

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3624892号
(P3624892)

(45) 発行日 平成17年3月2日(2005.3.2)

(24) 登録日 平成16年12月10日(2004.12.10)

(51) Int. Cl.⁷

F I

F O 1 N 3/02

F O 1 N 3/02 3 2 1 B

B O 1 D 53/94

F O 1 N 3/02 3 2 1 A

F O 1 N 3/18

F O 1 N 3/02 3 2 1 J

F O 1 N 3/20

F O 1 N 3/02 3 O 1 M

F O 1 N 3/24

F O 1 N 3/18 B

請求項の数 12 (全 36 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-22164 (P2002-22164)
 (22) 出願日 平成14年1月30日(2002.1.30)
 (65) 公開番号 特開2002-357115 (P2002-357115A)
 (43) 公開日 平成14年12月13日(2002.12.13)
 審査請求日 平成14年9月13日(2002.9.13)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-96770 (P2001-96770)
 (32) 優先日 平成13年3月29日(2001.3.29)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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 見上 晃
 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 広田 信也
 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】 内燃機関の排気浄化装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

機関排気系に配置されてパティキュレート捕集するパティキュレートフィルタと、前記パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを逆転するための逆転手段とを具備し、前記パティキュレートフィルタにおいては捕集したパティキュレートが酸化させられ、前記パティキュレートフィルタは、パティキュレートを捕集するための捕集壁を有し、前記捕集壁は第一捕集面と第二捕集面とを有し、前記逆転手段によって前記パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とが逆転されることによりパティキュレートを捕集するために前記捕集壁の前記第一捕集面と前記第二捕集面とが交互に使用され、前記パティキュレートフィルタの常に下流側となる位置において触媒装置が前記パティキュレートフィルタに近接して配置され、前記パティキュレートフィルタから前記触媒装置へ十分な熱伝導がなされることを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

【請求項2】

前記触媒装置は、前記触媒装置を通過した排気ガスが前記パティキュレートフィルタの回りを通過するように配置されていることを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項3】

前記捕集壁には活性酸素放出剤が担持され、前記活性酸素放出剤から放出される活性酸素がパティキュレートを酸化させることを特徴とする請求項1又は2に記載の内燃機関の排気浄化装置。

10

20

【請求項 4】

前記活性酸素放出剤は、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ことを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 5】

前記触媒装置は酸化触媒を担持していることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 6】

前記触媒装置は NO_x 触媒を担持していることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

10

【請求項 7】

前記逆転手段は、弁体を具備し、前記弁体を一方の位置から他方の位置へ切り換えることで前記パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを逆転させ、前記弁体が前記第一位置と前記第二位置との間の中間位置とされる時に排気ガスが前記パティキュレートフィルタを通過せずに前記触媒装置へ流入するようになっていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 8】

前記弁体を中間位置とした時には、前記触媒装置は、前記弁体の直下流に位置するようになっていることを特徴とする請求項 7 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 9】

機関始動直後は前記弁体を前記中間位置とすることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

20

【請求項 10】

前記触媒装置の温度を検出又は推定する温度把握手段を具備し、前記温度把握手段によって検出又は推定された前記温度が設定温度領域から外れる時には前記弁体を前記中間位置として前記温度が前記設定温度領域内となるように排気ガス状態を変化させることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 11】

機関排気系には排気絞り弁が配置され、前記排気絞り弁を開弁する直前には前記弁体は前記中間位置とされていることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

30

【請求項 12】

機関減速時には前記弁体を前記中間位置とすると共に少なくとも排気ガス温度を上昇させるか排気ガス中の還元物質を増量することを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の排気浄化装置に関する。

【0002】

40

【従来の技術】

内燃機関、特に、ディーゼルエンジンの排気ガス中には煤を主成分とするパティキュレートが含まれている。パティキュレートは有害物質であるために、大気放出以前にパティキュレートを捕集するためのフィルタを機関排気系に配置することが提案されている。このようなフィルタは、目詰まりによる排気抵抗の増加を防止するために、捕集したパティキュレートを焼失させることが必要である。

【0003】

このようなフィルタ再生において、パティキュレートは約 600°C となれば着火燃焼するが、ディーゼルエンジンの排気ガス温度は、通常時において 600°C よりかなり低く、通常はフィルタ自身を加熱する等の手段が必要である。

50

【 0 0 0 4 】

特公平 7 - 1 0 6 2 9 0 号公報には、白金族金属とアルカリ土金属酸化物とをフィルタに担持させれば、フィルタ上のパティキュレートは、ディーゼルエンジンの通常時の排気ガス温度である約 4 0 0 ° C で連続的に焼失することが開示されている。

【 0 0 0 5 】

【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、このフィルタを使用しても、常に排気ガス温度が 4 0 0 ° C 程度となっておりとは限らず、また、運転状態によってはディーゼルエンジンから多量のパティキュレートが放出されることもあり、各時間で焼失できなかったパティキュレートがフィルタ上に徐々に堆積することがある。

10

【 0 0 0 6 】

このフィルタにおいて、ある程度パティキュレートが堆積すると、パティキュレート焼失能力が極端に低下するために、もはや自身でフィルタを再生することはできない。このように、この種のフィルタを単に機関排気系に配置しただけでは、比較的早期に目詰まりが発生して機関出力の大幅低下がもたらされることがある。

【 0 0 0 7 】

従って、本発明の目的は、パティキュレートフィルタが早期に目詰まりすることを防止すると共に、パティキュレート以外の排気ガスに含まれる有害物質の大気放出量を良好に低減することを可能とする内燃機関の排気浄化装置を提供することである。

【 0 0 0 8 】

20

【 課題を解決するための手段 】

本発明による請求項 1 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、機関排気系に配置されてパティキュレートを捕集するパティキュレートフィルタと、前記パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを逆転するための逆転手段とを具備し、前記パティキュレートフィルタにおいては捕集したパティキュレートが酸化させられ、前記パティキュレートフィルタは、パティキュレートを捕集するための捕集壁を有し、前記捕集壁は第一捕集面と第二捕集面とを有し、前記逆転手段によって前記パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とが逆転されることによりパティキュレートを捕集するために前記捕集壁の前記第一捕集面と前記第二捕集面とが交互に使用され、前記パティキュレートフィルタの常に下流側となる位置において触媒装置が前記パティキュレートフィルタに近接して配置され、前記パティキュレートフィルタから前記触媒装置へ十分な熱伝導がなされることを特徴とする。

30

また、本発明による請求項 2 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 1 に記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記触媒装置は、前記触媒装置を通過した排気ガスが前記パティキュレートフィルタの回りを通過するように配置されていることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、本発明による請求項 3 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記捕集壁には活性酸素放出剤が担持され、前記活性酸素放出剤から放出される活性酸素がパティキュレートを酸化させることを特徴とする。

40

【 0 0 1 0 】

また、本発明による請求項 4 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 3 に記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記活性酸素放出剤は、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ことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、本発明による請求項 5 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記触媒装置は酸化触媒を担持していることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

50

また、本発明による請求項 6 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記触媒装置は NO_x 触媒を担持していることを特徴とする。

【0013】

また、本発明による請求項 7 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 1 から 6 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記逆転手段は、弁体を具備し、前記弁体を一方の位置から他方の位置へ切り換えることで前記パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを逆転させ、前記弁体が前記第一位置と前記第二位置との間の中間位置とされる時に排気ガスが前記パティキュレートフィルタを通過せずに前記触媒装置へ流入するようになっていることを特徴とする。

10

また、本発明による請求項 8 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 7 に記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記弁体を中間位置とした時には、前記触媒装置は、前記弁体の直下流に位置するようになっていることを特徴とする。

【0014】

また、本発明による請求項 9 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関の排気浄化装置において、機関始動直後は前記弁体を前記中間位置とすることを特徴とする。

【0015】

また、本発明による請求項 10 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関の排気浄化装置において、前記触媒装置の温度を検出又は推定する温度把握手段を具備し、前記温度把握手段によって検出又は推定された前記温度が設定温度領域から外れる時には前記弁体を前記中間位置として前記温度が前記設定温度領域内となるように排気ガス状態を変化させることを特徴とする。

20

【0016】

また、本発明による請求項 11 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関の排気浄化装置において、機関排気系には排気絞り弁が配置され、前記排気絞り弁を開弁する直前には前記弁体は前記中間位置とされていることを特徴とする。

【0017】

また、本発明による請求項 12 に記載の内燃機関の排気浄化装置は、請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関の排気浄化装置において、機関減速時には前記弁体を前記中間位置とすると共に少なくとも排気ガス温度を上昇させるか排気ガス中の還元物質を増量することを特徴とする。

30

【0018】

【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明による排気浄化装置を備える 4 ストロークディーゼルエンジンの概略縦断面図を示しており、図 2 は図 1 のディーゼルエンジンにおける燃焼室の拡大縦断面図であり、図 3 は図 1 のディーゼルエンジンにおけるシリンダヘッドの底面図である。図 1 から図 3 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 a はピストン 4 の頂面上に形成されたキャビティ、5 はキャビティ 5 a 内に形成された燃焼室、6 は電気制御式燃料噴射弁、7 は一对の吸気弁、8 は吸気ポート、9 は一对の排気弁、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 を介してエアクリーナ 14 に連結される。吸気ダクト 13 内には電気モータ 15 により駆動されるスロットル弁 16 が配置される。一方、排気ポート 10 は排気マニホールド 17 へ接続される。

40

【0019】

図 1 に示されるように排気マニホールド 17 内には空燃比センサ 21 が配置される。排気マニホールド 17 とサージタンク 12 とは EGR 通路 22 を介して互いに連結され、EGR 通路 22 内には電気制御式 EGR 制御弁 23 が配置される。また、EGR 通路 22 回りには EGR 通路 22 内を流れる EGR ガスを冷却するための冷却装置 24 が配置される。図 1 に示される実施例では機関冷却水が冷却装置 24 内に導かれ、機関冷却水によって EGR

50

ガスが冷却される。

【0020】

一方、各燃料噴射弁6は燃料供給管25を介して燃料リザーバ、いわゆるコモンレール26に連結される。このコモンレール26内へは電気制御式の吐出量可変な燃料ポンプ27から燃料が供給され、コモンレール26内に供給された燃料は各燃料供給管25を介して燃料噴射弁6に供給される。コモンレール26にはコモンレール26内の燃料圧を検出するための燃料圧センサ28が取付けられ、燃料圧センサ28の出力信号に基づいてコモンレール26内の燃料圧が目標燃料圧となるように燃料ポンプ27の吐出量が制御される。

【0021】

30は電子制御ユニットであり、空燃比センサ21の出力信号と、燃料圧センサ28の出力信号とが入力される。また、アクセルペダル40にはアクセルペダル40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41が接続され、電子制御ユニット30には、負荷センサ41の出力信号も入力され、さらに、クランクシャフトが例えば30°回転する毎に出力パルスが発生するクランク角センサ42の出力信号も入力される。こうして、電子制御ユニット30は、各種信号に基づき、燃料噴射弁6、電気モータ15、EGR制御弁23、及び、燃料ポンプ27を作動する。

10

【0022】

図2及び図3に示されるように本発明による実施例では燃料噴射弁6が6個のノズル口を有するホールノズルからなり、燃料噴射弁6のノズル口からは水平面に対しやや下向きに等角度間隔をもって燃料Fが噴射される。図3に示されるように6個の燃料噴霧Fのうちで2個の燃料噴霧Fは各排気弁9の弁体の下側面に沿って飛散する。図2及び図3は圧縮行程末期に燃料噴射が行われた時を示している。この時には燃料噴霧Fはキャピティ5aの内周面に向けて進み、次いで着火燃焼せしめられる。

20

【0023】

図4は排気行程中において排気弁9のリフト量が最大の時に燃料噴射弁6から追加の燃料が噴射された場合を示している。即ち、図5に示されるように圧縮上死点付近において主噴射Q_mが行われ、次いで排気行程の中ほどで追加の燃料Q_aが噴射された場合を示している。この場合、排気弁9の弁体方向に進む燃料噴霧Fは排気弁9の傘部背面と排気ポート10との間に向かう。即ち、言い換えると燃料噴射弁6の6個のノズル口のうちの2個のノズル口は、排気弁9が開弁している時に追加の燃料Q_aの噴射が行われると燃料噴霧Fが排気弁9の傘部背面と排気ポート10との間に向かうように形成されている。なお、図4に示す実施例ではこの時に燃料噴霧Fが排気弁9の傘部背面に衝突し、排気弁9の傘部背面に衝突した燃料噴霧Fは排気弁9の傘部背面上において反射し、排気ポート10内に向かう。

30

【0024】

なお通常は追加の燃料Q_aは噴射されず、主噴射Q_mのみが行われる。図6は機関低負荷運転時においてスロットル弁16の開度及びEGR率を変化させることにより空燃比A/F(図6の横軸)を変化させたときの出力トルクの変化、及びスモーク、HC、CO、NO_xの排出量の変化を示す実験例を表している。図6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。

40

【0025】

図6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程度になった時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。この時に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、この時にHC及びCOの発生量は増大し始める。

50

【0026】

図7(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時の燃焼室5内の燃焼圧変化を示しており、図7(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時の燃焼室5内における燃焼圧の変化を示している。図7(A)と図7(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7(B)に示す場合はスモークの発生量が多い図7(A)に示す場合に比べて燃焼圧が低いことがわかる。

【0027】

図6及び図7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時には図6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時には燃焼室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7からも言える。即ち、煤がほとんど発生していない図7(B)に示す状態では燃焼圧が低くなっており、従ってこの時に燃焼室5内の燃焼温度は低くなっていることになる。

10

【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6に示されるようにHC及び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、燃料中に含まれる図8に示されるような直鎖状炭化水素や芳香族炭化水素は酸素不足の状態では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図8に示されるような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6に示される如くHC及びCOの排出量が増大するがこの時のHCは煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素である。

20

【0029】

図6及び図7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時には煤の発生量がほぼ零になり、この時には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内における燃料及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、即ち煤が全く発生せず、燃焼室5内における燃料及びその周囲の温度が或る温度以下になると煤が生成されることが判明したのである。

