

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4389372号
(P4389372)

(45) 発行日 平成21年12月24日(2009.12.24)

(24) 登録日 平成21年10月16日(2009.10.16)

| | | |
|-------------------------|------------------|-----------------|
| (51) Int. Cl. | F 1 | |
| FO2D 41/12 | (2006.01) | FO2D 41/12 305 |
| BO1D 53/56 | (2006.01) | FO2D 41/12 33OK |
| BO1D 53/94 | (2006.01) | FO2D 41/12 33OA |
| FO1N 3/08 | (2006.01) | BO1D 53/34 129Z |
| FO1N 3/24 | (2006.01) | BO1D 53/36 103B |
| 請求項の数 4 (全 22 頁) 最終頁に続く | | |

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------|
| (21) 出願番号 | 特願2000-297987 (P2000-297987) | (73) 特許権者 | 000003137 |
| (22) 出願日 | 平成12年9月29日(2000.9.29) | | マツダ株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2002-106388 (P2002-106388A) | | 広島県安芸郡府中町新地3番1号 |
| (43) 公開日 | 平成14年4月10日(2002.4.10) | (74) 代理人 | 100077931 |
| 審査請求日 | 平成19年8月27日(2007.8.27) | | 弁理士 前田 弘 |
| | | (74) 代理人 | 100094134 |
| | | | 弁理士 小山 廣毅 |
| | | (74) 代理人 | 100110939 |
| | | | 弁理士 竹内 宏 |
| | | (74) 代理人 | 100110940 |
| | | | 弁理士 嶋田 高久 |
| | | (74) 代理人 | 100113262 |
| | | | 弁理士 竹内 祐二 |
| | | (74) 代理人 | 100115059 |
| | | | 弁理士 今江 克実 |
| 最終頁に続く | | | |

(54) 【発明の名称】 エンジンの燃料制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも排気の空燃比状態が理論空燃比に対応する状態のときに三元浄化機能を発揮する触媒と、

少なくともエンジンが低回転低負荷側の所定領域にあるときに、気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、理論空燃比よりもリーンになるように制御する筒内空燃比制御手段と、

エンジンの減速運転時に所定条件下で、前記燃焼室への燃料供給を強制的に停止させる燃料カット制御を行う燃料カット制御手段とを備えたエンジンの燃料制御装置において、

前記燃料カット制御手段は、エンジン回転速度が所定の復帰回転速度以下になったときに燃料カット制御を終了するものであり、

前記触媒による排気浄化性能が低下する所定の低温状態であることを判定する触媒低温状態判定手段と、

前記燃料カット制御手段により燃料カット制御が行われるときに、吸気通路のスロットル弁を閉じるとともに、前記触媒低温状態判定手段により触媒が低温状態であると判定された場合には、エンジン回転速度が前記復帰回転速度よりも高い設定回転速度まで低下したときに、前記燃料カット制御の実行中であってもスロットル弁を開作動させるスロットル開度制御手段と、

前記触媒低温状態判定手段により触媒が前記低温状態であると判定され、かつ、前記燃料カット制御手段による燃料カット制御が終了して、エンジンが前記所定領域に移行した

とき、前記スロットル弁の開作動によって流量の増大した排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチになるように制御する排気空燃比制御手段とを備えていることを特徴とするエンジンの燃料制御装置。

【請求項2】

酸素過剰雰囲気中の排気中のNO_xを吸収する一方、酸素濃度の低下によって前記吸収したNO_xを放出するNO_x吸収材と、

少なくとも排気空燃比状態が理論空燃比に対応する状態のときに三元浄化機能を発揮する触媒と、

少なくともエンジンが低回転低負荷側の所定領域にあるときに、気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、理論空燃比よりもリーンになるように制御する筒内空燃比制御手段と、

エンジンの減速運転時に所定条件下で、前記燃焼室への燃料供給を強制的に停止させる燃料カット制御を行う燃料カット制御手段とを備えたエンジンの燃料制御装置において、前記燃料カット制御手段は、エンジン回転速度が所定の復帰回転速度以下になったときに燃料カット制御を終了するものであり、

前記NO_x吸収材のNO_x吸収量が設定量以上であることを判定するNO_x吸収状態判定手段と、

前記NO_x吸収状態判定手段によりNO_x吸収量が設定量以上であると判定され、かつ、前記燃料カット制御手段による燃料カット制御が終了して、エンジンが前記所定領域に移行したとき、排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチになるように制御する排気空燃比制御手段と、

前記触媒による排気浄化性能が低下する所定の低温状態であることを判定する触媒低温状態判定手段と、

前記燃料カット制御手段により燃料カット制御が行われるときに、吸気通路のスロットル弁を閉じるとともに、前記触媒低温状態判定手段により触媒が低温状態であると判定された場合には、エンジン回転速度が前記復帰回転速度よりも高い設定回転速度まで低下したときに、前記燃料カット制御の実行中であってもスロットル弁を開作動させるスロットル開度制御手段と、を備えていることを特徴とするエンジンの燃料制御装置。

【請求項3】

少なくとも排気空燃比状態が理論空燃比に対応する状態のときに三元浄化機能を発揮する触媒と、

少なくともエンジンが低回転低負荷側の所定領域にあるときに、気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、理論空燃比よりもリーンになるように制御する筒内空燃比制御手段と、

エンジンの減速運転時に所定条件下で、前記燃焼室への燃料供給を強制的に停止させる燃料カット制御を行う燃料カット制御手段とを備えたエンジンの燃料制御装置において、

前記燃料カット制御手段は、エンジン回転速度が所定の復帰回転速度以下になったときに燃料カット制御を終了するものであり、

前記燃料カット制御手段による燃料カット制御の継続時間が設定時間以上になったことを判定する継続時間判定手段と、

前記継続時間判定手段により燃料カット制御の継続時間が設定時間以上と判定された場合に、その燃料カット制御が終了して、エンジンが前記所定領域に移行したとき、排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチになるように制御する排気空燃比制御手段と、

前記触媒による排気浄化性能が低下する所定の低温状態であることを判定する触媒低温状態判定手段と、

前記燃料カット制御手段により燃料カット制御が行われるときに、吸気通路のスロットル弁を閉じるとともに、前記触媒低温状態判定手段により触媒が低温状態であると判定された場合には、エンジン回転速度が前記復帰回転速度よりも高い設定回転速度まで低下したときに、前記燃料カット制御の実行中であっても、スロットル弁を開作動させるスロ

10

20

30

40

50

トル開度制御手段とを備えていることを特徴とするエンジンの燃料制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つにおいて、

気筒内燃焼室に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁が設けられ、

排気空燃比補正手段は、排気空燃比状態が理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチになるように、前記燃料噴射弁により燃料を気筒の膨張行程ないし排気行程で追加噴射させるものであることを特徴とするエンジンの燃料制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、排気浄化用触媒を備え、低回転低負荷側の所定領域において気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比（以下、筒内空燃比という）を理論空燃比よりもリーンになるように制御するとともに、所定条件下で燃料カット制御を行うようにしたエンジンの燃料制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、この種のエンジンの燃料制御装置として、例えば特開平 11 - 229856 号公報に開示されるように、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように燃料噴射弁を設け、エンジンが低回転低負荷側の所定領域にあるときに該燃料噴射弁により燃料を主に気筒の圧縮行程で噴射させて、成層燃焼状態にさせる一方、高回転ないし高負荷側においては前記燃料噴射弁により燃料を主に気筒の吸気行程で噴射させて、燃焼室内に略均一な混合気を形成した上で燃焼させるようにしたものが知られている。

【0003】

前記成層燃焼状態では、混合気が点火プラグの電極付近に偏在する状態で燃焼するので、筒内空燃比を例えば $A/F = 30 \sim 140$ というように極めてリーンな状態とすることができ、このことで、均一燃焼状態に比べてポンプ損失や熱損失を低減して、燃料消費率を大幅に改善することができる。

【0004】

そして、前記の如く筒内空燃比が極めてリーンな状態になると、排気空燃比状態も同じようにリーンな状態になる。すなわち、一般的に、筒内空燃比が略理論空燃比であれば、排気中に残存する酸素濃度は略 0.5% 以下となり、このときの排気空燃比状態が略理論空燃比に対応する状態ということになる。一方、筒内空燃比がリーンになれば、排気空燃比状態もリーン、即ち酸素濃度の高い状態になるが、この酸素濃度の高い状態において NO_x を効率良く還元することは、極めて困難である。

【0005】

そこで、前記従来例においては酸素過剰雰囲気中の NO_x を吸収し、酸素濃度が低下すると NO_x を放出する NO_x 吸収材を含有する NO_x 触媒を設けるとともに、これに隣接するように三元触媒を配設し、排気空燃比状態がリーンときには前記 NO_x 触媒により NO_x を吸収させる一方、排気空燃比状態が略理論空燃比ないしそれよりもリッチになったときには、該 NO_x 触媒から放出される NO_x を三元触媒により還元浄化するようにしている。

【0006】

ここで、一般的に、前記のような NO_x 吸収材には、 NO_x 吸収量の増大に伴い NO_x の吸収能力が低下するという性質がある。そこで、前記従来例のものでは、エンジンの成層燃焼状態での運転が長時間継続したときに、そのことによって NO_x 触媒による NO_x 吸収性能が大きく低下することになる前に、均一燃焼状態に切り替えるとともに、筒内空燃比を強制的にリッチ側に変化させることにより、排気空燃比状態をリッチ化させて、 NO_x 触媒から NO_x を放出させ、三元触媒により還元浄化するようにしている（以下、強制的な NO_x パージともいう）。

【0007】

10

20

30

40

50

また、前記従来例のものでは、エンジンが減速運転状態にあつてかつ例えばアクセルペダルの操作がなされていないというような所定の条件が成立したときに、燃料噴射弁による燃料の噴射供給を停止させる燃料カット制御を行うようにしており、このことで、エンジンブレーキの利きを高めることができるとともに、燃料消費率を低減できる。

