

(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2014-29131
(P2014-29131A)

(43) 公開日 平成26年2月13日(2014.2.13)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 19/06 (2006.01)	FO2D 19/06 B	3G066
FO2D 19/08 (2006.01)	FO2D 19/08 C	3G092
FO2D 41/02 (2006.01)	FO2D 41/02 330K	3G301
FO2M 45/08 (2006.01)	FO2D 41/02 335	
FO2M 37/00 (2006.01)	FO2M 45/08 D	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-169571 (P2012-169571)
(22) 出願日 平成24年7月31日 (2012. 7. 31)

(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 110001210
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
Fターム(参考) 3G066 AB02 AB05 AD12 DA01 DA04
DA06

最終頁に続く

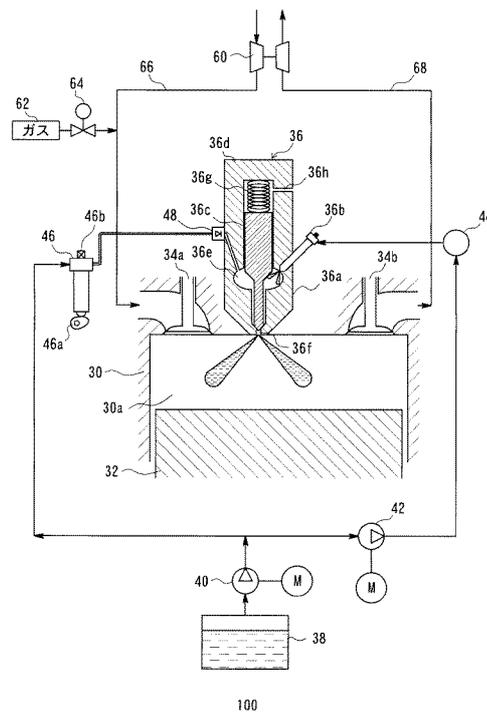
(54) 【発明の名称】 ガスエンジン用燃料噴射装置及びそれを搭載したガスエンジン装置

(57) 【要約】

【課題】 燃料ガスを利用したガス運転モードと液体燃料を利用した液体運転モードとを切り替えて使用可能なガスエンジン装置の信頼性を高める。

【解決手段】 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、気筒内に液体燃料を導入して着火火炎を形成して予混合気を燃焼させると共に、燃料ガスを供給せずに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において、機械的又は電氣的に制御され、液体燃料を主燃料として供給する主弁36aを含む燃料供給手段と、電氣的に制御され、液体燃料を副燃料として供給する副弁36bを含む副燃料供給手段と、を備え、副弁36bから主弁36aを経て気筒内に副燃料を供給し着火火炎を形成する。

【選択図】 図1



【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主燃料供給手段と

電氣的に制御され、前記液体燃料を副燃料として供給する副燃料供給手段とを備え、前記副燃料供給手段から前記主燃料供給手段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。

10

【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、

前記主燃料供給手段は、前記主燃料を前記気筒内に噴射する主燃料噴射弁を備え、

前記主燃料噴射弁から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。

【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 4】

請求項 1 ~ 3 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。

20

【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 6】

請求項 5 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。

30

【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。

【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 9】

請求項 1 ~ 8 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。

40

【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 11】

請求項 10 に記載のガスエンジン用燃料噴射装置であって、

50

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 1 2】

請求項 1 ~ 1 1 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。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 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。

【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。従来のデュアルフューエルガスエンジンでは、図 1 9 に示すように、ガス運転モードにおいて燃焼室 1 0 内に対して燃料ガスを供給及び排気するための吸気弁 1 2 a 及び排気弁 1 2 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 1 0 内に液体燃料を供給する主弁 1 4 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火炎を形成するための副燃料を噴射するための副弁 1 6 も設けられている。

【0003】

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 1 2 a の開弁時に燃焼室 1 0 内に導入される。そして、ピストン 1 8 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 2 0 から低圧ポンプ 2 2、高圧ポンプ 2 4 及びコモンレール 2 6 を介して副弁 1 6 に供給された液体燃料が副弁 1 6 から燃焼室 1 0 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 1 0 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 2 0 から低圧ポンプ 2 2 及びカム駆動の高圧ポンプ 2 8 を介して主弁 1 4 内に液体燃料が供給される。ピストン 1 8 のクランク角度に応じてカム駆動の高圧ポンプ 2 8 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 1 4 が開弁して燃焼室 1 0 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】

10

20

30

40

50

【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28a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。

10

【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主燃料供給手段と、電氣的に制御され、前記液体燃料を副燃料として供給する副燃料供給手段とを備え、前記副燃料供給手段から前記主燃料供給手段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。

20

【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】

ここで、前記主燃料供給手段は、前記主燃料を前記気筒内に噴射する主燃料噴射弁を備え、前記主燃料噴射弁から前記副燃料を噴射することが好適である。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。

