

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3613018号
(P3613018)

(45) 発行日 平成17年1月26日(2005.1.26)

(24) 登録日 平成16年11月5日(2004.11.5)

(51) Int. Cl.⁷

F I

FO2D 41/02	FO2D 41/02	325A
FO2B 17/00	FO2D 41/02	325F
FO2D 41/04	FO2B 17/00	F
FO2D 41/06	FO2D 41/04	335B
FO2D 41/34	FO2D 41/06	305

請求項の数 8 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-223436
 (22) 出願日 平成10年8月6日(1998.8.6)
 (65) 公開番号 特開2000-54882(P2000-54882A)
 (43) 公開日 平成12年2月22日(2000.2.22)
 審査請求日 平成14年8月2日(2002.8.2)

(73) 特許権者 000003137
 マツダ株式会社
 広島県安芸郡府中町新地3番1号
 (74) 代理人 100067828
 弁理士 小谷 悦司
 (74) 代理人 100075409
 弁理士 植木 久一
 (74) 代理人 100099955
 弁理士 樋口 次郎
 (72) 発明者 工藤 秀俊
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
 株式会社内
 (72) 発明者 山下 洋幸
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内噴射式エンジンの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

排気通路に排気ガス浄化用の触媒を備えるとともに、燃焼室内に直接燃料を噴射するインジェクタを備えた筒内噴射式エンジンにおいて、上記触媒の温度状態を判別する温度状態判別手段と、エンジンの負荷状態を検出する負荷状態検出手段と、上記インジェクタからの燃料噴射を制御する燃料噴射制御手段とを備え、この燃料噴射制御手段は、上記温度状態判別手段による判別及び上記負荷状態検出手段による検出に基づき、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態にあるときに、暖機促進制御として、エンジンの低負荷側の所定運転領域で上記インジェクタからの燃料噴射を圧縮行程で一括に行なわせ、エンジンの高負荷側の運転領域では、燃料噴射形態を、吸気行程の期間内の早期噴射と圧縮行程の期間内の後期噴射とからなる吸気・圧縮分割噴射とし、さらに、インジェクタからの燃料噴射を圧縮行程で一括に行なわせる低負荷側の運転領域と吸気・圧縮分割噴射を行なわせる高負荷側の運転領域との間の運転領域で、圧縮行程の期間中に分割噴射を行なわせるようにインジェクタを制御することを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

10

【請求項2】

暖機促進制御時に、燃焼室全体の空燃比が13～17の範囲になるようにインジェクタから噴射される全燃料量を設定しつつ、圧縮行程での一括噴射から吸気・圧縮分割噴射までにわたる各噴射形態での燃料噴射を行なわせることを特徴とする請求項1記載の筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項3】

20

暖機促進制御時に、圧縮行程での一括噴射から吸気・圧縮分割噴射までの各噴射形態の燃料噴射を、燃焼室内の混合気の濃度が点火プラグまわりで理論空燃比もしくはこれよりリッチとなり、その周囲で理論空燃比よりリーンとなるように行わせることを特徴とする請求項2記載の筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項4】

暖機促進制御時のエンジン負荷の増大に応じた燃料噴射形態の切替わりは、燃焼室内の周辺部の混合気の濃度を、理論空燃比よりもリーンとなる範囲でリッチ側に变化させるものであることを特徴とする請求項3記載の筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項5】

暖機促進制御時のエンジン負荷の増大に応じた燃料噴射形態の切替わりは、点火プラグまわりの混合気の濃度を、理論空燃比もしくはこれよりリッチとなる範囲でリーン側に变化させるものであることを特徴とする請求項3または4記載の筒内噴射式エンジンの制御装置。

10

【請求項6】

暖機促進制御時に所定運転領域で行う圧縮行程での一括噴射は、所定運転領域内でのエンジン負荷の増大につれて噴射タイミングを進角させるようになっていることを特徴とする請求項3乃至5のいずれかに記載の筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項7】

暖機促進制御時にエンジンの点火時期を所定量リタードさせる点火時期制御手段を備えたことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の筒内噴射式エンジンの制御装置。

20

【請求項8】

シリンダボアに嵌挿されて燃焼室の下面側を構成するピストンの頂面に混合気トラップ用のキャビティを形成し、ピストンが上死点近くにあるときにインジェクタからの燃料噴射方向が上記キャビティを向くとともに、インジェクタから噴射された後上記キャビティで反射された燃料が点火プラグ付近に達するように、インジェクタ及びキャビティの配置を設定したことを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の筒内噴射式エンジンの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

30

本発明は、燃焼室内に直接燃料を噴射するインジェクタを備えた筒内噴射式エンジンにおいて、触媒未暖機時における燃料噴射の制御に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、燃料を直接燃焼室内に噴射するインジェクタを備えた筒内噴射式エンジンは知られている。この筒内噴射式エンジンでは、吸気通路にインジェクタを設ける場合のように通路壁面への燃料付着が問題となることがなくて、空燃比制御の安定性、応答性等にすぐれ、また、インジェクタから圧縮行程後半に燃料を噴射した場合に混合気が点火プラグまわりに偏在するような燃焼室形状としておけば、所謂成層燃焼により空燃比のリーン化とそれによる燃費改善を図ることができる。

40

【0003】

ところで、自動車等のエンジンでは排気ガス中にHC、CO及びNOxが含まれており、エミッションの改善としてこれらの有害成分の発生、放出をできるだけ減少させることが要求される。このため、排気通路中に触媒を設けて排気ガスを浄化することは従来から行われており、上記筒内噴射式エンジンでも一般に排気通路中に触媒が設けられている。

【0004】

しかし、排気ガス浄化用の触媒は活性化温度より低温の未暖機時には十分に浄化作用を発揮できず、触媒が暖機状態に達するまでの時間が長いとその間にHCやNOxが多く放出され易い。

【0005】

50

このような問題の対策としては、例えば特表平 8 - 5 0 5 4 4 8 号公報に示されるような装置がある。この装置は、触媒の未暖機時に、少なくとも 1 シリンダについて点火時期を上死点後に遅らせるとともに、燃料比をエンジンが正常に回転しているときに要求されるレベルよりも増加することにより、排気温度を上昇させて触媒の暖機促進を図るようにしている。また、筒内噴射式エンジンに適用する場合は、圧縮行程の上死点前（例えば B T D C 6 0 ° ~ 8 0 ° の間）に燃料を一括に噴射するようにしている。

【 0 0 0 6 】

【 発明が解決しようとする課題 】

上記公報に示されている装置は、触媒未暖機時に、燃料を余分に供給しつつ、主として点火時期のリタードにより暖機の促進を図っており、筒内噴射式エンジンにおけるインジェクタからの燃料噴射の制御としては単に圧縮行程で一括に燃料を噴射しているが、このようにすると、エンジンの負荷が増大して燃料噴射量が多くなったときに、大幅に燃費が悪化し、その割には H C、N O x の低減及び排気温度上昇の効果が充分でない等、改善の余地が残されていた。

