

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-1781

(P2010-1781A)

(43) 公開日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1N 3/20 (2006.01)	FO1N 3/20 ZABC	3G091
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 314Z	3G301
FO2D 41/04 (2006.01)	FO2D 45/00 301F	3G384
FO1N 3/24 (2006.01)	FO2D 41/04 305B	
	FO1N 3/24 U	
審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2008-160388 (P2008-160388)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成20年6月19日 (2008.6.19)		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	100077481
			弁理士 谷 義一
		(74) 代理人	100088915
			弁理士 阿部 和夫
		(72) 発明者	澤田 裕
			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	木所 徹
			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	

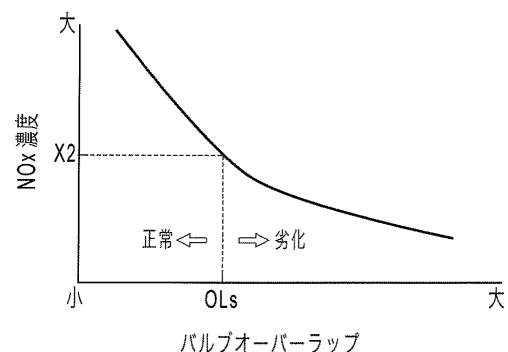
(54) 【発明の名称】 内燃機関の触媒劣化診断装置

(57) 【要約】

【課題】触媒の排ガス成分浄化能を直接検出して高精度な診断を行う。

【解決手段】本発明は、内燃機関の排気通路に配置された触媒の劣化を診断する装置に関する。空燃比を一定に制御すると共に、触媒に供給される排気ガスのNO_x濃度を変化させ、触媒後センサの出力が所定値に達した時点における供給NO_x濃度又はその相関パラメータ（例えばバルブオーバーラップ）の値を所定値（OLs）と比較して触媒の劣化を判定する。触媒のNO_x浄化能を直接検出して劣化診断を行うので、エミッションに関連する触媒の劣化を高精度で診断することができる。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の排気通路に配置された三元触媒からなる触媒の劣化を診断する装置であって、
前記内燃機関に供給される混合気の空燃比を制御する空燃比制御手段と、
前記触媒に供給される排気ガスの NO_x 濃度を変化させる供給 NO_x 可変手段と、
前記触媒に供給される排気ガスの NO_x 濃度又はこれに相関するパラメータを検知する供給 NO_x 検知手段と、
前記触媒から排出された排気ガスの NO_x 濃度に応じた出力を発するセンサとを備え、
前記空燃比制御手段により空燃比を所定の目標空燃比に一定に制御すると共に前記供給 NO_x 可変手段により NO_x 濃度を変化させ、このとき、前記センサの出力が所定値に達した時点において、前記供給 NO_x 検知手段により検知された前記 NO_x 濃度又はパラメータの値を取得し、当該値を所定の劣化判定値と比較して前記触媒の劣化の有無を判定することを特徴とする内燃機関の触媒劣化診断装置。

10

【請求項 2】

前記センサが、酸素に感応して空燃比を検出する空燃比センサからなることを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の触媒劣化診断装置。

【請求項 3】

前記供給 NO_x 可変手段が、吸気弁及び排気弁のバルブオーバーラップを変化させる可変動弁装置を備え、前記供給 NO_x 検知手段が前記バルブオーバーラップの値を検知することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の内燃機関の触媒劣化診断装置。

20

【請求項 4】

前記供給 NO_x 可変手段が、排気通路内の排気ガスの一部を吸気通路内に環流させるための EGR 装置を備え、前記供給 NO_x 検知手段が EGR 率の値を検知することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の内燃機関の触媒劣化診断装置。

【請求項 5】

前記目標空燃比がストイキであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の内燃機関の触媒劣化診断装置。

30

【請求項 6】

前記空燃比制御手段が、空燃比を前記目標空燃比に一定に制御する前に、空燃比を前記目標空燃比よりもリッチな値に制御することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の内燃機関の触媒劣化診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は内燃機関の触媒劣化診断装置に係り、特に、内燃機関の排気通路に配置された三元触媒からなる触媒の劣化を診断する装置に関する。

【背景技術】

40

【0002】

例えば車両用ガソリンエンジンにおいて、その排気系には排気ガスを浄化するために三元触媒からなる触媒が設置されている。この触媒の中には酸素吸蔵能（ O_2 ストレージ能）を有するものがあり、これは、触媒に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比（ストイキ）よりも大きくなると、即ちリーンになると排気ガス中に存在する過剰酸素を吸着保持し、触媒流入排気ガスの空燃比がストイキよりも小さくなると、即ちリッチになると吸着保持された酸素を放出する。例えばガソリンエンジンでは触媒に流入する排気ガスがストイキ近傍となるよう空燃比制御が行われるが、酸素吸蔵能を有する三元触媒を使用すると、運転条件により実際の空燃比がストイキから多少振れてしまっても、三元触媒による酸素の吸蔵・放出作用により、そのような空燃比ずれを吸収することができる。

50

【0003】

ところで、触媒が劣化するとエミッションが悪化する。一般的に、触媒の劣化度と酸素吸蔵能の低下度との間にはともに貴金属を介する反応であるため相関関係がある。よって、酸素吸蔵能が低下したことを検出することで触媒が劣化したことを検出することができる。一般的には、燃焼室内の混合気については触媒に流入する排気ガスの空燃比を強制的にリッチ又はリーンに切り替えるアクティブ空燃比制御を行い、このアクティブ空燃比制御の実行に伴って触媒の酸素吸蔵容量を計測し、触媒の劣化を診断する方法（所謂Cmax法）が採用される（例えば特許文献1参照）。