30

【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。

40

【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】

50

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 12 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】

【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主燃料供給手段と、電氣的に制御され、前記液体燃料を副燃料として供給する副燃料供給手段と、を備え、前記副燃料供給手段から前記主燃料供給手段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。

【0022】

また、本発明のガスエンジン用燃料噴射装置によれば、前記主燃料供給手段は、前記主燃料を前記気筒内に噴射する主燃料噴射弁を備え、前記主燃料噴射弁から前記副燃料を噴射することによって、燃料噴射手段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燃料噴射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。

【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

10

20

30

40

50

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(NO_x)を低減することができる。

【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。

【0029】

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。

【0030】

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。

【0031】

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】

【0032】

【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

10

20

30

40

50

。

【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。

10

【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。

20

【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】

【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、低压ポンプ 40、高压ポンプ 42、コモンレール 44、機械駆動式高压ポンプ 46 及び逆止弁 48 を含んで構成される。

30

【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。

【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。

40

【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】

50

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。

【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。

【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の内圧が上昇するように液体燃料を燃料室36e内へ導入する。このとき、機械駆動式高圧ポンプ46と燃料室36eとの間には逆止弁48が設けられ、燃料室36e内に一旦導入された液体燃料が機械駆動式高圧ポンプ46側へ逆流することを防止している。燃料室36eの内圧がスピンドル36cを噴射孔36f側へ押し付けている弾性体36gの付勢力より高まると、スピンドル36cが弾性体36g側へ移動させられ、スピンドル36cによって塞がれていた噴射孔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。

【0042】

また、機械駆動式高圧ポンプ46には、バンクチャー弁46bが設けられており、ガス運転モードの際にはバンクチャー弁46bが開放されて、機械駆動式高圧ポンプ46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46から燃料室36eへの液体燃料の供給が停止される。

【0043】

また、燃料噴射手段36は、主弁36aに加えて副弁36bを備える。本実施の形態では、主弁36aの燃料室36e内に副弁36bから燃料が噴射されるように副弁36bが設けられる。副弁36b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。

【0044】

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36b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。

10

20

30

40

50

【 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。

10

【 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。

20

【 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 3 8 へ戻して内圧が上がり過ぎることを防ぐ。

【 0 0 4 8 】

コモンレール 4 4 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 4 4 の容積を増加して対応してもよい。

30

【 0 0 4 9 】

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 4 4 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 3 0 a 内での燃料の拡散性も高まる。また、コモンレール 4 4 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 4 2 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 4 4 内の圧力を調整することができる。また、高圧ポンプ 4 2 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 4 4 から燃料タンク 3 8 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用油、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。

40

【 0 0 5 0 】

50

燃料噴射手段 3 6 から燃焼室 3 0 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 3 2 による圧縮でシリンダ 3 0 内の温度が上昇すると自己着火して燃焼する。

【 0 0 5 1 】

なお、液体燃料は、例えば、セタン価が 4 5 以下又は C C A I が 8 1 0 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。

10

【 0 0 5 2 】

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 1 0 2 は、燃料タンクが主燃料タンク 3 8 a 及び低圧ポンプ 4 0 a 並びに副燃料タンク 3 8 b 及び低圧ポンプ 4 0 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 1 0 0 と同様の構成を有する。

【 0 0 5 3 】

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 C C A I (C a l c u r a t e d C a r b o n A r o m a t i c i t y I n d e x) で評価され、この場合は、セタン価の高い燃料又は C C A I 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 C C A I 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、G T L (G a s T o L i q u i d)、D M E (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 4 5 以下又は C C A I が 8 1 0 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 4 5 以下又は C C A I が 8 1 0 以上の燃料として、副燃料をセタン価が 4 5 以上又は C C A I が 8 1 0 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、例えば廃食油 3 8、バイオ燃料の 1 種である菜種油 3 4、A 重油 4 3、軽油 5 8、L C O 2 8 等の報告がある。また、C C A I の値としては、例えば廃食油 8 2 2、菜種油 8 2 0、A 重油 8 3 6、C 重油 8 4 3、軽油 7 9 9、L C O 8 9 8 等の報告がある。

20

30

【 0 0 5 4 】

図 3 は、主弁 3 6 a 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 3 6 i、逃し弁 3 6 j、パンクチャー弁 3 6 k、高圧ポンプ 5 0、コモンレール 5 2、副弁用増圧ポンプ 5 4、コモンレール 5 6 を含んで構成される。

40

【 0 0 5 5 】

燃料タンク 3 8 から高圧ポンプ 5 0 によって圧力を高められた液体燃料がコモンレール 5 2 に蓄えられる。コモンレール 5 2 からは逆止弁 4 8 を介して燃料室 3 6 e に液体燃料が導入されると共に、圧力調整室 3 6 i 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 3 6 k を開放することによって圧力調整室 3 6 i 内の圧力が低下し、燃料室 3 6 e 内の圧力によってスピンドル 3 6 c に後退する力が加わり噴射孔 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。このと

