

(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2010-31762

(P2010-31762A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1N 3/20 (2006.01)	FO1N 3/20 ZABC	3G091
FO1N 3/24 (2006.01)	FO1N 3/24 C	4D048
FO1N 3/08 (2006.01)	FO1N 3/24 E	
BO1D 53/94 (2006.01)	FO1N 3/08 A	
	FO1N 3/24 B	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 36 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2008-195351 (P2008-195351)
(22) 出願日 平成20年7月29日 (2008.7.29)

(71) 出願人 000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号
(74) 代理人 100095566
弁理士 高橋 友雄
(72) 発明者 飯田 潤
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内
Fターム(参考) 3G091 AA02 AA18 AB03 AB06 AB09
BA14 BA15 BA19 BA32 BA33
CA26 CB02 CB03 DB01 DB06
DB07 DB10 EA01 EA05 EA18
EA21 EA34 FB10 FB12 FC01
FC04 HA10 HA36 HA37 HA38
HA42

最終頁に続く

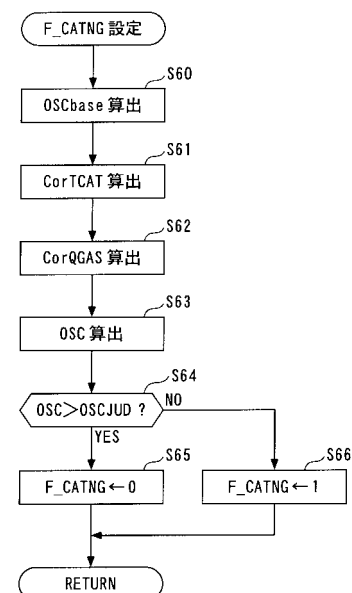
(54) 【発明の名称】 排ガス浄化装置の劣化判定装置

(57) 【要約】

【課題】判定対象となる触媒の上流側に別個の触媒が配置されている場合において、判定対象となる触媒の劣化判定精度を向上させることができる排ガス浄化装置の劣化判定装置を提供すること。

【解決手段】上流側触媒11と下流側触媒12を備えた排ガス浄化装置10において、下流側触媒12の劣化を判定する劣化判定装置1はECU2を備える。ECU2は、上流側触媒11に流入する排ガスを、酸化雰囲気から還元雰囲気に切り換えるように制御し(ステップ1,3)、上流側触媒11が活性状態にあるときには、この切換以降の第2当量比KACT2および第3当量比KACT3を用いて、触媒酸素貯蔵能の基本値OSCbaseを算出し(ステップ60)、この基本値OSCbaseを触媒温TCATおよび排ガス流量QGASに応じて補正することで、触媒酸素貯蔵能OSCを算出し(ステップ63)、この触媒酸素貯蔵能OSCを用いて、下流側触媒12の劣化を判定する(ステップ64~66)。

【選択図】図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内燃機関の排気通路を流れる排ガスを浄化する上流側触媒と、当該排気通路の当該上流側触媒よりも下流側の排ガスを浄化するとともに排ガス中の所定成分を貯蔵する能力を有する下流側触媒とを備えた排ガス浄化装置において、当該下流側触媒の劣化を判定する排ガス浄化装置の劣化判定装置であって、

前記上流側触媒と前記下流側触媒の間における排ガス中の前記所定成分の濃度を表すパラメータを中間濃度パラメータとして検出する中間濃度パラメータ検出手段と、

前記下流側触媒の下流側における排ガス中の前記所定成分の濃度を表すパラメータを下流側濃度パラメータとして検出する下流側濃度パラメータ検出手段と、

前記検出された中間濃度パラメータおよび前記検出された下流側濃度パラメータを用いて、前記下流側触媒の劣化度合を表す劣化度合パラメータを算出する劣化度合パラメータ算出手段と、

前記上流側触媒の活性度合を表す活性度合パラメータを検出する活性度合パラメータ検出手段と、

当該検出された活性度合パラメータを用いて、前記算出された劣化度合パラメータを補正する補正手段と、

当該補正された劣化度合パラメータを用いて、前記下流側触媒の劣化を判定する劣化判定手段と、

を備えることを特徴とする排ガス浄化装置の劣化判定装置。

【請求項 2】

前記所定成分は酸素であり、

前記下流側触媒は、排ガスが酸化雰囲気の際に排ガス中の酸素を貯蔵する酸素貯蔵能を有するとともに、排ガスが還元雰囲気の際に当該貯蔵した酸素を排ガス中の還元剤と反応させる特性を有し、

前記劣化判定手段による前記下流側触媒の劣化判定の際、前記上流側触媒に流入する排ガスを酸化雰囲気に制御する酸化雰囲気制御から、前記上流側触媒に流入する排ガスを還元雰囲気に制御する還元雰囲気制御への切り換えを実行する制御手段をさらに備え、

前記劣化度合パラメータ算出手段は、前記劣化度合パラメータとして、前記制御手段による前記酸化雰囲気制御から前記還元雰囲気制御への切換え後に検出された前記中間濃度パラメータおよび前記下流側濃度パラメータを用いて、前記下流側触媒の酸素貯蔵能を表す酸素貯蔵能パラメータを算出することを特徴とする請求項 1 に記載の排ガス浄化装置の劣化判定装置。

【請求項 3】

前記劣化度合パラメータ算出手段は、前記下流側触媒の酸素貯蔵能が高いほど、前記酸素貯蔵能パラメータをより大きくなるように算出し、

前記活性度合パラメータ検出手段は、前記活性度合パラメータとして、前記上流側触媒の温度を表す温度パラメータを検出し、

前記補正手段は、前記温度パラメータが表す前記上流側触媒の温度が低いほど、前記酸素貯蔵能パラメータをより大きくなるように補正し、

前記劣化判定手段は、当該補正された酸素貯蔵能パラメータが所定値以下のときに、前記下流側触媒が劣化したと判定することを特徴とする請求項 2 に記載の排ガス浄化装置の劣化判定装置。

【請求項 4】

前記劣化度合パラメータ算出手段は、前記下流側触媒の酸素貯蔵能が高いほど、前記酸素貯蔵能パラメータをより大きくなるように算出し、

前記内燃機関の前記排気通路を流れる排ガス流量を表す排ガス流量パラメータを検出する排ガス流量パラメータ検出手段をさらに備え、

前記補正手段は、当該検出された排ガス流量パラメータが表す前記排ガス流量が大きいほど、前記酸素貯蔵能パラメータをより大きくなるようにさらに補正し、

前記劣化判定手段は、当該補正された酸素貯蔵能パラメータが所定値以下のときに、前記下流側触媒が劣化したと判定することを特徴とする請求項 2 に記載の排ガス浄化装置の劣化判定装置。

【請求項 5】

前記所定成分は NO_x であり、

前記下流側触媒は、排ガス中の NO_x を貯蔵する能力である NO_x 貯蔵能を有し、

前記劣化度合パラメータ算出手段は、前記劣化度合パラメータとして、前記中間濃度パラメータおよび前記下流側濃度パラメータを用いて、前記下流側触媒を通り抜けた NO_x 量を表す NO_x スリップ量パラメータを算出することを特徴とする請求項 1 に記載の排ガス浄化装置の劣化判定装置。

10

【請求項 6】

前記劣化度合パラメータ算出手段は、前記下流側触媒の NO_x 貯蔵能が高いほど、前記 NO_x スリップ量パラメータをより小さくなるように算出し、

前記活性度合パラメータ検出手段は、前記活性度合パラメータとして、前記上流側触媒の温度を表す温度パラメータを検出し、

前記補正手段は、前記温度パラメータが表す前記上流側触媒の温度が低いほど、前記 NO_x スリップ量パラメータをより小さくなるように補正し、

前記劣化判定手段は、当該補正された NO_x スリップ量パラメータが所定値を超えたときに、前記下流側触媒が劣化したと判定することを特徴とする請求項 5 に記載の排ガス浄化装置の劣化判定装置。

20

【請求項 7】

前記上流側触媒は酸素貯蔵能を有し、

前記上流側触媒の酸素貯蔵能を表す上流側酸素貯蔵能パラメータを算出する上流側酸素貯蔵能パラメータ算出手段をさらに備え、

前記劣化度合パラメータ算出手段は、前記下流側触媒の NO_x 貯蔵能が高いほど、前記 NO_x スリップ量パラメータをより小さくなるように算出し、

前記補正手段は、前記算出された上流側酸素貯蔵能パラメータが表す前記上流側触媒の酸素貯蔵能が低いほど、前記 NO_x スリップ量パラメータをより小さくなるようにさらに補正し、

前記劣化判定手段は、当該補正された NO_x スリップ量パラメータが所定値を超えたときに、前記下流側触媒が劣化したと判定することを特徴とする請求項 5 に記載の排ガス浄化装置の劣化判定装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の排気通路に直列に設けられた、排ガス浄化用の 2 つの触媒を有する排ガス浄化装置において、下流側の触媒の劣化を判定する排ガス浄化装置の劣化判定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、排ガス浄化装置の劣化判定装置として、例えば特許文献 1 に記載されたものが知られている。この排ガス浄化装置は、排ガス浄化用の触媒を備えており、この触媒は、内燃機関の排気通路に設けられている。また、劣化判定装置は、触媒の劣化を判定するものであり、触媒の上流側に設けられた上流側酸素濃度センサと、触媒の下流側に設けられた下流側酸素濃度センサとを備えている。

40

【0003】

この劣化判定装置では、触媒が劣化した場合、その酸素貯蔵能 (Oxygen Storage Capacity) が低下することで、下流側酸素濃度センサの出力 RV O_2 の波形が、上流側酸素濃度センサの出力 FV O_2 の波形に近似した状態になるという事象に基づいて、触媒の劣化判定が実行される。具体的には、特許文献 1 の図 1, 2 に示すように、劣化判定の実行条