【 0 0 0 8 】

【 発明が解決しようとする課題 】

ところで、一般的に、筒内空燃比がリーンになれば、略理論空燃比のときに比べて排気の温度状態は低くなるので、前記従来例のように低回転低負荷領域で成層燃焼状態とされる火花点火式直噴エンジンや、殆ど全ての運転領域において筒内空燃比がリーンになるディーゼルエンジンにおいては、触媒の温度状態が低くなりやすい。その上さらに、前記従来例のように燃料カット制御が行われると、そのことによって、前記触媒の温度状態が過度に低くなってしまい、この触媒による排気の浄化性能が損なわれる虞れがある。

【 0 0 0 9 】

また、前記従来例の如くエンジンの運転状態に拘わらず、強制的なNOxパーズを行うようにすると、エンジンが例えばアイドル運転状態のように本来的に振動や騒音の小さい運転状態にあるときに、その燃焼状態が強制的に成層燃焼 均一燃焼 成層燃焼と切替えられて、出力トルクが変動することがあり、このときのトルクの変動がたとえ小さなものであっても、それが運転者の操作とは無関係に発生することから、運転者が違和感を覚えやすく、その発生頻度が高くなれば運転フィーリングの低下を招くことになる。

【 0 0 1 0 】

本発明は斯かる諸点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、エンジンを低回転低負荷領域では筒内空燃比のリーンな状態で運転するとともに、所定条件下で燃料カット制御を行うようにした燃料制御装置において、この燃料カット制御を終了して燃料供給を再開するときの排気の空燃比状態の制御手順に工夫を凝らして、触媒等の排気浄化性能を確保しながら、エンジン運転領域全体としての運転フィーリングの向上を図ることにある。

【 0 0 1 1 】

【 課題を解決するための手段 】

前記の目的を達成すべく、本発明の解決手段では、エンジンが燃料カット状態から筒内空燃比のリーンな運転領域に移行した復帰のタイミングを捉えて、そのときに触媒が過冷却やNOx吸収量の増大によって浄化性能の低い状態になっていれば、排気の空燃比状態を理論空燃比に対応する状態かそれよりもリッチになるように制御するようにした。

【 0 0 1 2 】

具体的に、請求項1の発明では、図1に一例を示すように、少なくとも排気の空燃比状態が理論空燃比に対応する状態のときに三元浄化機能を発揮する触媒32, 34と、少なくともエンジン1が低回転低負荷側の所定領域にあるときに、気筒内燃焼室6における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、理論空燃比よりもリーンになるように制御する筒内空燃比制御手段40aと、エンジン1の減速運転時に所定条件下で、前記燃焼室6への燃料供給を強制的に停止させる燃料カット制御を行う燃料カット制御手段40bとを備えたエンジンの燃料制御装置Aを前提として、前記燃料カット制御手段40bは、エンジン回転速度が所定の復帰回転速度以下になったときに燃料カット制御を終了するものとする。

【 0 0 1 3 】

そして、前記触媒32, 34による排気浄化性能が低下する所定の低温状態であることを判定する触媒低温状態判定手段40cと、前記燃料カット制御手段40bにより燃料カット制御が行われるときに、吸気通路のスロットル弁を閉じるとともに、前記触媒低温状態判定手段40cにより触媒32, 34が低温状態であると判定された場合は、エンジン回転速度が前記復帰回転速度よりも高い設定回転速度まで低下したときに、前記燃料カット制御の実行中であってもスロットル弁を開作動させるスロットル開度制御手段と、前記触媒低温状態判定手段40cにより触媒32, 34が前記低温状態であると判定され、か

10

20

30

40

50

つ、前記燃料カット制御手段40bによる燃料カット制御が終了して、エンジン1が前記所定領域に移行したとき、前記スロットル弁の開作動によって流量の増大した排気の空燃比状態を理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチになるように制御する排気空燃比制御手段40dとを備える構成とする。

【0014】

前記の構成により、エンジン1が低回転低負荷側の所定領域にあるときには筒内空燃比制御手段40aによりエンジン1の筒内空燃比が理論空燃比よりもリーンになるように制御されて、燃料消費率の低減が図られる。また、エンジン1の減速運転時に所定の条件が成立すると、燃料カット制御手段40bにより燃料カット制御が行われて、無駄な燃料の消費が阻止される。この燃料カット制御の間、エンジン1の燃焼室6に吸入された空気は

10

そのまま排気通路に排出されることになり、このことで、触媒32, 34の温度状態は急速に低下する。

【0015】

そのように触媒32, 34の温度状態が低くなって、排気浄化性能の低下する所定の低温状態になれば、このことが触媒低温状態判定手段40cにより判定される。そして、前記燃料カット制御が終了して、エンジン1が前記所定領域に移行したときに、前記判定結果に基づいて、排気空燃比制御手段40dにより、排気の状態が理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチになるように制御される(以下、リッチ化ともいう)。

【0016】

すなわち、本来ならば排気の状態がリーンになる運転領域において、燃料カット制御からの復帰時に一時的に排気の状態がリッチ化されて、排気温度が上昇することになり、これにより、触媒32, 34の温度状態を高めて、排気浄化性能の低下を防止することができる。しかも、元々、燃料噴射形態の変化する復帰のタイミングであるから、前記空燃比のリッチ化に伴いエンジン1の出力トルクが変化しても、運転者が違和感を覚えることは少ない。

20

【0017】

さらに、前記の構成では、前記燃料カット制御の実行中に、スロットル開度制御手段によりスロットル弁が閉じられることで、燃焼室6からの空気の排出量が可及的に減少し、触媒32, 34の冷却が抑制される。そして、この燃料カット制御の実行中にエンジン回転速度が設定回転速度まで低下したときスロットル弁が開作動され、続いてエンジン回転速度が復帰回転速度まで低下したとき、即ち燃料カット制御が終了して、燃料噴射弁による燃焼室6への燃料の噴射供給が再開されるときには、該燃焼室6への吸入空気量が十分に増大するようになる。

30

【0018】

そして、それにより流量が増大した排気の状態がリッチ化される。すなわち、燃料カット状態からの復帰のタイミングに合わせて、排気流量を十分に増大させ、かつその排気の状態をリッチ化することにより、触媒32, 34に高温の排気を多量に供給して、その温度状態を速やかに高めることができる。

【0019】

次に、請求項2の発明は、酸素過剰雰囲気中のNOxを吸収する一方、酸素濃度の低下によって前記吸収したNOxを放出するNOx吸収材と、少なくとも排気の状態が理論空燃比に対応する状態のときに三元浄化機能を発揮する触媒と、少なくともエンジンが低回転低負荷側の所定領域にあるときに、気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、理論空燃比よりもリーンになるように制御する筒内空燃比制御手段と、エンジンの減速運転時に所定条件下で、前記燃焼室への燃料供給を強制的に停止させる燃料カット制御を行う燃料カット制御手段とを備えたエンジンの燃料制御装置を前提とし、前記燃料カット制御手段は、エンジン回転速度が所定の復帰回転速度以下になったときに燃料カット制御を終了するものとする。

40

【0020】

そして、前記NOx吸収材のNOx吸収量が設定量以上であることを判定するNOx吸

50

収状態判定手段と、該NOx吸収状態判定手段によりNOx吸収量が設定量以上であると判定され、かつ、前記燃料カット制御手段による燃料カット制御が終了して、エンジンが前記所定領域に移行したとき、排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチになるように制御する排気空燃比制御手段と、前記触媒による排気浄化性能が低下する所定の低温状態であることを判定する触媒低温状態判定手段と、前記燃料カット制御手段により燃料カット制御が行われるときに、吸気通路のスロットル弁を閉じるとともに、前記触媒低温状態判定手段により触媒が低温状態であると判定された場合には、エンジン回転速度が前記復帰回転速度よりも高い設定回転速度まで低下すれば、前記燃料カット制御の実行中であってもスロットル弁を開作動させるスロットル開度制御手段と、を備える構成とする。

10

【0021】

前記の構成により、請求項1の発明と同様に、エンジンは、低回転低負荷側の所定領域にあるときには筒内空燃比がリーンな状態で運転され、また、所定条件下では燃料カット制御が行われる。前記空燃比のリーンな運転状態では、酸素過剰雰囲気中のNOxがNOx吸収材に吸収され、このNOx吸収材におけるNOx吸収量が設定量以上になれば、このことがNOx吸収状態判定手段により判定される。そして、この判定がなされた場合、燃料カット制御を終了して、エンジンが前記所定領域に移行したときに、排気空燃比制御手段により排気空燃比状態がリッチになるように制御される。

【0022】

このことで、本来ならば排気空燃比状態がリーンになる運転領域において燃料カット制御からの復帰時に一時的に排気空燃比状態がリッチ化されて、NOx吸収材からNOxが放出され、触媒により還元浄化されるようになる。しかも、燃料復帰のタイミングであるから、運転者が違和感を覚えることは少ない。つまり、燃料復帰のタイミングでNOxパーズを行うようにすることで、NOx吸収材や触媒による排気浄化性能を確保しながら、空燃比のリーンな運転中に強制的なNOxパーズが行われる頻度を下げて、運転フィーリングを向上させることができる。

20

【0023】

それに加えて、前記した請求項1の発明と同様に、燃料カット制御を終了して燃焼室への燃料の噴射供給を再開する時点で、該燃焼室への吸入空気量を十分に増大させた上で、排気空燃比状態をリッチ化させることができ、これにより、燃料復帰タイミングを利用したNOxパーズを十分に促進し、触媒活性をより高めることができる。

