

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3578079号
(P3578079)

(45) 発行日 平成16年10月20日(2004.10.20)

(24) 登録日 平成16年7月23日(2004.7.23)

(51) Int. Cl.⁷

F I

FO2D 29/02	FO2D 29/02	D
BO1D 53/94	B6OK 6/04	31O
B6OK 6/04	B6OK 6/04	531
FO1N 3/02	B6OK 6/04	73O
FO1N 3/08	FO1N 3/02	321A

請求項の数 11 (全 39 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-339611(P2000-339611)
 (22) 出願日 平成12年11月7日(2000.11.7)
 (65) 公開番号 特開2002-138877(P2002-138877A)
 (43) 公開日 平成14年5月17日(2002.5.17)
 審査請求日 平成15年4月10日(2003.4.10)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100077517
 弁理士 石田 敬
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100082898
 弁理士 西山 雅也
 (72) 発明者 村田 宏樹
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 (72) 発明者 佐々木 静夫
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

機関吸気通路内に排気ガスを再循環するための排気ガス再循環装置を具備すると共に機関の駆動力とは別個に駆動力を発生する駆動力発生装置を具備し、該駆動力発生装置による駆動力を発生させたときには排気ガスを再循環させつつ燃料噴射量を低下させるようにした内燃機関の制御装置において、吸入空気量を検出するための吸入空気量検出手段と、吸入空気量を制御するための吸入空気量制御手段と、実際の空燃比を求めるための手段とを具備し、通常は吸入空気量検出手段により検出された吸入空気量が目標吸入空気量となるように吸入空気量を制御し、上記駆動力発生装置による駆動力の発生時又は発生停止時には実際の空燃比が目標空燃比となるように吸入空気量を制御する内燃機関の制御装置。

10

【請求項2】

機関排気通路内に空燃比センサを配置し、該空燃比センサの出力信号から実際の空燃比が求められる請求項1に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項3】

吸入空気量検出手段により検出された吸入空気量と、燃料噴射量と、再循環排気ガス中の酸素濃度の影響による空燃比の修正量とに基づいて実際の空燃比が求められる請求項1に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項4】

上記駆動力発生装置が電気モータからなり、該電気モータは上記燃料噴射量の低下による機関出力トルクの減少量とほぼ等しい出力を発生する請求項1に記載の内燃機関の制御装

20

置。

【請求項 5】

内燃機関が、再循環排気ガス量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、再循環排気ガス量を更に増大していくと燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほとんど発生しなくなる内燃機関からなり、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガス量よりも再循環排気ガス量が多く煤がほとんど発生しない第 1 の燃焼と、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガス量よりも再循環排気ガス量が少ない第 2 の燃焼とを選択的に切替える切替手段を具備し、流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候には NO_x を吸収し流入する排気ガスの空燃比がリッチ又は理論空燃比のときには吸収した NO_x を放出する NO_x 吸収剤を機関排気通路内に配 10
置し、第 2 の燃焼が行われているときに NO_x 吸収剤から NO_x を放出すべきときには第 2 の燃焼から第 1 の燃焼に切替えて内燃機関への燃料供給量を減少させると共に燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にしかつ該駆動力発生手段に駆動力を発生させるようにした請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 6】

第 1 の燃焼が行われているときに NO_x 吸収剤から NO_x を放出すべきときには燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にするようにした請求項 5 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 7】

機関の運転領域を低負荷側の第 1 の運転領域と高負荷側の第 2 の運転領域に分割し、第 1 20
の運転領域では第 1 の燃焼が行われ、第 2 の運転領域では第 2 の燃焼が行われる請求項 5 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 8】

第 1 の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ 55 パーセント以上であり、第 2 の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ 50 パーセント以下である請求項 5 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 9】

機関排気通路内にパーティキュレートフィルタを配置し、該パーティキュレートフィルタとして、単位時間当りに燃焼室から排出される排出微粒子量がパーティキュレートフィルタ上において単位時間当りに輝炎を発生することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量よりも 30
少ないときには排気ガス中の微粒子がパーティキュレートフィルタに流入すると輝炎を発生することなく酸化除去せしめられかつ上記 NO_x 吸収剤の機能を有するパーティキュレートフィルタを用いた請求項 5 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 10】

パーティキュレートフィルタ上に貴金属触媒を担持した請求項 9 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 11】

周囲に過剰酸素が存在すると酸素を取込んで酸素を保持しかつ周囲の酸素濃度が低下すると保持した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤をパーティキュレートフィルタ上に担持し、パーティキュレートフィルタ上に微粒子が付着したときに活性酸素放出剤から活 40
性酸素を放出させ、放出された活性酸素によってパーティキュレートフィルタ上に付着した微粒子を酸化させるようにした請求項 10 に記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は内燃機関の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候には NO_x を吸収し流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収した NO_x を放出する NO_x 吸収剤を機関排 50

気通路内に配置し、通常はリーン空燃比のもとで燃焼が行われると共にこのとき発生する NO_x が NO_x 吸収剤に吸収され、 NO_x 吸収剤に吸収されている NO_x 量が予め定められている許容量を越えたときに空燃比を一時的にリッチにして NO_x 吸収剤から NO_x を放出させると共に還元するようにした圧縮着火式内燃機関が公知である。

【0003】

しかしながら圧縮着火式内燃機関において空燃比をリッチにすると多量の煤が発生し、従って空燃比をリッチにすることにより NO_x 吸収剤から NO_x を放出させるのはかなり困難である。

一方、圧縮着火式内燃機関において再循環排気ガス（以下、EGRガスという）の再循環率（EGRガス量 / （吸入空気量 + EGRガス量））、即ちEGR率を55パーセント以上10
にすると燃焼温度が低下して、いわゆる低温燃焼が行われ、このときには空燃比をリッチにしても煤がほとんど発生しないことが知られている。従ってこのような低温燃焼が行われているときに空燃比をリッチにすれば煤を発生させることなく NO_x 吸収剤から NO_x を放出できることになる。

【0004】

しかしながらこの低温燃焼は機関負荷が低いときのみ可能であって機関負荷が高くなると低温燃焼を行わせることができず、従って機関負荷が高いときには煤を発生させることなく空燃比をリッチにすることができない。

そこで機関の駆動力とは別個の駆動力を発生する電気モータを具備し、機関負荷が高いときに空燃比をリッチにすべきときには機関負荷を低下させて低温燃焼を行わせると共に、20
電気モータを作動させて機関負荷の低下による機関出力の低下分を電気モータの出力によって補うようにした圧縮着火式内燃機関が公知である（特開平11-257054号公報参照）。この圧縮着火式内燃機関では機関負荷が高いときに空燃比をリッチにすべきときには低負荷運転のもとでリッチ空燃比の低温燃焼を行わせるために燃料噴射量が一気に低減されると共にスロットル弁およびEGR制御弁が予め定められた目標開度まで急速に開度調整され、次いで NO_x 吸収剤からの NO_x 放出作用が完了すると燃料噴射量が一気に増大されると共にスロットル弁およびEGR制御弁が目標開度まで急速に開弁せしめられる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

さて、EGRガス再循環装置では機関排気通路内に排出された排気ガスがEGR通路内に送り込まれるとこの排気ガスは機関が何回転かした後にEGRガスとして機関吸気通路内に供給される。この場合、機関吸気通路内に供給されるEGRガスの酸素濃度は何回転か前の燃焼室内における空燃比に依存しており、従ってEGRガスを再循環している場合には燃焼室内における空燃比は何回転か前の燃焼室内における空燃比の影響を受けることになる。

【0006】

ところで上述の公報に記載されている圧縮着火式内燃機関では機関負荷が高いときに空燃比をリッチにすべきときにはスロットル弁およびEGR制御弁が予め定められた目標開度まで急速に開度調整される。しかしながらこのようにスロットル弁およびEGR制御弁を40
予め定められた目標開度まで急速に開度調整してもスロットル弁およびEGR制御弁が開度調整されたときの燃焼室内の空燃比がEGRガス中に含まれる酸素の影響によってなかなか小さくならないので空燃比を予め定められた目標リッチ空燃比に早期に一致させるのが困難であるという問題がある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するために1番目の発明では、機関吸気通路内に排気ガスを再循環するための排気ガス再循環装置を具備すると共に機関の駆動力とは別個に駆動力を発生する駆動力発生装置を具備し、駆動力発生装置による駆動力を発生させたときには排気ガスを再循環させつつ燃料噴射量を低下させるようにした内燃機関の制御装置において、吸入空気50

量を検出するための吸入空気量検出手段と、吸入空気量を制御するための吸入空気量制御手段と、実際の空燃比を求めるための手段とを具備し、通常は吸入空気量検出手段により検出された吸入空気量が目標吸入空気量となるように吸入空気量を制御し、駆動力発生装置による駆動力の発生時又は発生停止時には実際の空燃比が目標空燃比となるように吸入空気量を制御するようにしている。

【 0 0 0 8 】

2番目の発明では1番目の発明において、機関排気通路内に空燃比センサを配置し、空燃比センサの出力信号から実際の空燃比が求められる。

3番目の発明では1番目の発明において、吸入空気量検出手段により検出された吸入空気量と、燃料噴射量と、再循環排気ガス中の酸素濃度の影響による空燃比の修正量とに基づいて実際の空燃比が求められる。

10

【 0 0 0 9 】

4番目の発明では1番目の発明において、駆動力発生装置が電気モータからなり、電気モータは燃料噴射量の低下による機関出力トルクの減少量とほぼ等しい出力を発生する。

5番目の発明では1番目の発明において、内燃機関が、再循環排気ガス量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、再循環排気ガス量を更に増大していくと燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほとんど発生しなくなる内燃機関からなり、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガス量よりも再循環排気ガス量が多く煤がほとんど発生しない第1の燃焼と、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガス量よりも再循環排気ガス量が少ない第2の燃焼とを選択的に切

20

換える切換手段を具備し、流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには NO_x を吸収し流入する排気ガスの空燃比がリッチ又は理論空燃比のときには吸収した NO_x を放出する NO_x 吸収剤を機関排気通路内に配置し、第2の燃焼が行われているときに NO_x 吸収剤から NO_x を放出すべきときには第2の燃焼から第1の燃焼に切換えて内燃機関への燃料供給量を減少させると共に燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にしかつ駆動力発生手段に駆動力を発生させるようにしている。

【 0 0 1 0 】

6番目の発明では5番目の発明において、第1の燃焼が行われているときに NO_x 吸収剤から NO_x を放出すべきときには燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にするようにしている。

30

7番目の発明では5番目の発明において、機関の運転領域を低負荷側の第1の運転領域と高負荷側の第2の運転領域に分割し、第1の運転領域では第1の燃焼が行われ、第2の運転領域では第2の燃焼が行われる。

【 0 0 1 1 】

8番目の発明では5番目の発明において、第1の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ55パーセント以上であり、第2の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ50パーセント以下である。

9番目の発明では5番目の発明において、機関排気通路内にパティキュレートフィルタを配置し、このパティキュレートフィルタとして、単位時間当りに燃焼室から排出される排出微粒子量がパティキュレートフィルタ上において単位時間当りに輝炎を発生することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量よりも少ないときには排気ガス中の微粒子がパティキュレートフィルタに流入すると輝炎を発生することなく酸化除去せしめられかつ NO_x 吸収剤の機能を有するパティキュレートフィルタを用いている。

40

【 0 0 1 2 】

10番目の発明では9番目の発明において、パティキュレートフィルタ上に貴金属触媒を担持している。

11番目の発明では10番目の発明において、周囲に過剰酸素が存在すると酸素を取込んで酸素を保持しかつ周囲の酸素濃度が低下すると保持した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤をパティキュレートフィルタ上に担持し、パティキュレートフィルタ上に微粒子が付着したときに活性酸素放出剤から活性酸素を放出させ、放出された活性酸素に

50

よってパーティキュレートフィルタ上に付着した微粒子を酸化させるようにしている。

【 0 0 1 3 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 および図 2 は本発明を 4 ストローク圧縮着火式内燃機関に適用した場合を示している。

図 1 および図 2 を参照すると、1 は機関本体、2 はシリンダブロック、3 はシリンダヘッド、4 はピストン、5 は燃焼室、6 は電気制御式燃料噴射弁、7 は吸気弁、8 は吸気ポート、9 は排気弁、10 は排気ポートを夫々示す。吸気ポート 8 は対応する吸気枝管 11 を介してサージタンク 12 に連結され、サージタンク 12 は吸気ダクト 13 およびインタークーラ 14 を介して過給機、例えば排気ターボチャージャ 15 のコンプレッサ 16 の出口部に連結される。コンプレッサ 16 の入口部は吸気ダクト 17 およびエアフローメータ 18 を介してエアクリーナ 19 に連結され、吸気ダクト 17 内にはステップモータ 20 により駆動されるスロットル弁 21 が配置される。

10

【 0 0 1 4 】

一方、排気ポート 10 は排気マニホールド 22 を介して排気ターボチャージャ 15 の排気タービン 23 の入口部に連結され、排気タービン 23 の出口部はパーティキュレートフィルタ 24 を内蔵したケーシング 25 に連結される。ケーシング 25 の出口部に連結された排気管 26 とスロットル弁 21 下流の吸気ダクト 17 とは EGR 通路 27 を介して互いに連結され、EGR 通路 27 内にはステップモータ 28 により駆動される EGR 制御弁 29 が配置される。また、EGR 通路 27 内には EGR 通路 27 内を流れる EGR ガスを冷却するための EGR クーラ 30 が配置される。図 1 に示される実施例では機関冷却水が EGR クーラ 30 内に導びかれ、機関冷却水によって EGR ガスが冷却される。

20

【 0 0 1 5 】

一方、燃料噴射弁 6 は燃料供給管 31 を介して燃料リザーバ、いわゆるコモンレール 32 に連結される。このコモンレール 32 内へは電気制御式の吐出量可変な燃料ポンプ 33 から燃料が供給され、コモンレール 32 内に供給された燃料は各燃料供給管 31 を介して燃料噴射弁 6 に供給される。コモンレール 32 にはコモンレール 32 内の燃料圧を検出するための燃料圧センサ 34 が取付けられ、燃料圧センサ 34 の出力信号に基づいてコモンレール 32 内の燃料圧が目標燃料圧となるように燃料ポンプ 33 の吐出量が制御される。

【 0 0 1 6 】

一方、図 1 に示される実施例では機関の出力軸に変速機 35 が連結され、変速機 35 の出力軸 36 に電気モータ 37 が連結される。この場合、変速機 35 としては、クラッチを備えた通常の手動変速機その他、トルクコンバータを具えた通常の自動変速機、各種の無段変速機、或いはクラッチを具えた手動変速機におけるクラッチ操作および変速操作を自動的に行うようにした形式の自動変速機等を用いることができる。

30

【 0 0 1 7 】

また、変速機 35 の出力軸 36 に連結された電気モータ 37 は機関の駆動力とは別個に駆動力を発生する駆動力発生装置を構成している。図 1 に示される実施例ではこの電気モータ 37 は変速機 35 の出力軸 36 上に取付けられかつ外周面に複数個の永久磁石を取付けたロータ 38 と、回転磁界を形成する励磁コイルを巻設したステータ 39 とを具備した交流同期電動機からなる。ステータ 39 の励磁コイルはモータ駆動制御回路 40 に接続され、このモータ駆動制御回路 40 は直流高電圧を発生するバッテリー 41 に接続される。

40

【 0 0 1 8 】

電子制御ユニット 50 はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス 51 によって互いに接続された ROM (リードオンリメモリ) 52、RAM (ランダムアクセスメモリ) 53、CPU (マイクロプロセッサ) 54、入力ポート 55 および出力ポート 56 を具備する。エアフローメータ 18 および燃料圧センサ 34 の出力信号は夫々対応する AD 変換器 57 を介して入力ポート 55 に入力される。排気マニホールド 22 内および排気管 26 内には夫々空燃比センサ 43 a, 43 b が配置され、これら空燃比センサ 43 a, 43 b の出力信号は夫々対応する AD 変換器 57 を介して入力ポート 55 に入力される。また、入力

50

ポート 55 には変速機 35 の変速比又は変速段、および出力軸 36 の回転数等を表わす種々の信号が入力される。

【 0 0 1 9 】

一方、アクセルペダル 44 にはアクセルペダル 44 の踏み込み量 L に比例した出力電圧を発生する負荷センサ 45 が接続され、負荷センサ 45 の出力電圧は対応する A/D 変換器 57 を介して入力ポート 55 に入力される。更に入力ポート 55 にはクランクシャフトが例えば 15° 回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ 46 が接続される。一方、出力ポート 56 は対応する駆動回路 58 を介して燃料噴射弁 6、ステップモータ 20、EGR 制御弁 28、燃料ポンプ 33、変速機 35、およびモータ駆動制御回路 40 に接続される。

10

【 0 0 2 0 】

電気モータ 37 のステータ 39 の励磁コイルへの電力の供給は通常停止せしめられており、このときロータ 38 は変速機 37 の出力軸 36 と共に回転している。一方、電気モータ 37 を駆動せしめるときにはバッテリー 41 の直流高電圧がモータ駆動制御回路 40 において周波数が f_m で電流値が I_m の三相交流に変換され、この三相交流がステータ 39 の励磁コイルに供給される。この周波数 f_m は励磁コイルにより発生する回転磁界をロータ 38 の回転に同期して回転させるのに必要な周波数であり、この周波数 f_m は出力軸 36 の回転数に基づいて CPU 54 で算出される。モータ駆動制御回路 40 ではこの周波数 f_m が三相交流の周波数とされる。