50

き、スピンドル 3 6 c はフルストロークで後退し、液体燃料の噴射量を噴射孔 3 6 f 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 3 6 i には逃し弁 3 6 j が設けられており、圧力調整室 3 6 i 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。

【 0 0 5 6 】

また、副弁 3 6 b には、コモンレール 5 2 に蓄えられている液体燃料が副弁用増圧ポンプ 5 4 によってさらに加圧され、コモンレール 5 6 を介して供給される。このとき、コモンレール 5 6 内の液体燃料の圧力をコモンレール 5 2 内の液体燃料の圧力より高くする。例えば、コモンレール 5 2 内の圧力を 1 0 0 0 気圧、コモンレール 5 6 内の圧力を 1 5 0 0 気圧とする。これによって、副弁 3 6 b から燃料室 3 6 e 内に液体燃料を噴射すると、コモンレール 5 2 とコモンレール 5 6 との圧力差によって燃料室 3 6 e 内の圧力が圧力調整室 3 6 i 内の圧力より高くなり、スピンドル 3 6 c を後退させる力が発生する。これにより、スピンドル 3 6 c が弾性体 3 6 g の弾性力と釣り合う位置まで後退し、噴射孔 3 6 f が開かれ、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。このとき、パンクチャー弁 3 6 k は常時閉状態であり、スピンドル 3 6 c に掛かる圧力と弾性体 3 6 g の弾性力との関係で噴射孔 3 6 f の開時間を調整することができる。したがって、燃焼室 3 0 a 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。

10

【 0 0 5 7 】

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。

20

【 0 0 5 8 】

図 4 は、デュアルフューエルガスエンジン 1 0 0 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 1 0 0 では、主コントローラ 3 0 0 及びパイロット燃料コントローラ 3 0 2 によってガス燃料弁 6 4 及び燃料噴射手段 3 6 等を制御する。なお、図 1、図 2、図 3 の構成において副弁 3 6 b は、燃料室 3 6 e に臨んだ構造としているが、逆止弁 4 8 と燃料室 3 6 e との間の主燃料の経路に臨ませてもよい。

【 0 0 5 9 】

主コントローラ 3 0 0 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 3 0 2 及びガス燃料弁 6 4 の制御を行う。例えば、主コントローラ 3 0 0 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 1 0 0 (1 0 2 , 2 0 0) 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 3 2 の動きに連動したクランク角度に応じて、ガス燃料弁 6 4 と吸気弁 3 4 a と排気弁 3 4 b とが開閉制御され、燃焼室 3 0 a 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 3 0 2 は、副弁 3 6 b 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 3 0 a 内に供給する。パイロット燃料コントローラ 3 0 2 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 (NO_x)、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 3 0 a 内に噴射する。すなわち、パイロット燃料コントローラ 3 0 2 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。

30

40

【 0 0 6 0 】

一方、主コントローラ 3 0 0 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 1 0 0 (1 0 2 , 2 0 0) 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 3 0 0 は、ガス燃料弁 6 4 は作動させない。

【 0 0 6 1 】

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 3 6 a 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 3 6 a 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 3 6 a 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。

50

【 0 0 6 2 】

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 3 0 2 による燃料噴射手段 3 6 の副燃料噴射の制御について説明する。

【 0 0 6 3 】

まず、シリンダ 3 0 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 3 0 2 は、シリンダ 3 0 に設けられた圧力センサ（図示しない）によってシリンダ 3 0 の内圧の測定結果を取得する。

【 0 0 6 4 】

圧力センサは、シリンダ 3 0 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 3 0 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 3 0 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。

【 0 0 6 6 】

図 8 は、クランク角度に対するシリンダ 3 0 の最大筒内圧値 P_{max} の変化を示す。図 8 は、回転数 851.3 rpm 、負荷 84.6% 、予混合気の吸気圧 240 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 3 2 の上死点のクランク角度 (0°) より 25° 前 ($155^\circ \text{ ABCD} = -25^\circ \text{ ATDC}$) 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 3 0 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。

【 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。

【0069】

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Pmax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Pmax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。

10

【0070】

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°)より19°前(161°ABDC = -19°ATDC)とした場合の200サイクル分の最大筒内圧値Pmax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、測定の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Pmaxの変動幅COVを小さくすることができた。

【0071】

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Pmaxの変動幅COVを示す。測定の条件下においては、副燃料の噴射量を増加させるにつれて最大筒内圧値Pmaxの変動幅COVが小さくすることができた。

20

【0072】

燃焼圧力の変動幅(最大筒内圧値Pmax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Pmax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。

