

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3613023号  
(P3613023)

(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.<sup>7</sup>

F I

FO2D 41/04	FO2D 41/04	330L
FO1N 3/20	FO1N 3/20	D
FO2B 31/00	FO1N 3/20	R
FO2D 41/02	FO2B 31/00	331Z
FO2D 41/06	FO2D 41/02	325A

請求項の数 12 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-240667  
 (22) 出願日 平成10年8月26日(1998.8.26)  
 (65) 公開番号 特開2000-73820(P2000-73820A)  
 (43) 公開日 平成12年3月7日(2000.3.7)  
 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 西村 博文  
 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 久慈 洋一  
 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、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態にあることを判別する判別手段と、エンジンの温度状態を検出するエンジン温度状態検出手段と、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、上記判別手段による判別及び上記エンジン温度状態検出手段による検出に基づき、触媒未暖機状態にあるときに、吸気行程から点火時期にかけての期間内で圧縮行程中期以降の後期噴射とこれより前の早期噴射の少なくとも2回の分割噴射を行なわせるようにインジェクタを制御するとともに、触媒未暖機状態においてエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合、エンジン温度が所定温度以下の場合と比べ、後期噴射を遅角させるようになってい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】

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、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態にあることを判別する判別手段と、エンジンの温度状態を検出するエンジン温度状態検出手段と、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、上記判別手段による判別及び上記エンジン温度状態検出手段による検出に基づき、触媒未暖機状態にあるときに、吸気行程から点火時期にかけての期間内で圧縮行程中期以降の後期噴射とこれより前の早期噴射の少なくとも2回の分割噴射を行なわせ

20

るようにインジェクタを制御するとともに、触媒未暖機状態においてエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合、エンジン温度が所定温度以下の場合と比べ、上記吸気行程から点火時期にかけての全燃料噴射量に対する後期噴射の燃料噴射量の割合を多くすることを特徴とする筒内噴射式エンジンの制御装置。

【請求項 3】

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、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態にあることを判別する判別手段と、エンジンの温度状態を検出するエンジン温度状態検出手段と、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、上記判別手段による判別及び上記エンジン温度状態検出手段による検出に基づき、触媒未暖機状態で、かつエンジン温度が所定温度以下の場合、吸気行程から点火時期にかけての期間内で圧縮行程中期以降の後期噴射とこれより前の早期噴射の少なくとも2回の分割噴射を行なわせ、触媒未暖機状態で、かつエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合、圧縮行程で一括に燃料を噴射さ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 4】

エンジン温度が所定温度より高い状態でのエンジンの温間再始動時には始動からの所定時間、触媒未暖機状態でエンジン温度が所定温度より高い状態の場合の制御を行なうようになっていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 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 5】

触媒未暖機状態で分割噴射を行なうとき、早期噴射量は少なくとも後期噴射の燃料と後期噴射の燃焼とによって延焼可能な、理論空燃比よりもリーンな空燃比の混合気を燃焼室内に生成する量としたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 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 6】

触媒未暖機状態のときに、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たことを特徴とする請求項 1 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】

空燃比を検出する O<sub>2</sub> センサと、触媒未暖機状態において O<sub>2</sub> センサの活性後にこの O<sub>2</sub> センサの出力に基づいてフィードバック制御による燃料噴射量の演算を行なう噴射量演算手段とを備えたことを特徴とする請求項 6 記載の筒内噴射式エンジンの制御装置。

30

【請求項 8】

上記判別手段は、エンジン温度が所定温度以下のエンジン冷機状態におけるエンジン始動からの経過時間によって触媒未暖機状態の判別を行なう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。

【請求項 9】

排気通路における触媒の上流側と下流側とにそれぞれ排気中の酸素濃度を検出する O<sub>2</sub> センサを設け、判別手段は両 O<sub>2</sub> センサの出力の比較に基づいて触媒が未暖機状態か暖機状態かを判別するようになっている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。

40

【請求項 10】

エンジン温度状態検出手段はエンジン冷却水温によってエンジンの温度状態を検出することを特徴とする請求項 1 乃至 9 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 11】

エンジンの点火時期を制御する点火時期制御手段を備え、触媒未暖機状態のとき、エンジン温度に関わらず点火時期を MBT より所定量遅角することを特徴とする請求項 1 乃至 10 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 12】

50

触媒未暖機状態のときに燃焼室内のガス流動を強化するガス流動強化手段を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 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】

本発明は、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の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から、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。このエンジンでは、低負荷時に、上記インジェクタから圧縮行程後半に燃料を噴射することで点火プラグまわりに混合気が偏在する状態として、所謂成層燃焼を行なうようにしている。このようにすると、燃焼安定性を確保しつつ空燃比をリーンにし、燃費を良くすることができる。

10

【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NO<sub>x</sub>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なわれており、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。触媒としては理論空燃比付近でHC、CO及びNO<sub>x</sub>を浄化し得る三元触媒が一般に知られており、また上記筒内噴射式エンジン等において成層燃焼によるリーンバーンに適合するように、リーン運転域でもNO<sub>x</sub>の浄化が可能な触媒も開発されている。

20

【0004】

この種の筒内噴射式エンジンにおいて、低温時等に触媒の浄化性能の向上を図る装置としては、例えば特開平4-231645号公報に示されるような燃料噴射制御装置が知られている。この装置は、NO<sub>x</sub>の還元にHCを必要とするようなタイプのリーンNO<sub>x</sub>触媒を排気通路中に備えた筒内噴射式エンジンにおいて、インジェクタからの主噴射を圧縮行程後期に行なうとともに、触媒の温度が低いときには、上記主噴射に加えて、リーンNO<sub>x</sub>触媒へのHC供給のために微量の燃料を噴射する副噴射を吸気行程から圧縮行程初期にかけての期間内に行ない、触媒の温度が低いときには、上記主噴射に加えて、上記副噴射を燃焼行程の後半から排気行程初期にかけての期間内に行なうようにしたものである。この装置では、副噴射による噴射量を燃焼室での燃焼には殆ど関与しない程度の微量とすることで副噴射の燃料により得られるHCが排気通路の触媒に供給されるようにし、かつ、副噴射タイミングを低温時と高温時とで上記のように変えることにより、低温時は低沸点成分のHCを触媒に供給し、高温時は高沸点成分のHCを触媒に供給するようにしている。

30

【0005】

【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では、触媒温度が低いときに、圧縮行程後期の主噴射より前に副噴射を行なっているが、この副噴射は、触媒にHCを供給するためのものであって、極めて微小な量とすることで燃焼室内で殆ど燃焼されずに排気通路にHCが排出されるようにしている。従って、NO<sub>x</sub>の還元にHCを必要とするようなタイプのリーンNO<sub>x</sub>触媒が用いられる場合に限って有効である。しかも、低温とはいえ触媒がある程度は活性化した後初めてHCの供給によりNO<sub>x</sub>の浄化を図ることができるものであって、それ以前の未暖機状態ではHCが排出されてしまい、また、このような状態において排気温度の上昇により触媒の暖機を促進するといった機能は有しない。

40

【0006】

つまり、触媒が活性温度より低い未暖機時には、燃焼安定性を確保しつつ、燃焼室での燃焼そのものがHC、NO<sub>x</sub>の低減及び排気温度上昇による暖機促進の機能を高めるように燃焼状態を調整することが望まれるが、上記公報に示される装置ではこのような機能が充

50

分に得られない。

【 0 0 0 7 】

また、エンジンの温度状態と触媒の温度状態とは必ずしも一致せず、例えば、エンジンが停止されると触媒は速やかに冷却されるがエンジン温度の低下は遅いため、エンジンが停止後に完全に冷却される前に再始動された場合等には、触媒未暖機状態においてエンジン温度が所定温度より高いエンジン暖機状態となることがある。このように触媒未暖機状態でもエンジンの温度状態が変わると、燃焼室内での燃料の気化、霧化状態が変化することで燃焼状態が変化し、これが燃焼安定性や暖機促進作用等に影響を及ぼすが、従来ではこのような点について十分に配慮されていなかった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記の事情に鑑み、触媒未暖機時にエンジンからのHC及びNO<sub>x</sub>等の排出量を低減し、かつ、排気温度を上昇させて触媒の暖機を促進し、とくに触媒未暖機状態のうちでもエンジンの温度状態に応じて燃焼状態を調整することにより、燃焼安定性を確保しつつエミッション改善及び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を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【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、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態にあることを判別する判別手段と、エンジンの温度状態を検出するエンジン温度状態検出手段と、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、上記判別手段による判別及び上記エンジン温度状態検出手段による検出に基づき、触媒未暖機状態にあるときに、吸気行程から点火時期にかけての期間内で圧縮行程中期以降の後期噴射とこれより前の早期噴射の少なくとも2回の分割噴射を行なわせるようにインジェクタを制御するとともに、触媒未暖機状態においてエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合、エンジン温度が所定温度以下の場合と比べ、後期噴射を遅角させるようになっているものである。