【 0 0 2 1 】

一方、電気モータ 37 の出力トルクは三相交流の電流値 I_m にほぼ比例する。この電流値 I_m は電気モータ 37 の要求出力トルクに基づき CPU 54 において算出され、モータ駆動制御回路 40 ではこの電流値 I_m が三相交流の電流値とされる。

20

また、外力により電気モータ 37 を駆動する状態にすると電気モータ 37 は発電機として作動し、このとき発生した電力がバッテリー 41 に回生される。外力により電気モータ 37 を駆動すべきか否かは CPU 54 において判断され、外力により電気モータ 37 を駆動すべきであると判別されたときにはモータ制御回路 40 により電気モータ 37 に発生した電力バッテリー 41 に回生されるように制御される。

【 0 0 2 2 】

図 3 に圧縮着火式内燃機関の別の実施例を示す。この実施例では機関の出力軸 47 に電気モータ 37 が連結され、電気モータ 37 の出力軸に変速機 35 が連結される。この実施例では電気モータ 37 のロータ 38 は機関の出力軸 47 上に取付けられており、従ってロータ 38 は常時機関の出力軸 47 と共に回転する。また、この実施例においても変速機 35 としては、クラッチを備えた通常の手動変速機その他、トルクコンバータを具えた通常の変速機、各種の無段変速機、或いはクラッチを具えた手動変速機におけるクラッチ操作および変速操作を自動的に行うようにした形式の自動変速機等を用いることができる。

30

【 0 0 2 3 】

図 4 (A) は要求トルク TQ と、アクセルペダル 44 の踏み込み量 L と、機関回転数 N との関係を示している。なお、図 4 (A) において各曲線は等トルク曲線を表しており、 $TQ = 0$ で示される曲線はトルクが零であることを示しており、残りの曲線は $TQ = a$ 、 $TQ = b$ 、 $TQ = c$ 、 $TQ = d$ の順に次第に要求トルクが高くなる。図 4 (A) に示される要求トルク TQ は図 4 (B) に示されるようにアクセルペダル 44 の踏み込み量 L と機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 52 内に記憶されている。本発明による実施例では図 4 (B) に示すマップからアクセルペダル 44 の踏み込み量 L および機関回転数 N に応じた要求トルク TQ がまず初めに算出され、この要求トルク TQ に基づいて燃料噴射量等が算出される。

40

【 0 0 2 4 】

さて、本発明における実施例では、機関負荷が比較的低いときには煤がほとんど発生しない低温燃焼を行わせるようにしており、従ってまず初めにこの煤がほとんど発生しない低温燃焼について説明する。

50

図5は機関低負荷運転時にスロットル弁21の開度およびEGR率を変化させることにより空燃比A/F(図5の横軸)を変化させたときの出力トルクの変化、およびスモーク、HC、CO、NO_xの排出量の変化を示す実験例を表している。図5からわかるようにこの実験例では空燃比A/Fが小さくなるほどEGR率が大きくなり、理論空燃比(14.6)以下のときにはEGR率は65パーセント以上となっている。

【0025】

図5に示されるようにEGR率を増大することにより空燃比A/Fを小さくしていくとEGR率が40パーセント付近となり空燃比A/Fが30程度になったときにスモークの発生量が増大を開始する。次いで、更にEGR率を高め、空燃比A/Fを小さくするとスモークの発生量が急激に増大してピークに達する。次いで更にEGR率を高め、空燃比A/Fを小さくすると今度はスモークが急激に低下し、EGR率を65パーセント以上とし、空燃比A/Fが15.0付近になるとスモークがほぼ零となる。即ち、煤がほとんど発生しなくなる。このとき機関の出力トルクは若干低下し、またNO_xの発生量がかなり低くなる。一方、このときHC、COの発生量は増大し始める。

10

【0026】

図6(A)は空燃比A/Fが2.1付近でスモークの発生量が最も多いときの燃焼室5内の燃焼圧変化を示しており、図6(B)は空燃比A/Fが1.8付近でスモークの発生量がほぼ零のときの燃焼室5内の燃焼圧の変化を示している。図6(A)と図6(B)とを比較すればわかるようにスモークの発生量がほぼ零である図6(B)に示す場合はスモークの発生量が多い図6(A)に示す場合に比べて燃焼圧が低いことがわかる。

20

【0027】

図5および図6に示される実験結果から次のことが言える。即ち、まず第1に空燃比A/Fが15.0以下でスモークの発生量がほぼ零のときには図5に示されるようにNO_xの発生量がかなり低下する。NO_xの発生量が低下したということは燃焼室5内の燃焼温度が低下していることを意味しており、従って煤がほとんど発生しないときには燃焼室5内の燃焼温度が低くなっていると言える。同じことが図6からも言える。即ち、煤がほとんど発生していない図6(B)に示す状態では燃焼圧が低くなっており、従ってこのとき燃焼室5内の燃焼温度は低くなっていることになる。

【0028】

第2にスモークの発生量、即ち煤の発生量がほぼ零になると図5に示されるようにHCおよびCOの排出量が増大する。このことは炭化水素が煤まで成長せずに排出されることを意味している。即ち、燃料中に含まれる直鎖状炭化水素や芳香族炭化水素は酸素不足の状態温度上昇せしめられると熱分解して煤の前駆体が形成され、次いで主に炭素原子が集合した固体からなる煤が生成される。この場合、実際の煤の生成過程は複雑であり、煤の前駆体がどのような形態をとるかは明確ではないがいずれにしても燃料中に含まれる炭化水素は煤の前駆体を経て煤まで成長することになる。従って、上述したように煤の発生量がほぼ零になると図5に示される如くHCおよびCOの排出量が増大するがこのときのHCは煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素である。

30

【0029】

図5および図6に示される実験結果に基づくこれらの考察をまとめると燃焼室5内の燃焼温度が低いときには煤の発生量がほぼ零になり、このとき煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素が燃焼室5から排出されることになる。このことについて更に詳細に実験研究を重ねた結果、燃焼室5内における燃料およびその周囲のガス温度が或る温度以下である場合には煤の成長過程が途中で停止してしまい、即ち煤がほとんど発生せず、燃焼室5内における燃料およびその周囲の温度が或る温度以上になると煤が生成されることが判明したのである。

40

【0030】

ところで煤の前駆体の状態で炭化水素の生成過程が停止するときの燃料およびその周囲の温度、即ち上述の或る温度は燃料の種類や空燃比や圧縮比等の種々の要因によって変化するので何度であるかということはいえないがこの或る温度はNO_xの発生量と深い関係

50

を有しており、従ってこの或る温度は NO_x の発生量から或る程度規定することができる。即ち、EGR率が増大するほど燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度は低下し、 NO_x の発生量が低下する。このとき NO_x の発生量が 10 p.p.m 前後又はそれ以下になったときに煤がほとんど発生しなくなる。従って上述の或る温度は NO_x の発生量が 10 p.p.m 前後又はそれ以下になったときの温度にほぼ一致する。

【0031】

一旦、煤が生成されるとこの煤は酸化機能を有する触媒を用いた後処理でもって浄化することはできない。これに対して煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素は酸化機能を有する触媒を用いた後処理でもって容易に浄化することができる。このように酸化機能を有する触媒による後処理を考えると炭化水素を煤の前駆体又はその前の状態で燃焼室5から排出させるか、或いは煤の形で燃焼室5から排出させるかについては極めて大きな差がある。

10

【0032】

さて、煤が生成される前の状態で炭化水素の成長を停止させるには燃焼室5内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に抑制する必要がある。この場合、燃料およびその周囲のガス温度を抑制するには燃料が燃焼した際の燃料周りのガスの吸熱作用が極めて大きく影響することが判明している。

【0033】

即ち、燃料周りに空気しか存在しないと蒸発した燃料はただちに空気中の酸素と反応して燃焼する。この場合、燃料から離れている空気の温度はさほど上昇せず、燃料周りの温度のみが局所的に極めて高くなる。即ち、このときには燃料から離れている空気は燃料の燃焼熱の吸熱作用をほとんど行わない。この場合には燃焼温度が局所的に極めて高くなるために、この燃焼熱を受けた未燃炭化水素は煤を生成することになる。

20

【0034】

一方、多量の不活性ガスと少量の空気の混合ガス中に燃料が存在する場合には若干状況が異なる。この場合には蒸発燃料は周囲に拡散して不活性ガス中に混在する酸素と反応し、燃焼することになる。この場合には燃焼熱は周りの不活性ガスに吸収されるために燃焼温度はさほど上昇しなくなる。即ち、燃焼温度を低く抑えることができることになる。即ち、燃焼温度を抑制するには不活性ガスの存在が重要な役割を果たしており、不活性ガスの吸熱作用によって燃焼温度を低く抑えることができることになる。

30

【0035】

この場合、燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に抑制するにはそうするのに十分な熱量を吸収しうるだけの不活性ガス量が必要となる。従って燃料量が増大すれば必要となる不活性ガス量はそれに伴って増大することになる。なお、この場合、不活性ガスの比熱が大きいほど吸熱作用は強力となり、従って不活性ガスは比熱の大きなガスが好ましいことになる。この点、 CO_2 やEGRガスは比較的比熱が大きいので不活性ガスとしてEGRガスを用いることは好ましいと言える。

【0036】

図7は不活性ガスとしてEGRガスを用い、EGRガスの冷却度合を変えたときのEGR率とスモークとの関係を示している。即ち、図7において曲線AはEGRガスを強力に冷却してEGRガス温をほぼ 90 に維持した場合を示しており、曲線Bは小型の冷却装置でEGRガスを冷却した場合を示しており、曲線CはEGRガスを強制的に冷却していない場合を示している。

40

【0037】

図7の曲線Aで示されるようにEGRガスを強力に冷却した場合にはEGR率が50パーセントよりも少し低いところで煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ55パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。一方、図7の曲線Bで示されるようにEGRガスを少し冷却した場合にはEGR率が50パーセントよりも少し高いところで煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ65パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。

50

【 0 0 3 8 】

また、図 7 の曲線 C で示されるように E G R ガスを強制的に冷却していない場合には E G R 率が 5 5 パーセントの付近で煤の発生量がピークとなり、この場合には E G R 率をほぼ 7 0 パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。なお、図 7 は機関負荷が比較的高いときのスモークの発生量を示しており、機関負荷が小さくなると煤の発生量がピークとなる E G R 率は若干低下し、煤がほとんど発生しなくなる E G R 率の下限も若干低下する。このように煤がほとんど発生しなくなる E G R 率の下限は E G R ガスの冷却度合や機関負荷に応じて変化する。

【 0 0 3 9 】

図 8 は不活性ガスとして E G R ガスを用いた場合において燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度にするために必要な E G R ガスと空気の混合ガス量、およびこの混合ガス量中の空気の割合、およびこの混合ガス中の E G R ガスの割合を示している。なお、図 8 において縦軸は燃焼室 5 内に吸入される全吸入ガス量を示しており、鎖線 Y は過給が行われないうちに燃焼室 5 内に吸入する全吸入ガス量を示している。また、横軸は要求トルクを示している。

10

【 0 0 4 0 】

図 8 を参照すると空気の割合、即ち混合ガス中の空気量は噴射された燃料を完全に燃焼せしめるのに必要な空気量を示している。即ち、図 8 に示される場合では空気量と噴射燃料量との比は理論空燃比となっている。一方、図 8 において E G R ガスの割合、即ち混合ガス中の E G R ガス量は噴射燃料が燃焼せしめられたときに燃料およびその周囲のガス温度を煤が形成される温度よりも低い温度にするのに必要最低限の E G R ガス量を示している。この E G R ガス量は E G R 率で表すとほぼ 5 5 パーセント以上であり、図 8 に示す実施例では 7 0 パーセント以上である。即ち、燃焼室 5 内に吸入された全吸入ガス量を図 8 において実線 X とし、この全吸入ガス量 X のうちの空気量と E G R ガス量との割合を図 8 に示すような割合にすると燃料およびその周囲のガス温度は煤が生成される温度よりも低い温度となり、斯くして煤がほとんど発生しなくなる。また、このときの NO_x 発生量は 1 0 p . p . m 前後、又はそれ以下であり、従って NO_x の発生量は極めて少量となる。

20

【 0 0 4 1 】

燃料噴射量が増大すれば燃料が燃焼した際の発熱量が増大するので燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持するためには E G R ガスによる熱の吸収量を増大しなければならない。従って図 8 に示されるように E G R ガス量は噴射燃料量が増大するにつれて増大せしめなければならない。即ち、E G R ガス量は要求トルクが高くなるにつれて増大する必要がある。

30

【 0 0 4 2 】

ところで過給が行われていない場合には燃焼室 5 内に吸入される全吸入ガス量 X の上限は Y であり、従って図 8 において要求トルクが L_0 よりも大きい領域では要求トルクが大きくなるにつれて E G R ガス割合を低下させない限り空燃比を理論空燃比に維持することができない。云い換えると過給が行われていない場合に要求トルクが L_0 よりも大きい領域において空燃比を理論空燃比に維持しようとした場合には要求トルクが高くなるにつれて E G R 率が低下し、斯くして要求トルクが L_0 よりも大きい領域では燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持しえなくなる。

40

【 0 0 4 3 】

ところが図 1 および図 3 に示されるように E G R 通路 2 7 を介して過給機の入口側、即ち排気ターボチャージャ 1 5 のコンプレッサ 1 6 上流の吸気ダクト 1 7 内に E G R ガスを再循環させると要求トルクが L_0 よりも大きい領域において E G R 率を 5 5 パーセント以上、例えば 7 0 パーセントに維持することができ、斯くして燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持することができる。即ち、吸気ダクト 1 7 内における E G R 率が例えば 7 0 パーセントになるように E G R ガスを再循環させれば排気ターボチャージャ 1 5 のコンプレッサ 1 6 により昇圧された吸入ガスの E G R 率も 7 0

50

パーセントとなり、斯くしてコンプレッサ 16 により昇圧しうる限度まで燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持することができる。従って、低温燃焼を生じさせることのできる機関の運転領域を拡大することができることになる。

【0044】

なお、この場合、要求トルクが L_0 よりも大きい領域で EGR 率を 55 パーセント以上にするには EGR 制御弁 29 が全開せしめられ、スロットル弁 21 が若干閉せしめられる。

前述したように図 8 は燃料を理論空燃比のもとで燃焼させる場合を示しているが空気量を図 8 に示される空気量よりも少なくしても、即ち空燃比をリッチにしても煤の発生を阻止しつつ NO_x の発生量を 10 p.p.m. 前後又はそれ以下にすることができ、また空気量を図 8 に示される空気量よりも多くしても、即ち空燃比の平均値を 17 から 18 のリーンにしても煤の発生を阻止しつつ NO_x の発生量を 10 p.p.m. 前後又はそれ以下にすることができる。

10

【0045】

即ち、空燃比がリッチにされると燃料が過剰となるが燃焼温度が低い温度に抑制されているために過剰な燃料は煤まで成長せず、斯くして煤が生成されることはほとんどない。また、このとき NO_x も極めて少量しか発生しない。一方、平均空燃比がリーンのとき、或いは空燃比が理論空燃比のときでも燃焼温度が高くなれば少量の煤が生成されるが本発明における燃焼方法のもとでは燃焼温度が低い温度に抑制されているので煤はほとんど生成されない。更に、 NO_x も極めて少量しか発生しない。

20

【0046】

このように、低温燃焼が行われているときには空燃比にかかわらず、即ち空燃比がリッチであろうと、理論空燃比であろうと、或いは平均空燃比がリーンであろうと煤がほとんど発生せず、 NO_x の発生量が極めて少量となる。従って燃料消費率の向上を考えるとこのとき平均空燃比をリーンにすることが好ましいと言える。

【0047】

ところで燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制しうるのは燃焼による発熱量が比較的少ない機関中低負荷運転時に限られる。従って本発明による実施例では機関中低負荷運転時には燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制して第 1 の燃焼、即ち低温燃焼を行うようにし、機関高負荷運転時には第 2 の燃焼、即ち従来より普通に行われている燃焼を行うようにしている。なお、ここで第 1 の燃焼、即ち低温燃焼とはこれまでの説明から明らかなように煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が多く煤がほとんど発生しない燃焼のことを言い、第 2 の燃焼、即ち従来より普通に行われている燃焼とは煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が少い燃焼のことを言う。

30

【0048】

図 9 は第 1 の燃焼、即ち低温燃焼が行われる第 1 の運転領域 I と、第 2 の燃焼、即ち従来の燃焼方法による燃焼が行われる第 2 の運転領域 II とを示している。なお、図 9 において縦軸 TQ は要求トルクを示しており、横軸 N は機関回転数を示している。また、図 9 において X(N) は第 1 の運転領域 I と第 2 の運転領域 II との第 1 の境界を示しており、Y(N) は第 1 の運転領域 I と第 2 の運転領域 II との第 2 の境界を示している。第 1 の運転領域 I から第 2 の運転領域 II への運転領域の変化判断は第 1 の境界 X(N) に基づいて行われ、第 2 の運転領域 II から第 1 の運転領域 I への運転領域の変化判断は第 2 の境界 Y(N) に基づいて行われる。

