

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6028967号  
(P6028967)

(45) 発行日 平成28年11月24日(2016. 11. 24)

(24) 登録日 平成28年10月28日(2016. 10. 28)

(51) Int. Cl.	F I	
FO2D 19/06 (2006.01)	FO2D 19/06	B
FO2D 19/08 (2006.01)	FO2D 19/08	C
FO2D 41/02 (2006.01)	FO2D 41/02	33OK
FO2M 45/08 (2006.01)	FO2D 41/02	335
FO2M 37/00 (2006.01)	FO2M 45/08	D
請求項の数 12 (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2012-169571 (P2012-169571)	(73) 特許権者	501204525
(22) 出願日	平成24年7月31日(2012. 7. 31)		国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術 研究所
(65) 公開番号	特開2014-29131 (P2014-29131A)		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(43) 公開日	平成26年2月13日(2014. 2. 13)	(74) 代理人	110001210
審査請求日	平成27年7月13日(2015. 7. 13)		特許業務法人Y K I 国際特許事務所
		(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	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
		審査官	山村 秀政
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスエンジン用燃料噴射装置及びそれを搭載したガスエンジン装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスエンジンの気筒内に燃料ガスと空気との予混合気を導入し、前記気筒内に液体燃料を導入して着火火炎を形成して前記予混合気を燃焼させると共に、前記燃料ガスを供給せずに前記液体燃料のみの燃焼も可能であるガスエンジン用燃料噴射装置であって、

機械的又は電氣的に制御され、前記液体燃料を主燃料として供給する前記気筒に直接臨んだ主弁を有した主燃料供給手段と、

電氣的に制御され、前記液体燃料を前記主弁の上流側に設けた燃料室に副燃料として供給する副弁を有した副燃料供給手段とを備え、

ガス運転モード時に前記副弁から前記燃料室と前記主弁を経て前記気筒内に前記副燃料を供給し前記着火火炎を形成することを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、

前記予混合気より高い圧力で前記副燃料を前記気筒内に供給することを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、

前記予混合気の燃焼圧力の変動幅に応じて前記副燃料の噴射量又は噴射のタイミングを変更することを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、  
前記燃焼圧力の変動幅が大きいほど前記副燃料の噴射量を増加又は噴射のタイミングを遅らせることを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、  
前記副燃料の噴射量は、カロリーベースで前記燃料ガスの量の 0 . 5 % 以上 5 . 0 % 以下であることを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、  
前記予混合気の燃焼中においてさらに前記副燃料を噴射することを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。 10

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、  
前記燃料ガスは、天然ガス又はプロパン若しくはブタンを主成分とするガスの少なくとも 1 つを含むことを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、  
前記予混合気の燃焼圧力の変動幅が第 1 の閾値を超えた場合に、前記ガスエンジンに掛かる負荷を下げる制御信号を出力することを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。

【請求項 9】 20

請求項 8 に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、  
前記予混合気の燃焼圧力の変動幅が第 2 の閾値を超えた場合に、前記主燃料供給手段からの主燃料の供給と前記副燃料供給手段からの副燃料の供給に切り替えることを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、  
前記主燃料及び前記副燃料は同一の燃料であることを特徴とするガスエンジン用燃料噴射装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載のガスエンジン用燃料噴射装置を搭載したガスエンジン装置。 30

【請求項 12】

請求項 11 に記載のガスエンジン装置であって、  
前記ガスエンジンは、希薄燃焼を行うリーンバーンガスエンジンであることを特徴とするガスエンジン装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガスエンジン用燃料噴射装置及びそれを搭載したガスエンジン装置に関する。 40

【背景技術】

【0002】

燃料ガスとパイロット燃料とを用いたガス運転モードと液体燃料のみを用いた液体運転モードとを切り替えて使用できるデュアルフェューエルガスエンジンが知られている。従来のデュアルフェューエルガスエンジンでは、図 19 に示すように、ガス運転モードにおいて燃焼室 10 内に対して燃料ガスを供給及び排気するための吸気弁 12 a 及び排気弁 12 b が設けられている。また、液体運転モードにおいて燃焼室 10 内に液体燃料を供給する主弁 14 が設けられている。さらに、ガス運転モード及び / 又は液体運転モードにおいて着火炎を形成するための副燃料を噴射するための副弁 16 も設けられている。

【0003】 50

ガス運転モードでは、燃料ガスはガス供給手段（図示しない）において空気との予混合気とされ、吸気弁 12 a の開弁時に燃焼室 10 内に導入される。そして、ピストン 18 の圧縮行程における上死点前の適宜クランク角度において燃料タンク 20 から低圧ポンプ 22、高圧ポンプ 24 及びコモンレール 26 を介して副弁 16 に供給された液体燃料が副弁 16 から燃焼室 10 内に噴射される。この噴射された副燃料により着火火炎が生じ、燃焼室 10 内の予混合気が着火・燃焼し、エンジンの出力が得られる。

【0004】

液体運転モードでは、燃料タンク 20 から低圧ポンプ 22 及びカム駆動の高圧ポンプ 28 を介して主弁 14 内に液体燃料が供給される。ピストン 18 のクランク角度に応じてカム駆動の高圧ポンプ 28 の圧縮圧力が高められ、所定のクランク角度において主弁 14 が開弁して燃焼室 10 内に液体燃料が噴射される。

【0005】

ここで、液体燃料を副室内に噴射する起動着火燃料噴射装置と、高速回転域において液体燃料を副室又は主燃焼室内に噴射する主着火燃料噴射装置と、を備えたパイロット着火ガスエンジンが開示されている（特許文献 1）。また、主燃料及び主燃料より着火性に優れた副燃料の噴射孔を有し、主燃料の供給通路及び副燃料の供給通路が形成されたボディを有する噴射弁が開示されている（特許文献 2）。また、燃料を噴射するニードル弁の噴射圧力を制御するためにソレノイド（電磁石）を用いたパイロット弁駆動装置を備えた燃料噴射装置が開示されている（特許文献 3）。

【0006】

また、ガスエンジンにおいてパイロット燃料を噴射する際に複数のシリンダ内の燃焼圧力とその平均値との偏差に応じて噴射弁の噴射開始時期を調整する技術が開示されている（特許文献 4）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2004 - 197625 号公報

【特許文献 2】特開平 01 - 116279 号公報

【特許文献 3】特開 2001 - 234830 号公報

【特許文献 4】特開 2008 - 248750 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従来のデュアルフェューエルガスエンジンでは、ガス運転モードでは、カム駆動の高圧ポンプ 28 のパンクチャー弁 28 a が開いて液体燃料の高圧圧縮を防ぎ、主弁 14 からの主燃料の噴射は行われぬ。このとき、主弁 14 は使用されることなく、燃料ガスの燃焼に伴う高温に曝される。その結果、ガス運転モードが長くなると、主弁 14 が固着したり、噴射孔が閉塞されたりするおそれがある。

【0009】

本発明は、上記の課題を鑑み、上記課題の少なくとも 1 つを解決することができるガスエンジン用燃料噴射装置及びそれを搭載したガスエンジン装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

請求項 1 に対応したガスエンジン用燃料噴射装置は、ガスエンジンの気筒内に燃料ガスと空気との予混合気を導入し、前記気筒内に液体燃料を導入して着火火炎を形成して前記予混合気を燃焼させると共に、前記燃料ガスを供給せず前記液体燃料のみの燃焼も可能であるガスエンジン用燃料噴射装置であって、機械的又は電氣的に制御され、前記液体燃料を主燃料として供給する前記気筒に直接臨んだ主弁を有した主燃料供給手段と、電氣的に制御され、前記液体燃料を前記主弁の上流側に設けた燃料室に副燃料として供給する副