【 0 0 1 0 】

この発明の装置によると、触媒未暖機状態のとき、上記インジェクタから分割噴射が行なわれ、圧縮行程中期以降に行なわれる後期噴射により、局部的にリッチな混合気が形成されるような混合気の濃淡が生じ、少なくとも点火プラグ付近に比較的反リッチな混合気が散在もしくは偏在することで着火性及び着火後の燃焼性が確保されるとともに、早期噴射により均一でリーンな混合気が形成されることにより、燃焼期間の後半において燃焼が緩慢になり、比較的反遅い時期まで燃焼が持続する。このような燃焼により、燃焼室から排出される排気ガス中のHC、NO<sub>x</sub>が低減されて触媒未暖機中のエミッションが向上されるとともに、排気温度が高められて触媒の暖機が促進される。

【 0 0 1 1 】

しかも、触媒未暖機状態においてエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合はエンジン温度が所定温度以下の場合と比べ、後期噴射を遅角することにより、燃焼安定性を確保しつつHC及びNO<sub>x</sub>を低減するとともに排気温度を上昇させる作用が、触媒未暖機中のエンジンの温度状態に応じて効果的に発揮される。

【 0 0 1 2 】

請求項2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、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態にあることを判別する判別手段と、エンジンの温度状態を検出するエンジン温度状態検出手段と、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、上記判別手段による判別及び上記エンジン温度状態検出手段による検出に基づき、触媒未暖機状態にあるときに、吸気行程から点火時期にかけての期間内で圧縮行程中期以降の後期噴射とこれより前の早期噴射の少なくとも2回の分割噴射を行なわせるようにインジェクタを制御するとともに、触媒未暖機状態にお

10

20

30

40

50

いてエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合、エンジン温度が所定温度以下の場合と比べ、上記吸気行程から点火時期にかけての全燃料噴射量に対する後期噴射の燃料噴射量の割合を多くするようにしたものである。

【0013】

この発明の装置によっても、触媒未暖機状態のときに分割噴射によって排気ガス中のHC、NO<sub>x</sub>を低減するとともに排気温度を上昇させる作用が得られ、とくに触媒未暖機中のエンジンの温度状態に応じた分割噴射割合の調節により、燃焼安定性が確保されつつ上記作用が良好に発揮される。

【0014】

請求項3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、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態にあることを判別する判別手段と、エンジンの温度状態を検出するエンジン温度状態検出手段と、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、上記判別手段による判別及び上記エンジン温度状態検出手段による検出に基づき、触媒未暖機状態で、かつエンジン温度が所定温度以下の場合、吸気行程から点火時期にかけての期間内で圧縮行程中期以降の後期噴射とこれより前の早期噴射の少なくとも2回の分割噴射を行なわせ、触媒未暖機状態で、かつエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合、圧縮行程で一括に燃料を噴射させるようにインジェクタを制御するようにしたものである。

【0015】

この発明の装置によっても、触媒未暖機状態においてエンジンの温度状態に応じて上記分割噴射と圧縮行程一括噴射とに変更されることにより、燃焼安定性が確保されつつ、排気ガス中のHC、NO<sub>x</sub>を低減するとともに排気温度を上昇させる作用が良好に発揮される。

【0016】

上記各発明において、エンジン温度が所定温度より高い状態でのエンジンの温間再始動時には始動からの所定時間、触媒未暖機状態でエンジン温度が所定温度より高い状態の場合の制御を行なうようにしておけばよい(請求項4)。

【0017】

上記各発明において触媒未暖機状態で分割噴射を行なうとき、早期噴射量は少なくとも後期噴射の燃料と後期噴射の燃焼とによって延焼可能な、理論空燃比よりもリーンな空燃比の混合気を燃焼室内に生成する量としておけばよい(請求項5)。ここで延焼とは、火炎が伝播することを意味する。

【0018】

つまりこの構成によると、早期噴射の燃料は燃焼室全体に拡散してリーンな混合気を形成し、後期噴射による混合気の燃焼が進むにつれ、後期噴射の燃料の一部と混合した早期噴射の燃料によるリーンな混合気に火炎が伝播されるようになる。

【0019】

触媒未暖機状態のときに、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ておくこと(請求項6)が好ましい。空燃比を13~17の範囲とするのは、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。

【0020】

このようにする場合に、空燃比を検出するO<sub>2</sub>センサと、触媒未暖機状態においてO<sub>2</sub>センサの活性後にこのO<sub>2</sub>センサの出力に基づいてフィードバック制御による燃料噴射量の演算を行なう噴射量演算手段とを備えていれば(請求項7)、空燃比の制御が適切に行なわれる。

【0021】

また、上記判別手段は、エンジン温度が所定温度以下のエンジン冷機状態におけるエンジン始動からの経過時間によって触媒未暖機状態の判別を行なうようにしておけばよい(請

10

20

30

40

50

求項 8 )。あるいは、排気通路における触媒の上流側と下流側とにそれぞれ排気中の酸素濃度を検出する O<sub>2</sub> センサを設け、判別手段は両 O<sub>2</sub> センサの出力の比較に基づいて触媒が未暖機状態か暖機状態かを判別するようになっていてよい (請求項 9 )。

【 0 0 2 2 】

このようにすることで、触媒未暖機状態の判別が容易に、かつ適切に行なわれる。

【 0 0 2 3 】

一方、エンジン温度状態検出手段はエンジン冷却水温によってエンジンの温度状態を検出するようにしておけばよい (請求項 1 0 )。

【 0 0 2 4 】

また、上記各発明において、エンジンの点火時期を制御する点火時期制御手段を備え、触媒未暖機状態のとき、エンジン温度に関わらず点火時期を M B T より所定量遅角するようにしておけば (請求項 1 1 )、暖機促進作用等が高められる。

【 0 0 2 5 】

また、上記各発明において、触媒未暖機状態のときに燃焼室内のガス流動を強化するガス流動強化手段を設けておけば (請求項 1 2 )、触媒未暖機状態のときに、ガス流動により燃焼安定性が高められ、点火時期遅角の許容度も高められることにより、触媒暖機促進作用等がより一層高められる。

【 0 0 2 6 】

【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。

【 0 0 2 7 】

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。

【 0 0 2 8 】

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てよい。

【 0 0 2 9 】

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 3 0 】

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てよい。

【 0 0 3 1 】

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 3 2 】

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

10

20

30

40

50

れ、この高圧燃料ポンプ13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11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。

**【0033】**

上記エンジン本体1には吸気通路15及び排気通路16が接続されている。上記吸気通路15はサージタンク15bの下流側で気筒別に分岐し、かつ、その気筒別通路15a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17が設けられている。そして、スワール制御弁17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。

10

**【0034】**

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17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。

**【0035】**

また、吸気通路15の途中にはスロットル弁18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19によって上記スロットル弁18が作動されるようになっている。

20

**【0036】**

なお、サージタンク15b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。

**【0037】**

一方、排気通路16には、 $O_2$  センサ21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22が設けられている。上記 $O_2$  センサ21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。

**【0038】**

上記触媒装置22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。

30

**【0039】**

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。

40

**【0040】**

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

50

ータ25、エンジン冷却水の水温を検出する水温センサ26、スタータ作動のためのスタータスイッチ27及び上記O<sub>2</sub>センサ21等からの信号が入力されている。

【0041】

上記ECU30は、触媒未暖機状態の判別手段31、エンジン温度状態検出手段32、燃料噴射制御手段33、燃料噴射量演算手段34及び点火時期制御手段35を含んでいる。

【0042】

上記判別手段31は、触媒が活性温度より低い未暖機状態にあることを判定するものであり、例えばエンジン始動からの経過時間を測定して、設定時間以内であれば触媒未暖機状態と判定する。この設定時間は、少なくとも触媒が活性温度に達するまでに要する程度の時間とされ、好ましくはこれより多少長い時間（例えば20秒程度）とされる。このように触媒が活性温度に達するまでに要する時間より多少長い時間を設定しておけば、この時間中に後述のような暖機促進を図る制御が行なわれることにより、設定時間の経過時点で触媒温度が確実に活性温度領域内の適当な温度まで上昇して、その後リーン運転や減速時の燃料カット等で触媒温度が多少低下しても活性温度領域に保たれることとなる。