【0073】

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/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/又は噴射タイミングをフィードバック制御してもよい。

30

【0074】

一方、デュアルフューエルガスエンジン100(102, 200)の副燃料の噴射量及び/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。

【0075】

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(NOx)、一酸化炭素(CO)、スモーク、粒子状物質(PM)、全炭化水素(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302へ送られる。

40

【0076】

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302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。

【0077】

図13及び図14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(NOx)の濃度の変化を示す。最大筒内圧値Pmaxの変動

50

幅COVと同様に、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窒素酸化物(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(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。

【0078】

図15及び図16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(THC)の濃度の変化を示す。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全炭化水素(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(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。

10

【0079】

図17及び図18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。

【0080】

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(NO_x)は低下するが、全炭化水素(THC)は増加し、熱効率は低下する。したがって、全炭化水素(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。

20

【0081】

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(NO_x)及び全炭化水素(THC)は増加し、熱効率は低下する。したがって、窒素酸化物(NO_x)及び全炭化水素(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(NO_x)及び全炭化水素(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。

30

【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(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。

40

【0085】

また、燃焼圧力の変動幅(最大筒内圧値 P_{max} の変動幅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

50

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 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 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 (直噴式のオットー機関等) 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。

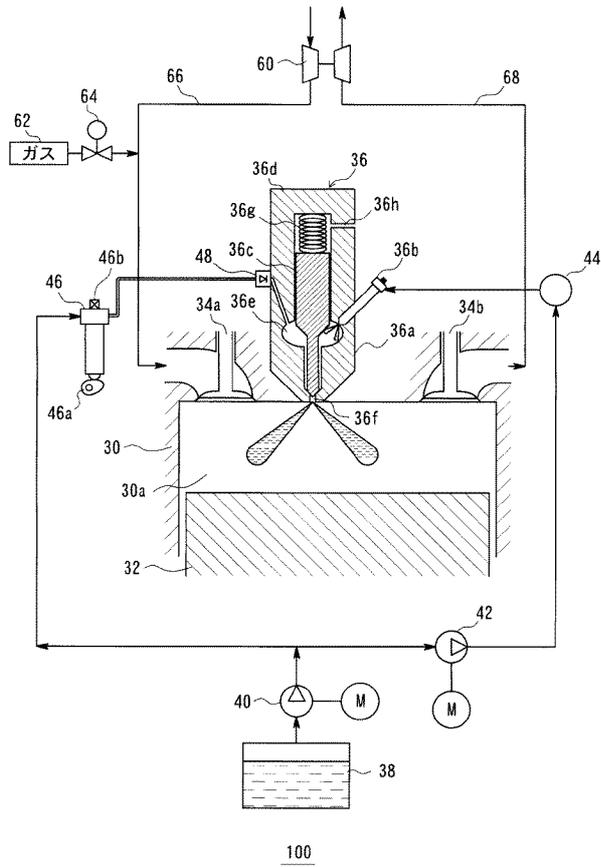
10

20

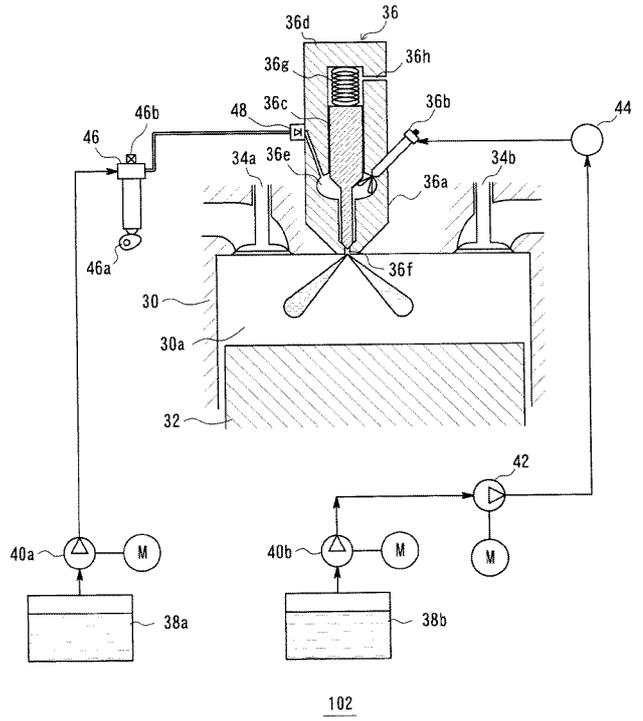
30

40

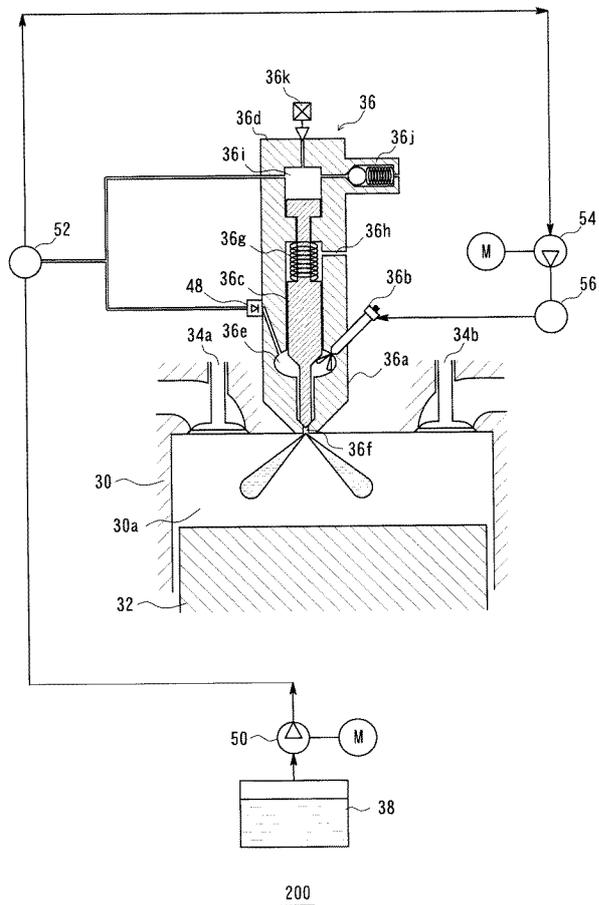
【図 1】



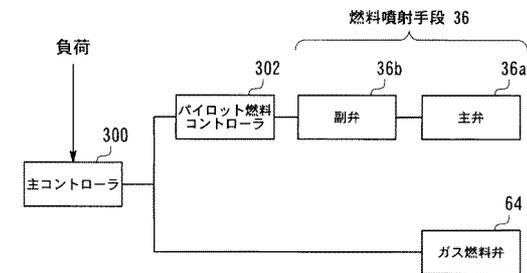
【図 2】



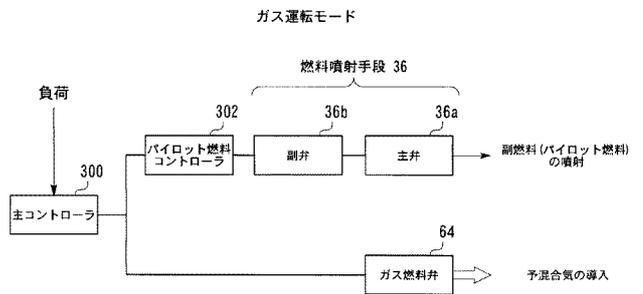
【図 3】



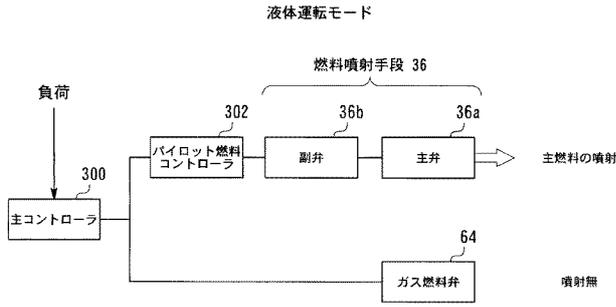
【図 4】



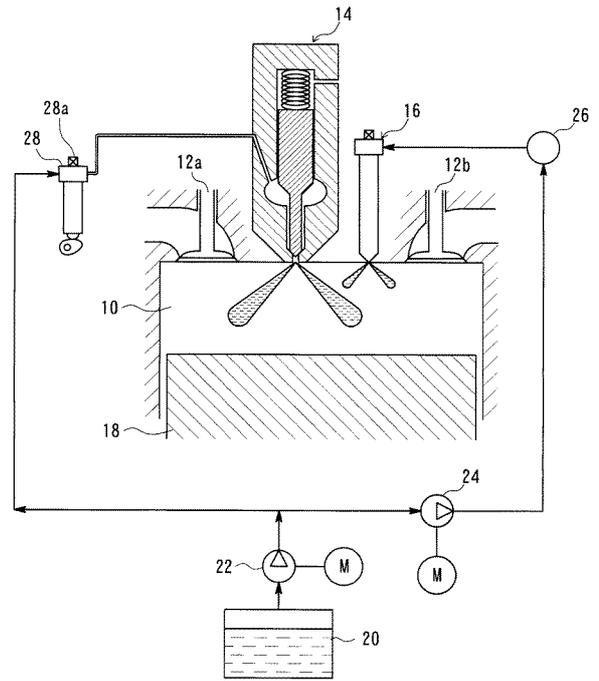
【図 5】



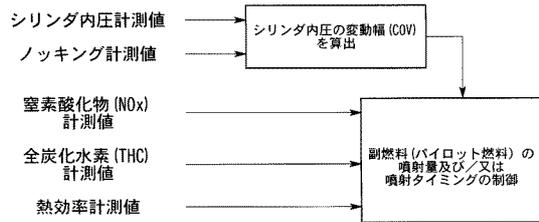
【図6】



【図19】



【図7】

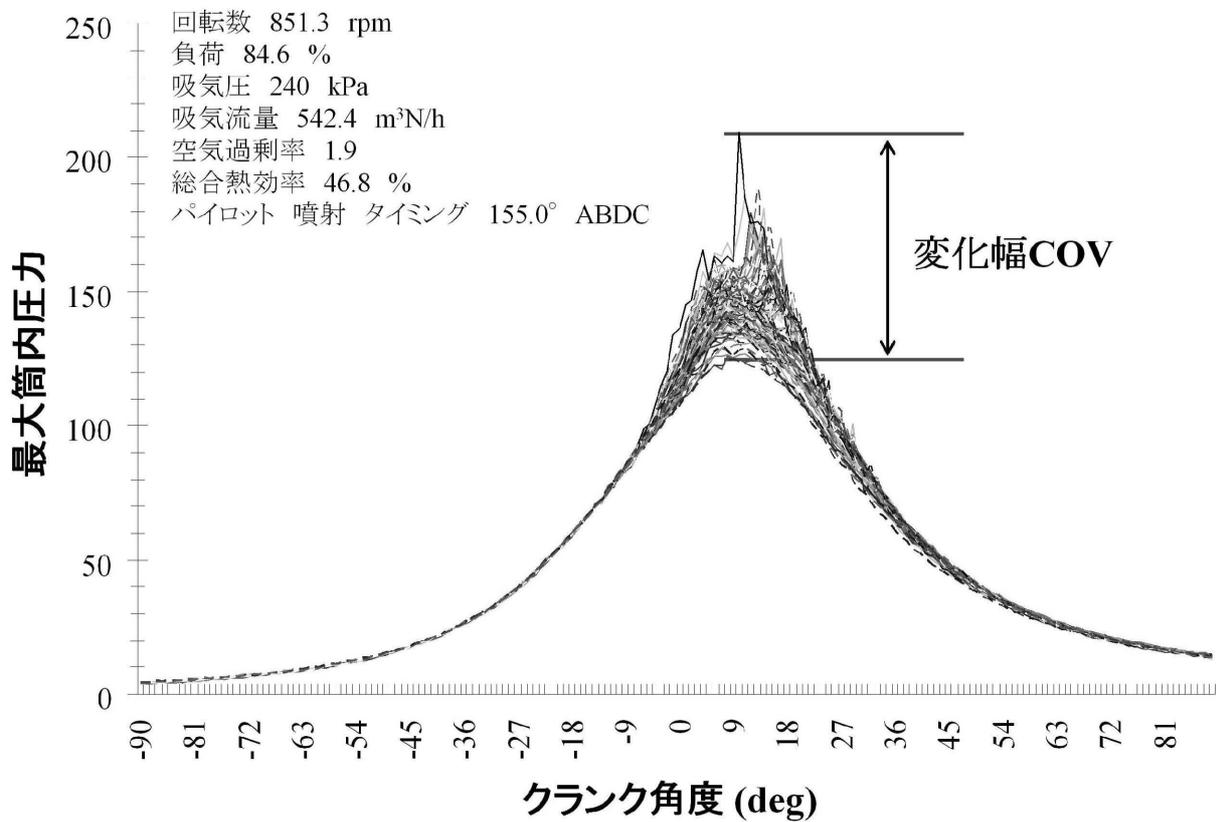


【図12】

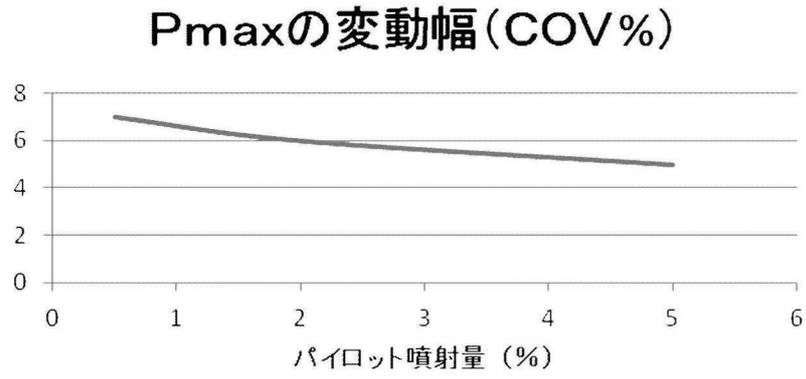
副燃料 (パイロット燃料) の噴射量 (%)	変動幅COV (%)
2.8	5.52
3.0	4.63
3.2	3.83
3.9	1.68

