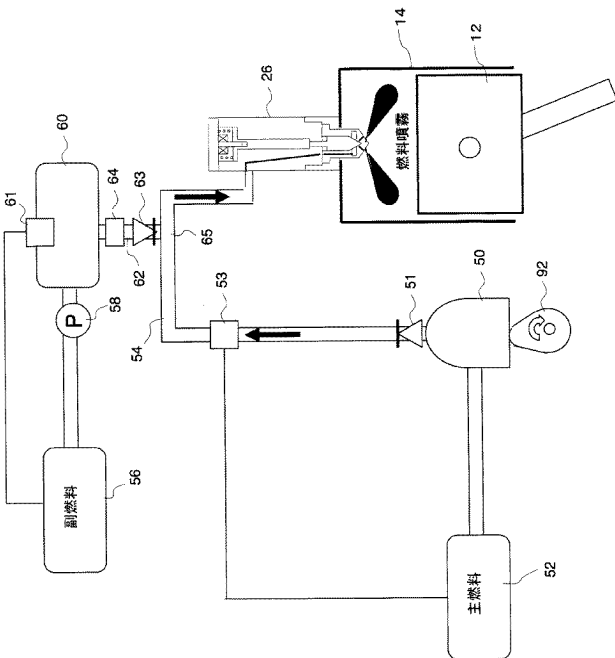
【図1】



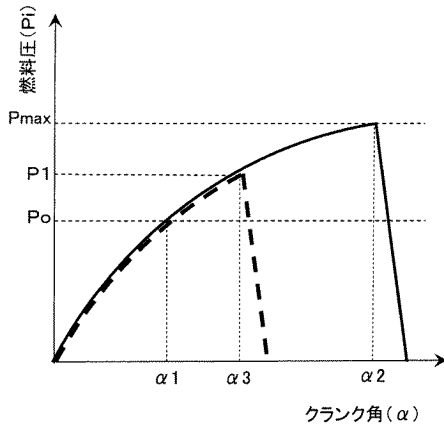
【図2】



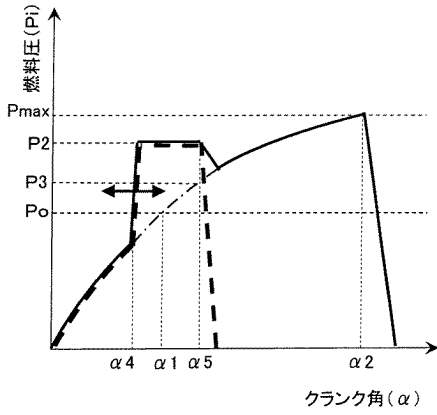
【図3】



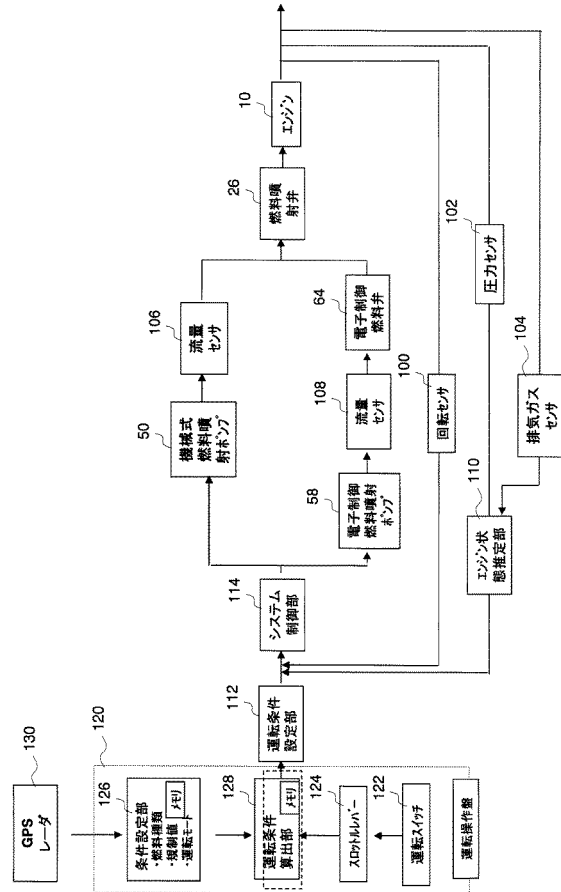
【図4】



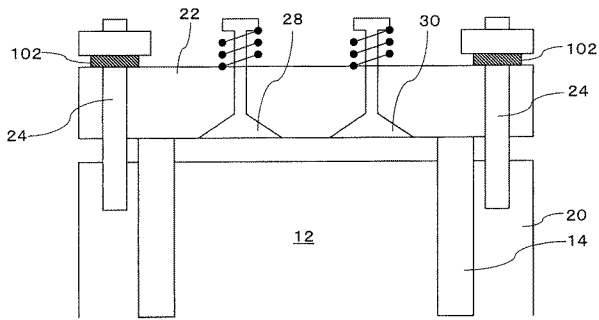
【 図 5 】



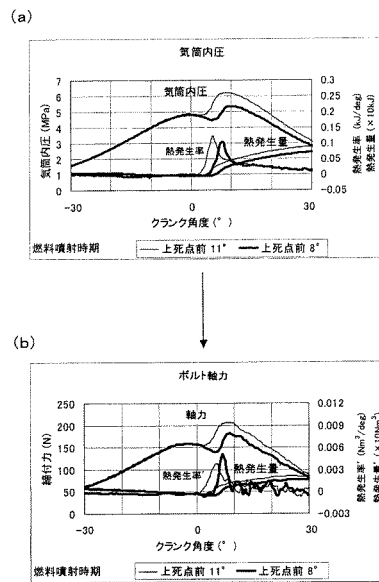
【 図 6 】



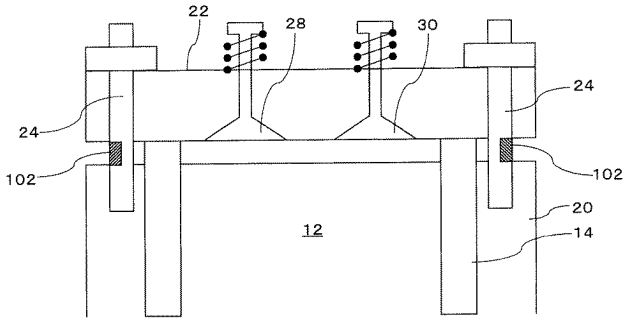
【 図 7 】



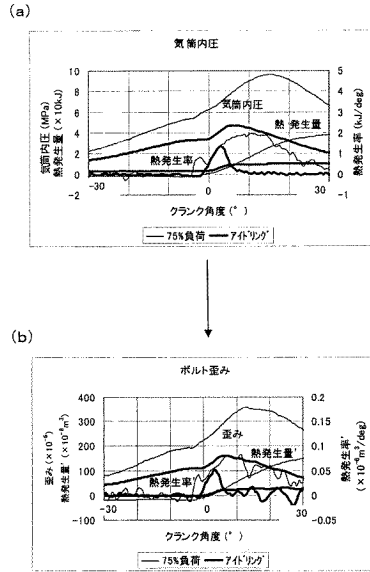
【 図 8 】



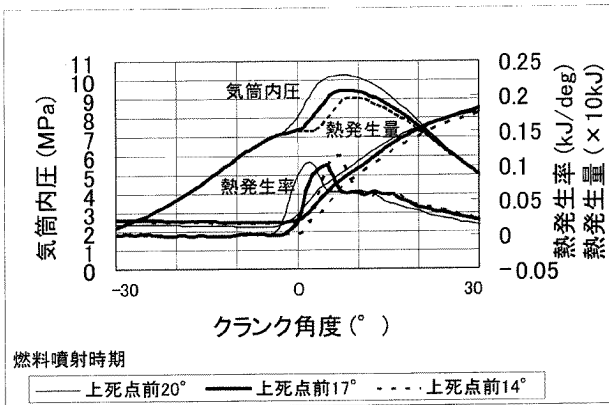
