

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4483972号
(P4483972)

(45) 発行日 平成22年6月16日 (2010. 6. 16)

(24) 登録日 平成22年4月2日 (2010. 4. 2)

(51) Int. Cl.

F I

FO1N 3/20 (2006.01)

FO1N 3/20 C

BO1D 53/94 (2006.01)

BO1D 53/36 IO1A

FO1N 3/08 (2006.01)

FO1N 3/08 B

FO1N 3/28 (2006.01)

FO1N 3/08 H

FO2D 45/00 (2006.01)

FO1N 3/28 SO1C

請求項の数 14 (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-104876 (P2008-104876)
 (22) 出願日 平成20年4月14日 (2008. 4. 14)
 (65) 公開番号 特開2009-257126 (P2009-257126A)
 (43) 公開日 平成21年11月5日 (2009. 11. 5)
 審査請求日 平成21年3月4日 (2009. 3. 4)

(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 100100549
 弁理士 川口 嘉之
 (74) 代理人 100106622
 弁理士 和久田 純一
 (74) 代理人 100085006
 弁理士 世良 和信
 (74) 代理人 100089244
 弁理士 遠山 勉
 (74) 代理人 100123319
 弁理士 関根 武彦
 (74) 代理人 100131532
 弁理士 坂井 浩一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排気浄化システムの故障診断装置

(57) 【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選択還元型触媒と、
 前記選択還元型触媒より上流を流れる排気に尿素を添加する添加装置と、
 前記選択還元型触媒の床温と相関する物理量を検出する検出手段と、
 前記内燃機関の始動時から前記添加装置が作動するまでの期間に前記検出手段が検出した物理量に基づいて前記選択還元型触媒の劣化度合を診断する診断手段と、
 を備えることを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時から前記物理量の単位時間当たりの変化量が基準値を超える時点までの経過時間を正常値と比較することにより、前記選択還元型触媒の劣化度合を診断することを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時から前記物理量の単位時間当たりの変化量が基準値を超える時点までの積算吸入空気量を正常値と比較することにより、前記選択還元型触媒の劣化度合を診断することを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 において、前記検出手段は、前記選択還元型触媒の後端部近傍の床温と

20

相関する物理量を検出することを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 5】

請求項 1 において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時から所定期間内における前記物理量と初期値との差を積算し、その積算結果と正常値とを比較することにより、前記選択還元型触媒の劣化度合を診断することを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 6】

請求項 1 において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時から所定期間内に前記検出手段が検出した物理量の最高値を特定し、特定された最高値と正常値とを比較することにより、前記選択還元型触媒の劣化度合を診断することを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

10

【請求項 7】

請求項 1～6 の何れか一項において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時における前記排気通路内の温度が排気通路内の水分の蒸発開始温度より高い場合は診断を行わないことを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 8】

請求項 1～6 の何れか一項において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時における前記物理量が前記選択還元型触媒に吸着した水分の脱離開始温度より高い場合は診断を行わないことを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 9】

20

請求項 1～6 の何れか一項において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時における前記排気通路内の温度が蒸発開始温度より高く、且つ前記物理量が脱離開始温度より高い場合は診断を行わないことを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 10】

請求項 1～9 の何れか一項において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時における前記排気通路内の温度が下限値より低い場合は診断を行わないことを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 11】

請求項 2～6 の何れか一項において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時における前記物理量に応じて前記正常値を補正することを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

30

【請求項 12】

請求項 2～6 の何れか一項において、前記診断手段は、前記内燃機関の始動時における前記排気通路内の温度に応じて前記正常値を補正することを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 13】

請求項 1～12 の何れか一項において、前記選択還元型触媒から流出した排気に含まれる窒素酸化物の濃度を検出する NO_x センサと、

前記添加装置が目標添加量に従って尿素を添加している時に、前記 NO_x センサの検出値と前記目標添加量とに基づいて、前記選択還元型触媒へ流入する窒素酸化物量に対する目標添加量の比である当量比と前記選択還元型触媒の NO_x 浄化率との相関関係を取得する取得手段と、

40

前記取得手段が取得した相関関係において NO_x 浄化率が最大となる当量比を特定する特定手段と、

前記診断手段による診断結果に基づいて、前記選択還元型触媒の NO_x 浄化率が最大となる当量比を演算する演算手段と、

前記取得手段により取得された当量比と前記演算手段により算出された当量比とを比較することにより、前記添加装置の劣化又は故障を診断する副診断手段と、
をさらに備えることを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【請求項 14】

50

請求項 13 において、前記副診断手段は、前記添加装置が劣化及び故障していないと診断した場合に、前記取得手段が取得した相関関係における NO_x 浄化率の最大値と正常値とを比較することにより、前記 NO_x センサの劣化又は故障を診断することを特徴とする排気浄化システムの故障診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の排気浄化システムの故障診断技術に関する。

【背景技術】

【0002】

10

従来、内燃機関の排気通路に選択還元型触媒を配置するとともに、該選択還元型触媒より上流を流れる排気に尿素水を添加するための尿素水添加装置を備えた排気浄化システムが提案されている。

【0003】

上記システムにおいては、選択還元型触媒の劣化が進むにつれてアンモニアスリップ（アンモニア（ NH_3 ）が選択還元型触媒を通過する現象）が顕著となるため、選択還元型触媒の劣化度合に応じて尿素水の添加量を補正する必要があった。

【0004】

選択還元型触媒の劣化を診断する方法としては、選択還元型触媒へ流入する排気の温度が所定温度以上となる運転時間を積算し、その積算時間が長くなるほど選択還元型触媒の劣化度合が高いと診断する方法が提案されている（例えば、特許文献 1 を参照）。

20

【特許文献 1】特開 2006-242094 号公報

【特許文献 2】特開 2006-125323 号公報

【特許文献 3】特開 2004-176719 号公報

【特許文献 4】特開 2002-155736 号公報

【特許文献 5】特開 2003-293743 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上記した従来の技術は、 NO_x 濃度センサやアンモニア濃度センサ等を追加することなく実施可能な診断方法であるが、使用条件や内燃機関の運転条件等によっては正確な診断を行えない可能性がある。

30

【0006】

また、選択還元型触媒に対して尿素が供給されている時に該選択還元型触媒から流出する窒素酸化物（ NO_x ）やアンモニア（ NH_3 ）の量（濃度）を検出することにより診断を行う方法も提案されているが、検出値と正常値との差が尿素添加装置の故障／劣化、センサの故障／劣化、或いは選択還元型触媒の劣化の何れに因るかを識別する必要があった。

【0007】

本発明は、上記したような実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、選択還元型触媒を備えた排気浄化システムの故障診断装置において、診断精度を向上させることにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記した課題を解決するために、選択還元型触媒（SCR：Selective Catalytic Reduction）が吸着可能な水分量に基づいて、該選択還元型触媒の劣化度合を診断するようにした。

【0009】

本願発明者の鋭意の実験及び検証により、選択還元型触媒の浄化能力は、該選択還元型触媒が吸着可能な水分（ H_2O ）の量（飽和量）と相関することがわかった。すなわち、

50

選択還元型触媒の浄化能力は該選択還元型触媒が吸着可能なアンモニア (NH_3) の量 (飽和量) と相関し、選択還元型触媒が吸着可能なアンモニアの量は該選択還元型触媒が吸着可能な水分の量と相関することがわかった。以下では、選択還元型触媒が吸着可能な水分の量を最大水分量と称し、選択還元型触媒が吸着可能なアンモニアの量を最大アンモニア量と称する。

【0010】

例えば、選択還元型触媒の浄化能力が劣化した場合は、最大水分量が正常時 (新品時) より減少する。この傾向は、選択還元型触媒の劣化が進行するにつれて顕著となる。つまり、選択還元型触媒の劣化が進行するほど最大水分量が減少する。

【0011】

10

従って、選択還元型触媒の最大水分量を直接的又は間接的に取得することにより、該選択還元型触媒の劣化度合を診断することが可能となる。

【0012】

最大水分量の取得方法としては、選択還元型触媒が水分を吸着した時の発熱量を取得する方法を例示することができる。選択還元型触媒は、水分を吸着する際に反応熱を発する。その際の発熱量は、最大水分量と相関する。すなわち、選択還元型触媒の最大水分量が少なくなるほど、該選択還元型触媒が水分を吸着した時の発熱量も少なくなる。よって、選択還元型触媒が水分を吸着した時の発熱量を特定することにより、最大水分量を特定することができる。

【0013】

20

ところで、上述した劣化診断は、比較的多量の水分が選択還元型触媒へ供給される時に実施される必要がある。従って、上記した劣化診断は、選択還元型触媒より上流の排気通路内に比較的多量の水分が存在する時期に実施されることが望ましい。このような条件を満たす時期としては、内燃機関の始動時を例示することができる。これは、内燃機関の始動時は、排気通路内に比較的多量の凝縮水が存在するためである。

【0014】

なお、本発明の技術的思想には、選択還元型触媒に対して強制的に水分を供給する思想も含まれる。この場合は、内燃機関の始動時以外にも劣化診断を行うことができる。選択還元型触媒へ供給される水分量は、正常な選択還元型触媒の最大水分量より十分に多くされることが望ましい。これは、水分供給量のばらつきが生じた場合であっても、正確な劣化診断を行えるようにするためである。

30

【0015】

選択還元型触媒の最大水分量は、該選択還元型触媒の劣化度合に加え、該選択還元型触媒に吸着されているアンモニアの量によっても変化する可能性がある。これに対し、選択還元型触媒に対するアンモニア供給量を特定するとともに、特定されたアンモニア供給量に起因した発熱量の減少を見込んで劣化診断が行われるようにしてもよい。

【0016】

このような方法によると、選択還元型触媒に対してアンモニアが供給されている時であっても、選択還元型触媒の劣化診断を行うことができる。但し、アンモニア供給量のばらつきが生じた場合等は、診断誤差が大きくなる可能性がある。このため、選択還元型触媒の劣化診断は、内燃機関の始動時からアンモニアの供給開始時までの期間内に行われることが好適である。