30

【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時の燃料及びその周囲の温度、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及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。この時において NO_x の発生量が10ppm前後又はそれ以下になった時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10ppm前後又はそれ以下になった時の温度にほぼ一致する。

40

【0031】

一旦、煤が生成されるとこの煤は単に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、 NO_x の発生量を低減すると共に炭化水素を煤の前駆体又はその前の状態で燃焼室5から排出させることは排気ガスの浄化に極めて有効である。

【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及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、燃料及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

50

回りにおける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。

【 0 0 3 3 】

即ち、燃料回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、燃料回りの温度のみが局所的に極めて高くなる。即ち、この時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。

【 0 0 3 4 】

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回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。

10

【 0 0 3 5 】

この場合、燃料及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。

20

【 0 0 3 6 】

図 9 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 9 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°C 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。

【 0 0 3 7 】

図 9 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 9 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。

30

【 0 0 3 8 】

また、図 9 の曲線 C で示されるように EGR ガスを強制的に冷却していない場合には EGR 率が 55 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 EGR 率をほぼ 70 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 9 は機関負荷が比較的高い時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 EGR 率は若干低下し、煤がほとんど発生しなくなる EGR 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 EGR 率の下限は EGR ガスの冷却度合や機関負荷に応じて変化する。

40

【 0 0 3 9 】

図 10 は不活性ガスとして EGR ガスを用いた場合において燃焼時の燃料及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 EGR ガスと空気の混合ガス量、及びこの混合ガス量中の空気の割合、及びこの混合ガス中の EGR ガスの割合を示している。なお、図 10 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ときに燃焼室 5 内に吸入しうる全吸入ガス量を示している。また、横軸は要求負荷を示しており、Z 1 は低負荷運転領域を示している。

【 0 0 4 0 】

50

図10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10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10においてEGRガスの割合、即ち混合ガス中のEGRガス量は噴射燃料が燃焼せしめられたときに燃料及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EGRガス量を示している。このEGRガス量はEGR率で表わすとほぼ55パーセント以上であり、図10に示す実施例では70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10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EGRガス量との割合を図10に示すような割合にすると燃料及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、斯くして煤が全く発生しなくなる。また、このときの NO_x 発生量は10ppm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。

10

【0041】

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及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EGR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10に示されるようにEGR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、EGRガス量は要求負荷が高くなるにつれて増大する必要がある。

【0042】

一方、図10の負荷領域Z2では煤の発生を阻止するのに必要な全吸入ガス量Xが吸入しうる全吸入ガス量Yを越えてしまう。従ってこの場合、煤の発生を阻止するのに必要な全吸入ガス量Xを燃焼室5内に供給するにはEGRガス及び吸入空気の双方、或いはEGRガスを過給又は加圧する必要がある。EGRガス等を過給又は加圧しない場合には負荷領域Z2では全吸入ガス量Xは吸入しうる全吸入ガス量Yに一致する。従ってこの場合、煤の発生を阻止するためには空気量を若干減少させてEGRガス量を増大すると共に空燃比がリッチのもとで燃料を燃焼せしめることになる。

20

【0043】

前述したように図10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図10に示される低負荷運転領域Z1において空気量を図10に示される空気量よりも少なくても、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10ppm前後又はそれ以下にすることができ、また図10に示される低負荷領域Z1において空気量を図10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10ppm前後又はそれ以下にすることができる。

30

【0044】

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がない。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時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では燃焼温度が低い温度に抑制されているので煤は全く生成されない。更に、 NO_x も極めて少量しか発生しない。

40

【0045】

このように、機関低負荷運転領域Z1では空燃比にかかわらずに、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発生されず、 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。

【0046】

ところで燃焼室内における燃焼時の燃料及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少ない比較的機関負荷が低いときに限られる。従って本発明による実施例では機関負荷が比較的低い時には燃焼時の燃料

50

及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一燃焼、即ち低温燃焼を行うようにし、機関負荷が比較的高いときには第二燃焼、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、ここで第一燃焼、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最大となる最悪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、第二燃焼、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最大となる最悪不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が少ない燃焼のことを言う。

【 0 0 4 7 】

図 1 1 は第一燃焼、即ち低温燃焼が行われる第 1 の運転領域 I と、第二燃焼、即ち従来の燃焼方法による燃焼が行われる第 2 の燃焼領域 II とを示している。なお、図 1 1 において縦軸 L はアクセルペダル 4 0 の踏み込み量、即ち要求負荷を示しており、横軸 N は機関回転数を示している。また、図 1 1 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。

10

【 0 0 4 8 】

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時に要求負荷 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 の運転領域 I に移ったと判断され、再び低温燃焼が行われる。

20

【 0 0 4 9 】

図 1 2 は空燃比センサ 2 1 の出力を示している。図 1 2 に示されるように空燃比センサ 2 1 の出力電流 I は空燃比 A / F に応じて変化する。従って空燃比センサ 2 1 の出力電流 I から空燃比を知ることができる。次に図 1 3 を参照しつつ第 1 の運転領域 I 及び第 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。

【 0 0 5 0 】

図 1 3 は要求負荷 L に対するスロットル弁 1 6 の開度、EGR 制御弁 2 3 の開度、EGR 率、空燃比、噴射時期及び噴射量を示している。図 1 3 に示されるように要求負荷 L の低い第 1 の運転領域 I ではスロットル弁 1 6 の開度は要求負荷 L が高くなるにつれて全閉近くから半開程度まで徐々に増大せしめられ、EGR 制御弁 2 3 の開度は要求負荷 L 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 1 3 に示される例では第 1 の運転領域 I では EGR 率がほぼ 7 0 パーセントとされており、空燃比はわずかにばかりリーンなリーン空燃比とされている。

30

【 0 0 5 1 】

言い換えると第 1 の運転領域 I では EGR 率がほぼ 7 0 パーセントとなり、空燃比がわずかに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 1 6 の開度及び EGR 制御弁 2 3 の開度が制御される。なお、この時の空燃比は空燃比センサ 2 1 の出力信号に基づいて EGR 制御弁 2 3 の開度を補正することによって目標リーン空燃比に制御される。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 θS は要求負荷 L が高くなるにつれて遅くなり、噴射完了時期 θE も噴射開始時期 θS が遅くなるにつれて遅くなる。

40

【 0 0 5 2 】

なお、アイドリング運転時にはスロットル弁 1 6 は全閉近くまで閉弁され、この時には EGR 制御弁 2 3 も全閉近くまで閉弁せしめられる。スロットル弁 1 6 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 1 6 が全閉近くまで閉弁せしめられる。

50

【 0 0 5 3 】

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 16 の開度が半開状態から全開方向へステップ状に増大せしめられる。この時に図 13 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 9) 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。

【 0 0 5 4 】

第 2 の運転領域 II では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及び NO_x が若干発生するが低温燃焼に比べて熱効率が高く、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 13 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。

10

【 0 0 5 5 】

第 2 の運転領域 II ではスロットル弁 16 は一部を除いて全開状態に保持され、EGR 制御弁 23 の開度は要求負荷 L が高くなると次第に小さくされる。この運転領域 II では EGR 率は要求負荷 L が高くなるほど低くなり、空燃比は要求負荷 L が高くなるほど小さくなる。ただし、空燃比は要求負荷 L が高くなっても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 θ_S は圧縮上死点 TDC 付近とされる。

【 0 0 5 6 】

図 14 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 14 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 である時を示しており、各曲線間の空燃比は比例配分により定められる。図 14 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 では要求負荷 L が低くなるほど空燃比 A/F がリーンとされる。

20

【 0 0 5 7 】

即ち、要求負荷 L が低くなるほど燃焼による発熱量が少なくなる。従って要求負荷 L 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 14 に示されるように要求負荷 L 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実施例では要求負荷 L が低くなるにつれて空燃比 A/F が大きくされる。

30

【 0 0 5 8 】

なお、空燃比を図 14 に示す目標空燃比とするのに必要なスロットル弁 16 の目標開度 S_T が図 15 (A) に示されるように要求負荷 L 及び機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 32 内に記憶されており、空燃比を図 14 に示す目標空燃比とするのに必要な EGR 制御弁 23 の目標開度 S_E が図 15 (B) に示されるように要求負荷 L 及び機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 32 内に記憶されている。

【 0 0 5 9 】

図 16 は第二燃焼、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 16 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。空燃比をこの目標空燃比とするのに必要なスロットル弁 16 の目標開度 S_T が図 17 (A) に示されるように要求負荷 L 及び機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 32 内に記憶されており、空燃比をこの目標空燃比とするのに必要な EGR 制御弁 23 の目標開度 S_E が図 17 (B) に示されるように要求負荷 L 及び機関回転数 N の関数としてマップの形で予め ROM 32 内に記憶されている。

40

【 0 0 6 0 】

こうして、本実施例のディーゼルエンジンでは、アクセルペダル 40 の踏み込み量 L 及び機関回転数 N とに基づき、第一燃焼、すなわち、低温燃焼と、第二燃焼、すなわち、普通

50

の燃焼とが切り換えられ、各燃焼において、アクセルペダル 40 の踏み込み量 L 及び機関回転数 N とに基づき、図 15 又は図 17 に示すマップによってスロットル弁 16 及び EGR 弁の開度制御が実施される。

【0061】

図 18 は排気浄化装置を示す平面図であり、図 19 はその側面図である。本排気浄化装置は、中央管部材 71 と、中央管部材 71 を取り囲むカバー部材 72 とを有している。中央管部材 71 の上流側端部は排気マニホールド 17 の下流側に排気管 18 を介して接続され、下流側端部はマフラ等を介して排気ガスを大気中へ放出するための下流排気管 74 に接続されている。中央管部材 71 は、弁体 71a が配置された上流部分 71b と、上流部分 71b の直下流側に位置する中流部分 71c と、中流部分 71c の直下流側に位置する下流部分 71d とから構成されている。

10

【0062】

上流部分 71b の側面には、対向して第一開口 71e と第二開口 71f が形成されている。弁体 71a は、負圧アクチュエータ又はステップモータ等によって回転されて上流部分 71b 内を上流側と下流側との間で遮断する二つの遮断位置とすることができる。図 18 に示す一方の遮断位置においては、上流側と第一開口 71e とが連通されると共に下流側と第二開口 71f とが連通される。また、図 20 に示す他方の遮断位置においては、上流側と第二開口 71f とが連通されると共に下流側と第一開口 71e とが連通される。

【0063】

中流部分 71d 内には触媒装置 73 が配置されている。触媒装置 73 の直下流側には排気ガス温度を測定するための温度センサ 74 が配置されている。また、長円形断面を有するパティキュレートフィルタ 70 が外側ケース 70a と共に下流部分 71d の側面を貫通して配置されている。

20

【0064】

このような構成によって、弁体 71a が一方の遮断位置とされると、排気ガスは、図 18 及び図 19 に矢印で示すように、上流部分 71b の上流側から第一開口 71e を通り、中央管部材 71 とカバー部材 72 との間の空間へ流出し、パティキュレートフィルタ 70 を通過した後に、第二開口 71f を通り再び上流部分 71b へ流入する。その後、排気ガスは、中流部分 71c 内に配置された触媒装置 73 を通過し、下流部分 71d 内をパティキュレートフィルタ 70 の外側ケース 70a の回りを通り下流排気管 74 へ向けて流れる。

30

【0065】

一方、弁体 71a が他方の遮断位置とされると、排気ガスは、図 20 に示すように、上流部分 71b の上流側から第二開口 71f を通り、中央管部材 71 とカバー部材 72 との間の空間へ流出し、パティキュレートフィルタ 70 を一方の遮断位置とは逆方向に通過した後に、第一開口 71e を通り再び上流部分 71b へ流入する。その後は、一方の遮断位置と同様に、排気ガスは、中流部分 71c 内に配置された触媒装置 73 を通過し、下流部分 71d 内をパティキュレートフィルタ 70 の外側ケース 70a の回りを通り下流排気管 74 へ向けて流れる。

【0066】

また、図 21 に示すように、弁体 71a は、一方の遮断位置と他方の遮断位置との間の中間位置とすることも可能である。この中間位置においては、中央管部材 71 の上流部分 71b は解放されるために、排気ガスは、図 21 に矢印で示すように、カバー部材 72 と中央管部材 71 との間の空間へ流出することなく、すなわち、パティキュレートフィルタ 70 を通過することなく、直接的に中流部分 71c 内の触媒装置 73 へ流入する。

40

【0067】

このように、本排気浄化装置は、非常に簡単な構成によって、弁体 71a を二つの遮断位置の一方から他方へ切り換えることによりパティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを逆転することが可能となると共に、弁体 71a を中間位置とすれば、排気ガスがパティキュレートフィルタ 70 をバイパスすることが可能となる。

【0068】

50

また、パティキュレートフィルタにおいては、排気ガスの流入を容易にするために大きな開口面積が必要とされるが、本排気浄化装置では、車両搭載性を悪化させることなく、図 18 に示すように大きな開口面積を有するパティキュレートフィルタを使用可能である。本排気浄化装置において、図 18 に示すように、排気管 18 内には排気絞り弁 75 が配置されている。

【0069】

図 22 にパティキュレートフィルタ 70 の構造を示す。なお、図 22 において、(A) はパティキュレートフィルタ 70 の正面図であり、(B) は側面断面図である。これらの図に示すように、本パティキュレートフィルタ 70 は、長円正面形状を有し、例えば、コージライトのような多孔質材料から形成されたハニカム構造をなすウォールフロー型であり、多数の軸線方向に延在する隔壁 54 によって細分された多数の軸線方向空間を有している。隣接する二つの軸線方向空間において、栓 53 によって、一方は排気下流側で閉鎖され、他方は排気上流側で閉鎖される。こうして、隣接する二つの軸線方向空間の一方は排気ガスの流入通路 50 となり、他方は流出通路 51 となり、排気ガスは、図 22 (B) に矢印で示すように、必ず隔壁 54 を通過する。排気ガス中のパティキュレートは、隔壁 54 の細孔の大きさに比較して非常に小さいものであるが、隔壁 54 の排気上流側表面及び隔壁 54 内の細孔表面上に衝突して捕集される。こうして、各隔壁 54 は、パティキュレートを捕集する捕集壁として機能する。本パティキュレートフィルタ 70 において、捕集されたパティキュレートを酸化除去するために、隔壁 54 の両側表面上、及び、好ましくは隔壁 54 内の細孔表面上にもアルミナ等を使用して以下に説明する活性酸素放出剤と貴金属触媒とが担持されている。