【0004】

【特許文献1】特開2006-17078号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、触媒の劣化度即ちエミッションの悪化度と、酸素吸蔵能の低下度との間に良好な相関関係が存在しない場合がある。例えば、触媒のレイアウト等の都合で、排ガス流量が少ないとき（例えば低負荷時）には触媒内でガスが均等に流れるが、排ガス流量が多いとき（例えば高負荷時）には触媒内でガスの流れが偏ってしまう場合がある。この場合、排ガス流量が多いときに排ガス流が集中する触媒の一部箇所が極端に熱劣化し、酸素吸蔵容量を計測してもこれが少なく計測されてしまうことがある。しかし、エミッション上重要なのはエンジン始動直後の暖機中であり、このときには通常低負荷運転されるので、触媒の劣化していない部分も十分に活用でき、エミッションはそれほど悪化しない。つまり酸素吸蔵能の観点からは触媒が劣化しているように見えても、実用上はそれほど劣化していないということが起こり得る。

20

【0006】

また、排ガス成分（NO_x，CO，HC）の浄化反応と、触媒における酸素吸放出反応とは必ずしも一致していない。このこともエミッションと酸素吸蔵能との相関関係がうまくとれない一つの要因である。

【0007】

本来、触媒の排ガス成分浄化能を直接検出して劣化診断するのが理想的であり、酸素吸蔵能を検出するやり方はあくまで間接的な方法とならざるを得ない。

30

【0008】

そこで、本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、触媒の排ガス成分浄化能を直接検出して高精度な診断を行える内燃機関の触媒劣化診断装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一形態によれば、

内燃機関の排気通路に配置された三元触媒からなる触媒の劣化を診断する装置であって、

前記内燃機関に供給される混合気空燃比を制御する空燃比制御手段と、
前記触媒に供給される排気ガスのNO_x濃度を变化させる供給NO_x可変手段と、
前記触媒に供給される排気ガスのNO_x濃度又はこれに相関するパラメータを検知する供給NO_x検知手段と、

40

前記触媒から排出された排気ガスのNO_x濃度に応じた出力を発するセンサとを備え、

前記空燃比制御手段により空燃比を所定の目標空燃比に一定に制御すると共に前記供給NO_x可変手段によりNO_x濃度を变化させ、このとき、前記センサの出力が所定値に達した時点において、前記供給NO_x検知手段により検知された前記NO_x濃度又はパラメータの値を取得し、当該値を所定の劣化判定値と比較して前記触媒の劣化の有無を判定する

50

ことを特徴とする内燃機関の触媒劣化診断装置が提供される。

【0010】

これにおいては、排ガス成分の一つである NO_x に着目し、触媒の NO_x 浄化能を実質的に検出することによって触媒の劣化診断を行う。即ち、空燃比を所定の目標空燃比に一定に制御すると共に、触媒に供給される排気ガスの NO_x 濃度（供給 NO_x 濃度）を変化させ、このとき、センサの出力が所定値に達した時点において、供給 NO_x 濃度又はこれに相関するパラメータの値を取得する。そして、当該値を所定の劣化判定値と比較して触媒の劣化の有無を判定する。

【0011】

センサの出力が、触媒から排出された排気ガスの NO_x 濃度（排出 NO_x 濃度）を表すので、一定の排出 NO_x 濃度に対する供給 NO_x 濃度又はパラメータの値が検知される。これは実質的に触媒の NO_x 浄化率を検知することと同義である。従って本発明によれば、エミッションに関連する触媒の劣化を高精度で診断することができる。Cmax法のように触媒の酸素吸蔵能を検出して間接的に診断するものではないため、触媒劣化度と酸素吸蔵能との間に良好な相関関係がとれていない場合でも正確な診断を実施することが可能である。

10

【0012】

好ましくは、前記センサが、酸素に感応して空燃比を検出する空燃比センサからなる。

【0013】

本発明者らの研究結果によれば、かかる空燃比センサでも NO_x 濃度が検出可能であることが判明した。従ってかかる空燃比センサを利用して排出 NO_x 濃度を検知することにより、部品数低減、コスト削減等が図れる。

20

【0014】

好ましくは、前記供給 NO_x 可変手段が、吸気弁及び排気弁のバルブオーバーラップを変化させる可変動弁装置を備え、前記供給 NO_x 検知手段が前記バルブオーバーラップの値を検知する。

【0015】

バルブオーバーラップを変化させると内部EGR量が変化し、内燃機関の燃焼室から排出される NO_x 量、即ち燃焼室から排出される排気ガスの NO_x 濃度が変化する。よってこの特性を利用して、供給 NO_x 濃度を変化させることができる。この場合、バルブオーバーラップの値は供給 NO_x 濃度に相関する好適なパラメータとなるので、バルブオーバーラップの値を検知することにより供給 NO_x 濃度を間接的に検知できる。

30

【0016】

代替的に、前記供給 NO_x 可変手段が、排気通路内の排気ガスの一部を吸気通路内に環流させるためのEGR装置を備え、前記供給 NO_x 検知手段がEGR率の値を検知するのも好ましい。

【0017】

排気通路から吸気通路への排気環流量を変化させることによっても、内燃機関の燃焼室から排出される排気ガスの NO_x 濃度が変化する。よってこの特性を利用して、供給 NO_x 濃度を変化させることができる。この場合、EGR率の値は供給 NO_x 濃度に相関する好適なパラメータとなるので、EGR率の値を検知することにより供給 NO_x 濃度を間接的に検知できる。

40

【0018】

好ましくは、前記目標空燃比がストイキである。これにより診断時のエミッションの悪化を防止することができる。

【0019】

好ましくは、前記空燃比制御手段が、空燃比を前記目標空燃比に一定に制御する前に、空燃比を前記目標空燃比よりもリッチな値に制御する。

【0020】

酸素吸蔵能を有する触媒の場合では、かかるリッチ制御により、触媒に吸蔵されている

50

酸素を予め排出しておくのが好適である。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、触媒の排ガス成分浄化能を直接検出して高精度な診断を行えるという、優れた効果が発揮される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明を実施するための最良の形態を添付図面に基づき説明する。

