

(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2010-209793

(P2010-209793A)

(43) 公開日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 41/38 (2006.01)	FO2D 41/38 B	3G301
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 364K	3G384
FO2D 41/04 (2006.01)	FO2D 41/04 385C	
FO2D 41/40 (2006.01)	FO2D 41/04 380C	
	FO2D 45/00 360Z	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2009-56785 (P2009-56785)
(22) 出願日 平成21年3月10日 (2009.3.10)

(71) 出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(74) 代理人 110000486
とこしえ特許業務法人
(72) 発明者 新沢 元啓
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(72) 発明者 河本 桂二
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(72) 発明者 江見 雅彦
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

最終頁に続く

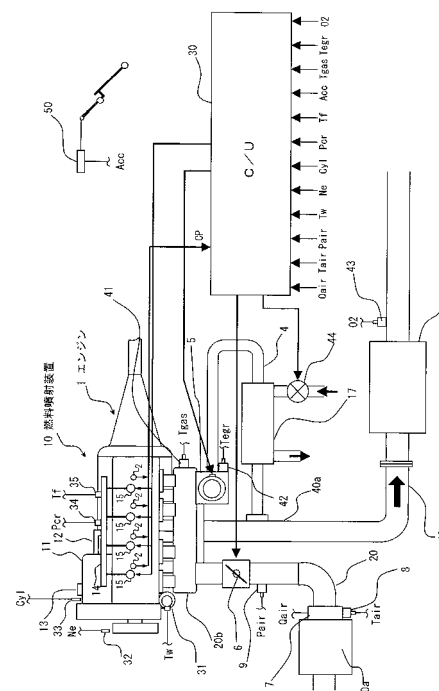
(54) 【発明の名称】 圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置

(57) 【要約】

【課題】 未燃燃料やスモークの発生を抑制できる圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置を提供する。

【解決手段】 主噴射の前に先行噴射を行い、着火前の燃焼室に、前記先行噴射によるストイキよりリーンな混合気と前記主噴射によるストイキよりリッチな混合気を偏在させ、この状態で燃焼を開始させる圧縮着火式内燃機関1の燃焼制御装置30において、吸気酸素濃度を検出する酸素濃度検出手段43と、前記酸素濃度検出手段により検出された酸素濃度に基づいて、前記主噴射の噴射量に対する前記先行噴射の噴射量の割合と、前記先行噴射の噴射時期との少なくとも一方を制御する制御手段30と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主噴射の前に先行噴射を行い、着火前の燃焼室に、前記先行噴射によるストイキよりリッチの混合気と前記主噴射によるストイキよりリッチの混合気を偏在させ、この状態で燃焼を開始させる圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置において、

吸気酸素濃度を検出する酸素濃度検出手段と、

前記酸素濃度検出手段により検出された酸素濃度に基づいて、前記主噴射の噴射量に対する前記先行噴射の噴射量の割合と、前記先行噴射の噴射時期との少なくとも一方を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置において、

前記制御手段は、前記酸素濃度が高いほど前記先行噴射の噴射量の割合を増加させ、前記酸素濃度が低いほど前記先行噴射の噴射量の割合を減少させることを特徴とする圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置において、

前記制御手段は、前記酸素濃度が高いほど前記先行噴射の噴射時期を進角させ、前記酸素濃度が低いほど前記先行噴射の噴射時期を遅角させることを特徴とする圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置において、

燃料のセタン価を検出するセタン価検出手段を備え、

前記制御手段は、前記セタン価検出手段により検出された燃料のセタン価が高いほど前記先行噴射の噴射量の割合を増加させ、及び／又は前記先行噴射の噴射時期を進角させ、前記燃料のセタン価が低いほど前記先行噴射の噴射量の割合を減少させ、及び／又は前記先行噴射の噴射時期を遅角させることを特徴とする圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置において、

前記内燃機関の上死点における筒内温度を検出する圧縮端温度検出手段を備え、

前記制御手段は、前記圧縮端温度検出手段により検出された温度が高いほど前記先行噴射の噴射量の割合を増加させ、及び／又は前記先行噴射の噴射時期を進角させ、前記温度が低いほど前記先行噴射の噴射量の割合を減少させ、及び／又は前記先行噴射の噴射時期を遅角させることを特徴とする圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置において、

前記先行噴射は、前記主噴射が終了するまで低温酸化反応が生じない酸素濃度雰囲気で行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置において、

前記酸素濃度は、12～15%であることを特徴とする圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

圧縮着火式内燃機関において、少量の燃料を主噴射前の上死点近傍で先行噴射させて上死点後に予混合燃焼させ、この先行噴射燃料の燃焼後の膨張行程において、本来圧力及び温度が低下して主噴射だけでは燃焼が安定せず失火するような時期に、燃料を主噴射する

10

20

30

40

50

燃焼制御方法が提案されている（特許文献１）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特許第３６１３６６６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

しかしながら、この燃焼制御方法では、先行噴射燃料の燃焼後の圧縮上死点後に主噴射を実行するため、先行噴射燃料の燃焼によって燃焼室内の温度は上昇するものの、酸素濃度が低下して着火の安定性が相殺される。その結果、着火不良による未燃燃料が増加したり、着火が早過ぎて燃焼が拡散的になりスモークが増加したりするといった問題がある。

【０００５】

本発明が解決しようとする課題は、未燃燃料やスモークの発生を抑制できる圧縮着火式内燃機関の燃焼制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明では、着火前の燃焼室内にストイキよりもリーンな混合気とストイキよりもリッチの混合気とを偏在させ、この偏在状況下で燃焼を開始させる圧縮着火式内燃機関において、吸気の酸素濃度に応じて先行噴射の噴射割合と噴射時期を制御する。

【発明の効果】

【０００７】

本発明によれば、比較的拡散・予混合の遅れている一部の燃えやすい当量比のリーン混合気と、比較的拡散・予混合の進んだ一部の燃えやすい当量比のリッチ混合気とが偏在するので、始めに低温酸化反応による予備燃焼が生じ、その後、燃焼室内で拡散・予混合の進んだリッチ混合気と予備燃焼に使われずに残ったリーン混合気とで主燃焼が生じる。その結果、スモークや未燃燃料の発生を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【図１】本発明の一実施の形態を適用したディーゼルエンジンを示すブロック図である。