弁を有した副燃料供給手段とを備え、ガス運転モード時に前記副弁から前記燃料室と前記主弁を経て前記気筒内に前記副燃料を供給し前記着火火炎を形成する。

【0011】

これにより、液体燃料を前記主燃料として用いないガス運転モードにおいて、前記主燃料を噴射する主弁の固着や閉塞を抑制することができる。

【0012】

例えば、前記主燃料供給手段は、前記主燃料及び前記副燃料に共通の燃料室と、燃料室の圧力増加に応じて開弁するスピンドルと、を備え、前記燃料室へ副弁から副燃料を供給することによって前記気筒内に液体燃料を噴射させる。また、例えば、前記主燃料供給手段は、前記主燃料及び前記副燃料に共通の燃料室と、スピンドルと、前記スピンドルに圧力を加えるために燃料を蓄える圧力制御室とを備え、前記圧力制御室の圧力を低下させることによって前記気筒内に液体燃料を噴射させる。

【0013】

また、前記予混合気より高い圧力で前記副燃料を前記気筒内に供給することが好適である。このような圧力で前記副燃料を供給することにより、着火火炎の形成を安定的に行うことができる。

【0014】

また、前記予混合気の燃焼圧力の変動幅に応じて前記副燃料の噴射量又は噴射のタイミングを変更することが好適である。前記予混合気の燃焼圧力を複数回（例えば、数十回～数百回）に亘って測定し、その測定値のピーク値の変動幅を低減するように前記副燃料の噴射量及び噴射のタイミングの少なくとも1つを制御する。制御方法は、例えば、前記副燃料の噴射量及び噴射のタイミングを変更し、燃焼圧力の変動幅の変化が小さくなる条件に向けてフィードバック制御すればよい。前記燃焼圧力の変動幅が大きいほど前記副燃料の噴射量を増加又は噴射のタイミングを遅らせることが好適である。

【0015】

また、前記副燃料の噴射量は、カロリーベースで前記燃料ガスの量の0.5%以上5.0%以下であることが好適である。

【0016】

また、前記予混合気の燃焼中においてさらに前記副燃料を噴射することが好適である。例えば、前記予混合気の異常燃焼がみられる条件下において前記副燃料を噴射することが好適である。

【0017】

また、前記燃料ガスは、天然ガス又はプロパン若しくはブタンを主成分とするガスの少なくとも1つを含むことが好適である。これらのガスを利用するデュアルフューエルガスエンジンにおいて前記副燃料の噴射の効果が顕著となる。

【0018】

また、前記予混合気の燃焼圧力の変動幅が第1の閾値を超えた場合に、前記ガスエンジンに掛かる負荷を下げる制御信号を出力することが好適である。また、前記予混合気の燃焼圧力の変動幅が第2の閾値を超えた場合に、前記主燃料供給手段からの主燃料の供給と前記副燃料供給手段からの副燃料の供給に切り替えることが好適である。ここで、前記第1の閾値と前記第2の閾値は同じ値としてもよいし、異なる値としてもよい。

【0019】

また、前記主燃料及び前記副燃料は同一の燃料であることが好適である。一般的には、前記副燃料は、前記主燃料よりも着火性の高い燃料を用いるが、前記主燃料及び前記副燃料は同一の種であってもよい。

【0020】

また、請求項1.1に対応するガスエンジン装置は、上記ガスエンジン用燃料噴射装置を搭載したガスエンジン装置である。特に、前記ガスエンジンは、希薄燃焼を行うリーンバーンガスエンジンであることが好適である。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

## 【0021】

本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、ガスエンジンの気筒内に燃料ガスと空気との予混合気を導入し、前記気筒内に液体燃料を導入して着火火炎を形成して前記予混合気を燃焼させると共に、前記燃料ガスを供給せずに前記液体燃料のみの燃焼も可能であるガスエンジン用燃料噴射装置であって、機械的又は電氣的に制御され、前記液体燃料を主燃料として供給する前記気筒に直接臨んだ主弁を有した主燃料供給手段と、電氣的に制御され、前記液体燃料を前記主弁の上流側に設けた燃料室に副燃料として供給する副弁を有した副燃料供給手段とを備え、ガス運転モード時に前記副弁から前記燃料室と前記主弁を経て前記気筒内に前記副燃料を供給し前記着火火炎を形成することにより、液体燃料を前記主燃料として用いないガス運転モードにおいて、前記主燃料供給手段を経て前記副燃料が供給されることにより前記主燃料を噴射する主燃料供給手段の固着や閉塞を抑制することができる。

10

## 【0022】

また、前記主燃料供給手段は、前記主弁から前記副燃料を噴射することによって、燃料噴射装置をコンパクトに形成することができ、主燃料を噴射する主弁の固着や閉塞を抑制することができる。

## 【0023】

また、本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、前記予混合気より高い圧力で前記副燃料を前記気筒内に供給することによって、燃料ガスによるガス運転モードにおいて着火火炎の形成を安定的に行うことができる。

20

## 【0024】

また、本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、前記予混合気の燃焼圧力の変動幅に応じて前記副燃料の噴射量又は噴射のタイミングを変更することによって、エンジン内の圧力変動を低減することができ、不安定な燃焼やノッキングの発生を効果的に抑制することができる。例えば、エンジンの複数の気筒毎に個別に、不安定な燃焼やノッキングの発生を低減できる。

## 【0025】

また、本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、前記副燃料の噴射量は、カロリーベースで前記燃料ガスの量の0.5%以上5.0%以下とすることで、副燃料の着火が安定になると共に、窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )を低減することができる。

30

## 【0026】

また、本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、前記予混合気の燃焼中においてさらに前記副燃料を噴射することによって、予混合気の異常燃焼の発生を抑制することができる。

## 【0027】

また、本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、前記燃料ガスは、天然ガス又はプロパン若しくはブタンを主成分とするガスの少なくとも1つを含むことによって、これらのガスを利用するデュアルフューエルガスエンジンにおいて副燃料の噴射の効果が顕著となる。

## 【0028】

また、本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、前記予混合気の燃焼圧力の変動幅が第1の閾値を超えた場合に、前記ガスエンジンに掛かる負荷を下げる制御信号を出力することによって、燃焼圧力の変動幅を所定の閾値(第1の閾値)以下に維持することができ、エンジンの不安定な燃焼を抑えた安定的な運転が可能となり、ノッキングの発生等を抑制することができる。また、本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、前記予混合気の燃焼圧力の変動幅が第2の閾値を超えた場合に、前記主燃料供給手段からの主燃料の供給と前記副燃料供給手段からの副燃料の供給に切り替え、液体燃料のみを燃焼させることによって、燃焼圧力の変動幅を所定の閾値(第2の閾値)以下に維持することができ、エンジンの不安定な燃焼を抑えた安定的な運転が可能となり、ノッキングの発生等を抑制することができる。

40

50

## 【 0 0 2 9 】

また、本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、前記主燃料及び前記副燃料は同一の燃料とすることによって、主燃料系及び副燃料系の燃料供給手段の少なくとも一部を共通化することができ、装置を簡素化することができる。

## 【 0 0 3 0 】

また本発明のガスエンジン装置によれば、希薄燃焼を行うリーンバーンガスエンジンに適用することによって、リーンバーンガスエンジンで生じ易い異常燃焼を抑制しつつ、主燃料を噴射する主燃料供給手段の固着や閉塞を抑制することができる。