20

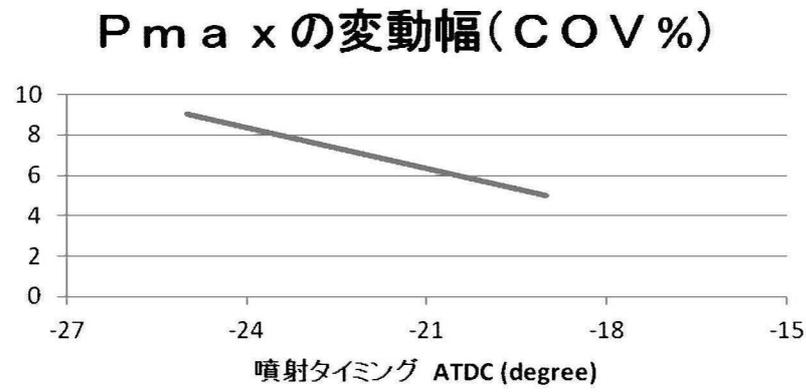
【図8】



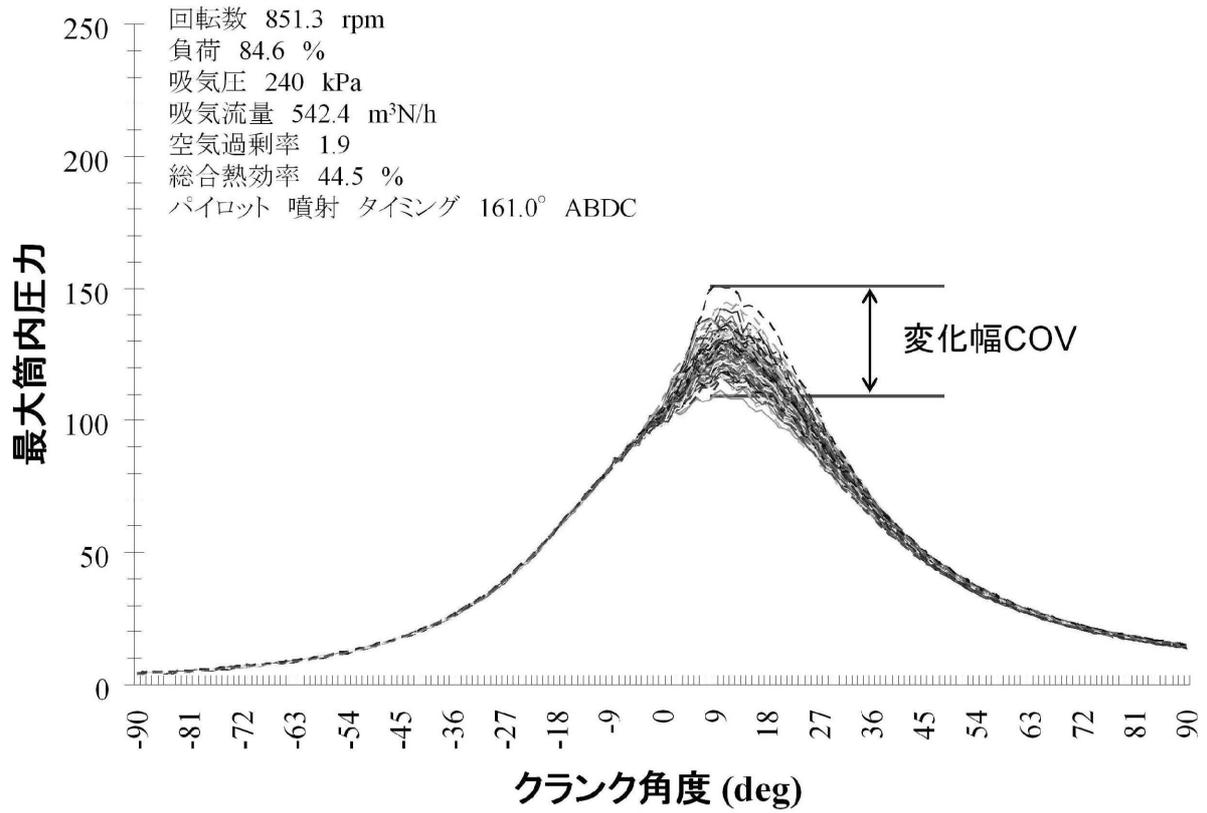
【図 9】



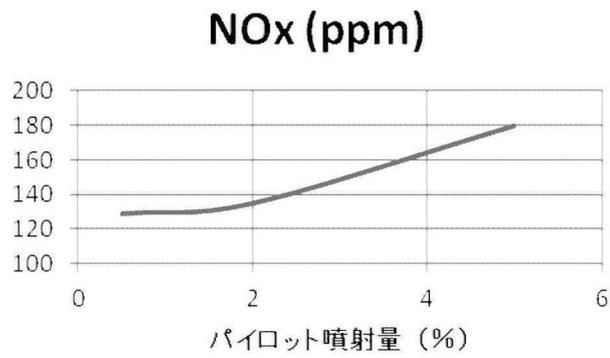
【図 10】



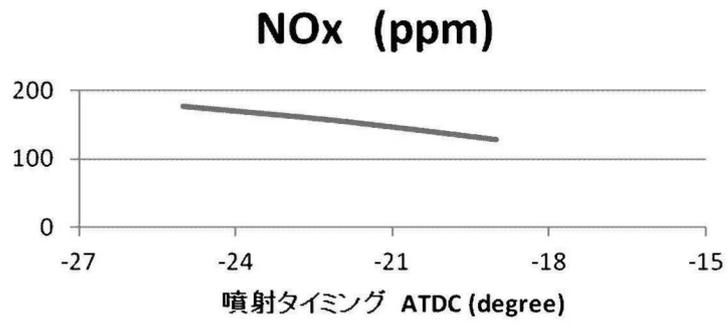
【図 1 1】



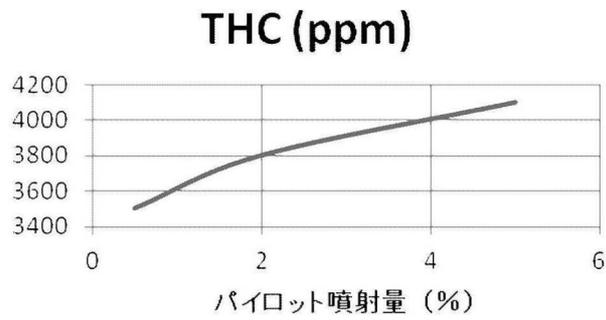
【図 1 3】



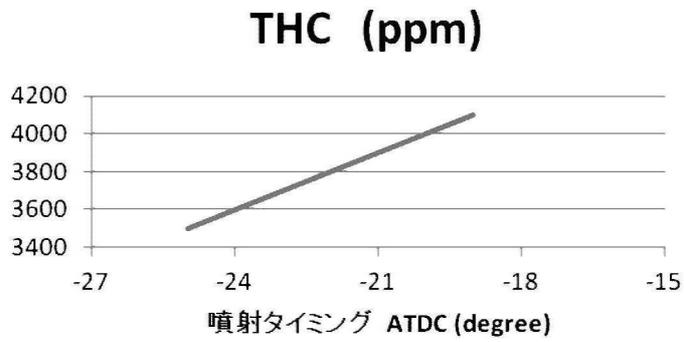
【図 1 4】



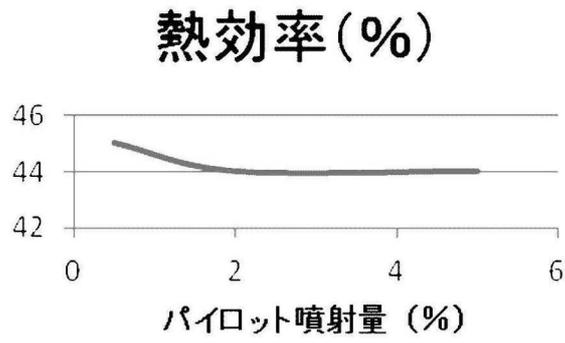