【図２】図１のディーゼルエンジンの制御構成を示す機能ブロック図である。

【図３】図１のディーゼルエンジンの燃焼制御手順を示すフローチャートである。

【図４】図１のディーゼルエンジンで行われる、エンジン負荷及びエンジン回転速度に応じた燃焼制御例を示すグラフである。

【図５】図１のディーゼルエンジンで行われる、低温予混合的燃焼に対する通常燃焼におけるクランク角と熱発生率の関係を示すグラフである。

【図６】図１のディーゼルエンジンで行われる、低温予混合的燃焼におけるクランク角と熱発生率の関係を示すグラフである。

【図７】図１のディーゼルエンジンで行われる、エンジン負荷に応じた先行噴射量または先行噴射回数の制御例を示すグラフである。

【図８】図１のディーゼルエンジンで行われる、エンジン負荷及びエンジン回転速度に応じた先行噴射時期の制御例を示すグラフである。

【図９】図１のディーゼルエンジンで行われる、酸素濃度に応じた先行噴射時期の制御例を示すグラフである。

【図１０】軽油の密度に対するセタン価の関係を示すグラフである。

【図１１】図１のディーゼルエンジンで行われる、セタン価に応じた先行噴射時期の制御例を示すグラフである。

【図１２】図１のディーゼルエンジンで行われる、圧縮端温度に応じた先行噴射時期の制御例を示すグラフである。

【図１３】図１のディーゼルエンジンで行われる、酸素濃度を１２％，１７％，２１％と

10

20

30

40

50

した場合の熱発生率を示すグラフである。

【図 1 4】図 1 のディーゼルエンジンで行われる低温予混合的燃焼の混合気の偏在状態を示す燃焼室の断面図である。

【図 1 5】図 1 のディーゼルエンジンで行われる低温予混合的燃焼制御の上死点における当量比分布をコンピュータシミュレーションにより求めたグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

《第 1 実施形態》

以下、本発明の一実施の形態を図面に基づいて説明する。図 1 は、本発明の一実施の形態を適用したディーゼルエンジンを示すブロック図である。

10

【0010】

図 1 に示すように、ディーゼルエンジン（以下、単にエンジンという。）1 は、吸気通路 20 と排気通路 40 を備える。

【0011】

吸気通路 20 の上流側にはエアクリーナ 20 a が設けられ、その下流に吸入空気量 Q_{air} を検出するためのエアフローメータ 7 と、吸気温度 T_{air} を検出するための温度センサ 8 と、吸気圧力 P_{air} を検出するための圧力センサ 9 が配置されている。また、エアクリーナ 20 a と吸気コレクタ 20 b との間の吸気通路 20 には、たとえばステッピングモータで構成されたアクチュエータによって開閉駆動される吸気絞り弁 6 が設けられている。

【0012】

20

一方、排気通路 40 の上流側部分を構成する排気出口通路 40 a の下流には、排気浄化のため、排気中の粒子状物質である PM (Particulate Matter) を捕集するディーゼルパーティキュレートフィルタ 16（以下、DPF 16 と省略する。）が配置されている。なお、DPF 16 に、排気空燃比がリーンのときに排気中の窒素酸化物 NO_x をトラップし、トラップした NO_x を排気空燃比がリッチのときに脱離浄化することのできる NO_x トラップ触媒および貴金属などの酸化触媒を担持させ、流入する窒素酸化物 NO_x 、炭化水素 HC、一酸化炭素 CO などの排気成分を除去する機能を持たせることもできる。

【0013】

吸気通路 20 の吸気コレクタ 20 b と排気出口通路 40 a との間には、排気還流装置としての、排気の一部を還流するための EGR 通路 4 と、EGR 通路 4 の途中に EGR 通路 4 を流れる排気を冷却する EGR クーラ 17 が設けられている。

30

【0014】

EGR クーラ 17 は、比例ソレノイド型の電磁弁やステッピングモータ等で駆動される制御弁などから構成される水量調整装置 44 を有する。なお、水量調整装置に代えて電動ファンなどから構成される水温調整装置を用いることもできる。そして、吸気コレクタ 20 b 内に臨んで設けられる作動ガス温度センサ 41 によって作動ガスの温度が検出され、水量（または水温）を調整することでクーラの冷却効率を変化させて EGR ガス温度を調整し、エンジンに流入する作動ガス温度を制御する。また、EGR 通路 4 の吸気コレクタ 20 b との接続部には、ステッピングモータにより開度が連続的に制御可能な EGR 弁 5 と、吸気コレクタ 20 b に導入される EGR ガス温度を検出する EGR ガス温度センサ 42 が設けられている。

40

【0015】

エンジン 1 の各気筒には筒内圧力を検出する圧力センサ 2 が設けられている。この圧力センサ 2 は燃焼室内に臨むタイプのものや、座金形状のノッキングセンサタイプのものを用いることができる。

【0016】

エンジン 1 の燃料噴射装置 10 は、いわゆるコモンレール式燃料噴射装置であって、サプライポンプ 11 と、コモンレール（蓄圧室）14 と、気筒毎に設けられた燃料噴射弁 15 とを有し、サプライポンプ 11 により加圧された燃料が燃料供給通路 12 を通ってコモンレール 14 に一時的に蓄えられたのち、コモンレール 14 内の高圧燃料が各気筒の燃料

50

噴射弁 15 に分配される。

【0017】

コモンレール 14 には、該コモンレール 14 内の燃料の圧力および温度を検出するために、圧力センサ 34 および温度センサ 35 が設けられている。また、コモンレール 14 内の燃料圧力を制御するために、サプライポンプ 11 からの吐出燃料の一部が圧力制御弁 13 を介して図示しないオーバーフロー通路から燃料供給通路 12 に戻されるように構成され、この圧力制御弁 13 がエンジンコントロールユニット 30 からのデューティ信号に応じてオーバーフロー通路の流路面積を変化させる。これにより、サプライポンプ 11 からコモンレール 14 への実質的な燃料吐出量が調整され、コモンレール 14 内の燃料圧力が制御される。

10

【0018】

燃料噴射弁 15 は、エンジンコントロールユニット 30 からの ON-OFF 信号によって開閉される電子式の噴射弁であって、ON 信号によって燃料を燃焼室に噴射し、OFF 信号によって噴射を停止する。そして、燃料噴射弁 15 へ印加される ON 信号の期間が長いほど燃料噴射量が多くなり、またコモンレール 14 の燃料圧力が高いほど燃料噴射量が多くなる。図 14 に示されるように、燃料噴射弁 15 は燃焼室中央に配置され、その全周からシリンダボア壁方向に向かって燃料噴霧が形成されるように、燃料を噴射する。

【0019】

また、エンジン 1 の適宜位置には、内燃機関の温度を代表するものとして、冷却水の温度を検出する水温センサ 31 が設けられている。

20

【0020】

エンジンコントロールユニット 30 には、圧力センサ 2 からの圧力信号 CP、水温センサ 31 からの冷却水温度信号 Tw、クランク角度検出用クランク角センサ 32 からのクランク角度信号（エンジン回転速度 Ne の基礎となる）、気筒判別用カム角センサ 33 からの気筒判別信号 Cy1、コモンレール 14 の燃料圧力を検出する圧力センサ 34 からのコモンレール圧力信号 Pcr、燃料温度を検出する温度センサ 35 からの燃料温度信号 Tf、負荷に相当するアクセルペダルの踏み込み量を検出するアクセル開度センサ 50 からのアクセル開度（負荷）信号 Acc、エアフローメータ 7 からの吸入空気量信号 Qair、吸気温度センサ 8 からの吸気温度信号 Tair、圧力センサ 9 からの吸気圧力信号 Pair、作動ガス温度センサ 41 からの温度信号 Tgas がそれぞれ入力される。