10

【 0 0 0 7 】

本発明は上記の事情に鑑み、触媒未暖機時に、低負荷時から高負荷時までにはわたり、燃費の悪化を比較的小さくしつつ、H C、N O x を低減してエミッションを改善するとともに排気温度上昇による暖機促進の効果を高めることができる筒内噴射式エンジンの制御装置を提供することを目的としている。

【 0 0 0 8 】

【 課題を解決するための手段 】

請求項 1 に係る発明は、排気通路に排気ガス浄化用の触媒を備えるとともに、燃焼室内に直接燃料を噴射するインジェクタを備えた筒内噴射式エンジンにおいて、上記触媒の温度状態を判別する温度状態判別手段と、エンジンの負荷状態を検出する負荷状態検出手段と、上記インジェクタからの燃料噴射を制御する燃料噴射制御手段とを備え、この燃料噴射制御手段は、上記温度状態判別手段による判別及び上記負荷状態検出手段による検出に基づき、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態にあるときに、暖機促進制御として、エンジンの低負荷側の所定運転領域で上記インジェクタからの燃料噴射を圧縮行程で一括に行なわせ、エンジンの高負荷側の運転領域では、燃料噴射形態を、吸気行程の期間内の早期噴射と圧縮行程の期間内の後期噴射とからなる吸気・圧縮分割噴射とし、さらに、インジェクタからの燃料噴射を圧縮行程で一括に行なわせる低負荷側の運転領域と吸気・圧縮分割噴射を行なわせる高負荷側の運転領域との間の運転領域で、圧縮行程の期間中に分割噴射を行なわせるようにインジェクタを制御するものである。

20

30

【 0 0 0 9 】

この発明によると、触媒未暖機時にエンジンの低負荷側の領域では、圧縮行程の一括噴射が行なわれる。この噴射によれば、点火時期までの時間が短いため、気化、霧化が悪くて液滴成分を含む混合気が燃焼室内に不均一に分布し、初期燃焼の抑制及び燃焼期間後半の燃焼（後燃え）の促進等の作用により、H C、N O x を低減するとともに、排気温度を上昇させて触媒の暖機を促進する等の効果が得られる。また、エンジン負荷が増大して燃料噴射量が多くなると、吸気・圧縮分割噴射に移行されることにより、適度に混合気が拡散され、高負荷時にはこのような噴射形態により H C、N O x の低減及び暖機促進の効果が得られる。

40

【 0 0 1 0 】

さらに、エンジン負荷の増大とそれに伴う燃料噴射量の増加に応じ、燃料噴射形態が圧縮行程一括噴射から圧縮行程分割噴射、吸気・圧縮分割に順次切替えられ、各負荷領域で H C、N O x の低減及び暖機促進の効果が得られるように混合気分布状態が調整される。

【 0 0 1 1 】

また、暖機促進制御時に、燃焼室全体の空燃比が 1 3 ~ 1 7 の範囲になるようにインジェクタから噴射される全燃料量を設定しつつ、圧縮行程での一括噴射から吸気・圧縮分割噴射までにわたる各噴射形態での燃料噴射を行わせることが好ましい（請求項 2）。空燃比

50

を上記範囲に設定しているのは、これが熱発生率の高い空燃比の範囲であり、従って、排気ガス温度を高くすることができる空燃比を利用するためである。

【0012】

本発明の装置において、暖機促進制御時に、圧縮行程での一括噴射から吸気・圧縮分割噴射までの各噴射形態の燃料噴射を、燃焼室内の混合気の濃度が点火プラグまわりで理論空燃比もしくはこれよりリッチとなり、その周囲で理論空燃比よりリーンとなるように行わせるようにすればよい（請求項3）。このようにすることにより、初期燃焼の抑制及び燃焼期間後半の燃焼（後燃え）の促進等の作用が有効に発揮されるような成層状態が得られる。そして、エンジン負荷に応じ、燃料噴射形態が変更されることにより、各領域で上記作用が得られるように成層状態が適度に調整される。

10

【0013】

暖機促進制御時のエンジン負荷の増大に応じた燃料噴射形態の切替わりは、燃焼室内の周辺部の混合気の濃度を、理論空燃比よりもリーンとなる範囲でリッチ側に变化させるものとすればよく（請求項4）、これにより、燃料噴射量が増加したときに適度に混合気が分散され、点火プラグまわりに混合気が集中し過ぎることが防止される。

【0014】

また、暖機促進制御時のエンジン負荷の増大に応じた燃料噴射形態の切替わりは、点火プラグまわりの混合気の濃度を、理論空燃比もしくはこれよりリッチとなる範囲でリーン側に变化させるものとすればよく（請求項5）、これにより、燃料噴射量が増加したときに点火プラグまわりがオーバーリッチとなることが避けられる。

20

【0015】

暖機促進制御時に所定運転領域で行う圧縮行程での一括噴射は、所定運転領域内でのエンジン負荷の増大につれて噴射タイミングを進角させるようになっていくことが好ましく（請求項6）、このようにすれば、圧縮行程での一括噴射が行なわれる運転領域の中でも、負荷に応じて燃焼室内の混合気分布状態が適正に調整される。

【0016】

また、上記のように負荷に応じて噴射形態が調整されると、点火時期のリタード量を大きくすることが可能となり、この点火時期リタード（請求項7）により、HC、NOxの低減及び暖機促進の効果が高められる。

【0017】

また、本発明の装置において、シリンダボアに嵌挿されて燃焼室の下面側を構成するピストンの頂面に混合気トラップ用のキャビティを形成し、ピストンが上死点近くにあるときにインジェクタからの燃料噴射方向が上記キャビティを向くとともに、インジェクタから噴射された後上記キャビティで反射された燃料が点火プラグ付近に達するように、インジェクタ及びキャビティの配置を設定しておけば（請求項8）、圧縮行程噴射等が行なわれたときに、成層化が良好に行なわれる。

30

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0019】

図1は筒内噴射式エンジンの一例を示している。この図において、1はエンジン本体であって、シリンダブロック2及びシリンダヘッド3等からなり、複数のシリンダを備えており、その各シリンダにはピストン4が嵌挿され、このピストン4の頂面とシリンダヘッド3の下面との間に燃焼室5が形成されている。

40

【0020】

上記シリンダヘッド3の下面には燃焼室5の上面部を形成する所定形状の凹部が設けられ、例えば図示のようなペントルーフ形状に燃焼室5の上面部が形成されており、この燃焼室5の上面部に吸気ポート6及び排気ポート7が開口している。この吸気ポート6及び排気ポート7は、図面上は1個ずつ表れているが、好ましくは、2個ずつ、紙面と直交する方向に並んで設けられる。そして、各吸気ポート6及び各排気ポート7に吸気弁8及び排