30

【0024】

次に、請求項3の発明では、少なくとも排気空燃比状態が理論空燃比に対応する状態のときに三元浄化機能を発揮する触媒と、少なくともエンジンが低回転低負荷側の所定領域にあるときに、気筒内燃焼室における点火前の平均的な空燃比である筒内空燃比を、理論空燃比よりもリーンになるように制御する筒内空燃比制御手段と、エンジンの減速運転時に所定条件下で、前記燃焼室への燃料供給を強制的に停止させる燃料カット制御を行う燃料カット制御手段とを備えたエンジンの燃料制御装置を前提とし、その燃料カット制御手段は、エンジン回転速度が所定の復帰回転速度以下になったときに燃料カット制御を終了するものとする。

40

【0025】

そして、前記燃料カット制御手段による燃料カット制御の継続時間が設定時間以上になったことを判定する継続時間判定手段と、該継続時間判定手段により燃料カット制御の継続時間が設定時間以上と判定された場合に、その燃料カット制御が終了して、エンジンが前記所定領域に移行したとき、排気空燃比状態を理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチになるように制御する排気空燃比制御手段と、前記触媒による排気浄化性能が低下する所定の低温状態であることを判定する触媒低温状態判定手段と、前記燃料カット制御手段により燃料カット制御が行われるときに、吸気通路のスロットル弁を閉じるとともに、前記触媒低温状態判定手段により触媒が低温状態であると判定された場合には、エンジン回転速度が前記復帰回転速度よりも高い設定回転速度まで低下したときに、前記

50

燃料カット制御の実行中であっても、スロットル弁を開作動させるスロットル開度制御手段とを備える構成とする。

【0026】

前記の構成により、請求項1、2の発明と同様に、エンジンが低回転低負荷側の所定領域にあるときには、筒内空燃比が理論空燃比よりもリーンになるように制御され、また、所定条件下で燃料カット制御が行われることで、触媒の温度状態が急速に低下するようになる。そして、その燃料カット制御の継続時間が設定時間以上になって、このことが継続時間判定手段により判定されると、排気空燃比制御手段による制御が行われて、排気空燃比状態がリッチ化される。

【0027】

すなわち、前記燃料カット制御の継続時間が長いということは、そのことによって触媒が冷却されるということであり、また、燃料カット制御が開始されたときのエンジン回転速度が相対的に高く、触媒の空気流通量が多いということでもあり、従って、燃料カット制御の終了時点では触媒の温度状態がかなり低くなっていると考えられる。

【0028】

そこで、この場合に燃料カット制御からの復帰のタイミングを利用して、排気空燃比状態をリッチ化させることにより、前記請求項1の発明と同様に、運転者の違和感を軽減しながら、触媒の温度状態を高めて、排気浄化性能の低下を防止することができる。

【0029】

しかも、そうして燃料カット制御からの復帰のタイミングで、前記した請求項1、2の発明と同様に、該燃焼室への吸入空気量を十分に増大させた上で、排気空燃比状態をリッチ化させることができ、これにより、燃料復帰タイミングを利用してのNO_xパーセンテージを十分に促進し、触媒活性をより高めることができる。

【0030】

請求項4の発明では、請求項1～3のいずれか1つにおいて、気筒内燃焼室に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁を設けるとともに、排気空燃比補正手段を、排気空燃比状態が理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチになるように、前記燃料噴射弁により燃料を気筒の膨張行程ないし排気行程で追加噴射させるものとする。

【0031】

この構成によれば、前記したように燃料カット状態からの復帰のタイミングに合わせて、排気流量を十分に増大させ、かつその排気空燃比状態をリッチ化するために、気筒の膨張行程ないし排気行程で燃料を追加噴射するものであり、この追加噴射による回転上昇（トルク上昇）は小さく、また、追加噴射の終了時点における回転変動（トルク変動）も小さくすることができる。

【0032】

【発明の実施の形態】

（参考形態）

以下に、本発明の実施形態に係るエンジンの燃料制御装置について説明するが、説明の都合上、まず実施形態と概ね同じ構成の参考形態について説明し、その後、実施形態について説明する。

【0033】

図1は、本発明の実施形態及び参考形態に共通のエンジンの燃料制御装置Aであり、1は車両に搭載された多気筒エンジンである。このエンジン1は複数の気筒2、2、…（1つのみ図示する）が直列に設けられたシリンダブロック3と、このシリンダブロック3上に配置されたシリンダヘッド4とを有し、該各気筒2内にピストン5が図の上下方向に往復動可能に嵌挿されていて、そのピストン5の頂面とシリンダヘッド4の底面との間の気筒2内に燃焼室6が区画されている。一方、シリンダブロック3内にはクランク軸7が回転自在に支持されていて、このクランク軸7及びピストン5がコネクティングロッドにより連結されている。また、クランク軸7の一端側にはその回転角度を検出する電磁式のクランク角センサ8が配設されており、さらに、シリンダブロック3のウオータジャケット

10

20

30

40

50

に臨んで、冷却水温度（エンジン水温）を検出する水温センサ 9 が配設されている。

【 0 0 3 4 】

前記各気筒 2 毎のシリンダヘッド 4 には、点火回路 1 0 に接続された点火プラグ 1 1 が燃焼室 6 の上部に臨むように取り付けられる一方、該燃焼室 6 の周縁部には燃料を気筒中心に向かって直接、噴射供給するように、インジェクタ 1 2（燃料噴射弁）が取り付けられている。すなわち、詳しくは図示しないが、前記燃焼室 6 は、天井部の 2 つの傾斜面が互いに差し掛けられた屋根のような形状をなすペントルーフ型のものであり、その各傾斜面に吸気及び排気ポート 1 3，1 4 がそれぞれ 2 つずつ開口していて、この各開口端を開閉するように吸気及び排気弁 1 5，1 5，... が配設されている。

【 0 0 3 5 】

また、前記インジェクタ 1 2 は、2 つの吸気ポート 1 3，1 3 の間に挟まれるようにその下方に配置されていて、その先端側噴孔が 2 つの吸気弁 1 5，1 5 の傘部に近接して燃焼室 6 の周縁部に臨んでいる。一方、インジェクタ 1 2 は全気筒 2，2，... に共通の燃料供給通路 1 7 を介して高圧燃料ポンプ 1 8 に接続されており、この高圧燃料ポンプ 1 8 と図外の高圧プレッシャレギュレータとによって燃料を適正な圧力状態に調節しながら、インジェクタ 1 2 に供給するようになっている。また、この燃料供給通路 1 7 には、内部の燃料の圧力状態（燃圧）を検出するための燃圧センサ 1 9 が設けられている。

【 0 0 3 6 】

そして、前記インジェクタ 1 2 により燃料が気筒 2 の圧縮行程中期以降に噴射されると、その燃料噴霧はピストン 5 の頂面に形成された長円形状のキャビティ 5 a にトラップされて、点火プラグ 1 1 の近傍に比較的濃い混合気の層を形成する。一方、前記インジェクタ 1 2 により燃料が気筒 2 の吸気行程で噴射されると、その燃料噴霧は燃焼室 6 に拡散して吸気と十分に混合され、点火時点までに燃焼室 6 に略均一な混合気を形成する。

【 0 0 3 7 】

同図に示すように、エンジン 1 の一側面（図の左側の側面）には、各気筒 2 毎の吸気ポート 1 3 にそれぞれ連通するように、吸気通路 2 0 が接続されている。この吸気通路 2 0 は、エンジン 1 の燃焼室 6 に対し図外のエアクリーナで濾過した吸気を供給するものであり、その上流側から下流側に向かって順に、エンジン 1 に吸入される吸入空気量を検出するホットワイヤ式エアフローセンサ 2 1 と、吸気通路 2 0 を絞る蝶弁からなるスロットル弁 2 2 と、サージタンク 2 3 とが配設されている。前記スロットル弁 2 2 は、図外のアクセルペダルに対し機械的には連結されておらず、弁軸が電動モータにより回動されて開閉する電気式のものである。さらに、該スロットル弁 2 2 の開度を検出するスロットル開度センサ 2 4 と、該スロットル弁 2 2 よりも下流の吸気の圧力状態を検出するための吸気圧センサ 2 5 とが設けられている。

【 0 0 3 8 】

また、前記サージタンク 2 3 よりも下流側の吸気通路 2 0 は、気筒 2 毎に分岐する独立通路とされていて、その各独立通路の下流端部がさらに 2 つに分岐してそれぞれ吸気ポート 8，8 に連通している。この分岐路のうち的一方にはスワール制御弁 2 6 が設けられており、該スワール制御弁 2 6 が閉じられると、吸気は殆どが他方の分岐路から燃焼室 6 に流入するようになり、このことで、燃焼室 6 に強いスワールが生成される。一方、スワール制御弁 2 6 が開かれると、両方の分岐路から吸気が吸い込まれるようになり、これにより、吸気のタンブル成分が強まるとともに、スワール成分が弱まるようになる。

【 0 0 3 9 】

一方、エンジン 1 の他側面（図の右側の側面）には、燃焼室 6 から既燃ガスを排出する排気通路 2 8 が接続されている。この排気通路 2 8 の上流端部は、各気筒 2 毎に分岐して排気ポート 1 4 に連通する排気マニホールド 2 9 からなり、該排気マニホールド 2 9 の下流端は 1 つに集合して、この集合部に排気中の酸素濃度を検出する第 1 酸素濃度センサ 3 0 が配設されている。この第 1 酸素濃度センサ 3 0 は、その出力が理論空燃比を境にステップ状に反転するいわゆる O₂センサからなる。また、排気マニホールド 2 9 の集合部には、排気管 3 1 の上流端が接続されており、一方、この排気管 3 1 の下流端には、三元触媒 3

10

20

30

40

50

2とリーンNOx触媒34とが接続され、さらに、該両触媒32, 34の間の排気通路28に、前記第1酸素濃度センサ30と同じくO2センサからなる第2酸素濃度センサ33が配設されている。