【0070】

活性酸素放出剤とは、活性酸素を放出することによってパティキュレートの酸化を促進するものであり、好ましくは、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つ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ものである。

【0071】

貴金属触媒としては、通常、白金 Pt 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 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金属、ランタン La、イットリウム Y のような希土類、および遷移金属から選ばれた少なくとも一つが用いられている。

【0072】

なお、この場合、活性酸素放出剤としては、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。

【0073】

次に、このような活性酸素放出剤を担持するパティキュレートフィルタによって、捕集されたパティキュレートがどのように酸化除去されるかについて、白金 Pt およびカリウム K の場合を例にとりて説明する。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パティキュレート除去作用が行われる。

【0074】

ディーゼルエンジンでは通常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、吸気通路および燃焼室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、この空燃比はリーンとなっている。また、燃焼室内では NO が発生するので排気ガス中には NO 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 は燃焼室内で酸素と反応して SO₂ となる。従って排気ガス中には SO₂ が含まれている。従って過剰酸素、NO および SO₂ を含んだ排気ガスがパティキュレートフィルタ 70 の排気上流側へ流入することになる。

【0075】

図 23 (A) および (B) はパティキュレートフィルタ 70 における排気ガス接触面の拡

10

20

30

40

50

大図を模式的に表わしている。なお、図 23 (A) および (B) において 60 は白金 Pt の粒子を示しており、61 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。

【0076】

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レートフィルタの排ガス接触面内に接触すると、図 23 (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 61 内に吸収され、カリウム K と結合しながら図 23 (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 61 内に拡散し、硝酸カリウム KNO_3 を生成する。このようにして、本実施例では、排気ガスに含まれる NO_x をパティキュレートフィルタ 70 に吸収し、大気中への放出量を大幅に減少させることができる。

10

【0077】

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 61 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 61 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 61 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 61 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。

20

【0078】

排気ガス中のパティキュレートは、図 23 (B) において 62 で示されるように、パティキュレートフィルタに担持された活性酸素放出剤 61 の表面上に付着する。この時、パティキュレート 62 と活性酸素放出剤 61 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 61 内との間で濃度差が生じ、斯くして活性酸素放出剤 61 内の酸素がパティキュレート 62 と活性酸素放出剤 61 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 61 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 がパティキュレート 62 と活性酸素放出剤 61 との接触面に向かい、NO が活性酸素放出剤 61 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 61 内に吸収される。

30

【0079】

一方、このとき活性酸素放出剤 61 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 がパティキュレート 62 と活性酸素放出剤 61 との接触面に向かい、 SO_2 が活性酸素放出剤 61 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 61 内に吸収される。但し、硫酸カリウム K_2SO_4 は、安定化しているために、硝酸カリウム KNO_3 に比べて活性酸素を放出し難い。

【0080】

一方、パティキュレート 62 と活性酸素放出剤 61 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。従ってパティキュレート 62 と活性酸素放出剤 61 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 がパティキュレート 62 に接触するとパティキュレート 62 は数分から数十分の短時間で輝炎を発することなく酸化せしめられる。また、パティキュレート 62 を酸化する活性酸素 O は、活性酸素放出剤 61 へ NO 及び SO_2 が吸収される時にも放出される。すなわち、 NO_x は酸素原子の結合及び分離を繰り返しつつ活性酸素放出剤 61 内において硝酸イオン NO_3^- の形で拡散するものと考えられ、この間にも活性酸素が発生する。パティキュレート 62 はこの活性酸素によっても酸化せしめられる。ま

40

50

た、このようにパティキュレートフィルタ70上に付着したパティキュレート62は活性酸素Oによって酸化せしめられるがこれらパティキュレート62は排気ガス中の酸素によっても酸化せしめられる。

【0081】

ところで白金Pt及び活性酸素放出剤61はパティキュレートフィルタ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61から放出される活性酸素Oの量はパティキュレートフィルタの温度が高くなるほど増大する。また、当然のことながら、パティキュレート自身の温度が高いほど酸化除去され易くなる。従って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することなくパティキュレートを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の温度が高くなるほど増大する。

10

【0082】

図24の実線は単位時間当りに輝炎を発することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量Gを示しており、図24において横軸はパティキュレートフィルタの温度TFを示している。なお、図24は単位時間を1秒とした場合の、すなわち、1秒当たりの酸化除去可能微粒子量Gを示しているがこの単位時間としては、1分、10分等任意の時間を採用することができる。例えば、単位時間として10分を用いた場合には単位時間当たりの酸化除去可能微粒子量Gは10分間当たりの酸化除去可能微粒子量Gを表わすことになり、この場合でもパティキュレートフィルタ70上において単位時間当たりに輝炎を発することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量Gは図24に示されるようにパティキュレートフィルタ70の温度が高くなるほど増大する。

20

【0083】

さて、単位時間当りに燃焼室から排出されるパティキュレート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量Gよりも少ないとき、例えば、1秒当たりの排出微粒子量Mが1秒当たりの酸化除去可能微粒子量Gよりも少ないとき、或いは10分当たりの排出微粒子量Mが10分当たりの酸化除去可能微粒子量Gよりも少ないとき、即ち図24の領域Iでは燃焼室から排出された全てのパティキュレートがパティキュレートフィルタ70上において輝炎を発することなく順次短時間のうちに酸化除去せしめられる。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24の領域IIでは全てのパティキュレートを順次酸化するには活性酸素量が不足している。図25(A)~(C)はこのような場合におけるパティキュレートの酸化の様子を示している。

30

【0084】

即ち、全てのパティキュレートを酸化するには活性酸素量が不足している場合には図25(A)に示すようにパティキュレート62が活性酸素放出剤61上に付着するとパティキュレート62の一部のみが酸化され、十分に酸化されなかったパティキュレート部分がパティキュレートフィルタの排気上流側面上に残留する。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パティキュレート部分が排気上流面上に残留し、その結果図25(B)に示されるようにパティキュレートフィルタの排気上流面が残留パティキュレート部分63によって覆われるようになる。

【0085】

40

このような残留パティキュレート部分63は、次第に酸化され難いカーボン質に変質し、また、排気上流面が残留パティキュレート部分63によって覆われると白金PtによるNO, SO₂の酸化作用及び活性酸素放出剤61による活性酸素の放出作用が抑制される。それにより、時間を掛ければ徐々に残留パティキュレート部分63を酸化させることができるが、図25(C)に示されるように残留パティキュレート部分63の上に別のパティキュレート64が次から次へと堆積する。即ち、パティキュレートが積層状に堆積すると、これらパティキュレートは、白金Ptや活性酸素放出剤から距離を隔てているために、例え酸化され易いパティキュレートであっても活性酸素によって酸化されることはない。従ってこのパティキュレート64上に更に別のパティキュレート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

50

ュレートフィルタ上にはパティキュレートが積層状に堆積してしまう。

【 0 0 8 6 】

このように図 2 4 の領域 I ではパティキュレートはパティキュレートフィルタ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 2 4 の領域 II ではパティキュレートがパティキュレートフィルタ上に積層状に堆積する。従って、排出微粒子量 M と酸化除去可能微粒子量 G との関係を領域 I にすれば、パティキュレートフィルタ上へのパティキュレートの堆積を防止することができる。その結果、パティキュレートフィルタ 7 0 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。しかしながら、これが常に実現されるとは限らず、何もしなければパティキュレートフィルタにはパティキュレートが堆積することがある。

10

【 0 0 8 7 】

本実施例では、前述の電子制御ユニット 3 0 により図 2 6 に示す第一フローチャートに従って弁体 7 1 a を作動制御することにより、パティキュレートフィルタへのパティキュレートの堆積を防止している。本フローチャートは所定時間毎に繰り返される。まず、ステップ 1 0 1 において、弁体 7 1 a の切り換え時期であるか否かが判断される。切り換え時期は、設定時間又は設定走行距離毎とされている。この判断が否定される時にはそのまま終了するが、肯定される時には、ステップ 1 0 2 へ進み、弁体 7 1 a を現在の遮断位置から他方の遮断位置へ回転させる。

【 0 0 8 8 】

20

図 2 7 は、パティキュレートフィルタの隔壁 5 4 の拡大断面図である。前述したように、排気ガスが主に衝突する隔壁 5 4 の排気上流側表面及び細孔内の排気ガス流対向面は、一方の捕集面としてパティキュレートを衝突捕集し、活性酸素放出剤により放出された活性酸素によって捕集パティキュレートを酸化除去するが、設定時間又は設定走行距離を走行する間には、図 2 4 の領域 II での運転が実施されることもあり、図 2 7 (A) に格子で示すように、酸化除去が不十分となってパティキュレートが残留することがある。この程度のパティキュレートの堆積に伴うパティキュレートフィルタの排気抵抗は車両走行に悪影響を与えるほどではないが、さらにパティキュレートが堆積すれば、機関出力の大幅な低下等の問題を発生する。しかしながら、この時点でパティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とが逆転されれば、隔壁 5 4 の一方の捕集面に残留するパティキュレート上には、さらにパティキュレートが堆積することはなく、一方の捕集面から放出される活性酸素によって残留パティキュレートは徐々に酸化除去される。また、隔壁の細孔内に残留するパティキュレートは、逆方向の排気ガス流によって、図 2 7 (B) に示すように、容易に破壊されて細分化され、下流側へ移動する。

30

【 0 0 8 9 】

それにより、細分化された多くのパティキュレートは、隔壁の細孔内に分散し、すなわち、パティキュレートは流動することにより、隔壁の細孔内表面に担持させた活性酸素放出剤と直接的に接触して酸化除去される機会が多くなる。こうして、隔壁の細孔内にも活性酸素放出剤を担持させることで、残留パティキュレートを格段に酸化除去させ易くなる。さらに、この酸化除去に加えて、排気ガスの逆流によって上流側となった隔壁 5 4 の他方の捕集面、すなわち、現在において排気ガスが主に衝突する隔壁 5 4 の排気上流側表面及び細孔内の排気ガス流対向面（一方の捕集面とは反対側の関係となる）では、排気ガス中の新たなパティキュレートが付着して活性酸素放出剤から放出された活性酸素によって酸化除去される。これらの酸化除去の際に活性酸素放出剤から放出された活性酸素の一部は、排気ガスと共に下流側へ移動し、排気ガスの逆流によっても依然として残留するパティキュレートを酸化除去する。

40

【 0 0 9 0 】

すなわち、隔壁における一方の捕集面の残留パティキュレートには、この捕集面から放出される活性酸素だけでなく、排気ガスの逆流によって隔壁の他方の捕集面でのパティキュレートの酸化除去に使用された残りの活性酸素が排気ガスによって到来する。それにより

50

、弁体の切り換え時点において、隔壁の一方の捕集面にある程度パティキュレートが積層状に堆積していたとしても、排気ガスを逆流させれば、残留パティキュレート上に堆積するパティキュレートへも活性酸素が到来することに加えて、さらにパティキュレートが堆積することはないために、堆積パティキュレートは徐々に酸化除去され、次の逆流までに、ある程度の時間があれば、この間で十分に酸化除去可能である。

【0091】

弁体の切り換えは、設定時間又は設定走行距離毎のように定期的にも実施しなくても不定期にも実施するようにしても良い。また、機関減速時毎に弁体を切り換えるようにしても良い。機関減速時の判断には、運転者が車両の減速を意図する動作、例えば、アクセルペダルの開放、ブレーキペダルの踏み込み、及びフューエルカット等のいずれかを検出することが利用可能である。

10

【0092】

また、パティキュレートフィルタへのパティキュレート堆積量が設定量となった時に弁体を切り換えるようにしても良い。パティキュレート堆積量の推定には、例えば、パティキュレート堆積量の増加に伴って増大するパティキュレートフィルタ70の直上流側と直下流側との間の差圧を利用することができ、また、パティキュレート堆積量の増加に伴って低下するパティキュレートフィルタ所定隔壁上の電気抵抗値を利用しても良く、また、パティキュレート堆積量の増加に伴って低下するパティキュレートフィルタ所定隔壁上の光の透過率又は反射率を利用しても良い。また、図24のグラフに基づき、現在の機関運転状態から推定される排出微粒子量Mが現在の機関運転状態から推定されるパティキュレートフィルタの温度を考慮した酸化除去可能微粒子量Gを上回る時の差(M - G)をパティキュレート堆積量として積算するようにしても良い。

20

【0093】

また、排気ガスの空燃比をリッチにすると、すなわち、排気ガス中の酸素濃度を低下させると、活性酸素放出剤61から外部に活性酸素Oが一気に放出される。この一気に放出された活性酸素Oによって、堆積パティキュレートは酸化され易いものとなって容易に酸化除去される。一方、空燃比がリーンに維持されていると白金Ptの表面が酸素で覆われ、いわゆる白金Ptの酸素被毒が生じる。このような酸素被毒が生じるとNO_xに対する酸化作用が低下するためにNO_xの吸収効率が低下し、斯くして活性酸素放出剤61からの活性酸素放出量が低下する。しかしながら空燃比がリッチにされると白金Pt表面上の酸素が消費されるために酸素被毒が解消され、従って空燃比が再びリッチからリーンに切り換えられるとNO_xに対する酸化作用が強まるためにNO_xの吸収効率が高くなり、斯くして活性酸素放出剤61からの活性酸素放出量が増大する。従って、空燃比がリーンに維持されている時に空燃比を時折リーンからリッチに一時的に切り換えるとその都度白金Ptの酸素被毒が解消されるために空燃比がリーンである時の活性酸素放出量が増大し、斯くしてパティキュレートフィルタ70上におけるパティキュレートの酸化作用を促進することができる。さらに、この酸素被毒の解消は、言わば、還元物質の燃焼であるために、発熱を伴ってパティキュレートフィルタを昇温させる。それにより、パティキュレートフィルタにおける酸化除去可能微粒子量が向上し、さらに、残留及び堆積パティキュレートの酸化除去が容易となる。弁体71aによってパティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを切り換えた直後に排気ガスの空燃比をリッチにすれば、パティキュレートが残留していないパティキュレートフィルタ隔壁における他方の捕集面では、一方の捕集面に比較して活性酸素を放出し易いために、さらに多量に放出される活性酸素によって、一方の捕集面の残留パティキュレートをさらに確実に酸化除去することができる。もちろん、弁体71aの切り換えとは無関係に時折排気ガスの空燃比をリッチにしても良く、それにより、パティキュレートフィルタへパティキュレートが残留及び堆積し難くなる。