10

【0043】

上記エンジン温度状態検出手段32は、エンジン温度に関連する要素、例えば水温センサ26により検出されるエンジン冷却水の水温に基づき、エンジンの温度状態を検出する。

【0044】

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、少なくともエンジンの低負荷域において、吸気行程から点火時期にかけての期間内で、圧縮行程中期以降の後期噴射と、これより前の早期噴射の少なくとも2回の分割噴射を行なわせるようにインジェクタ11を制御する。

20

【0045】

ここで、圧縮行程中期とは、圧縮行程を前期、中期、後期に3等分したときの中期、つまり、クランク角でBTDC（上死点前）120°からBTDC60°の期間を意味する。従って後期噴射はBTDC120°以降とされる。ただし、後述のように後期噴射の時期が遅すぎると燃焼安定性が損なわれることから、圧縮行程の3/4の期間が経過するまで（BTDC45°まで）に後期噴射を開始することが望ましい。

【0046】

さらに、触媒未暖機状態でもエンジンの温度状態によって分割噴射のうちの少なくとも1回の噴射の時期が変更され、当実施例では後期噴射時期が変更されるようになっており、エンジン温度が所定温度より高くなると後期噴射時期が遅角される。

30

【0047】

上記後期噴射及び早期噴射の各噴射時期（噴射開始時期）を図2によって具体的に説明すると、後期噴射の基本噴射時期adbは圧縮行程の中期以降、例えば上死点前120°程度から上死点前45°程度までの期間内に設定され、触媒未暖機状態で、かつエンジン冷機状態の場合はこの後期基本噴射時期adbが後期噴射時期adとされるとともに、早期噴射時期akは後期噴射より前の適当な時期、例えば吸気行程の期間内に設定される。また、触媒未暖機状態でもエンジン温度が所定温度（例えば45°C程度）より高くなった場合は、後期噴射時期adが後期基本噴射時期adbよりも補正值kだけ遅角されるようになっている。

40

【0048】

このような触媒未暖機状態における分割噴射時に、アクセル開度等に応じたスロットル開度等の制御により吸入空気量が調節される一方、空燃比が熱発生率の高い範囲である13~17の範囲内に設定され、この設定空燃比及び吸入空気量等に応じて上記噴射量演算手段34により燃料噴射量が演算されるとともに、上記燃料噴射制御手段33により上記燃料噴射量が所定の分割割合で分割されて早期噴射量及び後期噴射量が制御される。

【0049】

この場合に、上記早期噴射及び後期噴射とも主燃焼期間内にある主燃焼に寄与する燃料を

50

噴射させるように制御される。つまり、一般に燃焼室内での燃焼の進行過程で質量燃焼割合が10%程度までが初期燃焼期間、10%程度から90%程度までが主燃焼期間と呼ばれるが、後にも説明するように後期噴射燃料が着火、燃焼される初期燃焼は初期燃焼期間及び主燃焼期間の前期にわたる燃焼であり、早期噴射燃料が後期噴射の燃料と後期噴射の燃焼により延焼可能（火炎伝播可能）な空燃比の混合気を燃焼室内に生成して、早期噴射燃料も後期噴射燃料とともに主燃焼に関与し、かつ、早期噴射燃料によるリーンな混合気が緩慢燃焼するように、それぞれの噴射量が設定される。

**【0050】**

具体的には、後期噴射燃料の燃焼による火炎で延焼可能な空燃比として、早期噴射のみでの燃焼室内空燃比が85以下となるように設定され、全噴射量に対する早期噴射量の割合が1/5以上（後期噴射量の割合が4/5以下）とされる。因みに、燃焼室全体の空燃比を17、早期噴射のみでの燃焼室内空燃比を85とすると早期噴射量の割合が1/5となる。

10

**【0051】**

また、全噴射量に対する後期噴射量の割合が1/5以上（早期噴射量の割合が4/5以下）とされる。従って、早期噴射量の割合1/5～4/5となる。この範囲内でも望ましくは、早期噴射のみでの燃焼室内空燃比が可燃限界空燃比（混合気がそれ自体で燃焼し得る空燃比の限界；30程度）以上となるように早期噴射量が設定される。

**【0052】**

上記点火時期制御手段35は、点火装置38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MBTに制御するが、触媒未暖機状態では点火時期をMBTよりも所定量遅角するようになっている。

20

**【0053】**

ECU30は上記各手段31～35を有するほかに、スロットル弁18を駆動するアクチュエータ19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18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18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ECU30は、分割噴射時等に燃焼室5内にスワールを生じさせるべく、上記スワール制御弁17

30

**【0054】**

なお、図1に示すエンジンは、ピストン4の頂部に、インジェクタ11から噴射された燃料をトラップして点火プラグ10方向に導く成層化用のキャピティ12を設けることにより、圧縮行程中期以降にインジェクタ11から燃料噴射を行なったときに点火プラグ10付近に比較的リッチな混合気が偏在するような成層状態が得られるようにしているが、本発明装置はこのようなエンジン（以下、成層エンジンと呼ぶ）に限らず、例えば図3（a）（b）（c）に示すようなフラットピストン41，42，43を備えることにより、必ずしも混合気を成層化させない筒内噴射式エンジン（以下、非成層エンジンと呼ぶ）に適用することもできる。

40

**【0055】**

ここで、当明細書においていうフラットピストンとは、上記のような成層化用のキャピティ12を有しないピストンを意味するものであって、図3（a）のように頂部が完全に平坦なピストンに限らず、図3（b）（c）に示すように要求に応じた燃焼室形状を得るためにピストン頂面が凹状や凸状に形成されているものでも成層化用のものでなければフラットピストンに含まれることとする。

**【0056】**

この筒内噴射式エンジンの制御の一例を、図4のフローチャートを参照しつつ説明する。

**【0057】**

このフローチャートに示す処理がスタートすると、先ずステップS1でエンジン回転数、

50

アクセル開度、エアフローセンサ計測値、エンジン水温及びスタータ信号が読み込まれる。次にステップS2でスタータ信号及びエンジン回転数に基づいてエンジン始動中か否かが判定される。

【0058】

エンジン始動中であれば、フラッグSTに「1」がセットされる(ステップS3)とともに、エンジン水温等に応じ、始動時の燃料噴射量に相当する噴射パルスのパルス幅Taが算出され(ステップS4)、このパルス幅Taがそのまま早期噴射(吸気行程噴射)のパルス幅Takとされる(ステップS5)。さらに、早期噴射の基本噴射時期akbが算出され(ステップS6)、これがそのまま早期噴射時期akとされる(ステップS7)。そして、この噴射時期akになったとき、上記パルス幅Takの噴射パルスを出力することによって燃料噴射が実行される(ステップS8, S9)。

10

【0059】

ステップS2でエンジン始動中でないと判定したときは、エンジン回転数、アクセル開度、エアフローセンサ計測値等に基づき、燃料噴射量に相当する噴射パルスのパルス幅Taが算出される(ステップS10)。この場合、少なくとも触媒未暖機状態にあるときには、エンジン回転数及びアクセル開度等に基づき、スロットル開度の制御により要求トルクに見合うように吸入空気量が調節されつつ、燃焼室全体の空燃比が13~17の範囲内に設定されて、その設定空燃比及びエアフローセンサ計測値等に応じて燃料噴射量(パルス幅Ta)が演算される。

【0060】

燃料噴射量の演算は、O<sub>2</sub> センサ21が活性するまではオープン制御により行なうが、O<sub>2</sub> センサ21の活性後はO<sub>2</sub> センサ21の出力に基づいてフィードバック制御し、つまりO<sub>2</sub> センサ21の出力に応じたフィードバック補正量を基本噴射量に加算することで燃料噴射量を求めるようにすればよい。このようにすることで燃料噴射量が精度良く求められる。

20

【0061】

ステップS10に続くステップS11では、フラッグSTが「1」か否かが調べられる。このフラッグSTは後述のように始動後設定時間が経過したときにクリアされるので、フラッグSTが「1」であれば、始動後設定時間内であって、触媒未暖機状態と想定される状況にあることを意味する。