30

【0021】

また、排気通路 40 の DPF 16 の出口部又は入口部には、酸素濃度 (O_2exh) を検出する酸素濃度センサ又は空燃比センサ 43 が設けられ、酸素濃度センサ又は空燃比センサ 43 は、たとえば酸素イオン伝導性固体電解質を用いて、排気中の酸素濃度を検出するものを用いることができる。これらの信号もエンジンコントロールユニット 30 に入力されている。

【0022】

エンジンコントロールユニット 30 は、これらの入力信号に基づいて、燃料噴射の噴射量及び噴射時期制御のための圧力制御弁 13 へのオーバーフロー通路の開度指令信号や燃料噴射弁 15 への燃料噴射指令信号、吸気絞り弁 6 への開度指令信号、EGR 弁 5 への開度指令信号、水量調整装置 45 への水量調整信号等を出力する。

40

【0023】

次に、本例の燃焼制御を説明する。

【0024】

図 3 はエンジンコントロールユニット 30 によって行われる燃焼制御を示すフローチャートであり、主噴射終了から主燃焼開始までの期間 MPI（予混合制御期間）と、予混合制御期間目標値との偏差 ($dMPI$) に基づいて、主燃焼の着火時期制御を行うものである。なお、図 2 はその機能ブロック図、図 4 はエンジン負荷及びエンジン回転速度に応じた燃焼制御例を示すグラフ、図 5 は本例の低温予混合的燃焼に対する通常燃焼におけるクランク角に対する熱発生率を示すグラフ、図 6 は本例の低温予混合的燃焼におけるクラン

50

ク角と熱発生率の関係を示すグラフ、図 7 はエンジン負荷及びエンジン回転速度に応じた先行噴射量または先行噴射回数の制御例を示すグラフ、図 8 はエンジン負荷及びエンジン回転速度に応じた先行噴射時期の制御例を示すグラフ、図 9 は本例の酸素濃度に応じた先行噴射時期の制御例を示すグラフ、図 10 は軽油の密度に対するセタン価の関係を示すグラフ、図 11 は本例のセタン価に応じた先行噴射時期の制御例を示すグラフ、図 12 は本例の圧縮端温度に応じた先行噴射時期の制御例を示すグラフ、図 13 は酸素濃度を 12%、17%、21%とした場合の熱発生率を示すグラフ、図 14 は本例の低温予混合的燃焼の混合気の偏在状態を示す燃焼室の断面図、図 15 は本例の低温予混合的燃焼制御の上死点における当量比分布をコンピュータシミュレーションにより求めたグラフである。

【0025】

図 3 のステップ S100 では、筒内圧力 CP 、吸入空気量 Q_{air} 、吸入空気温度 T_{air} 、吸入空気圧力 P_{air} 、水温 T_w 、エンジン回転速度 N_e 、気筒判別信号 Cyl 、コモンレール圧力 P_{cr} 、燃料温度 T_f 、アクセル開度 Acc 、吸入されるガス温度 T_{gas} 、EGR 温度 T_{egr} 、酸素センサ／空燃比センサ 43 による酸素濃度 O_{2exh} に対応する信号をそれぞれ読み込む。

【0026】

ステップ S200 では、エンジン回転速度 N_e 、アクセル開度 Acc 、および水温 T_w 等から現在の回転速度と負荷、エンジンの温度状態を検出する（図 2 の運転条件検出手段に相当する）。

【0027】

ステップ S300 では、コモンレール 14 による燃料噴射の目標値を算出し、燃料噴射弁 15 の駆動制御を実行する。この燃料噴射弁 15 の駆動制御は、圧力制御と噴射時期制御から構成され、まず圧力制御を行う。

【0028】

コモンレール 14 の圧力制御は、エンジン回転速度 N_e とアクセル開度 Acc とをパラメータとして、エンジンコントロールユニット 30 の ROM に予め記憶されている所定のマップを検索することにより、コモンレール 14 の目標基準圧力 P_{cr0} を求め、この目標基準圧力 P_{cr0} が得られるように圧力制御弁 13 のフィードバック制御を実行する。次いで燃料の噴射時期制御を行う。

【0029】

たとえばエンジン回転速度 N_e とアクセル開度 Acc をパラメータとして、先行燃料噴射量 Q_{pilot} 、主燃料噴射量 Q_{main} 、コモンレール圧力（噴射圧力） P_{cr} 、先行噴射期間 P_{period} 、主噴射期間 M_{period} 、主噴射開始時期 M_{IT} 、先行噴射開始時期 P_{IT} 、そして先行噴射間隔 d_{IT} 等を、エンジンコントロールユニット 30 の ROM に予め記憶されている所定のマップデータを検索してそれぞれ求める。

【0030】

そして、先行噴射量 Q_{pilot} 、主燃料噴射量 Q_{main} が供給されるように、クランク角度検出用クランク角センサ 32 のクランク角度信号および気筒判別用カム角センサ 33 の気筒判別信号 Cyl に基づいて、先行噴射開始時期 P_{IT} より P_{period} の期間、主噴射開始時期 M_{IT} より M_{period} の期間、噴射すべき気筒の燃料噴射弁 15 を開弁駆動する。

【0031】

ステップ S400 では、エンジン回転速度 N_e とアクセル開度 Acc とから、図 4 に示すように、予め定められた通常燃焼許可領域 A、EGR 許可領域でかつ予混合燃焼許可領域 B、EGR 許可領域でかつ通常燃焼許可領域 C、EGR 不許可領域 D のいずれかであるかを判定する（図 2 の燃焼領域判定手段に相当する）。

【0032】

なお、エンジン回転速度とエンジン負荷が、図 4 に示す中負荷領域である予混合燃焼許可領域 B にある場合は、図 7 に示す先行噴射の噴射量または噴射回数と図 8 に示す先行噴射の時期（又は主噴射との噴射間隔）をそれぞれ制御し、図 6 に示す低温予混合的燃焼のための先行噴射が少なくとも 1 回以上実行される。これに対して、エンジン回転速度とエ