図1は、本実施形態の構成を示す概略図である。図示されるように、内燃機関1は、シリンダブロック2に形成された燃焼室3の内部で燃料および空気の混合気を燃焼させ、燃焼室3内でピストン4を往復移動させることにより動力を発生する。内燃機関1は車両用多気筒エンジン（1気筒のみ図示）であり、火花点火式内燃機関、より具体的にはガソリンエンジンである。但し、内燃機関1の用途や形式は任意であり、例えば車両用以外であってもよい。

【0023】

内燃機関1のシリンダヘッドには、吸気ポートを開閉する吸気弁Viと、排気ポートを開閉する排気弁Veとが気筒ごとに配設されている。各吸気弁Viおよび各排気弁Veは図示しないカムシャフトによって開閉させられる。ここで吸気弁Viには、可変動弁装置としての可変バルブタイミング機構（以下VV Tと称す）21が付設され、吸気弁Viの開閉タイミングが可変となっている。すなわちVV T 21は、吸気弁Viの作用角（開弁状態となっているクランク角範囲）を一定に保ったまま、吸気弁Viの開閉タイミングを全気筒同時に変更可能であり、より具体的にはクランクシャフトに対するカムシャフトの位相差を変更するものである。吸気弁Viの開閉タイミングが可変である結果、吸気弁Viと排気弁Veとのバルブオーバーラップも可変となる。なお代替的に或いは付加的に、排気弁Ve側にVV Tが設けられていてもよい。可変動弁装置にはこれらVV T以外に、バルブリフトをも同時に可変とする機構等が含まれる。シリンダヘッドの頂部には、燃焼室3内の混合気に点火するための点火プラグ7が気筒ごとに取り付けられている。

【0024】

各気筒の吸気ポートは気筒毎の枝管を介して吸気集合室であるサージタンク8に接続されている。サージタンク8の上流側には吸気集合通路をなす吸気管13が接続されており、吸気管13の上流端にはエアクリーナ9が設けられている。そして吸気管13には、上流側から順に、吸入空気量を検出するためのエアフローメータ5と、電子制御式スロットルバルブ10とが組み込まれている。なお吸気ポート、サージタンク8及び吸気管13により吸気通路が形成される。

【0025】

吸気通路、特に吸気ポート内に燃料を噴射するインジェクタ（燃料噴射弁）12が気筒ごとに配設される。インジェクタ12から噴射された燃料は吸入空気と混合されて混合気をなし、この混合気が吸気弁Viの開弁時に燃焼室3に吸入され、ピストン4で圧縮され、点火プラグ7で点火燃焼させられる。

【0026】

一方、各気筒の排気ポートは気筒毎の枝管を介して排気集合通路をなす排気管6に接続されており、排気管6には、酸素吸蔵能を有する三元触媒からなる触媒（上流触媒）11が取り付けられている。なお排気ポート、枝管及び排気管6により排気通路が形成される。触媒11の上流側と下流側にそれぞれ排気空燃比を検出するための空燃比センサ、即ち触媒前センサ17及び触媒後センサ18が設置されている。なお、触媒後センサ18の下流側にも、前記触媒11と同様の構成の触媒（下流触媒）19が設けられている。

【0027】

触媒前センサ17は所謂広域空燃比センサからなり、比較的広範囲に亘る空燃比を連続的に検出可能である。図2には触媒前センサ17の出力特性を示す。図示するように、触媒前センサ17は、排気ガスの空燃比A/Fに比例した大きさの電圧信号Vfを出力する

。排気空燃比がストイキであるときの出力電圧は V_{ref} （例えば約 $3.3V$ ）であり、このストイキを境に空燃比－電圧特性の傾きが変化する。

【0028】

他方、触媒後センサ18は所謂 O_2 センサからなり、ストイキを境に出力値が急変する所謂 Z 特性を有している。図3には触媒後センサ18の出力特性を示す。図示するように、触媒後センサ18の出力電圧 V_r はストイキを境に過渡的に変化し、排気ガスの空燃比がストイキよりリーンるときには $0.1V$ 程度の低い電圧を示し、排気ガスの空燃比がストイキよりリッチるときには $0.9V$ 程度の高い電圧を示す。これらのほぼ中間の電圧 $V_{ref} = 0.45V$ をストイキ相当値とし、センサ出力電圧 V_r が V_{ref} より高いときには排気空燃比はストイキよりリッチ、センサ出力電圧が V_{ref} より低いときには排気空燃比はストイキよりリーンというように、排気空燃比を検出している。

10

【0029】

上述の点火プラグ7、スロットルバルブ10、インジェクタ12及び VVT 21等は、制御手段としての電子制御ユニット（以下 ECU と称す）20に電氣的に接続されている。 ECU 20は、何れも図示されない CPU 、 ROM 、 RAM 、入出力ポート、および記憶装置等を含むものである。また ECU 20には、図示されるように、前述のエアフローメータ5、触媒前センサ17、触媒後センサ18のほか、クランクシャフトの位相（クランク角）を検出するクランク角センサ14、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ15、吸気側カムシャフトの位相（カム角）を検出するカム角センサ（図示せず）、その他の各種センサが図示されない A/D 変換器等を介して電氣的に接続されている。 ECU 20は、各種センサの検出値等に基づいて、所望の出力が得られるように、点火プラグ7、スロットルバルブ10、インジェクタ12及び VVT 21等を制御し、点火時期、燃料噴射量、燃料噴射時期、スロットル開度、吸気弁 Vi の開閉タイミング等を制御する。なおスロットル開度は通常アクセル開度に応じた開度に制御される。