40

【0017】

本発明は、上述した種々の技術的思想を包含する発明である。このような発明の好適な特定要件としては、内燃機関の排気通路に配置された選択還元型触媒と、前記選択還元型触媒より上流を流れる排気に尿素を添加する添加装置と、前記選択還元型触媒の床温と相関する物理量を検出する検出手段と、前記内燃機関の始動時から前記添加装置が作動するまでの期間に前記検出手段が検出した物理量に基づいて前記選択還元型触媒の劣化度合を診断する診断手段と、を挙げることができる。

【0018】

50

これらの要件により特定される発明は、排気通路に貯まっている凝縮水が選択還元型触媒へ供給された時の選択還元型触媒の床温に基づいて劣化診断を行うことになる。選択還元型触媒の床温は、該選択還元型触媒が水分を吸着した時の発熱量と相関する。よって、選択還元型触媒の劣化度合を高精度に診断することができる。

【0019】

また、上記した発明は、添加装置が尿素を添加していない時に劣化診断を行うことになる。このため、添加装置の劣化／故障による診断精度の低下を防止することができるとともに、排気エミッションの悪化（例えば、アンモニアスリップによる排気エミッションの悪化）を防止することができる。

【0020】

10

さらに、上記した発明は、アンモニアや窒素酸化物の濃度を検出するためのセンサを利用せずに劣化診断を行うことができる。このため、センサの劣化／故障による診断精度の低下も防止することができる。

【0021】

ここで、選択還元型触媒へ供給された水分は、以下のような傾向に則って吸着されると考えられる。

【0022】

すなわち、正常な選択還元型触媒へ流入した水分は、先ず選択還元型触媒の前端部（排気の流れ方向における上流側端部）に吸着される。前端部の水分吸着量が飽和量に達した後は、前端部より下流の部位に水分が吸着されるようになる。このような水分吸着部位の変位は、後端部の水分吸着量が飽和量に達するまで繰り返される。

20

【0023】

このような水分吸着傾向によると、正常な選択還元型触媒の床温は、前端部から後端部へ順次上昇することになる。このため、正常な選択還元型触媒の後端部の床温は、水分供給開始から暫くの間は殆ど上昇しないことになる。

【0024】

一方、選択還元型触媒の劣化は、前端部から後端部へ順次進行していく傾向がある。言い換えると、選択還元型触媒の水分吸着能は、前端部から後端部へ徐々に劣化する傾向がある。このため、選択還元型触媒の劣化が進行すると、該選択還元型触媒の前端部寄りの部位には殆ど水分が吸着されず、後端部寄りの部位のみに水分が吸着されるようになる。

30

【0025】

このような劣化傾向によると、選択還元型触媒の後端部の床温が上昇し始めるタイミング（以下、「温度上昇タイミング」と称する）は、該選択還元型触媒の劣化が進行するほど早くなると言える。従って、後端部の温度上昇タイミングが正常時の温度上昇タイミング（以下、「基準温度上昇タイミング」と称する）に比して早くなるほど、選択還元型触媒の劣化が進行しているとみなすことができる。

【0026】

そこで、本発明の診断手段は、検出手段が検出する物理量から後端部の温度上昇タイミングを特定するとともに、特定された温度上昇タイミングと基準温度上昇タイミング（正常値）とを比較することにより選択還元型触媒が劣化しているか否か、および／または劣化度合を診断してもよい。

40

【0027】

本発明の診断手段は、温度上昇タイミングを特定する場合に、内燃機関の始動時を基準にしてもよい。すなわち、本発明の診断手段は、内燃機関の始動時から温度上昇タイミングまでの経過時間を計測するようにしてもよい。その場合、診断手段は、計測結果の比較対象（正常値）として、内燃機関の始動時から基準温度上昇タイミングまでの経過時間を用いればよい。

【0028】

ところで、正常な選択還元型触媒の後端部の床温は、水分吸着反応熱以外に排気の熱の影響も受ける。このため、水分吸着反応熱による温度上昇と排気の熱による温度上昇とを

50

区別する必要がある。

【0029】

内燃機関の始動直後は、排気の熱の大部分が選択還元型触媒の前端部寄りの部分に奪われる。このため、排気の熱による後端部の温度上昇量は、水分吸着反応熱による温度上昇量より少なくなる。

【0030】

そこで、診断手段は、単位時間当たりの温度上昇量が排気の熱による温度上昇量（基準値）より多くなった時期を、水分吸着反応熱による温度上昇タイミングとみなせばよい。

【0031】

また、選択還元型触媒に吸着された水分は、選択還元型触媒の床温が特定温度以上に上昇した時に該選択還元型触媒から脱離し始める（以下、前記した特定温度を「脱離温度」と称する）。

10

【0032】

選択還元型触媒の床温が脱離温度に到達するタイミング（以下、「脱離開始タイミング」と称する）は、該選択還元型触媒の劣化が進行するほど遅くなる。これは、選択還元型触媒の劣化が進行するほど、水分吸着反応熱の発生量が減少するためである。

【0033】

従って、脱離開始タイミングが正常時の脱離開始タイミング（以下、「基準脱離開始タイミング」と称する）に比して遅くなるほど、選択還元型触媒の劣化が進行しているとみなすことができる。

20

【0034】

そこで、診断手段は、検出手段が検出する物理量から脱離開始タイミングを特定するとともに、特定された脱離開始タイミングと基準脱離開始タイミング（正常値）とを比較することにより、選択還元型触媒が劣化しているか否か、および／または劣化度合を診断してもよい。

【0035】

脱離開始タイミングの特定方法としては、選択還元型触媒の床温が脱離温度に到達したタイミングを特定する方法を例示することができる。脱離温度は、予め実験的に求めておくことができる。また、選択還元型触媒に吸着された水分が脱離する時には、脱離する水分によって選択還元型触媒の熱が奪われるため、選択還元型触媒の床温が低下する。よって、水分脱反応による温度低下を検出することにより、脱離開始タイミングが特定されてもよい。

30

【0036】

また、基準脱離開始タイミングを予め求めておくことにより、内燃機関の始動時から基準脱離開始タイミングまでの期間に発生した総熱量をパラメータとして、選択還元型触媒の劣化度合を特定することも可能である。

【0037】

前述したように、脱離開始タイミングは、選択還元型触媒の劣化が進行するほど遅くなる。これは、選択還元型触媒の劣化が進行するほど、基準脱離開始タイミングまでに発生する熱量が少なくなると言い換えることができる。

40

【0038】

そこで、本発明の診断手段は、検出手段が検出する物理量に基づいて内燃機関の始動時から基準脱離開始タイミングまでの期間（所定期間）に選択還元型触媒が発生した総熱量を特定するとともに、特定された総熱量と正常値（正常な選択還元型触媒が上記期間内に発生する総熱量）とを比較することにより、選択還元型触媒が劣化しているか否か、および／または劣化度合を診断してもよい。

【0039】

上記所定期間内に発生する総熱量を特定する方法としては、該所定期間内において検出手段により検出された物理量と初期値（内燃機関の始動時に検出手段が検出した物理量）との差を積算する方法を例示することができる。

50

【0040】

ところで、上記した方法により求められる熱量は、前記所定期間内における水分吸着反応熱の発生量に加え、選択還元型触媒が排気から受けた熱量も含まれる。そこで、診断手段は、上記した初期値の代わりに、水分吸着能を有しない触媒の床温を用いてもよい。この方法により求められる熱量は、所定期間内における水分吸着反応熱の発生量に相当する。その結果、選択還元型触媒が排気から受ける熱量が変化した場合であっても、高精度な劣化診断を行うことが可能になる。

【0041】

なお、上記所定期間の終了タイミングは、基準脱離開始タイミングに限られない。要するに、上記終了タイミングは、正常時の総熱量と劣化時の総熱量との間に明確な差が生じる範囲内であれば何時でもよい。

10

【0042】

また、選択還元型触媒が水分を吸着している期間（例えば、内燃機関の始動時から基準脱離開始タイミングまでの期間）における床温の最大値（以下、「最高床温」と称する）は、選択還元型触媒の劣化が進行するほど低くなる傾向がある。

【0043】

そこで、本発明の診断手段は、検出手段が検出する物理量から最高床温を特定するとともに、特定された最高床温と正常値とを比較することにより、選択還元型触媒が劣化しているか否か、および／または劣化度合を診断してもよい。

【0044】

20

本発明において、上記した温度上昇タイミング、脱離開始タイミング、或いは所定期間は、内燃機関の始動時からの経過時間によって特定されているが、内燃機関の始動時からの積算吸入空気量（言い換えれば、選択還元型触媒を通過したガス量の積算値）によって特定されてもよい。

【0045】

選択還元型触媒の温度挙動は、該選択還元型触媒を通過する排気の流量によって相違する場合がある。つまり、選択還元型触媒の劣化度合が同等であっても、劣化診断時に選択還元型触媒を通過する排気量が相違すると、始動時から温度上昇タイミングまでの経過時間や、始動時から脱離開始タイミングまでの経過時間等も相違する可能性がある。これに対し、経過時間の代わりに積算吸入空気量が用いられると、内燃機関の運転状態に起因した診断誤差を小さくすることができる。

30

【0046】

本発明において、上述した種々の正常値は、内燃機関の始動時における排気通路内の温度や、選択還元型触媒の床温によって補正されてもよい。これは、排気通路内の温度によって凝縮水の量が相違したり、選択還元型触媒の床温によって最大水分量が相違したりする可能性があるからである。

【0047】

なお、本発明において、選択還元型触媒の床温と相関する物理量としては、選択還元型触媒の床温を直接検出する温度センサの検出値、或いは選択還元型触媒から流出する排気の温度を検出する温度センサの検出値などを例示することができる。