30

【0062】

触媒未暖機状態と想定される状況にあること(フラッグSTが「1」)が判定されたときは、インジェクタから分割噴射を行なわせるべく、ステップS12以降の処理を行なう。

【0063】

すなわち、触媒未暖機状態のときの制御として、ステップS12では早期噴射パルス幅Tak及び後期噴射パルス幅Tadがそれぞれ、

【0064】

【数1】

$$T_{ak} = \alpha \times T_a \quad , \quad T_{ad} = (1 - \alpha) \times T_a$$

と演算される。ここで、 $\alpha$  は早期噴射割合(全噴射量に対する早期噴射量の割合)であつて、1/5~4/5の範囲内で運転状態に応じて設定される。

40

【0065】

ステップS13では、早期噴射を吸気行程期間内とするとともに後期噴射を圧縮行程中期以降の適当な時期とするように、早期基本噴射時期akb及び後期基本噴射時期adbが設定される。さらにステップS14では、上記早期基本噴射時期akbがそのまま早期噴射時期akとされる一方、上記後期基本噴射時期adbから水温に応じた補正值kだけ減じた値が後期噴射時期adとされる。

【0066】

この場合、図2中に示すように噴射時期(akb, adb等)は圧縮上死点を基準としたBTDCで表され、その値が小さくなるほど噴射時期が遅くなる。また、上記補

50

正值  $k$  は、図4に示すように、水温が第1設定温度  $t_{w1}$  (例えば  $45^{\circ}\text{C}$  程度) 以下で0とされ、この温度  $t_{w1}$  からこれよりある程度高い第2設定温度  $t_{w2}$  (例えば  $60^{\circ}\text{C}$  程度) までは水温の上昇に応じて増加し、第2設定温度  $t_{w2}$  以上で所定の最大値とされる。つまり、水温が所定温度(第1設定温度  $t_{w1}$ ) 以下のエンジン冷機状態のときは後期噴射時期  $a_d$  が後期基本噴射時期  $a_{db}$  とされるが、水温が所定温度よりも高くなるとそれにつれて後期噴射時期  $a_d$  が遅角され、水温が第2設定温度  $t_{w2}$  以上のエンジン完全暖機状態となれば後期噴射時期  $a_d$  が最大限に遅角される。

【0067】

そして、上記早期噴射時期  $a_k$  となればパルス幅  $T_{ak}$  で燃料噴射が実行され(ステップ  $S_{15}$ ,  $S_{16}$ )、次に後期噴射時期  $a_d$  となればパルス幅  $T_{ad}$  で燃料噴射が実行される(ステップ  $S_{17}$ ,  $S_{18}$ )。さらに、触媒未暖機状態では点火時期を遅角する制御が行なわれる(ステップ  $S_{19}$ )。 10

【0068】

ステップ  $S_{20}$  ではエンジン始動後、設定時間  $T_{st}$  以上経過したか否かが判定される。この設定時間  $T_{st}$  は触媒暖機までに要する時間もしくはこれより多少長い時間であり、この設定時間  $T_{st}$  に達してなければそのままリターンされることにより、ステップ  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_{100}$ ,  $S_{11}$  を経て  $S_{12} \sim S_{19}$  の処理が繰り返される。

【0069】

設定時間  $T_{st}$  以上経過していれば、フラッグ  $ST$  が「0」にクリアされ(ステップ  $S_{21}$ )、それからリターンされることにより、その後の処理においてステップ  $S_{11}$  でフラッグ  $ST$  が「1」でないと判定される。この場合は触媒及びエンジンが暖機した後の通常制御が行なわれ、例えば前記の非成層エンジンでは、ステップ  $S_5$  以降の処理に移って吸気行程一括噴射が行なわれる。なお、前記の成層エンジンの場合、触媒及びエンジンが暖機した後の制御としては、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するとともに空燃比をリーンにし、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し、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て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を行なうというように、運転状態に応じて噴射形態、空燃比等を制御すればよい。 20

【0070】

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を、次に説明する。エンジン始動後において触媒が未暖機状態にあるときは、燃焼室全体の空燃比が  $13 \sim 17$  の範囲内となるように吸入空気量及び燃料噴射量が制御されつつ、インジェクタからの燃料噴射が吸気行程の早期噴射と圧縮行程中期以降の後期噴射とに分割されて行なわれる。 30

【0071】

そして、早期噴射の燃料は、点火までに気化、霧化及び拡散に十分な時間があるため燃焼室全体に拡散して、延焼可能な程度のリーンな混合気層を形成する。また、後期噴射の燃料は、部分的に比較的にリッチな混合気を少なくとも点火プラグ10付近に存在させるようにする。つまり、図1に示すような成層エンジンでは後期噴射の燃料が点火プラグまわりに多く集められて、理論空燃比もしくはこれよりリッチな空燃比の混合気層を形成する 40  
ような成層状態が得られる。また、図3に示すようなフラットピストンを備えた非成層エンジンでも、点火までの時間が比較的短い後期噴射により部分的に濃淡を有する混合気が燃焼室内に生成され、局所的に他の部分よりリッチな混合気が燃焼室内に散在する状態となつて、点火プラグ近くにもリッチな混合気が存在する。

【0072】

このような燃料供給状態とされることにより、混合気の着火、燃焼が良好に行なわれつつ、エンジンから排出される排気ガス中の  $\text{HC}$  及び  $\text{NO}_x$  が低減されて触媒未暖機状態のときのエミッションが改善されるとともに、排気温度が上昇し、触媒の暖機が促進される。

【0073】

また、エンジンの温度状態と触媒の温度状態とは必ずしも一致せず、例えばエンジン停止 50

後にエンジンが完全に冷却される前に再始動された場合等には触媒が暖機状態に達する前にエンジン温度（水温）が所定温度より高いエンジン暖機状態となることがあるが、このような場合は、エンジン温度の上昇に伴い、後期噴射時期が遅角される。エンジン始動時点で既にエンジン温度が所定温度より高くなっているような温間再始動時は、始動直後から後期噴射時期が遅角されて、この状態が所定時間保たれる。

【0074】

このようにエンジン温度状態に応じた制御が行なわれることにより、HC及びNOxの低減及び触媒の暖機促進がより一層効果的に行なわれる。

【0075】

さらに触媒未暖機中は点火時期が遅角され、これによってもHC及びNOxの低減及び触媒の暖機促進の効果が高められる。

【0076】

これらの作用、効果を、図6～図13を参照しつつ具体的に説明する。なお、図6～図13の中でいう分割噴射は、上記実施形態のように早期噴射を吸気行程、後期噴射を圧縮行程とした分割噴射をいう。

【0077】

図6は、分割噴射を行なった場合と、吸気行程一括噴射とした場合（比較例）とにつき、点火後の質量燃焼割合の変化を調べたデータであり、運転条件としてはエンジン回転数を1500rpm、正味平均有効圧力Peを294kPaとし、点火時期をTDC（圧縮上死点）まで遅角（MBTはBTDC10°程度）させている。

【0078】

この図に示すように、上記比較例の一括噴射と比べて分割噴射の方が燃焼期間後期の燃焼が遅くなり、これは、分割噴射の方が排気温度を上昇させる効果が高いことを意味する。そして、このように燃焼期間後期の燃焼が充分に行なわれることにより触媒の暖機が促進されるとともに、HC及びNOxが低減される。このような現象が生じる理由としては、次のようなことが推測される。

【0079】

すなわち、上記のように圧縮行程中期以降の後期噴射によって少なくとも点火プラグ付近に部分的に比較のリッチな混合気が存在することにより、着火安定性が確保されるとともに、着火後の燃焼が良好に行なわれる一方、早期噴射の燃料は燃焼室全体に拡散してリーンな混合気を形成しており、上記後期噴射による混合気の燃焼が進むにつれ、後期噴射の燃料の一部と混合した早期噴射の燃料によるリーンな混合気に火炎が伝播され、このリーンな混合気が燃焼する。

【0080】

つまり、主燃焼中に後期噴射の燃料による混合気の燃焼と、それに続いての早期噴射の燃料等によるリーンな混合気の燃焼とが行なわれるが、そのリーンな混合気の燃焼は緩慢燃焼となるので、NOxの発生が抑制される。そして、排気温度が上昇して暖機が促進されるとともに、HCが酸化されて低減されるものと推測される。