## 【 0 0 3 1 】

なお、本明細書に記載の作用・効果は、出願時において想定されるものであり、これら以外の作用・効果を奏するものであっても本発明の適用範囲内であり、これらの作用・効果を奏しないものであっても本発明の適用範囲内である。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 2 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態におけるデュアルフューエルガスエンジンの構成を示す図である。

【 図 2 】 本発明の実施の形態におけるデュアルフューエルガスエンジンの別例の構成を示す図である。

【 図 3 】 本発明の実施の形態におけるデュアルフューエルガスエンジンの別例の構成を示す図である。

【 図 4 】 本発明の実施の形態におけるデュアルフューエルガスエンジンの制御系を示す図である。

【 図 5 】 本発明の実施の形態におけるガス運転モードを示す図である。

【 図 6 】 本発明の実施の形態における液体運転モードを示す図である。

【 図 7 】 本発明の実施の形態におけるパイロット燃料コントローラの制御を示す図である。

【 図 8 】 本発明の実施の形態におけるクランク角度に対するシリンダの最大筒内圧値  $P_{max}$  の変化を示す図である。

【 図 9 】 本発明の実施の形態におけるガス運転モードにおける副燃料の噴射量に対する最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  の変化を示す図である。

【 図 10 】 本発明の実施の形態におけるガス運転モードにおける副燃料の噴射タイミングに対する最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  の変化を示す図である。

【 図 11 】 本発明の実施の形態における副燃料の噴射タイミングによるシリンダの最大筒内圧値  $P_{max}$  の変化を示す図である。

【 図 12 】 本発明の実施の形態における副燃料の噴射量によるシリンダの最大筒内圧値  $P_{max}$  の変化を示す図である。

【 図 13 】 本発明の実施の形態におけるガス運転モードにおける副燃料の噴射量に対する窒素酸化物 ( $NO_x$ ) の変化を示す図である。

【 図 14 】 本発明の実施の形態におけるガス運転モードにおける副燃料の噴射タイミングに対する窒素酸化物 ( $NO_x$ ) の変化を示す図である。

【 図 15 】 本発明の実施の形態におけるガス運転モードにおける副燃料の噴射量に対する全炭化水素 ( $THC$ ) の変化を示す図である。

【 図 16 】 本発明の実施の形態におけるガス運転モードにおける副燃料の噴射タイミングに対する全炭化水素 ( $THC$ ) の変化を示す図である。

【 図 17 】 本発明の実施の形態におけるガス運転モードにおける副燃料の噴射量に対する熱効率の変化を示す図である。

【 図 18 】 本発明の実施の形態におけるガス運転モードにおける副燃料の噴射タイミングに対する熱効率の変化を示す図である。

【 図 19 】 従来のデュアルフューエルガスエンジンの構成を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

10

20

30

40

50

## 【0033】

本発明の実施の形態におけるデュアルフューエルガスエンジン100は、図1に示すように、シリンダ30、ピストン32、吸気弁34a、排気弁34b、燃料噴射手段36、燃料タンク38、低圧ポンプ40、高圧ポンプ42、コモンレール44、機械駆動式高圧ポンプ46及び逆止弁48を含んで構成される。

## 【0034】

デュアルフューエルガスエンジン100は、内部にピストン32を収納したシリンダ30を備える。ピストン32は、シリンダ30内を円筒内周面に沿って摺動しつつ往復運動可能に設けられる。ピストン32の往復運動を回転運動等に変換することによって動力が得られる。なお、シリンダ30等は複数設けてもよい。

10

## 【0035】

シリンダ30には、吸気ポートに吸気弁34a及び排気ポートに排気弁34bが設けられる。吸気弁34aは、吸気ポートから供給される燃料ガスと空気との予混合気をシリンダ30内壁とピストン32の頭頂面とで形成される燃焼室30a内に導入する際に用いられる。ガス運転モードでは、燃料ガスは、燃料ガス供給部62からガス燃料弁64を介して吸気経路66に供給され、過給機60から吸気経路66を介して吸気ポートに供給される圧縮空気と予混合されて、吸気弁34aの開弁時においてシリンダ30とピストン32とによって形成される燃焼室30a内に予混合気として導入される。排気弁34bは、燃焼室30a内で燃焼した燃料の排ガスを排気経路68を介してシリンダ30の外部へ排出する際に用いられる。

20

## 【0036】

例えば、ピストン32に連動して駆動されるクランク軸を設け、ギア、チェーンなどの伝達装置を介してクランク軸の回転角度(クランク角度)に応じて吸気弁34a及び排気弁34bが開閉されるようにすればよい。

## 【0037】

燃料ガスは、例えば、天然ガス又はプロパン若しくはブタンを主成分とするガスを適用することができる。燃料ガスは、圧縮空気と予混合されて用いられる。本実施の形態におけるデュアルフューエルガスエンジンの構成及び制御は、特に燃焼が不安定となり易いリーンバーンガスエンジンにおいて有効である。

## 【0038】

また、デュアルフューエルガスエンジン100には、液体燃料を噴射する燃料噴射手段36が併せて設けられる。燃料噴射手段36は、主弁36aと副弁36bを含む。主弁36aの位置は、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、シリンダ30の中央以外に部分に設けられてもよい。

30

## 【0039】

主弁36aは、スピンドル36cと、スピンドル36cを収納する本体部36dを備える。本体部36dには、スピンドル36cの周辺部に形成される燃料室36e及びシリンダ30に通ずる噴射孔36fが設けられる。スピンドル36cは、本体部36d内において弾性体36gによって噴射孔36fに先端部が押し付けられるように付勢される。弾性体36gは、例えばバネとすることができる。また、弾性体36gの収納部には圧力調整路36hが設けられており、スピンドル36cが後退したときの圧力を逃がすようにされている。逃がした圧力(低圧の液体燃料)は、燃料タンク38に戻してもよい。

40

## 【0040】

主弁36aに対しては、燃料タンク38から低圧ポンプ40、機械駆動式高圧ポンプ46及び逆止弁48を介して液体燃料が供給される。この燃料供給系を主燃料供給手段とする。また、燃料タンク38から低圧ポンプ40、機械駆動式高圧ポンプ46及び逆止弁48を介して供給される燃料を主燃料として以下説明する。

## 【0041】

機械駆動式高圧ポンプ46は、カム46aによって駆動される機械駆動式のポンプであり、ピストン32の昇降運動に伴って所定のクランク角度で主弁36aの燃料室36eの

50

内圧が上昇するように液体燃料を燃料室 3 6 e 内へ導入する。このとき、機械駆動式高圧ポンプ 4 6 と燃料室 3 6 e との間には逆止弁 4 8 が設けられ、燃料室 3 6 e 内に一旦導入された液体燃料が機械駆動式高圧ポンプ 4 6 側へ逆流することを防止している。燃料室 3 6 e の内圧がスピンドル 3 6 c を噴射孔 3 6 f 側へ押し付けている弾性体 3 6 g の付勢力より高まると、スピンドル 3 6 c が弾性体 3 6 g 側へ移動させられ、スピンドル 3 6 c によって塞がれていた噴射孔 3 6 f が開かれる。これにより、主弁 3 6 a から燃焼室 3 0 a 内へ液体燃料が噴射される。