40

【0048】

また、選択還元型触媒の劣化度合を診断するためのパラメータは、上述したパラメータに限られない。本発明の技術的思想は、前述した正常時の最大水分量と劣化時の最大水分量との差を定量的に捉えることにある。このため、本発明の技術的思想には、上記パラメータ以外のパラメータも含まれる。

【0049】

例えば、最大水分量が多くなるほど水分脱離時の反応熱（以下、「水分脱離反応熱」と称する）が多くなるため、水分脱離反応熱に起因した床温の低下量をパラメータにして劣化診断を行うことも可能である。

【0050】

50

さらに、選択還元型触媒の劣化が進行すると、該選択還元型触媒の前端部は排気の熱のを受けて昇温することになる。このため、前端部の床温が一定温度以上に到達するタイミングは、選択還元型触媒の劣化が進行するほど遅くなると考えられる。よって、前端部の床温が一定温度以上に到達するタイミングをパラメータにして劣化診断を行うことも可能である。

【0051】

次に、本発明の劣化診断を実行可能な条件について述べる。

【0052】

本発明の劣化診断は、選択還元型触媒より上流の排気通路に十分な量の凝縮水が存在する場合に実施される必要がある。よって、選択還元型触媒より上流の排気通路に十分な量の凝縮水が存在しない場合は、本発明の劣化診断を好適に実施することはできない。

10

【0053】

そこで、本発明の診断手段は、内燃機関の始動時における排気通路内の温度が蒸発開始温度より高い場合は、劣化診断を行わないようにしてもよい。蒸発開始温度は、凝縮水が蒸発し得る温度域の下限值に基づいて定められる値であり、前記下限値より若干低い値に設定されることが好ましい。

【0054】

なお、排気通路内の温度が蒸発開始温度以下となる場合であっても、選択還元型触媒の床温が脱離温度以上であると、水分吸着反応が起こり難くなる。これに対し、本発明の診断手段は、内燃機関の始動時における選択還元型触媒の床温（検出手段により検出される物理量）が脱離開始温度より高い場合も、劣化診断を行わないようにしてもよい。脱離開始温度は、選択還元型触媒の脱離温度に基づいて定められる値であり、脱離温度より若干低い値に設定されることが好ましい。

20

【0055】

また、排気通路内の温度が過剰に低くなると、凝縮水が排気通路内で凍結する可能性がある。よって、本発明の診断手段は、排気通路内の温度が所定の下限值より低い場合は、劣化診断を行わないようにしてもよい。所定の下限值は、凝縮水が凍結し得る温度に基づいて定められる値であり、凝縮水が凍結し得る温度より若干高い値に設定されることが好ましい。

【0056】

上記した種々の方法により選択還元型触媒の劣化度合が特定されると、該選択還元型触媒に付随する添加装置の劣化や故障を検出することができる。

30

【0057】

そこで、本発明は、前述した特定要件に加え、以下の特定要件を備えるようにしてもよい。

【0058】

すなわち、本発明にかかる排気浄化システムの故障診断装置は、
選択還元型触媒から流出した排気に含まれる窒素酸化物の濃度を検出する NO_x センサと、

添加装置が目標添加量に従って尿素を添加している時に、前記 NO_x センサの検出値と前記目標添加量とに基づいて、前記選択還元型触媒へ流入する窒素酸化物量に対する目標添加量の比である当量比と前記選択還元型触媒の NO_x 浄化率との相関関係を取得する取得手段と、

40

前記取得手段が取得した相関関係において NO_x 浄化率が最大となる当量比を特定する特定手段と、

前記診断手段による診断結果に基づいて、前記選択還元型触媒の NO_x 浄化率が最大となる当量比を演算する演算手段と、

前記取得手段により取得された当量比と前記演算手段により算出された当量比とを比較することにより、前記添加装置の劣化又は故障を診断する副診断手段と、
をさらに備えるようにしてもよい。

50

【0059】

ここでいう NO_x 浄化率は、選択還元型触媒に流入した NO_x 量に対して該選択還元型触媒で浄化された NO_x 量の割合である。

【0060】

演算手段により算出される当量比（以下、「基準当量比」と称する）は、添加装置の実際の添加量（以下、「実添加量」と称する）が目標添加量と一致している場合に、 NO_x 浄化率が最大となる当量比である。演算手段は、選択還元型触媒の劣化度合をパラメータとして基準当量比を算出する。選択還元型触媒の劣化度合と基準当量比との相関関係は、予め実験的に求められていてもよい。

【0061】

取得手段により取得される相関関係は、 NO_x センサの検出値と目標添加量とに基づいて求められる。 NO_x センサは、排気中の NO_x に加え、排気中のアンモニアにも反応する特性を有する。このため、前記した相関関係は、排気中の NO_x 濃度及びアンモニア濃度が最小となる時に NO_x 浄化率が最大となる放物線に近似した関係となる。よって、特定手段は、前記放物線の頂点における当量比（以下、「実当量比」と称する）を求めればよい。

【0062】

上記した基準当量比と実当量比とは、以下のような関係を有する。すなわち、実添加量が目標添加量と一致している場合は、実当量比と基準当量比とは略同等の値になる。また、実添加量が目標添加量と相違する場合は、実当量比と基準当量比とは異なる値を示す。

【0063】

上記した実当量比は、 NO_x 浄化率の相対的な大小関係に依存する値であるが、 NO_x 浄化率の絶対値には依存しない値である。よって、 NO_x センサが NO_x 濃度の相対変化（増減）を検出可能である限りは、上記した実当量比と基準当量比との関係が成立する。言い換えれば、上記したような実当量比と基準当量比との関係は、 NO_x センサの出力信号値に誤差が含まれている場合であっても成立する。

【0064】

従って、判別手段は、実当量比と基準当量比とを比較することにより、添加装置の劣化や故障を判別することができる。例えば、判別手段は、実当量比と基準当量比との差が許容値を超える場合に、添加装置が故障していると判別することができる。また、判別手段は、実当量比と基準当量比とが相違し、且つ両者の差が許容値以下である場合には、添加装置が備える添加孔の詰まり、又は前記添加孔を開閉する機構の経時変化等に起因した添加量の減少／増加が生じていると判別することもできる。

【0065】

上記した方法により添加装置が故障していないと判別された場合には、 NO_x センサの検出誤差を特定することも可能となる。取得手段により取得される NO_x 浄化率の絶対値は、実添加量並びに NO_x センサの検出値に依存する。但し、実当量比と基準当量比とが一致している時（実添加量と目標添加量とが一致している時）は、前記 NO_x 浄化率は NO_x センサの検出値のみに依存する。よって、 NO_x 浄化率の絶対値が正常値と相違する場合には、 NO_x センサの検出値に誤差が含まれていると判定することができる。

【0066】

そこで、上記した副診断手段は、添加装置が劣化及び故障していないと診断した場合に、前記取得手段が取得した相関関係における NO_x 浄化率の最大値と正常値とを比較することにより、 NO_x センサの劣化又は故障を診断することができる。

【0067】

なお、上記したような NO_x センサの故障診断は、実当量比と基準当量比とが一致している場合に実行可能である。このため、添加装置が劣化していると診断された場合であっても、実当量比が基準当量比と一致するように実添加量が補正された後であれば、上記した NO_x センサの故障診断を行うことができる。

【発明の効果】

【0068】

本発明によれば、選択還元型触媒を備えた排気浄化システムの故障診断装置において、診断精度を向上させることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0069】

以下、本発明の具体的な実施形態について図面に基づいて説明する。本実施形態に記載される構成部品の寸法、材質、形状、相対配置等は、特に記載がない限り発明の技術的範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

【0070】

<実施例1>

まず、本発明の第1の実施例について図1～図8に基づいて説明する。

【0071】

図1は、内燃機関に適用される排気浄化システムの概略構成を示す図である。図1に示す内燃機関1は、軽油を燃料とする圧縮着火式内燃機関（ディーゼルエンジン）である。

【0072】

内燃機関1の排気通路2には、選択還元型触媒3が配置されている。前記選択還元型触媒3は、アンモニア等の極性分子を選択的に吸着し、吸着したアンモニアを還元剤として排気中の NO_x を還元及び浄化する触媒である。

【0073】

前記選択還元型触媒3より上流の排気通路2には、該排気通路2を流れる排気に尿素水溶液を添加する尿素添加弁4が取り付けられている。尿素添加弁4には、尿素水溶液を貯留するタンク5が接続されている。尿素添加弁4とタンク5は、本発明にかかる添加装置の一例である。

【0074】

前記尿素添加弁4は、前記選択還元型触媒3が活性状態にある時に、前記タンク5に貯留された尿素水溶液を排気中に添加する。排気中に添加された尿素水溶液は、排気中又は選択還元型触媒3において熱分解及び加水分解されてアンモニアを生成する。生成されたアンモニアは、選択還元型触媒3に吸着され、排気中の NO_x を還元させる。

【0075】

前記選択還元型触媒3には、該選択還元型触媒3の床温を検出するための温度センサ6が取り付けられている。本実施例においては、温度センサ6は、選択還元型触媒3の後端部近傍に取り付けられている。この温度センサ6は、本発明にかかる検出手段に相当する。

【0076】

前記選択還元型触媒3より下流の排気通路2には、排気中に含まれる NO_x の濃度を検出する NO_x センサ7が取り付けられている。

【0077】

このように構成された排気浄化システムには、ECU8が併設されている。ECU8は、CPU、ROM、RAM、バックアップRAM等から構成される電子制御ユニットである。ECU8には、温度センサ6や NO_x センサ7等の各種センサの出力信号が入力されるようになっている。さらに、ECU8には、尿素添加弁4等が電氣的に接続されている。

【0078】

ECU8は、前記した各種センサの出力信号に基づいて、前記尿素添加弁4や内燃機関1の運転状態を制御する。例えば、ECU8は、燃料噴射制御や尿素添加制御などの既知の制御に加え、選択還元型触媒3の劣化診断を行う。