50

気弁 9 がそれぞれ設けられており、これら吸気弁 8 及び排気弁 9 は図外の動弁装置により駆動されて所定タイミングで開閉するようになっている。

【 0 0 2 1 】

燃焼室 5 のほぼ中央部には点火プラグ 1 0 が配置され、点火ギャップが燃焼室 5 内に臨む状態で、シリンダヘッド 3 に取付けられている。

【 0 0 2 2 】

また、燃焼室 5 に直接燃料を噴射するインジェクタ 1 1 が、燃焼室 5 の周縁部に設けられている。図 1 に示す実施形態では、燃焼室 5 の吸気ポート 6 側の側方部においてシリンダヘッド 3 にインジェクタ 1 1 が取り付けられ、インジェクタ 1 1 の先端が燃焼室 5 内に臨み、かつ、斜め下方に向けて燃料を噴射するようになっている。

10

【 0 0 2 3 】

さらに図示の実施形態では、燃焼室 5 の下面側を構成するピストン 4 の頂部に、凹状のキャピティ 1 2 が形成されている。そして、ピストン 4 が上死点に近い位置となる圧縮行程後半に上記インジェクタ 1 1 からの燃料噴射が行なわれる場合に、この燃料がキャピティ 1 2 に向かって噴射され、さらにキャピティ 1 2 で反射されて点火プラグ 1 0 付近に達するように、インジェクタ 1 1 の位置及び方向とキャピティ 1 2 の位置と点火プラグ 1 0 の位置との関係が予め設定されている。

【 0 0 2 4 】

なお、上記インジェクタ 1 1 には高圧燃料ポンプ 1 3 が燃料供給通路 1 4 を介して接続され、この高圧燃料ポンプ 1 3 と図外のリターン通路に配置された高圧レギュレータとにより、インジェクタ 1 1 に作用する燃圧が圧縮行程中期以降の噴射が可能な程度の高圧に調整されるようになっている。

20

【 0 0 2 5 】

上記エンジン本体 1 には吸気通路 1 5 及び排気通路 1 6 が接続されている。上記吸気通路 1 5 はサージタンク 1 5 b の下流側で気筒別に分岐し、かつ、その気筒別通路 1 5 a には並列に 2 つの通路（図面では 1 つの通路のみ示す）が形成されて、その下流端の 2 つの吸気ポート 7 が燃焼室 5 に開口するとともに、一方の通路に、燃焼室内のガス流動を強化するためのスワール制御弁 1 7 が設けられている。そして、スワール制御弁 1 7 が閉じられたときに、他方の通路から燃焼室 5 に導入される吸気によって燃焼室 5 内にスワールが生成され、燃焼室 5 内のガス流動が強化されるようになっている。

30

【 0 0 2 6 】

なお、燃焼室内のガス流動を強化する手段としては、上記スワール制御弁 1 7 の代わりにタンブルを生成する弁を気筒別通路に設けてもよく、また、圧縮上死点付近でピストン頂面とこれに対向する燃焼室上面部（シリンダヘッド下面）との間にスキッシュが生成されるようにしておいてもよい。

【 0 0 2 7 】

また、吸気通路 1 5 の途中にはスロットル弁 1 8 が設けられ、吸入空気量の制御が可能なようにステップモータ等の電気的なアクチュエータ 1 9 によって上記スロットル弁 1 8 が作動されるようになっている。

【 0 0 2 8 】

なお、サージタンク 1 5 b には、EGRバルブ（図示せず）を介してEGR通路（図示せず）が接続されており、少なくともエンジン暖機後にEGRを導入するようになっている。

40

【 0 0 2 9 】

一方、排気通路 1 6 には、 O_2 センサ 2 1 が設けられるとともに、排気浄化用の触媒を備えた触媒装置 2 2 が設けられている。上記 O_2 センサ 2 1 は、排気中の酸素濃度を検出することにより燃焼室内の混合気の空燃比を検出するものであり、例えば理論空燃比で出力が変化するセンサ（ O_2 センサ）からなっている。

【 0 0 3 0 】

上記触媒装置 2 2 は、三元触媒により構成してもよいが、後述のように暖機後に空燃比を

50

リーンにして成層燃焼を行なうような場合の浄化性能を高めるため、理論空燃比よりもリーンな空燃比でも NO_x を浄化する機能を有するような触媒を用いることが望ましい。つまり、一般に知られているように三元触媒によると HC 、 CO 、 NO_x の全てに対して高い浄化性能を有するのが理論空燃比付近に限られるが、三元触媒の機能に加えて理論空燃比よりもリーンな空燃比でも NO_x を浄化する機能を有する触媒（リーン NO_x 触媒）があるので、これを用いてリーン運転時の NO_x を低減することが好ましい。尤も、このようなリーン NO_x 触媒であっても、浄化性能が最も高められるのは理論空燃比付近である。

【0031】

上記排気通路16における触媒装置22の位置としては、この触媒装置22にリーン NO_x 触媒を備えているため、排気マニホールド16aの直下流（排気マニホールドに直結）とすると高速高負荷時に触媒温度が過度に上昇し易くなることから、この位置よりもエンジンから遠ざかるように、排気マニホールド16aに接続されている排気管16bの下流に触媒装置22が連結されている。なお、三元触媒であれば耐熱性能が高いため、排気マニホールドに直結しても良い。

10

【0032】

30はエンジンの制御を行なうECU（コントロールユニット）であり、このECU30には、エンジンのクランク角を検出するクランク角センサ23、アクセル開度（アクセルペダル踏み込み量）を検出するアクセルセンサ24、吸入空気量を検出するエアフローメータ25、エンジン冷却水の水温を検出する水温センサ26及び上記 O_2 センサ21等

20

【0033】

上記ECU30は、温度状態判別手段31、負荷状態検出手段32、燃料噴射制御手段33、燃料噴射量演算手段34、点火時期制御手段35及び回転数制御手段36を含んでいる。

【0034】

上記温度状態判別手段31は、上記水温センサ26からの水温検出信号によって触媒の温度状態を推定して、触媒が活性温度より低い未暖機状態にあるか否かを判定するもので、水温が設定温度未満であれば触媒未暖機状態、設定温度以上であれば触媒暖機状態と判定する。なお、触媒暖機状態を判定するための温度状態判別は、水温検出とエンジン始動からの経過時間の判定とを併用して行なうようにしてもよく、また、触媒温度を直接検出するようにしてもよい。

30

【0035】

上記負荷状態検出手段32は、アクセルセンサ24によって検出されるアクセル開度及びクランク角センサ23の信号から求められるエンジン回転数等に基づいて負荷状態を検出するようになっている。

【0036】

上記燃料噴射制御手段33は、インジェクタ駆動回路37を介してインジェクタ11からの燃料噴射の時期及び噴射量を制御するものであり、触媒未暖機状態のときは、暖機促進制御として、エンジンの低負荷側の所定運転領域で上記インジェクタからの燃料噴射を圧縮行程で一括に行なわせるとともに、エンジン負荷の増大に伴い、燃料噴射形態を、吸気行程の期間内の早期噴射と圧縮行程の期間内の後期噴射とからなる吸気・圧縮分割噴射に移行させるように制御する。さらに当実施形態では、圧縮行程での一括噴射に行なわせる低負荷側の運転領域と吸気・圧縮分割噴射を行なわせる高負荷側の運転領域との間の運転領域で、圧縮行程の期間中に分割噴射を行なわせるように制御する。