40

【0049】

即ち、機関の運転状態が第 1 の運転領域 I にあって低温燃焼が行われているときに要求負荷 L が機関回転数 N の関数である第 1 の境界 X(N) を越えると運転領域が第 2 の運転領域 II に移ったと判断され、従来の燃焼方法による燃焼が行われる。次いで要求負荷 L が機関回転数 N の関数である第 2 の境界 Y(N) よりも低くなると運転領域が第 1 の運転領

50

域Ⅰに移ったと判断され、再び低温燃焼が行われる。

【0050】

このように第1の境界X(N)と第1の境界X(N)よりも低負荷側の第2の境界Y(N)との二つの境界を設けたのは次の二つの理由による。第1の理由は、第2の運転領域ⅠⅠの高負荷側では比較的燃焼温度が高く、このとき要求トルクTQが第1の境界X(N)より低くなったとしてもただちに低温燃焼を行えないからである。即ち、要求トルクTQがかなり低くなったとき、即ち第2の境界Y(N)よりも低くなったときでなければただちに低温燃焼が開始されないからである。第2の理由は第1の運転領域Ⅰと第2の運転領域ⅠⅠ間の運転領域の変化に対してヒステリシスを設けるためである。

【0051】

次に図10を参照しつつ第1の運転領域Ⅰおよび第2の運転領域ⅠⅠにおける運転制御について概略的に説明する。

図10は要求トルクTQに対するスロットル弁21の開度、EGR制御弁29の開度、EGR率、空燃比、噴射時期および噴射量を示している。図10に示されるように要求トルクTQの低い第1の運転領域Ⅰではスロットル弁21の開度は要求トルクTQが高くなるにつれて全閉近くから2/3開度程度まで徐々に増大せしめられ、EGR制御弁29の開度は要求トルクTQが高くなるにつれて全閉近くから全開まで徐々に増大せしめられる。また、図10に示される例では第1の運転領域ⅠではEGR率がほぼ70パーセントとされており、空燃比はわずかばかりリーンなリーン空燃比とされている。

【0052】

言い換えると第1の運転領域ⅠではEGR率がほぼ70パーセントとなり、空燃比がわずかばかりリーンなリーン空燃比となるようにスロットル弁21の開度およびEGR制御弁29の開度が制御される。また、第1の運転領域Ⅰでは圧縮上死点TDC前に燃料噴射が行われる。この場合、噴射開始時期Sは要求トルクTQが高くなるにつれて遅くなり、噴射完了時期Eも噴射開始時期Sが遅くなるにつれて遅くなる。

【0053】

なお、アイドルリング運転時にはスロットル弁21は全閉近くまで閉弁され、このときEGR制御弁29も全閉近くまで閉弁せしめられる。スロットル弁21を全閉近くまで閉弁すると圧縮始めの燃焼室5内の圧力が低くなるために圧縮圧力が小さくなる。圧縮圧力が小さくなるとピストン4による圧縮仕事が小さくなるために機関本体1の振動が小さくなる。即ち、アイドルリング運転時には機関本体1の振動を抑制するためにスロットル弁21が全閉近くまで閉弁せしめられる。

【0054】

一方、機関の運転領域が第1の運転領域Ⅰから第2の運転領域ⅠⅠに変わるとスロットル弁21の開度が2/3開度程度から全開方向へステップ状に増大せしめられる。このとき図10に示す例ではEGR率がほぼ70パーセントから40パーセント以下までステップ状に減少せしめられ、空燃比がステップ状に大きくされる。即ち、EGR率が多量のスモークを発生するEGR率範囲(図7)を飛び越えるので機関の運転領域が第1の運転領域Ⅰから第2の運転領域ⅠⅠに変わるときに多量のスモークが発生することがない。

【0055】

第2の運転領域ⅠⅠでは第2の燃焼、即ち従来から行われている燃焼が行われる。この燃焼方法では煤およびNO_xが若干発生するが低温燃焼に比べて熱効率は高く、従って機関の運転領域が第1の運転領域Ⅰから第2の運転領域ⅠⅠに変わると図10に示されるように噴射量がステップ状に低減せしめられる。この第2の運転領域ⅠⅠではスロットル弁21は一部を除いて全開状態に保持され、EGR制御弁29の開度は要求トルクTQが高くなると次第に小さくされる。また、この運転領域ⅠⅠではEGR率は要求トルクTQが高くなるほど低くなり、空燃比は要求トルクTQが高くなるほど小さくなる。ただし、空燃比は要求トルクTQが高くなってもしリーン空燃比とされる。また、第2の運転領域ⅠⅠでは噴射開始時期Sが圧縮上死点付近とされている。

【0056】

図 1 1 は第 1 の運転領域 I における空燃比 A / F を示している。図 1 1 において、 $A / F = 15.5$, $A / F = 16$, $A / F = 17$, $A / F = 18$ で示される各曲線は夫々空燃比が 15.5 , 16 , 17 , 18 であるときを示しており、各曲線間の空燃比は比例配分により定められる。図 1 1 に示されるように第 1 の運転領域 I では空燃比がリーンとなっており、更に第 1 の運転領域 I では要求トルク TQ が低くなるほど空燃比 A / F がリーンとされる。

【 0 0 5 7 】

即ち、要求トルク TQ が低くなるほど燃焼による発熱量が少くなる。従って要求トルク TQ が低くなるほど EGR 率を低下させても低温燃焼を行うことができる。 EGR 率を低下させると空燃比は大きくなり、従って図 1 1 に示されるように要求トルク TQ が低くなるにつれて空燃比 A / F が大きくされる。空燃比 A / F が大きくなるほど燃料消費率は向上し、従ってできる限り空燃比をリーンにするために本発明による実施例では要求トルク TQ が低くなるにつれて空燃比 A / F が大きくされる。

10

【 0 0 5 8 】

第 1 の運転領域 I における噴射量 Q は図 1 2 (A) に示されるように要求トルク TQ および機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 4 2 内に記憶されており、第 1 の運転領域 I における噴射開始時期 S は図 1 2 (B) に示されるように噴射量 Q および機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 4 2 内に記憶されている。

【 0 0 5 9 】

また、定常状態において空燃比を図 1 1 に示す目標空燃比とするのに必要な目標吸入空気量 GAO が図 1 3 (A) に示されるように噴射量 Q および機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 5 2 内に記憶されており、スロットル弁 2 1 の開度は通常、エアフロメータ 1 8 により検出された吸入空気量が目標吸入空気量 GAO となるように比例積分制御により増大減少せしめられる。

20

【 0 0 6 0 】

また、定常状態において空燃比を図 1 1 に示す目標空燃比とするのに必要な EGR 制御弁 2 9 の目標開度 SE が図 1 3 (B) に示されるように噴射量 Q および機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 5 2 内に記憶されており、 EGR 制御弁 2 9 の開度は通常、比例積分制御によって目標開度 SE に制御される。

【 0 0 6 1 】

図 1 4 は第 2 の燃焼、即ち従来の燃焼方法による普通の燃焼が行われるときの目標空燃比を示している。なお、図 1 4 において $A / F = 24$, $A / F = 35$, $A / F = 45$, $A / F = 60$ で示される各曲線は夫々目標空燃比 24 , 35 , 45 , 60 を示している。

30

第 2 の燃焼が行われるときの噴射量 Q は図 1 5 (A) に示されるように要求トルク TQ および機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 5 2 内に記憶されており、第 2 の燃焼が行われるときの噴射開始時期 S は図 1 5 (B) に示されるように噴射量 Q および機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 5 2 内に記憶されている。

【 0 0 6 2 】

また、定常状態において空燃比を図 1 4 に示す目標空燃比とするのに必要な目標吸入空気量 GAO が図 1 6 (A) に示されるように噴射量 Q および機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 5 2 内に記憶されており、スロットル弁 2 1 の開度は通常、エアフロメータ 1 8 により検出された吸入空気量が目標吸入空気量 GAO となるように比例積分制御により増大減少せしめられる。

40

【 0 0 6 3 】

また、定常状態において空燃比を図 1 4 に示す目標空燃比とするのに必要な EGR 制御弁 2 9 の目標開度 SE が図 1 6 (B) に示されるように噴射量 Q および機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 5 2 内に記憶されており、 EGR 制御弁 2 9 の開度は通常、比例積分制御によって目標開度 SE に制御される。

【 0 0 6 4 】

次に図 1 および図 3 においてケーシング 2 5 内に収容されているパーティキュレートフィル

50

タ 2 4 の構造について図 1 7 を参照しつつ説明する。なお、図 1 7 において (A) はパティキュレートフィルタ 2 4 の正面図を示しており、(B) はパティキュレートフィルタ 2 4 の側面断面図を示している。図 1 7 (A) および (B) に示されるようにパティキュレートフィルタ 2 4 はハニカム構造をなしており、互いに平行をなして延びる複数個の排気流通路 6 0 , 6 1 を具備する。これら排気流通路は下流端が栓 6 2 により閉塞された排気ガス流入通路 6 0 と、上流端が栓 6 3 により閉塞された排気ガス流出通路 6 1 とにより構成される。なお、図 1 7 (A) においてハッチングを付した部分は栓 6 3 を示している。従って排気ガス流入通路 6 0 および排気ガス流出通路 6 1 は薄肉の隔壁 6 4 を介して交互に配置される。言い換えると排気ガス流入通路 6 0 および排気ガス流出通路 6 1 は各排気ガス流入通路 6 0 が 4 つの排気ガス流出通路 6 1 によって包囲され、各排気ガス流出通路 6 1 が 4 つの排気ガス流入通路 6 0 によって包囲されるように配置される。

10

【 0 0 6 5 】

パティキュレートフィルタ 2 4 は例えばコージライトのような多孔質材料から形成されており、従って排気ガス流入通路 6 0 内に流入した排気ガスは図 1 7 (B) において矢印で示されるように周囲の隔壁 6 4 内を通過して隣接する排気ガス流出通路 6 1 内に流出する。本発明による実施例では各排気ガス流入通路 6 0 および各排気ガス流出通路 6 1 の周壁面、即ち各隔壁 6 4 の両側表面上および隔壁 6 4 内の細孔内壁面上には例えばアルミナからなる担体の層が形成されており、この担体上に貴金属触媒、および周囲に過剰酸素が存在すると酸素を取込んで酸素を保持しかつ周囲の酸素濃度が低下すると保持した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤が担持されている。

20

【 0 0 6 6 】

この場合、本発明による実施例では貴金属触媒として白金 P t が用いられており、活性酸素放出剤としてカリウム K、ナトリウム N a、リチウム L i、セシウム C s、ルビジウム R b のようなアルカリ金属、バリウム B a、カルシウム C a、ストロンチウム S r のようなアルカリ土類金属、ランタン L a、イットリウム Y、セリウム C e のような希土類、および遷移金属から選ばれた少くとも一つが用いられている。

【 0 0 6 7 】

なお、この場合活性酸素放出剤としてはカルシウム C a よりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、即ちカリウム K、リチウム L i、セシウム C s、ルビジウム R b、バリウム B a、ストロンチウム S r を用いることが好ましい。

30

次にパティキュレートフィルタ 2 4 による排気ガス中の微粒子除去作用について担体上に白金 P t およびカリウム K を担持させた場合を例にとって説明するが他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類、遷移金属を用いても同様な微粒子除去作用が行われる。

【 0 0 6 8 】

図 1 および図 3 に示されるような圧縮着火式内燃機関では空気過剰のもとで燃焼が行われ、従って排気ガスは多量の過剰空気を含んでいる。即ち、吸気通路、燃焼室 5 および排気通路内に供給された空気と燃料との比を排気ガスの空燃比と称すると図 1 および図 3 に示されるような圧縮着火式内燃機関では排気ガスの空燃比はリーンとなっている。また、燃焼室 5 内では N O が発生するので排気ガス中には N O が含まれている。また、燃料中にはイオウ S が含まれており、このイオウ S は燃焼室 5 内で酸素と反応して S O₂ となる。従って排気ガス中には S O₂ が含まれている。従って過剰酸素、N O および S O₂ を含んだ排気ガスがパティキュレートフィルタ 2 4 の排気ガス流入通路 6 0 内に流入することになる。

40

【 0 0 6 9 】

図 1 8 (A) および (B) は排気ガス流入通路 6 0 の内周面および隔壁 6 4 内の細孔内壁面上に形成された担体層の表面の拡大図を模式的に表わしている。なお、図 1 8 (A) および (B) において 7 0 は白金 P t の粒子を示しており、7 1 はカリウム K を含んでいる活性酸素放出剤を示している。

上述したように排気ガス中には多量の過剰酸素が含まれているので排気ガスがパティキュ

50

レートフィルタ24の排気ガス流入通路60内に流入すると図18(A)に示されるようにこれら酸素 O_2 が O_2 又は O^2 の形で白金Ptの表面に付着する。一方、排気ガス中のNOは白金Ptの表面上で O_2 又は O^2 と反応し、 NO_2 となる($2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$)。次いで生成された NO_2 の一部は白金Pt上で酸化されつつ活性酸素放出剤71内に吸収され、カリウムKと結合しながら図18(A)に示されるように硝酸イオン NO_3 の形で活性酸素放出剤71内に拡散し、一部の硝酸イオン NO_3 は硝酸カリウム KNO_3 を生成する。

【0070】

一方、上述したように排気ガス中には SO_2 も含まれており、この SO_2 もNOと同様なメカニズムによって活性酸素放出剤71内に吸収される。即ち、上述したように酸素 O_2 が O_2 又は O^2 の形で白金Ptの表面に付着しており、排気ガス中の SO_2 は白金Ptの表面で O_2 又は O^2 と反応して SO_3 となる。次いで生成された SO_3 の一部は白金Pt上で更に酸化されつつ活性酸素放出剤71内に吸収され、カリウムKと結合しながら硫酸イオン SO_4^{2-} の形で活性酸素放出剤71内に拡散し、硫酸カリウム K_2SO_4 を生成する。このようにして活性酸素放出触媒71内には硝酸カリウム KNO_3 および硫酸カリウム K_2SO_4 が生成される。

【0071】

一方、燃焼室5内においては主にカーボンCからなる微粒子、即ち煤が生成され、従って排気ガス中にはこれら微粒子が含まれている。ただし、前述したように低温燃焼が行われているときには排気ガス中の微粒子量は極めて少量となる。いずれにしても排気ガス中に含まれているこれら微粒子は排気ガスがパティキュレートフィルタ24の排気ガス流入通路60内を流れているときに、或いは排気ガス流入通路60から排気ガス流出通路61に向かうときに図18(B)において72で示されるように担体層の表面、例えば活性酸素放出剤71の表面上に接触し、付着する。

【0072】

このように微粒子72が活性酸素放出剤71の表面上に付着すると微粒子72と活性酸素放出剤71との接触面では酸素濃度が低下する。酸素濃度が低下すると酸素濃度の高い活性酸素放出剤71内との間で濃度差が生じ、斯くして活性酸素放出剤71内の酸素が微粒子72と活性酸素放出剤71との接触面に向けて移動しようとする。その結果、活性酸素放出剤71内に形成されている硝酸カリウム KNO_3 がカリウムKと酸素OとNOとに分解され、酸素Oが微粒子72と活性酸素放出剤71との接触面に向かい、NOが活性酸素放出剤71から外部に放出される。外部に放出されたNOは下流側の白金Pt上において酸化され、再び活性酸素放出剤71内に吸収される。

【0073】

一方、このとき活性酸素放出剤71内に形成されている硫酸カリウム K_2SO_4 もカリウムKと酸素Oと SO_2 とに分解され、酸素Oが微粒子72と活性酸素放出剤71との接触面に向かい、 SO_2 が活性酸素放出剤71から外部に放出される。外部に放出された SO_2 は下流側の白金Pt上において酸化され、再び活性酸素放出剤71内に吸収される。

【0074】

一方、微粒子72と活性酸素放出剤71との接触面に向かう酸素Oは硝酸カリウム KNO_3 や硫酸カリウム K_2SO_4 のような化合物から分解された酸素である。化合物から分解された酸素Oは高いエネルギーを有しており、極めて高い活性を有する。従って微粒子72と活性酸素放出剤71との接触面に向かう酸素は活性酸素Oとなっている。これら活性酸素Oが微粒子72に接触すると微粒子72は短時間のうちに輝炎を発生することなく酸化せしめられ、微粒子72は完全に消滅する。従って微粒子72はパティキュレートフィルタ24上に堆積することがない。なお、このようにパティキュレートフィルタ24上に付着した微粒子72は活性酸素Oによって酸化せしめられるがこれら微粒子72は排気ガス中の酸素によっても酸化せしめられる。

【0075】

10

20

30

40

50

パティキュレートフィルタ 24 上に積層状に堆積した微粒子が燃焼せしめられるときにはパティキュレートフィルタ 24 が赤熱し、火炎を伴って燃焼する。このような火炎を伴う燃焼は高温でないと持続せず、従ってこのような火炎を伴う燃焼を持続させるためにはパティキュレートフィルタ 24 の温度を高温に維持しなければならない。

【0076】

これに対して本発明による実施例では微粒子 72 は上述したように輝炎を発生することなく酸化せしめられ、このときパティキュレートフィルタ 24 の表面が赤熱することもない。即ち、言い換えると本発明による実施例ではかなり低い温度でもって微粒子 72 が酸化除去せしめられている。従って本発明の実施例における輝炎を発生しない微粒子 72 の酸化による微粒子除去作用は、火炎を伴う燃焼による微粒子除去作用と全く異なっている。