10

20

30

40

50

ンジン負荷が、図 4 に示す通常燃焼許可領域 A または C にある場合は、図 5 に示すような通常燃焼となるように先行噴射を制御する。通常燃焼では、図 6 の低温予混合的燃焼に対して、先行噴射の噴射量割合が少なく、先行噴射の噴射時期が遅く、燃焼室内の酸素濃度が高くされる。通常、先行噴射の噴射量割合は 10 % 程度、先行噴射の噴射時期は上死点前 10 ° 付近、燃焼室内の酸素濃度は 18 % 程度である。

【0033】

ステップ S 500 では、ステップ S 400 で判定された燃焼領域が EGR 許可領域でかつ予混合燃焼許可領域 B であれば、酸素センサ／空燃比センサ 43 により酸素濃度を検出する（図 2 の酸素濃度検出手段に相当する）。

【0034】

図 6 に示すように、本例の低温予混合的燃焼制御（予混合燃焼許可領域 B で実行される制御）では、先行噴射と主噴射により噴射すべき大部分の燃料が噴射された後に、低温酸化反応による予備燃焼が発現し、引き続き高温酸化反応による主燃焼が発現する。

【0035】

本例の低温予混合的燃焼制御では、燃焼室内は、主噴射が終了するまで低温酸化反応が生じない程度の低酸素濃度の雰囲気とされる。このような低温酸素濃度雰囲気の下において、先行噴射によりストイキよりリーンの混合気を燃焼室に形成したのち、主噴射によりストイキよりリッチの混合気を燃焼室に形成し、これによりリーン混合気とリッチ混合気を偏在させる。すなわち先行噴射によって形成されたリーンな混合気と主噴射によって形成された比較的リッチな混合気が二極的に混在する状態で着火・燃焼が開始される（図 2 の当量比分布形成手段に相当する）。

【0036】

燃焼室内の酸素濃度、または燃焼室内に吸入される吸気の酸素濃度は、主噴射が終了するまで低温酸化反応が生じない程度の低濃度であり、本例の低温予混合的燃焼では 12 ~ 15 % であることが望ましい。こうした酸素濃度の制御は、たとえば EGR 率を制御することで行うことができる（図 2 の燃焼温度低下手段に相当する）。

【0037】

図 13 は EGR 率を変えることにより酸素濃度を 12 %、17 %、21 %（21 % の場合は EGR 無し）とした場合の熱発生率を示すグラフであり、酸素濃度が 12 % の場合は主噴射が終了するまで低温酸化反応は生じていないが、酸素濃度が 17 % の場合は主噴射の途中から、21 % になると主噴射の前から低温酸化反応が生じている。

【0038】

主噴射が終了する前に熱発生（酸化反応）が生じると、主噴射の噴霧燃料が噴射直後から拡散的に燃焼してスモークの生成を助長する可能性がある。酸素濃度を 12 ~ 15 % に低く抑えたことで、主噴射の途中（あるいは以前）の時点で、燃焼室内に存在する混合気の低温酸化反応が生じないようにしている。このような酸素濃度の範囲は、後述の混合気形成（燃料噴射時期と燃料噴射量の設定）と合せて、さらに良好な燃焼を生じさせることができるようになる。

【0039】

低温予混合的燃焼では、始めに、燃焼室内に偏在させられた先行噴射によるストイキよりもリーンの混合気のうち、比較的拡散・予混合の遅れている一部の燃えやすい当量比のリーン混合気と、同じく燃焼室内に偏在させられた主噴射によるストイキよりもリッチの混合気のうち、比較的拡散・予混合の進んでいる一部の燃えやすい当量比のリッチ混合気とによって、低温酸化反応による予備燃焼が生じる。その後、予備燃焼の終了直後より、予備燃焼に使われずに残り、燃焼室内で拡散・予混合の進んだ、主噴射によるストイキよりもリッチの混合気と、先行噴射によるストイキよりもリーンの混合気とによって、高温酸化反応による主燃焼が生じる。

【0040】

主燃焼は、予備燃焼に引き続いて生じるため、着火性が安定する。主噴射によるリッチ混合気の主燃焼は拡散的ではあるものの、主燃焼を生じる頃には拡散・予混合が進んでい

10

20

30

40

50

るため、スモークの生成が抑制される。主噴射によるリッチ混合気の燃焼が拡散的であることに加え、主燃焼は、先行噴射で形成されたリーン混合気の穏やかな燃焼をも伴うので、急峻性が抑えられた燃焼騒音の少ないものとなる。先行噴射で形成されたリーン混合気は、拡散・予混合が進んではいるものの、主燃焼を生じる頃には十分にリーン化しているため、上述の低酸素濃度雰囲気の下でその燃焼は穏やかなものとなる。このように低温予混合的燃焼では燃焼温度を低く抑えることができるため、 NO_x の生成排出を抑制することができる。

【0041】

本例の低温予混合的燃焼の先行噴射は、ストイキよりリーンの混合気が燃焼開始時期（主噴射終了時期）に多く形成されるように、クランク角度 $60^\circ \text{BTDC} \sim 30^\circ \text{BTDC}$ の時期に実行され、主噴射に対する先行噴射の噴射量は $20 \sim 40\%$ であることが望ましい。このような燃料噴射時期と燃料噴射量の設定により、熱発生（酸化反応の発現）を生じる時期の燃焼室内には、ストイキよりリーンな混合気とストイキよりリッチな混合気とがそれぞれ燃焼室内に均質化することなく偏在し、さらに燃料成分が到達せずに混合気とならない（吸入空気のままの）空間が形成される（ボア壁付近等）。

【0042】

先行噴射の噴射時期は、クランク角度 $60^\circ \text{BTDC} \sim 30^\circ \text{BTDC}$ とされるので、先行噴射によるストイキよりリーンな混合気は、主噴射によるストイキよりリッチな混合気が形成される時期においても、燃焼室内全体にまでは拡散することなく、燃焼室内でボア壁に触れないように偏在して存在する。このような噴射時期に比較的多くの噴射量で先行噴射を実行することで、燃料成分が直接ボア壁に触れ易くなったり燃焼室の隅部（エンド部）にできた混合気が燃焼不良を生じたりしないようにして、燃料によるオイル希釈や未燃焼燃料の排出を防ぎつつ、しかしながら燃焼の急峻性低減に寄与するリーン混合気を多く形成することができる。先行噴射の噴射量は全体の $20 \sim 40\%$ と比較的多くしつつも、噴射時期をクランク角度 $60^\circ \text{BTDC} \sim 30^\circ \text{BTDC}$ としたので、先行噴射燃料の拡散・予混合が進み、燃えやすい当量比の混合気が過剰に存在しないようにすることができ、上術の低酸素濃度雰囲気になっていることと合わせ、低温酸化反応を主噴射終了後になって発現させることができる。