【図 9】



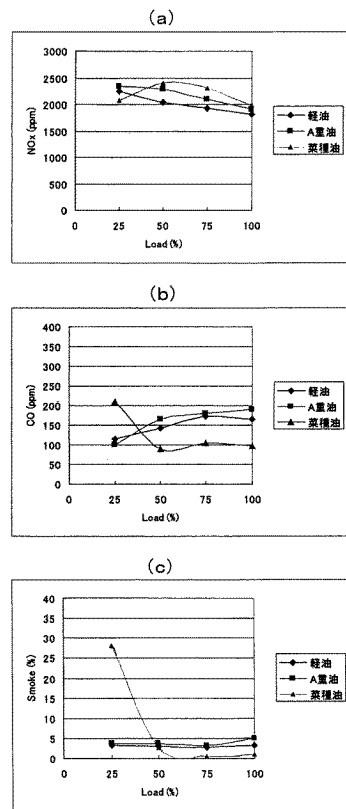
【図 10】



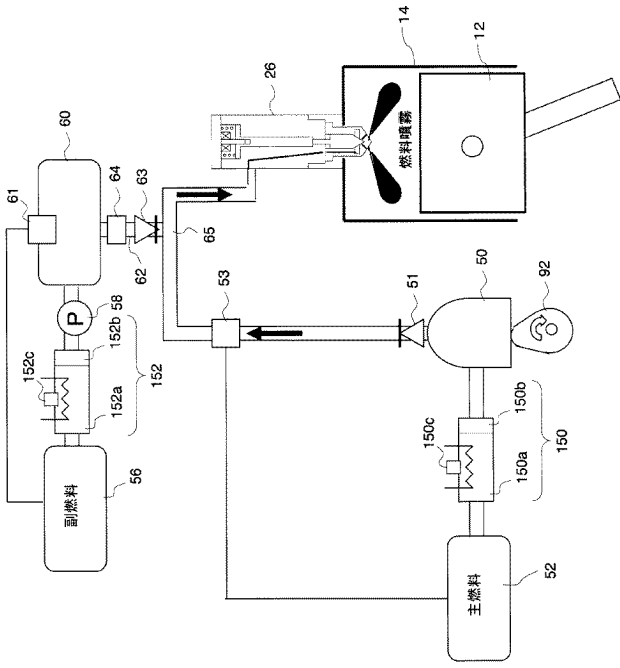
【図 11】



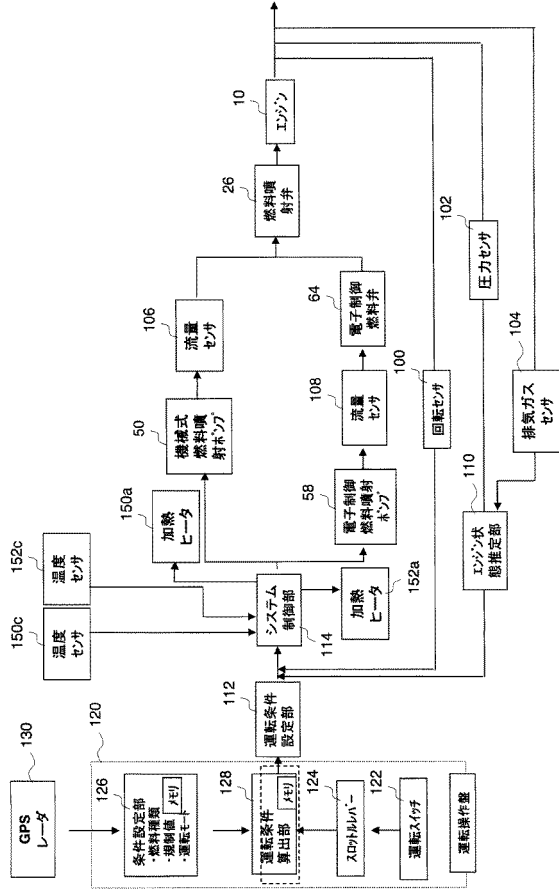
【図 12】



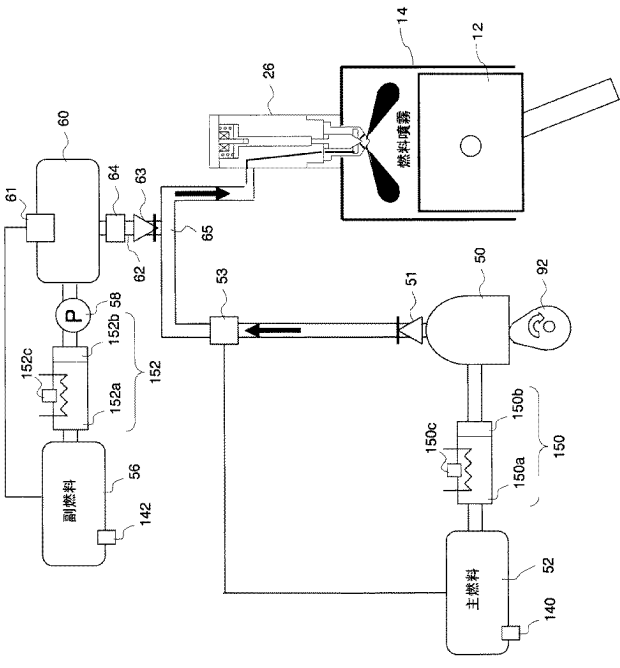
【図 13】



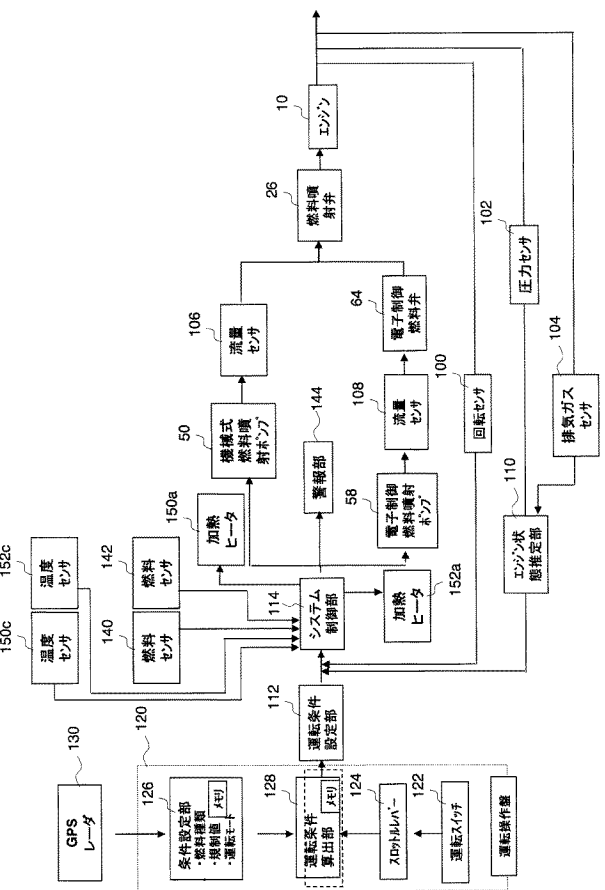
【図 14】



【図 15】



【図 16】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 D 41/02 (2006.01)	F 0 2 D 19/08	Z
F 0 2 D 41/04 (2006.01)	F 0 2 D 45/00	3 0 1 M
F 0 2 M 31/125 (2006.01)	F 0 2 D 41/02	3 0 1 K
F 0 2 M 43/04 (2006.01)	F 0 2 D 41/02	3 2 5 K
F 0 2 M 53/06 (2006.01)	F 0 2 D 41/04	3 7 5
	F 0 2 M 31/12	3 2 1 J
	F 0 2 M 31/12	3 2 1 D
	F 0 2 M 43/04	
	F 0 2 M 53/06	

(72)発明者 井亀 優

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 平田 宏一

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 永井 建夫

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 福田 哲吾

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 岸 武行

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 仁木 洋一

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

Fターム(参考) 3G066 AA07 AB06 AD12 BA01 CD22 CE21 DA06 DA09  
 3G092 AA02 AB03 AB12 AC10 BB06 BB08 DE02S DE03 DG09 EA28  
 EA29 EC01 FA15 GA03 HB05Z HC01Z  
 3G301 HA02 HA24 JA25 KA06 LB11 LC01 MA11 MA18 MA28 PA17Z  
 PB02Z PC01Z  
 3G384 AA03 AA16 AA26 BA13 BA47 CA04 DA14 EG01 FA20Z FA21Z  
 FA26Z FA29Z