20

【0030】

触媒11は、これに供給される排気ガスの空燃比 A/F が理論空燃比（ストイキ、例えば $A/F = 14.6$ ）近傍のときに NO_x 、 HC および CO を同時に高効率で浄化する。そしてこれに対応して、 ECU 20は、燃焼室3に供給される混合気の空燃比をストイキに制御する。具体的には ECU 20は、ストイキに等しい目標空燃比 A/F_t を設定すると共に、触媒前センサ17により検出された空燃比が目標空燃比 A/F_t に一致するよう、インジェクタ12から噴射される燃料噴射量をフィードバック制御する。

30

【0031】

なお、かかる触媒前センサ17の出力に基づくメイン空燃比制御に加えて、 ECU 20は、触媒後センサ18の出力に基づくサブ空燃比制御をも実行する。具体的には ECU 20は、触媒後センサ18により検出された空燃比がストイキに等しい目標空燃比 A/F_t に一致するよう、インジェクタ12から噴射される燃料噴射量をフィードバック制御する。メイン空燃比制御が極めて短い時間周期で実行されるのに対し、サブ空燃比制御は比較的長い時間周期で実行される。メイン空燃比制御を実行していても、触媒前センサ17の製品バラツキや劣化等により実際の中心空燃比がストイキからずれる場合があるので、このずれを補正する目的でサブ空燃比制御が同時に行われる。

40

【0032】

ここで、 O_2 センサからなる触媒後センサ18について詳述する。図4に示すように、触媒後センサ18は、排気通路内に配置された試験管状の検出素子31を備えている。検出素子31は、その内面を大気（空気）に露呈するとともに、その外面は、センサカバー32を通過してきた排気ガスに曝される。図5に示すように、検出素子31は、内外の表面に電極33A、33Bが被覆された固体電解質34により形成されている。固体電解質34は、酸素がイオン化した状態でその内部を移動可能な固形物質を指し、例えばジルコニア（例えば $ZrO_2 - Y_2O_3$ ）からなる。また電極33A、33Bは、触媒能を有する貴金属を含み、本実施形態では多孔質白金電極からなる。外側電極33Bの外表面は耐久性向上のために多孔質セラミックス層35で覆われている。検出素子31の内側の大気室

50

36は外部と連通され、大気が導入されるようになっている。大気室36には、検出素子31を加熱して早期に活性させるためのヒータ（図示せず）が設けられ、ヒータはECU20によって加熱制御される。

【0033】

検出素子31の内側の大气と外側の排気ガスとの酸素分圧に差が生じると、その分圧の差を縮小すべく、酸素分圧の高い側（通常は大气側）の酸素がイオン化して固体電解質を通り、酸素分圧の低い側（通常は排気ガス側）へと移動する。酸素分子はイオン化する過程で4価の電子を受け取り、イオン化した状態から分子に戻る過程で4価の電子を放出する。そのため、上記の酸素の移動に応じて内外の電極33A、33Bで電子の移動が生じ、その結果、検出素子31に起電力が発生する。こうして触媒後センサ18は、外側電極33Bに接触する酸素に感応して出力を発生し、より具体的には、雰囲気ガスの酸素濃度に応じた出力を発生し、雰囲気ガスの酸素濃度が少なくなるほど（排気ガスの空燃比がリッチであるほど）大きな起電力を発生する。ここで酸素イオンが内側の電極33Aから検出素子31を通して外側の電極33Bに向かうことから、電流の向きは逆となり、両電極に接続された外部装置に対しては内側の電極33Aが正極、外側の電極33Bが負極となる。

10

【0034】

ちなみにO2センサには他にも、板形状の検出素子を用いたものや、検出素子にジルコニア以外の素材を用いたものなど、様々なタイプのO2センサがある。そしてその多くでは、上記と同様の原理により排気ガスの酸素分圧を検出する構成、すなわち基準ガス（大気）と排気ガスとを隔離するよう配設された検出素子が、基準ガスに対する排気ガスの酸素分圧の差に応じて起電力を発生する構成となっている。

20

【0035】

次に、触媒11の構成を説明する。図6に示すように、触媒11においては、図示しない担体基材の表面上にコート材31が被覆され、このコート材31に微粒子状の触媒成分32が多数分散配置された状態で保持され、触媒11内部で露出されている。触媒成分32は主にPt、Pd等の貴金属からなり、NOx、HCおよびCOといった排ガス成分を反応させる際の活性点となる。他方、コート材31は、排気ガスと触媒成分32との界面における反応を促進させる助触媒の役割を担うと共に、雰囲気ガスの空燃比に応じて酸素を吸収放出可能な酸素吸蔵成分を含む。酸素吸蔵成分は例えば二酸化セリウムCeO₂やジルコニアからなる。例えば、触媒成分32及びコート材31の雰囲気ガスが理論空燃比よりリッチであると、触媒成分32の周囲に存在する酸素吸蔵成分に吸蔵されていた酸素が放出され、この結果、放出された酸素によりHCおよびCOといった未燃成分が酸化され、浄化される。逆に、触媒成分32及びコート材31の雰囲気ガスが理論空燃比よりリーンであると、触媒成分32の周囲に存在する酸素吸蔵成分が雰囲気ガスから酸素を吸収し、この結果NOxが還元浄化される。

30

【0036】

ところで、新品状態の触媒11では前述したように細かい粒子状の触媒成分32が多数均等に分散配置されており、排気ガスと触媒成分32との接触確率が高い状態に維持されている。しかしながら、触媒11が劣化してくると、一部の触媒成分32に消失が見られるほか、触媒成分32同士が排気熱で焼き固まって焼結状態になるものがある（図の破線参照）。こうなると排気ガスと触媒成分32との接触確率の低下を引き起こし、浄化率を落とす原因となる。なお、触媒成分32の周囲に存在するコート材31の量、即ち酸素吸蔵成分の量も減少し、酸素吸蔵能も低下する。