【0043】

主噴射の噴射時期は、上死点の近傍、特に上死点直前に噴射を終了することが望ましい。このようにすると上死点以後、中でも上死点直後より低温酸化反応が生じ、その後のピストンが降下（燃焼室容積が拡大）する状況で主燃焼である高温酸化反応が生じるので、燃焼の急峻さが緩和されスモークの発生が抑制されるとともに、熱エネルギーから仕事への変換の効率を高めることができる。

【0044】

図14は本例の低温予混合的燃焼における混合気の偏在状態を示す燃焼室の断面図、図15は同じく低温予混合的燃焼制御を行なった場合の上死点における当量比分布をコンピュータシミュレーションにより求めたグラフであり、先行噴射を行わない燃焼制御の場合を比較例として示す。

【0045】

本例の先行噴射によるリーン混合気は、クランク角 30°BTDC 以前に噴射される一方で主噴射によるリッチ混合気は上死点近傍で噴射される。したがって、図14に示すようにリーンな混合気とリッチな混合気とが一部が重なり合った状態で偏在することになる。つまり、熱発生（酸化反応の発現）を生じる時期の燃焼室内には、ストイキよりリーンな混合気とストイキよりリッチな混合気とがそれぞれ燃焼室内に均質化することなく偏在する。そして、燃料成分が到達せずに混合気とならない（吸入空気のままの）空間が形成される（ボア壁付近等）。先行噴射の燃料噴霧は、ピストン冠面キャビティ外側部分の上空へも到達するが、ボア壁には到達しないようにしているので、上死点付近でピストン冠面キャビティ外側部分と燃焼室の天井（シリンダヘッド面）に挟まれたときも、殆どが隅部（エンド部）に残ることなくキャビティ内側に戻されて、オイル希釈や未燃焼燃料の排

出が抑制される。

【0046】

また、図15に示すように、本例の低温予混合的燃焼制御によれば、当量比が1以下のリーンな混合気と、当量比が3以上のリッチな混合気とが、ともに所定当量比のピークと量的分布のかたまりを持って偏在していることが確認できる。

【0047】

先行噴射と主噴射とを合わせたトータルの燃料噴射量はエンジン負荷によって制御するが、トータルの燃料噴射量が増加することで先行噴射の噴射量が増加する場合やトータルの燃料噴射量は同じであるが主噴射との噴射量割合が調整されて先行噴射の噴射量が増加した場合は、先行噴射の噴射時期を進角させることが望ましい。これにより局所的に濃い混合気ができるのを防いで、先行噴射による混合気の熱発生が主噴射終了までに生じるのを防止しつつ、多くのリーン混合気を形成することができる。

【0048】

ここで、先行噴射によるリーンな混合気の形成を増加させて燃焼騒音の低減効果を高めるため、図7に示すように負荷の増大に伴って先行噴射量は増加させ、図8に示すように先行噴射の噴射開始時期を進角させることが望ましい。

【0049】

本例の先行噴射は、HCCI (Homogeneous-Charge Compression Ignition: 予混合圧縮着火) 燃焼のようにシリンダ内壁に燃料噴霧が直接衝突し付着してしまうような早期に燃料噴射が実行されるものではなく、また従来の拡散燃焼を基本とする先行噴射のように主噴射に近づけて噴射されるものでもない。先行噴射の開始時期は、先行噴射燃料の殆どがピストンキャビティ内に噴射されるタイミングで行われるのが望ましいが、シリンダ内壁への燃料噴霧の衝突をより確実に防止するため、噴射回数を負荷の増大に伴って増加させ、これによりペネトレーションを低下させることも有効である。

【0050】

図3に戻り、ステップS600では、酸素濃度の目標値を算出する(図2の酸素濃度目標値算出手段に相当する)。つまり、主噴射燃料の着火時期において、燃焼室内に適度にリーン化された先行噴射燃料の混合気と、リーン化されすぎない主噴射燃料の混合気が二極的に存在する場合の吸気の酸素濃度を、エンジン回転速度 N_e とアクセル開度 A_{cc} とをパラメータとして、エンジンコントロールユニット30のROMに予め記憶させておいたマップデータから検索して求める。

【0051】

なお、筒内に吸入される酸素濃度 O_{2int} は、予め定められたシリンダ吸入作動ガス流量 Q_{cyl} と吸入空気量 Q_{air} とから下記式1~3を用いてEGR流量 Q_{egr} を求めても簡略的に算出することができる。

【0052】

〔式1〕 $V_{egr} = V_{cyl} - V_{air}$ 1サイクル・1気筒の流量

〔式2〕 $Q_{egr} = Q_{cyl} - Q_{air}$ 回転速度 N_e (rpm)における流量

〔式3〕 $O_{2int} = (21 \times Q_{air} + O_{2exh} \times Q_{egr}) / Q_{cyl}$

次のステップS700では、ステップS500にて検出した酸素濃度と、ステップS600にて算出した酸素濃度目標値との偏差 dO_2 に基づいて、着火制御を行う(図2の着火制御手段に相当する)。

【0053】

具体的には、図9に示すように酸素濃度目標値が酸素濃度検出値よりも小さい場合は、着火性が高くなるので先行噴射の噴射時期を早めて着火時期を目標時期に合わせる。逆に、酸素濃度目標値が酸素濃度検出値よりも大きい場合は、着火性が低くなるので先行噴射の噴射時期を遅らせて着火時期を目標時期に合わせる。

【0054】

またこの先行噴射の噴射時期の制御に加えて若しくはこれに代えて、先行噴射の主噴射に対する噴射割合を制御することで着火時期を目標とする時期に制御することができる。

すなわち、酸素濃度目標値が酸素濃度検出値よりも小さい場合は、着火性が高くなるので先行噴射の噴射割合を小さくして着火時期を目標時期に合わせる。逆に、酸素濃度目標値が酸素濃度検出値よりも大きい場合は、着火性が低くなるので先行噴射の噴射割合を大きくして着火時期を目標時期に合わせる。

【0055】

さらに、上述した先行噴射の噴射時期および／または噴射割合の制御に加えて、燃料である軽油のセタン価に応じて制御することもできる。軽油の密度とセタン価とは図10に示すような相関関係があることから、図10のような軽油の密度に応じてセタン価が決定されるマップデータを記憶しておき、エアフローメータ7による吸入空気量を空燃比センサ43による空燃比で除すことで軽油の実燃料供給重量を求め、この実燃料供給重量を、圧力センサ34によるコモンレール圧力とエンジンコントロールユニット30による開弁信号から得られる燃料供給量で除すことで、実際に使用されている軽油の実密度が求められる。この実密度と図10に示すマップデータとから実際に使用されている軽油のセタン価を検出することができる。