50

件が成立しているとき（ステップ 2 が Y E S のとき）に、上流側酸素濃度センサを通過した排ガスが下流側酸素濃度センサに到達するまでの遅延時間 T F R C A T を加味して、上流側酸素濃度センサの出力 F V O 2 (n - X) と下流側酸素濃度センサの出力 R V O 2 (n) との偏差の絶対値の積算値 S U M D F R を算出する（図 1 のステップ 2 ~ 7）。そして、この積算値 S U M D F R がしきい値 C A T N G よりも小さいとき、すなわち触媒の酸素貯蔵能が低下したときには、触媒が劣化していると判定され、それ以外のときには正常であると判定される（図 2 のステップ 1 2 ~ 1 4）。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 2 7 1 6 9 6 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

上記従来の劣化判定装置によれば、2つの酸素濃度センサの出力を用い、触媒の酸素貯蔵能が低下しているか否かに基づいて、触媒の劣化判定を実行しているので、判定対象の触媒の上流側に、これとは別個の排ガス浄化用の触媒が設けられていた場合、以下に述べるような不具合を生じるおそれがある。すなわち、上流側の触媒が活性状態にない場合、判定対象となる下流側の触媒に流れ込む排ガスの活性度合が低くなることで、下流側の触媒の酸素貯蔵能が低下していないにもかかわらず、2つの酸素濃度センサの出力が酸素貯蔵能の低下を示す状態になることがあり、その場合には、下流側の触媒が劣化していないにもかかわらず、これが劣化したと誤判定されるおそれがある。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、判定対象となる触媒の上流側に別個の触媒が配置されている場合において、判定対象となる触媒の劣化判定精度を向上させることができる排ガス浄化装置の劣化判定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

請求項 1 に係る発明は、内燃機関 3 の排気通路 7 を流れる排ガスを浄化する上流側触媒 1 1 と、排気通路 7 の上流側触媒 1 1 よりも下流側の排ガスを浄化するとともに排ガス中の所定成分（酸素、N O x）を貯蔵する能力を有する下流側触媒 1 2 とを備えた排ガス浄化装置 1 0 において、下流側触媒 1 2 の劣化を判定する排ガス浄化装置 1 0 の劣化判定装置 1 , 1 A であって、上流側触媒 1 1 と下流側触媒 1 2 の間における排ガス中の所定成分の濃度を表すパラメータを中間濃度パラメータ（第 2 当量比 K A C T 2、中間 N O x 濃度 C N O x _ P r e）として検出する中間濃度パラメータ検出手段（E C U 2、中間 L A F センサ 2 3、中間 N O x センサ 3 0）と、下流側触媒 1 2 の下流側における排ガス中の所定成分の濃度を表すパラメータを下流側濃度パラメータ（第 3 当量比 K A C T 3、下流側 N O x 濃度 C N O x _ P o s t）として検出する下流側濃度パラメータ検出手段（E C U 2、下流側 L A F センサ 2 4、下流側 N O x センサ 3 1）と、検出された中間濃度パラメータおよび検出された下流側濃度パラメータを用いて、下流側触媒 1 2 の劣化度合を表す劣化度合パラメータ（触媒酸素貯蔵能の基本値 O S C b a s e、N O x スリップ量 s u m P o s t N O x）を算出する劣化度合パラメータ算出手段（E C U 2、ステップ 6 0 , 1 0 4 , 1 4 4）と、上流側触媒 1 1 の活性度合を表す活性度合パラメータ（上流側触媒の温度 T C A T）を検出する活性度合パラメータ検出手段（E C U 2、触媒温センサ 2 5）と、検出された活性度合パラメータを用いて、算出された劣化度合パラメータを補正する補正手段（E C U 2、ステップ 6 1 , 6 3 , 1 1 1 , 1 1 2 , 1 5 2 , 1 5 3）と、補正された劣化度合パラメータ（触媒酸素貯蔵能 O S C、補正後 N O x スリップ量 s u m P o s t N O x F）を用いて、下流側触媒 1 2 の劣化を判定する劣化判定手段（E C U 2、ステップ 6 4 ~ 6 6 , 1 1 3 ~ 1 1 5 , 1 5 4 ~ 1 5 6）と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

この排ガス浄化装置の劣化判定装置によれば、中間濃度パラメータおよび下流側濃度パラメータを用いて、下流側触媒の劣化度合を表す劣化度合パラメータが算出され、上流側

10

20

30

40

50

触媒の活性度合を表す活性度合パラメータを用いて、劣化度合パラメータが補正され、補正された劣化度合パラメータを用いて、下流側触媒の劣化判定が実行される。この場合、下流側触媒は、排ガス中の所定成分を貯蔵する能力を有しているので、排ガス中の所定成分濃度は、下流側触媒における所定成分の貯蔵量はその貯蔵能力を超えていないときには、下流側触媒よりも下流側の方が上流側よりも低くなる一方、下流側触媒における所定成分の貯蔵量はその貯蔵能力の限界を超えているときには、下流側触媒の上流側と下流側で同じ状態になる。その結果、下流側触媒の下流側および上流側における排ガス中の所定成分濃度の状態は、下流側触媒の所定成分の貯蔵能力の高低すなわち下流側触媒の劣化の有無を表すことになるので、中間濃度パラメータと下流側濃度パラメータを用いて、劣化度合パラメータを、下流側触媒の劣化度合を適切に表すように算出することができる。

10

【0009】

また、劣化度合パラメータは、中間濃度パラメータおよび下流側濃度パラメータを用いて算出される関係上、上流側触媒の活性度合が変化すると、その影響によって算出結果が変化してしまう。これに対して、この劣化判定装置によれば、上流側触媒の活性度合を表す活性度合パラメータを用いて劣化度合パラメータが補正されるので、上流側触媒の活性度合を反映させながら、劣化度合パラメータを適切に補正することができる。したがって、そのように補正された劣化度合パラメータを用いて、下流側触媒の劣化判定を実行することによって、上流側触媒の活性度合を反映させながら、下流側触媒の劣化判定を実行することができる。その結果、劣化判定精度を向上させることができる（なお、本明細書における「中間濃度パラメータの検出」や「下流側濃度パラメータの検出」などの「検出」は、センサなどによりこれらの濃度パラメータを直接検出することに限らず、これらの値を他のパラメータに基づいて算出することも含む）。

20

【0010】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の排ガス浄化装置10の劣化判定装置1において、所定成分は酸素であり、下流側触媒12は、排ガスが酸化雰囲気のために排ガス中の酸素を貯蔵する酸素貯蔵能を有するとともに、排ガスが還元雰囲気のために貯蔵した酸素を排ガス中の還元剤と反応させる特性を有し、劣化判定手段による下流側触媒12の劣化判定の際、上流側触媒11に流入する排ガスを酸化雰囲気に制御する酸化雰囲気制御から、上流側触媒11に流入する排ガスを還元雰囲気に制御する還元雰囲気制御への切り換えを実行する制御手段（ECU2、ステップ1～3）をさらに備え、劣化度合パラメータ算出手段は、劣化度合パラメータとして、制御手段による酸化雰囲気制御から還元雰囲気制御への切換え後に検出された中間濃度パラメータおよび下流側濃度パラメータを用いて、下流側触媒12の酸素貯蔵能を表す酸素貯蔵能パラメータ（触媒酸素貯蔵能の基本値OSCb a s e）を算出する（ステップ10～18，60）ことを特徴とする。

30

【0011】

この劣化判定装置によれば、劣化判定手段による下流側触媒の劣化判定の際、上流側触媒に流入する排ガスを酸化雰囲気に制御する酸化雰囲気制御から、上流側触媒に流入する排ガスを還元雰囲気に制御する還元雰囲気制御への切り換えが実行される。この場合、下流側触媒が、排ガスが酸化雰囲気のために排ガス中の酸素を貯蔵する酸素貯蔵能を有するとともに、排ガスが還元雰囲気のために貯蔵した酸素を排ガス中の還元剤と反応させる特性を有しているので、酸化雰囲気制御の実行時間が十分な場合、酸素が下流側触媒の貯蔵能力の限界までこれに貯蔵された状態になる。そのため、酸化雰囲気制御から還元雰囲気制御への切換えタイミング時点において、酸化雰囲気制御の実行時間が十分な場合、下流側触媒の上流側では、排ガスが酸化雰囲気から還元雰囲気に直ちに变化する一方、下流側触媒の下流側では、還元剤が下流側触媒に貯蔵された酸素と反応することによって、下流側触媒に貯蔵された酸素が無くなるまでの間、排ガスが酸化雰囲気に保持されるとともに、下流側触媒に貯蔵された酸素が無くなった時点で、排ガスが酸化雰囲気から還元雰囲気に变化することになる。

40

【0012】

すなわち、このような、下流側触媒の上流側と下流側との間における、排ガスが酸化雰

50

囲気から還元雰囲気に変化するタイミングのずれ、言い換えれば酸素濃度が変化するタイミングのずれは、下流側触媒の酸素貯蔵能の高低すなわち下流側触媒の劣化度合を表すことになる。したがって、この劣化判定装置によれば、酸化雰囲気制御から還元雰囲気制御への切換後に検出された中間濃度パラメータおよび下流側濃度パラメータを用いて、劣化度合パラメータとしての酸素貯蔵能パラメータが算出されるので、この酸素貯蔵能パラメータを下流側触媒の劣化度合を適切に表すように算出することができる。それにより、下流側触媒の劣化を精度よく判定することができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 3 に係る発明は、請求項 2 に記載の排ガス浄化装置 10 の劣化判定装置 1 において、劣化度合パラメータ算出手段は、下流側触媒 12 の酸素貯蔵能が高いほど、酸素貯蔵能パラメータをより大きくなるように算出し（ステップ 60）、活性度合パラメータ検出手段は、活性度合パラメータとして、上流側触媒 11 の温度を表す温度パラメータ（上流側触媒の温度 T C A T）を検出し、補正手段は、温度パラメータが表す上流側触媒 11 の温度（上流側触媒の温度 T C A T）が低いほど、酸素貯蔵能パラメータをより大きくなるように補正し（ステップ 61, 63、図 8）、劣化判定手段は、補正された酸素貯蔵能パラメータ（触媒酸素貯蔵能 O S C）が所定値（所定の判定値 O S C J U D）以下のときに、下流側触媒 12 が劣化したと判定する（ステップ 64, 66）ことを特徴とする。