【0079】

以下、選択還元型触媒3の劣化診断方法について述べる。

【0080】

本実施例の劣化診断方法は、選択還元型触媒3の後端部の床温が水分吸着反応によって

10

20

30

40

50

上昇し始めるタイミング（温度上昇タイミング）をパラメータとして、該選択還元型触媒 3 の劣化度合を診断する方法である。

【0081】

選択還元型触媒 3 は、アンモニアと同様に水分（水）も極性吸着する特性を有する。正常な選択還元型触媒 3 の水分吸着は、図 2 から図 4 に示すような過程で進行する。なお、図 2 から図 4 に示す領域 A は水分が吸着された部位（水分吸着部位）を示す。

【0082】

正常な選択還元型触媒 3 へ供給された水分は、先ず選択還元型触媒 3 の前端部近傍に吸着される（図 2 を参照）。その後、前端部近傍の水分吸着量が飽和量に達すると、前端部近傍に吸着されない水分が後端部寄りの部位に吸着される（図 3 を参照）。このように、選択還元型触媒 3 における水分吸着部位は、前端部から後端部へ順次拡大していき、最終的には後端部まで拡大する（図 4 を参照）。

【0083】

このような過程によれば、水分供給開始から暫くの間は、選択還元型触媒 3 の後端部に水分が吸着されない状態が続く。すなわち、水分供給開始から暫くの間は、選択還元型触媒 3 の後端部において水分吸着反応熱が発生しないことになる。

【0084】

従って、選択還元型触媒 3 の後端部の温度は、図 5 に示すように、水分供給開始時 t_0 から暫くの間 P （以下、「無反応期間 P 」と称する）は殆ど上昇しない。そして、前端部寄りの部位で発生した水分吸着反応熱が後端部まで伝達され、或いは後端部近傍において水分吸着反応が発生した時 t_1 に急速に上昇し始める。以下では、正常な選択還元型触媒 3 の後端部が急速に床温し始めるタイミング t_1 を「基準温度上昇タイミング t_{1base} 」と称する。

【0085】

一方、選択還元型触媒 3 の水分吸着能は、該選択還元型触媒 3 の前端部から後端部へ順次劣化する傾向がある。このため、選択還元型触媒 3 の水分吸着能が劣化すると、該選択還元型触媒 3 の前端部近傍には水分が吸着されなくなる。この傾向は、水分吸着能の劣化が進行するほど顕著となる。

【0086】

従って、選択還元型触媒 3 の劣化が進行すると、水分供給開始当初に水分が吸着される部位は後端部に近づくことになる。その結果、図 6 に示すように、選択還元型触媒 3 の後端部が昇温し始めるタイミング（温度上昇タイミング） t_1 は、選択還元型触媒 3 の劣化が進行するほど早くなる。これは、選択還元型触媒 3 の劣化が進行するほど、無反応期間 P が短くなることを意味する。

【0087】

そこで、本実施例の劣化診断では、ECU 8 は、内燃機関 1 の始動時から温度上昇タイミング t_1 までの経過時間（無反応期間 P ）を計測し、その計測結果 P と正常値（正常な選択還元型触媒 3 の無反応期間） P_{base} と比較するようにした。その際、ECU 8 は、無反応期間 P と正常値 P_{base} との差が許容値より大きければ、選択還元型触媒 3 の水分吸着能が劣化していると診断する。さらに、ECU 8 は、無反応期間 P と正常値 P_{base} との差が大きくなるほど、水分吸着能の劣化度合が高い（劣化が進行している）と診断する。

【0088】

このような劣化診断方法によれば、選択還元型触媒 3 の水分吸着能が劣化しているか否か、及び劣化度合を診断することが可能となる。選択還元型触媒 3 の水分吸着能は該選択還元型触媒 3 のアンモニア吸着能と関連し、選択還元型触媒 3 のアンモニア吸着能は該選択還元型触媒 3 の NO_x 浄化能と関連する。よって、選択還元型触媒 3 の水分吸着能の劣化度合が特定されれば、該選択還元型触媒 3 の NO_x 浄化能の劣化度合も特定することができる。

【0089】

また、本実施例の劣化診断方法は、尿素添加弁4がアンモニアを添加していない時に実施可能な方法である。このため、アンモニア添加量のバラツキによる診断精度の低下やアンモニアスリップによる排気エミッションの増加も抑制することができる。

【0090】

さらに、本実施例の劣化診断は、 NO_x センサ7の出力信号を利用せずに実施可能な方法である。このため、 NO_x センサ7の出力特性に起因した診断精度の低下も抑制される。

【0091】

次に、本実施例の劣化診断方法の実行手順について図7に沿って説明する。図7は、本実施例における劣化診断ルーチンを示すフローチャートである。この劣化診断ルーチンは、予めECU8のROM等に記憶されているルーチンであり、ECU8が内燃機関1の始動開始をトリガにして実行するルーチンである。

10

【0092】

劣化診断ルーチンでは、ECU8は、先ずS101において内燃機関1の始動時であるか否かを判別する。この判別方法としては、イグニッションスイッチがオフからオンへ切り替えられたか否か、或いはスタータスイッチがオフからオンへ切り替えられたか否かを判別する方法を例示することができる。なお、上記2つの判別方法の何れかによって肯定判定された場合に、内燃機関1が始動時であるとみなされる。

【0093】

前記S101において否定判定された場合は、ECU8は、本ルーチンの実行を終了する。前記S101において肯定判定された場合は、ECU8はS102へ進む。

20

【0094】

S102では、ECU8は、劣化診断実行条件が成立しているか否かを判別する。この判別は、図8に示すサブルーチンに沿って行われる。

【0095】

図8のサブルーチンでは、ECU8は、先ずS201において、選択還元型触媒3より上流の排気通路2内に十分な量の凝縮水が溜まっているか否かを判別する。

【0096】

この判別方法としては、内燃機関1の運転停止時間（前回の運転停止時から今回の始動時までの経過時間）が所定時間Pstop以上であるか否かを判別する方法を例示することができる。

30

【0097】

前記所定時間Pstopは、選択還元型触媒3より上流の排気通路2内に適量の凝縮水が貯まるために必要な最短時間である。言い換えれば、前記所定時間Pstopは、排気通路2内の温度が蒸発開始温度以下へ低下するために必要な最短時間である。前記した蒸発開始温度は、凝縮水が蒸発し得る温度域の下限值より若干低い温度である。

【0098】

なお、排気通路2内の温度変化は外気温度の影響を受けるため、前回の運転停止時および／または今回の始動時における外気温度に応じて前記所定時間Pstopが補正されてもよい。

40

【0099】

選択還元型触媒3より上流の排気通路2内に十分な量の凝縮水が溜まっているか否かを判別するための他の方法としては、選択還元型触媒3より上流の排気通路2に温度センサを取り付け、該温度センサの出力信号値が蒸発開始温度より低いかな否かを判別する方法を例示することができる。

【0100】

前記S201において否定判定された場合は、ECU8は、S204へ進む。S204では、ECU8は、劣化診断フラグを“0”に設定する。劣化診断フラグは、RAMやバックアップRAMに設定された記憶領域である。この劣化診断フラグには、劣化診断実行条件が成立した時に“1”がセットされ、劣化診断実行条件が成立しない時に“0”がリ

50

セットされる。

【0101】

前記S201において肯定判定された場合は、ECU8は、S202へ進む。S202では、ECU8は、選択還元型触媒3が水分を吸着可能な状態にあるか否かを判別する。例えば、ECU8は、温度センサ6の出力信号値（選択還元型触媒3の床温） T_{cat} が脱離開始温度 T_{catmax} 以下であるか否かを判別する。脱離開始温度 T_{catmax} は、選択還元型触媒3に吸着された水分が脱離し始める温度（脱離温度）より若干低い温度である。

【0102】

前記S202において否定判定された場合（ $T_{cat} > T_{catmax}$ ）は、ECU8は、S204へ進む。前記S202において肯定判定された場合（ $T_{cat} \leq T_{catmax}$ ）は、ECU8は、S203へ進む。S203では、ECU8は、劣化診断フラグに“1”をセットする。

10

【0103】

ところで、排気通路2内の温度が非常に低くなる場合は、排気通路2内の凝縮水が凍結する可能性がある。よって、ECU8は、排気通路2内の温度が下限値を下回る場合に、劣化診断フラグを“0”に設定してもよい。前記下限値は、凝縮水が凍結し得る温度域の上限値より若干高い温度である。

【0104】

ここで図7に戻り、ECU8は、S103において、劣化診断フラグに“1”がセットされているか否かを判別する。前記S103において否定判定された場合（劣化診断フラグ=0）は、ECU8は、本ルーチンの実行を終了する。前記S103において肯定判定された場合（劣化診断フラグ=1）は、ECU8は、S104へ進む。

20

【0105】

S104では、ECU8は、カウンタを起動させる。このカウンタは、内燃機関1の始動時からの経過時間を計測するカウンタである。

【0106】

続いて、ECU8は、選択還元型触媒3の後端部の温度上昇タイミング t_1 を特定するために、S105～S107の処理を繰り返し実行する。

【0107】

S105では、ECU8は、温度センサ6の出力信号値（床温） T_{cat} を読み込む。

30

【0108】

S106では、ECU8は、前記S105で読み込まれた床温 T_{cat} を前回値（S105の前回実行時に読み込まれた床温） T_{catold} で除算することにより、変化率 R_{cat} （ $=T_{cat}/T_{catold}$ ）を算出する。なお、S105の処理が内燃機関1の始動後に初めて実行される場合は、前回値 T_{catold} として、前述した図8のS202で読み込まれた床温 T_{cat} を用いてもよい。