10

【0056】

そして、セタン価が高いほど着火性が高く、セタン価が低いほど着火性は低い。したがって、図11に示すように、基準となるセタン価をセタン価目標値として設定しておき（横軸の0）、セタン価目標値がセタン価検出値よりも小さい場合は着火性が高くなるので、先行噴射の噴射時期を進角させ、および／または先行噴射の噴射割合を小さくして、着火時期を目標時期に合わせる。逆に、セタン価目標値がセタン価検出値よりも大きい場合は着火性が低くなるので、先行噴射の噴射時期を遅角させ、および／または先行噴射の噴射割合を大きくして、着火時期を目標時期に合わせる。

20

【0057】

さらに、上述した先行噴射の噴射時期および／または噴射割合の制御に加えて、ピストン上死点である圧縮端の温度に応じて制御することもできる。圧縮端の温度は圧力センサ2による圧縮端の圧力と吸気量とから気体の状態方程式を用いて演算により求めることができる。

【0058】

そして、圧縮端の温度が高いほど着火性が高く、圧縮端の温度が低いほど着火性は低い。したがって、図12に示すように、基準となる圧縮端温度 T を圧縮端温度目標値として設定しておき（横軸の0）、圧縮端温度目標値が圧縮端温度検出値よりも小さい場合は着火性が高くなるので、先行噴射の噴射時期を進角させ、および／または先行噴射の噴射割合を小さくして、着火時期を目標時期に合わせる。逆に、圧縮端温度目標値が圧縮端温度検出値よりも大きい場合は着火性が低くなるので、先行噴射の噴射時期を遅角させ、および／または先行噴射の噴射割合を大きくして、着火時期を目標時期に合わせる。

30

【0059】

以上のとおり、本例の燃焼制御では、低酸素濃度雰囲気とした着火前の燃焼室内に、ストイキよりリーンな混合気とストイキよりリッチな混合気を偏在させ、この偏在する状況下において燃焼を開始させる。

【0060】

この低温予混合的燃焼においては、先行噴射によるリーン混合気の中では比較的拡散・予混合の遅れている一部の燃え易い当量比のリーン混合気と、主噴射燃料の中で比較的拡散・予混合の進んだ一部の燃えやすい当量比の混合気とが、図4に示すように上死点付近で低温酸化反応を生じせしめて予備燃焼を形成する。

40

【0061】

これによって燃焼室内の温度と圧力が上昇すると、主噴射燃料によるリッチ混合気の高温酸化反応が始まる。予備燃焼が終了する頃には、主噴射燃料は燃焼室内における拡散・予混合も進んでいるため、比較的燃え易い当量比のリッチ混合気となって、高温酸化反応（拡散的燃焼）が生じ始める。

【0062】

50

主噴射燃料によるリッチ混合気の高温酸化反応（拡散的燃焼）は、予備燃焼で燃焼しなかった残りのリーン混合気の燃焼（予混合的燃焼）をも生じさせるので、主燃焼はこれらリッチ混合気の燃焼とリーン混合気の燃焼、すなわち拡散的燃焼と予混合的燃焼が混在して構成される。

【0063】

主燃焼を構成する主噴射燃料はリッチ混合気であって、拡散的燃焼が主体となるが、比較的拡散・予混合化が進んでいるのでスモークを抑えることができる。また拡散的燃焼が主体であるため燃焼の急峻性、すなわち燃焼騒音も緩和される。

【0064】

一方で、主燃焼を構成するもう1つの混合気である先行噴射によるリーン混合気は、燃焼が穏やかであり、これらが併存することで全体としても燃焼騒音を低下させ、燃焼温度も低下するのでさらにNO_xを低減することができる。

【0065】

そして、リッチ混合気の燃焼に伴いリーン混合気の燃焼が促され、リーン混合気の燃え残りによる未燃HC排出という問題を招くこともない。

【0066】

つまり、先行噴射燃料によるリーン混合気の中では比較的拡散・予混合の遅れている一部の燃え易い当量比のリーン混合気と、主噴射燃料の中で比較的拡散・予混合の進んだ一部の燃えやすい当量比の混合気によって、上死点付近で低温酸化反応を生じて予備燃焼を生じさせ、その後、燃焼室内で拡散・予混合の進んだ主噴射によるリッチ混合気と予備燃焼に使われず残った先行噴射によるリーン混合気とで主燃焼が行われる。

【0067】

そして、NO_xを低下させるため酸素濃度を大幅に低下させた際に、ストイキをはさんで当量比を濃淡分布させた上で着火する（燃焼が始まる）ようにしたので、リッチ混合気が確実に着火して、着火不良による未燃HCを低減することができる。

【0068】

一方、淡混合気を分布させるための先行噴射を従来の先行噴射より早い時期に行なうことによって、先行噴射による混合気が上死点前に燃え易い当量比になるのを防ぎ、先行噴射燃料が早い時期に着火して主噴射の噴射時期に火種になるのを抑え、主噴射燃料の拡散的な燃焼を抑制することができる。

【0069】

また、酸素濃度は大幅に低下しているので、予混合燃焼する濃混合気の燃焼急峻性を緩和することができ、さらに濃淡当量比の混合気が並存するため、濃混合気の予混合燃焼が急峻であっても、淡混合気の緩慢な燃焼がトータルとしての燃焼の急峻性を抑えて燃焼騒音を低減する。

【0070】

一方で、淡混合気の燃焼が不完全になる傾向があるが、濃混合気の比較的急峻な燃焼が相殺して淡混合気の燃焼を促進させるため、燃焼が不完全になるのを防止することができる。

【0071】

また、NO_xが上昇した場合には、先行噴射の割合%を増やし、かつその噴射時期を進角させることで、NO_xを抑制することができる。一方、そのような状況にならなければ、先行噴射を少なく抑えて、その噴射時期を遅角させることで、未燃HCの発生を抑制することができる。

【0072】

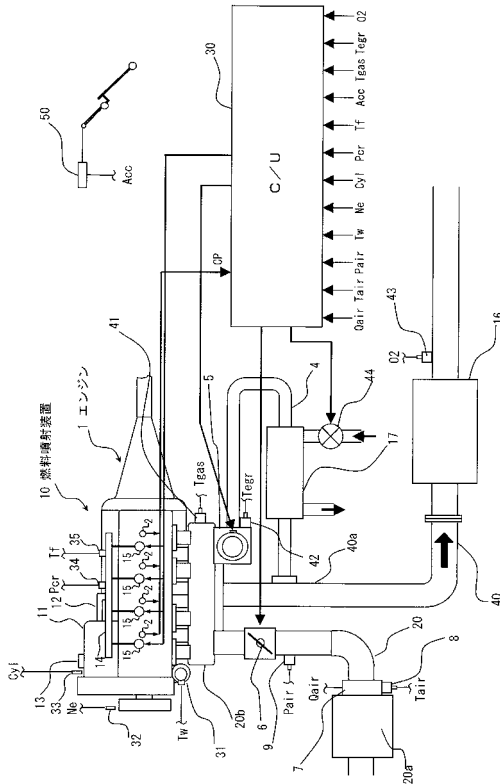
なお、本発明に係る酸素濃度検出手段は酸素センサ／空燃比センサ43及びEGR弁5が相当し、本発明に係る制御手段はエンジンコントロールユニット30が相当し、本発明に係るセタン価検出手段はエアフローメータ7、圧力センサ34及び燃料噴射弁15が相当し、本発明に係る圧縮端温度検出手段は圧力センサ2が相当する。