40

【0037】

具体的には、触媒未暖機時に、図3に示すように区分した運転領域別に、図2(a)(b)(c)のようにインジェクタ11からの燃料噴射形態を変更することとしている。

【0038】

すなわち、第1の設定負荷以下の低負荷領域A（無負荷領域を含む）では、図2(a)に

50

示すように、圧縮行程の後半に一括噴射 P 0 を行なわせる。この場合に望ましくは、この領域 A 内でのエンジン負荷の増大につれて噴射タイミングを進角させる。第 1 の設定負荷より大きくて第 2 の設定負荷以下の中負荷域 B では、インジェクタ 1 1 からの燃料噴射を圧縮行程期間内で早期噴射 P 1 及び後期噴射 P 2 の 2 回に分割して行なわせる。この分割噴射における分割割合は本発明で限定しないが、例えば早期噴射 P 1 と後期噴射 P 2 とが同程度 (5 0 % ずつ) となるようにしておけばよい。

【 0 0 3 9 】

また、上記第 2 の設定負荷より高負荷の領域 C では、早期噴射 P 1 1 を吸気行程、後期噴射 P 1 2 を圧縮行程とした分割噴射を行なうようにしている。この分割噴射における分割割合も本発明で限定しないが、例えば早期噴射 P 1 と後期噴射 P 2 とが同程度 (5 0 % ずつ) となるようにしておけばよい。

10

【 0 0 4 0 】

なお、図 2 (a) (b) (c) における P 0 , P 1 , P 2 , P 1 1 , P 1 2 はインジェクタ駆動回路 3 7 与えられる制御信号としての噴射パルスを示しており、この噴射パルスのパルス幅に相当する時間だけインジェクタ 1 1 が開作動され、噴射パルス幅に応じた量の燃料が噴射されるようになっている。

【 0 0 4 1 】

上記のような暖機促進制御が行なわれる触媒未暖機時に、上記噴射量演算手段 3 4 により燃焼室全体の空燃比が 1 3 ~ 1 7 の範囲内の設定空燃比となるように燃料噴射量が演算される。この場合、O₂ センサ 2 1 が活性化するまでは吸入空気量及びエンジン回転数に応じた燃料噴射量を演算するオープン制御とし、O₂ センサ 2 1 が活性化した後は、その出力の変化に応じて P I 制御等によりフィードバック補正値を演算するようなフィードバック制御とすればよい。

20

【 0 0 4 2 】

なお、O₂ センサを用いる場合、通常フィードバック制御により理論空燃比に制御することができるが、O₂ センサの出力の反転に対するフィードバック補正値の変化の方向の反転にディレー時間を設定して、そのディレー時間をリーン側とリッチ側とで異ならせたり、P I 制御における P 値 (比例ゲイン) や I 値 (積分ゲイン) をリーン側とリッチ側とで異ならせたりすることにより、理論空燃比より多少リーンもしくはリッチとなるようにフィードバック制御を行なうこともできる。

30

【 0 0 4 3 】

上記点火時期制御手段 3 5 は、点火装置 3 8 に制御信号を出力して、点火時期をエンジンの運転状態に応じて制御するものであり、基本的には点火時期を M B T に制御するが、触媒未暖機状態における暖機促進制御時には点火時期を M B T よりも所定量リタードするようになっている。

【 0 0 4 4 】

また、上記エンジン回転数制御手段 3 6 は、触媒未暖機時に触媒暖機後よりもエンジンのアイドル回転数を高くするように、吸入空気量あるいは点火時期等を制御する。

【 0 0 4 5 】

なお、上記 E C U 3 0 は、スロットル弁 1 8 を駆動するアクチュエータ 1 9 に制御信号を出力することによって吸入空気量の制御も行なうようになっており、触媒未暖機時や暖機後に高負荷領域等において理論空燃比で運転するような場合はアクセル開度に応じてスロットル弁 1 8 の開度を制御し、暖機後に低負荷領域等において圧縮行程のみの燃料噴射により成層燃焼が行われるような場合には、空燃比をリーンとすべくスロットル弁 1 8 を開いて吸入空気量を増大させるように調整する。さらに E C U 3 0 は、触媒未暖機時において圧縮行程での一括噴射や分割噴射が行なわれるとき等に燃焼室 5 内にスワールを生じさせるべく、上記スワール制御弁 1 7 を制御する。

40

【 0 0 4 6 】

この筒内噴射式エンジンの制御の一例を、図 4 のフローチャートによって説明する。

【 0 0 4 7 】

50

図4のフローチャートに示す処理が開始されると、先ずステップS1で各種信号が入力され、ステップS2で始動時か否かが判定される。始動時であれば、燃料の気化、霧化の促進及びトルク確保に有利なように吸気行程で噴射が行なわれ(ステップS3)、点火時期はMBTとされる。

【0048】

始動時でなければ、ステップS4で水温や始動からの経過時間等が調べられることにより触媒未暖機時か否かが判定される。触媒未暖機時であれば、ステップS5で、13~17の範囲内の設定空燃比となるように燃料噴射量が演算されるとともに、ステップS6でエンジン負荷が低負荷領域Aか否かが判定され、低負荷領域Aであれば、ステップS7でインジェクタ11からの燃料噴射が圧縮行程での一括噴射とされる。この場合、望ましい制御としては、上記低負荷領域A内で負荷が高くなるにつれて一括噴射の噴射時期が進角される。さらにステップS8で、点火時期がリタードされる。

10

【0049】

ステップS6で低負荷領域Aでないことが判定された場合は、ステップS9で中負荷領域Bか否かが判定され、中負荷領域Bであれば、ステップS10でインジェクタ11からの燃料噴射が圧縮行程での分割噴射とされ、かつ、点火時期がリタードされる(ステップS8)。

【0050】

また、ステップS6、S9で低負荷領域A及び中負荷領域Bでないことが判定された場合、つまり高負荷領域Cにある場合は、ステップS11でインジェクタ11からの燃料噴射が吸気・圧縮分割噴射(吸気行程と圧縮行程の分割噴射)とされ、かつ点火時期がリタードされる(ステップS8)。

20

【0051】

触媒の暖機後は、ステップS12で運転状態に応じた制御が行なわれ、例えば、低回転低負荷領域であれば成層燃焼を行うべく圧縮行程噴射とされるとともに空燃比がリーンとされ、高回転領域や高負荷領域であれば均一燃焼を行うべく吸気行程噴射とされる。さらにまた、中負荷領域において成層燃焼領域と均一燃焼領域との間では、必要に応じ、トルク急変の防止のために吸気行程、圧縮行程の分割噴射が行なわれる場合もある。

【0052】

以上のような当実施形態の筒内噴射式エンジンによる作用、効果を、次に説明する。

30

【0053】

エンジン始動後において触媒が未暖機状態にあるとき、無負荷領域等の低負荷領域Aでは、圧縮行程での一括噴射が行なわれる。これにより、低負荷時にHC及びNOxが低減されるとともに、排気温度が上昇することで触媒の暖機が促進され、しかも、燃費の悪化は比較的小さく抑えられる。このような効果を示す実験結果を図5に示す。