【0109】

S107では、ECU8は、前記S106で算出された変化率 R_{cat} が基準値 α を上回っているか否かを判別する。基準値 α は、排気の熱のみで選択還元型触媒3が加熱される場合の変化率に相当する。

40

【0110】

なお、基準値 α は、固定値であってもよいが、内燃機関1の始動時における選択還元型触媒3の床温、外気温度、排気通路2内の温度等によって変更される可変値であってもよい。これは、内燃機関1の始動時における床温、外気温度、或いは排気通路2内の温度が変化すると、選択還元型触媒3の劣化度合が一定であっても変化率 R_{cat} が変化する場合があるという本願発明者の知見による。よって、基準値 α が内燃機関1の始動時における床温、外気温度、排気通路2内の温度等によって変更されると、劣化診断精度を一層高めることができる。

【0111】

50

また、本実施例では、床温 T_{cat} の変化率 R_{cat} を基準値と比較する例について述べたが、床温 T_{cat} の差（温度上昇量）を基準値と比較してもよいことは勿論である。要するに、水分吸着反応による温度上昇タイミングを定量的に捉えることができれば、如何なるパラメータを用いてもよい。

【0112】

前記 S107 において否定判定された場合 ($R_{cat} \leq \alpha$) は、ECU8 は、S105 へ戻る。前記 S107 において肯定判定された場合 ($R_{cat} > \alpha$) は、ECU8 は、S108 へ進む。

【0113】

S108 では、ECU8 は、現時点におけるカウンタの計測時間 P を取得する。取得された計測時間 P は、前述した無反応期間に相当する値である。ECU8 は、前記計測時間 P と正常値（基準無反応期間） P_{base} との差 ($= P_{base} - P$) が許容値 β 以下であるか否かを判別する。許容値 β は、尿素添加量の補正が必要な程度に選択還元型触媒 3 が劣化している場合の差 ($= P_{base} - P$) に基づいて設定される。

10

【0114】

なお、許容値 β は、固定値であってもよいが、内燃機関 1 の始動時における選択還元型触媒 3 の床温、外気温度、排気通路 2 内の温度等によって変更される可変値であってもよいことは勿論である。許容値 β が内燃機関 1 の始動時における床温、外気温度、排気通路 2 内の温度等によって変更されると、劣化診断精度を一層高めることができる。

【0115】

20

前記 S108 において肯定判定された場合 ($(P_{base} - P) \leq \beta$) は、ECU8 は、S109 へ進み、選択還元型触媒 3 が正常であると判定する。

【0116】

一方、前記 S108 において否定判定された場合 ($(P_{base} - P) > \beta$) は、ECU8 は、S110 へ進み、選択還元型触媒 3 が劣化していると判定する。その際、ECU8 は、前記した計測時間 P と基準無反応期間 P_{base} との差が大きくなるほど、選択還元型触媒 3 の劣化度合が高いと判定する。

【0117】

以上述べたように ECU8 が図 7、図 8 のルーチンを実行することにより、本発明にかかる診断手段が実現される。その結果、選択還元型触媒 3 が劣化しているか否か、および／または選択還元型触媒 3 の劣化度合を精度良く診断することが可能となる。

30

【0118】

ところで、内燃機関 1 の前回の運転状態、或いは内燃機関 1 の運転停止中の環境等によっては、排気通路 2 内の凝縮水の量が想定値より少なくなる場合も考えられる。そのような場合は、選択還元型触媒 3 の後端部の床温が急速な上昇を示さない可能性がある。その結果、ECU8 が前記 S105～S107 の処理を繰り返し実行し続ける事態が発生し得る。

【0119】

これに対し、ECU8 は、カウンタの計測時間が一定時間を超えた時、若しくは選択還元型触媒 3 の後端部の床温が一定温度を超えた時に、故障診断ルーチンの実行を打ち切るようにしてもよい。

40

【0120】

なお、本実施例では、水分吸着反応による温度上昇タイミングをパラメータとして選択還元型触媒 3 の劣化診断を行う例について述べたが、水分脱離反応が開始されるタイミング（脱離開始タイミング）をパラメータとして選択還元型触媒 3 の劣化診断を行ってもよい。

【0121】

また、本実施例では、温度センサ 6 が選択還元型触媒 3 の後端部近傍に取り付けられる例について述べたが、選択還元型触媒 3 の直下流の排気通路 2 に取り付けられていても同様の劣化診断を行うことは可能である。

50

【0122】

ところで、選択還元型触媒3の前端部近傍に温度センサが取り付けられている場合には、上記した劣化診断方法を好適に実施することはできない。但し、選択還元型触媒3の前端部近傍における温度上昇量（変化率）は、該選択還元型触媒3の劣化が進行するほど穏やかになる傾向がある。これは、選択還元型触媒3の劣化が進行するほど、前端部近傍における水分吸着反応熱の発生量が減少するためである。

【0123】

従って、選択還元型触媒3の前端部近傍に温度センサが取り付けられている場合は、前端部近傍の変化率が正常値に対して小さくなるほど、選択還元型触媒3の劣化が進行していると診断することができる。

10

【0124】

<実施例2>

次に、本発明の第2の実施例について図9に基づいて説明する。ここでは、前述した第1の実施例と異なる構成について説明し、同様の構成については説明を省略する。

【0125】

前述した第1の実施例では、内燃機関1の始動時から温度上昇タイミングt1までの経過時間（無反応期間Pの時間的な長さ）に基づいて、選択還元型触媒3の劣化および／または劣化度合を診断する例について述べた。

【0126】

選択還元型触媒が排気から受ける熱量は、該選択還元型触媒3を通過する排気の流量によって相違する。このため、選択還元型触媒を通過する排気の流量によって、温度上昇タイミングが相違する可能性がある。

20

【0127】

これに対し、無反応期間Pの積算排気流量に応じて基準値 α 又は変化率 $Rcat$ を補正する方法も考えられるが、本実施例では内燃機関1の始動時から温度上昇タイミングt1までの積算吸入空気量（無反応期間Pにおける積算吸入空気量） ΣGa に基づいて選択還元型触媒3の劣化および／または劣化度合を診断するようにした。

【0128】

以下、本実施例における劣化診断方法の実行手順について図9に沿って説明する。図9は、本実施例における劣化診断ルーチンを示すフローチャートである。図9において、前述した第1の実施例（図7を参照）と同様の処理には同一の符号が付されている。

30

【0129】

ECU8は、S103において肯定判定された場合（劣化診断フラグ＝1）に、S104の代わりに、S301を実行する。S301では、ECU8は、積算吸入空気量 ΣGa の演算を開始する。積算吸入空気量 ΣGa の演算方法としては、図示しないエアフローメータが周期的に検出した吸入空気量 Ga を積算する方法を例示することができる。

【0130】

また、ECU8は、S107において肯定判定された場合（ $Rcat > \alpha$ ）に、S108の代わりにS302を実行する。S302では、ECU8は、現時点における積算吸入空気量 ΣGa と基準値 $\Sigma Gabase$ との差（ $= \Sigma Gabase - \Sigma Ga$ ）が許容値 γ 以下であるか否かを判別する。基準値 $\Sigma Gabase$ は、基準無反応期間 $Pbase$ における積算吸入空気量に相当する。許容値 γ は、尿素添加量の補正が必要な程度に選択還元型触媒3が劣化している場合の差（ $= \Sigma Gabase - \Sigma Ga$ ）に基づいて設定される。

40

【0131】

以上述べた診断方法によれば、温度上昇タイミングが排気流量の影響により変化した場合であっても、高精度な劣化診断を行うことができる。

【0132】

<実施例3>

次に、本発明の第3の実施例について図10～図13に基づいて説明する。ここでは前述した第1の実施例と異なる構成について説明し、同様の構成については説明を省略する

50

。

【0133】

前述した第1の実施例では、内燃機関1の始動時から温度上昇タイミング t_1 までの経過時間に基づいて、選択還元型触媒3の劣化および／または劣化度合を診断する例について述べた。

【0134】

これに対し、本実施例では、内燃機関1の始動時から所定期間における水分吸着反応熱の発生量に基づいて、選択還元型触媒3の劣化および／または劣化度合を診断する例について述べる。

【0135】

先ずECU8は、図10に示すように、内燃機関1の始動時から所定期間（図10中の $t_0 \sim t_3$ の期間）において、温度センサ6が検出した床温 T_{cat} と初期値（内燃機関1の始動時に温度センサ6が検出した床温 T_{cat0} ）との差 ΔT_{cat} （ $= T_{cat} - T_{cat0}$ ）を積算する。

【0136】

前記差 ΔT_{cat} の積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ は、図11に示す領域Bの面積に相当する。領域Bの面積は、前記所定期間において選択還元型触媒3が発生した熱量（選択還元型触媒3の後端部近傍で発生した水分吸着反応熱、及び前端口寄りの部位から伝達された水分吸着反応熱を含む）と選択還元型触媒3が排気から受けた熱量との総和に相当する。すなわち、前記積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ は、前記所定期間における水分吸着反応熱の発生量に加え、選択還元型触媒3が排気から受けた熱量も含む。

【0137】

前記所定期間内に選択還元型触媒3が排気から受ける熱量は、内燃機関1の運転状態（例えば、吸入空気量、機関回転数、負荷など）に応じて変化する。このため、前記積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ は、水分吸着反応熱の発生量のみならず、内燃機関1の運転状態によっても変化するようになる。

【0138】

但し、前記所定期間における内燃機関1の運転状態が予め定められた運転状態と一致していることを条件に上記の積算処理が行われれば、前記積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ は所定期間における水分吸着反応熱の発生量と相関するようになる。

【0139】

そこで、ECU8は、前記所定期間における内燃機関1の運転状態が所定の定常運転状態（例えば、アイドル運転状態）と一致していることを条件に、上記の積算処理を行うようにした。