10

【0077】

ところで白金 Pt および活性酸素放出剤 71 はパティキュレートフィルタ 24 の温度が高くなるほど活性化するので単位時間当りに活性酸素放出剤 71 が放出しうる活性酸素 O の量はパティキュレートフィルタ 24 の温度が高くなるほど増大する。従ってパティキュレートフィルタ 24 上において単位時間当りに輝炎を発生することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量はパティキュレートフィルタ 24 の温度が高くなるほど増大する。

【0078】

図 20 の実線は単位時間当りに輝炎を発生することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量 G を示している。なお、図 20 において横軸はパティキュレートフィルタ 24 の温度 T F を示している。単位時間当りに燃焼室 5 から排出される微粒子の量を排出微粒子量 M と称するとこの排出微粒子量 M が酸化除去可能微粒子 G よりも少ないとき、即ち図 20 の領域 I では燃焼室 5 から排出された全ての微粒子がパティキュレートフィルタ 24 に接触するや否や短時間のうちにパティキュレートフィルタ 24 上において輝炎を発生することなく酸化除去せしめられる。

20

【0079】

これに対し、排出微粒子量 M が酸化除去可能微粒子量 G よりも多いとき、即ち図 20 の領域 II では全ての微粒子を酸化するには活性酸素量が不足している。図 19 (A) ~ (C) はこのような場合の微粒子の酸化の様子を示している。

即ち、全ての微粒子を酸化するには活性酸素量が不足している場合には図 19 (A) に示すように微粒子 72 が活性酸素放出剤 71 上に付着すると微粒子 72 の一部のみが酸化され、十分に酸化されなかった微粒子部分が担体層上に残留する。次いで活性酸素量が不足している状態が継続すると次から次へと酸化されなかった微粒子部分が担体層上に残留し、その結果図 19 (B) に示されるように担体層の表面が残留微粒子部分 73 によって覆われるようになる。

30

【0080】

担体層の表面を覆うこの残留微粒子部分 73 は次第に酸化されにくいカーボン質に変質し、斯くしてこの残留微粒子部分 73 はそのまま残留しやすくなる。また、担体層の表面が残留微粒子部分 73 によって覆われると白金 Pt による NO, SO₂ の酸化作用および活性酸素放出剤 71 による活性酸素の放出作用が抑制される。その結果、図 19 (C) に示されるように残留微粒子部分 73 の上に別の微粒子 74 が次から次へと堆積する。即ち、微粒子が積層状に堆積することになる。このように微粒子が積層状に堆積するとこれら微粒子は白金 Pt や活性酸素放出剤 71 から距離を隔てているためにたとえ酸化されやすい微粒子であってももはや活性酸素 O によって酸化されることがなく、従ってこの微粒子 74 上に更に別の微粒子が次から次へと堆積する。即ち、排出微粒子量 M が酸化除去可能微粒子量 G よりも多い状態が継続するとパティキュレートフィルタ 24 上には微粒子が積層状に堆積し、斯くして排気ガス温を高温にするか、或いはパティキュレートフィルタ 24 の温度を高温にしない限り、堆積した微粒子を着火燃焼させることができなくなる。

40

【0081】

このように図 20 の領域 I では微粒子はパティキュレートフィルタ 24 上において輝炎を発生することなく短時間のうちに酸化せしめられ、図 20 の領域 II では微粒子がパティキ

50

キュレートフィルタ24上に積層状に堆積する。従って微粒子がパーティキュレートフィルタ24上に積層状に堆積しないようにするためには排出微粒子量Mを常時酸化除去可能微粒子量Gよりも少くしておく必要がある。

【0082】

図20からわかるように本発明の実施例で用いられているパーティキュレートフィルタ24ではパーティキュレートフィルタ24の温度TFがかなり低くても微粒子を酸化させることが可能であり、従って図1および図3に示す圧縮着火式内燃機関において排出微粒子量Mおよびパーティキュレートフィルタ24の温度TFを排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gよりも通常少なくなるように維持することが可能である。従って本発明による実施例においては排出微粒子量Mおよびパーティキュレートフィルタ24の温度TFを排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gよりも通常少なくなるように維持するようにしている。

10

【0083】

このように排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gよりも通常少なくなるように維持するとパーティキュレートフィルタ24上に微粒子が全く堆積しなくなる。その結果、パーティキュレートフィルタ24における排気ガス流の圧損は全くと言っていいほど変化することなくほぼ一定の最小圧損値に維持される。斯くして機関の出力低下を最小限に維持することができる。

【0084】

また、微粒子の酸化による微粒子除去作用はかなり低温でもって行われる。従ってパーティキュレートフィルタ24の温度はさほど上昇せず、斯くしてパーティキュレートフィルタ24が劣化する危険性はほとんどない。また、パーティキュレートフィルタ24上に微粒子が全く堆積しないのでアッシュが凝集する危険性が少なく、従ってパーティキュレートフィルタ24が目詰まりする危険性が少なくなる。

20

【0085】

ところでこの目詰まりは主に硫酸カルシウムCaSO₄によって生ずる。即ち、燃料や潤滑油はカルシウムCaを含んでおり、従って排気ガス中にカルシウムCaが含まれている。このカルシウムCaはSO₃が存在すると硫酸カルシウムCaSO₄を生成する。この硫酸カルシウムCaSO₄は固体であって高温になっても熱分解しない。従って硫酸カルシウムCaSO₄が生成され、この硫酸カルシウムCaSO₄によってパーティキュレートフィルタ24の細孔が閉塞されると目詰まりを生ずることになる。

30

【0086】

しかしながらこの場合、活性酸素放出剤71としてカルシウムCaよりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、例えばカリウムKを用いると活性酸素放出剤71内に拡散するSO₃はカリウムKと結合して硫酸カリウムK₂SO₄を形成し、カルシウムCaはSO₃と結合することなくパーティキュレートフィルタ24の隔壁64を通過して排気ガス流出通路61内に流出する。従ってパーティキュレートフィルタ24の細孔が目詰まりすることがなくなる。従って前述したように活性酸素放出剤71としてはカルシウムCaよりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、即ちカリウムK、リチウムLi、セシウムCs、ルビジウムRb、バリウムBa、ストロンチウムSrを用いることが好ましいことになる。

40

【0087】

さて、本発明による実施例では基本的に全ての運転状態において排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gよりも少なくなるように維持することを意図している。しかしながら実際には全ての運転状態において排出微粒子量Mを酸化除去可能微粒子量Gよりも少くすることはほとんど不可能である。例えば機関始動時には通常パーティキュレートフィルタ24の温度は低く、従ってこのときには通常排出微粒子量Mの方が酸化除去可能微粒子量Gよりも多くなる。従って本発明による実施例では機関始動直後のような特別の場合を除いて通常継続的に排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gよりも少なくなるようにしている。

【0088】

50

なお、機開始動直後におけるように排出微粒子量Mの方が酸化除去可能微粒子量Gよりも多くなるとパティキュレートフィルタ24上に酸化されなかった微粒子部分が残留しはじめる。しかしながらこのように酸化されなかった微粒子部分が残留しはじめているときに、即ち微粒子が一定限度以下しか堆積していないときに排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gよりも少くなるとこの残留微粒子部分は活性酸素O₂によって輝炎を発することなく酸化除去される。従って本発明による実施例では機開始動直後のような特別の運転状態のときには、排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gより少なくなったときに酸化除去しうる一定限度以下の量の微粒子しかパティキュレートフィルタ24上に積層しないように排出微粒子量Mおよびパティキュレートフィルタ24の温度TFが維持される。

【0089】

10

また、このように排出微粒子量Mおよびパティキュレートフィルタ24の温度TFを維持するようにしていたとしても何らかの理由によりパティキュレートフィルタ24上に微粒子が積層状に堆積する場合がある。このような場合であっても排気ガスの一部又は全体の空燃比が一時的にリッチにされるとパティキュレートフィルタ24上に堆積した微粒子は輝炎を発することなく酸化せしめられる。即ち、排気ガスの空燃比がリッチにされると、即ち排気ガス中の酸素濃度が低下せしめられると活性酸素放出剤71から外部に活性酸素O₂が一気に放出され、これら一気に放出された活性酸素O₂によって堆積した微粒子が輝炎を発することなく一気に短時間で酸化除去せしめられる。

【0090】

さて、前述したように本発明による実施例ではパティキュレートフィルタ24の各隔壁64の両側面上および隔壁64内の細孔内壁面上には例えばアルミナからなる担体の層が形成されており、この担体上に貴金属触媒および活性酸素放出剤が担持されている。更に本発明による実施例ではこの担体上に貴金属触媒、およびパティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリーンときには排気ガス中に含まれるNO_xを吸収しパティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収したNO_xを放出するNO_x吸収剤が担持されている。

20

【0091】

本発明による実施例ではこの貴金属触媒として白金Ptが用いられており、NO_x吸収剤としてカリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCs、ルビジウムRbのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCa、ストロンチウムSrのようなアルカリ土類、ランタンLa、イットリウムYのような希土類から選ばれた少くとも一つが用いられている。なお、前述した活性酸素放出剤を構成する金属と比較すればわかるようにNO_x吸収剤を構成する金属と、活性酸素放出剤を構成する金属とは大部分が一致している。

30

【0092】

この場合、NO_x吸収剤および活性酸素放出剤として夫々異なる金属を用いることもできるし、同一の金属を用いることもできる。NO_x吸収剤および活性酸素放出剤として同一の金属を用いた場合にはNO_x吸収剤としての機能と活性酸素放出剤としての機能との双方の機能を同時に果すことになる。

次に貴金属触媒として白金Ptを用い、NO_x吸収剤としてカリウムKを用いた場合を例にとってNO_xの吸放出作用について説明する。

40

【0093】

まず初めにNO_xの吸収作用について検討するとNO_xは図18(A)に示すメカニズムと同じメカニズムでもってNO_x吸収剤に吸収される。ただし、この場合図18(A)において符号71はNO_x吸収剤を示す。

即ち、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリーンときには排気ガス中に多量の過剰酸素が含まれているので排気ガスがパティキュレートフィルタ24の排気ガス流入通路60内に流入すると図18(A)に示されるようにこれら酸素O₂がO₂又はO²⁻の形で白金Ptの表面に付着する。一方、排気ガス中のNOは白金Ptの表面上でO₂又はO²⁻と反応し、NO₂となる(2NO + O₂ → 2

50

NO_2)。次いで生成された NO_2 の一部は白金Pt上で酸化されつつ NO_x 吸収剤71内に吸収され、カリウムKと結合しながら図18(A)に示されるように硝酸イオン NO_3^- の形で NO_x 吸収剤71内に拡散し、一部の硝酸イオン NO_3^- は硝酸カリウム KNO_3 を生成する。このようにしてNOが NO_x 吸収剤71内に吸収される。

【0094】

一方、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスがリッチになると硝酸イオン NO_3^- は酸素とOとNOに分解され、次から次へと NO_x 吸収剤71からNOが放出される。従ってパティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリッチになると短時間のうちに NO_x 吸収剤71からNOが放出され、しかもこの放出されたNOが還元されるために大気中にNOが排出されることはない。

10

【0095】

なお、この場合、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比にしても NO_x 吸収剤71からNOが放出される。しかしながらこの場合には NO_x 吸収剤71からNOが徐々にしか放出されないために NO_x 吸収剤71に吸収されている全 NO_x を放出させるには若干長い時間を要する。

ところで前述したように NO_x 吸収剤および活性酸素放出剤として夫々異なる金属を用いることができる。しかしながら本発明による実施例では NO_x 吸収剤および活性酸素放出剤として同一の金属を用いている。この場合には前述したように NO_x 吸収剤としての機能と活性酸素放出剤としての機能との双方の機能を同時に果すことになり、このように双方の機能を同時に果すものを以下、活性酸素放出・ NO_x 吸収剤と称する。従って本発明による実施例では図18(A)における符号71は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤を示している。

20

【0096】

このような活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71を用いた場合、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには排気ガス中に含まれるNOは活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71に吸収され、排気ガス中に含まれる微粒子が活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71に付着するとこの微粒子は排気ガス中に含まれる活性酸素および活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71から放出される活性酸素によって短時間のうちに酸化除去せしめられる。従ってこのとき排気ガス中の微粒子および NO_x の双方が大気中に排出されるのを阻止することができることになる。

30

【0097】

一方、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリッチになると活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71からNOが放出される。このNOは未燃HC、COにより還元され、斯くしてこのときにもNOが大気中に排出されることがない。また、このときパティキュレートフィルタ24上に微粒子が堆積していた場合にはこの微粒子は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71から放出される活性酸素によって酸化除去せしめられる。

【0098】

ところで図20を参照しつつ既に説明したように活性酸素放出剤71からの活性酸素の放出作用はパティキュレートフィルタ24の温度がかなり低いときから開始される。これは活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71を用いたときでも同じである。これに対して NO_x 吸収剤又は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71への NO_x の吸収作用はパティキュレートフィルタ24の温度TFが活性酸素の放出開始温度よりも高くないと開始されない。これは、活性酸素の放出は例えば硝酸カリウム KNO_3 から酸素を奪えば生ずるのに対して NO_x の吸収作用は白金Ptが活性化しないと開始されないからであると考えられる。

40

【0099】

図21は NO_x 吸収剤又は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71としてカリウムKを用いた場合の酸化除去可能微粒子量Gと NO_x 吸収率とを示している。図21から活性酸素の放出作用はパティキュレートフィルタ24の温度TFが200以下から開始されるの

50

に対して NO_x の吸収作用はパティキュレートフィルタ24の温度 T_F が200以上にならないと開始されないことがわかる。

【0100】

一方、活性酸素の放出作用はパティキュレートフィルタ24の温度 T_F が高くなれば高くなるほど活発になる。これに対して NO_x の吸収作用はパティキュレートフィルタ24の温度 T_F が高くなると消失する。即ち、パティキュレートフィルタ24の温度 T_F が一定温度、図21に示す例ではほぼ500を越えると硝酸イオン NO_3^- 又は硝酸カリウム KNO_3 が熱分解し、活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71から NO が放出される。このような状態になると NO_x の吸収量よりも NO の放出量が多くなり、斯くして図21に示されるように NO_x 吸収率が低下する。

10

【0101】

図21は NO_x 吸収剤又は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71としてカリウムKを用いた場合の NO_x 吸収率を示している。この場合、用いる金属によって NO_x 吸収率の高くなるパティキュレートフィルタ24の温度範囲は異なる。例えば NO_x 吸収剤又は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71としてバリウムBaを用いた場合には NO_x 吸収率の高くなるパティキュレートフィルタ24の温度範囲は図21に示されるカリウムKを用いた場合よりも狭くなる。

【0102】

ところで前述したように排気ガス中の微粒子をパティキュレートフィルタ24上において堆積することなく酸化除去せしめるためには排出微粒子量 M を酸化除去可能微粒子量 G よりも少なくする必要がある。しかしながら単に排出微粒子量 M を酸化除去可能微粒子量 G より少くしただけでは NO_x 吸収剤又は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71による NO_x 吸収作用は行われず、 NO_x 吸収剤又は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71による NO_x の吸収作用を確保するにはパティキュレートフィルタ24の温度 T_F を NO_x の吸収作用が行われる温度範囲内に維持する必要がある。この場合、 NO_x 吸収作用が行われるパティキュレートフィルタ24の温度範囲は NO_x 吸収率が一定値以上、例えば50パーセント以上となる温度範囲とする必要があり、従って NO_x 吸収剤又は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤71としてカリウムKを用いた場合には図21からわかるようにパティキュレートフィルタ24の温度 T_F をほぼ250から500の間に維持する必要がある。

20

30

【0103】

従って、本発明による実施例では排気ガス中の微粒子をパティキュレートフィルタ24上において堆積することなく酸化除去せしめ、かつ排気ガス中の NO_x を吸収するために、通常は継続的に排出微粒子量 M を酸化除去可能微粒子量 G よりも少なくなるように維持しかつパティキュレートフィルタ24の温度 T_F をパティキュレートフィルタ24の NO_x 吸収率が一定値以上となる温度範囲内に維持するようにしている。即ち、排出微粒子量 M およびパティキュレートフィルタ24の温度 T_F を図21のハッチングで示す微粒子 NO_x 同時処理領域内に維持するようにしている。

【0104】

なお、このように排出微粒子量 M およびパティキュレートフィルタ24の温度を微粒子 NO_x 同時処理領域内に維持するようしておいても排出微粒子量 M およびパティキュレートフィルタ24の温度が微粒子 NO_x 同時処理領域外にずれてしまう場合がある。このような場合、本発明による実施例では排出微粒子量 M およびパティキュレートフィルタ24の温度が微粒子 NO_x 同時処理領域内となるように排出微粒子量 M 、酸化除去可能微粒子量 G 又はパティキュレートフィルタ24の温度 T_F の少くとも一つが制御される。

40

【0105】

ところで前述したように機関の運転状態が図9に示される第1の運転領域Iにあって低温燃焼が行われているときには煤はほとんど発生せず、その代り未燃炭化水素が煤の前駆体又はその前の状態の形で燃焼室5から排出される。しかしながら上述したようにパティキュレートフィルタ24上には酸化機能を有する白金Ptのような貴金属が担持され

50

ており、従ってこのとき燃焼室 5 から排出された未燃炭化水素はパティキュレートフィルタ 24 上において良好に酸化せしめられることになる。また、このとき発生する極めて少量の煤もパティキュレートフィルタ 24 上において酸化除去せしめられる。