30

40

【0094】

排気ガスの空燃比をリッチにする方法としては、例えば、前述の低温燃焼を実施すれば良い。また、単に燃焼空燃比をリッチにしても良い。また、圧縮行程での通常の主燃料噴射に加えて、機関燃料噴射弁によって排気行程又は膨張行程において気筒内に燃料を噴射（

50

ポスト噴射)しても良く、又は、吸気行程において気筒内に燃料を噴射(ピゴム噴射)しても良い。もちろん、ポスト噴射又はピゴム噴射は、主燃料噴射との間に必ずしもインターバルを設ける必要はない。また、機関排気系に燃料を供給することも可能である。

【0095】

ところで、本実施例のパティキュレートフィルタでは、前述したように排気ガス中の NO_x を良好に吸収するが、パティキュレートフィルタの構造は、前述したように、捕集壁の細孔を排気ガスが通過するウォールフロー型であり、触媒を担持する隔壁に沿って排気ガスが流れる一般的な触媒装置との比較において、同じ大きさで同量の排気ガスを通させるためには、捕集壁間の寸法を隔壁間の寸法に比較して大きくしなければならない。それにより、パティキュレートフィルタにおいて排気ガスが捕集壁表面に担持された活性酸素放出剤と接触する機会は、モノリス型の触媒装置において触媒と接触する機会より少ない。また、排気ガスは、捕集壁の細孔を通過する際には、この細孔内に担持された活性酸素放出剤に接触するが、主には、捕集壁の表面に担持された活性酸素放出剤にしか接触しない。しかしながら、多数の細孔によって捕集壁表面の触媒担持面積はそれほど大きくない。こうして、 NO_x を吸収する活性酸素放出剤をパティキュレートフィルタに担持させても、排気ガス中の NO_x を十分に浄化することはできない。

10

【0096】

それにより、本実施例では、パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側との逆転に係わらずに常にパティキュレートフィルタの下流側となる位置、すなわち、中央管部材71の中流部分71c内に、前述した貴金属触媒及び活性酸素放出剤として使用可能な物質を NO_x 吸蔵還元触媒として担持する触媒装置73を配置している。それにより、パティキュレートフィルタにおいて吸収されなかった NO_x を良好に吸収して大気中への放出量を十分に低減することが可能となる。もちろん、触媒装置73に担持する NO_x 触媒は、 NO_x 吸蔵還元触媒に限定されることなく、例えば、 NO_x 選択還元触媒のような他の種類の NO_x を浄化する触媒としても良い。

20

【0097】

また、前述したように、パティキュレートフィルタへ還元物質を含むリッチ排気ガスを流入させる際に、又は、低温燃焼を実施してHC及びCOを比較的多く含む排気ガスがパティキュレートフィルタへ流入する際に、還元物質の全てがパティキュレートフィルタの貴金属触媒で酸化されるか又は活性酸素放出剤から放出された NO_x を還元するのに使用されず、パティキュレートフィルタを通過する還元物質を浄化する必要がある。触媒装置73に NO_x 吸蔵還元触媒が担持されていれば、その貴金属触媒及び放出される NO_x の還元浄化によってパティキュレートフィルタを通過する還元物質の浄化が可能となるが、触媒装置73として、少なくとも貴金属触媒のような酸化触媒を担持していれば、パティキュレートフィルタを通過する還元物質の浄化が可能である。

30

【0098】

こうして、パティキュレートフィルタの下流側に NO_x 触媒装置又は酸化触媒装置を配置することは、パティキュレートフィルタを通過する有害物質の浄化に有効である。もし、このような触媒装置をパティキュレートフィルタの上流側に配置すると、パティキュレートフィルタへ十分に NO_x 及び還元物質が供給されなくなって前述したパティキュレートフィルタでのパティキュレートの酸化除去が不十分となるために、パティキュレートフィルタの下流側に触媒装置を配置することが重要である。しかしながら、パティキュレートフィルタの下流側に触媒装置を単に配置しても、触媒装置が機関本体から離れてしまって排気ガスによる触媒装置の昇温が不十分となり、触媒が十分に活性化せずに有害物質の良好な浄化が難しくなる。

40

【0099】

本実施例では、触媒装置73は、パティキュレートフィルタ70の常に下流側となる位置においてパティキュレートフィルタに近接して配置されているために、パティキュレートフィルタでの活性酸素によるパティキュレートの酸化除去及び貴金属触媒での還元物質の燃焼によってパティキュレートフィルタが昇温された際に、パティキュレートフィルタ7

50

0 から触媒装置 7 3 へ十分な熱伝導がなされる。それにより、触媒装置 7 3 は良好に昇温され、触媒を十分に活性化することができる。

【 0 1 0 0 】

しかしながら、機関始動直後は、パティキュレートフィルタの貴金属触媒も活性化しておらず、活性酸素によるパティキュレートの酸化除去及び還元物質の燃焼が不十分となり、パティキュレートフィルタ自身が早期に昇温されることはない。従って、パティキュレートフィルタからの熱伝導により触媒装置が昇温されるまでには比較的長い時間を要し、この間において、 HC 、 CO 、及び NO_x 等の有害物質の大気中への放出量が増大してしまう。本実施例では、機関始動直後において図 2 8 に示すフローチャートにより触媒装置を早期に暖機するようになっている。

10

【 0 1 0 1 】

先ず、ステップ 2 0 1 では、機関始動直後であるか否かが判断され、この判断が否定される時にはそのまま終了するが、肯定される時には、ステップ 2 0 2 において弁体 7 1 a は中間位置とされる。それにより、排気ガスは、パティキュレートフィルタ 7 0 をバイパスして直接的に触媒装置 7 3 へ流入するために、余り冷却されることがなく、触媒装置を良好に昇温することが可能となる。また、ステップ 2 0 3 において排気ガスの昇温制御を実施するようにしても良い。この昇温制御は、例えば、ポスト噴射によって排気行程で気筒内に燃料を供給することにより、排気行程でも燃焼を持続させ、排気ガスの温度を高めること等が考えられる。

【 0 1 0 2 】

20

本実施例では、触媒装置 7 3 を通過した排気ガスは、中央管部材 7 1 の下流部分 7 1 d においてパティキュレートフィルタ 7 0 の回りを通してようになっており、パティキュレートフィルタには排気ガスが通過しないがパティキュレートフィルタの昇温も同時に行うことができる。ステップ 2 0 4 では、温度センサ 7 6 によって触媒装置 7 3 の直下流側における排気ガス温度が触媒装置の温度として検出され、この温度 T が触媒装置 7 3 に担持された触媒の活性化温度 T_1 に達したか否かが判断される。この判断が肯定されると、触媒装置 7 3 の暖機は完了したとして、ステップ 2 0 5 において、排気ガスの昇温制御は停止され、ステップ 2 0 6 において弁体 7 1 a はいずれかの遮断位置とされる。もちろん、触媒装置の温度は、触媒装置の直上流側の排気ガス温度、すなわち、触媒装置へ流入する排気ガス温度を検出して、この排気ガス温度に基づき推定するようにしても良い。また、

30

【 0 1 0 3 】

こうして、触媒装置 7 3 の暖機が完了して初めてパティキュレートフィルタへ排気ガスが流入し、パティキュレートの捕集が開始されることとなり、それまでの間においては、パティキュレートは大気中へ放出されることとなる。しかしながら、触媒装置 7 3 の暖機完了までにはそれほど長い時間は必要とされず、それほど問題とはならない。また、触媒装置 7 3 の暖機完了時においては、前述したようにパティキュレートフィルタもある程度昇温されており、酸化除去可能微粒子量が向上している。それにより、捕集開始からパティキュレートの良好な酸化除去が可能である。

40

【 0 1 0 4 】

さらに、機関始動直後は、パティキュレートフィルタの温度も低く、パティキュレートを良好に酸化除去することができないために、この時にパティキュレートを捕集させると、パティキュレートは堆積してパティキュレートフィルタの目詰まりが起り易くなる。それにより、パティキュレートフィルタの目詰まり防止には、機関始動直後はパティキュレートフィルタへ排気ガスを流入させないことが好ましい。また、パティキュレートフィルタを昇温するために排気ガス中に還元物質を含ませてパティキュレートフィルタの貴金属触媒で燃焼させるようにしても、パティキュレートフィルタへ排気ガスを流入させる時点で触媒装置 7 3 は十分に機能するようになっているために、パティキュレートフィルタを通過する一部の還元物質を触媒装置によって良好に浄化することができる。

50

【0105】

前述した NO_x 吸蔵還元触媒は、触媒温度が低過ぎても高過ぎても良好に NO_x を浄化することができず、 NO_x 浄化に最適な温度範囲（約300 から約500 ）を有している。このような NO_x 吸蔵還元触媒が触媒装置に担持されている場合には、触媒装置温度をこの温度範囲内に制御することが必要とされる。しかしながら、パティキュレートフィルタ70を通過する排気ガスを単に触媒装置へ流入させるだけでは、このような制御が実現されずに触媒装置の浄化性能が悪化することがある。本実施例では、図29に示す第三フローチャートによって触媒装置の温度を制御するようになっている。

【0106】

10 10
先ず、ステップ301においては、温度センサ76によって触媒装置73の直下流側の排気ガス温度Tを触媒温度として検出し、この触媒温度Tが温度範囲下限値T1（300 ）以上であるか否かが判断される。この判断が否定される時には、ステップ302において、弁体71aを中間位置として排気ガスがパティキュレートフィルタ70をバイパスして直接的に触媒装置へ流入するようにする。次いでステップ303においては触媒装置の昇温制御を実施する。この昇温制御は、前述したいずれかの方法で排気ガスに比較的多くの還元物質が含まれるようにすることである。還元物質は、触媒装置に担持された貴金属触媒によって燃焼させられ、この燃焼熱によって触媒装置を昇温することが可能となる。また、昇温制御は、ポスト噴射等によって排気行程でも燃焼を持続させることにより、触媒装置へ流入する排気ガス温度を高めることでも良い。いずれの昇温制御でも、排気ガスを直接的に触媒装置へ流入させることにより、パティキュレートフィルタにおいて還元物質が消費されたり、排気ガスが冷却されたりしないために、触媒装置の効果的な昇温が可能となる。 20

【0107】

一方、触媒装置の温度Tが温度範囲下限値T1以上となっている時には、ステップ301における判断が肯定されてステップ304に進み、触媒装置の温度Tが温度範囲上限値T2（500 ）以下であるか否かが判断される。この判断が否定される時には、ステップ305において、弁体71aを中間位置として排気ガスがパティキュレートフィルタ70をバイパスして直接的に触媒装置へ流入するようにする。次いでステップ306においては触媒装置の降温制御を実施する。この降温制御は、理論空燃比又はリーン空燃比での低温燃焼を実施することである。低温燃焼によって燃焼温度は低下して排気ガス温度が低くなり、触媒装置を降温することができる。低温燃焼において燃焼空燃比をリッチにすると、排気ガス中に還元物質が多く含まれ、前述の昇温制御となってしまう。また、降温制御は、フューエルカットとして排気ガス温度を下げるようにしても良い。機関加速時では、フューエルカットは難しいが、それ以外の運転状態では瞬間的にフューエルカットを実施してもそれほど問題とはならないために、瞬間的なフューエルカットを繰り返して触媒装置を降温することが可能である。また、機関減速時となるのを待って弁体71aを中間位置とすると共にフューエルカットを実施するようにしても良い。いずれの降温制御でも、排気ガスを直接的に触媒装置へ流入させることにより、パティキュレートフィルタにおいてパティキュレートの酸化除去等により排気ガスが加熱されることがないために、触媒装置の効果的な降温が可能となる。 30 40

【0108】

前述の昇温制御及び降温制御のような温度制御によって、又は、温度制御しなくても、触媒装置の温度が温度範囲内となっていれば、ステップ301及び304における判断はいずれも肯定され、ステップ307において、温度制御が実施されている場合には、これを停止し、また、ステップ308において、弁体が中間位置とされているならば、弁体を二つの遮断位置の一方として、排気ガスがパティキュレートフィルタを通過するようにする。ステップ308において、弁体を中間位置から遮断位置とする時には、中間位置とされる以前の遮断位置とは異なる遮断位置とすることが好ましい。それにより、この温度制御に際してパティキュレートフィルタの上流側と下流側とが逆転されることとなり、前述したようにパティキュレートフィルタの目詰まりを発生し難くすることができる。触媒装置 50

73に担持されている触媒が、 NO_x 吸蔵還元触媒のように良好に機能する温度領域が下限値と上限値とを有する場合には、こうして触媒装置の昇温制御と降温制御とが必要になるが、酸化触媒が担持されている場合には、良好に機能する温度領域は下限値しか有しておらず、ステップ304から306における触媒装置の降温制御は不要となる。

【0109】

ところで、本実施例のように、パティキュレートフィルタの下流側に触媒装置を配置していると、パティキュレートフィルタから剥離した比較的大きなパティキュレートの塊が排気ガスと共に触媒装置へ流入して触媒装置入り口又は触媒装置内に留まり、触媒装置の排気抵抗を増加させることがある。本実施例のように、パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とが逆転されるものでは、何らかの要因によって多量のパティキュレートがパティキュレートフィルタに堆積していると、この逆転時において特にパティキュレートの塊がパティキュレートフィルタから剥離し易い。しかしながら、このパティキュレートの剥離は、一方でパティキュレートフィルタからパティキュレートが除去されることであり、パティキュレートフィルタの目詰まり防止には有効であり、また、多量の堆積パティキュレートが一度に着火燃焼すると、パティキュレートフィルタが非常に高温度となって溶損することがあり、この危険を回避するためにも効果的である。