【符号の説明】

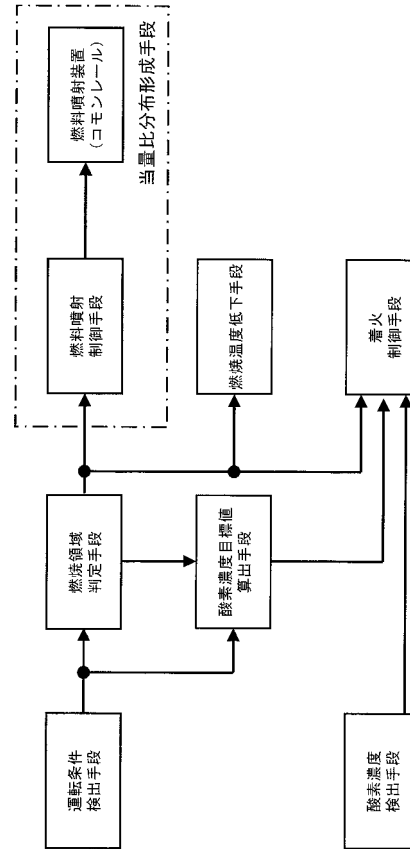
【 0 0 7 3 】

1 …ディーゼルエンジン	
2 …圧力センサ	
4 …E G R 通路	
5 …E G R 弁	
6 …吸気絞り弁	
7 …エアフローメータ	
8 …温度センサ	
9 …圧力センサ	
1 1 …サプライポンプ	10
1 2 …燃料供給通路	
1 3 …圧力制御弁	
1 4 …コモンレール（蓄圧室）	
1 5 …燃料噴射弁	
1 6 …ディーゼルパティキュレートフィルタ D P F	
1 7 …E G R クーラ	
2 0 …吸気通路	
2 0 a …エアクリーナ	
2 0 b …吸気コレクタ	
3 0 …エンジンコントロールユニット	20
3 1 …水温センサ	
3 2 …クランク角度検出用クランク角センサ	
3 3 …気筒判別用クランク角センサ	
3 4 …圧力センサ	
3 5 …温度センサ	
4 0 …排気通路	
4 0 a …排気出口通路	
4 1 …作動ガス温度センサ	
4 2 …E G R ガス温度センサ	
4 3 …酸素センサ／空燃比センサ	30
4 4 …水量調節装置	
5 0 …アクセル開度センサ	