10

【 0 0 1 4 】

この排ガス浄化装置の劣化判定装置によれば、下流側触媒の酸素貯蔵能が高いほど、酸素貯蔵能パラメータがより大きくなるように算出され、上流側触媒の温度が低いほど、酸素貯蔵能パラメータがより大きくなるように補正されるとともに、補正された酸素貯蔵能パラメータが所定値以下のときに、下流側触媒が劣化したと判定される。したがって、上流側触媒の温度が低いことに起因して、上流側触媒を通過する排ガスの活性度合が低い場合でも、それを反映させながら、下流側触媒の劣化を判定することができ、それにより、劣化判定精度をさらに向上させることができる。

20

【 0 0 1 5 】

請求項 4 に係る発明は、請求項 2 に記載の排ガス浄化装置 10 の劣化判定装置 1 において、劣化度合パラメータ算出手段は、下流側触媒 12 の酸素貯蔵能が高いほど、酸素貯蔵能パラメータをより大きくなるように算出し（ステップ 60）、内燃機関 3 の排気通路 7 を流れる排ガス流量を表す排ガス流量パラメータ（排ガス流量 Q G A S）を検出する排ガス流量パラメータ検出手段（E C U 2、クランク角センサ 20、エアフローセンサ 21）をさらに備え、補正手段は、検出された排ガス流量パラメータが表す排ガス流量が大きいほど、酸素貯蔵能パラメータをより大きくなるようにさらに補正し（ステップ 62, 63、図 9）、劣化判定手段は、補正された酸素貯蔵能パラメータ（触媒酸素貯蔵能 O S C）が所定値（所定の判定値 O S C J U D）以下のときに、下流側触媒 12 が劣化したと判定する（ステップ 64, 66）ことを特徴とする。

30

【 0 0 1 6 】

この排ガス浄化装置の劣化判定装置によれば、下流側触媒の酸素貯蔵能が高いほど、酸素貯蔵能パラメータがより大きくなるように算出され、内燃機関の排気通路を流れる排ガス流量が大きいほど、酸素貯蔵能パラメータがより大きくなるようにさらに補正されるとともに、補正された酸素貯蔵能パラメータが所定値以下のときに、下流側触媒が劣化したと判定される。一般に、排ガス流量が変化すると、上流側触媒を通過した排ガスの活性度合が変化してしまう。例えば、排ガス流量が大きいと、排ガスが上流側触媒を通過する際に上流側触媒と反応しにくくなり、上流側触媒を通過した排ガスの活性度合が低くなってしまふ。これに対して、この劣化判定装置によれば、排ガス流量が大きいほど、酸素貯蔵能パラメータがより大きくなるように補正されるので、排ガス流量の大小に起因する、上流側触媒を通過した排ガスの活性度合の変化を反映させながら、下流側触媒の劣化を判定することができ、それにより、劣化判定精度をさらに向上させることができる（なお、本明細書における「排ガス流量パラメータの検出」の「検出」は、センサなどにより排ガス流量パラメータを直接検出することに限らず、これを他のパラメータに基づいて算出する

40

50

ことも含む)。

【0017】

請求項5に係る発明は、請求項1に記載の排ガス浄化装置10の劣化判定装置1Aにおいて、所定成分はNO_xであり、下流側触媒12は、排ガス中のNO_xを貯蔵する能力であるNO_x貯蔵能を有し、劣化度合パラメータ算出手段は、劣化度合パラメータとして、中間濃度パラメータおよび下流側濃度パラメータを用いて、下流側触媒12を通り抜けたNO_x量を表すNO_xスリップ量パラメータ(NO_xスリップ量sumPostNO_x)を算出する(ステップ104, 144)ことを特徴とする。

【0018】

この排ガス浄化装置の劣化判定装置よれば、下流側触媒が排ガス中のNO_xを貯蔵する能力であるNO_x貯蔵能を有しているので、排ガスが下流側触媒に流入すると、排ガス中のNO_xが下流側触媒に貯蔵されることで、下流側触媒の下流側の排ガス中のNO_x濃度は、下流側触媒の上流側よりも低くなるとともに、時間の経過に伴い、下流側触媒におけるNO_x貯蔵量が下流側触媒の貯蔵能力の限界に達した時点で、下流側触媒の下流側におけるNO_x濃度が上昇し始め、上流側のNO_x濃度と同じになる。すなわち、このような、下流側触媒の下流側のNO_x濃度と上流側のNO_x濃度との関係は、下流側触媒のNO_x貯蔵能の高低すなわち下流側触媒の劣化度合を表すことになる。したがって、この劣化判定装置によれば、上流側触媒と下流側触媒の間における排ガス中の所定成分の濃度を表す中間濃度パラメータと、下流側触媒の下流側における排ガス中の所定成分の濃度を表す下流側濃度パラメータとを用いて、劣化度合パラメータとしての、下流側触媒を通り抜けたNO_x量を表すNO_xスリップ量パラメータが算出されるので、このNO_xスリップ量パラメータを、下流側触媒の劣化度合を適切に表すように算出することができる。

【0019】

請求項6に係る発明は、請求項5に記載の排ガス浄化装置10の劣化判定装置1Aにおいて、劣化度合パラメータ算出手段は、下流側触媒12のNO_x貯蔵能が高いほど、NO_xスリップ量パラメータ(NO_xスリップ量sumPostNO_x)をより小さくなるように算出し(ステップ104, 144)、活性度合パラメータ検出手段は、活性度合パラメータとして、上流側触媒11の温度を表す温度パラメータ(上流側触媒の温度TCAT)を検出し、補正手段は、温度パラメータが表す上流側触媒11の温度が低いほど、NO_xスリップ量パラメータをより小さくなるように補正し(ステップ111, 112, 152, 153、図19)、劣化判定手段は、補正されたNO_xスリップ量パラメータ(補正後NO_xスリップ量sumPostNO_xF)が所定値(所定の判定値NO_xJUD、判定値NO_xJUD2)を超えたときに、下流側触媒12が劣化したと判定する(ステップ113, 115, 154, 156)ことを特徴とする。

【0020】

この排ガス浄化装置の劣化判定装置によれば、下流側触媒のNO_x貯蔵能が高いほど、NO_xスリップ量パラメータがより小さくなるように算出され、上流側触媒の温度が低いほど、NO_xスリップ量パラメータがより小さくなるように補正されるとともに、補正されたNO_xスリップ量パラメータが所定値を超えたときに、下流側触媒が劣化したと判定される。したがって、上流側触媒の温度が低いことに起因して、上流側触媒を通過する排ガスの活性度合が低い場合でも、それを反映させながら、下流側触媒の劣化を判定することができ、それにより、劣化判定精度をさらに向上させることができる。

【0021】

請求項7に係る発明は、請求項5に記載の排ガス浄化装置10の劣化判定装置1Aにおいて、上流側触媒11は酸素貯蔵能を有し、上流側触媒11の酸素貯蔵能を表す上流側酸素貯蔵能パラメータ(上流側酸素貯蔵能PreOSC)を算出する上流側酸素貯蔵能パラメータ算出手段(ECU2、ステップ119)をさらに備え、劣化度合パラメータ算出手段は、下流側触媒12のNO_x貯蔵能が高いほど、NO_xスリップ量パラメータ(NO_xスリップ量sumPostNO_x)をより小さくなるように算出し(ステップ104, 144)、補正手段は、算出された上流側酸素貯蔵能パラメータが表す上流側触媒11の酸

素貯蔵能が低いほど、 NO_x スリップ量パラメータをより小さくなるようにさらに補正し（ステップ 110、図 18）、劣化判定手段は、補正された NO_x スリップ量パラメータ（補正後 NO_x スリップ量 $\text{sumPostNO}_x\text{F}$ ）が所定値（所定の判定値 NO_xJUD 、判定値 $\text{NO}_x\text{JUD2}$ ）を超えたときに、下流側触媒 12 が劣化したと判定する（ステップ 113, 115, 154, 156）ことを特徴とする。

【0022】

この排ガス浄化装置の劣化判定装置によれば、下流側触媒の NO_x 貯蔵能が高いほど、 NO_x スリップ量パラメータがより小さくなるように算出され、上流側触媒の酸素貯蔵能が低いほど、 NO_x スリップ量パラメータがより小さくなるようにさらに補正されるとともに、補正された NO_x スリップ量パラメータが所定値を超えたときに、下流側触媒が劣化したと判定される。一般に、上流側触媒の酸素貯蔵能すなわち劣化度合が変化すると、上流側触媒を通過した排ガスの活性度合が変化してしまう。これに対して、この劣化判定装置によれば、上流側触媒の酸素貯蔵能が低いほど、 NO_x スリップ量パラメータがより小さくなるようにさらに補正されるので、上流側触媒の劣化度合の変化に起因する、上流側触媒を通過した排ガスの活性度合の変化を反映させながら、下流側触媒の劣化を判定することができ、それにより、劣化判定精度をさらに向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、図面を参照しながら、本発明の第 1 実施形態に係る排ガス浄化装置の劣化判定装置について説明する。図 1 に示すように、本実施形態の劣化判定装置 1 は、ECU 2 を備えており、この ECU 2 は、内燃機関（以下「エンジン」という）3 の空燃比制御などの各種の制御処理を実行するとともに、後述するように、排ガス浄化装置 10 の劣化判定処理を実行する。

【0024】

エンジン 3 は、図示しない車両に搭載されたディーゼルエンジンタイプのものであり、複数組（1 組のみ図示）の気筒 3a およびピストン 3b を備えている。エンジン 3 のシリンダヘッド 3c には、燃料噴射弁 4 が気筒 3a 毎に燃焼室に臨むように取り付けられている。