【0040】

そして、前記排気管31の上流側には、排気通路28を流れる排気の一部を吸気系に還流させるEGR通路35の上流端が分岐接続されており、このEGR通路35の下流端は前記スロットル弁22とサージタンク23との間の吸気通路20に接続され、その近傍には、電動モータにより開度が調節される電気式のEGR弁36が配設されている。

【0041】

前記上流側の三元触媒32は、詳しくは図示しないが、コーゼライト製のハニカム状担体の壁面上に内側触媒層と外側触媒層との2層の触媒層を形成したもので、その内側触媒層には、例えばアルミナ及びセリアをサポート材としてパラジウムPd等の貴金属が担持されている一方、外側触媒層には、白金やロジウムがセリアをサポート材として担持されている。

10

【0042】

また、前記下流側のリーンNOx触媒34は、排気中の酸素濃度が高い酸素過剰雰囲気（例えば酸素濃度が4%以上の状態）で排気中のNOxを吸収する一方、酸素濃度が例えば1~2%未満になると、吸収したNOxを放出しかつ還元浄化するNOx吸収還元型のものである。この触媒34も前記三元触媒32と同様の2層構造のものであり、内側触媒層には、白金とNOx吸収材であるバリウムとがアルミナ及びセリアをサポート材として担持されている一方、外側触媒層には、白金及びロジウムとバリウムとがゼオライトをサポート材として担持されている。

20

【0043】

前記リーンNOx触媒34によるNOxの浄化性能は、例えば図2に示すような温度依存性を有する。即ち、リーンNOx触媒34はその温度状態が200°C以下のときには未活性であり、温度上昇とともにNOx浄化性能が高くなって、約250~400°Cくらいの範囲において高い浄化性能が得られるようになる。また、酸素過剰雰囲気であれば、図に実線で示すように、温度状態が400°C以上になると、NOx浄化性能は再び低下する。一方、排気が略理論空燃比に対応する状態であれば、リーンNOx触媒34は三元触媒32と同様の作用を有し、図に破線で示すように、約250°C以上の温度状態において極めて高いNOx浄化性能を発揮する。

30

【0044】

前記の如き2つの触媒32, 34の配置構成により、エンジン1が理論空燃比近傍で運転されるときには、該両触媒32, 34が三元浄化機能を発揮し、排気中のHC、CO及びNOxが反応して、略完全に浄化される。一方、エンジン1が空燃比のリーンな状態で運転されるときには、前記両触媒32, 34により排気中のHC及びCOが浄化されるとともに、排気中のNOxはリーンNOx触媒34により吸収されて、除去される。

【0045】

前記点火回路10、インジェクタ12、スロットル弁22のモータ、スワール制御弁26のアクチュエータ、EGR弁36のアクチュエータ等はコントロールユニット40（以下、ECUという）によって作動制御される。一方、このECU40には、少なくとも、前記クランク角センサ8、水温センサ9、エアフローセンサ21、スロットル開度センサ24、吸気圧センサ25及び酸素濃度センサ30, 33の各出力信号が入力され、加えて、アクセルペダルの開度を検出するアクセル開度センサ37の出力信号と、図示しないが、吸気温度を検出する吸気温センサ、大気圧を検出する大気圧センサ等の各出力信号とが入力される。

40

【0046】

（エンジン制御の概要）

前記ECU40は、エンジン出力に係る制御パラメータとして、インジェクタ12による燃料噴射量及び噴射時期、スロットル弁22により調節される吸入空気量、スワー

50

ル制御弁26により調節される吸気スワール強さ、EGR弁36により調節される排気の還流割合等をそれぞれエンジン1の運転状態に応じて制御するものである。そして、エンジン1は、暖機後であれば、その運転状態に応じてインジェクタ12による燃料噴射形態が切替えられて、成層燃焼状態か均一燃焼状態かのいずれかで運転されるようになっている。

【0047】

具体的には、図3にエンジン暖機後の制御マップの一例を示すように、エンジン負荷とエンジン回転速度Nとにより規定されるエンジン1の全運転領域のうち、低回転低負荷側の所定領域が成層燃焼領域(イ)とされている。すなわち、エンジン負荷として例えばエアフローセンサ21の出力値及びエンジン回転速度N等から求められる正味平均有効圧を用い、全負荷の半分くらいまでの負荷状態であり、かつエンジン回転速度Nが許容最高回転速度の約1/2以下であれば、エンジン1が成層燃焼領域(イ)にあると判定する。

10

【0048】

そして、その成層燃焼領域(イ)では、図4(a)に模式的に示すように、インジェクタ12により気筒2の圧縮行程中期以降、即ち例えば図に矢印で示すBTDC120°CA~BTDC35°CAのクランク角期間において燃料を一括して噴射させて、点火プラグ11の近傍に混合気が偏在する成層状態で燃焼させる成層燃焼状態とする。一方、前記成層燃焼領域(イ)よりも高回転ないし高負荷側の領域(ロ)(ハ)は、いずれも均一燃焼領域とされており、図4(b),(c)に示すように、インジェクタ12により気筒2の吸気行程で燃料を噴射させて吸気と十分に混合し、燃焼室6に均一な混合気を形成した上で燃焼させる均一燃焼状態になる。

20

【0049】

また、例えば車両の減速開始時のように、エンジン1が無負荷ないしマイナス負荷の状態にあって、かつエンジン回転速度Nが燃料カット制御を開始する所定回転速度以上のときには、その後にエンジン回転速度Nが降下して、予め設定した復帰回転速度N1になるまでの間、即ちエンジン1が図3の運転領域(ニ)にあるとき、各気筒2のインジェクタ12による燃料の噴射を一時的に停止させる燃料カット制御を行うようにしている。

【0050】

さらに、スロットル弁22の制御としては、基本的にはアクセル開度とエンジン回転速度Nとに基づいて、所要のトルク特性が得られるようにスロットル開度を調節するのであるが、エンジン1を成層燃焼状態とするときには、ポンプ損失を低減するためにスロットル弁22を相対的に大きく開くようにしており、このときの筒内空燃比は例えばA/F=約30~140と極めてリーンな状態になる。

30

【0051】

特に、エンジン1が均一燃焼状態の領域(ロ)にあるときには、筒内空燃比が略理論空燃比(A/F=14.7)になるようにスロットル開度を制御する(以下、この領域を=1領域という)。また、この=1領域(ロ)の高負荷ないし高回転側に隣接する領域(ハ)では、筒内空燃比が理論空燃比よりもややリッチ(例えばA/F=13~14)になるよう、燃料噴射量を増量補正して、高負荷に対応した大出力が得られるようにする(以下、この領域をエンリッチ領域という)。加えて、前記燃料カット制御が行われるときにはスロットル弁22は閉じて、エンジンブレーキの利きを高め、かつ空気の流通による触媒32、34の冷却を抑制するようにしている。

40

【0052】

尚、前記図3に斜線を入れて示す領域では、EGR弁36を開弁させて、EGR通路35により排気の一部を吸気通路20に還流させるようにしており、このことで、燃焼最高温度を適度に低下させて、NOxの生成を抑制することができる。また、エンジン冷間時には、燃焼安定性を確保するためにエンジン1を前記運転領域(イ)(ロ)(ハ)の全てで均一燃焼状態にさせるようにしている。

【0053】

前記のようなインジェクタ12及びスロットル弁22の作動制御は、いずれもECU4

50

0のROMに電子的に格納された制御プログラムがCPUにより実行されることで、実現される。すなわち、前記したインジェクタ12及びスロットル弁22の作動制御の手順により、エンジン1が低回転低負荷側の成層燃焼領域(イ)にあるときに、筒内空燃比を理論空燃比よりもリーンになるように制御する一方、 $\lambda = 1$ 領域(ロ)やエンリッチ領域(ハ)では、筒内空燃比を略理論空燃比ないしそれよりもリッチになるように切替えて制御する筒内空燃比制御部40aがソフトウェア的に構成されている。

【0054】

また、前記の如く、エンジン1の減速運転時に所定条件下でインジェクタ12による燃料噴射を停止させるという制御手順により、ソフトウェア的に燃料カット制御部40bが構成されている。

【0055】

さらに、この参考形態では、前記したような基本的な制御に加えて、前記リーンNOx触媒34の浄化性能を安定して発揮させるために、この触媒34におけるNOx吸収量を推定し、NOxの吸収により触媒34のNOx吸収量が飽和する前に、排気空燃比状態を略理論空燃比になるように制御して、該触媒32に吸収されているNOxを放出させかつ還元浄化するようにしている(以下、強制的なNOxパーージともいう)。

【0056】

また、前記リーンNOx触媒34における推定NOx吸収量が前記触媒34の飽和の判定基準(後述の第1設定量S1)よりも少ない設定量(後述の第2設定量S2)以上になったとき、或いは、該リーンNOx触媒34やその上流側の三元触媒32の温度状態が低下して、排気浄化性能の低下する低温状態になったときには、前記燃料カット制御が終了して、エンジンが成層燃焼領域(イ)に移行したときに、その燃料復帰のタイミングを利用して、前記強制的なNOxパーージと同様に排気空燃比状態をリッチ化させることで、触媒32,34による排気浄化性能を確保するようにしている。

【0057】

言い換えると、前記ECU40には、前記触媒32,34による排気浄化性能が低下する所定の低温状態であることを判定するとともに、リーンNOx触媒34におけるNOx吸収材のNOx吸収量が設定量以上であることを判定する触媒浄化状態判定部40c(触媒低温状態判定手段、NOx吸収状態判定手段)と、その触媒浄化状態判定部40cにより触媒32,34の排気浄化性能が低下していると判定されたときに、前記燃料カット制御からの復帰のタイミングを利用して、排気空燃比状態をリッチ化させる排気空燃比制御部40dとが設けられている。

【0058】

(空燃比制御の手順)