【0140】

ところで、前記所定期間の終了タイミング t_3 が不用意に定められると、該所定期間における水分吸着反応熱の発生量が選択還元型触媒3の劣化度合と相関しなくなる場合がある。このため、前記終了タイミング t_3 は、正常時の積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ と劣化時の積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ との間に明確な差が生じるように定められる必要がある。

【0141】

上記した条件を満たす終了タイミング t_3 としては、予め実験的に求められた適合値が用いられてもよいが、本実施例では基準脱離開始タイミング（正常な選択還元型触媒3の床温 T_{cat} が脱離温度 T_{catd} に到達するタイミング）が用いられるようにした。

【0142】

選択還元型触媒3に吸着された水分の脱離開始タイミングは、該選択還元型触媒3の劣化が進行するほど遅くなる。このため、内燃機関1の始動時から基準脱離開始タイミングまでの期間に発生する水分吸着反応熱の量は、選択還元型触媒3の劣化が進行するほど少なくなるといえる。

【0143】

従って、基準脱離開始タイミングが前記終了タイミング t_3 に設定されると、正常時の

10

20

30

40

50

積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ と劣化時の積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ との間に明確な差が生じる。その結果、選択還元型触媒 3 の劣化度合を精度良く診断することが可能になる。

【0144】

以下、本実施例における劣化診断方法の実行手順について図 12 に沿って説明する。図 12 は、本実施例における劣化診断ルーチンを示すフローチャートである。図 12 において、前述した第 1 の実施例の劣化診断ルーチン（図 7 を参照）と同様の処理には同一の符号が付されている。

【0145】

ECU8 は、S103 の処理を実行した後に、S105～S108 の代わりに、S401～S405 の処理を実行する。

10

【0146】

S401 では、ECU8 は、内燃機関 1 がアイドル運転状態にあるか否かを判別する。S401 において否定判定された場合は、ECU8 は本ルーチンの実行を終了する。一方、S401 において肯定判定された場合は、ECU8 は S402 へ進む。

【0147】

S402 では、ECU8 は、温度センサ 6 の出力信号値（床温） T_{cat} を読み込む。続く S403 では、ECU8 は、先ず、前記 S402 で読み込まれた床温 T_{cat} と初期値 T_{cat0} との差 ΔT_{cat} ($= T_{cat} - T_{cat0}$) を演算する。続いて、ECU8 は、前記差 ΔT_{cat} を前回までの積算値 $\Sigma \Delta T_{catold}$ に加算して新たな積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ を算出する。なお、S403 の処理が初めて実行される時は、 $\Sigma \Delta T_{catold}$ の値は“0”に設定される。

20

【0148】

S404 では、ECU8 は、前記カウンタの計測時間 P が基準時間 P_{t3} 以上であるか否かを判別する。基準時間 P_{t3} は、内燃機関 1 の始動時から基準脱離開始タイミングまでの所要時間であり、予め実験的に求められた値である。

【0149】

前記 S404 において否定判定された場合 ($P < P_{t3}$) は、ECU8 は、前記した S401 へ戻る。一方、前記 S404 で肯定判定された場合 ($P \geq P_{t3}$) は、ECU8 は、S405 へ進む。

【0150】

S405 では、ECU8 は、前記 S403 で算出された積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ と基準積算値 $\Sigma \Delta T_{catbase}$ との差 ($= \Sigma \Delta T_{catbase} - \Sigma \Delta T_{cat}$) が許容値 δ 以下であるか否かを判別する。

30

【0151】

基準積算値 $\Sigma \Delta T_{catbase}$ は、選択還元型触媒 3 が正常である時の積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ である。許容値 δ は、尿素添加量の補正が必要な程度に選択還元型触媒 3 が劣化している場合の差 ($= \Sigma \Delta T_{catbase} - \Sigma \Delta T_{cat}$) に基づいて設定される。

【0152】

前記 S405 において肯定判定された場合 ($(\Sigma \Delta T_{catbase} - \Sigma \Delta T_{cat}) \leq \delta$) は、ECU8 は、S109 へ進み、選択還元型触媒 3 が正常であると診断する。

40

【0153】

前記 S405 において否定判定された場合 ($(\Sigma \Delta T_{catbase} - \Sigma \Delta T_{cat}) > \delta$) は、ECU8 は、S110 へ進み、選択還元型触媒 3 が劣化していると診断する。その際、ECU8 は、前記積算値 $\Sigma \Delta T_{cat}$ と前記基準積算値 $\Sigma \Delta T_{catbase}$ との差が大きくなるほど、選択還元型触媒 3 の劣化度合が高いと診断する。

【0154】

以上述べたような劣化診断方法によれば、前述した第 1 の実施例と同様の効果を得ることが可能となる。

【0155】

なお、上記した劣化診断方法によると、所定期間中に内燃機関 1 の運転状態が定常運転

50

状態から逸脱すると、劣化診断が中止されることになる。このため、劣化診断を実行可能な機会が少なくなる可能性がある。

【0156】

これに対し、ECU8は、図13に示すように、水分吸着能を有さない触媒（以下、「基本触媒」と称する）が前記所定期間内に排気から受ける熱量（図13中の領域Cの面積）を求め、その熱量を前記積算値 $\Sigma Tcat$ から差し引くようにしてもよい。前記基本触媒は、アンモニア吸着能以外の機能や構造は選択還元型触媒3と同等の触媒である。

【0157】

その際、基本触媒が前記所定期間内に排気から受ける熱量は、予め実験的に求められていてもよく、或いは内燃機関1の運転状態から推定されるようにしてもよい。

10

【0158】

このような方法によれば、所定期間中の内燃機関1の運転状態に影響されることなく、水分吸着反応熱の発生量を特定することができる。その結果、劣化診断を実行可能な機会が増える。

【0159】

<実施例4>

次に、本発明の第4の実施例について図14～図15に基づいて説明する。ここでは前述した第3の実施例と異なる構成について説明し、同様の構成については説明を省略する。

【0160】

20

前述した第3の実施例では、内燃機関1の始動時から所定期間内における水分吸着反応熱の発生量に基づいて、選択還元型触媒3の劣化および／または劣化度合を診断する例について述べた。

【0161】

これに対し、本実施例では、図14に示すように、内燃機関1の始動時から所定期間内における床温の最大値（最高値） $Tcatmax$ に基づいて、選択還元型触媒3の劣化および／または劣化度合を診断する例について述べる。

【0162】

選択還元型触媒3の劣化が進行すると、最大水分量の減少により水分吸着反応熱の発生量が減少する。このため、内燃機関1の始動時から所定期間内において床温が到達し得る最高値（以下、「最高床温」と称する） $Tcatmax$ は、選択還元型触媒3の劣化が進行するほど低くなる。

30

【0163】

なお、前記所定期間の終了タイミング $t3$ が不用意に定められると、該所定期間における最高床温 $Tcatmax$ が選択還元型触媒3の劣化度合と関連しなくなる場合がある。このため、前記終了タイミング $t3$ は、正常時の最高床温と劣化時の最高床温との間に明確な差が生じるように定められる必要がある。このような条件を満たす終了タイミングとしては、予め実験的に求められた適合値が用いられてもよい。

【0164】

このような劣化診断方法によれば、前述した第3の実施例と同様の効果を得ることが可能となる。

40

【0165】

なお、上記した最高床温は、水分吸着反応熱の発生量に加え、排気から選択還元型触媒3へ伝達される熱量によっても変化する。このため、図15に示すように、基本触媒の床温と選択還元型触媒3の床温との差の最大値 $\Delta Tcatmax$ が上記最高床温 $Tcatmax$ の代わりに用いられるようにしてもよい。この場合、選択還元型触媒3が排気から受ける熱量の多少に起因した診断精度の低下を抑制することができる。

【0166】

<実施例5>

次に、本発明の第5の実施例について図16～図18に基づいて説明する。ここでは前

50

述した第1～4の実施例と異なる構成について説明し、同様の構成については説明を省略する。

【0167】

前述した第1～4の実施例では選択還元型触媒3の劣化度合を診断する方法について述べたが、本実施例では添加装置（尿素添加弁4、タンク5）の故障診断を行う例について述べる。

【0168】

本実施例における添加装置の故障診断は、選択還元型触媒3の劣化診断結果を利用して行われる。このため、ECU8は、前述した第1乃至第4の何れかの実施例で述べた劣化診断の実行終了後に、添加装置の故障診断を行う。以下、添加装置の故障診断方法について述べる。

10

【0169】

ECU8は、尿素添加弁4の作動時に、 NO_x 浄化率が最大となるように尿素水の添加量（目標添加量）をフィードバック制御する。 NO_x 浄化率は、選択還元型触媒3へ流入する NO_x 量に対して選択還元型触媒3で浄化される NO_x 量の割合である。

【0170】

選択還元型触媒3へ流入する NO_x 量（以下、「 NO_x 流入量」と称する） $A_{\text{no}_x \text{ in}}$ は、内燃機関1の運転状態に基づいて求められる。なお、内燃機関1の運転状態と NO_x 流入量 $A_{\text{no}_x \text{ in}}$ との関係は、予め実験的に求められていてもよい。

20

【0171】

選択還元型触媒3において浄化される NO_x 量は、選択還元型触媒3から流出する NO_x 量（以下、「 NO_x 流出量」と称する） $A_{\text{no}_x \text{ out}}$ と前記 NO_x 流入量 $A_{\text{no}_x \text{ in}}$ との差分（ $= A_{\text{no}_x \text{ in}} - A_{\text{no}_x \text{ out}}$ ）である。

【0172】

NO_x 流出量 $A_{\text{no}_x \text{ out}}$ は、 NO_x センサ7の出力信号値（ NO_x 濃度）とエアフローメータの出力信号値（吸入空気量）とから演算することができる。

【0173】

ECU8は、上記したフィードバック制御実行中に、 NO_x 浄化率と当量比との相関関係を特定する。前記当量比は、 NO_x 流入量 $A_{\text{no}_x \text{ in}}$ に対する目標添加量の割合である。このような方法により特定される相関関係は、図16に示すような放物線に近似される。