【0054】

図5(a)~(c)は、エンジン冷却水温が40°Cの触媒未暖機状態で、エンジン回転数を1500rpm、正味平均有効圧力Peを0kPa、燃焼室全体の空燃比を理論空燃比($\phi = 1$)とした運転条件で、吸気・圧縮分割噴射(早期噴射を吸気行程、後期噴射を圧縮行程とする分割噴射)を行なった場合と、圧縮行程での一括噴射を行なった場合とにつき、燃焼室からのHC排出量、NOx排出量及び燃費悪化率を調べた実験結果をグラフで示している。燃費悪化率は、吸気行程一括噴射と比較したものである。

40

【0055】

これらのグラフから明らかなように、無負荷領域等の低負荷領域では、圧縮行程一括噴射によると、吸気・圧縮分割噴射に比べ、HC排出量及びNOx排出量が大幅に減少し、しかも、燃費の悪化は比較的小さく抑えられる。なお、排気温度上昇の効果についてはグラフに示していないが、HC排出量低減の効果と排気温度上昇効果とはほぼ対応しており、圧縮行程一括噴射によると、吸気・圧縮分割噴射に比べて排気温度が大幅に上昇し、暖機が促進される。

【0056】

50

このように低負荷領域では圧縮行程一括噴射とすることでHC、NO_xの低減及び暖機促進の効果が高められるが、エンジン負荷が増大すると、後に詳述する図14のグラフにも示されるように、HCやNO_xを低減する効果が少なくなる（HC、NO_xが増加する）。

【0057】

また、図6はエンジン回転数を1500rpm、燃焼室全体の空燃比を理論空燃比とした状態で、図示平均有効圧力P_iを種々変更し、インジェクタからの燃料噴射を吸気・圧縮分割噴射とした場合と吸気行程の一括噴射とした場合とにつき、排気温度、NO_x排出量、HC排出量及び燃費をグラフで示すとともに、低負荷、中負荷、高負荷での熱発生パターンを示している。この図のグラフ中、黒丸印で示すデータは吸気・圧縮分割噴射の場合、白丸印で示すデータは吸気行程一括噴射の場合のものである。また、熱発生パターンは、横軸をクランク角、縦軸を熱発生量とし、吸気・圧縮分割噴射とした場合を太線で示す一方、吸気行程の一括噴射とした場合を細線で示している。

10

【0058】

この図のグラフに示すように、吸気・圧縮分割噴射によると、吸気行程一括噴射と比較して、図示平均有効圧力P_iが2.5kg/cm²（245kPa）程度よりも小さい低負荷領域ではHC、NO_x低減及び排気温度上昇の効果が小さいが、4kg/cm²（392kPa）程度の領域でHC、NO_x低減及び排気温度上昇の効果が大きくなる。そして、このような領域での吸気・圧縮分割噴射による熱発生パターンは、後に詳述するような初期燃焼抑制、後燃え促進（図8参照）が良好に発揮されるパターンとなる。

20

【0059】

さらにこれより高負荷側の領域でも、HC、NO_xの低減及び排気温度上昇の効果がある程度は得られる。

【0060】

これら図5、図6等のデータから、無負荷領域等の低負荷側の領域では圧縮行程一括噴射とし、高負荷側では吸気・圧縮分割噴射とすることにより、これらの領域でそれぞれHC、NO_xの低減及び排気温度上昇の効果が得られることがわかる。そして、圧縮行程一括噴射が行なわれる低負荷側の領域と吸気・圧縮分割噴射が行なわれる高負荷側の領域との間の領域では、中間的な噴射形態として圧縮行程分割噴射とすればよい。

【0061】

このような効果が得られる理由として推測されるところを次に説明する。

30

【0062】

インジェクタ11から噴射された燃料による燃焼室内の混合気分布について考察すると、燃料噴射から点火までの時間が短いほど気化、霧化が不十分になるとともに噴射燃料が点火プラグまわりに集まり易くなるので、圧縮一括噴射の場合は、図7(a)のように、その噴射による混合気Mが点火プラグまわりに偏在し、その周囲には消炎層として燃料が殆ど存在しない空気層Airが存在する状態となる。なお、混合気Mが偏在する範囲内でも中心側が比較的リッチ、周辺側が比較的リーンとなる。

【0063】

吸気・圧縮分割噴射の場合は図7(b)のように、後期噴射による比較的リッチな混合気層M_Rが点火プラグまわりに偏在するとともに、その周囲に早期噴射による比較的リーンな混合気層M_Lが生成される。そして、早期噴射も圧縮行程で行なわれるので完全に燃焼室全体に分散せず、燃焼室の周辺部には消炎層としての空気層Airが存在する状態となる。

40

【0064】

また、吸気・圧縮分割噴射の場合は、図7(c)のように、後期噴射による比較的リッチな混合気層M_Rが点火プラグまわりに偏在するとともに、その周囲に、吸気行程の早期噴射による比較的リーンな混合気M_Lが略燃焼室全体に拡散した状態となる。

【0065】

ところで、NO_x、HCの低減及び排気温度上昇に有効な要因を考えると、NO_xの低減

50

には、燃焼を緩慢にするとともに最大発生熱量を抑えることが有効なので、燃焼室中心部（点火プラグまわり）の混合気を理論空燃比と比べてかなりリッチにすること、噴射燃料の気化、霧化を悪くすること等により初期燃焼を抑制することが NO_x 低減の要因となり、また、燃焼室周辺をリーンにして緩慢燃焼させるようにすること、点火時期リタード性を高めること等も NO_x 低減の要因となる。

【0066】

また、 HC の低減及び排気温度上昇のためには、混合気を遅くまで十分に燃焼させるべく、噴射燃料の気化、霧化の悪化や燃焼室周辺のリーン化により燃焼期間の後半の燃焼（以下、後燃えと呼ぶ）を促進すること、シリンダ壁とピストンとの間に燃料が入り込んで燃焼せずに排出されてしまうことを避けるために燃焼室周辺に消炎層として空気層が存在すること、点火時期リタード性を高めること等が有効な要因となる。

10

【0067】

そこで、点火後の熱発生パターン（単位クランク角当りの発生熱量 dQ の変化）としては、図8中の実線のように、吸気行程一括噴射等による通常の燃焼（破線）と比べ、立上りが緩やかになるように初期燃焼が抑制されるとともに、燃焼期間の後期の燃焼（以下、後燃えと呼ぶ）が促進されるようにすることが、 HC 低減、 NO_x 低減及び暖機促進のために有効となる。

【0068】

また、空燃比と NO_x 排出量及び HC 排出量との関係は図9のようになり、理論空燃比付近の空燃比（通常空燃比）では NO_x 排出量が多くなるので、この空燃比域での燃焼を避けて、同図中に示すリッチ空燃比またはリーン空燃比で燃焼を行なわせることが NO_x 低減のために好ましい。