以下に、前記ECU40によるエンジン1の空燃比制御の処理手順について、具体的に図5のフローチャート図に基づいて説明する。

【0059】

まず、スタート後のステップSA1において、クランク角センサ8、水温センサ9、エアフローセンサ21、アクセル開度センサ35等の各種センサ信号を入力するとともに、ECU40のメモリから各種データを読み込む。続いて、ステップSA2では、排気空燃比状態をリッチ化補正する期間であることを示すリッチタイマがセットされているかどうか判定し、この判定がNOならば、ステップSA7に進む一方、判定がYESならばステップSA3に進んで、エンジン1の筒内空燃比が略理論空燃比になるように、気筒2の吸気行程で燃料を噴射させる(1吸気行程噴射)。

【0060】

続いて、ステップSA4において、エンジン1の運転状態に応じて、エンジン1の筒内空燃比が略理論空燃比になるように、スロットル弁22の開度を制御する(1スロットル制御)。つまり、リッチタイマがセットされている間、負荷状態や回転速度Nに拘わらず、エンジン1を筒内空燃比の相対的にリッチな均一燃焼状態で運転する。尚、この際、エンジン1の出力トルクが大きく変化しないように、例えば筒内空燃比をリッチ側に変

10

20

30

40

50

化させるときに、点火時期を一時的に遅角側に補正するようにする（点火リタード）。

【 0 0 6 1 】

続いて、ステップ S A 5 において、触媒 3 2 , 3 4 の温度状態を推定する。詳しくは、2つの触媒 3 2 , 3 4 のうち、相対的に温度状態の低くなるリーン N O x 触媒 3 4 の温度状態 T cat を推定するが、この触媒温度 T cat の推定は、例えばエンジン水温とエンジン 1 の運転履歴とに基づいて行うようにすればよい。続いて、ステップ S A 6 において、今度はリーン N O x 触媒 3 4 における N O x 吸収量 S nox を推定し、しかる後にリターンする。前記 N O x 吸収量の推定方法としては、例えば、車両の走行距離やエンジン 1 の運転時間とその間の燃料の総噴射量とを積算し、その積算値に基づいて、N O x 吸収量を推定するようにすればよい。

10

【 0 0 6 2 】

また、前記ステップ S A 2 において、リッチタイマがセットされていない N O と判定して進んだステップ S A 7 では、燃料カット制御を行う条件が成立しているかどうか判定する（領域（二）？）。すなわち、例えば、エンジン回転速度 N が予め設定した燃料カット制御の開始回転速度以上であり、かつアクセルペダルの操作量が零であれば、燃料カット制御を行う領域（二）にある Y E S と判定して、ステップ S A 8 に進み、インジェクタ 1 2 による燃料の噴射を停止させる。続いて、ステップ S A 9 においてスロットル弁 2 2 を略全閉状態とさせ、その後、前記したステップ S A 5 に進む。

【 0 0 6 3 】

このように、燃料カット制御中にスロットル弁 2 2 を閉じることで、エンジンブレーキの利きが高まるとともに、触媒 3 2 , 3 4 への空気の流通量が可及的に少なくなり、よって、該触媒 3 2 , 3 4 の温度状態が低くなることを抑制できる。

20

【 0 0 6 4 】

これに対し、前記ステップ S A 7 における判定が N O で、エンジン 1 が領域（二）になれば、ステップ S A 1 0 に進み、今度は、ちょうど燃料カット制御を終了して、インジェクタ 1 2 による燃料の噴射供給を再開させるとき、即ち燃料復帰のタイミングかどうか判定する。具体的には、燃料カット制御が行われていてかつアクセルペダルが踏み込まれたか、或いはエンジン回転速度 N が所定の復帰回転速度 N 1（図 3 参照）になったときに、Y E S と判定して、ステップ S A 1 6 に進む一方、判定が N O であれば、ステップ S A 1 1 に進む。

30

【 0 0 6 5 】

このステップ S A 1 1 では、エンジン 1 が = 1 領域（ロ）ないしエンリッチ領域（ハ）のいずれかにあるかどうか判定し、判定が Y E S でエンジン 1 が領域（ロ）（ハ）のいずれかにあるときには、前記したステップ S A 3 に進み、 = 1 領域（ロ）であれば、筒内空燃比が略理論空燃比になるように、また、エンリッチ領域（ハ）であれば、理論空燃比よりもリッチになるように、それぞれ気筒 2 の吸気行程で燃料を噴射させる。続いて、前記したステップ S A 4 ~ S A 6 の制御手順を実行して、しかる後にリターンする。

【 0 0 6 6 】

つまり、エンジン 1 が = 1 領域（ロ）やエンリッチ領域（ハ）にあるときには、エンジン 1 の運転状態に応じて、インジェクタ 1 2 による燃料噴射量と吸入空気量とを制御して、筒内空燃比を出力と排気の清浄化とのバランスにおいて適切な状態に維持するようにしている。このとき、排気の状態は略理論空燃比に対応する状態ないしそれよりもリッチな状態になるので、自ずと、リーン N O x 触媒 3 4 に吸収されていた N O x が放出されて、還元される。

40

【 0 0 6 7 】

一方、前記ステップ S A 1 1 の判定が N O であれば、エンジン 1 は成層燃焼領域（イ）にあるということになるが、このときには、続くステップ S A 1 2 において前記ステップ S A 6 にて推定したリーン N O x 触媒 3 4 における N O x 吸収量 S nox を予め設定した第 1 設定量 S 1 と比較する。この第 1 設定量 S 1 は、リーン N O x 触媒 3 4 の N O x 吸収量が飽和する少し手前の状態に対応するように設定されており、従って、S nox S 1 であれば

50

強制的なNO_xパーズを行う必要があるので、ステップSA15に進む一方、S_{nox} < S1であれば、即ち、触媒34のNO_x吸収量に余裕があれば、ステップSA13に進んで、インジェクタ12により燃料を、成層燃焼状態になるように気筒2の圧縮行程で噴射させる（成層圧縮行程噴射）。続いて、ステップSA14において、成層燃焼状態に対応して、筒内空燃比がリーンになるように、スロットル弁22の開度を制御し（ > 1スロットル制御）、その後、前記ステップSA5に進む。

【0068】

また、前記ステップSA12においてYESと判定して進んだステップSA15では、強制的なNO_xパーズのために排気空燃比状態をリッチ化させる時間T1をリッチタイマにセットし、前記ステップSA3に進んで、エンジン1の筒内空燃比が略理論空燃比になるように、気筒2の吸気行程で燃料を噴射させる。続いて、前記の時間T1が経過するまで、ステップSA4～SA6の制御手順を実行して、しかる後にリターンする。尚、前記時間T1は、排気空燃比が略理論空燃比に対応する状態のときに、リーンNO_x触媒34に吸収されているNO_xが略全部放出されるのに要する時間に対応するものである。

【0069】

つまり、エンジン1が成層燃焼領域（イ）にあるときに通常は成層燃焼状態となるように制御する一方、リーンNO_x触媒34のNO_x吸収量が飽和しそうなときには、強制的なNO_xパーズを行うようにしており、このことで、低回転低負荷域における燃費率の改善とNO_x浄化性能の確保とを両立することができる。

【0070】

さらにまた、前記ステップSA10において、燃料カット制御からの復帰のタイミングであるYESと判定して進んだステップSA16では、前記ステップSA5にて推定した推定触媒温度T_{cat}を予め設定した設定温度T_{cat1}と比較する。この設定温度T_{cat1}は、リーンNO_x触媒34による排気浄化性能が低下する所定の低温状態として、約200°～約250°Cの間に設定されており、従って、T_{cat} > T_{cat1}であれば、排気温度を高めて、触媒32, 34の昇温を促進すべく、ステップSA18に進む一方、T_{cat} < T_{cat1}であれば、ステップSA17に進む。

【0071】

このステップSA17では、今度はリーンNO_x触媒34におけるNO_x吸収量S_{nox}が前記第1設定量S1よりも少ない第2設定量S2以上かどうか判定する。この第2設定量S2は、燃費率の低減とNO_x浄化性能の確保との均衡上、復帰時のNO_xパーズを行う方が好ましいという境界的な意味を持つように設定されており、S_{nox} > S2で判定がYESであれば、NO_xパーズを行うべく、ステップSA18に進む一方、S_{nox} < S2であれば、前記したステップSA11に進む。

【0072】

そして、ステップSA18において、前記ステップSA16から進んだときには推定触媒温度T_{cat}に見合うように、また、ステップSA17から進んだときには触媒34におけるNO_x吸収量S_{nox}に見合うように、それぞれ、筒内空燃比をリッチ化補正する時間T2をリッチタイマにセットする。続いて、前記したステップSA3に進み、エンジン1の筒内空燃比が略理論空燃比になるように、インジェクタ12により気筒2の吸気行程で燃料を噴射させ、続いて、前記したステップSA4～SA6の制御手順を実行して、しかる後にリターンする。

【0073】

つまり、リーンNO_x触媒34の温度状態が低下して、排気浄化性能の低下する低温状態になっているか、或いは該リーンNO_x触媒34におけるNO_x吸収量がある程度多くなっていれば、エンジン1の燃料カット制御からの復帰のタイミングを利用して、排気空燃比状態をリッチ化させることにより、触媒32, 34による排気浄化性能を確保するようにしている。

【0074】

前記図5に示すフローのステップSA3, SA4, SA13, SA14が筒内空燃比制

10

20

30

40

50

御部 40 a に対応し、また、ステップ S A 8 が燃料カット制御部 40 b に対応し、さらに、ステップ S A 16, S A 17 が触媒浄化状態判定部 40 c に対応している。

【0075】

また、前記ステップ S A 16, S A 17 のいずれかにおいて Y E S と判定されて、ステップ S A 3 に進むという制御手順が、触媒 32, 34 が所定の低温状態であるか、或いはリーン N O x 触媒 34 の推定 N O x 吸収量が第 2 設定量 S2 以上の場合に、エンジン 1 が燃料カット状態から成層燃焼領域 (イ) に復帰したとき、排気の空燃比状態を略理論空燃比になるように制御する排気空燃比制御部 40 d に対応している。