【 0 0 4 2 】

また、機械駆動式高圧ポンプ 4 6 には、パンクチャー弁 4 6 b が設けられており、ガス運転モードの際にはパンクチャー弁 4 6 b が開放されて、機械駆動式高圧ポンプ 4 6 内の液体燃料の圧力が高まらないようにされる。これにより、ガス運転モードの際には機械駆動式高圧ポンプ 4 6 から燃料室 3 6 e への液体燃料の供給が停止される。

【 0 0 4 3 】

また、燃料噴射手段 3 6 は、主弁 3 6 a に加えて副弁 3 6 b を備える。本実施の形態では、主弁 3 6 a の燃料室 3 6 e 内に副弁 3 6 b から燃料が噴射されるように副弁 3 6 b が設けられる。副弁 3 6 b は、電氣的に制御される電気制御式弁とすることが好適である。

【 0 0 4 4 】

電気制御式弁は、後述するパイロット燃料コントローラから制御信号を受けて、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。副弁 3 6 b として電氣的に制御できる電気制御式弁を採用することにより、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、電気制御式弁とすることで、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 4 5 】

副弁 3 6 b に対しては、燃料タンク 3 8 から低圧ポンプ 4 0、高圧ポンプ 4 2 及びコモンレール 4 4 を介して液体燃料が供給される。この燃料供給系を副燃料供給手段とする。また、燃料タンク 3 8 から低圧ポンプ 4 0、高圧ポンプ 4 2 及びコモンレール 4 4 を介して供給される燃料を副燃料（パイロット燃料）とする。低圧ポンプ 4 0 は、燃料タンク 3 8 から燃料を加圧して高圧ポンプ 4 2 へ送る。高圧ポンプ 4 2 は、低圧ポンプ 4 0 で加圧された燃料をさらに高い圧力まで加圧してコモンレール 4 4 へ送る。高圧ポンプ 4 2 の加圧能力は、機械駆動式高圧ポンプ 4 6 の加圧能力よりも高いことが好ましい。コモンレール 4 4 は、高圧ポンプ 4 2 において加圧された燃料を蓄える蓄圧部となる。コモンレール 4 4 内に蓄えられた加圧燃料は、燃料供給管を介して副弁 3 6 b に送出される。副弁 3 6 b は、パイロット燃料コントローラからの制御に応じて、燃料供給管から送られてきた燃料を主弁 3 6 a の燃料室 3 6 e 内へ噴射する。この副弁 3 6 b から燃料室 3 6 e への副燃料の噴射により、燃料室 3 6 e の内圧が高まり、主弁 3 6 a のスピンドル 3 6 c が弾性体 3 6 g 側へ移動させられ、スピンドル 3 6 c によって塞がれていた噴射孔 3 6 f が開かれる。これにより、主弁 3 6 a を介して燃焼室 3 0 a 内へ液体燃料が噴射される。このとき、液体燃料は燃料ガスの予混合気より高い圧力で噴射される。

【 0 0 4 6 】

このように、本実施の形態では、液体燃料の供給系において、副燃料供給手段に含まれる副弁 3 6 b から供給される副燃料は主燃料供給手段に含まれる主弁 3 6 a を介して燃焼室 3 0 a 内に導入される。すなわち、主燃料供給手段と副燃料供給手段との合流部より下流においては、主及び副燃料の供給系の構成要素（例えば、主弁 3 6 a）が共有されている。

【 0 0 4 7 】

また、副燃料系には安全弁（図示しない）を設けてもよい。安全弁は、例えば、コモンレール 4 4 に設けられ、コモンレール 4 4 内の液体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 38 へ戻して内圧が上がり過ぎることを防ぐ。

【0048】

コモンレール 44 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 44 の容積を増加して対応してもよい。

【0049】

主燃料の加圧は、燃料噴射のたびにクランク角度に応じてそれぞれ独立して行われるのに対し、副燃料は予め加圧され、加圧された状態でコモンレール 44 に蓄えられ、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。主燃料の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、副燃料は予め加圧されて噴射されるので、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。これにより、着火性を高めることができ、燃焼室 30 a 内での燃料の拡散性も高まる。また、コモンレール 44 内の圧力を細かく調整することができる。例えば、高圧ポンプ 42 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 44 内の圧力を調整することができる。また、高圧ポンプ 42 として機械式のポンプを採用した場合には、コモンレール 44 から燃料タンク 38 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してもよい。このようにして副燃料の着火性を主燃料より高め、排ガスの性状及び燃費等の選択・調整を行うことができる。特に、主燃料及び副燃料を廃食油、バイオ燃料、重油、軽油又はこれらの混合燃料としたときに有効である。

【0050】

燃料噴射手段 36 から燃焼室 30 a 内へ噴射された液体燃料は、細かな粒子（液滴）となってシリンダ内を拡がり、ピストン 32 による圧縮でシリンダ 30 内の温度が上昇すると自己着火して燃焼する。

【0051】

なお、液体燃料は、例えば、セタン価が 45 以下又は CCAI が 810 以上の燃料とする。例えば、廃食油、バイオ燃料、重油、軽油又はこれらの混合燃料のいずれかとする。本発明は、このように複数の燃料を用いる内燃機関において、排ガスの一酸化炭素、スモーク及び窒素酸化物の濃度を低減しつつ、内燃機関の燃費を向上させるために好適である。特に、着火性の悪い燃料を主燃料として用いる場合等において、排ガスの一酸化炭素、スモーク及び窒素酸化物の濃度を低減しつつ、内燃機関の燃費を向上させるために好適である。

【0052】

図 2 は、本実施の形態におけるデュアルフューエルガスエンジンの別例の構成を示す。本構成のデュアルフューエルガスエンジン 102 は、燃料タンクが主燃料タンク 38 a 及び低圧ポンプ 40 a 並びに副燃料タンク 38 b 及び低圧ポンプ 40 b に分けられている点を除いてデュアルフューエルガスエンジン 100 と同様の構成を有する。

【0053】

このような構成では、主燃料と副燃料とを異なる燃料種とすることができる。例えば、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、セタン価又は CCAI (Calculated Carbon Aromaticity Index) で評価され、この場合は、セタン価の高い燃料又は CCAI が低い燃料を副燃料として使用し、セタン価のより低い燃料又は CCAI のより高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。セタン価は、留出油の着火性を示す指数であり、この値が大きい燃料ほど着火性が良い。C C A Iは、残渣油の着火性を示す指数であり、この値が小さい燃料ほど着火性が良い。例えば、主燃料及び副燃料は、セタン価が45以下又はC C A Iが810以上の着火性の悪い燃料としても、副燃料の噴射により着火性や燃焼性が改善され、良好に燃焼させることができる。この場合、主燃料と副燃料のセタン価又はC C A Iの価の関係は、主燃料の方が副燃料よりも低い場合、高い場合、同じ場合、全ての場合をとり得る。また、主燃料のセタン価が45以下又はC C A Iが810以上の燃料として、副燃料をセタン価が45以上又はC C A Iが810以下の燃料とすると着火性はより良くなる。セタン価の値としては、例えば廃食用油38、バイオ燃料の1種である菜種油34、A重油43、軽油58、L C O 2 8等の報告がある。また、C C A Iの値としては、例えば廃食用油822、菜種油820、A重油836、C重油843、軽油799、L C O 8 9 8等の報告がある。

#### 【0054】

図3は、主弁36aもコモンレールを用いた電磁弁インジェクタ方式とした構成を示す。この構成は、圧力調整室36i、逃し弁36j、パンクチャー弁36k、高圧ポンプ50、コモンレール52、副弁用増圧ポンプ54、コモンレール56を含んで構成される。