【0025】

この燃料噴射弁 4 は、コモンレールを介して、高圧ポンプおよび燃料タンク（いずれも図示せず）に接続されている。高圧ポンプによって昇圧された燃料は、コモンレールを介して燃料噴射弁 4 に供給され、燃料噴射弁 4 から気筒 3a 内に噴射される。燃料噴射弁 4 の開弁時間および開弁タイミングは、ECU 2 によって制御され、それにより、燃料噴射制御が実行される。

【0026】

エンジン 3 には、クランク角センサ 20 が設けられている。このクランク角センサ 20 は、マグネットロータおよび MRE ピックアップで構成されており、クランクシャフト 3d の回転に伴い、いずれもパルス信号である CRK 信号および TDC 信号を ECU 2 に出力する。この CRK 信号は、所定クランク角（例えば 10° ）毎に 1 パルスが出力され、ECU 2 は、この CRK 信号に基づき、エンジン 3 の回転数（以下「エンジン回転数」という）NE を算出する。また、TDC 信号は、各気筒 3a のピストン 3b が吸気行程の TDC 位置よりも若干、手前の所定のクランク角位置にあることを表す信号であり、所定クランク角毎に 1 パルスが出力される。

【0027】

エンジン 3 の吸気通路 5 には、エアフローセンサ 21 が設けられており、このエアフローセンサ 21 は、気筒内に吸入される空気量（以下「吸入空気量」という）GAIR を検出して、それを表す検出信号を ECU 2 に出力する。なお、本実施形態では、クランク角センサ 20 およびエアフローセンサ 21 が排ガス流量パラメータ検出手段に相当する。

【0028】

一方、エンジン 3 の排気通路 7 には、排ガス浄化装置 10 が設けられており、この排ガ

ス浄化装置 10 は、上流側から順に排気通路 7 に配置された上流側触媒 11 および下流側触媒 12 を備えている。この上流側触媒 11 は、酸素貯蔵能を有する三元触媒で構成され、その温度が後述する第 1 所定温度 T_{REF1} 以上である場合には、活性化して排気ガス中の有害な未燃成分を浄化する。

【0029】

また、下流側触媒 12 は、 NO_x 浄化触媒で構成されており、酸化雰囲気中の排ガスが流入したときに、排ガス中の NO_x を捕捉（貯蔵）する能力と、排ガス中の酸素を貯蔵する酸素貯蔵能とを有している。この下流側触媒 12 に捕捉された NO_x および酸素は、還元雰囲気中の排ガスが下流側触媒 12 に流入したときに、還元剤と反応することによって還元される。

10

【0030】

さらに、排気通路 7 には、上流側 RAF センサ 22 が上流側触媒 11 の上流側に、中間 RAF センサ 23 が上流側触媒 11 と下流側触媒 12 の間に、下流側 RAF センサ 24 が下流側触媒 12 の下流側にそれぞれ設けられている。

【0031】

これらの RAF センサ 22 ~ 24 の各々は、ジルコニアおよび白金電極などで構成され、理論空燃比よりもリッチなリッチ領域から極リーン領域までの広範囲な空燃比の領域において、排気通路 7 内を流れる排ガス中の酸素濃度をリニアに検出して、それを表す検出信号を $ECU2$ に出力する。

【0032】

20

ここで、排ガス中の酸素濃度が、排ガス中の還元剤（未燃燃料）と酸素との質量比（燃空比）に対して極めて高い相関性があることは周知であり、それに起因して、両者の一方から他方を精度よく推定（算出）できることも周知である。以上の原理により、 $ECU2$ は、上流側 RAF センサ 22 の検出信号の値に基づいて、上流側触媒 11 よりも上流側の排ガス中の還元剤と酸素との質量比を当量比に換算した値である第 1 当量比 $KACT1$ を算出し、中間 RAF センサ 23 の検出信号の値に基づいて、上流側触媒 11 と下流側触媒 12 との間の排ガス中の還元剤と酸素との質量比を当量比に換算した値である第 2 当量比 $KACT2$ を算出する。さらに、 $ECU2$ は、下流側 RAF センサ 24 の検出信号の値に基づいて、下流側触媒 12 よりも下流側の排ガス中の還元剤と酸素との質量比を当量比に換算した値である第 3 当量比 $KACT3$ を算出する。

30

【0033】

なお、本実施形態では、中間 RAF センサ 23 が中間濃度パラメータ検出手段に相当し、第 2 当量比 $KACT2$ が中間濃度パラメータに相当し、下流側 RAF センサ 24 が下流側濃度パラメータ検出手段に相当し、第 3 当量比 $KACT3$ が下流側濃度パラメータに相当する。

【0034】

また、上流側触媒 11 には、触媒温センサ 25 が取り付けられており、この触媒温センサ 25 は、上流側触媒 11 の温度（以下「触媒温」という） T_{CAT} を検出して、それを表す検出信号を $ECU2$ に出力する。なお、本実施形態では、触媒温センサ 25 が活性度合パラメータ検出手段に相当し、触媒温 T_{CAT} が活性度合パラメータおよび温度パラメータに相当する。

40

【0035】

さらに、エンジン 3 には、排気還流機構 8 が設けられている。この排気還流機構 8 は、排気通路 7 内の排ガスの一部を吸気通路 5 側に還流するものであり、吸気通路 5 および排気通路 7 の間に接続された EGR 通路 8a と、この EGR 通路 8a を開閉する EGR 制御弁 8b などによって構成されている。 EGR 通路 8a の一端は、排気通路 7 の上流側触媒 11 よりも上流側の部位に開口し、他端は、吸気通路 5 のエアフローセンサ 21 よりも下流側の部位に開口している。

【0036】

EGR 制御弁 8b は、そのリフトが最大値と最小値との間でリニアに変化するリニア電

50

磁弁で構成され、ECU2に電氣的に接続されている。ECU2は、EGR制御弁8bを介して、EGR通路8aの開度を変化させることにより、排ガスの還流量すなわちEGR量を制御する。このEGR量の制御と、前述した燃料噴射制御とによって、後述するように、空燃比が制御される。その結果、エンジン3は、通常時は理論空燃比よりもリーンな混合気を燃焼させるリーン燃焼状態で運転され、後述するリッチスパイク制御時には、リッチな混合気を燃焼させるリッチ燃焼状態で運転される。

【0037】

さらに、ECU2には、アクセル開度センサ26が電氣的に接続されている。このアクセル開度センサ26は、車両の図示しないアクセルペダルの踏み込み量（以下「アクセル開度」という）APを検出して、それを表す検出信号をECU2に出力する。

10

【0038】

一方、ECU2は、CPU、RAM、ROMおよびI/Oインターフェース（いずれも図示せず）などからなるマイクロコンピュータで構成されており、前述した各種のセンサ20～26の検出信号などに応じて、エンジン3の運転状態を判別するとともに、各種の制御処理などを実行する。具体的には、以下に述べるように、空燃比制御処理などを実行するとともに、排ガス浄化装置10における下流側触媒12の劣化判定処理を行う。

【0039】

なお、本実施形態では、ECU2が、中間濃度パラメータ検出手段、下流側濃度パラメータ検出手段、劣化度合パラメータ算出手段、活性度合パラメータ検出手段、補正手段、劣化判定手段、制御手段および排ガス流量パラメータ検出手段に相当する。

20

【0040】

以下、図2を参照しながら、ECU2によって実行される空燃比制御処理について説明する。この処理は、燃料噴射弁4による燃料噴射量 Q_{INJ} および燃料噴射タイミング ϕ_{INJ} を算出するとともに、EGR制御弁8bを介してEGR量を制御するものであり、TDC信号の発生に同期する制御周期で実行される。

【0041】

この処理では、まず、ステップ1（図では「S1」と略す。以下同じ）で、リッチ条件フラグ F_RICH が「1」であるか否かを判別する。このリッチ条件フラグ F_RICH は、図示しない判定処理において、リッチスパイク制御の実行条件が成立したときに「1」に設定され、それ以外のときには「0」に設定される。

30

【0042】

ステップ1の判別結果がNOのときには、空燃比のリーン制御を実行すべきであると判定して、ステップ2に進み、リーン制御処理を実行する。このリーン制御処理では、アクセル開度APおよびエンジン回転数NEに応じて、図示しないマップを検索することにより、リーン制御用の要求トルク $PMCMD$ が算出され、このリーン制御用の要求トルク $PMCMD$ およびエンジン回転数NEに応じて、図示しないマップを検索することにより、リーン制御用の燃料噴射量 Q_{INJ} が算出される。さらに、このリーン制御用の燃料噴射量 Q_{INJ} およびエンジン回転数NEに応じて、図示しないマップを検索することにより、リーン制御用の燃料噴射タイミング ϕ_{INJ} が算出される。

【0043】

これに加えて、リーン制御用の要求トルク $PMCMD$ およびエンジン回転数NEに応じて、図示しないマップを検索することにより、リーン制御用の目標吸入空気量 G_{AIR_CMD} が算出され、吸入空気量 G_{AIR} がこの目標吸入空気量 G_{AIR_CMD} に収束するように、EGR制御弁8bがフィードバック制御される。

40

【0044】

ステップ2のリーン制御処理を以上のように実行した後、本処理を終了する。これにより、エンジン3の空燃比が理論空燃比よりもリーン側の値になるように制御される。

【0045】

一方、ステップ1の判別結果がYESのときには、空燃比のリッチスパイク制御を実行すべきであると判定して、ステップ3に進み、リッチスパイク制御処理を実行する。この

50

リッチスパイク制御処理では、アクセル開度 $A P$ およびエンジン回転数 $N E$ に応じて、図示しないマップを検索することにより、リッチスパイク制御用の要求トルク $P M C M D$ が算出され、このリッチスパイク制御用の要求トルク $P M C M D$ およびエンジン回転数 $N E$ に応じて、図示しないマップを検索することにより、リッチスパイク制御用の燃料噴射量 $Q I N J$ が算出される。さらに、このリッチスパイク制御用の燃料噴射量 $Q I N J$ およびエンジン回転数 $N E$ に応じて、図示しないマップを検索することにより、リッチスパイク制御用の燃料噴射タイミング $\phi I N J$ が算出される。