20

【0069】

図10は横軸をクランク角として、圧縮行程一括噴射を行なった際の燃料噴射後の点火プラグ付近の空燃比の推移を示し、同図中の破線は燃費が最良となる噴射時期の場合、実線は噴射時期を遅らせることにより混合気の拡散を抑制した場合であり、また、図中の可燃範囲は点火により燃焼し得る空燃比の範囲であって、点火プラグ付近の空燃比がこの可燃範囲にある期間に点火することを要する。この図のように、噴射時期を遅らせることにより混合気の拡散を抑制した場合は、燃費が最良となる噴射時期の場合と比べ、点火プラグ付近の空燃比が可燃範囲となる期間が遅く、かつ長くなる。従って、点火時期のリタード量を大きくすること（リタード性を高めること）ができる。

30

【0070】

これらのデータから、無負荷領域等の低負荷領域Aで圧縮行程の一括噴射を行なった場合を考察すると、燃料噴射から点火まで時間が短いので図7(a)のように混合気が点火プラグまわりの所定範囲に偏在し、その範囲のうちでも点火プラグに近い中心側が比較的リッチとなるような成層状態が得られるとともに、噴射燃料の気化、霧化が充分でなく、混合気が偏在する部分に液滴成分が含まれる。このような混合気分布状態で燃焼が行なわれることにより、図8に実線で示す熱発生パターン、つまり初期燃焼が抑制されて後燃えが促進される燃焼状態が得られる。さらに、燃焼室周辺には HC 抑制に有効な空気層が形成される。従って、 HC 及び NO_x の低減及び排気温度上昇の効果が得られる。

40

【0071】

また、シリンダセンター（燃焼室の中心）からの距離を横軸として燃焼室内の各部位の空燃比を調べると、低負荷時に図11のようになる。つまり、図11は、低負荷時における燃焼室内の各部位の空燃比を、圧縮行程一括噴射（破線）、圧縮行程分割噴射（実線）及び吸気・圧縮分割噴射（一点鎖線）の各場合について示しており、この図のように、燃料噴射量の少ない低負荷時には、圧縮行程一括噴射（破線）により、燃焼室中心付近が適度にリッチとなるとともに、燃料噴射量に見合うように適度な混合気のコンパクト化が達成される。そして、シリンダセンターからある程度の距離までは適度にリッチな状態（図9中のリッチ空燃比に相当）が保たれ、そこから急激に空燃比がリーン化するので、 NO_x が発生し易い空燃比となる区域が非常に小さくなる。

50

【 0 0 7 2 】

このようなことから、低負荷時に圧縮行程で一括圧縮とすることが、HC及びNOxの低減に効果的なものとなる。

【 0 0 7 3 】

さらに、圧縮行程での一括圧縮によって混合気の拡散が抑制されるため、図10から明らかのように、点火時期リタード量を大きくすることができる。そして、点火時期のリタードにより、HC及びNOxの低減及び排気温度上昇の効果がより一層高められることとなる。

【 0 0 7 4 】

また、図12は、図11と同様に圧縮行程一括噴射（破線）、圧縮行程分割噴射（実線）及び吸気・圧縮分割噴射（一点鎖線）の各場合について燃焼室内の各部位の空燃比を示すものであるが、図11に示す場合よりも高負荷側の運転領域（中負荷領域）にある場合を示している。この図のように、エンジン負荷が高くなった場合、圧縮行程一括噴射では、燃料噴射量の割にはリッチな混合気が燃焼室中央側に集中し過ぎる状態となり、点火プラグまわりの混合気空燃比がオーバーリッチとなる。つまり、負荷が高くなると燃料噴射量が増加することにより混合気の密度が増加する傾向が生じる上に、負荷の増加に伴って燃焼室内圧力が高くなると、それに伴って噴射燃料の噴霧角度が狭まる傾向も有ることから、燃焼室中心部にリッチな混合気が集中しすぎる状態が生じ易くなる。

10

【 0 0 7 5 】

このために、燃焼室中心部分で燃料が十分に燃えきらずにHCが生じる可能性があるととも、燃焼室中心からある程度離れて空燃比が次第にリーン側に变化する部分等でNOxが生じ易くなると推測される。

20

【 0 0 7 6 】

これに対し、負荷の増大に伴って圧縮行程分割噴射に切替えられるようにすると、適度の成層状態（適度に混合気が拡散された状態）となって燃焼室中心部にリッチな混合気が集中し過ぎることが避けられ、燃焼室中心部分が適度のリッチ状態になる。なお、燃料噴射量がさらに多くなる高負荷側では、吸気・圧縮行程一括噴射とすることで適度の成層化状態が得られる。つまり、負荷の増大に伴って噴射形態が圧縮行程一括噴射から圧縮行程分割噴射、吸気・圧縮行程一括噴射へと切替えられると、その切替わり時に、燃焼室内の周辺部の混合気の濃度は理論空燃比よりもリーンとなる範囲でリッチ側に变化し、点火プラグまわりの混合気の濃度は理論空燃比もしくはこれよりリッチとなる範囲でリーン側に变化するようになって、混合気分布が適正に調整される。

30

【 0 0 7 7 】

図13はエンジン回転数を1500rpm、図示平均有効圧力を2kg/cm²（196kPa）として、燃焼室全体の空燃比を種々変えつつ圧縮行程一括噴射により混合気を成層化して燃焼させた場合につき、それぞれの熱発生パターンを示している。

【 0 0 7 8 】

図14は、エンジン回転数が1500rpmで、図示平均有効圧力が2kg/cm²（196kPa）、2.5kg/cm²（245kPa）、5.5kg/cm²（539kPa）の各負荷につき、空燃比を種々変えつつ圧縮行程一括噴射を行なった場合のHC排出量、NOx排出量及び燃費を調べた結果を示している。

40

【 0 0 7 9 】

これらの図に示すように、圧縮行程一括噴射を行なう場合に、燃焼室全体の空燃比が20程度以上になると初期燃焼が急速になり、HC及びNOxの排出量が増加する傾向となるのに対し、燃焼室全体の空燃比が17程度にまで小さくなれば、圧縮行程分割噴射により初期燃焼抑制及び後燃え促進の効果が得られ、これによりHC及びNOxの排出量が減少する。

【 0 0 8 0 】

以上要するに、低負荷領域Aでは、燃焼室全体の空燃比を13～17としつつ、分割噴射を行なうことにより、HC、NOxの低減及び排気温度上昇による暖機促進の効果が良好

50

に得られる。また、負荷が増加して中負荷領域 B になれば圧縮行程分割噴射に切替え、さらに負荷が上昇して高負荷領域 C になると吸気・圧縮行程分割噴射とすることにより、燃焼室中心部にリッチな混合気が集中しすぎて点火プラグまわりがオーバーリッチになるといふ事態が避けられ、中、高負荷でも適度の成層状態となることで HC、NO_x の低減及び排気温度上昇による暖機促進の効果が得られる。

【0081】

さらに、このような適度の成層状態により点火時期のリタード量を大きくすることができ、これによって HC、NO_x の低減及び排気温度上昇の効果を高めることができる。