40

【0037】

次に、触媒11の劣化診断について説明する。

かかる触媒11の劣化診断については、触媒11の劣化度と酸素吸蔵能との間の相関関係を利用するやり方、即ちCmax法が一般的である。これに対し、本実施形態では、触媒11の排ガス浄化能を直接検出して触媒11の劣化を診断する。具体的に述べると、排ガス成分の一つであるNOxに着目し、触媒11のNOx浄化率を実質的に検出すること

50

によって、触媒 11 の劣化診断を行う。

【0038】

ここで本実施形態では、O₂センサからなる触媒後センサ 18 が排気ガスの NO_x 濃度に応じた出力を発するという特性があることに着目し、触媒後センサ 18 によって、触媒 11 から排出された排気ガスの NO_x 濃度（以下、排出 NO_x 濃度という）を検出するようにしている。図 7 には触媒後センサ 18 の NO_x 濃度に対する出力特性を示し、図示するように、NO_x 濃度の変化に応じて、触媒後センサ出力 V_r は、空燃比のときと類似の Z 特性を持って変化する。但し、図 3 に示したような空燃比の場合と比較して、触媒後センサ出力 V_r の変化は緩慢であり、即ち Z 特性の感度は鈍い。触媒後センサ出力 V_r は、空燃比が高まるにつれストイキを境にその値が大きな値から小さな値に変化したのと同様に、NO_x 濃度が高まるにつれストイキ相当の NO_x 濃度を境にその値が大きな値から小さな値に変化する傾向にある。

10

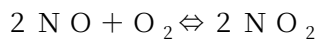
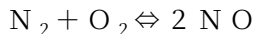
【0039】

このように、本来サブ空燃比制御用である触媒後センサ 18 を排出 NO_x 濃度検出に利用することにより、専用の NO_x センサが不要となり、部品数低減、コスト削減等が図れる。もっとも、専用の NO_x センサで排出 NO_x 濃度を検出することも可能である。

【0040】

ここで、触媒後センサ 18 の出力 V_r が NO_x 濃度に応じて変化する理由を説明する。一般に、NO_x が N₂、O₂ に解離する反応は、次式で表されるような、濃度バランスによっていずれの方向にも進む平衡反応である。なお、このときの反応速度は比較的遅く、また平衡状態は温度によっても変化する。

20



【0041】

そして、NO_x 濃度が高いほど、NO_x の酸素への解離が進みやすくなるので、酸素に感応する触媒後センサ 18 も、低いリーン側の値を出力しやすくなると考えられる。また、触媒後センサ 18 の外側電極 33B、即ち白金に NO_x が触れると、白金の NO_x 分解能により NO_x が酸素に分解されるので、触媒後センサ 18 は低い値を出力しやすくなると考えられる。なお、白金の NO_x 分解能はそれほど高いものではないので、白金による NO_x の酸素への分解反応は比較的低速で起こる。この反応速度は貴金属の種類に応じて異なるものである。以上の理由により、触媒後センサ 18 の出力 V_r は NO_x 濃度に応じて変化すると考えられる。

30

【0042】

なお、外側電極表面上での NO_x の酸素への分解反応を促進するため、外側電極 33B の表面に、NO_x 分解能の高い触媒、例えばロジウム Rh 等の貴金属を配設してもよい。

【0043】

以下、本実施形態における劣化診断処理を図 8 を参照しつつ説明する。図示するルーチンは ECU 20 により実行される。

【0044】

まずステップ S101 では、触媒劣化判定要求の有無が判断される。即ちここでは、後述する触媒劣化判定（ステップ S109、S110）が現トリップ中に既になされたか否かが実質的に判断される。なされていなければ触媒劣化判定要求有りとしてステップ S102 に進む。なされていれば触媒劣化判定要求無しとして待機状態となる。本実施形態では、1 トリップ当たり 1 回、触媒劣化判定を行うようにしており、現トリップ中に触媒劣化判定がなされていなければ触媒劣化判定要求有り、現トリップ中に触媒劣化判定がなされていれば触媒劣化判定要求無しとしている。なお、トリップとはエンジンの始動から停止までの期間をいう。

40

【0045】

ステップ S102 では、触媒劣化診断を行うのに適した所定の前提条件が成立しているか否かが判断される。例えば、次の条件 1) ～ 4) が全て成立したときに前提条件成立と

50

なる。前提条件が成立していなければ待機状態となり、前提条件が成立していればステップ S 1 0 3 に進む。

1) 吸入空気量 G_a 及びエンジン回転速度 N_e が所定範囲内に維持されているなど、エンジンが定常運転状態にあること。

2) 触媒 1 1 及び触媒前後センサ 1 7, 1 8 が活性時相当の所定温度範囲内となっていること。

3) 燃焼室 3 から排出された排気ガスの NO_x 濃度推定値が所定範囲内にあること。この NO_x 濃度推定はエンジン運転状態（例えば吸入空気量 G_a 及びエンジン回転速度 N_e ）に基づいて行われる。

4) $VVT21$ による吸気弁 V_i のバルブタイミング変更が許容されていること。即ち、10
ノッキングやエミッションの観点からバルブタイミング変更が禁止されるエンジン運転状態があり、このようなエンジン運転状態になっていなければ、バルブタイミング変更が許容される。

【0046】

ステップ S 1 0 3 では、燃焼室 3 に供給される混合気の空燃比 A/F が強制的にリッチに制御され、具体的には、メイン空燃比制御における目標空燃比 A/F_t が、ストイキより小さな（リッチ側の）所定値に設定される。かかる強制リッチ制御を行う理由は、触媒 1 1 にリッチな排気ガスを供給し、触媒 1 1 に吸蔵されている酸素を放出ないし排出するためである。