【 0 0 4 6 】

これに加えて、リッチスパイク制御用の要求トルク $P M C M D$ およびエンジン回転数 $N E$ に応じて、図示しないマップを検索することにより、リッチスパイク制御用の目標吸入空気量 $G A I R _ C M D$ が算出され、吸入空気量 $G A I R$ がこの目標吸入空気量 $G A I R _ C M D$ に収束するように、 $E G R$ 制御弁 $8 b$ がフィードバック制御される。

10

【 0 0 4 7 】

ステップ 3 のリッチスパイク制御処理を以上のように実行した後、本処理を終了する。これにより、エンジン 3 の空燃比が理論空燃比よりもリッチ側の値になるように制御される。

【 0 0 4 8 】

次に、図 3 を参照しながら、 $E C U 2$ によって実行される劣化判定処理について説明する。この処理は、下流側触媒 1 2 の酸素貯蔵能に基づいて、その劣化判定を行うものであり、所定の制御周期（例えば $10 m s e c$ ）で実行される。

20

【 0 0 4 9 】

この処理では、まず、ステップ 1 0 で、触媒活性フラグ $F _ A C T$ が「1」であるか否かを判別する。この触媒活性フラグ $F _ A C T$ は、上流側触媒 1 1 が適切な活性状態にあるか否を表すものであり、その値は、具体的には図 4 に示す活性判定処理において設定される。

【 0 0 5 0 】

この活性判定処理では、まず、ステップ 3 0 で、 $T R E F 1$ $T C A T$ $T R E F 2$ が成立しているか否かを判別する。ここで、2つの値 $T R E F 1$, $T R E F 2$ は、触媒温 $T C A T$ の第 1 所定値および第 2 所定値であり、 $T R E F 1 < T R E F 2$ が成立するように設定される。また、第 1 所定値 $T R E F 1$ は、上流側触媒 1 1 が活性状態にあると推定される触媒温 $T C A T$ の下限値（例えば 400 ）に設定され、第 2 所定値 $T R E F 2$ は、触媒温 $T C A T$ がこの値よりも高い場合、上流側触媒 1 1 の活性度合が高すぎることで、これを通過した排ガスの活性度合が高すぎる状態となるような温度（例えば 600 ）に設定されている。

30

【 0 0 5 1 】

ステップ 3 0 の判別結果が $Y E S$ のときには、上流側触媒 1 1 が適切な活性状態にあると判定して、ステップ 3 1 に進み、それを表すために、触媒活性フラグ $F _ A C T$ を「1」に設定する。その後、本処理を終了する。

【 0 0 5 2 】

一方、ステップ 3 0 の判別結果が $N O$ のときには、上流側触媒 1 1 が活性状態にないか、または上流側触媒 1 1 の活性度合が高すぎることで、上流側触媒 1 1 が適切な活性状態にないと判定して、ステップ 3 2 に進み、それを表すために、触媒活性フラグ $F _ A C T$ を「0」に設定する。その後、本処理を終了する。

40

【 0 0 5 3 】

図 3 に戻り、ステップ 1 0 の判別結果が $N O$ のときには、下流側触媒 1 2 の劣化判定を実行すべきでないと判定して、そのまま本処理を終了する。

【 0 0 5 4 】

一方、ステップ 1 0 の判別結果が $Y E S$ で、上流側触媒 1 1 が適切な活性状態にあるときには、ステップ 1 1 に進み、判定条件成立フラグ $F _ J U D$ が「1」であるか否かを判別する。この判定条件成立フラグ $F _ J U D$ は、図示しない判定処理において、リッチ条

50

件フラグ $F_RICH = 1$ であることなどの、下流側触媒 12 の劣化判定条件が成立しているときに「1」に設定され、それ以外のときには「0」に設定される。

【0055】

ステップ 11 の判別結果が NO のときには、下流側触媒 12 の劣化判定を実行すべきでないと判定して、そのまま本処理を終了する。

【0056】

一方、ステップ 11 の判別結果が YES で、下流側触媒 12 の劣化判定条件が成立しているときには、ステップ 12 に進み、第 3 還元剤量積算値 $sumkact3$ が所定値 $kref$ よりも大きいかなかを判別する。この判別結果が NO のときには、ステップ 13 に進み、第 2 還元剤量積算値 $sumkact2$ を算出する。この第 2 還元剤量積算値 $sumkact2$ の算出処理は、具体的には図 5 に示すように実行される。

10

【0057】

まず、ステップ 40 で、第 2 偏差 $DK2$ を、第 2 当量比 $KACT2$ と値 1.0 との偏差 ($KACT2 - 1.0$) に設定する。次いで、ステップ 41 に進み、第 2 偏差 $DK2$ が値 0 よりも大きいかなかを判別する。

【0058】

この判別結果が NO で、 $DK2 = 0$ のときには、ステップ 42 に進み、第 2 還元剤量積算値 $sumkact2$ を値 0 に設定した後、本処理を終了する。

【0059】

一方、ステップ 41 の判別結果が YES で、 $DK2 > 0$ のときには、第 2 還元剤量積算値 $sumkact2$ を算出すべきであると判定して、ステップ 43 に進み、下式 (1) により、第 2 還元剤量積算値 $sumkact2$ を算出した後、本処理を終了する。

20

【数 1】

$$sumkact2 = sumkact2Z + DK2 \cdot GAIR \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 $sumkact2Z$ は第 2 還元剤量積算値 $sumkact2$ の前回値である。

【0060】

以上のように、第 2 還元剤量積算値 $sumkact2$ は、 $DK2 > 0$ すなわち $KACT2 > 1.0$ であるときに、第 2 偏差 $DK2$ と吸入空気量 $GAIR$ の積を積算することによって算出されるので、この第 2 還元剤量積算値 $sumkact2$ は、下流側触媒 12 に流入する排ガスが還元雰囲気になった時点からの、下流側触媒 12 に流入した還元剤の総量を表す値として算出される。

30

【0061】

図 3 に戻り、ステップ 13 で以上のように第 2 還元剤量積算値 $sumkact2$ を算出した後、ステップ 14 に進み、第 3 還元剤量積算値 $sumkact3$ を算出する。この第 3 還元剤量積算値 $sumkact3$ の算出処理は、具体的には図 6 に示すように実行される。

【0062】

まず、ステップ 50 で、第 3 偏差 $DK3$ を、第 3 当量比 $KACT3$ と値 1.0 との偏差 ($KACT3 - 1.0$) に設定する。次いで、ステップ 51 に進み、第 3 偏差 $DK3$ が値 0 よりも大きいかなかを判別する。

40

【0063】

この判別結果が NO で、 $DK3 = 0$ のときには、ステップ 52 に進み、第 3 還元剤量積算値 $sumkact3$ を値 0 に設定した後、本処理を終了する。

【0064】

一方、ステップ 51 の判別結果が YES で、 $DK3 > 0$ のときには、第 3 還元剤量積算値 $sumkact3$ を算出すべきであると判定して、ステップ 53 に進み、下式 (2) により、第 3 還元剤量積算値 $sumkact3$ を算出した後、本処理を終了する。

【数 2】

$$\text{sumkact3} = \text{sumkact3Z} + \text{DK3} \cdot \text{GAIR} \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 sumkact3Z は第 3 還元剤量積算値 sumkact3 の前回値である。

【0065】

以上のように、第 3 還元剤量積算値 sumkact3 は、 $\text{DK3} > 0$ すなわち $\text{KACT3} > 1.0$ であるときに、第 3 偏差 DK3 と吸入空気量 GAIR の積を積算することによって算出されるので、この第 3 還元剤量積算値 sumkact3 は、下流側触媒 12 を通過した排ガスが還元雰囲気になった時点からの、下流側触媒 12 を通過した還元剤の総量を表す値として算出される。

10

【0066】

図 3 に戻り、ステップ 14 で以上のように第 3 還元剤量積算値 sumkact3 を算出した後、本処理を終了する。

【0067】

一方、ステップ 12 の判別結果が YES で、 $\text{sumkact3} > \text{kref}$ のときには、下流側触媒 12 に貯蔵されていた酸素が、下流側触媒 12 を通過した還元雰囲気の排ガスとの酸化作用によってすべて消費されたと判定して、ステップ 15 に進み、第 2 当量比偏差 DKACT2 が所定値 KREF2 未満であるか否かを判別する。この第 2 当量比偏差 DKACT2 は、第 2 当量比の今回値と前回値との偏差の絶対値 $|\text{KACT2} - \text{KACT2Z}|$ として算出される。

20

【0068】

ステップ 15 の判別結果が NO で、 $\text{DKACT2} < \text{KREF2}$ のときには、第 2 当量比 KACT2 が過渡状態にあると判定して、後述するステップ 17 に進む。一方、ステップ 15 の判別結果が YES で、 $\text{DKACT2} < \text{KREF2}$ のときには、第 2 当量比 KACT2 が定常状態にあると判定して、ステップ 16 に進み、第 2 当量比 KACT2 の平均値（以下「第 2 当量比平均値」という） avekact2 を算出する。この第 2 当量比平均値 avekact2 の算出処理は、具体的には以下に述べるように実行される。

【0069】

すなわち、 $\text{DKACT2} < \text{KREF2}$ が成立した時点以降の第 2 当量比 KACT2 を、制御タイミング毎にサンプリングし、第 2 当量比 KACT2 のサンプリング数が所定値 n （例えば値 100）に達したときに、 n 個のサンプリング値を相加平均演算することによって、第 2 当量比平均値 avekact2 を算出する。これに加えて、第 2 当量比平均値 avekact2 の算出が終了した時点で、それを表すために、第 2 平均演算終了フラグ F_AVE2 を「1」に設定する。