#### 【0055】

燃料タンク38から高圧ポンプ50によって圧力を高められた液体燃料がコモンレール52に蓄えられる。コモンレール52からは逆止弁48を介して燃料室36eに液体燃料が導入されると共に、圧力調整室36iにも液体燃料が導入される。このような状態において、パンクチャー弁36kを開放することによって圧力調整室36i内の圧力が低下し、燃料室36e内の圧力によってスピンドル36cに後退する力が加わり噴射孔36fが開かれる。これにより、主弁36aから燃焼室30a内へ液体燃料が噴射される。このとき、スピンドル36cはフルストロークで後退し、液体燃料の噴射量を噴射孔36fの開時間によって調整することはできない。また、圧力調整室36iには逃し弁36jが設けられており、圧力調整室36iの圧力が異常に高くなった場合に液体燃料を放出する安全弁として機能する。

#### 【0056】

また、副弁36bには、コモンレール52に蓄えられている液体燃料が副弁用増圧ポンプ54によってさらに加圧され、コモンレール56を介して供給される。このとき、コモンレール56内の液体燃料の圧力をコモンレール52内の液体燃料の圧力より高くする。例えば、コモンレール52内の圧力を1000気圧、コモンレール56内の圧力を1500気圧とする。これによって、副弁36bから燃料室36e内に液体燃料を噴射すると、コモンレール52とコモンレール56との圧力差によって燃料室36e内の圧力が圧力調整室36i内の圧力より高くなり、スピンドル36cを後退させる力が発生する。これにより、スピンドル36cが弾性体36gの弾性力と釣り合う位置まで後退し、噴射孔36fが開かれ、主弁36aから燃焼室30a内へ液体燃料が噴射される。このとき、パンクチャー弁36kは常時閉状態であり、スピンドル36cに掛かる圧力と弾性体36gの弾性力との関係で噴射孔36fの開時間を調整することができる。したがって、燃焼室30aへの微少な副燃料の噴射量及び噴射のタイミングの調整が可能である。

#### 【0057】

なお、図3の構成においても、主燃料と副燃料の供給系を別々としてもよい。これにより、例えば、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ができる。

#### 【0058】

図4は、デュアルフューエルガスエンジン100の制御系統図を示す。本実施の形態のデュアルフューエルガスエンジン100では、主コントローラ300及びパイロット燃料コントローラ302によってガス燃料弁64及び燃料噴射手段36等を制御する。なお、

図1、図2、図3の構成において副弁36bは、燃料室36eに臨んだ構造としているが、逆止弁48と燃料室36eとの間の主燃料の経路に臨ませてよい。

【0059】

主コントローラ300は、外部から負荷の情報の入力を受け、パイロット燃料コントローラ302及びガス燃料弁64の制御を行う。例えば、主コントローラ300は、負荷が所定値より大きい高負荷時にはデュアルフューエルガスエンジン100(102, 200)をガス運転モードとしてガスエンジンとして運転する(図5)。この場合、ピストン32の動きに連動したクランク角度に応じて、ガス燃料弁64と吸気弁34aと排気弁34bとが開閉制御され、燃焼室30a内に予混合気を導入して燃料ガスを燃焼させる。パイロット燃料コントローラ302は、副弁36bを制御して、副燃料を燃料ガスの着火の補助のためのパイロット燃料として燃焼室30a内に供給する。パイロット燃料コントローラ302は、図7に示すように、シリンダ圧力(燃焼圧力)、ノッキング、排ガス中の窒素酸化物(NOx)、及び全炭化水素(THC)等並びに熱効率に応じて副燃料を燃焼室30a内に噴射する。すなわち、パイロット燃料コントローラ302は、これらのパラメータに応じての噴射量及び/又は噴射のタイミングを制御する。

【0060】

一方、主コントローラ300は、負荷が所定値以下であり、微量の燃料ガスでの着火が困難な低負荷時には、デュアルフューエルガスエンジン100(102, 200)を液体運転モードとして液体燃料を用いたディーゼルエンジンとして運転するように自動的に切替える(図6)。このとき、主コントローラ300は、ガス燃料弁64は作動させない。

【0061】

本実施の形態におけるガスエンジン装置では、ガス運転モードにおいても主弁36aを通じて副燃料(パイロット燃料)を噴射する。したがって、主弁36aが使用されることがない状態で高温に曝されることがなくなり、主弁36aが固着したり、噴射孔が閉塞されたりすることを防ぐことができる。

【0062】

次に、ガス運転モードにおけるパイロット燃料コントローラ302による燃料噴射手段36の副燃料噴射の制御について説明する。

【0063】

まず、シリンダ30の内圧(燃焼圧力)に応じた副燃料の噴射量及び/又は噴射のタイミングの制御について説明する。パイロット燃料コントローラ302は、シリンダ30に設けられた圧力センサ(図示しない)によってシリンダ30の内圧の測定結果を取得する。

【0064】

圧力センサは、シリンダ30のシリンダヘッドに設けることができる。圧力センサは、より簡易な方法として、後付け、または外付けのセンサとしてもよい。例えば、圧力センサは、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としてもよい。より具体的には、シリンダ30のシリンダヘッドをエンジンフレームに締結するシリンダヘッドボルトに圧力センサを設けてもよい。シリンダヘッドボルトのボルトのナットとシリンダヘッドの間に、圧力センサであるロードワッシャを配置する。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。このロードワッシャに作用する力は、気筒内圧と良好な相関を有することが分かっており、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。また、圧力センサとしての歪みゲージを用いてもよい。圧力センサとして用いる歪みゲージは、シリンダヘッドボルトの軸部に装着することが好適である。歪みゲージは、エンジンフレームと、シリンダヘッドの間の隙間に対応して装着される。しかし、シリンダヘッドボルト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30のシリンダヘッド内のボルト軸部に装着されてもよい。シリンダヘッドボルトの伸びに作用する力は、気筒内圧と良好な相関を有していることが分かっており、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 5 】

さらに、圧力センサは、各気筒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。

10

#### 【 0 0 6 6 】

図8は、クランク角度に対するシリンダ30の最大筒内圧値  $P_{max}$  の変化を示す。図8は、回転数  $851.3 \text{ rpm}$ 、負荷  $84.6\%$ 、予混合気の吸気圧  $240 \text{ kPa}$ 、吸気流量  $542.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 、空気過剰率  $1.9$ 、副燃料の噴射タイミングをピストン32の上死点のクランク角度 ( $0^\circ$ ) より  $25^\circ$  前 ( $155^\circ \text{ ABDC} = -25^\circ \text{ ATDC}$ ) とした場合の200サイクル分の最大筒内圧値  $P_{max}$  の測定結果を示す。

#### 【 0 0 6 7 】

本実施の形態では、燃焼圧力の変動幅が小さくなるように副燃料の噴射量及び噴射タイミングを制御する。ここでは、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  が小さくなるように副燃料の噴射量及び噴射タイミングを制御する。最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  とは、1サイクルにおけるシリンダ30の最大筒内圧値  $P_{max}$  を複数のサイクルに亘って測定し、測定結果の最大筒内圧値  $P_{max}$  の最大値と最小値との差をいう。

20

#### 【 0 0 6 8 】

例えば、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  が小さくなるように副燃料の噴射量及び噴射タイミングをフィードバック制御する。すなわち、副燃料の噴射量及び/又は噴射タイミングを変更し、変更前と変更後の変動幅  $COV$  を比較して、より小さい変動幅  $COV$  となる噴射量及び/又は噴射タイミングとなるように制御を行う。