【0081】

また、この図6によると、分割噴射による場合に吸気行程一括噴射と比べて燃焼前期の質量燃焼割合の立上りが速くなり、これは燃焼安定性が高いことを示す。このような現象は、図1に示すような成層エンジンにおいて顕著に見られるとともに、図3に示すようなフラットピストンを用いた非成層エンジンでも分割噴射することによって顕著に見られる。このような現象が生じる理由としては、次のようなことが推測される。

【0082】

すなわち、成層エンジンでは、後期噴射から点火までの期間が短いので、後期噴射の燃料による混合気が点火プラグまわりに偏在するとともに、その偏在した範囲内でも空燃比分布にむらがあって、点火プラグまわりでも比較のリッチな混合気とリーンな混合気とが存在するため、火炎が広がる過程で火炎伝播速度が不均一になって火炎表面が凹凸状となり、これにより火炎面積が大きくなり、燃焼促進に寄与するため、燃焼前期における燃焼が

10

20

30

40

50

促進されるものと推測される。また、非成層エンジンでも後期噴射により比較的リッチな混合気とリーンな混合気とが散在するような状態となるので、火炎が広がる過程で火炎伝播速度が不均一になって火炎表面が凹凸状となることにより火炎面積が大きくなり、燃焼前期における燃焼が促進されるものと推測される。

【 0 0 8 3 】

このように燃焼安定性が高められると、点火時期の遅角量を大きくすることが可能となるため、上記の燃焼期間後期の燃焼が遅くなることによる排気温度上昇等の効果に加え、点火時期の遅角によって排気温度上昇及びHC、NO<sub>x</sub>低減の効果をより一層高めることができる。

【 0 0 8 4 】

図7は吸気行程一括噴射で点火時期をMBTから遅角側に变化させた場合と、分割噴射で点火時期はMBTとしつつ、後期噴射時期を变化させた場合とにつき、燃費率及び排ガス温度の変化を示している。運転状態としてはエンジン回転数を1500rpm、正味平均有効圧力P<sub>e</sub>を294kPaとしている。この図のように、吸気行程一括噴射の場合は点火時期を遅角させていくと排ガス温度が上昇するとともに燃費が悪化し、また、分割噴射の場合は、後期噴射時期を圧縮行程のBTDC（上死点前）90°程度から遅らせていくにつれ、排ガス温度が上昇するとともに燃費が悪化する。

【 0 0 8 5 】

ただし、これらの場合を比較すると、同じ排ガス温度（例えば一括噴射で点火時期がMBTのときと比べて60°C上昇）でも、分割噴射によると燃費率が低くなる。換言すると、燃費の悪化を同程度にするならば、一括噴射で点火時期を遅角するよりも分割噴射の方が排気温度が高められる。また、分割噴射を行なった上でさらに点火時期を遅角させれば、より大きく排気温度を高めることができる。

【 0 0 8 6 】

図8はエンジン回転数が1500rpmで無負荷状態という運転条件において、吸気行程一括噴射で点火時期を遅角させた比較例と、分割噴射で点火時期の遅角も行なうようにした本発明の実施例とにつき、燃料消費量を同じにするように点火時期遅角量を調整した状態（比較例、実施例とも点火時期はTDCまで遅角）で、排ガス温度、燃焼室から排出される排気ガス中のHC濃度、同NO<sub>x</sub>濃度及び回転数変動率RPM（標準偏差）を調べたものである。この図のように、同じ運転条件及び同じ燃料消費量でも、本発明の実施例の方が比較例よりも排ガス温度が大幅に高められ、しかもHC濃度及びNO<sub>x</sub>濃度が低減され、かつ、回転数変動率RPMが小さくなる。

【 0 0 8 7 】

これは、分割噴射によると、前述のように、分割噴射により燃焼後期の燃焼が遅くなることで排気温度が高められるとともにHCが低減され、また早期噴射によるリーンな混合気の燃焼が緩慢燃焼となること等でNO<sub>x</sub>が低減され、また燃焼期間の前期における燃焼が促進されて燃焼安定性が高められる等の理由によるものと推測される。

【 0 0 8 8 】

図9は吸気行程一括噴射とした場合と分割噴射とした場合とにつき、筒内噴射式エンジンを搭載した車両を運転しつつHC浄化率、NO<sub>x</sub>浄化率及び排気温度を調べたものであり、この図のように、分割噴射とした場合は、吸気行程一括噴射とした場合と比べて排気ガス温度の上昇が早められることにより、HC浄化率、NO<sub>x</sub>浄化率がそれぞれ50%に達する時期が大幅に短縮（図中のt<sub>a</sub>、t<sub>b</sub>だけ短縮）される。

【 0 0 8 9 】

図10は、点火時期と図示平均有効圧力との関係について調べたデータを、吸気行程一括噴射とした場合と分割噴射とした場合とについて示すものである。この図のように、点火時期が遅角されると図示平均有効圧力（トルク）が低下するが、その低下度合は、分割噴射の場合の方が吸気行程一括噴射の場合よりも小さくなる。

【 0 0 9 0 】

これらのデータから、本発明のように触媒未暖機時に分割噴射を行なうことにより、燃焼

10

20

30

40

50

室から排出される排気ガス中のHC及びNO<sub>x</sub>を低減してエミッションを改善しつつ、排気温度を上昇させて触媒の暖機を促進し、かつ、一括噴射で点火時期遅角を大きくするような場合と比べると燃焼安定性及び燃費も良くなることがわかる。

#### 【0091】

図11は後期噴射割合（全噴射量に対する後期噴射量の割合）とP<sub>i</sub>（図示平均有効圧力）変動率、排ガス温度、燃費率、HC排出量及びNO<sub>x</sub>排出量との関係について調べたデータである。運転条件としてはエンジン回転数を1500rpm、正味平均有効圧力P<sub>e</sub>を294kPa、エンジン冷却水温を40°Cとし、点火時期はTDC（圧縮上死点）まで遅角させている。この図のように、後期噴射割合が20%（1/5）より小さいと排ガス温度上昇効果及びHC、NO<sub>x</sub>低減効果が十分に得られず、後期噴射割合が20%（1/5）以上になれば、後期噴射割合が大きくなるにつれ、排ガス温度上昇効果及びHC、NO<sub>x</sub>低減効果が增大するが、P<sub>i</sub>変動率及び燃費率が次第に高くなり、後期噴射割合が80%を越えるとP<sub>i</sub>変動率が許容度を越えて燃焼安定性が損なわれる。

10

#### 【0092】

従って、触媒未暖機状態で、かつエンジン冷機状態のとき、排ガス温度上昇効果及びHC、NO<sub>x</sub>低減効果が得られるようにしつつ燃焼安定性及びトルクを確保するには、後期噴射割合を20%～80%（1/5～4/5）の範囲内、つまり早期噴射の割合を4/5～1/5の範囲内とすることが好ましい。また、このような範囲内では、後期噴射割合を多くするほど、つまり早期噴射の割合少なくするほど排ガス温度上昇効果及びHC、NO<sub>x</sub>低減効果が大きくなる。そして、早期噴射量を、早期噴射のみでの燃焼室内空燃比が可燃空燃比（30程度）以上となるように少なくしておけば、早期噴射の燃料による混合気が十分にリーンになることにより、その燃焼が緩慢になって燃焼期間後期の燃焼が遅くなることにより、排ガス温度上昇効果及びHC、NO<sub>x</sub>の低減効果が十分に得られる。

20

#### 【0093】

図12は、後期噴射の開始時期とP<sub>i</sub>変動率及び排気ガス温度との関係を示しており、運転条件としてはエンジン回転数を1500rpm、正味平均有効圧力P<sub>e</sub>を294kPa、エンジン冷却水温を40°Cとし、点火時期はTDC（圧縮上死点）まで遅角させている。

#### 【0094】

この図のように、触媒未暖機状態で、かつエンジン冷機状態のとき、後期噴射の開始時期がBTDC120°より早ければ排ガス温度上昇効果は殆ど得られず、BTDC120°以降になると、後期噴射の開始時期が遅くなるにつれて排気ガス温度上昇効果が高められるが、P<sub>i</sub>変動率が大きくなり、後期噴射の開始時期がBTDC60°よりもさらに遅くなるとP<sub>i</sub>変動率が許容度を越えて燃焼安定性が損なわれる。