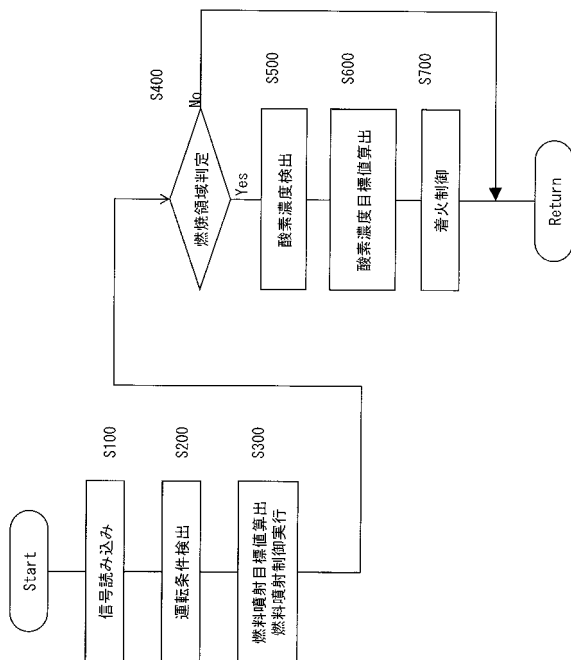
【図 1】



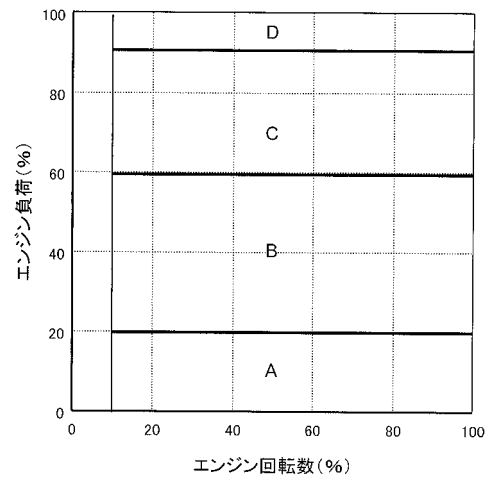
【図 2】



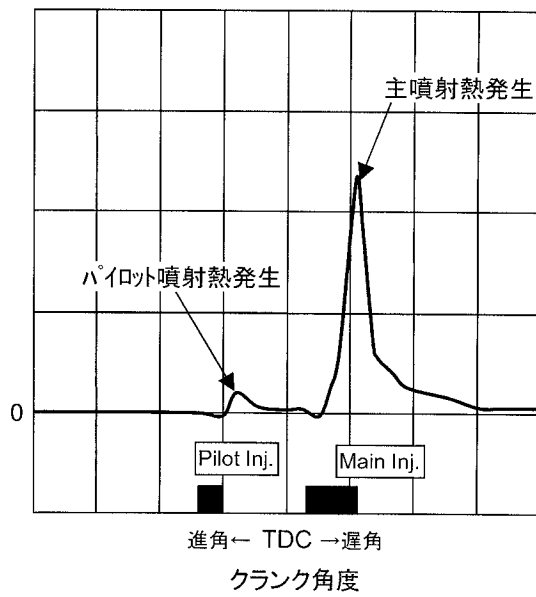
【図 3】



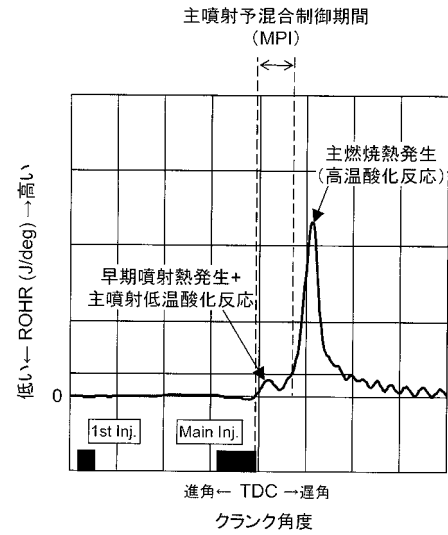
【図 4】



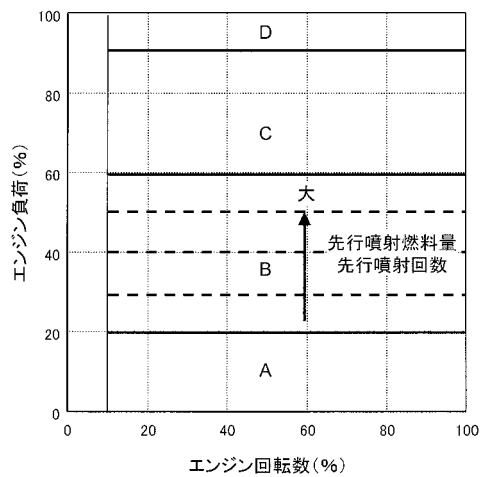
【図 5】



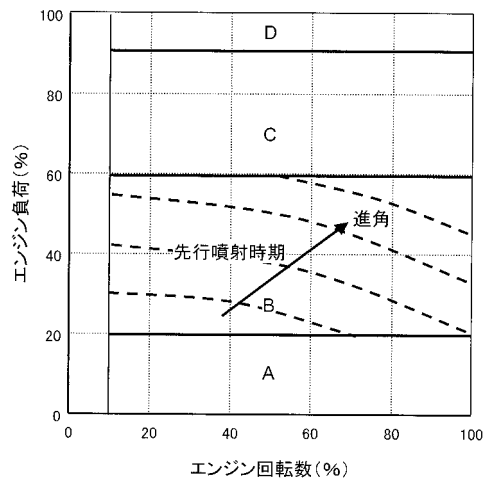
【図 6】



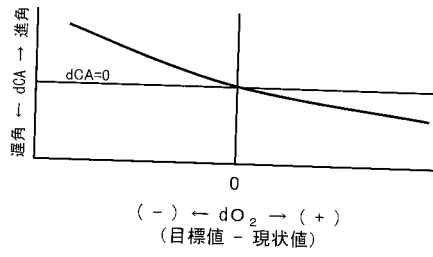
【図 7】



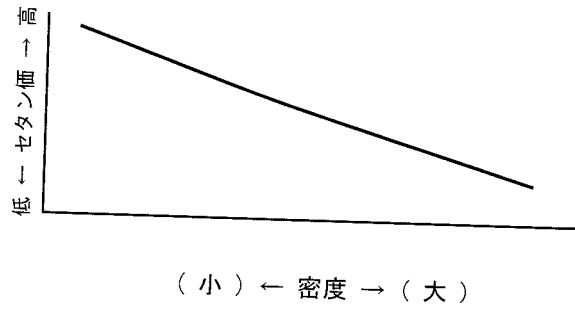
【図 8】



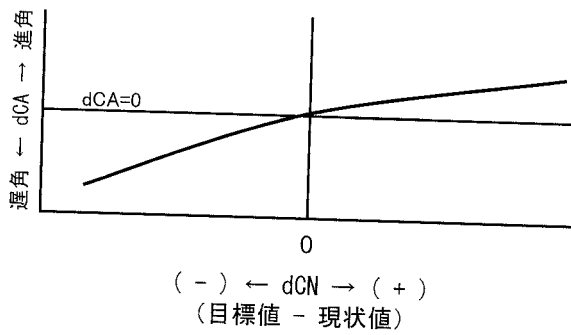
【図 9】



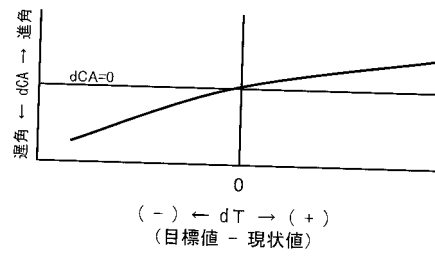
【図 10】



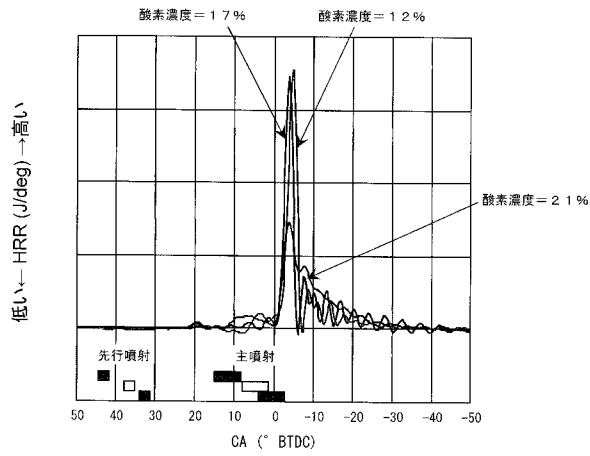
【図 11】



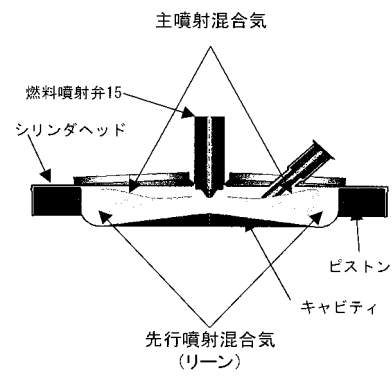
【図 12】



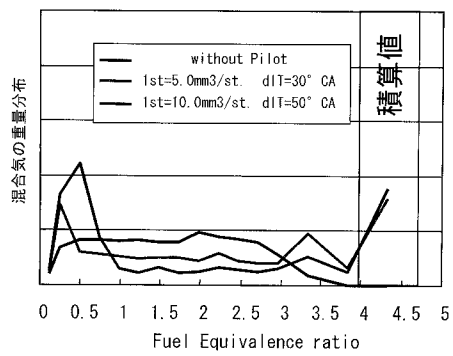
【図 13】



【図 14】



【図 15】



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 41/40	C
	F 0 2 D 41/40	D

(72)発明者 今岡 佳宏

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会社内

F ターム (参考) 3G301 HA02 HA13 JA24 JA26 KA06 KA23 LB11 MA18 MA27 NC02
ND01 NE01 NE11 PA01Z PA07Z PA10Z PB01Z PB02Z PB08Z PC01Z
PD02Z PD11Z PE01Z PE05Z PE08Z PF03Z
3G384 AA03 BA18 BA19 CA04 CA16 DA14 EA01 EB01 EB03 EE31
FA01Z FA06Z FA08Z FA15Z FA16Z FA20Z FA21Z FA29Z FA40Z FA45Z
FA56Z FA62Z FA86Z