30

【0174】

図16中の $E_{q \text{ r}}$ は、 NO_x 浄化率が最大値 $R_{p \text{ max}}$ を示す時の当量比（実当量比）を示している。なお、当量比が実当量比 $E_{q \text{ r}}$ より大きくなった時に NO_x 浄化率が低下しているのは、 NO_x センサ7が NO_x と同様にアンモニアにも反応するためである。

【0175】

次に、ECU8は、選択還元型触媒3の劣化診断結果に基づいて基準当量比 $E_{q \text{ base}}$ を取得する。基準当量比 $E_{q \text{ base}}$ は、尿素添加弁4の実際の添加量（実添加量）が目標添加量に一致している場合に NO_x 浄化率が最大となる当量比である。

【0176】

40

選択還元型触媒3の劣化度合と基準当量比 $E_{q \text{ base}}$ との関係は、予め実験的に求められていてもよい。図17は、選択還元型触媒3の劣化度合と基準当量比 $E_{q \text{ base}}$ との相関関係を示すマップの一例である。図17において、選択還元型触媒3の劣化度合が許容値 m を超える領域においては、劣化度合が高くなるほど基準当量比 $E_{q \text{ base}}$ が小さくなっている。これは、選択還元型触媒3の劣化が進行するほど最大アンモニア量が減少するためである。

【0177】

上記した手順により求められた基準当量比 $E_{q \text{ base}}$ と実当量比 $E_{q \text{ r}}$ とは、以下のような関係を有する。

【0178】

50

すなわち、実添加量が目標添加量と一致している場合には、実当量比 E_{qr} が基準当量比 E_{qbase} と略同等の値を示す。一方、実添加量が目標添加量と一致しない場合には、実当量比 E_{qr} が基準当量比 E_{qbase} と異なる値を示す。

【0179】

ところで、 NO_x センサ7の出力信号値には、誤差が含まれている可能性がある。しかしながら、実当量比 E_{qr} は、 NO_x 浄化率が相対的に最大となる時の当量比であるため、 NO_x 浄化率の絶対値には依存しない。従って、上記した実当量比 E_{qr} と基準当量比 E_{qbase} との関係は、 NO_x センサの出力信号値に誤差が含まれている場合であっても成立する。

【0180】

従って、ECU8は、上記した実当量比 E_{qr} と基準当量比 E_{qbase} とを比較することにより、添加装置の劣化／故障を診断することができる。

【0181】

例えば、実当量比 E_{qr} と基準当量比 E_{qbase} との差が許容値を超える場合には、添加装置が故障していると判定することができる。

【0182】

また、実当量比 E_{qr} と基準当量比 E_{qbase} とが相違し、且つ両者の差が許容値以下である場合には、尿素添加弁4の詰まりや経時変化による添加量の減少／増加が生じていると判定することができる。

【0183】

以上述べたように、本実施例の故障診断方法によれば、添加装置の劣化／故障を精度良く診断することが可能となる。さらに、実当量比 E_{qr} と基準当量比 E_{qbase} との差が許容値以下であると診断された場合に、ECU8は、実当量比 E_{qr} が基準当量比 E_{qbase} と一致するように尿素添加弁4の制御量を補正することもできる。その場合には、実添加量を目標添加量に近似させることができるため、 NO_x 浄化率の向上やアンモニアスリップの抑制を図ることができる。

【0184】

なお、上記した方法により添加装置が故障していないと判定された場合（実当量比 E_{qr} と基準当量比 E_{qbase} との差が許容値以下である場合）には、 NO_x センサ7の検出誤差を診断することも可能となる。

【0185】

以下では、 NO_x センサ7の検出誤差を特定する方法について述べる。

【0186】

前記したフィードバック制御実行中に取得される NO_x 浄化率の値は、実添加量並びに NO_x センサ7の検出値に依存する。但し、実当量比 E_{qr} と基準当量比 E_{qbase} との差が許容値以下となる条件下では、前記 NO_x 浄化率の値は、 NO_x センサ7の検出値のみに依存する。よって、 NO_x 浄化率の絶対値が正常値と相違する場合には、 NO_x センサ7の出力信号値に誤差が含まれているとみなすことができる。

【0187】

そこで、ECU8は、添加装置が故障していないと診断した場合（或いは、実当量比 E_{qr} が基準当量比 E_{qbase} と一致するように実添加量が補正された場合）には、前述した図16に示した相対関係から NO_x 浄化率の最大値 R_{pmax} を取得し、その最大値 R_{pmax} を正常値と比較する。

【0188】

上記した正常値は、実添加量が目標添加量と一致する場合（言い換えれば、実当量比 E_{qr} が基準当量比 E_{qbase} と一致する場合）における NO_x 浄化率の最大値である。

【0189】

なお、上記した正常値は選択還元型触媒3の劣化度合によって変化するため、ECU8は、選択還元型触媒3の劣化度合と図18に示すようなマップとに基づいて正常値を定めるようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【0190】

図18は、選択還元型触媒3の劣化度合と正常値（ NO_x 浄化率の最大値）との相関関係を規定したマップである。これらの相関関係は、予め実験的に求められたものである。

【0191】

ECU8は、図18のマップから求められた正常値と NO_x 浄化率の最大値 R_{pmax} とを比較することにより、 NO_x センサ7の検出誤差を特定することができる。すなわち、ECU8は、前記最大値 R_{pmax} と前記正常値との差が大きくなるほど、 NO_x センサ7の検出誤差が大きいと判定することができる。

【0192】

このような方法により、 NO_x センサ7の検出誤差が特定されると、該検出誤差と NO_x センサ7の出力信号値とに基づいて正確な NO_x 濃度を求めることが可能となる。その結果、 NO_x 浄化率の向上やアンモニアスリップの低減を図ることも可能となる。また、前記した最大値 R_{pmax} と正常値との差が許容値を超えている場合には、 NO_x センサ7が故障していると判定することも可能となる。

【0193】

以上述べた第1～第5の実施例は、可能な限り組み合わせることができる。

【図面の簡単な説明】

【0194】

【図1】排気浄化システムの故障診断装置の概略構成を示す図である。

【図2】選択還元型触媒の水分吸着傾向を示す第1の図である。

【図3】選択還元型触媒の水分吸着傾向を示す第2の図である。

【図4】選択還元型触媒の水分吸着傾向を示す第3の図である。

【図5】正常な選択還元型触媒が水分を吸着する場合の後端部の床温を示す図である。

【図6】劣化した選択還元型触媒が水分を吸着する場合の後端部の床温を示す図である。

【図7】第1の実施例における劣化診断ルーチンを示すフローチャートである。

【図8】劣化診断実行条件判定処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図9】第2の実施例における劣化診断ルーチンを示すフローチャートである。

【図10】内燃機関の始動時から所定期間内に選択還元型触媒が発生した熱量を求める方法を示す第1の図である。

【図11】内燃機関の始動時から所定期間内に選択還元型触媒が発生した熱量を求める方法を示す第2の図である。

【図12】第3の実施例における劣化診断ルーチンを示すフローチャートである。

【図13】内燃機関の始動時から所定期間内に基本触媒が排気から受ける熱量を模式的に示す図である。

【図14】選択還元型触媒が水分を吸着する時の後端部の最高床温を示す図である。

【図15】基本触媒の床温と選択還元型触媒の床温との差の最大値を示す図である。

【図16】 NO_x 浄化率と当量比との相関関係を示す図である。

【図17】選択還元型触媒の劣化度合と基準当量比との関係を規定したマップを模式的に示す図である。

【図18】選択還元型触媒の劣化度合と NO_x 浄化率の最大値との関係を規定したマップを模式的に示す図である。

【符号の説明】

【0195】

- 1・・・内燃機関
- 2・・・排気通路
- 3・・・選択還元型触媒
- 4・・・尿素添加弁
- 5・・・タンク
- 6・・・温度センサ
- 7・・・ NO_x センサ