30

#### 【0095】

従って、水温が40°C程度のエンジン冷機状態で点火時期をTDCまで遅角させた場合に、後期噴射の開始時期はBTDC120°～BTDC60°の範囲内とすれば、燃料の気化、霧化時間も確保できることから、燃焼安定性を確保しつつ排気ガス温度を上昇させる効果が得られる。なお、点火時期の遅角量を小さくすれば、燃焼安定性が高められるので、後期噴射の開始時期を上記範囲より遅らせることができる。また、燃料噴射量が少ない極低負荷領域にある場合や、後期噴射の燃料噴射量が比較的少ない場合は、燃料の気化、霧化が比較的行なわれ易いので、後期噴射の開始時期をBTDC45°程度までの範囲としつつ、点火時期を十分に遅角することができる。

40

#### 【0096】

ところで、エンジン温度（水温）が高くなると燃料の気化、霧化が促進されること等で燃焼安定性が高められ、つまり触媒未暖機状態であってもエンジン温度が高くなれば、図12に二点鎖線で示すように、エンジン冷機状態の場合（実線）と比べてP<sub>i</sub>変動率が低減され、P<sub>i</sub>変動率が許容度を越えない後期噴射時期の範囲が遅角側に広がる。

#### 【0097】

そこで、触媒未暖機状態でエンジン温度も低いときには、その温度状態で燃焼安定性を確

50

保し得る範囲内に設定された後期基本噴射時期  $a d b$  が後期噴射時期  $a d$  とされるが、触媒未暖機状態でもエンジン所定温度より高い状態となった場合は、燃焼安定性が高められことに見合うように後期噴射時期  $a d$  が基本後期噴射時期  $a d b$  よりも遅角される。こうして燃焼安定性が確保される範囲で、できるだけ後期噴射時期が遅角されることにより、同図から明らかなように排気温度上昇効果が高められ、それに対応して  $H C$ 、 $N O x$  を低減する効果も高められることとなる。

【0098】

また、触媒未暖機時において上記のような分割噴射が行なわれるときに、図1に示すスワール制御弁17等のガス流動強化手段により燃焼室内のガス流動が強化されるようにしておくと、このガス流動の強化により燃焼安定性が高められるため、分割噴射時に暖機促進効果を高めるべく後期噴射の開始時期を比較的遅くした場合にも  $P i$  変動率の増大を抑えて燃焼安定性を確保することができるとともに、点火時期リタード量の許容度も高められることにより、触媒の暖機がより一層促進される。

10

【0099】

なお、上記実施形態では触媒未暖機状態においてエンジン温度が所定温度より高いときは所定温度以下のときと比べて後期噴射時期が遅角させているが、これに加え、またはこれに替え、触媒未暖機状態において温度が所定温度より高いときは所定温度以下のときと比べて後期噴射の割合を多くするようにすることも効果的である。

【0100】

すなわち、前記の図11に示すデータによると、分割噴射において後期噴射の割合を多くするほど排気ガス温度上昇及び  $H C$ 、 $N O x$  低減の効果が高められるが、 $P i$  変動率が増大し、触媒未暖機状態でエンジン温度も低いときには後期噴射割合が80%を越えると  $P i$  変動率が許容度を越えて燃焼安定性が損なわれるが、エンジン温度（水温）が高くなると燃焼安定性が高められ、 $P i$  変動率が低減されるため、エンジン冷機時と比べ後期噴射割合を多くしても燃焼安定性が確保される。

20

【0101】

上記のように触媒未暖機状態においてエンジン温度が高いときに後期噴射の割合を多くすることの典型として、後期噴射を100%とし、つまり圧縮行程一括噴射としてもよく、この例を図13のフローチャートによって説明する。

【0102】

このフローチャートにおいて、ステップ  $S 1 0 1 \sim S 1 1 1$  は図4のステップ  $S 1 \sim S 1 1$  と同様である。ステップ  $S 1 1 1$  でフラッグ  $S T$  が「1」であると判定されたとき、つまり始動後設定時間内にあって、触媒未暖機状態と想定される状況にあるときは、続いてステップ  $S 1 1 2$  で水温が所定温度以下か否かが判定される。

30

【0103】

ステップ  $S 1 1 2$  で水温が所定温度以下であることが判定された場合は、分割噴射を行なわせるべく、ステップ  $S 1 1 3$  で早期噴射パルス幅  $T a k$  及び後期噴射パルス幅  $T a d$  の演算（図4中のステップ  $S 1 2$  と同様）が行なわれ、ステップ  $S 1 1 4$  で早期噴射時期  $a k$  が吸気行程内の適当な時期に設定されるとともに、後期噴射時期  $a d$  が圧縮行程中期以降の適当な時期に設定される。そして、上記早期噴射時期  $a k$  となればパルス幅  $T a k$  で燃料噴射が実行され（ステップ  $S 1 1 5$ 、 $S 1 1 6$ ）、次に後期噴射時期  $a d$  となればパルス幅  $T a d$  で燃料噴射が実行される（ステップ  $S 1 1 7$ 、 $S 1 1 8$ ）。さらに、点火時期を遅角する制御が行なわれ（ステップ  $S 1 2 1$ ）、それからステップ  $S 1 2 2$  に移行する。

40

【0104】

一方、触媒未暖機状態と想定される状況において上記ステップ  $S 1 1 2$  で水温が所定温度より高いことが判定された場合は、後期噴射（圧縮行程噴射）のみの一括噴射を行なわせるべく、ステップ  $S 1 1 9$  で、全噴射量に相当するパルス幅  $T a$  が後期噴射パルス幅  $T a d$  とされるとともに、ステップ  $S 1 2 0$  で後期噴射時期  $a d$  が設定される。そして、後期噴射時期  $a d$  となればパルス幅  $T a d$  で燃料噴射が実行され（ステップ  $S 1 1 7$ 、

50

S 1 1 8)、さらに、点火時期を遅角する制御が行なわれ(ステップS 1 2 1)、それからステップS 1 2 2に移行する。

【0105】

ステップS 1 2 2での始動後設定時間T s t以上経過したか否かの判定と、この判定がY E Sの場合のステップS 1 2 3でのフラッグS Tクリアの処理は、図4中のステップS 2 0, S 2 1と同様である。

【0106】

この例によると、触媒未暖機状態で、かつエンジン温度が低いときは、図14(a)に示すように吸気行程の早期噴射と圧縮行程中期以降の後期噴射とからなる分割噴射が行なわれ、かつ、噴射割合及び噴射時期が前述のような所定範囲内(図11, 図12参照)に設定されることにより、エンジン温度が低いために噴射燃料の気化、霧化が悪くなり易い状況下において燃焼安定性が確保されつつHC、NOxの低減及び暖機促進が図られる。

10

【0107】

一方、燃焼安定性が確保される範囲で後期噴射の割合を多くするほどHC、NOxの低減及び排気温度上昇の効果が高められ(図11参照)、またエンジン温度が高くなると気化、霧化が良くなるために後期噴射の割合を多くしても燃焼安定性が確保されることから、触媒未暖機時で、かつエンジン温度が所定温度より高いときは、後期噴射の割合を多くすることの典型として、図14(b)に示すように圧縮行程一括噴射とされることにより、効果的にHC、NOxの低減及び暖機促進が図られることとなる。

【0108】

本発明の制御装置の構造は上記各実施形態以外にも種々変更可能である。

20

【0109】

例えば、判別手段31による触媒未暖機状態の判別は、上記実施形態ではエンジン始動からの経過時間によって行なっているが、触媒装置22の上流に設けられているO<sub>2</sub> センサ21に加えて図1中に二点鎖線で示すように触媒下流にもO<sub>2</sub> センサ21'を設け、この両O<sub>2</sub> センサ21, 21'の出力の比較に基づいて判別を行なうようにしてもよい。つまり、触媒が活性化すると触媒での反応により排気中の酸素濃度が変化するので、両O<sub>2</sub> センサ21, 21'の出力が一致するときは触媒未暖機状態、両O<sub>2</sub> センサ21, 21'の出力が異なれば触媒暖機状態と判定すればよい。

【0110】

あるいは、触媒温度を直接検出する温度センサを設けて、その検出信号に基づき触媒未暖機状態を判別するようにしてもよい。

30

【0111】

また、図4に示す制御では、触媒未暖機状態においてエンジン温度が所定温度より高いときに分割噴射のうちの後期噴射を遅角させるように補正しているが、早期噴射または早期噴射と後期噴射の両方を遅角させるように補正してもよい。