30

【0070】

ステップ 15 または 16 に続くステップ 17 で、第 3 当量比偏差 DKACT3 が所定値 KREF3 未満であるか否かを判別する。この第 3 当量比偏差 DKACT3 は、第 3 当量比の今回値と前回値との偏差の絶対値 $|\text{KACT3} - \text{KACT3Z}|$ として算出される。

【0071】

ステップ 17 の判別結果が NO で、 $\text{DKACT3} < \text{KREF3}$ のときには、第 3 当量比 KACT3 が過渡状態にあると判定して、後述するステップ 19 に進む。一方、ステップ 17 の判別結果が YES で、 $\text{DKACT3} < \text{KREF3}$ のときには、第 3 当量比 KACT3 が定常状態にあると判定して、ステップ 18 に進み、第 3 当量比 KACT3 の平均値（以下「第 3 当量比平均値」という） avekact3 を算出する。この第 3 当量比平均値 avekact3 の算出処理は、具体的には以下に述べるように実行される。

40

【0072】

すなわち、 $\text{DKACT3} < \text{KREF3}$ が成立した時点以降の第 3 当量比 KACT3 を、制御タイミング毎にサンプリングし、第 3 当量比 KACT3 のサンプリング数が前述した所定値 n に達したときに、 n 個のサンプリング値を相加平均演算することによって、第 3 当量比平均値 avekact3 を算出する。これに加えて、第 3 当量比平均値 avekact3

50

c t 3 の算出が終了した時点で、それを表すために、第 3 平均演算終了フラグ F __ A V E 3 を「 1 」に設定する。

【 0 0 7 3 】

ステップ 1 7 または 1 8 に続くステップ 1 9 で、第 2 および第 3 平均演算終了フラグ F __ A V E 2 , F __ A V E 3 がいずれも「 1 」であるか否かを判別する。この判別結果が N O で、第 2 および第 3 当量比平均値 a v e k a c t 2 , a v e k a c t 3 の少なくとも一方が算出されていないときには、そのまま本処理を終了する。

【 0 0 7 4 】

一方、ステップ 1 9 の判別結果が Y E S で、第 2 および第 3 当量比平均値 a v e k a c t 2 , a v e k a c t 3 の双方を算出済みであるときには、ステップ 2 0 に進み、第 2 および第 3 平均演算終了フラグ F __ A V E 2 , F __ A V E 3 を双方とも「 0 」に設定する。

10

【 0 0 7 5 】

次いで、ステップ 2 1 に進み、触媒劣化フラグ F __ C A T N G の設定処理を実行する。この設定処理は、具体的には図 7 に示すように実行される。

【 0 0 7 6 】

まず、ステップ 6 0 で、下式 (3) により、触媒酸素貯蔵能の基本値 O S C b a s e を算出する。

【数 3】

$$OSCbase = \frac{sumkact2}{avekact2} - \frac{sumkact3}{avekact3} \quad \dots\dots (3)$$

20

【 0 0 7 7 】

この触媒酸素貯蔵能の基本値 O S C b a s e は、下流側触媒 1 2 の酸素貯蔵能を表すものであり、その算出式として上式 (3) を用いるのは以下の理由による。すなわち、上式 (3) を変形すると、下式 (4) が得られる。

【数 4】

$$OSCbase = \frac{1}{avekact2} \left(sumkact2 - \frac{avekact2}{avekact3} \cdot sumkact3 \right) \quad \dots\dots (4)$$

30

この式 (4) を参照すると明らかなように、その右辺の括弧内の第 2 項は、2 つの当量比平均値の比 a v e k a c t 2 / a v e k a c t 3 を第 3 還元剤量積算値 s u m k a c t 3 に乗算した値であり、これは、中間 L A F センサ 2 3 の出力と下流側 L A F センサ 2 4 の出力とが互いに同じ感度になるように、第 3 還元剤量積算値 s u m k a c t 3 をゲイン補正した値に相当する。

【 0 0 7 8 】

ここで、前述したように、第 2 還元剤量積算値 s u m k a c t 2 は、下流側触媒 1 2 に流入する排ガスが還元雰囲気になった時点からの、下流側触媒 1 2 に流入した還元剤の総量を表しており、第 3 還元剤量積算値 s u m k a c t 3 は、下流側触媒 1 2 を通過した排ガスが還元雰囲気になった時点からの、下流側触媒 1 2 を通過した還元剤の総量を表している。そのため、第 2 還元剤量積算値 s u m k a c t 2 と、上記のようにゲイン補正した第 3 還元剤量積算値 s u m k a c t 3 との偏差 (すなわち式 (4) の右辺の括弧内の値) は、還元雰囲気の排ガスが下流側触媒 1 2 を通過した際、下流側触媒 1 2 に貯蔵されている酸素によって酸化された還元剤の総量を表すことになる。したがって、前述した式 (4) すなわち式 (3) の場合、そのような偏差を第 2 当量比平均値 a v e k a c t 2 で除算することによって、触媒酸素貯蔵能の基本値 O S C b a s e が算出されるので、この触媒酸素貯蔵能の基本値 O S C b a s e を下流側触媒 1 2 の酸素貯蔵能を適切に表す値として算出できる。

40

【 0 0 7 9 】

以上の理由により、本実施形態では、触媒酸素貯蔵能の基本値 O S C b a s e が、前述した式 (3) によって算出される。また、触媒酸素貯蔵能の基本値 O S C b a s e は、下

50

流側触媒 1 2 の酸素貯蔵能が高いほど、より大きくなるように算出される。なお、本実施形態では、触媒酸素貯蔵能の基本値 OSC_{base} が劣化度合パラメータおよび酸素貯蔵能パラメータに相当する。

【0080】

ステップ 60 に続くステップ 61 で、触媒温 $TCAT$ に応じて、図 8 に示すマップ（1 次元マップ）を検索することにより、触媒温補正係数 $CorTCAT$ を算出する。同図において、 $TREF_m$ は、 $TREF_1 < TREF_m < TREF_2$ が成立するように設定される触媒温 $TCAT$ の所定値である。

【0081】

このマップでは、触媒温補正係数 $CorTCAT$ は、 $TREF_1$ $TCAT$ $TREF_m$ の範囲において、触媒温 $TCAT$ が低いほど、より大きな値に設定されている。これは、触媒温 $TCAT$ が $TREF_1$ $TCAT$ $TREF_m$ の範囲にある場合、触媒温 $TCAT$ が低いほど、上流側触媒 1 1 の活性度合がより低い状態になるので、それに対応するためである。また、触媒温補正係数 $CorTCAT$ は、 $TREF_m < TCAT$ の範囲では一定値に設定されており、これは、上流側触媒 1 1 の活性度合が $TREF_m < TCAT$ の範囲において変化しないためである。

【0082】

ステップ 61 に続くステップ 62 で、排ガス流量 $QGAS$ に応じて、図 9 に示すマップを検索することにより、排ガス流量補正係数 $CorQGAS$ を算出する。なお、排ガス流量 $QGAS$ （排ガス流量パラメータ）は、エンジン回転数 NE および吸入空気量 $GAIR$ などに基づき、質量流量として算出される。このマップでは、排ガス流量補正係数 $CorQGAS$ は、排ガス流量 $QGAS$ が大きいほど、より大きい値に設定されている。これは、排ガス流量 $QGAS$ が大きい場合、排ガスが上流側触媒 1 1 を通過する際に上流側触媒 1 1 と反応しにくくなり、上流側触媒 1 1 を通過した排ガスの活性度合が低くなることに起因して、触媒酸素貯蔵能 OSC が実際値よりも小さな値に算出されてしまう状態が発生したり、下流側触媒 1 2 自体の排ガスとの反応時間（接触時間）が短くなること、および排ガス中の酸素が下流側触媒 1 2 に取り込まれにくくなることに起因して、下流側触媒 1 2 に実際に貯蔵される酸素量が低下してしまう状態が発生したりするので、それに対応するためである。

【0083】

次いで、ステップ 63 に進み、下式（5）により、触媒酸素貯蔵能 OSC を算出する。

【数 5】

$$OSC = OSC_{base} \cdot CorTCAT \cdot CorQGAS \quad \dots\dots (5)$$

【0084】

次に、ステップ 64 で、触媒酸素貯蔵能 OSC が所定の判定値 OSC_{JUD} よりも大きいかなかを判別する。この判別結果が YES で、 $OSC > OSC_{JUD}$ であるときには、下流側触媒 1 2 が劣化していないと判定して、ステップ 65 に進み、それを表すために、触媒劣化フラグ F_CATNG を「0」に設定する。その後、本処理を終了する。

【0085】

一方、ステップ 64 の判別結果が NO で、 $OSC \leq OSC_{JUD}$ であるときには、下流側触媒 1 2 が劣化したと判定して、ステップ 66 に進み、それを表すために、触媒劣化フラグ F_CATNG を「1」に設定する。その後、本処理を終了する。なお、本実施形態では、触媒酸素貯蔵能 OSC が、補正された劣化度合パラメータおよび補正された酸素貯蔵能パラメータに相当し、所定の判定値 OSC_{JUD} が所定値に相当する。

【0086】

図 3 に戻り、ステップ 21 で以上のように触媒劣化フラグ F_CATNG を設定した後、本処理を終了する。

【0087】

以上のように、第 1 実施形態の劣化判定装置 1 によれば、触媒酸素貯蔵能 OSC を所定

10

20

30

40

50

の判定値 OSC_{JUD} と比較することによって、下流側触媒 12 の劣化の有無が判定されるとともに、この触媒酸素貯蔵能 OSC が、触媒酸素貯蔵能の基本値 OSC_{base} を、触媒温補正係数 Cor_{TCAT} および排ガス流量補正係数 Cor_{QGA} で補正することによって算出される。この場合、触媒酸素貯蔵能の基本値 OSC_{base} は、下流側触媒 12 の酸素貯蔵能を表すものであるので、下流側触媒 12 の劣化度合を表すものに相当する。それにより、触媒酸素貯蔵能の基本値 OSC_{base} に基づいて算出した触媒酸素貯蔵能 OSC を用いることによって、下流側触媒 12 の劣化判定を精度よく行うことができる。