10

【0110】

しかしながら、剥離したパティキュレートが触媒装置の排気抵抗を増加させることは機関出力を低下させるために好ましくなく、これを防止しなければならない。本実施例では、図30に示す第四フローチャートによって触媒装置へ剥離パティキュレートが留まることを防止している。まず、ステップ401では、ブレーキスイッチ等を利用してブレーキペダルが踏み込まれたか否かが判断される。この判断が否定される時にはそのまま終了するが、この判断が肯定される時には、ステップ402において排気絞り弁75を開弁して排気抵抗を増大させることにより、排気ブレーキを発生させる。次いで、ステップ403において弁体71aを中間位置とする。通常、ブレーキペダルが踏み込まれて機関減速時となると、フューエルカットによって燃焼が行われなために、排気ガスにはパティキュレートが含まれることはなく、弁体71aを中間位置として排気ガスがパティキュレートフィルタをバイパスするようにしてもパティキュレートが大気中へ放出されることはない。

20

【0111】

ステップ404では、踏み込まれたブレーキペダルが解放されたか否かが判断される。この判断は、肯定されるまで繰り返され、肯定されると、車両減速は必要なくなったとして、ステップ405において排気絞り弁405を開弁する。この開弁によって、排気絞り弁75の上流側で高圧とされた排気ガスが一気に排気絞り弁を通過する。この排気ガスは非常に高速であり、中間位置とされた弁体71aを介して直接的に触媒装置へ流入するために、触媒装置へ留まるパティキュレートの塊を破壊して又はそのまま触媒装置の下流側へ排出する。こうして、触媒装置からパティキュレートの塊を除去することが可能となる。次いで、ステップ406では、弁体71aを二つの遮断位置の一方として、排気ガスがパティキュレートフィルタを通過するようにする。ステップ406において、弁体を中間位置から遮断位置とする時には、中間位置とされる以前の遮断位置とは異なる遮断位置とすることが好ましい。それにより、この温度制御に際してパティキュレートフィルタの上流側と下流側とが逆転されることとなり、前述したようにパティキュレートフィルタの目詰まりを発生し難くすることができる。

30

40

【0112】

本実施例において、排気絞り弁75を開弁する直前には、弁体71aは中間位置とされており、排気絞り弁75の開弁時に高速の排気ガスがパティキュレートフィルタをバイパスして直接的に触媒装置へ流入するようになっている。これにより、高速の排気ガスを確実に触媒装置へ流入させると共に、高速の排気ガスがパティキュレートフィルタを通過してパティキュレートフィルタからパティキュレートの塊が剥離することを防止している。しなしながら、パティキュレートフィルタへの堆積パティキュレートが多量となっている時には、この高速排気ガスをパティキュレートフィルタからのパティキュレートの剥離に積

50

極的に使用することも可能である。

【0113】

本実施例において、排気絞り弁は、触媒装置の上流側に配置したが、これは本発明を限定するものではなく、触媒装置の下流側に配置するようにしても良い。このような配置によっても、排気絞り弁の開弁によって触媒装置内をゆっくりと流れていた排気ガスは、排気絞り弁の開弁によって触媒装置内を高速で流れることとなり、前述同様に、触媒装置内からパティキュレート塊を除去することができる。

【0114】

前述したように、触媒装置73に NO_x 吸蔵還元触媒が担持されている場合には、触媒装置の温度を温度範囲上限値以下にすることが必要であるが、触媒装置73がパティキュレートフィルタ70の下流側に配置されていると、実際的には、触媒装置の温度が温度範囲上限値を越えて高まることは殆どなく、触媒装置の温度を温度範囲下限値以上に維持するために、できる限り触媒装置を昇温することが必要とされる。また、触媒装置73に酸化触媒が担持されている場合にも、温度範囲上限値を有さないために、できる限り触媒装置を昇温することが必要とされる。

【0115】

図31は、このために実施される第五フローチャートである。先ず、ステップ501において、機関減速時であるか否かが判断される。この判断には、ブレーキペダルの踏み込み、又は、アクセルペダルの解放等の検出を利用することができる。この判断が否定される時にはそのまま終了するが、肯定される時には、ステップ502において、弁体71aは中間位置とされ、排気ガスがパティキュレートフィルタをバイパスして直接的に触媒装置へ流入するようにする。次いで、ステップ503では、触媒装置の昇温制御が実施される。

【0116】

この昇温制御は、第三フローチャートと同様に、排気ガスに比較的多くの還元物質が含まれるようにすることである。還元物質は、触媒装置に担持された貴金属触媒によって燃焼させられ、この燃焼熱によって触媒装置を昇温することが可能となる。また、機関減速時においてもフューエルカットせずに燃焼を持続する場合には、昇温制御として、ポスト噴射等によって排気行程でも燃焼を持続させることにより、触媒装置へ流入する排気ガス温度を高めるようにしても良い。いずれの昇温制御でも、排気ガスを直接的に触媒装置へ流入させることにより、パティキュレートフィルタにおいて還元物質が消費されたり、排気ガスが冷却されたりしないために、触媒装置の効果的な昇温が可能となる。

【0117】

ステップ504では、機関減速が終了したか否かが判断され、この判断は、肯定されるまで繰り返されて、前述の昇温制御が継続される。ステップ504における判断が肯定される時にはステップ505において昇温制御を停止し、ステップ506において弁体を二つの遮断位置の一方として排気ガスがパティキュレートフィルタを通過するようにする。前述したように、弁体は、中間位置とする以前の遮断位置と異なる遮断位置することが好ましい。

【0118】

還元物質による触媒装置の昇温制御においては、一部の還元物質が触媒装置を通過して大気中へ放出される可能性があり、又は、ポスト噴射による昇温制御では燃料消費率が悪化するために、不必要に実施することは好ましくない。それにより、例えば、機関減速時直前に高回転高負荷運転が実施されていて触媒装置の温度が十分に高いことが予測される時には、機関減速時となっても弁体を中間位置とせず、また、昇温制御も実施しないことが好ましい。また、特に還元物質による昇温制御は、触媒装置における貴金属触媒が活性化していないと意味がないために、例えば、機関始動直後は、貴金属触媒が不活性であるとして、機関減速時となっても還元物質による昇温制御は実施しないことが好ましい。もちろん、貴金属触媒が不活性でもポスト噴射によって排気ガス温度を高める昇温制御は実施可能である。

10

20

30

40

50

【0119】

ところで、排気ガス中のカルシウム Ca は SO_3 が存在すると、硫酸カルシウム CaSO_4 を生成する。この硫酸カルシウム CaSO_4 は、酸化除去され難く、パティキュレートフィルタ上にアッシュとして残留することとなる。従って、硫酸カルシウムの残留によるパティキュレートフィルタの目詰まりを防止するためには、活性酸素放出剤 61 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 を用いることが好ましく、それにより、活性酸素放出剤 61 内に拡散する SO_3 はカリウム K と結合して硫酸カリウム K_2SO_4 を形成し、カルシウム Ca は SO_3 と結合することなくパティキュレートフィルタの隔壁を通過する。従ってパティキュレートフィルタがアッシュによって目詰まりすることがなくなる。こうして、前述したように活性酸素放出剤 61 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。

10

【0120】

また、活性酸素放出剤としてパティキュレートフィルタに白金 Pt のような貴金属のみを担持させても、白金 Pt の表面上に保持される NO_2 又は SO_3 から活性酸素を放出させることができる。ただし、この場合には酸化除去可能微粒子量 G を示す実線は図 24 に示す実線に比べて若干右側に移動する。また、活性酸素放出剤としてセリアを用いることも可能である。セリアは、排気ガス中の酸素濃度が高いと酸素を吸収し ($\text{Ce}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{CeO}_2$)、排気ガス中の酸素濃度が低下すると活性酸素を放出する ($2\text{CeO}_2 \rightarrow \text{Ce}_2\text{O}_3$) ものであるために、パティキュレートの酸化除去のために、排気ガス中の空燃比を定期的又は不定期にリッチにする必要がある。セリアに代えて、鉄又は錫を使用しても良い。

20

【0121】

また、活性酸素放出剤として排気ガス中の NO_x 浄化に使用される NO_x 吸蔵還元触媒を用いることも可能である。この場合においては、 NO_x 又は SO_x を放出させるために排気ガスの空燃比を少なくとも一時的にリッチにする必要がある。

【0122】

本実施例において、パティキュレートフィルタ自身が活性酸素放出剤を担持して、この活性酸素放出剤が放出する活性酸素によりパティキュレートが酸化除去されるものとしたが、これは、本発明を限定するものではない。例えば、活性酸素及び活性酸素と同等に機能する二酸化窒素等のパティキュレート酸化成分は、パティキュレートフィルタ又はそれに担持させた物質から放出されても、外部からパティキュレートフィルタへ流入するようにしても良い。パティキュレート酸化成分が外部から流入する場合においても、パティキュレートを捕集するために、捕集壁の第一捕集面と第二捕集面とを交互に使用することで、排気下流側となった一方の捕集面では、新たにパティキュレートが堆積することなく、この堆積パティキュレートを、他方の捕集面から流入するパティキュレート酸化成分によって徐々にでも酸化除去して、堆積パティキュレートをある程度の時間で十分に酸化除去することが可能である。この間において、他方の捕集面では、パティキュレートの捕集と共にパティキュレート酸化成分による酸化が行われるために、前述同様な効果がもたらされる。

30

40

【0123】

本実施例のディーゼルエンジンは、低温燃焼と通常燃焼とを切り換えて実施するものとしたが、これは本発明を限定するものではなく、もちろん、通常燃焼のみを実施するディーゼルエンジン、又はパティキュレートを排出するガソリンエンジンにも本発明は適用可能である。

【0124】

ところで、前述した触媒装置 73 は、一般的なモノリス型の担体を有するものとしたが、図 32 に示すような断面を有する触媒装置 731 としても良い。図 32 に示す触媒装置 731 は、外枠 731e 内に、前述のパティキュレートフィルタ 70 と同様に、コージライ

50

トのような多孔質材料から形成された多数の軸線方向に延在する隔壁 731a を有している。各隔壁 731a によって触媒装置 731 内は多数の軸線方向空間 731b に細分されている。

【0125】

隣接する二つの軸線方向空間 731b の一方を取り囲む隔壁 731a は排気上流側において外側へ向けての先細形状を呈して先細形状部 731c を形成する。また、他方を取り囲む隔壁 731a は排気下流側において外側へ向けての先細形状を呈して先細形状部 731c を形成する。各先細形状部 731c は、例えば、軸線方向空間 731b が矩形断面を有する場合には四角錐形状となり、このように、軸線方向空間 731b の断面形状に応じた角錐形状となる。排気上流側の先細形状部 731c によって取り囲まれた軸線方向空間 731b の排気上流側の開口面積は、軸線方向空間 731b の断面積（中央部の断面積）よりかなり大きくなる。

10

【0126】

排気上流側及び排気下流側の先細形状部 731c は、それぞれに対応する軸線方向空間 731b を閉鎖してはならず、軸線方向空間 731b の断面積より小さな断面積を有する通路 731d を有している。それにより、本触媒装置 731 へ流入する排気ガスは、排気上流側において先細形状部 731c を有する約半数の軸線方向空間 731b へは点線矢印で示すように小さな断面積を有する通路 731d を介して流入することとなるが、排気上流側において先細形状部 731c を有さない約半数の軸線方向空間 731b へは大きな開口を介して流入することとなり、本触媒装置 731 における全体的な排気ガスの流入抵抗は、モノリス型担体の触媒装置と大きな差はない。

20

【0127】

また、大きな開口を介して、対応する軸線方向空間 731b へ流入した排気ガスは、この軸線方向空間 731b が排気下流側において先細形状部 731c を有するために、点線矢印で示すように、その一部は先細形状部 731c の通路 731c を介して流出するが、主には、実線矢印で示すように、この軸線方向空間 731b を取り囲む隔壁 731a を通過し、隣接する軸線方向空間 731b から流出する。それにより、本触媒装置 731 における全体的な排気ガスの流出抵抗も、モノリス型担体の触媒装置と大きな差はない。こうして、排気ガスは、モノリス型担体の触媒装置と同様に、容易に本触媒装置 731 を通過する。

30

【0128】

各隔壁 731a には、前述の触媒装置 73 と同様に、 NO_x 吸蔵還元触媒、 NO_x 選択還元触媒、又は酸化触媒が担持されている。それにより、本触媒装置 731 は、前述の触媒装置 73 と同様に、排気ガス中の NO_x や還元物質等のようなパティキュレートフィルタ 70 を通過した有害物質を大気放出以前に良好に浄化することができる。さらに、本触媒装置 731 は、前述したように、各隔壁 731a を排気ガスが通過するようになっているために、パティキュレートフィルタ 70 と同様に、各隔壁 731a によってパティキュレートを捕集することができる。例えば機関始動時のように、弁体 71a を中間位置とする時、又は、弁体 71a を切り換えている間は、パティキュレートを含む排気ガスがパティキュレートフィルタ 70 をバイパスすることとなるが、この時において、排気ガス中のパティキュレートは、本触媒装置 731 によって捕集され、大気中へ放出されることはない。

40

【0129】

こうして捕集されたパティキュレートは、本触媒装置 731 が、 NO_x 吸蔵還元触媒として、パティキュレートフィルタ 70 と同様な貴金属触媒と活性酸素放出剤として使用可能な物質とを担持している場合には、この物質から放出される活性酸素によってパティキュレートフィルタ 70 上と同様に酸化除去され、本触媒装置 731 の隔壁 731a にパティキュレートが堆積することはない。また、本触媒装置 731 が、酸化触媒として、白金 Pt のような貴金属触媒を担持している場合にも、前述したように活性酸素を放出させることができ、隔壁 731 へのパティキュレートの堆積を防止することができる。