【0112】

【発明の効果】

以上のように、請求項1に係る発明は、筒内噴射式エンジンにおいて、触媒未暖機状態にあるときに、吸気行程から点火時期にかけての期間内で圧縮行程中期以降の後期噴射とこれより前の早期噴射の少なくとも2回の分割噴射を行なわせるようにインジェクタからの燃料噴射を制御しているため、燃焼期間の後期に緩慢燃焼が行なわれる等によって燃焼室から排出されるHC及びNOxを低減し、触媒未暖機状態のときのエミッションを改善するとともに、排気温度を高めて触媒の暖機を促進することができる。

40

【0113】

とくに、触媒未暖機状態においてエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合はエンジン温度が所定温度以下の場合と比べ、少なくとも1回の噴射(例えば後期噴射)を遅角するようにしているため、燃焼安定性を確保しつつHC及びNOxを低減するとともに暖機を促進する効果を、触媒未暖機中のエンジンの温度状態に応じて良好に発揮させることができる。つまり、触媒未暖機状態でもエンジン温度が高い場合は、噴射燃料が気化、

50

霧化し易くなって燃焼安定性が高められることから、その分だけ、燃料の噴射時期を燃料の気化、霧化には不利であるがHC、NO<sub>x</sub>の低減並びに排気温度上昇には有利となる方向へ変化させることにより、エミッション改善及び暖機促進の効果を高めることができる。

【0114】

また、請求項3に記載のように、触媒未暖機状態のときに上記分割噴射を行なわせるようにインジェクタからの燃料噴射を制御するとともに、触媒未暖機状態においてエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合にエンジン温度が所定温度以下の場合と比べ、後期噴射の割合を多くするようにしておいても、触媒未暖機中のエンジンの温度状態に応じた分割噴射割合の調節により、エミッション改善及び暖機促進の効果を高めることができる。

10

【0115】

さらにまた、請求項4に記載のように、触媒未暖機状態でエンジン温度が所定温度以下の場合には上記分割噴射を行なわせ、触媒未暖機状態でエンジン温度が所定温度より高い状態となった場合は圧縮行程で一括に燃料を噴射させるようにしておいても、触媒未暖機中のエンジンの温度状態に応じた噴射形態の調節により、エミッション改善及び暖機促進の効果を高めることができる。

【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】分割噴射における早期噴射及び後期噴射の噴射時期を示す図である。

20

【図3】(a)～(c)は筒内噴射式エンジンにおけるピストンの変形例を示す図である。

【図4】燃料噴射等の制御の一例を示すフローチャートである。

【図5】水温と後期噴射時期の補正值との関係を示す図である。

【図6】分割噴射を行なった場合と吸気行程で一括噴射を行なった場合とにつき、質量燃料割合の変化を示す図である。

【図7】分割噴射を行なってその後期噴射の噴射時期を種々変えた場合と、一括噴射を行ないつつ点火時期のリタード量を種々変えた場合とにつき、排ガス温度及び燃費率を示す図である。

【図8】分割噴射を行なった場合と一括噴射を行なった場合とにつき、排ガス温度(a) HC濃度(b)、NO<sub>x</sub>濃度(c)及びエンジン回転数変動度(d)を示すグラフである。

30

【図9】車載のエンジンにおいてHC浄化率、NO<sub>x</sub>浄化率、排ガス温度及び車速の時間的变化を示す図である。

【図10】分割噴射を行なった場合と一括噴射を行なった場合とにつき、点火時期と図示平均有効圧力との関係を示す図である。

【図11】後期噴射割合を種々変えた場合につき、P<sub>i</sub>変動率等の変化を示す図である。

【図12】後期噴射開始時期を種々変えた場合につき、P<sub>i</sub>変動率等の変化を示す図である。

【図13】燃料噴射等の制御の一例を示すフローチャートである。

40

【図14】図13に示す制御による場合の噴射時期を、触媒未暖機時でエンジン温度が低い場合(a)と高い場合(b)とについてそれぞれ示す図である。

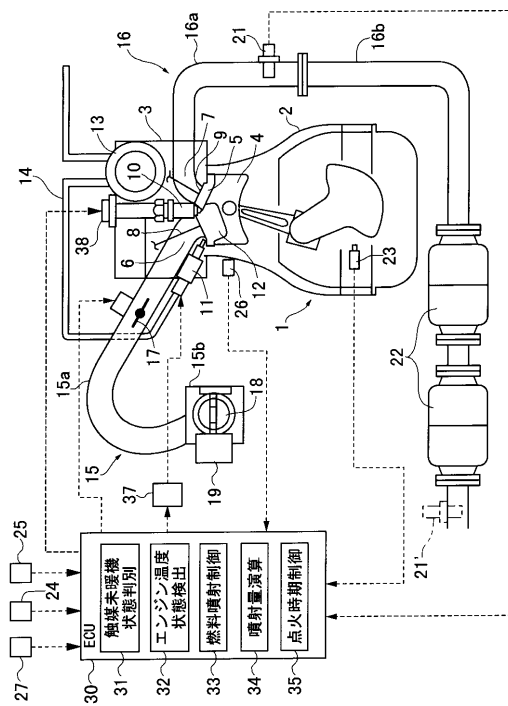
【符号の説明】

- 1 エンジン本体
- 10 点火プラグ
- 11 インジェクタ
- 15 吸気通路
- 16 排気通路
- 21 O<sub>2</sub> センサ
- 22 触媒装置

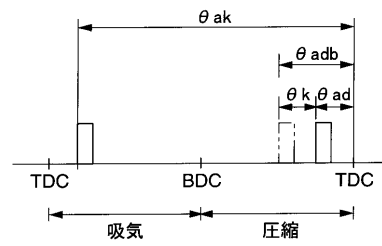
50

- 3 0 E C U
- 3 1 触媒未暖機状態の判別手段
- 3 2 エンジン温度状態検出手段
- 3 3 燃料噴射制御手段
- 3 4 噴射量演算手段
- 3 5 点火時期制御手段