【0047】

20
次のステップ S 1 0 4 では、触媒後センサ 1 8 の出力 V_r が所定のリッチ判定値 V_{rR} を上回ったか否かが判断される。即ち、図 7 に示すように、リッチ判定値 V_{rR} はストイキ相当値 V_{refr} より高いリッチ側の値に設定されており、触媒後センサ出力 V_r がリッチ判定値 V_{rR} を上回ったということは、触媒 1 1 に吸蔵されていた酸素がほぼ全て放出され、触媒 1 1 に供給されたリッチガスが触媒 1 1 を素通りして触媒後センサ 1 8 により検出されたことを意味する。従って触媒後センサ出力 V_r がリッチ判定値 V_{rR} を上回っていれば、触媒 1 1 における吸蔵酸素の放出が完了したとみなし、ステップ S 1 0 5 に進む。逆に、触媒後センサ出力 V_r がリッチ判定値 V_{rR} を上回っていなければ、ステップ S 1 0 3 に戻って強制リッチ制御を継続する。

【0048】

30
ステップ S 1 0 5 では、燃焼室 3 に供給される混合気の空燃比 A/F がストイキに制御され、具体的には、メイン空燃比制御における目標空燃比 A/F_t がストイキに設定される。このように制御空燃比を一定値に固定、具体的にはストイキに固定することにより、特に C_{max} 法の如く空燃比をリッチ・リーンに振るアクティブ空燃比制御を行う場合に比べ、エミッションの悪化を防止することができる。

【0049】

次のステップ S 1 0 6 では、 $VVT21$ が制御され、吸気弁 V_i 及び排気弁 V_e のバルブオーバーラップが変化させられる。具体的には、バルブオーバーラップが大きな値から小さな値へと徐々に減少していくように、 $VVT21$ が制御される。

【0050】

40
50
一般に、バルブオーバーラップを増大させると内部 EGR 量が増え、燃焼室 3 から排出される NO_x 量、即ち燃焼室 3 から排出される排気ガスの NO_x 濃度が減少する。逆に、バルブオーバーラップを減少させると内部 EGR 量が減り、排気ガスの NO_x 濃度が増大する。よってバルブオーバーラップと、燃焼室 3 から排出される排気ガスの NO_x 濃度、即ち触媒 1 1 に供給される排気ガスの NO_x 濃度（以下、供給 NO_x 濃度という）との間には、図 9 に示すような相関関係がある。よって本実施形態では、この相関関係を予め実験的に把握しておくと共にマップ（関数でもよい）として ECU 2 0 に記憶しておき、バルブオーバーラップを検知することにより、供給 NO_x 濃度を間接的に検知する。バルブオーバーラップは供給 NO_x 濃度に相関するパラメータである。バルブオーバーラップは、 $VVT21$ の制御状態に基づき検知され、例えば $VVT21$ の制御目標値に基づいて検

知することができるし、或いはカム角センサによって検出された実際のカム角に基づいて検知することもできる。

【0051】

このステップS106では、空燃比が一定のストイキに制御されたまま、バルブオーバーラップが徐々に減少させられ、供給NO_x濃度が徐々に増大されていく。かかるNO_x濃度変化の最中に、触媒後センサ18の出力V_rが継続的にモニタリングされる。

【0052】

次に、ステップS107において、触媒後センサ18の出力V_rが所定のリーン判定値V_{rL}を下回ったか否か（リーン判定値V_{rL}より少ない値に達したか否か）が判断される。図7に示すように、リーン判定値V_{rL}はストイキ相当値V_{refr}より低いリーン側10の値に設定されており、触媒後センサ出力V_rがリーン判定値V_{rL}を下回ったということは、あるレベルを超えるNO_xが触媒11から排出されたことを意味する。触媒後センサ出力V_rがリーン判定値V_{rL}を下回っていなければ、ステップS106に戻ってバルブオーバーラップ減少制御を継続する。

【0053】

他方、触媒後センサ出力V_rがリーン判定値V_{rL}を下回ったならば、ステップS108に進んで、その下回った時点において検知されたバルブオーバーラップの値が取得される。そしてこの取得されたバルブオーバーラップの値が、所定の劣化判定値OL_s（図9参照）と比較される。この劣化判定値OL_sは、正常と劣化の境目にある触媒（クライテリア触媒）に対応した値として予め定められている。バルブオーバーラップの値が劣化判定値OL_s未満であれば、リーン判定値V_{rL}相当の排出NO_x濃度Y（図7参照）に対して供給NO_x濃度が高い、即ちNO_x浄化率が高いことを意味するから、ステップS109において触媒11は正常と判定する。他方、バルブオーバーラップの値が劣化判定値OL_s以上であれば、リーン判定値V_{rL}相当の排出NO_x濃度Yに対して供給NO_x濃度が低い、即ちNO_x浄化率は低いことを意味するから、ステップS110において触媒11は劣化と判定する。20

【0054】

図10には、正常触媒、クライテリア触媒及び劣化触媒の各場合について、供給NO_x濃度と排出NO_x濃度の関係、即ちNO_x浄化率が示されている。図示するように、クライテリア触媒の場合に、リーン判定値V_{rL}相当の排出NO_x濃度Yと供給NO_x濃度X2とが対応するとする。この場合、同じ排出NO_x濃度Yに対して供給NO_x濃度がX2より高いX3であるとき、触媒は正常と判定され、他方、同じ排出NO_x濃度Yに対して供給NO_x濃度がX2以下のX1であるとき、触媒は劣化と判定される。30

【0055】

次に、他の実施形態について説明する。なおこの他の実施形態は前記実施形態と一部が相違するのみなので、以下、相違点を中心に説明を行う。

【0056】

図11に示すように、本実施形態では、VV_T21が省略され、その代わりに供給NO_x濃度を変化させる手段としてEGR装置40が設けられている。EGR装置40は、排気通路内の排気ガスの一部を吸気通路内に環流させるためのものであり、排気管6及びサージタンク8を接続するEGR管41と、EGR管41に設けられ排気環流量を調節するためのEGRバルブ42とを有する。EGRバルブ42はECU20によってその開度が制御される。EGRバルブ42の開度が増大されると、排気環流量即ちEGRガス流量が増大させられ、燃焼室3から排出される排気ガスのNO_x濃度、即ち触媒11に供給される排気ガスのNO_x濃度が減少する。従って、EGRバルブ42の開度を変化させることによって供給NO_x濃度を変化させることができる。40