【0106】

一方、 NO_x 吸収剤 71 又は活性酸素放出・ NO_x 吸収剤 71 (以下これらを総称して単に NO_x 吸収剤 71 と称する)の NO_x 吸収能力には限度があり、 NO_x 吸収剤 71 の NO_x 吸収能力が飽和する前に NO_x 吸収剤 71 から NO_x を放出させる必要がある。そのためには NO_x 吸収剤 71 に吸収されている NO_x 量を推定する必要がある。そこで本発明では第 1 の燃焼が行われているときの単位時間当りの NO_x 吸収量 A を要求トルク TQ および機関回転数 N の関数として図 22 (A) に示すようなマップの形で予め求めておき、第 2 の燃焼が行われているときの単位時間当りの NO_x 吸収量 B を要求トルク TQ および機関回転数 N の関数として図 22 (B) に示すようなマップの形で予め定めておき、これら単位時間当りの NO_x 吸収量 A, B を積算することによって NO_x 吸収剤 71 に吸収されている NO_x 量 NO_X を推定するようにしている。

10

【0107】

本発明による実施例ではこの NO_x 吸収量 NO_X が予め定められた許容最大値 MAX を越えたときに NO_x 吸収剤 71 から NO_x を放出させるようにしている。次にこのことについて図 23 を参照しつつ説明する。

図 23 は要求トルク TQ と、燃焼室 5 内における空燃比 A/F と、 NO_x 吸収量 NO_X を示している。図 23 を参照すると前述したように第 1 の運転領域 I では第 1 の燃焼が行われており、このとき燃焼室 5 内における空燃比はわずかにリッチとなっている。このときには NO_x の発生量が極めて少なく、従って NO_x 吸収量 NO_X はわずかに増大していく。

20

【0108】

次いで第 1 の燃焼が行われているときに NO_x 吸収量 NO_X が許容最大値 MAX を越えたとすると図 23 に示されるように燃焼室 5 内における空燃比 A/F が一時的にリッチにされる。本発明による実施例ではこのとき燃料噴射量を増大することによって燃焼室 5 内における空燃比 A/F が一時的にリッチにされる。燃焼室 5 内における空燃比 A/F がリッチにされると NO_x 吸収剤 71 から NO_x が放出される。前述したように第 1 の燃焼、即ち低温燃焼が行われているときには燃焼室 5 内における空燃比 A/F をリッチにしても煤が発生せず、従って煤が発生することなく、 NO_x 吸収剤 71 から NO_x を放出することができることになる。

30

【0109】

次いで図 23 に示されるように要求トルク TQ が第 1 の境界 X (N) を越え、機関の運転状態が第 2 の運転状態 II になると第 2 の燃焼、即ち従来より行われている通常の燃焼が行われる。第 2 の燃焼においては NO_x の発生量が多く、従って第 2 の燃焼が開始されると NO_x 量 NO_X は急速に増大する。次いで第 2 の燃焼が行われているときに NO_x 量 NO_X が許容最大値 MAX を越えると燃焼室 5 内における空燃比 A/F がリッチとされる。しかしながらこのとき燃料噴射量を増量することによって燃焼室 5 内における空燃比 A/F をリッチにすると多量の煤が発生してしまう。

40

【0110】

そこで本発明による実施例では第 2 の燃焼が行われたときに NO_x 吸収量 NO_X が許容最大値 MAX を越えたときには第 2 の燃焼から第 1 の燃焼に切換え、第 1 の燃焼のもとで燃焼室 5 内における空燃比 A/F をリッチにするようにしている。前述したように第 1 の燃焼のもとで燃焼室 5 内における空燃比 A/F をリッチにすれば煤が発生することがなく、従って第 2 の燃焼が行われているときであっても煤が発生することなく NO_x 吸収剤 71 から NO_x を放出できることになる。

【0111】

ところで第 2 の燃焼から第 1 の燃焼に切換えるためには燃料噴射量を大巾に減少させなけ

50

ればならず、燃料噴射量を大巾に減少させると機関の出力トルクが大巾に減少する。そこで本発明による実施例では第2の燃焼から第1の燃焼に切換えられたときには電気モータ37を駆動して噴射量の低減による機関の出力トルクの低下量とほぼ等しい出力トルクを電気モータ37により発生させるようにしている。

【0112】

ところがこのように噴射量の低減による機関出力トルクの低下量とほぼ等しい出力トルクを単に電気モータ37により発生させるようにしても駆動輪に加わる駆動トルクが変動するという問題がある。次にこのことについて図24を参照しつつ説明する。

図24は、通常の燃焼が行われているときに NO_x 吸収剤71から NO_x を放出するための低温燃焼への切換指令がXにおいて発せられ、 NO_x 吸収剤71からの NO_x の放出作用が完了したときに通常の燃焼への切換指令がYにおいて発せられた場合を示している。図24からわかるように低温燃焼への切換指令Xが発せられると燃料噴射量はただちに減少せしめられ、噴射量の減少による機関出力トルクの低下量とほぼ等しい出力トルク T_m を電気モータが発生する。このとき噴射時期は徐々に進角される。

10

【0113】

一方、低温燃焼への切換指令Xが発せられるとEGR率を55パーセント以上の目標EGR率、例えば70パーセントとし、空燃比を目標リッチ空燃比とするためにスロットル弁21の開度は減少せしめられ、EGR制御弁29の開度が増大せしめられる。ただし、切換指令Xが発せられたときにそのときの通常燃焼の状態によってはEGR制御弁29の開度が減少せしめられる場合もある。

20

【0114】

ところで低温燃焼が行われているとき、或いは通常の燃焼が行われているときに運転状態が変化すると目標空燃比および目標EGR率が変化し、このとき空燃比およびEGR率がただちに目標空燃比および目標EGR率に一致するようにスロットル弁21の開度およびEGR制御弁29の開度を急激に変化させると空燃比およびEGR率が変動し、燃焼が悪化すると共に機関の出力トルクが変動する。即ち、目標空燃比および目標EGR率が変化したときにはスロットル弁21の開度およびEGR制御弁29の開度をゆっくり変化させる必要がある。

【0115】

そこで本発明による実施例では空燃比を目標空燃比とするのに必要な目標吸入空気量GAOを予め記憶しておいてエアフローメータ18により検出された吸入空気量がこの目標吸入空気量GAOとなるようにスロットル弁21の開度、即ち吸入空気量を比例積分制御により増大減少せしめ、EGR制御弁29の目標開度SEを予め記憶しておいてEGR制御弁29の開度を比例積分制御によって目標開度SEに制御するようにしている。このようにスロットル弁21の開度およびEGR制御弁29の開度を制御すると目標空燃比および目標EGR率が変化したときにスロットル弁21およびEGR制御弁29の開度はゆっくりと変化し、斯くして燃焼が悪化することもなく、機関の出力トルクが変動することもなくなる。

30

【0116】

しかしながら低温燃焼への切換指令Xが発せられたとき、および通常の燃焼への切換指令Yが発せられたときに上述の如く吸入空気量が目標吸入空気量GAOとなるようにスロットル弁21の開度、即ち吸入空気量を比例積分制御により増大減少せしめると低温燃焼への切換時および通常燃焼への切換時に駆動輪の駆動トルクが変動するという問題がある。図24はこのような場合を示している。

40

【0117】

即ち、今通常の燃焼が行われているとすると燃焼室5内における空燃比は大巾にリーンになっており、従って燃焼室5から排出された排気ガス中には多量の酸素が存在する。従ってこのときにはサージタンク12内に供給されるEGRガス中にも多量の酸素が含まれており、従ってEGRガス中の酸素濃度はかなり高くなっている。

【0118】

50

次いで低温燃焼への切換指令Xが発せられると空燃比を目標リッチ空燃比とすべく目標吸入空気量G A Oが小さくなり、斯くして図24に示されるようにスロットル弁21の開度は徐々に小さくなる。一方、スロットル弁21の開度が小さくなるとサージタンク12内の圧力が低下するのでE G Rガス量が増大する。ところがこのとき上述した如くE G Rガス中には多量の酸素が含まれているためにスロットル弁21の開度が小さくなくても燃焼室5内に供給される酸素量はスロットル弁21の開度の低下に追従して減少しなくなる。

【0119】

このように低温燃焼への切換時には燃料噴射量が減少せしめられても燃焼室5内に供給される酸素量がただちに減少しないので燃焼室5内における空燃比はリーンに維持される。特に低温燃焼への切換時にE G R率が70パーセント程度まで増大せしめられた場合にはE G Rガス中の酸素量が燃焼室5内の空燃比を左右するようになるのでこのときには図24に示されるように燃焼室5内の空燃比はかなりリーンとなる。

10

【0120】

ところで燃焼室5から排出された排気ガスは機関が数回転しないとE G Rガスとしてサージタンク12内に供給されないので低温燃焼への切換後暫らくの間はE G Rガス中の酸素濃度が高くなっている。従って空燃比はなかなか目標リッチ空燃比とはならず、暫らくの間リーンの状態に維持される。空燃比がリーンに維持されていると燃料粒子周りの酸素量が多くなるために燃焼が活発となり、斯くして機関の出力トルクが増大する。その結果、図24に示されるように低温燃焼への切換時に駆動輪の駆動トルクが一時的に高くなる。

【0121】

20

一方、通常燃焼への切換指令Yが発せられたときにはスロットル弁19が徐々にしか増大しないために吸入空気量がなかなか増大せず、またこのときにはE G Rガス中の酸素濃度が低くなっているので燃焼室5内の空燃比はなかなか増大しない。従って通常燃焼への切換時には機関の出力トルクが即座に増大しないために図24に示されるように駆動輪の駆動トルクが一時的に低くなる。

【0122】

このように低温燃焼への切換指令Xが発せられたとき、および通常燃焼への切換指令Yが発せられたときに吸入空気量が目標吸入空気量G A Oとなるようにスロットル弁21の開度を比例積分制御により増大減少せしめると低温燃焼への切換時および通常燃焼への切換時に空燃比がなかなか目標空燃比とはならず、斯くして駆動輪の駆動トルクが変動するという問題を生ずる。

30

【0123】

そこで本発明ではこのような問題が生じないようにするために低温燃焼への切換指令Xが発せられたとき、および通常燃焼への切換指令Yが発せられたときには実際の空燃比が目標空燃比となるようにスロットル弁21の開度が比例積分制御される。この場合のスロットル弁21の開度等の変化が図25に示されている。なお、第1実施例においては実際の空燃比は排気マニホールド22内に配置された空燃比センサ43aによって検出される。

【0124】

図25に示されるように本発明においてもNO_x 吸収剤71からNO_x を放出すべく低温燃焼への切換指令Xが発せられると燃料噴射量はただちに減少せしめられ、噴射量の減少による機関出力トルクの低下量とほぼ等しい出力トルクT_mを電気モータが発生する。一方、このときE G Rガス中には多量の酸素が含まれているので空燃比が大きくなる。しかしながらこのように空燃比が大きくなっても本発明では空燃比が目標リッチ空燃比となるようにスロットル弁21の開度が減少せしめられるので図25に示されるように空燃比は急速に目標リッチ空燃比に一致せしめられる。

40

【0125】

低温燃焼への切換指令Xが発せられてから暫らくの間はE G Rガス中の酸素濃度が高いので空燃比を目標リッチ空燃比に維持するのに必要な吸入空気量はかなり少量で十分である。従って低温燃焼への切換指令Xが発せられてスロットル弁21の開度が急速に減少せしめられた後暫らくの間はスロットル弁21の開度は一旦かなり小さくなり、E G Rガス中

50

の酸素濃度が低くなるとスロットル弁 21 の開度が増大する。即ち、低温燃焼に切換えられるとスロットル弁 21 の開度は図 25 に示されるようにオーバーシュートすることになる。

【0126】

空燃比が目標リッチ空燃比となるようにスロットル弁 21 の開度を制御すると図 25 に示されるように低温燃焼への切換時に空燃比はさほど大きなリーン空燃比とはならず、また空燃比がリーンとなっている時間が短くなる。従って図 25 に示されるように駆動輪の駆動トルクの変動がかなり小さくなる。

なお、本発明による実施例では低温燃焼への切換指令 X が発せられたときにできる限り早く低温燃焼に切換えるために EGR 制御弁 29 の開度は低温燃焼への切換指令 X が発せられるや否やただちに目標開度 SE とされ、また図 25 に示されるように噴射時期は図 24 に示される低温燃焼時又は通常燃焼時に比べて急速に目標時期まで進角される。

10

【0127】

一方、通常燃焼への切換指令 Y が発せられたときにも空燃比が目標空燃比となるようにスロットル弁 21 の開度が増大せしめられ、EGR 制御弁 29 の開度はただちに目標開度 SE とされ、噴射時期は図 24 に示される低温燃焼時又は通常燃焼時に比べて急速に目標時期まで進角される。このときにも空燃比はリッチ空燃比から目標空燃比まで急速に増大するので図 25 に示されるように駆動輪の駆動トルクの変動が小さくなる。

【0128】

図 26 は NO_x 吸収剤 71 から NO_x を放出すべきときにセットされる NO_x 放出フラグの処理ルーチンを示しており、このルーチンは一定時間毎の割込みによって実行される。

20

図 26 を参照するとまず初めにステップ 100 において機関の運転領域が第 1 の運転領域 I であることを示すフラグ I がセットされているか否かが判別される。フラグ I がセットされているとき、即ち機関の運転領域が第 1 の運転領域 I であるときにはステップ 101 に進んで図 22 (A) に示すマップから単位時間当りの NO_x 吸収量 A が算出される。次いでステップ 102 では NO_x 吸収量 NO_X に A が加算される。次いでステップ 103 では NO_x 吸収量 NO_X が許容最大値 MAX を越えたか否かが判別される。 $\text{NO}_X > \text{MAX}$ になるとステップ 104 に進んで NO_x 放出フラグがセットされ、次いでステップ 105 において NO_X が零とされる。

30

【0129】

一方、ステップ 100 においてフラグ I がリセットされていると判断されたとき、即ち機関の運転領域が第 2 の運転領域 II であるときにはステップ 106 に進んで図 22 (B) に示すマップから単位時間当りの NO_x 吸収量 B が算出される。次いでステップ 107 では NO_x 吸収量 NO_X に B が加算される。次いでステップ 108 では NO_x 吸収量 NO_X が許容最大値 MAX を越えたか否かが判別される。 $\text{NO}_X > \text{MAX}$ になるとステップ 109 に進んで NO_x 放出フラグがセットされ、次いでステップ 110 において NO_X が零とされる。

【0130】

次に図 27 および図 28 を参照しつつ運転制御について説明する。

40

図 27 および図 28 を参照するとまず初めにステップ 200 において機関の運転領域が第 1 の運転領域 I であることを示すフラグ I がセットされているか否かが判別される。フラグ I がセットされているとき、即ち機関の運転領域が第 1 の運転領域 I であるときにはステップ 201 に進んで要求トルク TQ が図 9 に示す第 1 の境界 X (N) よりも大きくなったか否かが判別される。

【0131】

TQ X (N) のときにはステップ 203 に進んで図 13 (A) に示すマップから算出された目標吸入空気量 GAO およびエアフローメータ 18 により検出された吸入空気量 GA に基づいて次式からスロットル弁 21 の開度 Te が算出される。

$$T_e = T_e + K1 (GAO - GA)$$

50

ここで K_1 は定数である。即ち、スロットル弁21の開度 T_e はエアフローメータ18により検出された吸入空気量 G_A が目標吸入空気量 G_{AO} となるように比例積分制御によって開閉制御される。

【0132】

次いでステップ204では図13(B)に示すマップから算出されたEGR制御弁29の目標開度 S_E に基づいて次式からEGR制御弁29の開度 S_e が算出される。

$$S_e = S_E + K_2 (S_E - S_e)$$

ここで K_2 は定数である。即ち、EGR制御弁29の開度 S_e はEGR制御弁29の開度 S_e が目標開度 S_E となるように比例積分制御される。

【0133】

次いでステップ205では NO_x 放出フラグがセットされているか否かが判別される。 NO_x 放出フラグがセットされていないときにはステップ206に進んで図12(A)および(B)から夫々噴射量 Q および噴射開始時期 S が算出され、これらに基づいて燃料噴射が行われる。

一方、ステップ201において $TQ > X(N)$ になったと判断されるとステップ202に進んでフラグIがリセットされる。次いでステップ208では NO_x 放出フラグがセットされているか否かが判別される。 NO_x 放出フラグがセットされていないときにはステップ209に進んで図16(A)に示すマップから算出された目標吸入空気量 G_{AO} およびエアフローメータ18により検出された吸入空気量 G_A に基づいて次式からスロットル弁21の開度 T_e が算出される。

【0134】

$$T_e = T_e + K_1 (G_{AO} - G_A)$$

ここで K_1 は前述したように定数である。即ち、スロットル弁21の開度 T_e はエアフローメータ18により検出された吸入空気量 G_A が目標吸入空気量 G_{AO} となるように比例積分制御によって開閉制御される。

次いでステップ210では図16(B)に示すマップから算出されたEGR制御弁29の目標開度 S_E に基づいて次式からEGR制御弁29の開度 S_e が算出される。

【0135】

$$S_e = S_e + K_2 (S_E - S_e)$$

ここで K_2 は前述したように定数である。即ち、EGR制御弁29の開度 S_e はEGR制御弁29の開度 S_e が目標開度 S_E となるように比例積分制御される。次いでステップ211では図15(A)および(B)から夫々噴射量 Q および噴射開始時期 S が算出され、これらに基づいて燃料噴射が行われる。