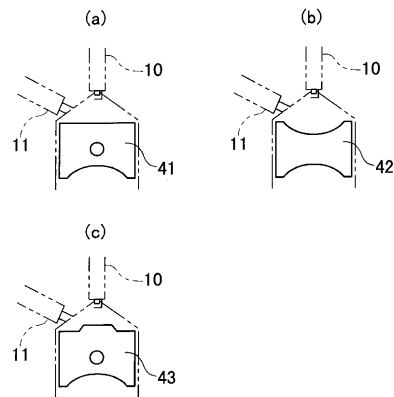
【 図 1 】



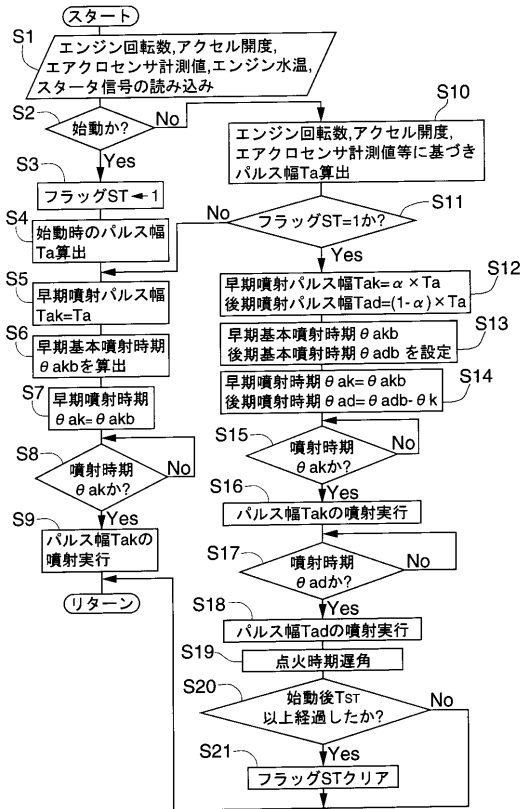
【 図 2 】



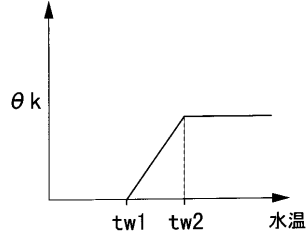
【 図 3 】



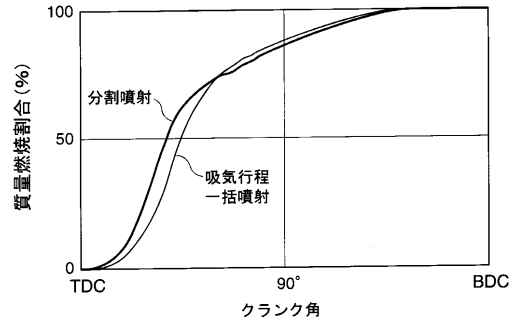
【 図 4 】



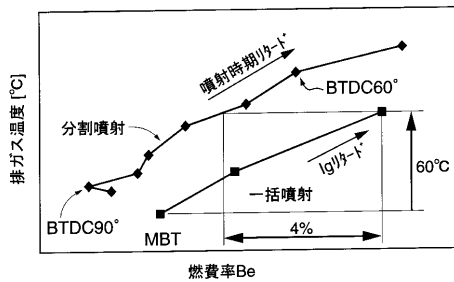
【 図 5 】



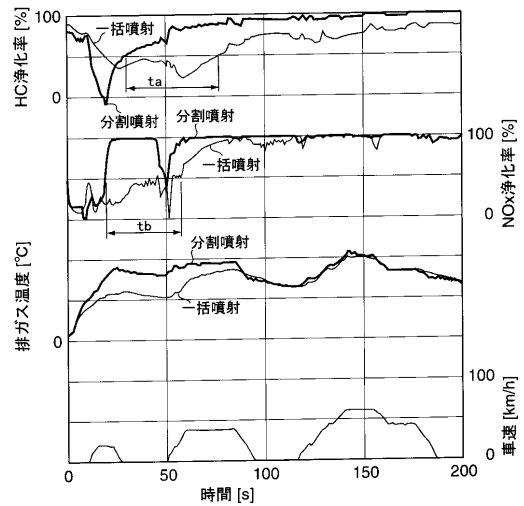
【 図 6 】



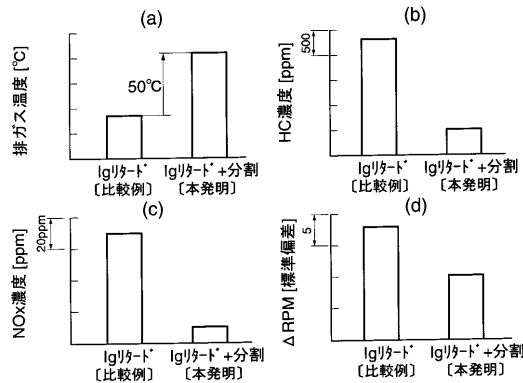
【 図 7 】



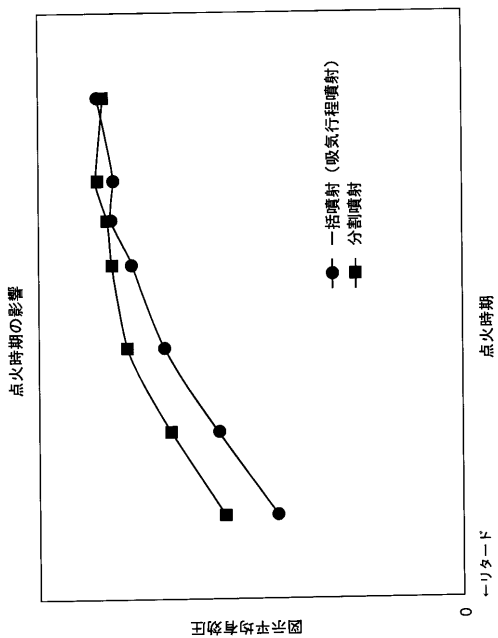
【 図 9 】



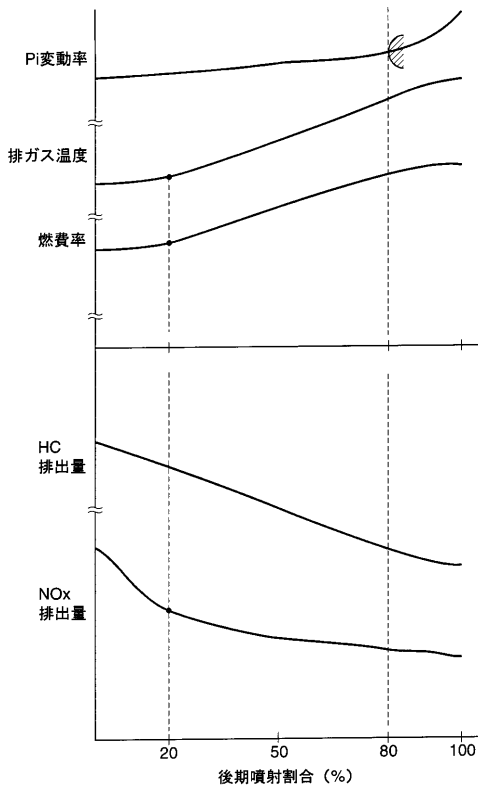
【 図 8 】



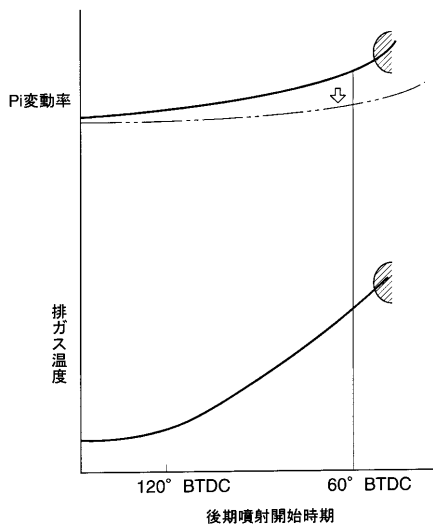
【図10】



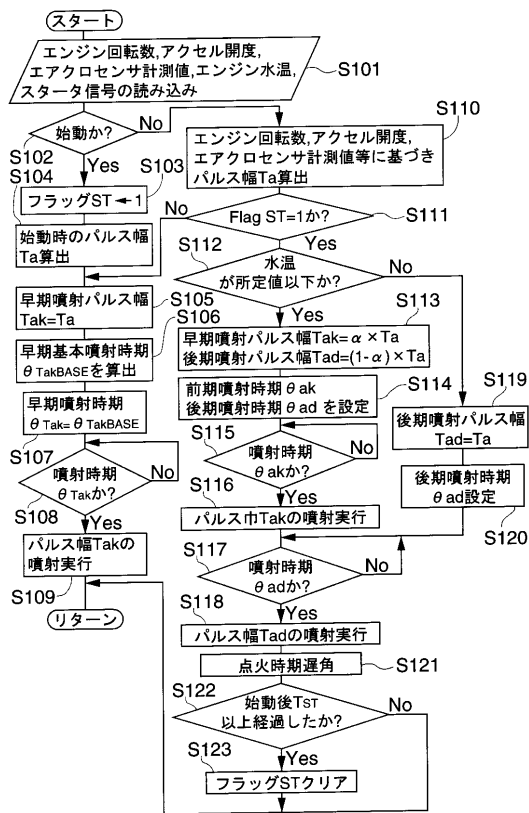
【図11】



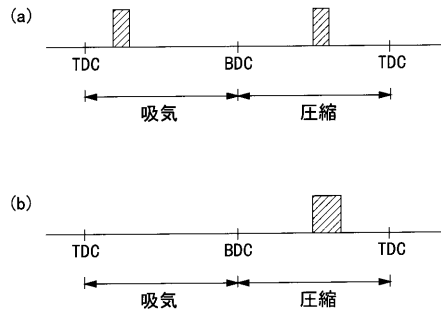
【図12】



【図13】



【 図 1 4 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I		
F 0 2 D 41/14	F 0 2 D 41/06	3 2 5	
F 0 2 D 41/34	F 0 2 D 41/14	3 1 0 F	
F 0 2 D 45/00	F 0 2 D 41/34	H	
F 0 2 P 5/15	F 0 2 D 45/00	3 1 0 R	
	F 0 2 P 5/15	B	

(72)発明者 河野 誠公  
 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 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

(72)発明者 荒木 啓二  
 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10-212987(JP,A)  
 特開平08-312438(JP,A)  
 特開平07-286520(JP,A)  
 特開平08-193536(JP,A)  
 特開平07-208153(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

F02D 41/00 - 41/40  
 F02D 45/00  
 F01N 3/20  
 F02P 5/15  
 F02B 31/00