【0076】

さらに、ステップ S A 4, S A 9, S A 14 により、アクセル操作量とエンジン 1 の運 10
転状態とに応じて、スロットル弁 22 の開度を制御するとともに、前記燃料カット制御部 40 b による燃料カット制御の実行中は、スロットル弁 22 を閉じるスロットル開度制御部 40 e が構成されている。

【0077】

さらにまた、前記の如くステップ S A 16, S A 17 のいずれかにおいて Y E S と判定 20
されて、ステップ S A 3, S A 4 に進んだときには、仮にアクセル操作量が零であれば、エンジン 1 はアイドル運転状態に復帰することになり、また、均一燃焼状態であるから、スロットル弁 22 は燃料カット制御の実行中と同様に略全閉状態に維持されることになる。すなわち、このときのスロットル弁 22 の開度は、通常の成層燃焼状態でのアイドル運 20
転時と比較して、相対的に小さくなり、従って、前記ステップ S A 16, S A 17 からス
テップ S A 3, S A 4 に進むという制御手順により、前記排気空燃比制御部 40 d による
筒内空燃比のリッチ化補正制御が行われるときに、アクセル操作量が零であれば、前記ス
ロットル開度制御部 40 e によるスロットル弁 22 の開作動制御を規制するスロットル弁
開作動規制部 40 f が構成されている。

【0078】

(参考形態の作用効果)

次に、前記参考形態の作用効果を説明する。

【0079】

前記の如き E C U 40 によるエンジン 1 の筒内空燃比の制御により、まず、エンジン 1 30
が低回転低負荷側の成層燃焼領域 (イ) にあるとき、通常は、インジェクタ 12 により燃
料が主に気筒 2 の圧縮行程中期以降で噴射されて、成層燃焼状態となり、ポンプ損失等の
少ない燃費効率に優れた運転状態となる。この際、排気の空燃比状態が筒内空燃比と同じ
く極めてリーンな状態になるが、排気中の N O x はリーン N O x 触媒 34 に吸収され、大
気中への N O x の排出は十分に低減される。

【0080】

そして、エンジン 1 の前記成層燃焼領域 (イ) での燃焼が継続して、触媒 34 における 40
N O x の吸収量が徐々に増大すると、そのことによって触媒 34 の N O x 吸収容量が減少
し、該触媒 34 の N O x 吸収能力が徐々に低下することになる。これに対し、図 6 に一例
を示すように、触媒 34 における N O x 吸収量 S_{nox} が第 1 設定量 S1 になれば、強制的な
N O x パージが行われて、触媒 34 の N O x 吸収量が飽和する前に N O x が放出されて、
還元浄化される。

【0081】

一方、エンジン 1 が均一燃焼領域 (ロ) (ハ) にあるときには、インジェクタ 12 により 40
燃料が主に気筒 2 の吸気行程で噴射されて、均一燃焼状態となり、高負荷に対応する高
出力が得られるとともに、排気の空燃比が略理論空燃比ないしそれよりもリッチな状態に
なることで、自ずと触媒 34 に吸収されていた N O x が放出されて、還元浄化される。

【0082】

ここで、車両の走行に伴い、例えば図 7 に示すようにエンジン回転速度 N が変化すると 50
きの、触媒 34 における N O x 吸収量 S_{nox} の変化について、具体的に説明する。まず、
エンジン 1 がアイドル運転状態にあるときには (~ t1)、N O x の生成量が比較的少な

く、また、排気の流通量も少ないことから、触媒 3 4 における NO_x 吸収量 S_{nox} は緩やかに増大する。続いて、エンジン 1 が例えば加速運転状態になり、均一燃焼モードで運転されるようになると ($t_1 \sim t_2$)、排気の空燃比が略理論空燃比ないしそれよりもリッチな状態になるので、触媒 3 4 に吸収された NO_x が放出されて、還元浄化される。

【 0 0 8 3 】

続いて、エンジン 1 が成層燃焼領域 (イ) の高回転側で一定速度で運転される間 ($t_2 \sim t_3$)、触媒 3 4 の NO_x 吸収量は急速に増大するが、その後、エンジン減速運転中の燃料カット状態では ($t_3 \sim t_4$)、 NO_x 吸収量は変化しない ($t_3 \sim t_4$)。また、この燃料カット状態では、触媒 3 2, 3 4 を流通する空気によって該触媒 3 2, 3 4 が冷やされることを抑制するために、スロットル弁 2 2 が略全閉状態にされるが、それでも、触媒 3 2, 3 4 の温度状態は徐々に低下することになる。

10

【 0 0 8 4 】

そして、例えば、アクセルペダルが踏み込まれたとき、或いはエンジン回転速度 N が復帰回転速度 N_1 になったとき、即ち、図 8 に模式的に示すように、燃料カット制御を終了して、エンジン 1 が成層燃焼状態に移行したときに ($t = t_4$)、触媒 3 2, 3 4 が低温状態にあるか ($T_{\text{cat}} < T_{\text{cat}1}$) 或いはリーン NO_x 触媒 3 4 の NO_x 吸収量がある程度多い状態であれば ($S_{\text{nox}} > S_2$)、エンジン 1 は一時的に均一燃焼状態とされかつ筒内空燃比がリッチ化補正される。このことで、排気温度が高められて、触媒 3 2, 3 4 の昇温が促進されるとともに、排気空燃比状態がリッチ化とされて、リーン NO_x 触媒 3 4 の NO_x パージが行われる。

20

【 0 0 8 5 】

この結果、その後、エンジン 1 が通常の成層燃焼状態に切替えられて、筒内空燃比の極めてリーンな運転状態になっても ($t_4 \sim t_5$)、このときには触媒 3 4 の NO_x 吸収能力が十分に回復しているので、排気中の NO_x を十分に吸収して、大気中への NO_x 排出量を低減することができる。しかも、元々、燃料噴射形態の変化する燃料復帰のタイミングで、前記の筒内空燃比のリッチ化補正を行うようにしており、さらに、点火時期の遅角補正等も行われるので、エンジン 1 の出力トルクが若干、変化しても、運転者が違和感を覚えることは少ない。

【 0 0 8 6 】

続いて、エンジン 1 が再び燃料カット状態になった後に ($t_5 \sim t_6$)、再度、一定速度でのリーン運転状態に復帰したときにも ($t = t_6$)、触媒 3 4 が低温状態ないし NO_x 吸収量のある程度多い状態であれば、前記と同様に筒内空燃比のリッチ化補正が行われて、触媒 3 2, 3 4 の排気浄化性能が高められる。

30

【 0 0 8 7 】

ここで、仮に、前記したような復帰時の NO_x パージを行わないようにした場合、触媒 3 4 における NO_x 吸収量の変化は、前記図 7 に仮想線で示すようになり、復帰時の NO_x パージを行うようににした場合 (実線のグラフ) と比べて、特に $t_4 \sim t_7$ の期間において平均的に NO_x 吸収量 S_{nox} の多い状態、即ち NO_x 吸収能力の低い状態になってしまう。

【 0 0 8 8 】

また、復帰時の NO_x パージを行わないようにした場合、前記図 7 に示すように、エンジン 1 が低速の定常運転状態にあるときに触媒 3 4 における NO_x 吸収量 S_{nox} が第 1 設定量 S_1 に達して ($t = t_7$)、強制的な NO_x パージが行われることになり、本来、エンジン 1 の出力が変化しない状況で運転者の操作とは無関係に、強制的にエンジン 1 の燃焼状態や筒内空燃比が切換えられることになるので、このときのトルクの変動がたとえ小さなものであっても、運転者が違和感を感じることは避けられない。

40

【 0 0 8 9 】

これに対し、この参考形態の燃料制御装置 A によれば、上述の如く、エンジン 1 が燃料カット状態から成層燃焼状態に復帰する燃料復帰のタイミングを利用して、本来ならば排気空燃比状態がリーンになる成層燃焼領域 (イ) において、一時的に排気空燃比状態

50

をリッチ化させ、触媒 3 2 , 3 4 の昇温促進や NO_x パージを行うようにしているのも、該触媒 3 2 , 3 4 による排気浄化性能を確保しながら、成層燃焼領域 (イ) における強制的な NO_x パージの頻度を下げることができ、よって、全体的な燃費の改善と違和感の軽減による運転フィーリングの向上とを実現できる。

【 0 0 9 0 】

加えて、そのような筒内空燃比のリッチ化補正を、触媒 3 2 , 3 4 が排気浄化性能の低い低温状態にあるときや、リーン NO_x 触媒 3 4 における NO_x 吸収量 S_{nox} がある程度多いときにのみ行うようにしているのも、この燃料復帰時の筒内空燃比のリッチ化補正は必要以上に頻繁に行われることはなく、このことによっても燃費率の改善が図られる。

【 0 0 9 1 】

(変形例)

図 9 は、前記参考形態の変形例を示し、この変形例では、エンジン 1 の燃料カット制御が行われているときに、その継続時間を計測し、この燃料カット制御の継続時間が長いときに、原則として、燃料復帰タイミングを利用して、排気空燃比状態のリッチ化を行うようにしたものである。

【 0 0 9 2 】

具体的に、図 9 のフローのステップ $S_{B1} \sim S_{B9}$ では、前記図 5 に示すフローのステップ $S_{A1} \sim S_{A9}$ と同じ制御手順を実行する。そして、続くステップ S_{B10} において、 $ECU40$ のタイマにより燃料カット制御の継続時間 t を計測する。また、ステップ S_{B11} において燃料カット制御からの復帰でない NO と判定された場合、ステップ $S_{B12} \sim S_{B16}$ において前記フローのステップ $S_{A11} \sim S_{A15}$ と同じ制御手順を実行する。