【0136】

一方、ステップ200においてフラグIがリセットされていると判断されたとき、即ち機関の運転領域が第2の運転領域IIであるときにはステップ212に進んで要求トルク TQ が図9に示す第2の境界 $Y(N)$ よりも小さくなったか否かが判別される。 $TQ < Y(N)$ のときにはステップ208に進む。これに対して $TQ > Y(N)$ になるとステップ213に進んでフラグIがセットされ、次いでステップ203に進む。

【0137】

一方、第1の燃焼が行われているときにステップ205において NO_x 放出フラグがセットされていると判断されたときにはステップ207に進んで燃焼室5内における空燃比をリッチにするのに必要な噴射量が求められる。更に、図12(B)に示すマップから噴射開始時期 S が求められ、噴射量に基づいて噴射完了時期 E が求められ、これらに基づいて燃料噴射が行われる。このとき燃焼室5内の空燃比 A/F はリッチとされ、 NO_x 吸収剤71に吸収されている NO_x が NO_x 吸収剤71から放出される。

【0138】

一方、第2の燃焼が行われているときにステップ208において NO_x 放出フラグがセットされていると判断されたときにはステップ214に進んで復帰処理フラグがセットされているか否かが判別される。 NO_x 放出フラグがセットされた後に初めてステップ2

10

20

30

40

50

14に進んだときは復帰処理フラグはリセットされているのでステップ215に進み、空燃比センサ43bにより検出された空燃比 A/F が NO_x 放出のための目標リッチ空燃比 $(A/F)_R$ にほぼ等しくなったか否かが判別される。 NO_x 放出フラグがセットされた後に初めてステップ215に進んだときは空燃比 A/F はリーンであるのでステップ216に進む。

【0139】

ステップ216では空燃比センサ43aにより検出された実際の空燃比 $(A/F)_a$ および NO_x 放出のための目標リッチ空燃比 $(A/F)_R$ に基づいて次式からスロットル弁21の開度 T_e が算出される。

$$T_e = T_e + K3 \left[(A/F)_R - (A/F)_a \right]$$

10

ここで $K3$ は定数である。即ち、スロットル弁21の開度 T_e は空燃比センサ43aにより検出された実際の空燃比 $(A/F)_a$ が NO_x 放出のための目標リッチ空燃比 $(A/F)_R$ となるように比例積分制御によって閉弁制御される。

【0140】

次いでステップ217ではEGR制御弁29の開度がEGR率を55パーセント以上の目標EGR率、例えば70パーセントとするのに必要な目標開度 $SE0$ とされる。従ってEGR制御弁29の開度はただちに目標開度 $SE0$ とされる。次いでステップ218では燃料噴射量を目標リッチ空燃比のもとで低温燃焼を行わせるのに必要な噴射量まで低減した場合の機関出力トルクの低下量 TQ が算出され、次いでステップ219ではこの機関出力トルクの低下量 TQ が電気モータ37の発生すべき出力トルク Tm とされる。次いで

20

【0141】

ステップ223では図12(B)に示すマップから噴射開始時期 S が求められ、空燃比を目標リッチ空燃比にするのに必要な噴射量から噴射完了時期 E が求められ、これらに基づいて燃料噴射が行われる。このとき燃焼室5内の空燃比 A/F はリッチとされ、 NO_x 吸収剤71に吸収されている NO_x が NO_x 吸収剤71から放出される。

30

【0142】

NO_x 吸収剤71から NO_x が放出されている間、排気ガス中の未燃 HC 、 CO は NO_x を還元するために使用されており、このときパティキュレートフィルタ24から排出される排気ガスの空燃比はほぼ理論空燃比となっている。次いで NO_x 吸収剤71からの NO_x 放出作用が完了すると排気ガス中の未燃 HC 、 CO はパティキュレートフィルタ24を素通りするようになるのでパティキュレートフィルタ24から排出される排気ガスの空燃比は目標リッチ空燃比に向けて小さくなる。従ってパティキュレートフィルタ24から排出された排気ガスの空燃比、即ち空燃比センサ43bにより検出された空燃比がほぼ目標リッチ空燃比になったときに NO_x 吸収剤71からの NO_x 放出作用が完了したと判断することができる。

40

【0143】

空燃比センサ43bにより検出された空燃比がほぼ目標リッチ空燃比になったと判断されるとステップ215からステップ224に進んで復帰処理フラグがセットされ、次いでステップ225に進む。復帰処理フラグがセットされると次の処理サイクルではステップ214からステップ225にジャンプする。

ステップ225では空燃比センサ43aにより検出された実際の空燃比 $(A/F)_a$ および図14に示される目標空燃比 (A/F) に基づいて次式からスロットル弁21の開度 T_e が算出される。

【0144】

$$T_e = T_e + K3 \left[(A/F) - (A/F)_a \right]$$

50

ここでK3は前述したように定数である。即ち、スロットル弁21の開度Teは空燃比センサ43aにより検出された実際の空燃比(A/F)。が図14に示される目標空燃比(A/F)となるように比例積分制御によって開弁制御される。

【0145】

次いでステップ226ではEGR制御弁29の開度が図16(B)に示される目標開度SEとされる。従ってEGR制御弁29の開度はただちに目標開度SEとなる。次いでステップ227では電気モータ37の駆動が停止される。次いでステップ228では図15(A)および(B)から夫々燃料噴射量Qおよび噴射開始時期Sが算出され、これらに基づいて燃料噴射が行われる。次いでステップ229では低温燃焼から正規の通常燃焼への復帰が完了したか否かが判断され、正規の通常燃焼への復帰が完了したときにはステップ230に進んでNO_x 放出フラグおよび復帰処理フラグがリセットされる。

10

【0146】

次に加速運転時および減速運転時における運転制御について説明する。本発明による実施例では排気ターボチャージャ15が作動しない運転領域の加速運転時でも良好な加速運転が得られるように加速運転時に電気モータ37が駆動される。一方、減速運転時には電気モータ37が発電機として作動せしめられ、発生した電力が回生される。

【0147】

図29は加減速時の処理ルーチンを示しており、このルーチンは一定時間毎の割込みによって実行される。

図29を参照するとまず初めにステップ300において例えばアクセルペダル44の踏込み量Lの変化量 $\Delta L (> 0)$ から加速運転時であるか否かが判別される。加速運転時であるときにはステップ301に進んで電気モータ37が発生すべき出力トルクTmが算出される。この出力トルクTmは図30に示されるようにアクセルペダル44の踏込み量Lの変化量 ΔL が大きいほど大きくなる。次いでステップ302では電気モータ37が出力トルクTmを発生するために電気モータ37に供給すべき三相交流の電流値Imが算出される。次いでステップ303では機関回転数Nに基づいて電気モータ37に供給すべき三相交流の周波数fmが算出される。次いでステップ304では電流値がImで周波数がfmの三相交流が電気モータ37に供給され、それによって電気モータ37が駆動せしめられる。このように加速運転時には機関の出力トルクに電気モータ37の出力トルクが重畳される。

20

30

【0148】

次いでステップ305では例えばアクセルペダル44の踏込み量Lと機関回転数Nから減速運転時であるか否かが判別される。減速運転時であるときにはステップ306に進んで電気モータ37が発電機として作動せしめられ、発生した電力がバッテリー41に回生せしめられる。

図31から図32に第2実施例を示す。この第2実施例では燃焼室5内における実際の空燃比がエアフロメータ18により検出された吸入空気量GA、燃料噴射量QおよびEGRガス中の酸素濃度の影響による空燃比の修正量(A/F)から推定され、低温燃焼への切換指令Xが発せられたときおよび通常燃焼への切換指令Yが発せられたときにはこの推定された空燃比が目標空燃比となるようにスロットル弁21の開度、即ち吸入空気量が比例積分制御によって開閉制御される。

40

【0149】

即ち、定常運転が行われているときには燃焼室5内における空燃比もEGRガスの空燃比も等しくなっているのでこのときにはエアフロメータ18により検出された吸入空気量GAと燃料噴射量Qとの比GA/Qから実際の空燃比を算出することができる。これに対し、通常燃焼と低温燃焼の切換時にはEGR率が大幅に変化するのでEGRガス中に含まれる酸素の影響によって実際の空燃比は算出された空燃比GA/Qとかなり異なってしまふ。従ってこのとき実際の空燃比を求めるには算出された空燃比GA/Qに対して修正を施さなければならないことになる。

【0150】

50

この場合、通常燃焼から低温燃焼への切換時にはEGR率が大中に増大するのでGA/Qに対する空燃比の修正量(A/F)は図31(A)においてEに示すように正の値となり、一方低温燃焼から通常燃焼への切換時にはEGR率が大中に減少するのでGA/Qに対する空燃比の修正量(A/F)は図31(A)においてFに示すように負の値となる。また、通常燃焼から低温燃焼への切換時であっても低温燃焼から通常燃焼への切換時であっても切換後暫らくすると実際の空燃比はGA/Qに一致する。従って修正量(A/F)は切換後、零に近づく。

【0151】

この修正量(A/F)は切換前の運転状態に応じた値となる。そこで本発明では切換前に通常燃焼が行われているときの修正量(A/F)を図32(A)に示すように要求トルクTQおよび機関回転数Nの関数として予めROM52内に記憶しておき、切換前に目標リッチ空燃比のもとで低温燃焼の定常運転が行われているときの修正量(A/F)を図32(B)に示すように要求トルクTQおよび機関回転数Nの関数として予めROM52内に記憶しておき、通常燃焼から低温燃焼に切換えられたときには修正量(A/F)を図32(A)に示すマップから算出された修正量(A/F)とし、低温燃焼から通常燃焼に切換えられたときには修正量(A/F)を図32(B)に示すマップから算出された修正量(A/F)とするようにしている。

【0152】

一方、図31(B)は修正量(A/F)の時間変化を求めるための補正係数Kの種々の変化パターン K_1, K_2, \dots, K_n を示しており、図32から求められた修正量(A/F)にいずれかの補正係数 K_1, K_2, \dots, K_n を乗算することによって最終的な修正量(A/F)が算出される。いずれの補正係数 K_1, K_2, \dots, K_n を用いるかは切換前の運転状態から定まり、本発明による実施例では切換前の運転状態に応じていずれの補正係数 K_1, K_2, \dots, K_n を用いるかが予め記憶されている。

【0153】

次に図33および図34を参照しつつ第2実施例の運転制御について説明する。

図33および図34を参照するとまず初めにステップ400において機関の運転領域が第1の運転領域Iであることを示すフラグIがセットされているか否かが判別される。フラグIがセットされているとき、即ち機関の運転領域が第1の運転領域Iであるときにはステップ401に進んで要求トルクTQが図9に示す第1の境界X(N)よりも大きくなったか否かが判別される。

【0154】

TQ > X(N)のときにはステップ403に進んで図13(A)に示すマップから算出された目標吸入空気量GAOおよびエアフローメータ18により検出された吸入空気量GAに基づいて次式からスロットル弁21の開度Teが算出される。

$$T_e = T_e + K_1 (G_{AO} - G_A)$$

ここでK1は定数である。即ち、スロットル弁21の開度Teはエアフローメータ18により検出された吸入空気量GAが目標吸入空気量GAOとなるように比例積分制御によって開閉制御される。

【0155】

次いでステップ404では図13(B)に示すマップから算出されたEGR制御弁29の目標開度SEに基づいて次式からEGR制御弁29の開度Seが算出される。

$$S_e = S_e + K_2 (S_E - S_e)$$

ここでK2は定数である。即ち、EGR制御弁29の開度SeはEGR制御弁29の開度SEが目標開度SEとなるように比例積分制御される。

【0156】

次いでステップ405ではNO_x放出フラグがセットされているか否かが判別される。NO_x放出フラグがセットされていないときにはステップ406に進んで図12(A)および(B)から夫々噴射量Qおよび噴射開始時期Sが算出され、これらに基づいて燃料噴射が行われる。

10

20

30

40

50

一方、ステップ401において $TQ > X(N)$ になったと判断されるとステップ402に進んでフラグIがリセットされる。次いでステップ408では NO_x 放出フラグがセットされているか否かが判別される。 NO_x 放出フラグがセットされていないときにはステップ409に進んで図16(A)に示すマップから算出された目標吸入空気量GAOおよびエアフローメータ18により検出された吸入空気量GAに基づいて次式からスロットル弁21の開度 T_e が算出される。

【0157】

$$T_e = T_e + K_1 (GAO - GA)$$

ここで K_1 は前述したように定数である。即ち、スロットル弁21の開度 T_e はエアフローメータ18により検出された吸入空気量GAが目標吸入空気量GAOとなるように比例積分制御によって開閉制御される。

10

次いでステップ410では図16(B)に示すマップから算出されたEGR制御弁29の目標開度SEに基づいて次式からEGR制御弁29の開度 S_e が算出される。

【0158】

$$S_e = S_e + K_2 (SE - S_e)$$

ここで K_2 は前述したように定数である。即ち、EGR制御弁21の開度 S_e はEGR制御弁21の開度 S_e が目標開度SEとなるように比例積分制御される。次いでステップ411では図15(A)および(B)から夫々噴射量Qおよび噴射開始時期Sが算出され、これらに基づいて燃料噴射が行われる。

【0159】

20

一方、ステップ400においてフラグIがリセットされていると判断されたとき、即ち機関の運転領域が第2の運転領域IIであるときにはステップ412に進んで要求トルクTQが図9に示す第2の境界 $Y(N)$ よりも小さくなったか否かが判別される。 $TQ < Y(N)$ のときにはステップ408に進む。これに対して $TQ > Y(N)$ になるとステップ413に進んでフラグIがセットされ、次いでステップ403に進む。

【0160】

一方、第1の燃焼が行われているときにステップ405において NO_x 放出フラグがセットされていると判断されたときにはステップ407に進んで燃焼室5内における空燃比をリッチにするのに必要な噴射量が求められる。更に、図12(B)に示すマップから噴射開始時期Sが求められ、噴射量に基づいて噴射完了時期Eが求められ、これらに基づいて燃料噴射が行われる。このとき燃焼室5内の空燃比A/Fはリッチとされ、 NO_x 吸収剤71に吸収されている NO_x が NO_x 吸収剤71から放出される。

30

【0161】

一方、第2の燃焼が行われているときにステップ408において NO_x 放出フラグがセットされていると判断されたときにはステップ414に進んで復帰処理フラグがセットされているか否かが判別される。 NO_x 放出フラグがセットされた後に初めてステップ414に進んだときは復帰処理フラグはリセットされているのでステップ415に進み、空燃比センサ43bにより検出された空燃比A/Fが NO_x 放出のための目標リッチ空燃比 $(A/F)_R$ にほぼ等しくなったか否かが判別される。 NO_x 放出フラグがセットされた後に初めてステップ415に進んだときは空燃比A/Fはリーンであるのでステップ416に進む。

40

【0162】

ステップ416では図31(A)に示すマップから空燃比の修正量 (A/F) が算出されると共に補正係数 K_1, K_2, \dots, K_n が定められる。次いでステップ417ではエアフローメータ18により検出された吸入空気量GAと燃料噴射量Qとの比GA/Qに修正量 $(A/F) \cdot K$ を加算し、この加算結果が実際の空燃比 $(A/F)_a$ とされる。次いでステップ418ではステップ417において算出された実際の空燃比 $(A/F)_a$ および NO_x 放出のための目標リッチ空燃比 $(A/F)_R$ に基づいて次式からスロットル弁21の開度 T_e が算出される。

【0163】

50

$$T_e = T_e + K_3 \{ (A/F)_R - (A/F)_a \}$$

ここで K_3 は定数である。即ち、スロットル弁21の開度 T_e はステップ417において算出された実際の空燃比 $(A/F)_a$ が NO_x 放出のための目標リッチ空燃比 $(A/F)_R$ となるように比例積分制御によって閉弁制御される。

次いでステップ419ではEGR制御弁29の開度がEGR率を55パーセント以上の目標EGR率、例えば70パーセントとするのに必要な目標開度 SEO とされる。従ってEGR制御弁29の開度はただちに目標開度 SEO とされる。

【0164】

次いでステップ420では燃料噴射量を目標リッチ空燃比のもとで低温燃焼を行わせるのに必要な噴射量まで低減した場合の機関出力トルクの低下量 TQ が算出され、次いでステップ421ではこの機関出力トルクの低下量 TQ が電気モータ37の発生すべき出力トルク T_m とされる。次いでステップ422では電気モータ37が出力トルク T_m を発生するために電気モータ37に供給すべき三相交流の電流値 I_m が算出される。次いでステップ423では機関回転数 N に基づいて電気モータ37に供給すべき三相交流の周波数 f_m が算出される。次いでステップ424では電流値が I_m で周波数が f_m の三相交流が電気モータ37に供給され、それによって電気モータ37が駆動せしめられる。

【0165】

次いでステップ425では図12(B)に示すマップから噴射開始時期 S が求められ、空燃比を目標リッチ空燃比にするのに必要な噴射量から噴射完了時期 E が求められ、これらに基づいて燃料噴射が行われる。このとき燃焼室5内の空燃比 A/F はリッチとされ、 NO_x 吸収剤71に吸収されている NO_x が NO_x 吸収剤71から放出される。