50

【 0 1 3 0 】

触媒装置 7 3 1 へは、パティキュレートフィルタ 7 0 をバイパスする排気ガス中のパティキュレートやパティキュレートフィルタ 7 0 により捕集できなかったパティキュレートが到来するだけであるために、パティキュレートフィルタ 7 0 と同様な考え方に基づく触媒装置 7 3 1 の酸化除去可能微粒子量を上回ってパティキュレートが触媒装置 7 3 1 に捕集される可能性は少ない。

【 0 1 3 1 】

もし、何らかの要因によって触媒装置 7 3 1 の隔壁 7 3 1 a に比較的多量のパティキュレートが堆積したとしても、又は、触媒装置 7 3 1 の隔壁 7 3 1 a に担持された触媒が活性酸素を放出しないもので長期使用によって隔壁 7 3 1 a に比較的多量のパティキュレートが堆積したとしても、本触媒装置 7 3 1 は、各先細形状部 7 3 1 c に通路 7 3 1 d が設けられているために、パティキュレートの堆積によって各隔壁 7 3 1 a を排気ガスが通過できなくなっても、排気ガスは、排気上流側の各先細形状部 7 3 1 c の通路 7 3 1 d を介して対応する軸線方向空間 7 3 1 b へ流入して、そのまま、対応する軸線方向空間 7 3 1 b から流出することができ、また、排気上流側の各先細形状部 7 3 1 c に隣接する大きな各開口を介して対応する軸線方向空間 7 3 1 b へ流入して、対応する排気下流側の先細形状部 7 3 1 c の通路 7 3 1 d から流出することができる。

10

【 0 1 3 2 】

こうして、各隔壁 7 3 1 a に多量のパティキュレートが堆積しても、触媒装置 7 3 1 の排気抵抗が異常に高まって車両走行が不可能となるようなことはない。もちろん、この時においても、排気ガスが触媒装置 7 3 1 を通過する際には、隔壁 7 3 1 a 表面に担持された触媒と接触するために、H C、C O、及び、N O_x 等の排気ガス中の有害成分は担持された触媒に応じて浄化可能である。

20

【 0 1 3 3 】

図 3 3 は、図 3 2 に基づき説明した触媒装置 7 3 1 の第一変形例を示す断面図である。図 3 2 の触媒装置との違いのみを以下に説明する。本触媒装置 7 3 2 では、排気上流側の先細形状部に代えて栓 7 3 2 c が設けられ、栓 7 3 2 c によって、対応する軸線方向空間 7 3 2 b が排気上流側において閉鎖されている。排気下流側の先細形状部は省略されている。また、7 3 2 e は外枠であり、7 3 2 a は同様に多孔質材料から形成された隔壁である。

30

【 0 1 3 4 】

このように構成された触媒装置 7 3 2 において、排気ガスは、栓 7 3 2 c によって閉鎖された軸線方向空間 7 3 2 b によって取り囲まれて、栓 7 3 2 c が設けられていない軸線方向空間 7 3 2 b へ流入し、実線矢印で示すように、一部の排気ガスは、そのまま、この軸線方向空間 7 3 2 b から流出するが、一部の排気ガスは、隔壁 7 3 2 a を通過して、この軸線方向空間 7 3 2 b に隣接する軸線方向空間 7 3 2 b から流出する。

【 0 1 3 5 】

こうして、隔壁 7 3 2 a を通過する排気ガス中のパティキュレートは、隔壁 7 3 2 a によって捕集される。隔壁 7 3 2 a によって捕集されたパティキュレートは、図 3 2 の触媒装置と同様に、隔壁 7 3 2 a に担持された触媒から放出される活性酸素によって酸化除去されるが、もし、隔壁 7 3 2 a に多量のパティキュレートが堆積しても、排気ガスは、栓 7 3 2 c が設けられていない軸線方向空間 7 3 2 b へ流入して、そのまま、この軸線方向空間 7 3 2 b から流出することができるために、触媒装置 7 3 2 の排気抵抗が異常に高まって車両走行が不可能となるようなことはない。もちろん、この時においても、排気ガスが触媒装置 7 3 2 を通過する際には、隔壁 7 3 2 a 表面に担持された触媒と接触するために、H C、C O、及び、N O_x 等の排気ガス中の有害成分は担持された触媒に応じて浄化可能である。

40

【 0 1 3 6 】

図 3 4 は、図 3 2 に基づき説明した触媒装置 7 3 1 の第二変形例を示す断面図である。図 3 3 の第一変形例との違いのみを以下に説明する。本触媒装置 7 3 3 では、排気上流側に

50

栓 7 3 3 c が設けられていない軸線方向空間 7 3 3 b には、排気下流側においてだけ、隔壁 7 3 3 a へ触媒を担持させるための触媒コート層（例えば、アルミナ）を厚くしている。この厚い触媒コート層 7 3 3 d によって、排気上流側に栓 7 3 3 c が設けられていない軸線方向空間 7 3 3 b は、排気下流側において断面積が絞られ、この軸線方向空間 7 3 3 b から排気ガスが流出し難くなる。

【 0 1 3 7 】

それにより、図 3 3 の第一変形例に比較して、栓 7 3 3 c が設けられていない軸線方向空間 7 3 3 b へ流入した排気ガスは、点線矢印で示すそのままこの軸線方向空間 7 3 3 b から流出する量が減少し、実線矢印で示す隔壁 7 3 3 a を通過してこの軸線方向空間 7 3 3 b に隣接する軸線方向空間 7 3 3 b から流出する量が増加する。

10

【 0 1 3 8 】

点線矢印で示す排気ガス流れでは、この排気ガス流れに含まれるパティキュレートを捕集することができないが、こうして、軸線方向空間 7 3 3 b をそのまま通過する排気ガス量を減少させることにより、触媒装置 7 3 3 へ流入する排気ガス中のパティキュレートの多くを隔壁 7 3 3 a によって捕集することができる。もし、隔壁 7 3 3 a に多量のパティキュレートが堆積しても、排気ガスは、栓 7 3 3 c が設けられていない軸線方向空間 7 3 3 b へ流入して、そのまま、軸線方向空間 7 3 3 b の触媒コート層 7 3 3 d によって絞られた排気下流側から流出することができるために、触媒装置 7 3 3 の排気抵抗が異常に高まって車両走行が不可能となるようなことはない。もちろん、この時においても、排気ガスが触媒装置 7 3 3 を通過する際には、隔壁 7 3 3 a 表面に担持された触媒と接触するために、H C、C O、及び、N O_x 等の排気ガス中の有害成分は担持された触媒に応じて浄化可能である。

20

【 0 1 3 9 】

図 3 5 は、図 3 2 に基づき説明した触媒装置 7 3 1 の第三変形例を示す断面図である。図 3 2 の触媒装置との違いのみを以下に説明する。本触媒装置 7 3 4 では、排気下流側の先細形状部の代りに、第二変形例と同様な厚い触媒コート層 7 3 4 d が設けられている。

【 0 1 4 0 】

このような構成によっても、図 3 2 の触媒装置 7 3 1 と同様な効果を得ることができる。また、隔壁 7 3 4 a によって先細形状部 7 3 4 c を形成して通路 7 3 4 f を設けるよりも、厚い触媒コート層 7 3 4 d を設けることの方が容易であるために、本触媒装置 7 3 4 は、図 3 2 の触媒装置 7 3 1 に比較して製造が簡単となる。もちろん、本触媒装置 7 3 4 において、排気上流側の先細形状部 7 3 4 c 及び通路 7 3 4 f を、排気下流側と同様に、厚い触媒コート層に代えることも可能であり、それにより、さらに製造が容易となる。

30

【 0 1 4 1 】

図 3 6 は、図 3 2 に基づき説明した触媒装置 7 3 1 の第四変形例を示す断面図である。図 3 4 の第二変形例 7 3 3 との違いのみを以下に説明する。本触媒装置 7 3 5 では、栓 7 3 5 c が排気上流側ではなく排気下流側に設けられ、厚い触媒コート層 7 3 5 d が排気下流側ではなく排気上流側に設けられている。

【 0 1 4 2 】

また、排気下流側が栓 7 3 5 c によって閉鎖された軸線方向空間 7 3 5 b の排気上流側において、この軸線方向空間 7 3 5 b を取り囲む隔壁 7 3 5 a が面取りされ、この軸線方向空間 7 3 5 b は排気上流側で大きく開口するようになっている。それにより、排気ガスがこの軸線方向空間 7 3 5 b へ流入し易くなっている。

40

【 0 1 4 3 】

このような構成により、本触媒装置 7 3 5 へ流入する排気ガスは、排気上流側において大きな開口を有する約半数の軸線方向空間 7 3 5 b へ流入すると共に、点線で示すように、排気上流側において厚い触媒コート層 7 3 5 d により絞られた約半数の軸線方向空間 7 3 5 b へも流入する。

【 0 1 4 4 】

また、大きな開口を有する軸線方向空間 7 3 5 b は、排気下流側を栓 7 3 5 c により閉鎖

50

されているために、この軸線方向空間 7 3 5 b へ流入した排気ガスは、実線矢印で示すように、この軸線方向空間 7 3 5 b を取り囲む隔壁 7 3 5 a を確実に通過して、隣接する軸線方向空間 7 3 5 b から流出する。

【 0 1 4 5 】

こうして、本触媒装置 7 3 5 においては、流入した排気ガスの多くが隔壁 7 3 5 b を通過することとなり、隔壁 7 3 5 b によって排気ガス中のパティキュレートを良好に捕集することができる。隔壁 7 3 5 a によって捕集されたパティキュレートは、図 3 2 の触媒装置と同様に、隔壁 7 3 5 a に担持された触媒から放出される活性酸素によって酸化除去されるが、もし、隔壁 7 3 5 a に多量のパティキュレートが堆積しても、排気ガスは、厚い触媒コート層 7 3 5 d によって排気上流側を絞られた軸線方向空間 7 3 5 b へ流入して、そのまま、この軸線方向空間 7 3 5 b から流出することができるために、触媒装置 7 3 5 の排気抵抗が異常に高まって車両走行が不可能となるようなことはない。もちろん、この時においても、排気ガスが触媒装置 7 3 5 を通過する際には、隔壁 7 3 5 a 表面に担持された触媒と接触するために、H C、C O、及び、N O_x 等の排気ガス中の有害成分は担持された触媒に応じて浄化可能である。

10

【 0 1 4 6 】

図 3 7 は、排気浄化装置のもう一つの実施形態を示す平面図であり、図 3 8 はその側面図である。図 1 8 及び 1 9 に示す排気浄化装置との違いは、触媒装置 7 3 ' の位置だけである。本排気浄化装置における触媒装置 7 3 ' は、排気浄化装置を構成する中央管部材 7 1 の下流部分 7 1 d 内において、パティキュレートフィルタ 7 0 の外側ケース 7 0 a 回りに配置されている。それにより、この触媒装置 7 3 ' の断面形状は、下流部分 7 1 d が円形断面を有する場合には、この円形断面形状から中央の外側ケース 7 0 a の矩形断面形状が除去された形状となる。

20

【 0 1 4 7 】

こうして、触媒装置 7 3 ' は、前述の排気浄化装置に比較して、さらにパティキュレートフィルタ 7 0 に近接して配置されることとなる。それにより、パティキュレートフィルタ 7 0 での活性酸素によるパティキュレートの酸化除去及び貴金属触媒での還元物質の燃焼によってパティキュレートフィルタが昇温された際に、パティキュレートフィルタ 7 0 から触媒装置 7 3 ' へさらに十分な熱伝導がなされ、触媒装置 7 3 ' は良好に昇温されて触媒を十分に活性化することができる。

30

【 0 1 4 8 】

また、この触媒装置 7 3 ' の位置によって、パティキュレートフィルタ 7 0 の外側ケース 7 0 a を介しての放熱は、主に触媒装置 7 3 ' を加熱することに使用される。それにより、触媒装置 7 3 ' の温度が上昇すれば、パティキュレートフィルタ 7 0 からの放熱量を減少させることができ、これは、パティキュレートフィルタ 7 0 自身の温度を高く維持してパティキュレートフィルタ 7 0 の酸化除去可能微粒子量を高めることとなる。

【 0 1 4 9 】

また、触媒装置 7 3 ' の温度が排気ガスの浄化に伴う発熱によってパティキュレートフィルタ 7 0 の温度より高くなれば、逆に触媒装置 7 3 ' からパティキュレートフィルタ 7 0 へ良好な熱伝導がなされ、パティキュレートフィルタ 7 0 を昇温して酸化除去可能微粒子量を向上させることができる。もちろん、前述の排気浄化装置における触媒装置 7 3 でも、温度が十分に高くなれば、熱伝導によってパティキュレートフィルタ 7 0 を昇温することができる。本排気浄化装置における触媒装置 7 3 ' は、前述の触媒装置 7 3 と同様な触媒を担持させることができ、また、モノリス型の担体又は前述の図 3 2 から図 3 6 に示した担体が使用可能である。

40

【 0 1 5 0 】

【 発明の効果 】

このように、本発明による内燃機関の排気浄化装置によれば、機関排気系に配置されてパティキュレートを捕集するパティキュレートフィルタと、パティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とを逆転するための逆転手段とを具備し、パティキュレートフィル

50

タにおいては捕集したパティキュレートが酸化させられ、パティキュレートフィルタは、パティキュレートを捕集するための捕集壁を有し、捕集壁は第一捕集面と第二捕集面とを有し、逆転手段によってパティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側とが逆転されることによりパティキュレートを捕集するために捕集壁の第一捕集面と第二捕集面とが交互に使用され、パティキュレートフィルタの常に下流側となる位置において触媒装置がパティキュレートフィルタに近接して配置されている。それにより、運転状態によっては、パティキュレートの酸化が不十分となってパティキュレートフィルタ捕集壁の第一捕集面にはある程度パティキュレートが残留することがあるが、逆転手段によるパティキュレートフィルタの排気上流側と排気下流側との逆転によって、捕集壁の第一捕集面には新たにパティキュレートが堆積することはなく、堆積パティキュレートを徐々に酸化除去可能である。同時に、捕集壁の第二捕集面によってパティキュレートの捕集及び酸化が開始される。こうして、パティキュレートの捕集に第一捕集面と第二捕集面とが交互に使用されると、常に単一の捕集面でパティキュレートを捕集する場合に比較して、各捕集面でのパティキュレート捕集量を低減することができ、パティキュレートの酸化除去に有利となるために、パティキュレートフィルタにはパティキュレートが堆積することはなく、パティキュレートフィルタの目詰まりを防止することができる。