【0088】

また、触媒温補正係数 Cor_{TCAT} は、前述したように、 T_{REF1} T_{CAT} T_{REFm} の範囲において、触媒温 T_{CAT} が低いほど、より大きくなるように算出されるので、触媒酸素貯蔵能 OSC は、上流側触媒 11 を通過する排ガスの活性度合が低いほど、より大きくなるように算出されることになる。したがって、上流側触媒 11 を通過する排ガスの活性度合の変化を反映させながら、触媒酸素貯蔵能 OSC を算出することができ、それにより、上流側触媒 11 の温度変化に起因して、上流側触媒 11 を通過する排ガスの活性度合が変化する場合でも、下流側触媒 12 の劣化判定を精度よく実行することができる。その結果、下流側触媒 12 の劣化判定精度を向上させることができる。

【0089】

また、排ガス流量補正係数 Cor_{QGA} は、前述したように、排ガス流量 Q_{GA} が大きいほど、より大きくなるように算出されるので、排ガス流量 Q_{GA} が大きいことで、排ガスが上流側触媒 11 を通過する際に上流側触媒 11 と反応しにくくなり、上流側触媒 11 を通過した排ガスの活性度合が低くなったときでも、それを反映させながら、触媒酸素貯蔵能 OSC を適切に算出することができる。すなわち、上流側触媒 11 を通過した排ガスの活性度合が低くなったときでも、触媒酸素貯蔵能 OSC が実際値よりも小さな値に算出されてしまうのを回避することができる。以上により、排ガス流量 Q_{GA} の変化に起因して、上流側触媒 11 に対する排ガスの反応状態が変化する場合でも、下流側触媒 12 の劣化判定を精度よく実行することができる。その結果、下流側触媒 12 の劣化判定精度をさらに向上させることができる。

【0090】

なお、第 1 実施形態は、上流側触媒として三元触媒タイプのものを用いた例であるが、本発明の上流側触媒はこれに限らず、排ガスを浄化できるものであればよい。例えば、下流側触媒 12 と同様の NO_x 浄化触媒を、上流側触媒として用いてもよい。また、第 1 実施形態は、下流側触媒として NO_x 浄化触媒を用いた例であるが、本発明の下流側触媒はこれに限らず、排ガスを浄化できるとともに酸素貯蔵能を有するものであればよい。例えば、三元触媒を下流側触媒として用いてもよい。

【0091】

また、第 1 実施形態は、中間濃度パラメータ検出手段として中間 LA_F センサ 23 を用いた例であるが、本発明の中間濃度パラメータ検出手段はこれに限らず、上流側触媒と下流側触媒の間の排ガス中の、所定成分としての酸素の濃度を表す中間濃度パラメータを検出可能なものであればよい。例えば、中間濃度パラメータ検出手段として、排ガス中の NO_x 濃度に加えて酸素濃度もリニアに検出する NO_x 濃度センサや、排ガスの空燃比が理論空燃比からリッチ側に変化したときに検出値が所定の勾配を示すような酸素濃度センサなどを用いてもよい。

【0092】

さらに、第 1 実施形態は、下流側濃度パラメータ検出手段として下流側 LA_F センサ 24 を用いた例であるが、本発明の下流側濃度パラメータ検出手段はこれに限らず、下流側触媒の下流側の排ガス中の、所定成分としての酸素の濃度を表す下流側濃度パラメータを検出可能なものであればよい。例えば、下流側濃度パラメータ検出手段として、排ガス中の NO_x 濃度に加えて酸素濃度もリニアに検出する NO_x 濃度センサや、排ガスの空燃比が理論空燃比からリッチ側に変化したときに検出値が所定の勾配を示すような酸素濃度セ

10

20

30

40

50

ンサなどを用いてもよい。

【0093】

一方、第1実施形態は、温度パラメータとして、触媒温TCATを用いた例であるが、本発明の温度パラメータはこれに限らず、上流側触媒の温度を表すものであればよい。例えば、温度パラメータとして、上流側触媒を通過した排ガスの温度や、エンジン始動時からの経過時間の計数値、上流側触媒に供給された排ガスの熱量の積算値などを用いてもよい。

【0094】

また、第1実施形態は、酸素貯蔵能パラメータとして、触媒酸素貯蔵能の基本値OSCb a s eを用いた例であるが、本発明の酸素貯蔵能パラメータはこれに限らず、下流側触媒の酸素貯蔵能を表すものであればよい。

10

【0095】

次に、図10を参照しながら、本発明の第2実施形態に係る排ガス浄化装置の劣化判定装置1Aについて説明する。同図に示すように、この劣化判定装置1Aは、第1実施形態の劣化判定装置1と比べると、下流側LAFセンサ24が省略されている点と、中間NOxセンサ30および下流側NOxセンサ31を備えている点以外は、劣化判定装置1と同様に構成されているので、以下、劣化判定装置1と異なる点を中心に説明するとともに、それ以外の構成に関しては説明を省略する。

【0096】

この劣化判定装置1Aは、中間NOxセンサ30および下流側NOxセンサ31を備えており、これらのNOxセンサ30, 31はECU2に電氣的に接続されている。中間NOxセンサ30は、排気通路7の上流側触媒11と下流側触媒12の間に設けられており、排ガス中のNOx濃度を検出して、それを表す検出信号をECU2に出力する。ECU2は、この中間NOxセンサ30の検出信号に基づき、2つの触媒11, 12間の排ガス中のNOx濃度（以下「中間NOx濃度」という）CNOx __ P r eを算出する。なお、本実施形態では、中間NOxセンサ30が中間濃度パラメータ検出手段に相当し、中間NOx濃度CNOx __ P r eが中間濃度パラメータに相当する。

20

【0097】

また、下流側NOxセンサ31は、排気通路7の下流側触媒12よりも下流側に設けられており、排ガス中のNOx濃度を検出して、それを表す検出信号をECU2に出力する。ECU2は、この下流側NOxセンサ31の検出信号に基づき、下流側触媒12を通過した排ガス中のNOx濃度（以下「下流側NOx濃度」という）CNOx __ P o s tを算出する。なお、本実施形態では、下流側NOxセンサ31が下流側濃度パラメータ検出手段に相当し、下流側NOx濃度CNOx __ P o s tが下流側濃度パラメータに相当する。

30

【0098】

次に、ECU2によって実行される各種の制御処理について説明する。なお、本実施形態では、ECU2が、中間濃度パラメータ検出手段、下流側濃度パラメータ検出手段、劣化度合パラメータ算出手段、活性度合パラメータ検出手段、補正手段、劣化判定手段、制御手段および上流側酸素貯蔵能パラメータ算出手段に相当する。

【0099】

まず、図11を参照しながら、ECU2によって実行される空燃比制御処理について説明する。この処理は、前述した図2の空燃比制御処理と同様に、燃料噴射弁4による燃料噴射量QINJおよび燃料噴射タイミングφINJを算出するとともに、EGR制御弁8bを介してEGR量を制御するものであり、TDC信号の発生に同期する制御周期で実行される。

40

【0100】

この処理では、まず、ステップ70で、前述したステップ1と同様に、リッチ条件フラグF __ R I C Hが「1」であるか否かを判別する。この判別結果がNOのときには、ステップ71に進み、高NOx条件フラグF __ N O x U Pが「1」であるか否かを判別する。この高NOx条件フラグF __ N O x U Pの値は、後述する劣化判定処理において設定され

50

る。

【 0 1 0 1 】

ステップ 7 1 の判別結果が N O のときには、空燃比のリーン制御を実行すべきであると判定して、ステップ 7 2 に進み、前述したステップ 2 と同様にリーン制御処理を実行した後、本処理を終了する。

【 0 1 0 2 】

一方、ステップ 7 0 の判別結果が Y E S のときには、空燃比のリッチスパイク制御を実行すべきであると判定して、ステップ 7 3 に進み、前述したステップ 3 と同様にリッチスパイク制御処理を実行した後、本処理を終了する。

【 0 1 0 3 】

一方、ステップ 7 1 の判別結果が Y E S のときには、高 N O x 濃度制御を実行すべきであると判定して、ステップ 7 4 に進み、高 N O x 濃度制御処理を実行する。この高 N O x 濃度制御処理は、具体的には、図 1 2 に示すように実行される。

【 0 1 0 4 】

まず、ステップ 8 0 で、前述したリーン制御処理およびリッチスパイク制御処理と同様の手法により、高 N O x 濃度制御用の燃料噴射量 Q I N J および燃料噴射タイミング ϕ I N J を算出する。すなわち、アクセル開度 A P およびエンジン回転数 N E に応じて、図示しないマップを検索することにより、高 N O x 濃度制御用の要求トルク P M C M D を算出し、この高 N O x 濃度制御用の要求トルク P M C M D およびエンジン回転数 N E に応じて、図示しないマップを検索することにより、高 N O x 濃度制御用の燃料噴射量 Q I N J および燃料噴射タイミング ϕ I N J を算出する。

【 0 1 0 5 】

次に、ステップ 8 1 で、高 N O x 濃度制御用の要求トルク P M C M D およびエンジン回転数 N E に応じて、図示しないマップを検索することにより、高 N O x 濃度制御用の目標吸入空気量 G A I R _ C M D を算出する。

【 0 1 0 6 】

次いで、ステップ 8 2 に進み、E G R 制御処理を実行した後、本処理を終了する。この E G R 制御処理では、吸入空気量 G A I R が目標吸入空気量 G A I R _ C M D に収束するように、E G R 制御弁 8 b がフィードバック制御される。それにより、E G R 量がリーン制御中よりも減少するように制御され、その結果、エンジン 3 から排気通路 7 に排出される排ガスは、その空燃比がリーン制御中と同じ状態に制御されるとともに、N O x 濃度がリーン制御中よりも高い値になるように制御される。