【0166】

次いでステップ415において空燃比センサ43bにより検出された空燃比がほぼ目標リッチ空燃比になったと判断されるとステップ415からステップ426に進んで復帰処理フラグがセットされ、次いでステップ427に進む。復帰処理フラグがセットされると次の処理サイクルではステップ414からステップ427にジャンプする。

【0167】

ステップ427では図31(B)に示すマップから空燃比の修正量 (A/F) が算出されると共に補正係数 K_1, K_2, \dots, K_n が定められる。次いでステップ428ではエアフローメータ18により検出された吸入空気量 GA と燃料噴射量 Q との比 GA/Q に修正量 $(A/F) \cdot K$ を加算し、この加算結果が実際の空燃比 $(A/F)_a$ とされる。

次いでステップ429ではステップ428において算出された実際の空燃比 $(A/F)_a$ および図14に示される目標空燃比 (A/F) に基づいて次式からスロットル弁21の開度 T_e が算出される。

【0168】

$$T_e = T_e + K_3 \{ (A/F) - (A/F)_a \}$$

ここで K_3 は前述したように定数である。即ち、スロットル弁21の開度 T_e はステップ428において算出された実際の空燃比 $(A/F)_a$ が図14に示される目標空燃比 (A/F) となるように比例積分制御によって開弁制御される。次いでステップ430ではEGR制御弁29の開度が図16(B)に示される目標開度 SE とされる。従ってEGR制御弁29の開度はただちに目標開度 SE となる。次いでステップ431では電気モータ37の駆動が停止される。次いでステップ432では図15(A)および(B)から夫々燃料噴射量 Q および噴射開始時期 S が算出され、これらに基づいて燃料噴射が行われる。次いでステップ433では低温燃焼から正規の通常燃焼への復帰が完了したか否かが判断され、正規の通常燃焼への復帰が完了したときにはステップ434に進んで NO_x 放出フラグおよび復帰処理フラグがリセットされる。

【0169】

【発明の効果】

機関の駆動力とは別個に駆動力を発生させる駆動力発生装置が駆動力を発生し、燃料噴射量が低下せしめられたときに空燃比を急速に目標空燃比に近づけることができる。

10

20

30

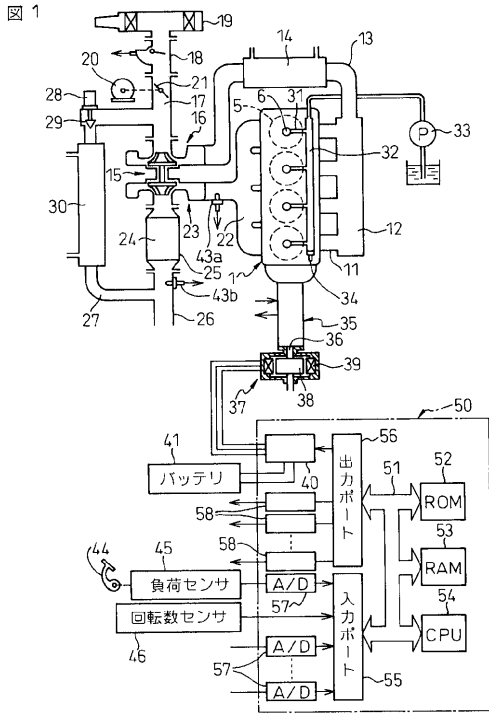
40

50

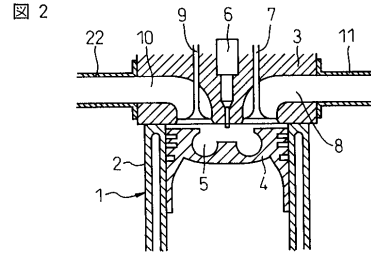
【図面の簡単な説明】

- 【図 1】圧縮着火式内燃機関の全体図である。
- 【図 2】機関本体の側面断面図である。
- 【図 3】圧縮着火式内燃機関の別の実施例を示す全体図である。
- 【図 4】要求トルクを示す図である。
- 【図 5】スモークおよび NO_x の発生量等を示す図である。
- 【図 6】燃焼圧を示す図である。
- 【図 7】スモークの発生量と EGR 率との関係を示す図である。
- 【図 8】噴射燃料量と混合ガス量との関係を示す図である。
- 【図 9】第 1 の運転領域 I および第 2 の運転領域 II を示す図である。 10
- 【図 10】スロットル弁の開度等を示す図である。
- 【図 11】第 1 の運転領域 I における空燃比を示す図である。
- 【図 12】噴射量等のマップを示す図である。
- 【図 13】目標吸入空気量等のマップを示す図である。
- 【図 14】第 2 の燃焼における空燃比を示す図である。
- 【図 15】噴射量等のマップを示す図である。
- 【図 16】目標吸入空気量等のマップを示す図である。
- 【図 17】パティキュレートフィルタを示す図である。
- 【図 18】微粒子の酸化作用を説明するための図である。
- 【図 19】微粒子の堆積作用を説明するための図である。 20
- 【図 20】酸化除去可能微粒子量とパティキュレートフィルタの温度との関係を示す図である。
- 【図 21】微粒子 NO_x 同時処理領域を示す図である。
- 【図 22】単位時間当りの NO_x 吸収量のマップを示す図である。
- 【図 23】 NO_x 放出制御を説明するためのタイムチャートである。
- 【図 24】スロットル弁開度等の変化を示すフローチャートである。
- 【図 25】スロットル弁開度等の変化を示すフローチャートである。
- 【図 26】 NO_x 放出フラグの処理をするためのフローチャートである。
- 【図 27】運転制御ルーチンのフローチャートである。
- 【図 28】運転制御ルーチンのフローチャートである。 30
- 【図 29】加減速処理を行うためのフローチャートである。
- 【図 30】電気モータが発生すべき出力トルクを示す図である。
- 【図 31】空燃比修正量を示す図である。
- 【図 32】空燃比修正量のマップを示す図である。
- 【図 33】運転制御ルーチンのフローチャートである。
- 【図 34】運転制御ルーチンのフローチャートである。
- 【符号の説明】
- 6 ... 燃料噴射弁
- 2 1 ... スロットル弁
- 2 4 ... パティキュレートフィルタ 40
- 2 9 ... EGR 制御弁
- 3 7 ... 電気モータ

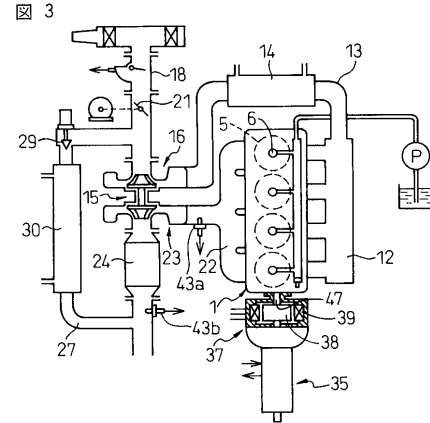
【 図 1 】



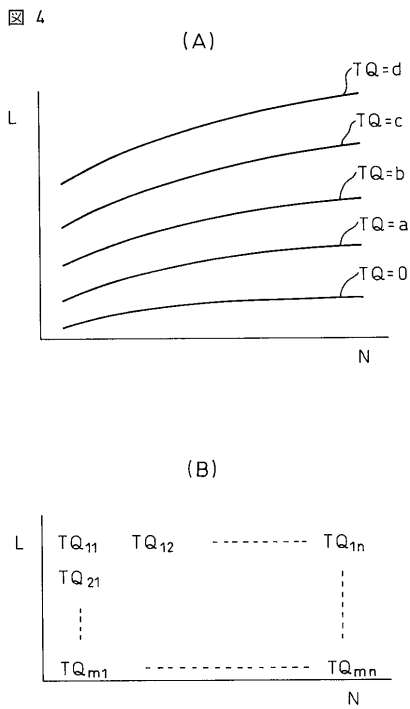
【 図 2 】



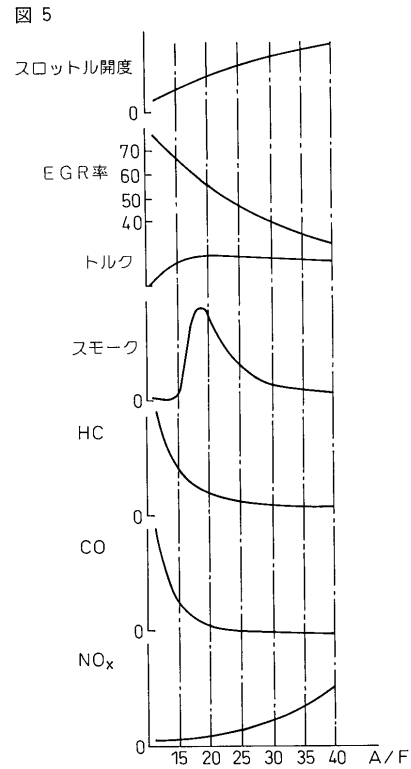
【 図 3 】



【 図 4 】

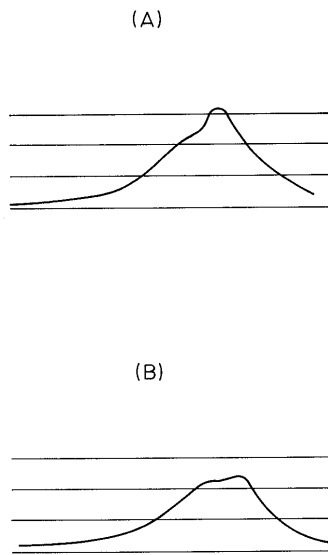


【 図 5 】



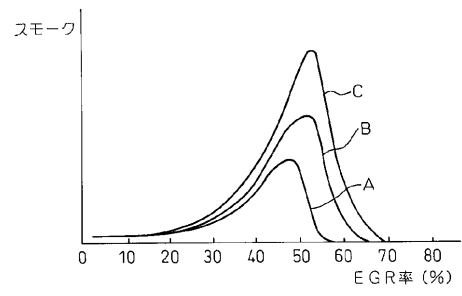
【 図 6 】

図 6



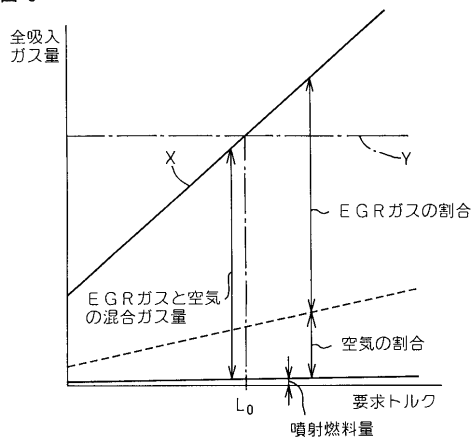
【 図 7 】

図 7



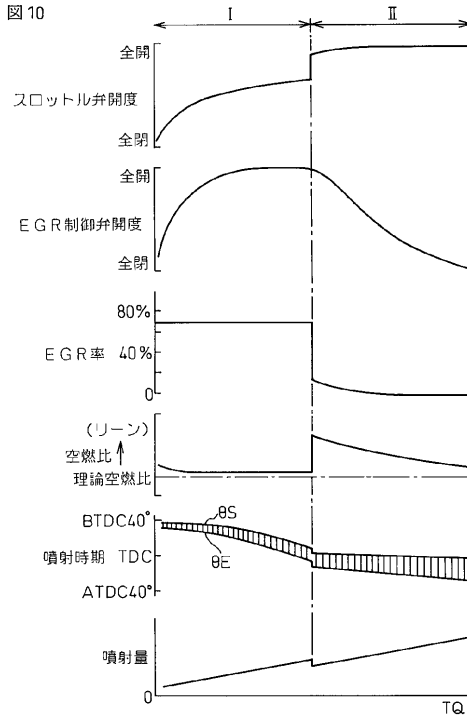
【 図 8 】

図 8



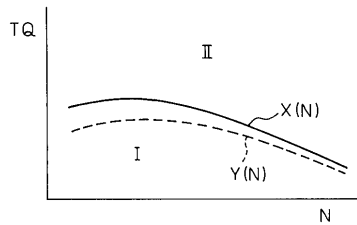
【 図 10 】

図 10

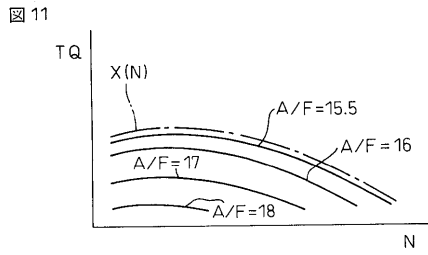


【 図 9 】

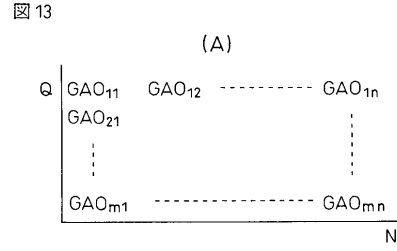
図 9



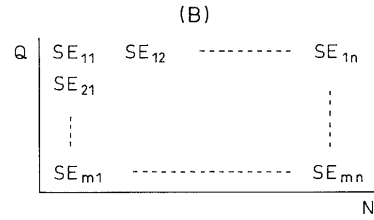
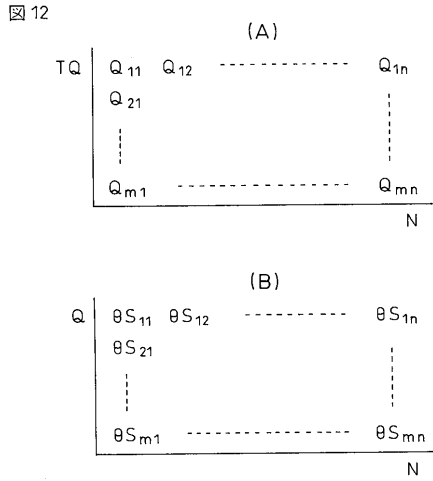
【 1 1 】



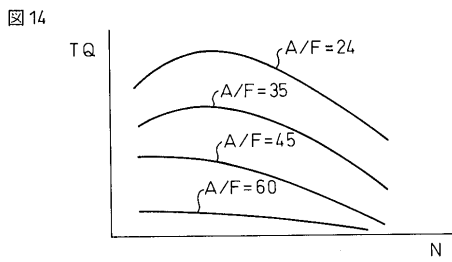
【 1 3 】



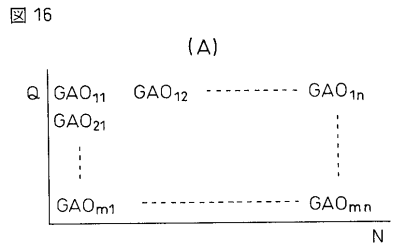
【 1 2 】



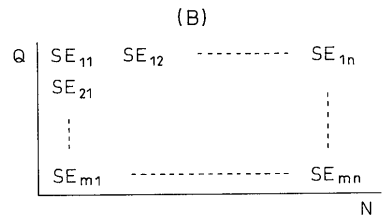
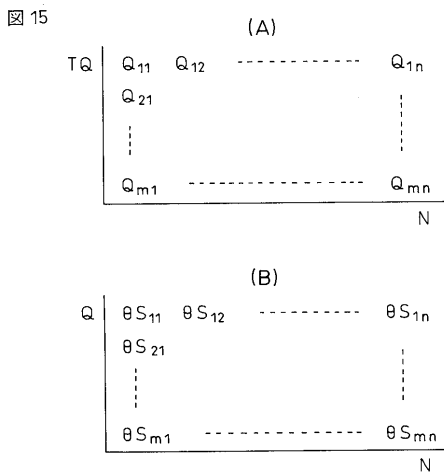
【 1 4 】