10

20

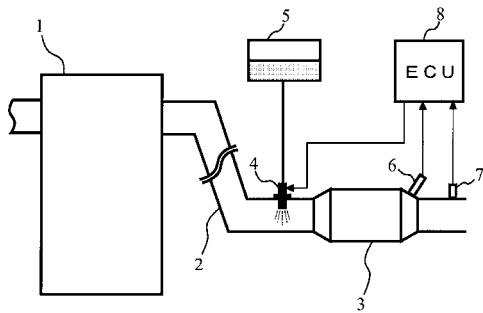
30

40

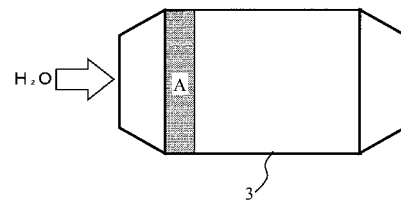
50

8 E C U

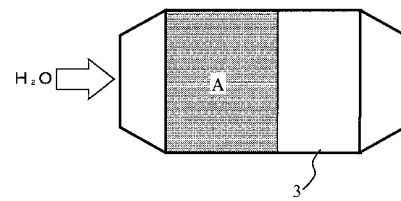
【図 1】



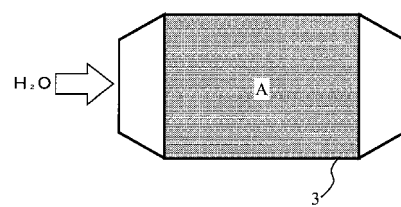
【図 2】



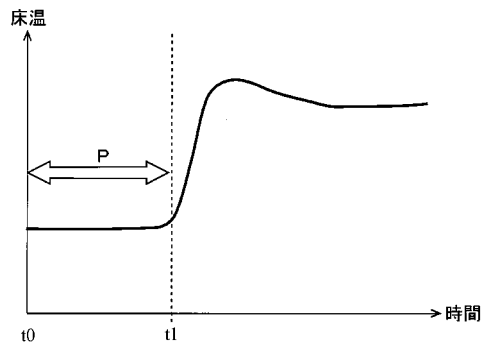
【図 3】



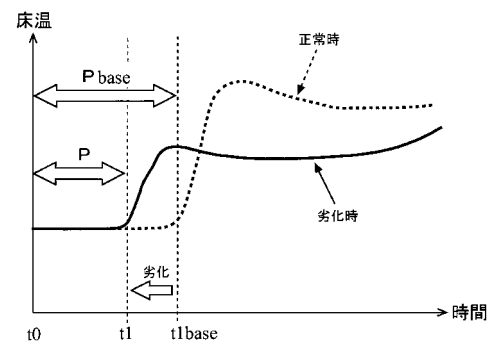
【図 4】



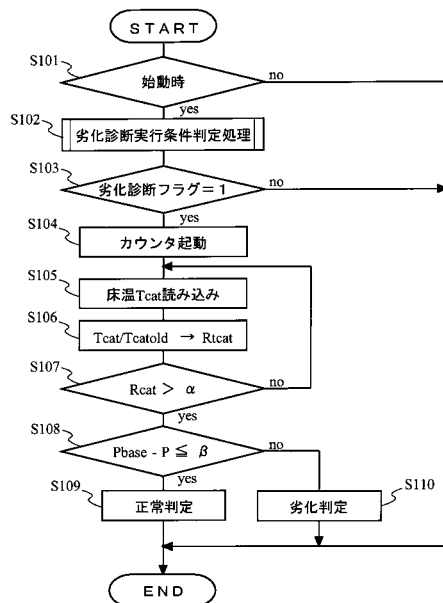
【図 5】



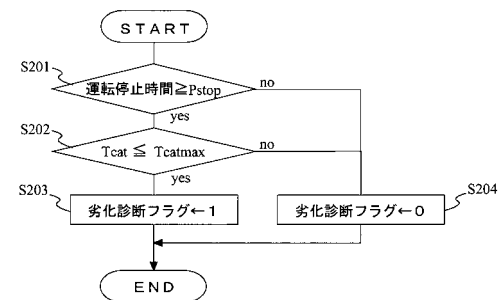
【図 6】



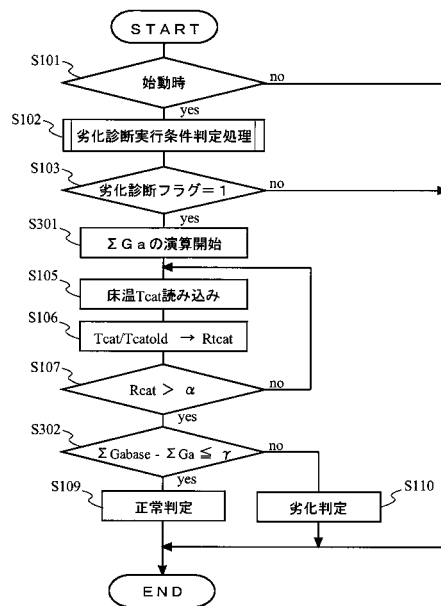
【図 7】



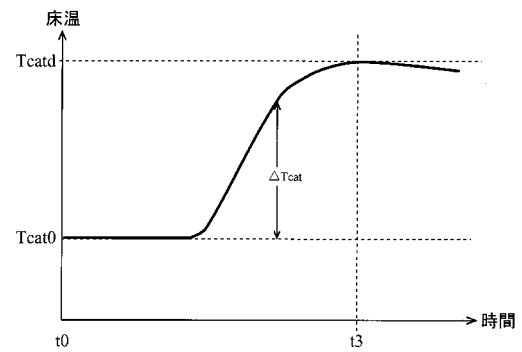
【図 8】



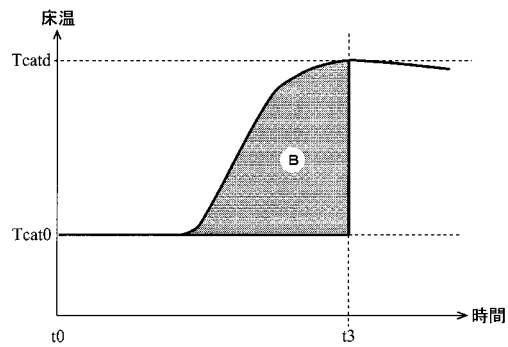
【図 9】



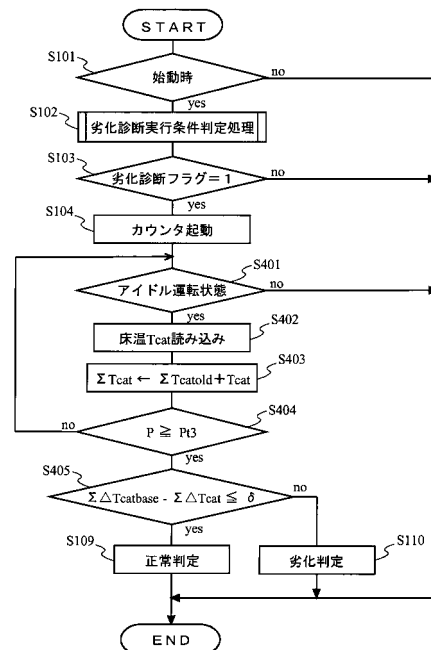
【図 10】



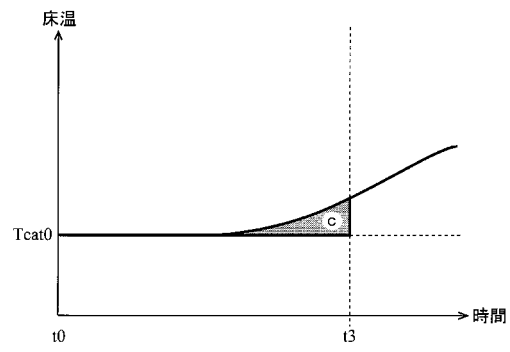
【図 11】



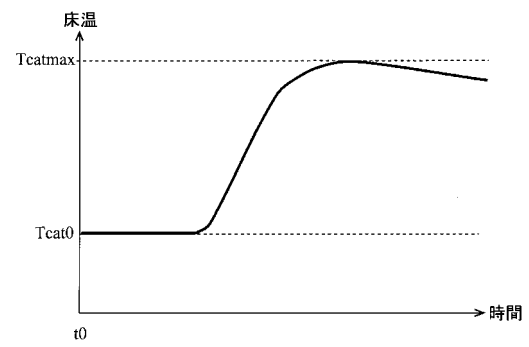
【図 12】



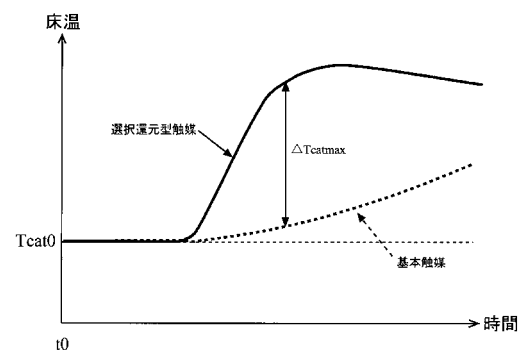
【図 1 3】



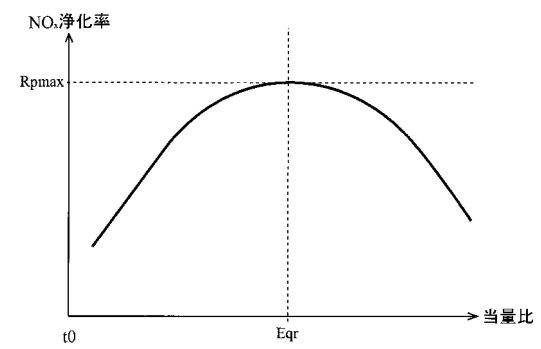
【図 1 4】



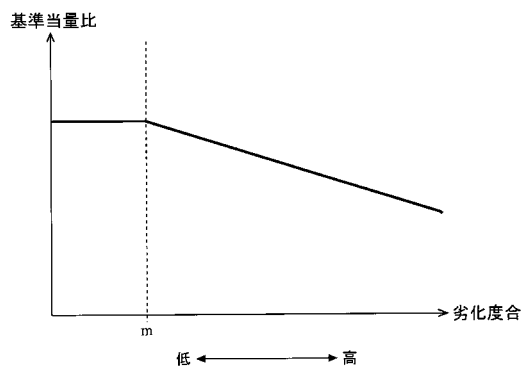
【図 1 5】



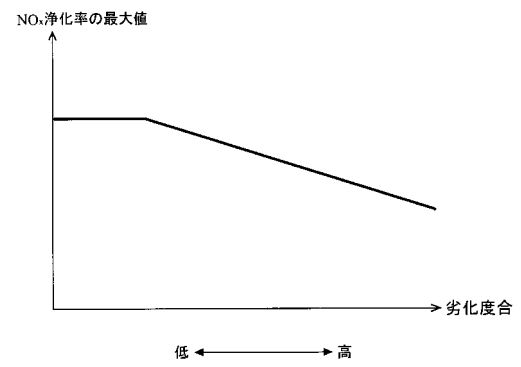
【図 1 6】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 D 45/00 3 1 4 R

(74)代理人 100143797
弁理士 宮下 文徳
(72)発明者 柴田 大介
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 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 萩本 大河
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 若尾 和弘
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 佐野 啓介
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 依田 公一
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 二之湯 正俊

(56)参考文献 特開2002-70539 (JP, A)
特開2003-214153 (JP, A)
特開2003-83043 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 1 N 3 / 2 0
B 0 1 D 5 3 / 9 4
F 0 1 N 3 / 0 8
F 0 1 N 3 / 2 8
F 0 2 D 4 5 / 0 0