【0082】

なお、上記低負荷領域 A において、圧縮行程の一括噴射を行ないつつ、負荷の増大につれて圧縮行程の一括噴射の噴射時期を進角させれば、混合気の分布が適度に調整される。つまり、燃料噴射量が所定値までの範囲であれば、一括噴射でも燃料噴射量の増加に応じて噴射時期を進角することで混合気が燃焼室中心部に集中し過ぎることが避けられる。

10

【0083】

【発明の効果】

以上のように、本発明は、筒内噴射式エンジンにおいて、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態にあるときに、暖機促進制御として、エンジンの低負荷側の所定運転領域で上記インジェクタからの燃料噴射を圧縮行程で一括に行なわせるとともに、エンジン負荷の増大に伴い、燃料噴射形態を、吸気・圧縮分割噴射に移行させるように制御しているため、エンジンの低負荷側から高負荷側までにわたり、HC 及び NO_x を低減するとともに、排気温度を上昇させて暖機を促進する効果を高めることができる。

20

【0084】

とくに、暖機促進制御時に、燃焼室全体の空燃比を 13 ~ 17 の範囲とし、また、圧縮行程での一括噴射から吸気・圧縮分割噴射までの各噴射形態の燃料噴射を、燃焼室内の混合気の濃度が点火プラグまわりで理論空燃比もしくはこれよりリッチとなり、その周囲で理論空燃比よりリーンとなるように行わせると、HC、NO_x の低減及び暖機促進に有利な適度の成層状態を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態による筒内噴射式エンジンの全体概略図である。

【図 2】圧縮行程の一括噴射 (a)、圧縮行程の分割噴射 (b) 及び吸気行程と圧縮行程の分割噴射 (c) の各噴射時期を示す図である。

30

【図 3】触媒未暖機時の燃料噴射制御についての運転領域の設定を示す図である。

【図 4】制御の一例を示すフローチャートである。

【図 5】圧縮行程の一括噴射、吸気・圧縮分割噴射の各場合につき、HC 排出量 (a)、NO_x 排出量 (b) 及び燃費悪化率 (c) をそれぞれ示すグラフである。

【図 6】吸気・圧縮分割噴射と吸気行程一括噴射とにつき、各種負荷での熱発生パターン、排ガス温度、NO_x 排出量、HC 排出量及び燃費を示すグラフである。

【図 7】燃焼室内の混合気の分布を圧縮行程の一括噴射の場合 (a)、圧縮行程の分割噴射の場合 (b)、吸気行程と圧縮行程の分割噴射の場合 (c) についてそれぞれ模式的に示す図である。

40

【図 8】熱発生パターンを示す説明図である。

【図 9】空燃比と NO_x、HC の排出量との関係を示す図である。

【図 10】点火プラグまわりの混合気空燃比推移を示す説明図である。

【図 11】エンジン低負荷が低いときの、燃焼室内各部位の空燃比を示すグラフである。

【図 12】エンジン負荷がある程度高いときの、燃焼室内各部位の空燃比を示すグラフである。

【図 13】圧縮行程一括噴射による場合の各種空燃比での熱発生パターンを示す図である。

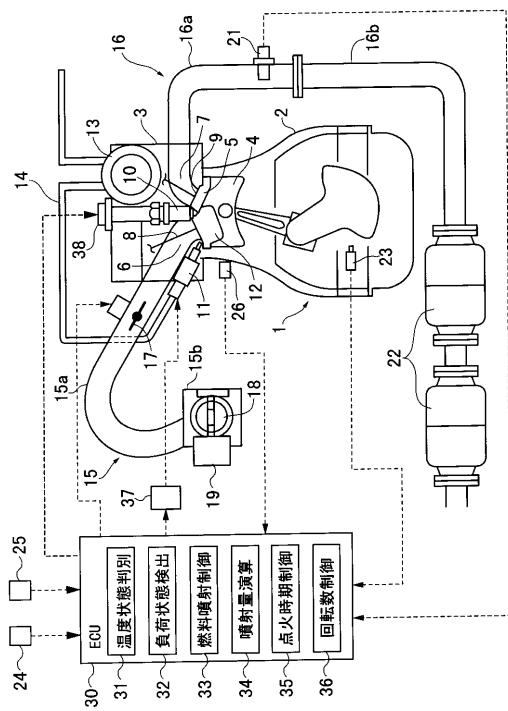
【図 14】圧縮行程一括噴射による場合の各種負荷及び各種空燃比での HC 排出量、NO_x 排出量及び燃費を示す図である。

50

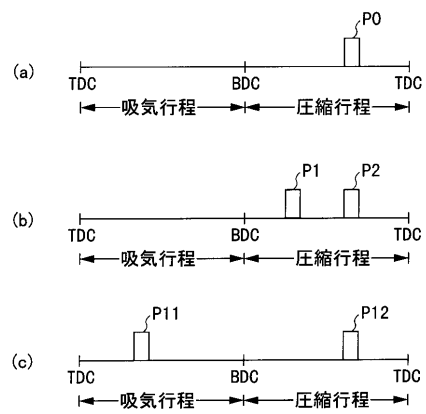
【符号の説明】

- 1 エンジン本体
- 10 点火プラグ
- 11 インジェクタ
- 22 触媒装置
- 30 ECU
- 31 温度状態判別手段
- 32 負荷状態検出手段
- 33 燃料噴射制御手段
- 35 点火時期制御手段