10

【0151】

また、パティキュレートフィルタの常に下流側となる位置には触媒装置がパティキュレートフィルタに近接して配置されているために、触媒装置は、パティキュレートフィルタからの熱伝導によって昇温されて比較的良好に機能し、パティキュレート以外の排気ガスに

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による排気浄化装置を備えるディーゼルエンジンの概略縦断面図である。

【図2】図1の燃焼室の拡大縦断面図である。

【図3】図1のシリンダヘッドの底面図である。

【図4】燃焼室の側面断面図である。

【図5】吸排気弁のリフトと燃料噴射を示す図である。

【図6】スモークおよび NO_x の発生量等を示す図である。

【図7】燃焼圧を示す図である。

【図8】燃料分子を示す図である。

30

【図9】スモークの発生量とEGR率との関係を示す図である。

【図10】噴射燃料量と混合ガス量との関係を示す図である。

【図11】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。

【図12】空燃比センサの出力を示す図である。

【図13】スロットル弁の開度等を示す図である。

【図14】第1の運転領域Iにおける空燃比を示す図である。

【図15】スロットル弁等の目標開度のマップを示す図である。

【図16】第二燃焼における空燃比を示す図である。

【図17】スロットル弁等の目標開度を示す図である。

【図18】排気浄化装置を示す断面図である。

40

【図19】図18の側面図である。

【図20】弁体のもう一つの遮断位置を示す図である。

【図21】弁体の中間位置を示す図である。

【図22】パティキュレートフィルタの構造を示す図である。

【図23】パティキュレートの酸化作用を説明するための図である。

【図24】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25】パティキュレートの堆積作用を説明するための図である。