【図 1 5】



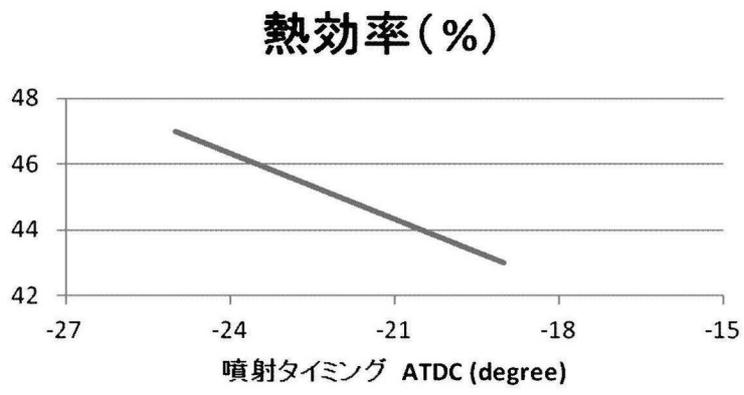
【図 1 6】



【図 17】



【図 18】



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 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	

F ターム(参考) 3G092 AA06 AA09 AB12 BB01 BB06 DE01 DE03 EA01 EA04 HB01Z
HC01Z HC05Z
3G301 HA04 HA18 HA24 LB04 NE01 NE12 PB03Z PC01Z PC08Z