【 1 6 】

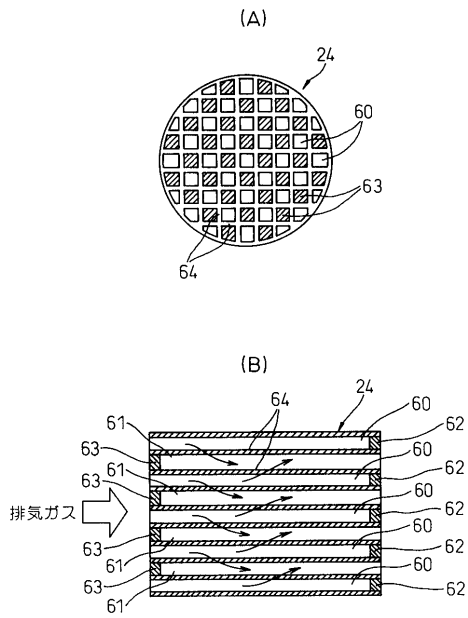


【 1 5 】



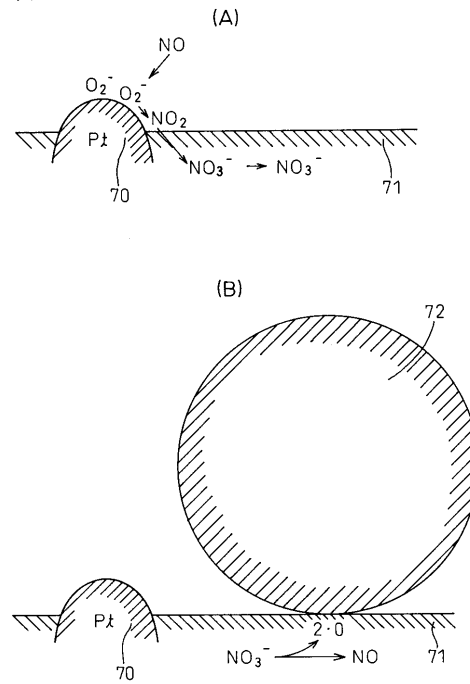
【 図 17 】

図 17



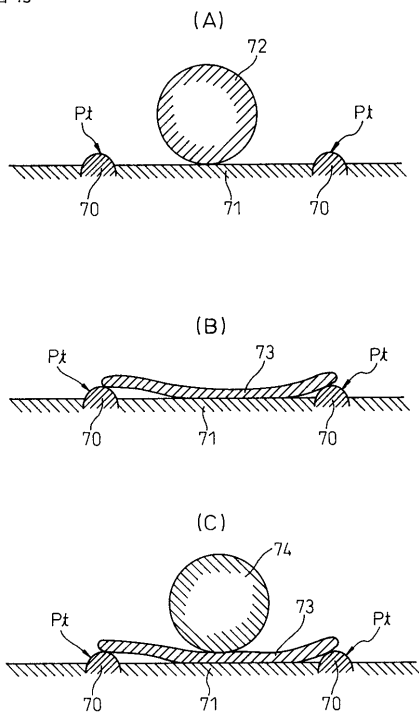
【 図 18 】

図 18



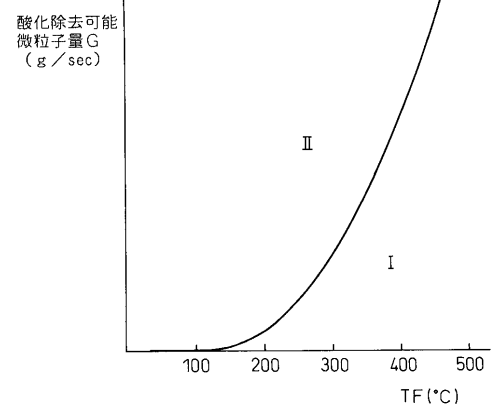
【 図 19 】

図 19

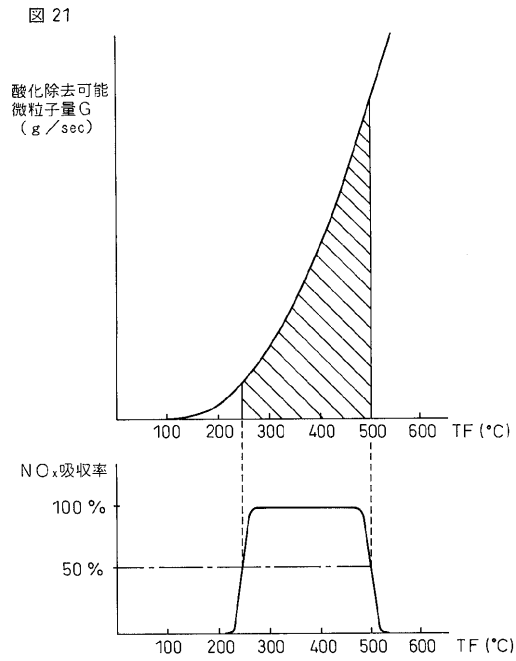


【 図 20 】

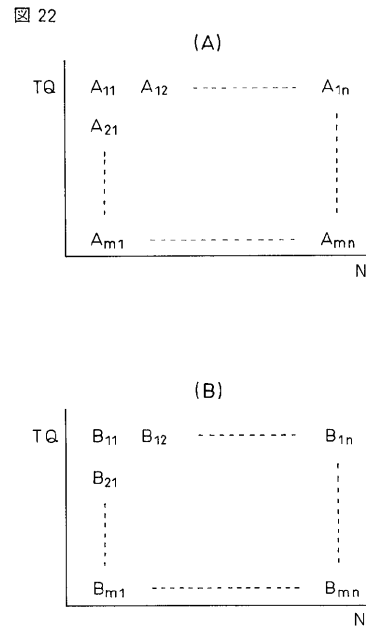
図 20



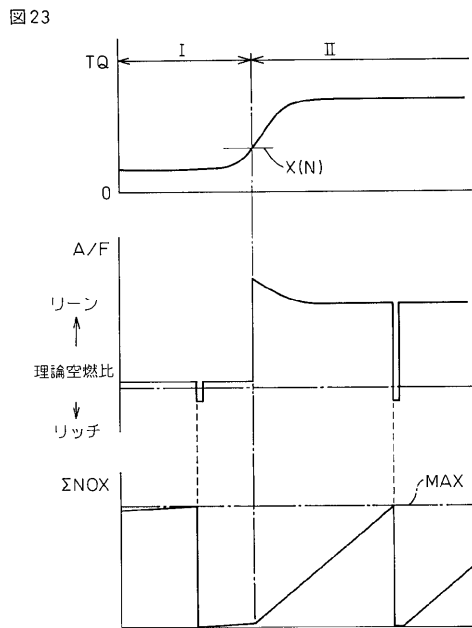
【 図 2 1 】



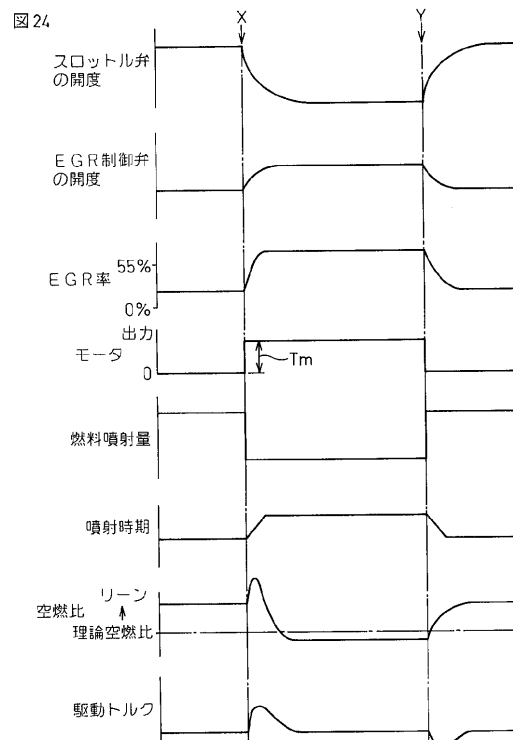
【 図 2 2 】



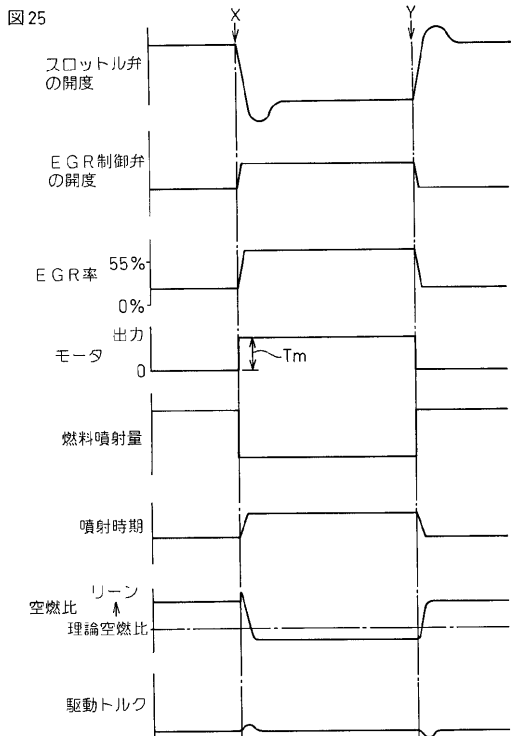
【 図 2 3 】



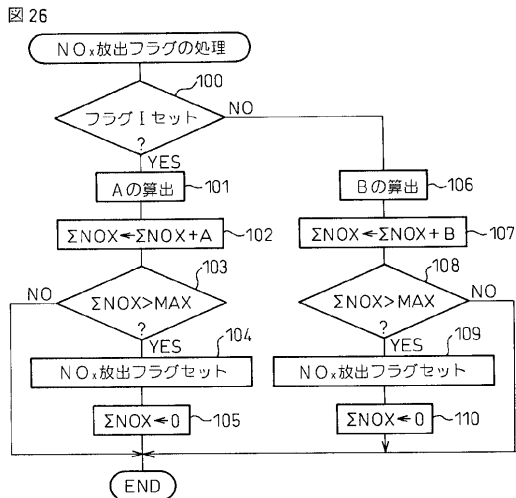
【 図 2 4 】



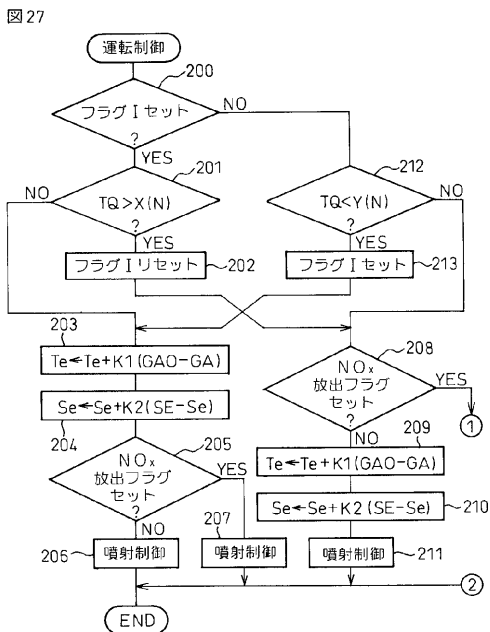
【 図 2 5 】



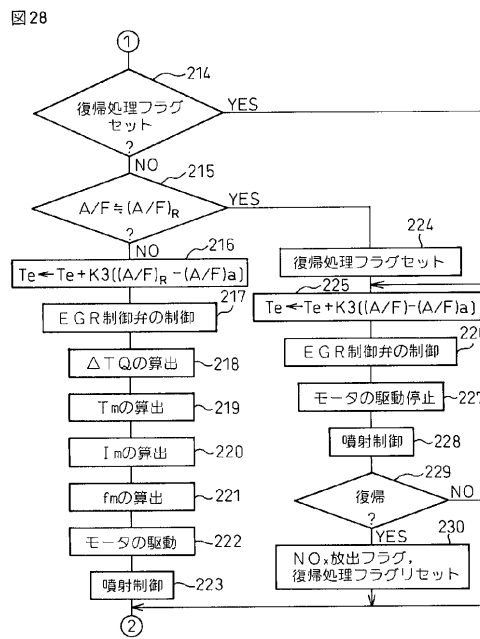
【 図 2 6 】



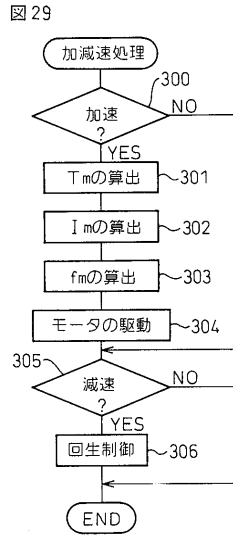
【 図 2 7 】



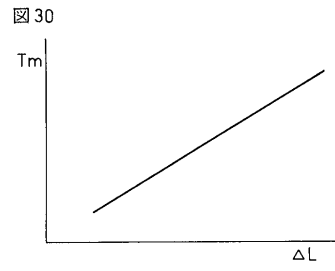
【 図 2 8 】



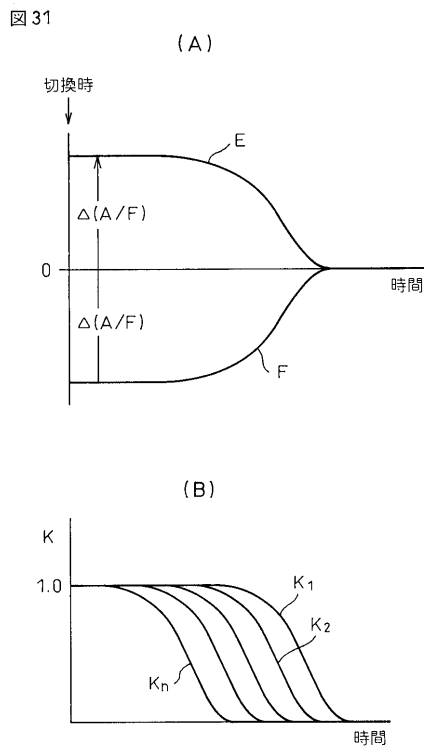
【 図 2 9 】



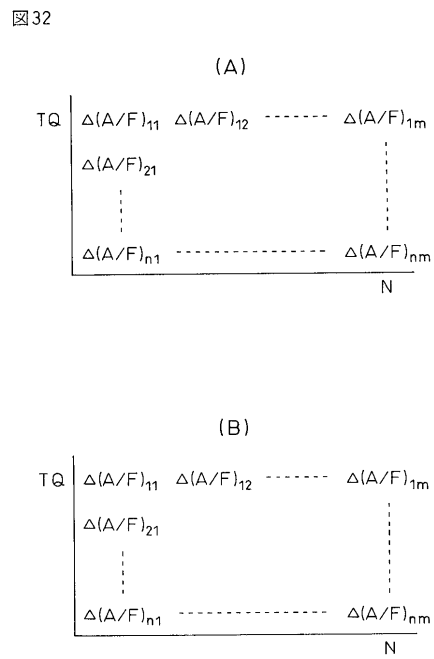
【 図 3 0 】



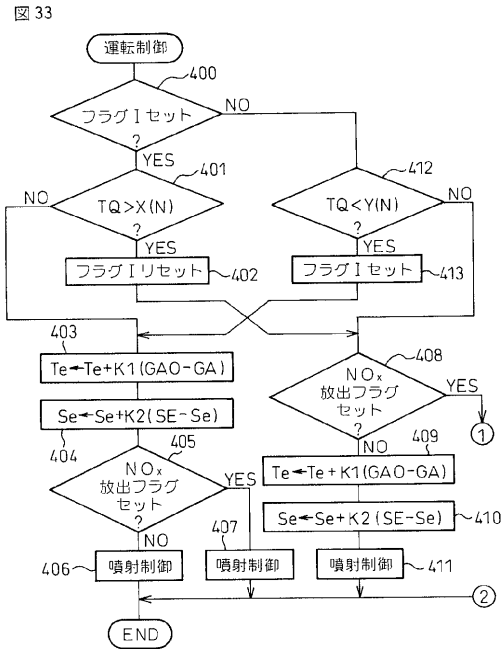
【 図 3 1 】



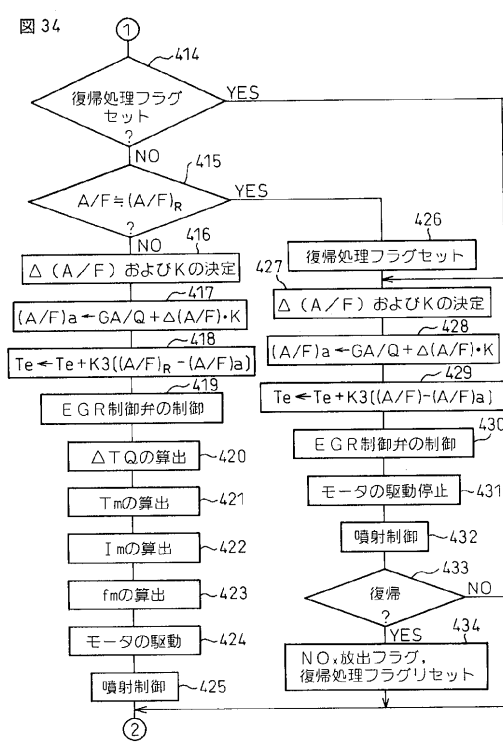
【 図 3 2 】



【 図 3 3 】



【 図 3 4 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷

F I

F 0 1 N	3/18	F 0 1 N	3/02	3 2 1 D
F 0 1 N	3/20	F 0 1 N	3/02	3 2 1 H
F 0 1 N	3/24	F 0 1 N	3/08	Z H V A
F 0 1 N	3/28	F 0 1 N	3/18	B
F 0 2 D	41/04	F 0 1 N	3/20	B
F 0 2 D	41/14	F 0 1 N	3/24	E
F 0 2 D	43/00	F 0 1 N	3/24	R
F 0 2 M	25/07	F 0 1 N	3/24	S
		F 0 1 N	3/28	3 0 1 C
		F 0 2 D	41/04	3 0 5 A
		F 0 2 D	41/04	3 0 5 C
		F 0 2 D	41/14	3 1 0 A
		F 0 2 D	41/14	3 1 0 P
		F 0 2 D	43/00	3 0 1 E
		F 0 2 D	43/00	3 0 1 K
		F 0 2 D	43/00	3 0 1 N
		F 0 2 D	43/00	3 0 1 T
		F 0 2 M	25/07	5 7 0 F
		F 0 2 M	25/07	5 7 0 G
		F 0 2 M	25/07	5 7 0 J
		F 0 2 M	25/07	5 7 0 L
		B 0 1 D	53/36	1 0 4 B

(72)発明者 五十嵐 幸平

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 所村 陽一

(56)参考文献 特開2000-282910(JP,A)

特開2000-186536(JP,A)

特開平11-257054(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

F02D 29/02
 B60K 6/02
 B60K 6/04 310
 B60K 6/04 531
 F01N 3/02 321
 F01N 3/08 ZHV
 F01N 3/24
 F02D 41/04 305
 F02D 41/14 310
 F02D 43/00 301
 F02M 25/07 570
 B60K 6/04 730B60K 6/04 531