#### 【 0 0 6 9 】

図9及び図10は、ガス運転モードにおける副燃料の噴射量及び噴射タイミングに対する最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  の変化を示す。ピストン32の上死点前において副燃料の噴射タイミングを遅らせることによって変動幅  $COV$  は低下する傾向を示す。また、副燃料の噴射量を増加させることによって変動幅  $COV$  は低下する傾向を示す。したがって、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$ 、すなわち燃焼圧力が大きいほど副燃料の噴射量を増加又は噴射のタイミングを遅らせるとよい。

30

#### 【 0 0 7 0 】

図11は、図8と同じ条件において副燃料の噴射タイミングをピストン32のクランク角度 ( $0^\circ$ ) より  $19^\circ$  前 ( $161^\circ \text{ ABDC} = -19^\circ \text{ ATDC}$ ) とした場合の200サイクル分の最大筒内圧値  $P_{max}$  の測定結果を示す。図8及び図11を比較すると分かるように、測定条件下においては副燃料の噴射タイミングを遅らせることによって最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  を小さくすることができた。

40

#### 【 0 0 7 1 】

図12は、副燃料の噴射量の変化に対するシリンダ30の内圧の最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  を示す。測定条件下においては、副燃料の噴射量を増加させるにつれて最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  が小さくすることができた。

#### 【 0 0 7 2 】

燃焼圧力の変動幅 (最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$ ) が大きい場合、エンジンにノッキングが生じ易い。したがって、燃焼圧力の変動幅 (最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$ ) を小さくするように副燃料の噴射量及び/又は噴射タイミングを制御することによって不安定な燃焼を抑え、ノッキングの発生も抑制することができる。

50

## 【 0 0 7 3 】

なお、燃焼圧力の変動幅に代えて、ノッキングセンサを設け、ノッキングの計測値に応じて副燃料の噴射量及びノ又は噴射タイミングを制御してもよい。すなわち、ノッキングの発生頻度が低下するように副燃料の噴射量及びノ又は噴射タイミングをフィードバック制御してもよい。

## 【 0 0 7 4 】

一方、デュアルフェューエルガスエンジン 1 0 0 ( 1 0 2 , 2 0 0 ) の副燃料の噴射量及びノ又は噴射のタイミングの変化は排気ガスの性状や熱効率にも影響を及ぼす。

## 【 0 0 7 5 】

排気ガスの性状は排ガスセンサによって測定することができる。排ガスセンサ(図示しない)は、エンジンの排気ガス配管等に設けられ、排ガス中の窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )、一酸化炭素( $\text{CO}$ )、スモーク、粒子状物質( $\text{PM}$ )、全炭化水素( $\text{THC}$ )等を検出する。これらは個別に設けることも組み合わせて設けることもできる。排気ガスセンサは、排気管以外に各シリンダに設けることができ、また代表となる1つまたは複数のシリンダに対応して設けることもできる。排気ガスセンサからの出力信号はパイロット燃料コントローラ 3 0 2 へ送られる。

## 【 0 0 7 6 】

熱効率は、燃料の供給量に対するエンジンの出力値の割合(エンジンの出力値/燃料の噴射量)として算出される。例えば、出力センサ(図示しない)によりエンジンの出力値(パワー値)及び流量センサ(図示しない)により燃料の供給量(燃料ガス及び副燃料の供給量)が測定され、パイロット燃料コントローラ 3 0 2 においてそれらの測定値から熱効率を算出することができる。

## 【 0 0 7 7 】

図 1 3 及び図 1 4 は、ガス運転モードにおける副燃料の噴射量及び噴射タイミングに対する排ガス中の窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の濃度の変化を示す。最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  と同様に、ピストン 3 2 の上死点前において副燃料の噴射タイミングを遅らせることによって窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )は低下する傾向を示す。一方、副燃料の噴射量を増加させることによって窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )は増加し、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  とは逆の傾向を示す。

## 【 0 0 7 8 】

図 1 5 及び図 1 6 は、ガス運転モードにおける副燃料の噴射量及び噴射タイミングに対する排ガス中の全炭化水素( $\text{THC}$ )の濃度の変化を示す。ピストン 3 2 の上死点前において副燃料の噴射タイミングを遅らせることによって全炭化水素( $\text{THC}$ )は増加する傾向を示す。また、副燃料の噴射量を増加させることによって全炭化水素( $\text{THC}$ )は増加する傾向を示す。これらは、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  とは逆の傾向である。

## 【 0 0 7 9 】

図 1 7 及び図 1 8 は、ガス運転モードにおける副燃料の噴射量及び噴射タイミングに対する熱効率の変化を示す。ピストン 3 2 の上死点前において副燃料の噴射タイミングを遅らせることによって熱効率は減少する傾向を示す。また、副燃料の噴射量を増加させることによって熱効率は減少する傾向を示す。これらは、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  と同じ傾向である。

## 【 0 0 8 0 】

最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  を低下させるために副燃料の噴射タイミングを遅らせると、窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )は低下するが、全炭化水素( $\text{THC}$ )は増加し、熱効率は低下する。したがって、全炭化水素( $\text{THC}$ )の増加及び熱効率の低下と、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  の低下と、の兼ね合いによって副燃料の噴射タイミングを決定する必要がある。

## 【 0 0 8 1 】

また、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $COV$  を低下させるために副燃料の噴射量を増やすと、窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )及び全炭化水素( $\text{THC}$ )は増加し、熱効率は低下する。し

たがって、窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）及び全炭化水素（ $\text{THC}$ ）の増加並びに熱効率の低下と、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $\text{COV}$  の低下と、の兼ね合いによって副燃料の噴射タイミングを決定する必要がある。

【0082】

すなわち、窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）及び全炭化水素（ $\text{THC}$ ）が基準値以下となり、熱効率が基準値以上となる条件下において、副燃料の噴射量及び／又は噴射タイミングを調整することが好適である。

【0083】

例えば、副燃料の噴射量は、熱量において燃料ガスの量の0.5%以上5.0%以下とすることが好適である。すなわち、副燃料の噴射量は燃料ガス（予混合気）の着火が安定になる程度の量である燃料ガスの量の0.5%以上とする必要があるが、着火の安定性を高め、窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）を低減するためには燃料ガスの量の5.0%以下とすることが好ましい。この範囲内において副燃料の噴射量を制御するとよい。

【0084】

さらに、燃焼圧力の変動幅（最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $\text{COV}$ ）に応じてエンジンの負荷を制限する制御を行ってもよい。例えば、パイロット燃料コントローラ302は、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $\text{COV}$  が所定の閾値（第1の閾値）を超えた場合にエンジン負荷を低下させるための制御信号を出力するようにする。エンジンが船舶に搭載されている場合、制御信号に応じて、船速を低下させる制御を行ったり、可変ピッチプロペラのピッチを変える制御を行ったりすればよい。

【0085】

また、燃焼圧力の変動幅（最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $\text{COV}$ ）に応じてガス運転モードから液体運転モードに切り替える制御を行ってもよい。例えば、パイロット燃料コントローラ302は、最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $\text{COV}$  が所定の閾値（第2の閾値）を超えた場合にガス運転モードから液体運転モードに切り替える制御信号を出力する。主コントローラ300は、この制御信号を受けると、ガス運転モードから液体運転モードに切り替える。すなわちこの実施の形態では、液体運転モードは、デュアルフューエルガスエンジン100（102、200）の負荷が所定値以下である場合と、燃焼圧力の変動幅が所定の閾値（第2の閾値）を越えた場合に実施されるが、どちらか一方の実施であってもよい。