【0057】

本実施形態では、EGRバルブ42の開度を変化させ、EGR率を変化させることによって、供給NO_x濃度を変化させる。EGR率は、供給NO_x濃度に相関するパラメータとして用いられ、ECU20により検知される。即ちECU20は、エンジン運転状態（50

例えば吸入空気量 G_a 及びエンジン回転速度 N_e) と EGR バルブ開度に基づき、予め記憶してあるマップ又は関数に従い、EGR 率を検知する。なお EGR 率 = 排気還流量 / (吸入空気量 + 排気還流量) である。

【0058】

図 12 に、他の実施形態における劣化診断処理のルーチンを示す。図示するルーチンも ECU 20 により実行される。

【0059】

ステップ S201 は前記ステップ S101 と同様である。続くステップ S202 は、前記ステップ S102 に対し、前述の条件 4) のみが異なり、前述の条件 4) は次の条件 4) ' に置き換えられる。

4) ' EGR 率の変更が許容されていること。

即ち、ノッキングやエミッションの観点から EGR 率変更が禁止されるエンジン運転状態があり、このようなエンジン運転状態になっていなければ、EGR 率の変更が許容される。

【0060】

続くステップ S203 ~ S205 は前記ステップ S103 ~ S105 と同様である。次のステップ S206 では、EGR バルブ 42 が制御され、EGR 率が変化させられる。具体的には、EGR 率が大きな値から小さな値へと徐々に減少していくように、EGR バルブ 42 が閉弁方向に制御される。EGR 率と供給 NO_x 濃度との間には図 13 に示すような相関関係がある。本実施形態では、この相関関係を予め実験的に把握しておくと共にマップ (関数でもよい) として ECU 20 に記憶しておき、EGR 率を検知することにより、供給 NO_x 濃度を間接的に検知する。本実施形態では EGR 率が供給 NO_x 濃度に相関するパラメータとなる。EGR 率が徐々に減少させられることにより、供給 NO_x 濃度は徐々に増大されていく。かかる供給 NO_x 濃度変化の最中に、触媒後センサ 18 の出力 V_r が継続的にモニタリングされる。

【0061】

ステップ S207 は前記ステップ S107 と同様である。ステップ S207 において、触媒後センサ出力 V_r がリーン判定値 V_{rL} を下回った (リーン判定値 V_{rL} より少ない値に達した) ならば、ステップ S208 に進んで、その下回った時点において検知された EGR 率の値を取得する。そしてこの取得した EGR 率の値を所定の劣化判定値 R_s (図 13 参照) と比較する。この劣化判定値 R_s も前記同様、クライテリア触媒に対応した値として予め定められている。EGR 率の値が劣化判定値 R_s 未満であれば、ステップ S209 において触媒 11 は正常と判定する。他方、EGR 率の値が劣化判定値 R_s 以上であれば、ステップ S210 において触媒 11 は劣化と判定する。

【0062】

以上述べたように、本発明の実施形態によれば、触媒の排ガス成分浄化能、特に NO_x 浄化能を直接検出して診断を行うので、エミッションの悪化と関連する触媒の劣化を直接的に検出、診断することができ、エミッションの観点から高精度な診断を行うことができる。また、排出 NO_x 濃度が一定の所定値に達したときの供給 NO_x 濃度を検知し、即ち、実質的には触媒の NO_x 浄化率を検知し、その結果に基づいて劣化判定するので、エミッションに関係する触媒の劣化を高精度で診断することができる。Cmax 法のように触媒の酸素吸蔵能を利用するものではないため、触媒の劣化度即ちエミッションの悪化度と、酸素吸蔵能の低下度との間に良好な相関関係がとれていない場合にあっては、正確な診断を実施することが可能である。

【0063】

本発明の実施形態は他にも様々なものが考えられる。例えば、上述の実施形態では供給 NO_x 濃度が小さな値から大きな値に変化するように供給 NO_x 濃度 (バルブオーバーラップ、EGR 率) を変化させたが、逆方向に変化させてもよく、即ち供給 NO_x 濃度が大きな値から小さな値に変化するように供給 NO_x 濃度を変化させてもよい。しかしながら、こうすると初期の段階で供給 NO_x 濃度が大きな値であり、触媒 11 からの NO_x の吹

10

20

30

40

50

き抜けが懸念されることから、変化の方向は本実施形態のように、小さな値から大きな値に変化させるようにするのが好ましい。もっとも、NO_xの吹き抜けが起こっても下流側の触媒19でそのNO_xを除去できるような場合であれば特に問題はない。また、供給NO_x濃度検知手段として、触媒11の上流側に別途NO_xセンサを設けてもよく、このNO_xセンサで供給NO_x濃度を直接検知してもよい。上述の実施形態では供給NO_x濃度を変化させる際に目標空燃比ないし制御空燃比をストイキに固定したが、必ずしもストイキでなくてもよい。例えば供給NO_x濃度が増えるようストイキより若干リーンの値に固定してもよいし、少なくとも強制リッチ制御時の制御空燃比よりリーン側の値に固定してもよい。上述の実施形態では、VVT21及びEGR装置40の一方により供給NO_x濃度を変化させたが、VVT21及びEGR装置40の両方により供給NO_x濃度を変化させてもよい。

10

【0064】

本発明には、特許請求の範囲によって規定される本発明の思想に包含されるあらゆる変形例や応用例、均等物が含まれる。従って本発明は、限定的に解釈されるべきではなく、本発明の思想の範囲内に帰属する他の任意の技術にも適用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明の実施形態の構成を示す概略図である。