【 0 0 9 3 】

さらに、前記ステップ S_{B11} において、燃料カット制御からの復帰である YES と判定されたときには、ステップ S_{B17} に進んで、燃料カット制御の継続時間 t が予め設定した時間 t^* 以上になったかどうか判定する。この判定が NO ならばステップ S_{B12} に進む一方、判定が YES であればステップ S_{B18} に進んで、今度は、推定触媒温度 T_{cat} が予め設定した高温状態の判定基準温度 $T_{\text{cat}2}$ (例えば 400°C) 以下かどうか判別する。

【 0 0 9 4 】

そして、 $T_{\text{cat}} > T_{\text{cat}2}$ で NO あれば、リーン NO_x 触媒 3 4 の温度状態がかなり高く、排気空燃比状態をリッチ化すると、そのことによって NO_x 吸収性能が低下する虞れがあるので、このときにはステップ S_{B12} に進む一方、 $T_{\text{cat}} < T_{\text{cat}2}$ であれば、ステップ $S_{B19} \sim S_{B3}$, S_{B4} に進んで、前記ステップ S_{A3} , S_{A4} と同じく、筒内空燃比のリッチ化補正を行う。

【 0 0 9 5 】

すなわち、燃料カット制御の継続時間が長いということは、そのことによって触媒 3 2 , 3 4 が冷却されるということであり、また、燃料カット制御が開始されたときのエンジン回転速度 N が相対的に高く、触媒 3 2 , 3 4 の空気流通量が多いということでもあるから、このときにはその燃料カット制御により触媒 3 2 , 3 4 が冷却されて、該触媒 3 2 , 3 4 の温度状態がかなり低くなると考えられる。

【 0 0 9 6 】

そこで、この変形例では、燃料カット制御の継続時間を計測し、この時間 t が設定時間 t^* 以上のときには、燃料の復帰のタイミングを利用して、排気空燃比状態をリッチ化させることにより、運転者の違和感を軽減しながら、触媒 3 2 , 3 4 の温度状態を高めて、排気浄化性能の低下を防止するようにしている。

【 0 0 9 7 】

但し、燃料カット制御の継続時間 t が長くても、例えば燃料カット制御の開始時点で触媒 3 2 , 3 4 が過熱気味であるような場合、燃料カット制御の終了時点で触媒 3 2 , 3 4 が浄化性能の低下する低温状態になることはないのも、このときには前記の空燃比のリ

10

20

30

40

50

ッチ化は行わないようにしている。

【0098】

前記図9に示すフローのステップSB17により、エンジン1の燃料カット制御の継続時間 t が設定時間 t^* 以上になったことを判定する継続時間判定部40gが構成されている。そして、この変形例においては、排気空燃比制御部40dは、前記継続時間判定部40gにより燃料カット制御の継続時間 t が設定時間 t^* 以上と判定された場合に、その燃料カット制御が終了して、エンジン1が成層燃焼領域(イ)に移行したとき、筒内空燃比をリッチ化補正するように構成されている。

【0099】

(実施形態)

次に実施形態について説明する。この実施形態に係る制御装置Aの構成は概ね上述した参考形態及びその変形例と同じなので、異なる部分についてのみ説明する。この実施形態では、上述した参考形態等と同じく燃料カット制御からの復帰のタイミングに合わせて、筒内空燃比をリッチ化補正するのであるが、これに先立って燃料カット制御の実行中に、エンジン回転速度 N が復帰回転速度 $N1$ よりも高い設定回転速度まで低下したとき、燃料カット制御は継続しながら、一方で、スロットル弁22を開作動させるようにしたものである。

【0100】

このようにすれば、続いてエンジン回転速度 N が復帰回転速度 $N1$ まで低下したとき、即ち燃料カット制御を終了して、エンジン1がアイドル運転状態になるときに、燃焼室6への吸入空気量を十分に増大させることができ、この状態で前記のように燃料の追加噴射等を行って空燃比をリッチ化することで、触媒32, 34に高温の排気を多量に供給して、その温度状態を速やかに高めることができる。また、同時に、リーン NO_x 触媒34に対するHC、COの供給量を十分に増大させることができ、このことで、 NO_x パージも極めて効果的に行える。

【0101】

(他の実施形態)

尚、本発明の構成は、前記実施形態に限定されるものではなく、その他の種々の構成をも包含するものである。すなわち、前記実施形態では、排気空燃比状態をリッチ化させるために、エンジン1の筒内空燃比を理論空燃比 ($A/F = 14.7$) になるように制御するようにしているが、これに限らず、筒内空燃比を理論空燃比よりもリッチ(例えば、 $A/F = 12 \sim 14$) になるように制御するようにしてもよい。

【0102】

また、排気空燃比状態をリッチ化させる際に、インジェクタ12により燃料を気筒2の膨張行程ないし排気行程で追加噴射させるようにしてもよい。このようにすれば、エンジン1の出力トルクの変動を最小限に抑えながら、排気空燃比状態を確実にリッチ化することができる上に、気筒2の膨張行程等に追加噴射された燃料は、その一部が後燃えしたり、或いは排気通路28内で排気中の酸素と反応したりするので、触媒34の温度状態を極めて効果的に高めることができる。

【0103】

また、前記実施形態では、エンジン1の排気通路28において上流側に三元触媒32を、その下流側にリーン NO_x 触媒34を配置しているが、これに限るものではなく、上流側にリーン NO_x 触媒を配置し、その下流側に三元触媒を配置するようにしてもよい。或いは、リーン NO_x 触媒34のみを配置するようにしてもよい。また、リーン NO_x 触媒34としては、前記実施形態のような NO_x 吸収還元型のものに限らず、 NO_x 吸収材を有する NO_x 吸収タイプのものであればよい。

【0104】

また、前記実施形態では、本発明に係る燃料制御装置を火花点火式直噴エンジン1に適用しているが、これに限るものではない。すなわち、本発明は、エンジンの吸気ポートに燃料を噴射するようにインジェクタを配設したいわゆるポート噴射式の火花点火式エンジ

10

20

30

40

50

ンにも適用可能であり、また、ディーゼルエンジンに適用することもできる。さらに、これらのエンジンを、走行用の電気モータと組み合わせて、いわゆるハイブリッド方式のパートレインとすることも可能である。

【0105】

【発明の効果】

以上、説明したように、請求項1の発明に係るエンジンの燃料制御装置によると、排気の温度状態が相対的に低くなるリーン運転領域を有し、かつ所定条件下で燃料カット制御の行われるエンジンにおいて、特に前記燃料カット制御の実行中に触媒が冷却されることに着目し、この燃料カット制御を終了して、エンジンが前記リーン運転領域に移行したときに、触媒が浄化性能の低い低温状態になっていれば、燃料供給を再開する復帰のタイミングを利用して、排気の空燃比状態をリッチ化させることにより、運転者の違和感を軽減しながら、触媒の温度状態を高めて排気浄化性能の低下を防止することができる。

10

【0106】

また、請求項2の発明に係るエンジンの燃料制御装置によると、排気が酸素過剰雰囲気となるリーン運転領域を有し、かつ所定条件下で燃料カット制御の行われるエンジンにおいて、排気通路に設けたNOx吸収材が、NOx吸収量の増大に応じてNOx吸収能力の低下するものであることに着目し、燃料カット制御を終了して、エンジンが前記リーン運転領域に移行したときに、触媒に設定量以上のNOxが吸収されていれば、燃料供給を再開する復帰のタイミングを利用して、排気の空燃比状態をリッチ化させることにより、運転者の違和感を軽減しながら、前記NOx吸収材からNOxを放出させ、かつ還元浄化して、排気浄化性能の低下を防止することができる。

20

【0107】

また、請求項3の発明に係るエンジンの燃料制御装置によると、燃料カット制御の継続時間が設定時間以上になったときに、この燃料カット制御を終了して燃料復帰するタイミングを利用して、排気の空燃比状態をリッチ化させることで、触媒の温度状態が燃料カット制御中に低下しても、燃料の復帰タイミングを利用して、直ちに触媒の温度状態を回復させる、即ち活性温度状態へ高めることができる。

【0108】

しかも、前記請求項1～3のいずれかの発明によると、燃料カット制御の実行中はスロットル弁が閉じられることで、触媒の温度状態の低下が抑制されるとともに、その燃料カット制御を終了して、燃料の噴射供給を再開するときには十分な吸入空気量を確保して、触媒に高温の排気を多量に供給して、その温度状態を速やかに高めることができる。さらに請求項4の発明によると、気筒の膨張行程等で燃料の追加噴射を行うことにより、リッチ化に伴うトルク変動を十分に抑えることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の参考形態、実施形態に係るエンジンの燃料制御装置の全体構成図である。

【図2】 触媒の温度状態の変化に対するNOx浄化率の変化特性を、酸素過剰雰囲気（実線）と略理論空燃比に対応する状態（破線）とで対比して示す図である。

【図3】 エンジンの運転領域を設定した制御マップの一例を示す図である。

40

【図4】 インジェクタによる燃料噴射の形態を模式的に示す図である。

【図5】 ECUによる空燃比制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図6】 成層燃焼モードが継続して、強制的なNOxパーズが行われるときの触媒のNOx吸収量の変化を示すタイムチャート図である。