【0086】

なお、第1の閾値と第2の閾値とは同じ値にしてもよいし、異なる値としてもよい。また、エンジン負荷の制御を行ったうえで、さらに燃焼圧力の変動幅（最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $\text{COV}$ ）が大きくなった場合にガス運転モードから液体運転モードに切り替える制御を組み合わせるとしてもよい。

【0087】

このような制御により、燃焼圧力の変動幅（最大筒内圧値  $P_{max}$  の変動幅  $\text{COV}$ ）を所定の閾値（第1の閾値又は第2の閾値）以下に維持することができ、エンジンの安定的な運転が可能となり、ノッキングの発生等を抑制することができる。

【0088】

また、ガス運転モードにおいて、燃料ガスの予混合気の燃焼中に副燃料を噴射してもよい。すなわち、燃料ガスの噴射前のパイロット燃料としての副燃料の噴射に加えて、予混合気の燃焼中に副燃料を噴射してもよい。このような副燃料のアフター噴射によって、予混合気の異常燃焼を軽減することができる。

【産業上の利用可能性】

【0089】

以上の実施形態において説明したガスエンジン用燃料噴射装置は、船舶のみならず、他の移動体、例えば鉄道車両、自動車等の内燃機関についても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。さらに、陸上に設置されるガス発電システム等においても本発明を適

用することができる。

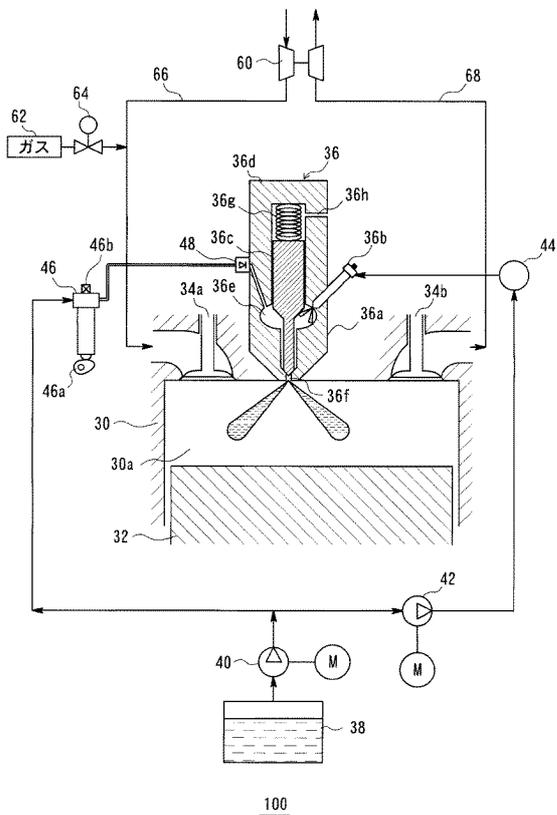
【符号の説明】

【0090】

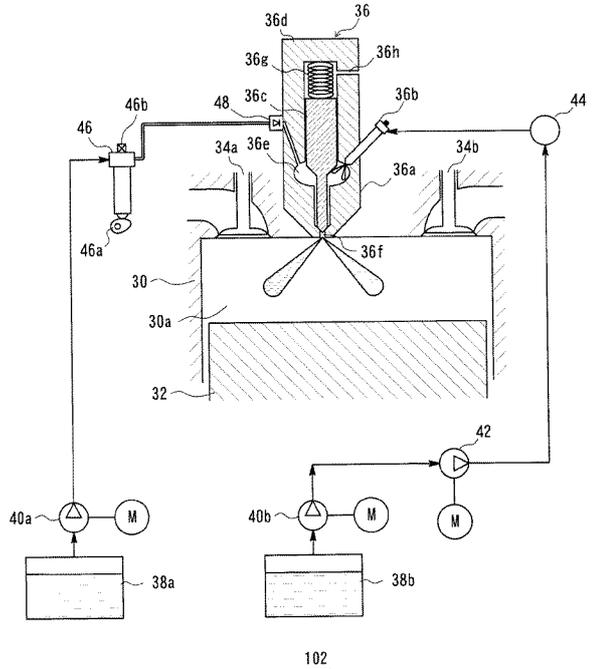
30 シリンダ、30a 燃焼室、32 ピストン、34a 吸気弁、34b 排気弁、36 燃料噴射手段、36a 主弁、36b 副弁、36c スピンドル、36d 本体部、36e 燃料室、36f 噴射孔、36g 弾性体、36h 圧力調整路、36i 圧力調整室、36j 逃し弁、36k パンクチャー弁、38 燃料タンク、38a 主燃料タンク、38b 副燃料タンク、40 低圧ポンプ、40a 低圧ポンプ、40b 低圧ポンプ、42 高圧ポンプ、44 コモンレール、46 機械駆動式高圧ポンプ、46a カム、46b パンクチャー弁、48 逆止弁、50 高圧ポンプ、52 コモンレール、54 副弁用増圧ポンプ、56 コモンレール、60 過給機、62 燃料ガス供給部、64 ガス燃料弁、66 吸気経路、68 排気経路、100、102、200 デュアルフェューエルガスエンジン、300 主コントローラ、302 パイロット燃料コントローラ。