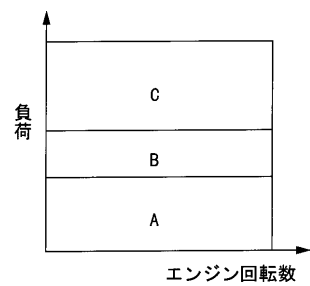
【図1】



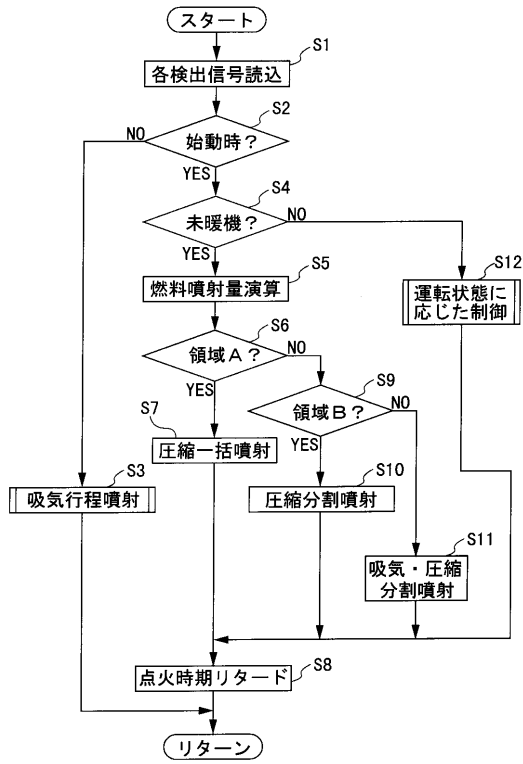
【図2】



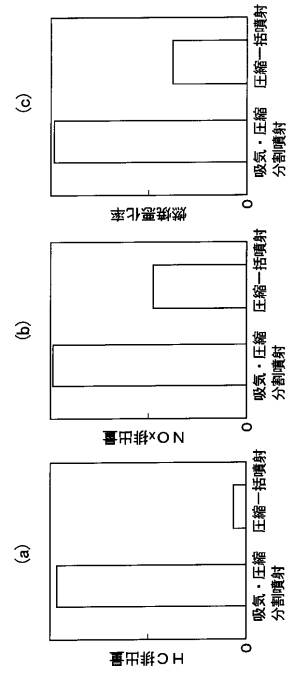
【図3】



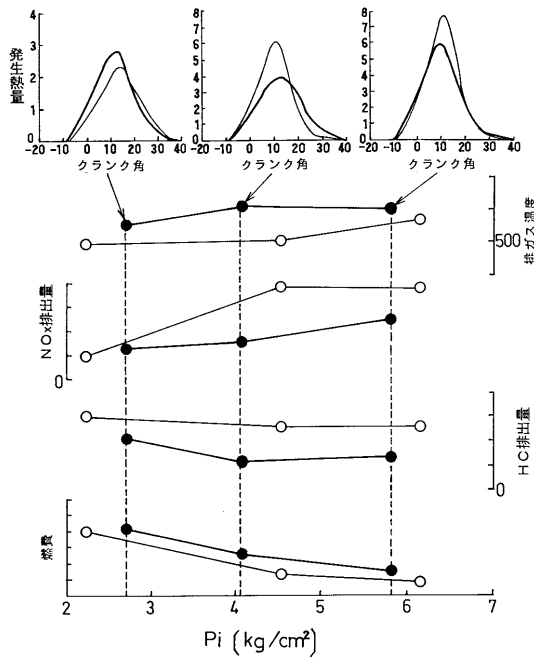
【 図 4 】



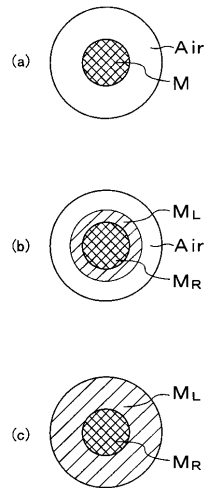
【 図 5 】



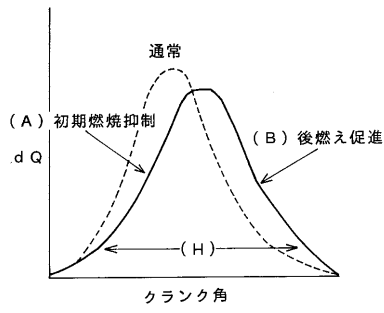
【 図 6 】



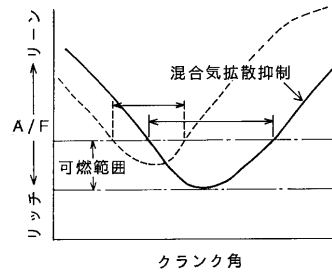
【 図 7 】



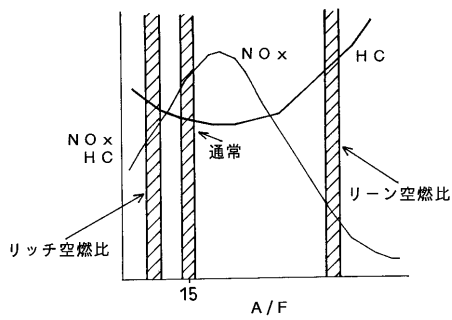
【 図 8 】



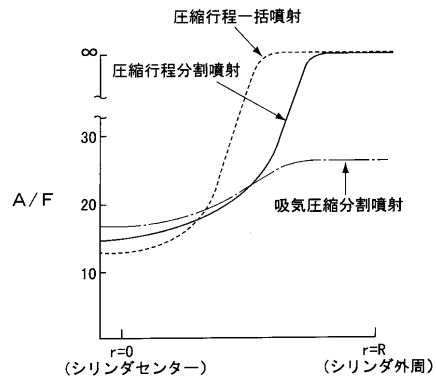
【 図 10 】



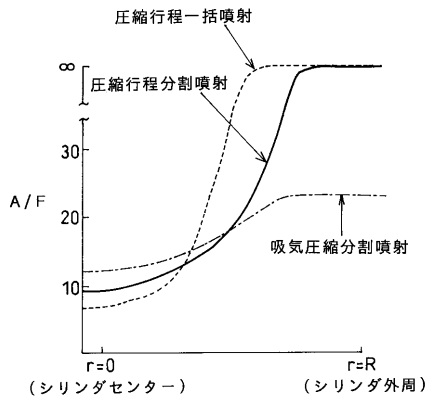
【 図 9 】



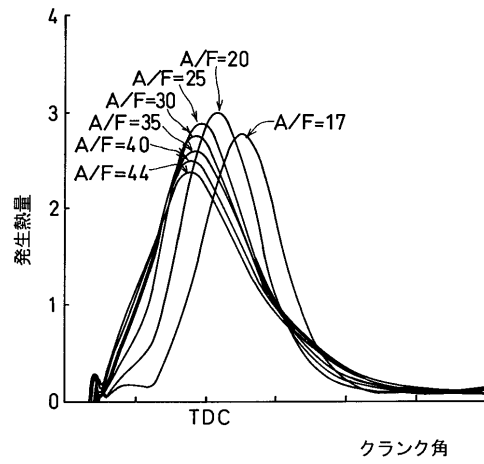
【 図 11 】



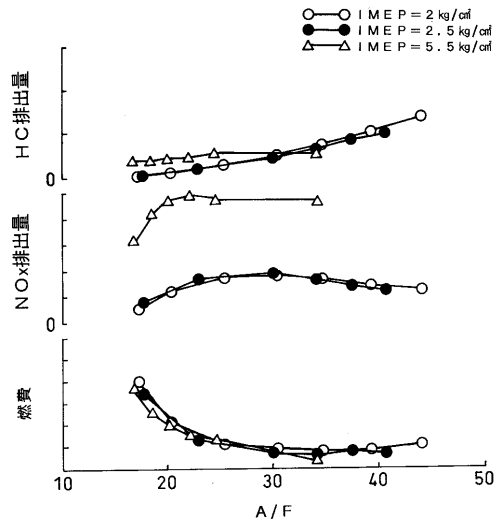
【 図 12 】



【 図 13 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁷	F I		
F 0 2 D 45/00	F 0 2 D 41/06	3 3 5 S	
F 0 2 M 61/14	F 0 2 D 41/34		H
	F 0 2 D 45/00	3 1 2 R	
	F 0 2 M 61/14	3 1 0 S	

(72)発明者 齊藤 史彦
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 藤井 幹公
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 松本 正和
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

審査官 倉橋 紀夫

(56)参考文献 特開平04-231645(JP,A)
特開平02-169834(JP,A)
特開平08-189405(JP,A)
特開平03-164549(JP,A)
特開平06-207542(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

F02D 41/00 - 41/40

F02B 17/00

F02D 45/00

F02M 61/14

F02P 5/15

F02B 31/00