【図7】 エンジンの運転状態が種々、変化するときのエンジン回転速度N、排気の空燃比状態及び触媒のNOx吸収量の変化を互いに対比して示すタイムチャート図である。

【図8】 燃料カット制御からの復帰を模式的に示す説明図である。

【図9】 変形例に係る図5相当図である。

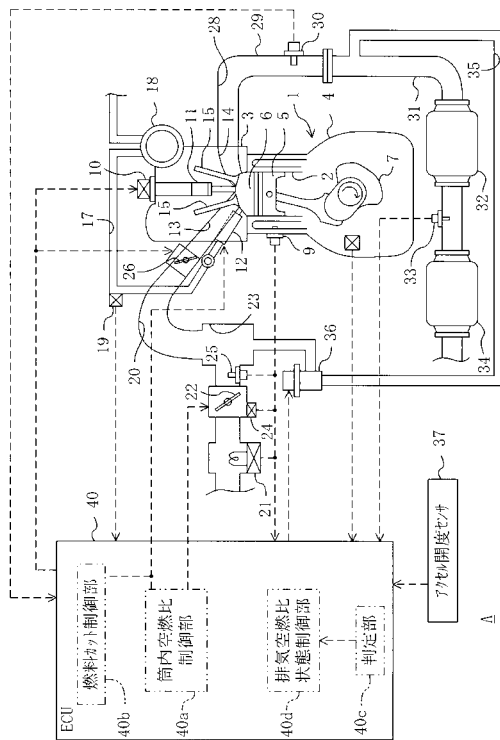
【符号の説明】

A エンジンの燃料制御装置

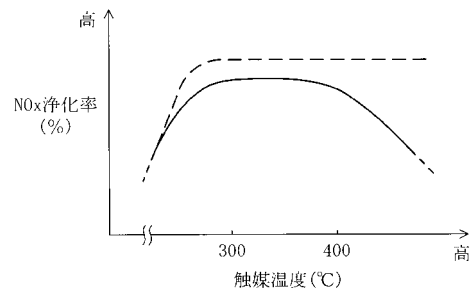
50

- 1 エンジン
- 2 気筒
- 6 燃焼室
- 3 2 三元触媒
- 3 4 リーンNOx触媒
- 4 0 コントロールユニット(ECU)
- 4 0 a 筒内空燃比制御部(筒内空燃比制御手段)
- 4 0 b 燃料カット制御部(燃料カット制御手段)
- 4 0 c 触媒浄化状態判定部(触媒低温状態判定手段、NOx吸収状態判定手段)
- 4 0 d 排気空燃比制御部(排気空燃比制御手段)
- 4 0 e スロットル開度制御部(スロットル開度制御手段)
- 4 0 f スロットル弁開作動規制部(スロットル弁開作動規制手段)
- 4 0 g 継続時間判定部(継続時間判定手段)

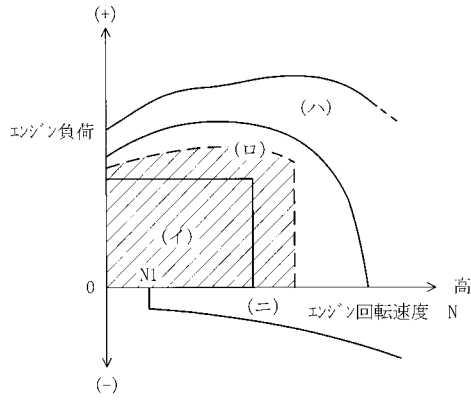
【図1】



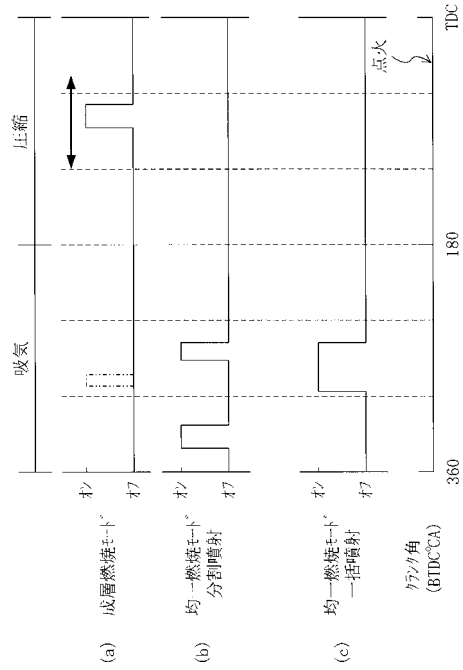
【図2】



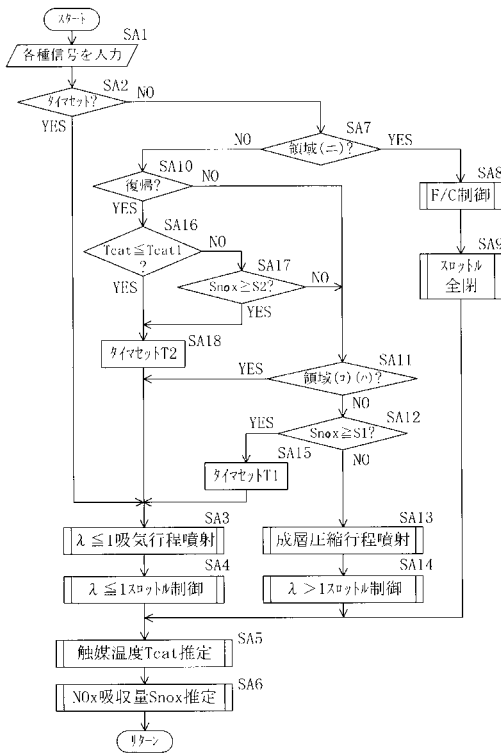
【図3】



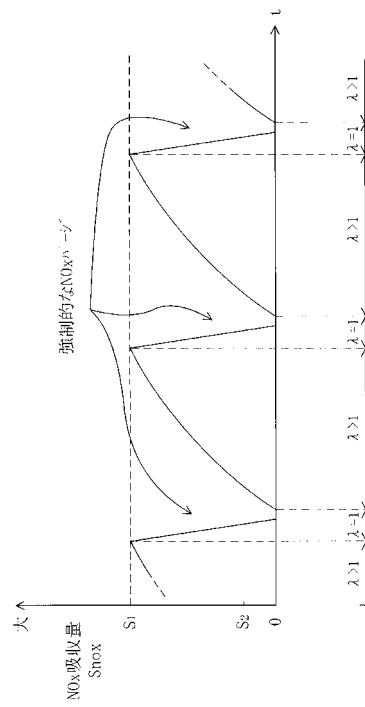
【図4】



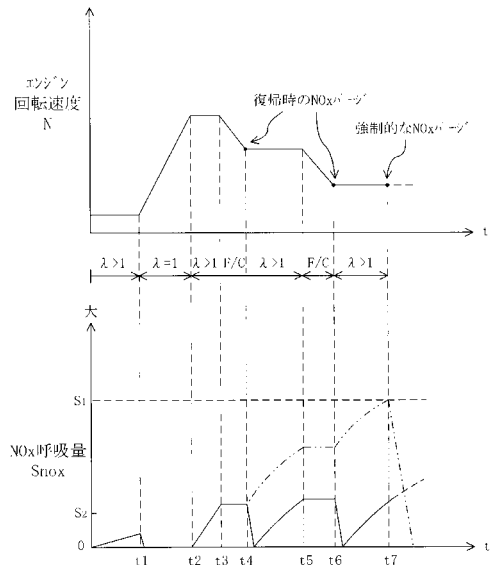
【図5】



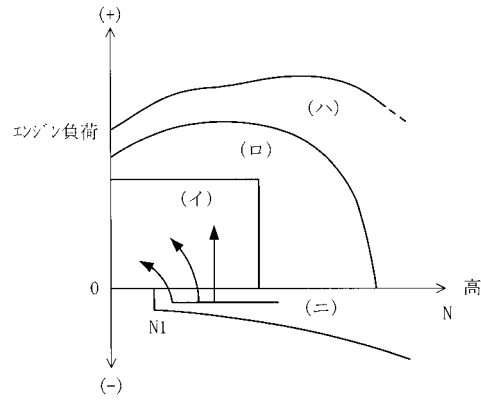
【図6】



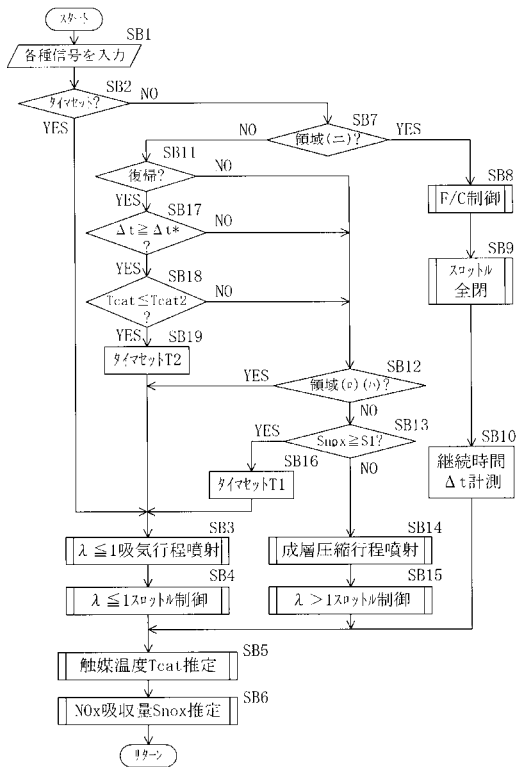
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 1 N 3/28 (2006.01) F 0 1 N 3/08 A
 F 0 1 N 3/24 U
 F 0 1 N 3/24 B
 F 0 1 N 3/24 R
 F 0 1 N 3/28 J
 F 0 1 N 3/28 3 0 1 C

(74)代理人 100115510

弁理士 手島 勝

(74)代理人 100115691

弁理士 藤田 篤史

(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 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 有賀 信

(56)参考文献 特開平10-122015(JP,A)

特開平07-063089(JP,A)

特開平07-166913(JP,A)

特開平10-227240(JP,A)

特開平06-129246(JP,A)

特開平10-077882(JP,A)

特開平02-176133(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 41/00 41/40

F02D 43/00 45/00

F01N 3/00 3/02

F01N 3/04 3/38

F01N 9/00

B01D 53/34

B01D 53/36