10

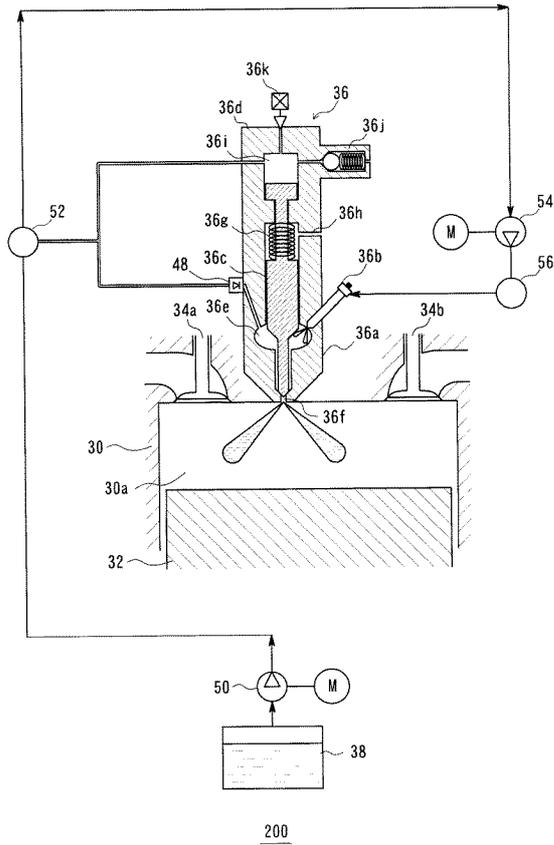
【図1】



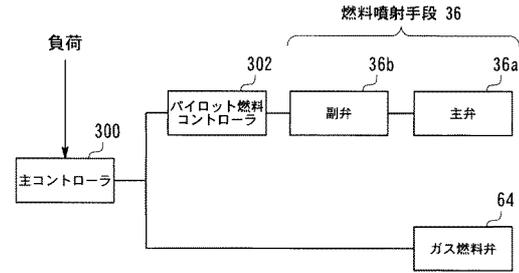
【図2】



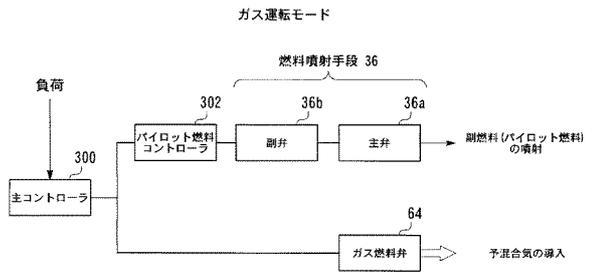
【図 3】



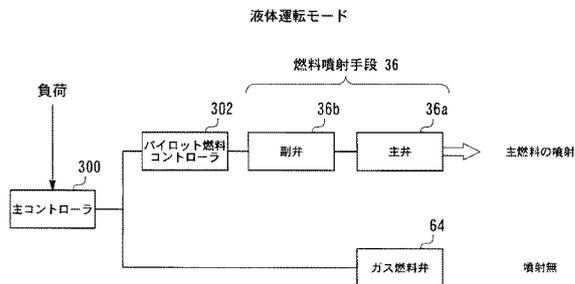
【図 4】



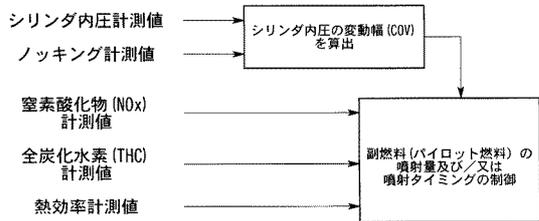
【図 5】



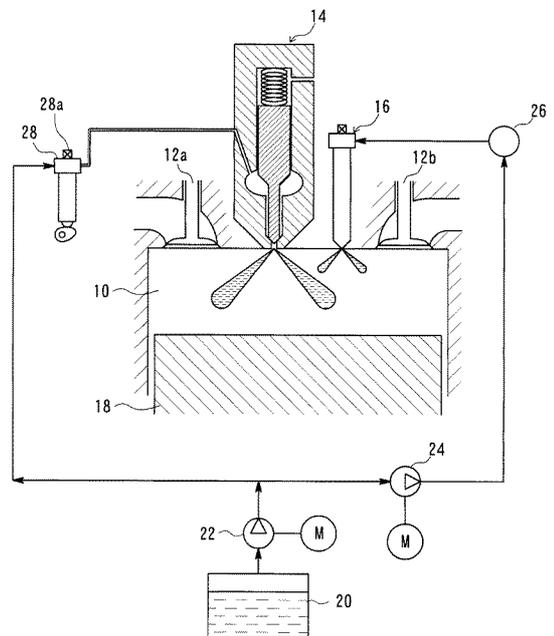
【図 6】



【図 7】



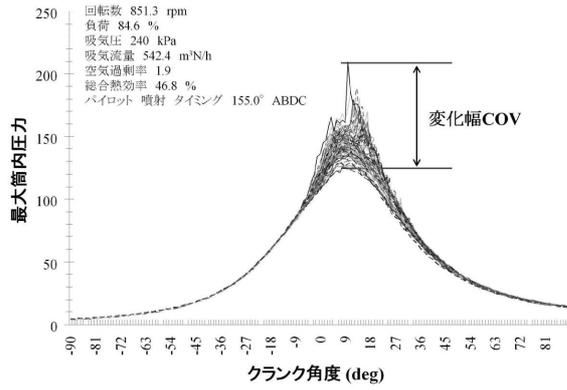
【図 19】



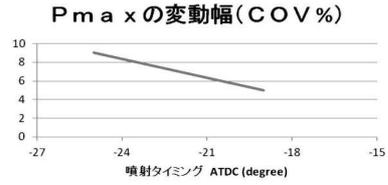
【図 12】

副燃料(パイロット燃料)の噴射量(%)	変動幅COV(%)
2.8	5.52
3.0	4.63
3.2	3.63
3.9	1.68

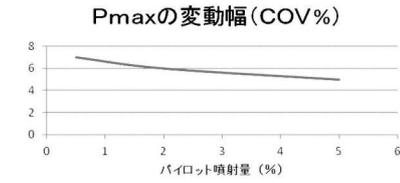
【図 8】



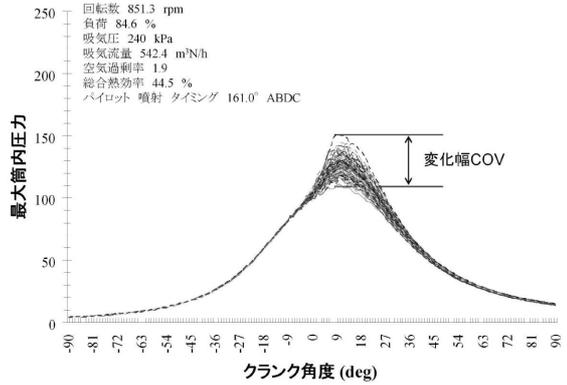
【図 10】



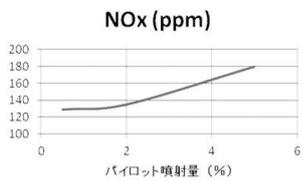
【図 9】



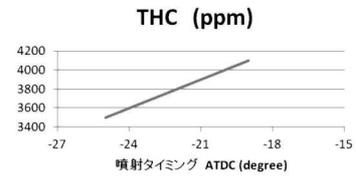
【図 11】



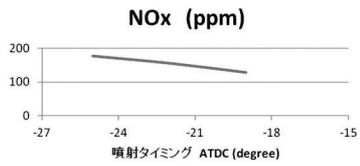
【図 13】



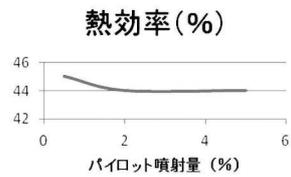
【図 16】



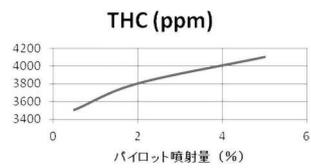
【図 14】



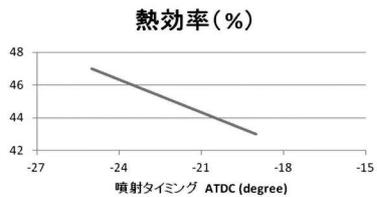
【図 17】



【図 15】



【図 18】



---

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
F 0 2 M	21/02	(2006.01)	F 0 2 M	37/00 3 4 1 D
			F 0 2 M	21/02 N
			F 0 2 M	21/02 S

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 0 0 4 8 9 9 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 0 - 2 7 0 7 1 9 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 4 - 1 9 7 6 2 5 ( J P , A )  
 特開平 1 1 - 2 5 7 1 4 2 ( J P , A )  
 特開平 0 8 - 1 5 8 9 2 3 ( J P , A )  
 特許第 4 6 8 8 9 1 6 ( J P , B 2 )  
 特許第 4 2 4 7 8 4 2 ( J P , B 2 )  
 国際公開第 2 0 1 2 / 0 1 9 2 6 1 ( W O , A 1 )  
 米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 1 9 9 9 4 8 ( U S , A 1 )  
 特開昭 5 9 - 1 4 1 7 5 5 ( J P , A )

## (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F 0 2 D	1 9 / 0 6
F 0 2 D	1 9 / 0 8
F 0 2 D	4 1 / 0 2
F 0 2 M	2 1 / 0 2
F 0 2 M	3 7 / 0 0
F 0 2 M	4 5 / 0 8