【図2】触媒前センサの出力特性を示すグラフである。

【図3】触媒後センサの出力特性を示すグラフである。

20

【図4】触媒後センサの取付状態を示す部分断面図である。

【図5】図4のV部拡大断面図である。

【図6】触媒の構成を示す概略断面図である。

【図7】触媒後センサのNO_x濃度に対する出力特性を示すグラフである。

【図8】触媒劣化診断処理のフローチャートである。

【図9】バルブオーバーラップと供給NO_x濃度との関係を示すグラフである。

【図10】供給NO_x濃度と排出NO_x濃度の関係を示すグラフである。

【図11】本発明の他の実施形態の構成を示す概略図である。

【図12】他の実施形態における触媒劣化診断処理のフローチャートである。

【図13】EGR率と供給NO_x濃度との関係を示すグラフである。

30

【符号の説明】

【0066】

1 内燃機関

6 排気管

11 触媒

12 インジェクタ

17 触媒前センサ

18 触媒後センサ

20 電子制御ユニット (ECU)

21 可変バルブタイミング機構 (VVT)

40 EGR装置

V_i 吸気弁

V_e 排気弁

V_r 触媒後センサ出力

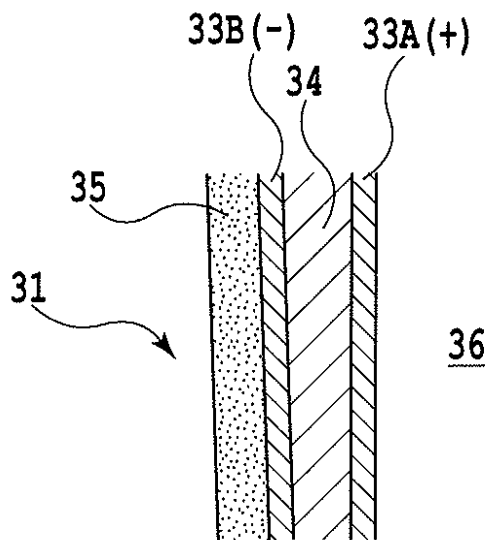
A/F_t 目標空燃比

V_{rL} リーン判定値

OL_s、R_s 劣化判定値

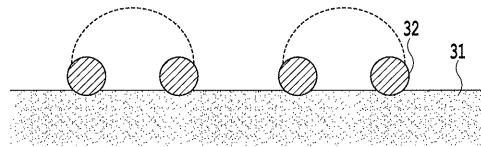
40

【図 5】

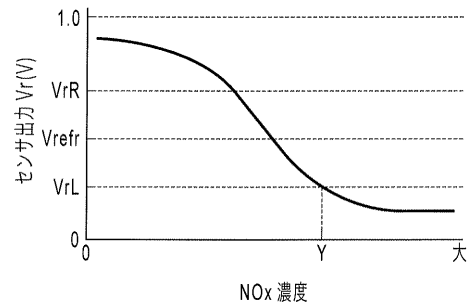


V拡大

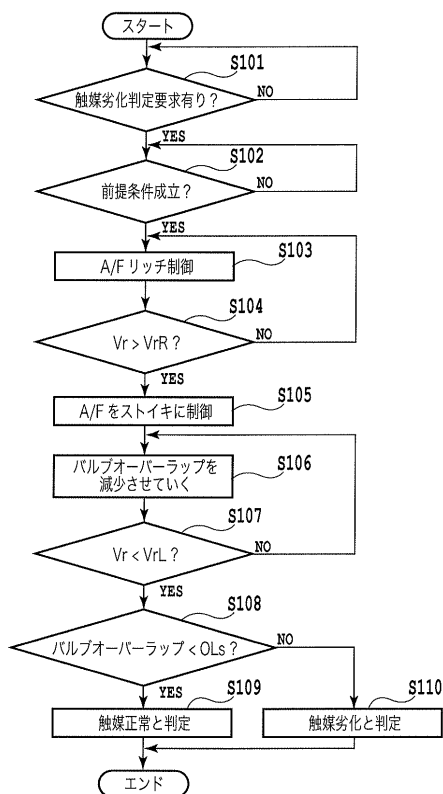
【図 6】



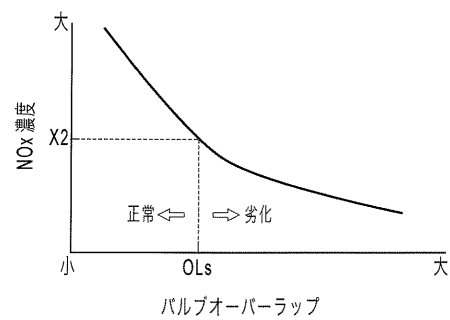
【図 7】



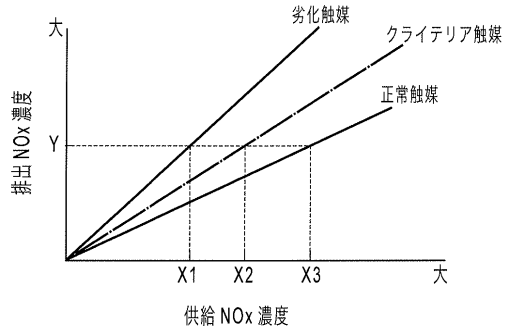
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
	F 0 1 N 3/24	S
	F 0 1 N 3/24	R

(72)発明者 岩▲崎▼ 靖志
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 光彦
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 宮本 寛史
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム (参考) 3G091 AA11 AA17 AA28 AB03 BA33 CB02 CB07 DA02 DB10 DC03
EA01 EA05 EA07 EA20 EA34 FB11 FB12 FC01 HA36 HA37
HA42 HB05
3G301 HA13 HA19 JB09 MA01 NE13 NE14 PA01Z PD09Z PE03Z PF03Z
3G384 BA26 BA27 BA31 DA38 DA43 FA01Z FA06Z FA42Z FA58Z FA61Z