【図26】パティキュレートフィルタへのパティキュレートの堆積を防止するための第一フローチャートである。

50

【図 27】パティキュレートフィルタの隔壁の拡大断面図である。

【図 28】触媒装置の昇温のための第二フローチャートである。

【図 29】触媒装置を温度制御のための第三フローチャートである。

【図 30】触媒装置からパティキュレートの塊を除去するための第四フローチャートである。

【図 31】触媒装置の昇温制御のための第五フローチャートである。

【図 32】パティキュレートの捕集を可能とする触媒装置の側面断面図である。

【図 33】図 32 の触媒装置の第一変形例を示す側面断面図である。

【図 34】図 32 の触媒装置の第二変形例を示す側面断面図である。

【図 35】図 32 の触媒装置の第三変形例を示す側面断面図である。

10

【図 36】図 32 の触媒装置の第四変形例を示す側面断面図である。

【図 37】もう一つの排気浄化装置を示す断面図である。

【図 38】図 37 の側面図である。

【符号の説明】

6 ... 燃料噴射弁

16 ... スロットル弁

70 ... パティキュレートフィルタ

71 ... 中央管部材

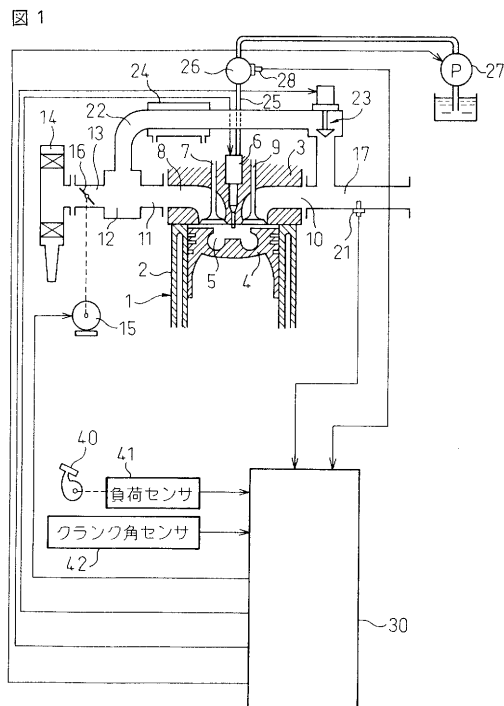
71a ... 弁体

73, 731, 732, 733, 734, 735 ... 触媒装置

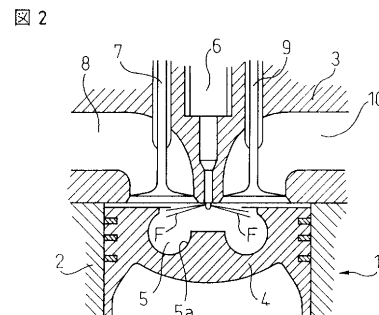
20

75 ... 排気絞り弁

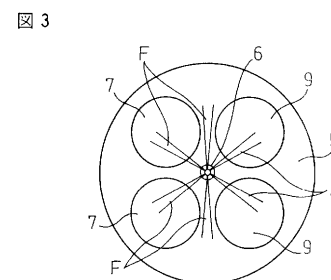
【図 1】



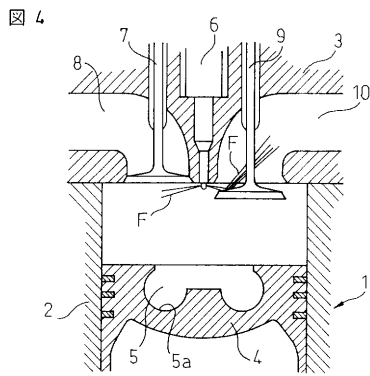
【図 2】



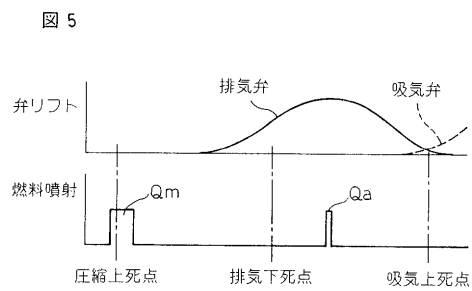
【図 3】



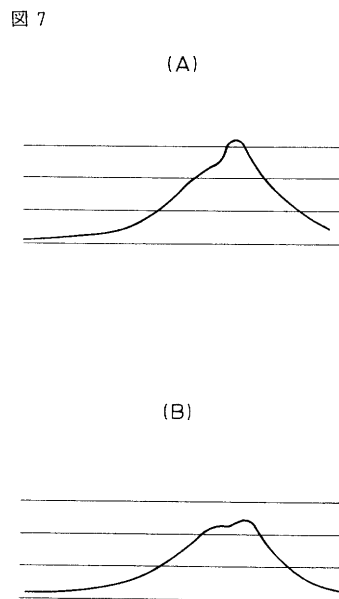
【図 4】



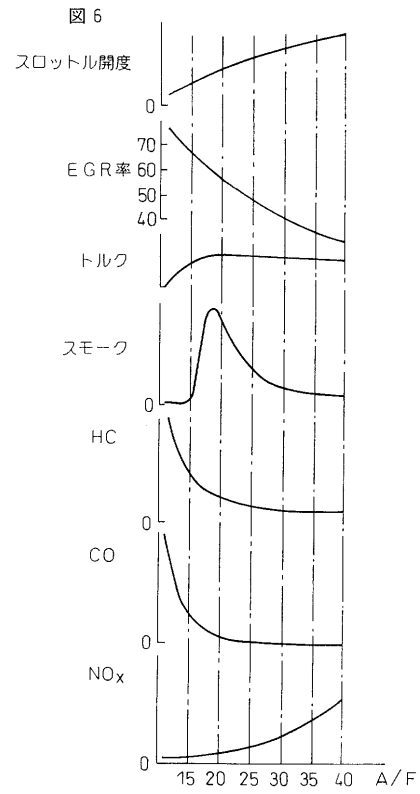
【図 5】



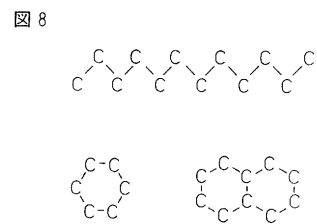
【図 7】



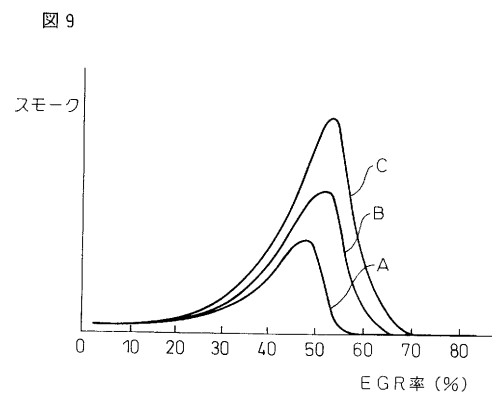
【図 6】



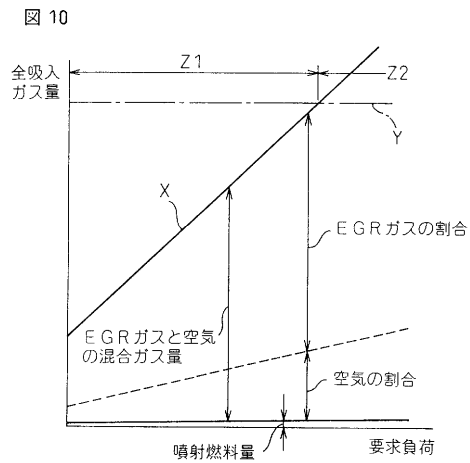
【図 8】



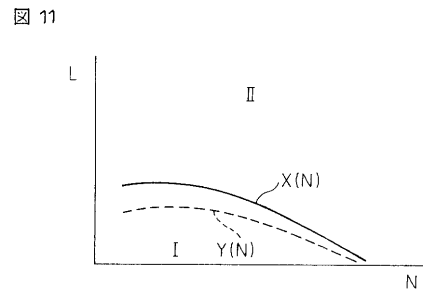
【図 9】



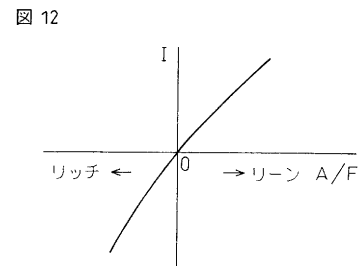
【図 10】



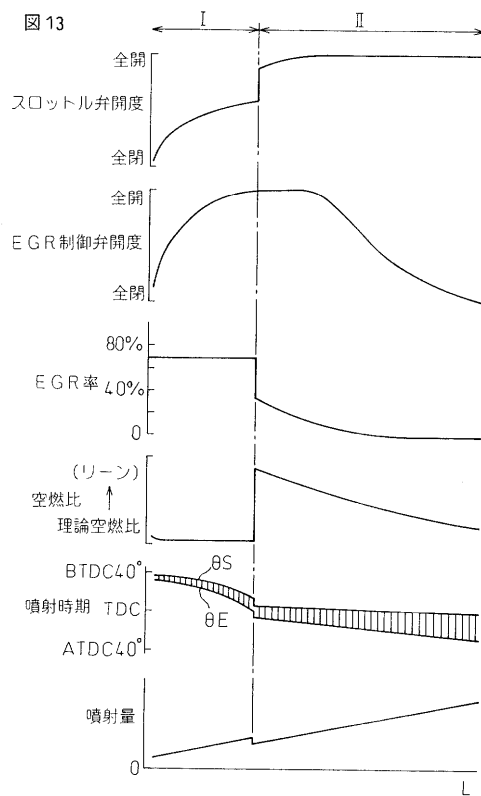
【図 11】



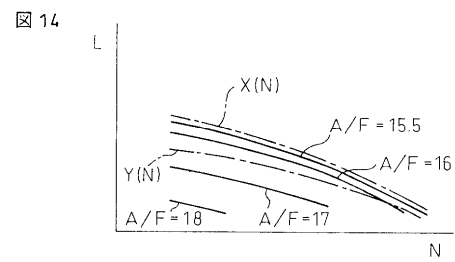
【図 12】



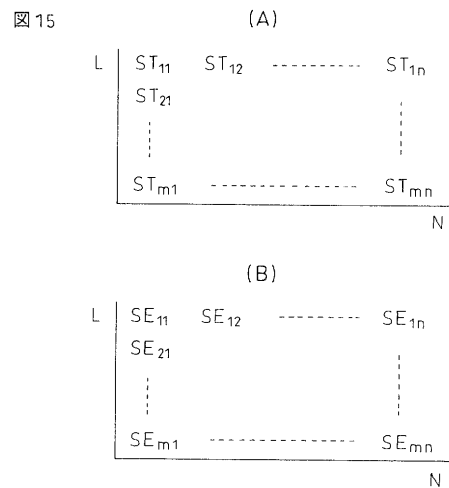
【図 13】



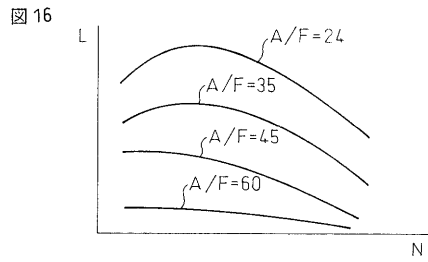
【図 14】



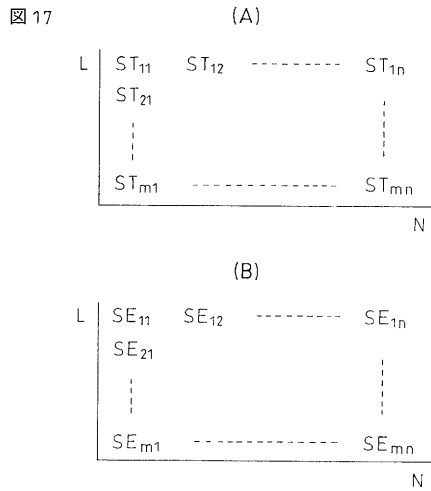
【図 15】



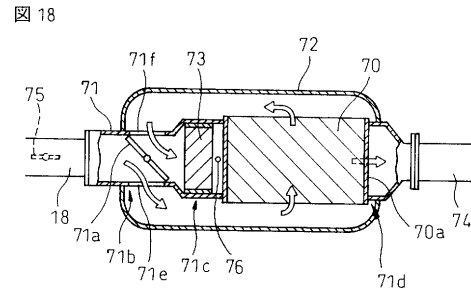
【図 16】



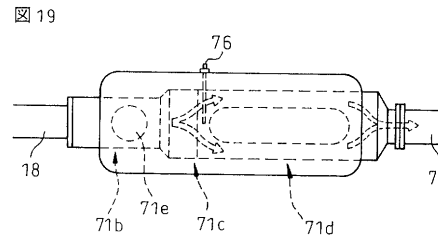
【図 17】



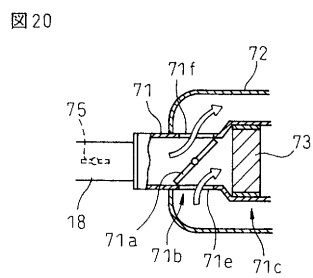
【図 18】



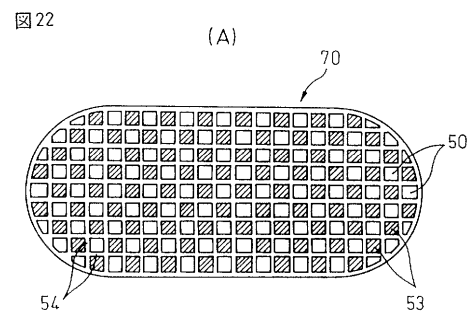
【図 19】



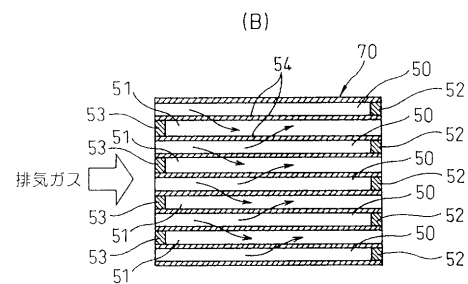
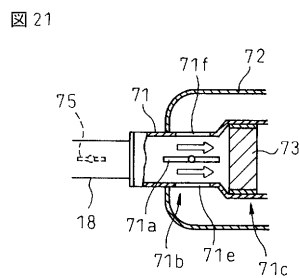
【図 20】



【図 22】

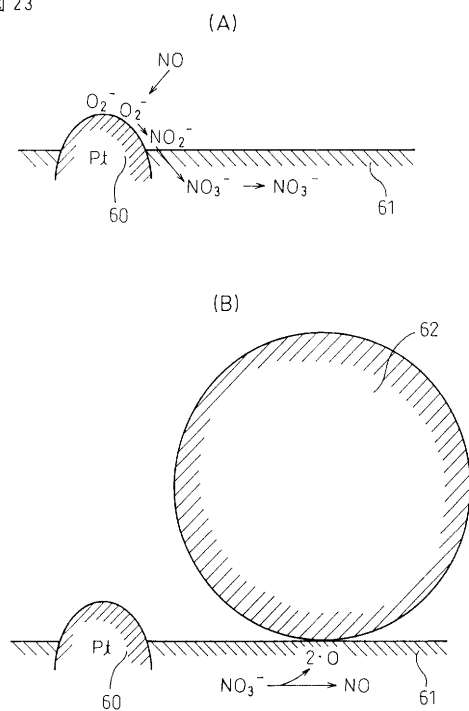


【図 21】



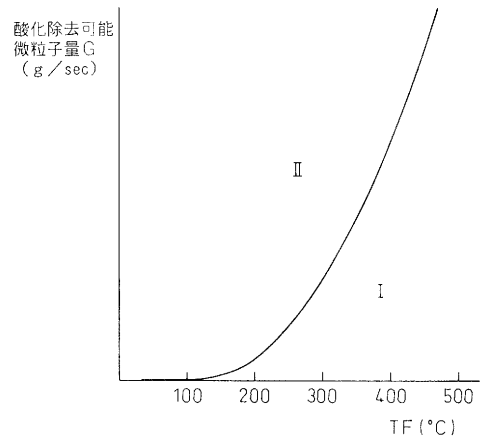
【図 23】

図 23



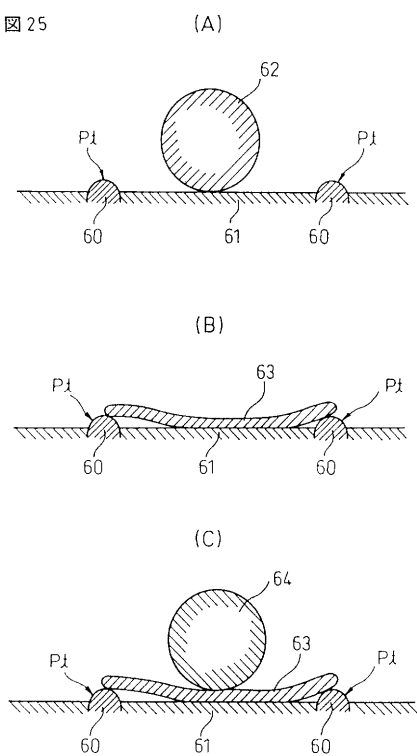
【図 24】

図 24



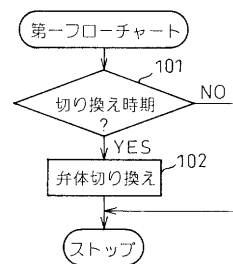
【図 25】

図 25

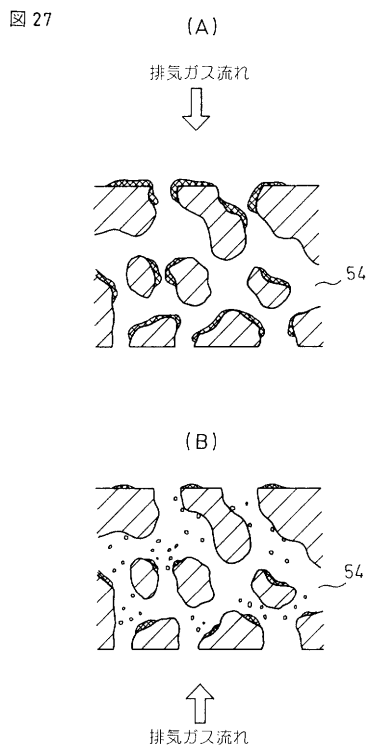


【図 26】

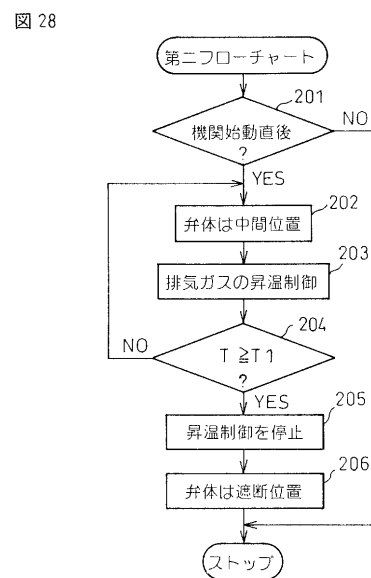
図 26



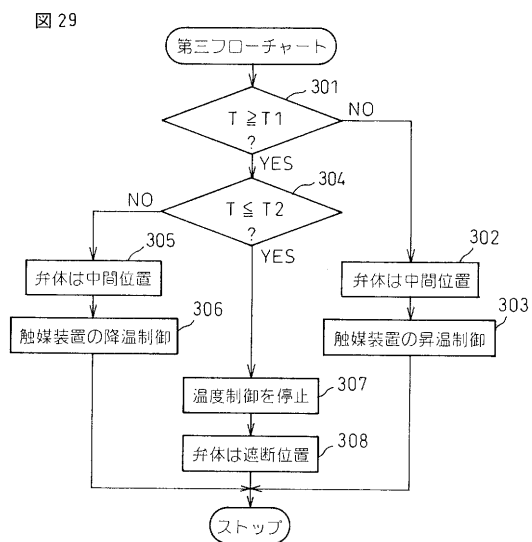
【図 27】



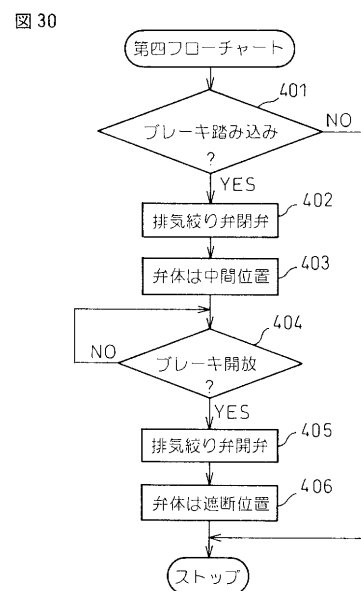
【図 28】



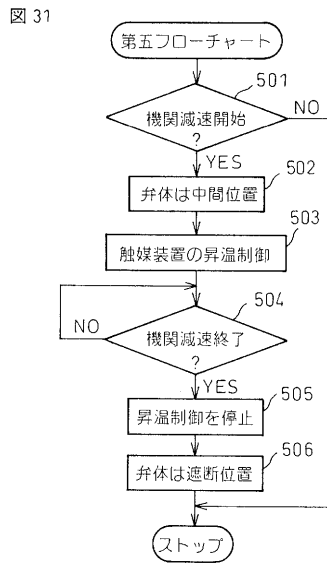
【図 29】



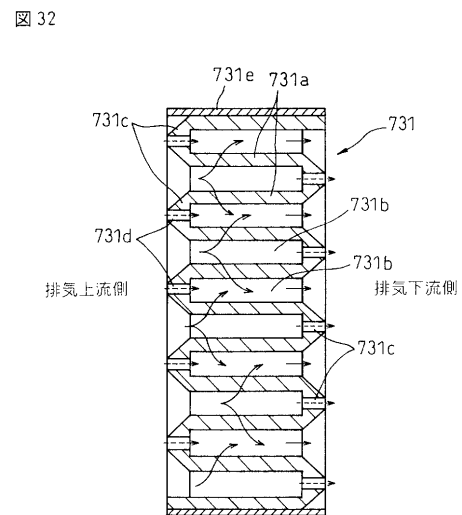
【図 30】



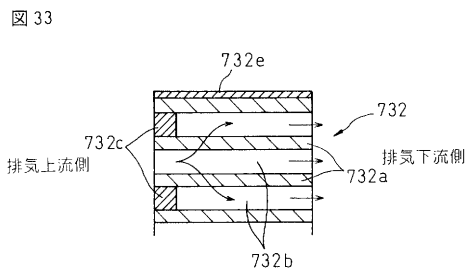
【図 3 1】



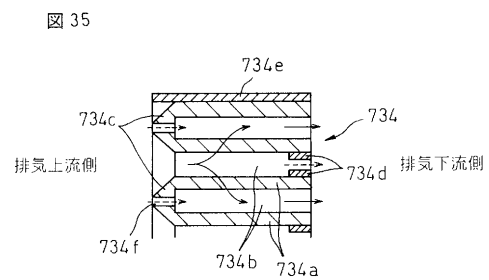
【図 3 2】



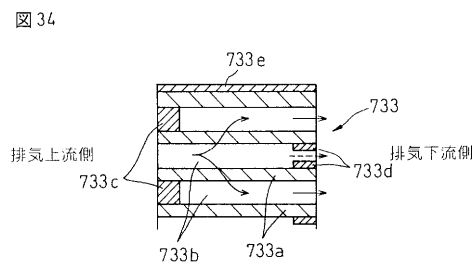
【図 3 3】



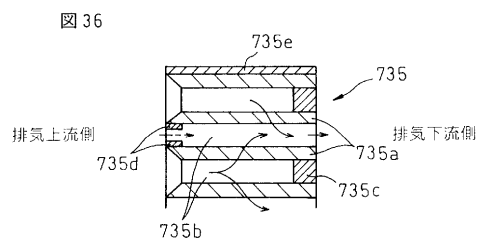
【図 3 5】



【図 3 4】

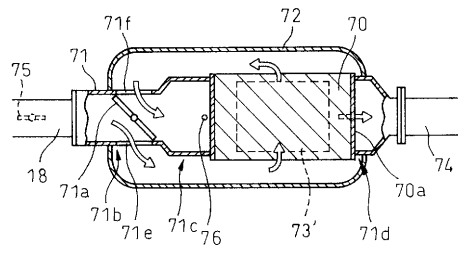


【図 3 6】



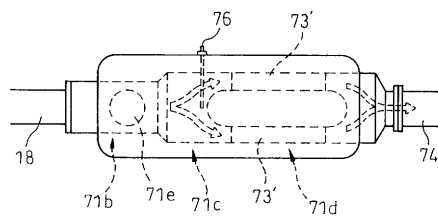
【図 37】

図 37



【図 38】

図 38



フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁷	F I		
F 0 1 N 3/28	F 0 1 N 3/18	F	
// B 0 1 D 46/42	F 0 1 N 3/20	D	
	F 0 1 N 3/24	E	
	F 0 1 N 3/24	N	
	F 0 1 N 3/28	3 0 1 C	
	B 0 1 D 53/36	1 0 3 B	
	B 0 1 D 46/42	B	

- (72)発明者 伊藤 和浩
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 浅沼 孝充
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 木村 光吉
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 利岡 俊祐
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 中谷 好一郎
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 田中 俊明
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 後藤 雅人
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 伊藤 丈和
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 亀田 貴志

- (56)参考文献 特開平07-189656(JP,A)
実公昭63-038328(JP,Y1)
特開平09-125944(JP,A)
実開平04-087330(JP,U)
特公平07-106290(JP,B2)
特開2000-018026(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
F01N 3/02
F01N 3/08 - 3/36
B01D 46/42
B01D 53/94