【 0 1 0 7 】

図 1 1 に戻り、ステップ 7 4 の高 N O x 濃度制御処理を以上のように実行した後、空燃比制御処理を終了する。

【 0 1 0 8 】

次に、図 1 3 を参照しながら、E C U 2 によって実行される劣化判定処理について説明する。この処理は、中間 N O x 濃度 C N O x _ P r e と下流側 N O x 濃度 C N O x _ P o s t に基づいて、下流側触媒 1 2 の劣化判定を行うものであり、所定の制御周期 ΔT (例えば 1 0 m s e c) で実行される。

【 0 1 0 9 】

この処理では、まず、ステップ 9 0 で、前述した触媒活性フラグ F _ A C T が「 1 」であるか否かを判別する。この触媒活性フラグ F _ A C T は、第 1 実施形態の劣化判定装置 1 と同様に、前述した図 4 の活性判定処理によって設定される。このステップ 9 0 の判別結果が N O で、上流側触媒 1 1 が活性状態になっていないときには、下流側触媒 1 2 の劣化判定を実行すべきでないと判定して、ステップ 9 1 に進み、後述する 2 つのフラグ F _ Z E R O , F _ C A L をいずれも「 0 」に設定した後、本処理を終了する。

【 0 1 1 0 】

一方、ステップ 9 0 の判別結果が Y E S で、上流側触媒 1 1 が適切な活性状態にあるときには、ステップ 9 2 に進み、判定条件成立フラグ F _ J U D 2 が「 1 」であるか否かを

10

20

30

40

50

判別する。この判定条件成立フラグ F_JUD2 は、図示しない判定処理において、以下の条件 (f1) ~ (f3) がいずれも成立しているときには、下流側触媒 12 の劣化判定条件が成立しているとして「1」に設定され、それ以外のときには「0」に設定される。

(f1) リッチスパイク制御を終了してから所定時間が経過していること。

(f2) 今回の運転サイクル中 (すなわちエンジン始動時から停止時までの間) において、劣化判定処理を実行済みでないこと。

(f3) エンジン 3 が劣化判定処理を実行可能な運転状態であること。

【0111】

このステップ 92 の判別結果が NO で、下流側触媒 12 の劣化判定条件が成立していないときには、下流側触媒 12 の劣化判定を実行すべきでないと判定して、前述したステップ 91 を実行した後、本処理を終了する。

10

【0112】

一方、ステップ 92 の判別結果が YES で、下流側触媒 12 の劣化判定条件が成立しているときには、ステップ 93 に進み、ゼロ点補正済みフラグ F_ZERO が「1」であるか否かを判別する。この判別結果が NO のときには、下流側 NOx センサ 31 のゼロ点補正を実行すべきであると判定して、ステップ 94 に進み、ゼロ点補正処理を以下に述べるように実行した後、本処理を終了する。

【0113】

このステップ 94 のゼロ点補正処理は、以下に述べるように実行される。まず、下流側 NOx センサ 31 の検出信号値を、制御周期 ΔT 毎にサンプリングし、所定個数 (例えば 100 個) の検出信号値がサンプリングされた時点で、所定個数のサンプリング値を相加平均演算することによって、補正項を算出する。そして、この補正項の算出以降は、下流側 NOx センサ 31 の実際の検出信号値から補正項を減算した値に基づいて、下流側 NOx 濃度 C_{NOx_Post} が算出される。なお、ゼロ点補正済みの検出信号値が負の場合には、下流側 NOx 濃度 C_{NOx_Post} は値 0 に設定される。

20

【0114】

また、下流側 NOx センサ 31 のゼロ点補正処理において、上記の補正項が算出された時点で、ゼロ点補正処理を実行済みであることを表すために、ゼロ点補正済みフラグ F_ZERO が「1」に設定される。

【0115】

このように、ステップ 94 でゼロ点補正済みフラグ F_ZERO が「1」に設定されると、ステップ 93 の判別結果が YES となり、その場合には、ステップ 95 に進み、判定値算出済みフラグ F_CAL が「1」であるか否かを判別する。

30

【0116】

この判別結果が NO のときには、後述する NOx 供給量判定値 NOx_REF を算出すべきであると判定して、ステップ 96 に進み、NOx 捕捉量 S_Q_{NOx} に応じて、図 14 に示すマップを検索することにより、NOx 捕捉能 NOx_S を算出する。この NOx 捕捉能 NOx_S は、下流側触媒 12 が捕捉可能な NOx 量を表すものである。また、NOx 捕捉量 S_Q_{NOx} は、下流側触媒 12 に捕捉されたと推定される NOx 量であり、具体的には、以下に述べるように算出される。すなわち、図示しない算出処理において、要求トルク PM_{CMD} およびエンジン回転数 NE に応じて、図示しないマップを検索することにより、エンジン 3 の燃焼室から排気通路 7 に排出される NOx 排出量 Q_{NOx} を算出するとともに、これを積算することによって、NOx 捕捉量 S_Q_{NOx} が算出される。

40

【0117】

また、図 14 に示すように、NOx 捕捉能 NOx_S は、NOx 捕捉量 S_Q_{NOx} が大きいほど、より小さい値に設定されている。これは、NOx 捕捉量 S_Q_{NOx} が下流側触媒 12 に捕捉されたと推定される NOx 量である関係上、NOx 捕捉量 S_Q_{NOx} が大きいほど、下流側触媒 12 が捕捉可能な NOx 量がより小さくなるためである。

【0118】

次いで、ステップ 97 に進み、下流側触媒 12 の温度 (以下「下流側触媒温」という)

50

T C A T 2 に応じて、図 1 5 に示すマップを検索することにより、触媒温補正係数 C o r T C A T 2 を算出する。この下流側触媒温 T C A T 2 は、E C U 2 によって、触媒温センサ 2 4 と同様の下流側温度センサ（図示せず）の検出信号に基づいて算出される。同図において、T R E F a ~ T R E F d は、T R E F a < T R E F b < T R E F c < T R E F d が成立するように設定される下流側触媒温 T C A T 2 の所定値である。このマップでは、触媒温補正係数 C o r T C A T 2 は、T R E F a T C A T 2 < T R E F b の範囲において、下流側触媒温 T C A T 2 が低いほど、より小さい値に設定されている。これは、下流側触媒温 T C A T 2 が T R E F a T C A T 2 < T R E F b の範囲にある場合、下流側触媒温 T C A T 2 が低いほど、下流側触媒 1 2 の活性度合がより低いことで、その N O x 捕捉能力がより低い状態になるので、それに対応するためである。

10

【 0 1 1 9 】

また、触媒温補正係数 C o r T C A T 2 は、T R E F b T C A T 2 T R E F c の範囲では一定値に設定されており、これは、下流側触媒 1 2 の活性度合が T R E F b T C A T 2 T R E F c の範囲において変化しないためである。さらに、触媒温補正係数 C o r T C A T 2 は、T R E F c < T C A T 2 T R E F d の範囲では、下流側触媒温 T C A T 2 が高いほど、より小さい値に設定されている。これは、下流側触媒温 T C A T 2 が T R E F c < T C A T 2 T R E F d の範囲にある場合、下流側触媒温 T C A T 2 が高いほど、下流側触媒 1 2 の N O x 捕捉能力が低下するので、それに対応するためである。

【 0 1 2 0 】

ステップ 9 7 に続くステップ 9 8 で、排ガス流量 Q G A S に応じて、図 1 6 に示すマップを検索することにより、排ガス流量補正係数 C o r Q G A S 2 を算出する。このマップでは、排ガス流量補正係数 C o r Q G A S 2 は、排ガス流量 Q G A S が大きいほど、より小さい値に設定されている。これは、排ガス流量 Q G A S が大きい場合、排ガスが下流側触媒 1 2 を通過する際に下流側触媒 1 2 と反応しにくくなり、下流側触媒 1 2 を通過した排ガスの活性度合が低くなることに起因して、下流側触媒 1 2 が実際よりも低い N O x 捕捉能力を示す状態が発生したり、下流側触媒 1 2 自体の排ガスとの反応時間（接触時間）が短くなること、および排ガス中の N O x が下流側触媒 1 2 に捕捉されにくくなることに起因して、下流側触媒 1 2 に実際に捕捉される N O x 量が低下してしまう状態が発生したりするので、それに対応するためである。

20

【 0 1 2 1 】

次に、ステップ 9 9 に進み、下式（ 6 ）により、N O x 供給量判定値 N O x R E F を算出する。

30

【数 6】

$$N O x R E F = N O x S \cdot C o r T C A T 2 \cdot C o r Q G A S 2 \quad \dots\dots (6)$$

【 0 1 2 2 】

次いで、N O x 供給量判定値 N O x R E F を算出済みであることを表すために、ステップ 1 0 0 に進み、判定値算出済みフラグ F _ C A L を「 1 」に設定した後、本処理を終了する。

【 0 1 2 3 】

上記のように、ステップ 1 0 0 で判定値算出済みフラグ F _ C A L が「 1 」に設定されると、ステップ 9 5 の判別結果が Y E S となり、その場合には、ステップ 1 0 1 に進み、高 N O x 条件フラグ F _ N O x U P が「 1 」であるか否かを判別する。この判別結果が N O のときには、高 N O x 濃度制御を実行すべきであると判定して、ステップ 1 0 2 に進み、高 N O x 条件フラグ F _ N O x U P を「 1 」に設定した後、本処理を終了する。

40

【 0 1 2 4 】

このように、ステップ 1 0 2 で高 N O x 条件フラグ F _ N O x U P が「 1 」に設定されると、ステップ 1 0 1 の判別結果が Y E S となり、その場合には、ステップ 1 0 3 に進み、下式（ 7 ）により、N O x 供給量 s u m P r e N O x を算出する。

【数 7】

$$\text{sumPreNOx} = \text{sumPreNOxZ} + \text{CNOx_Pre} \cdot \text{QGAS} \cdot \Delta T \quad \dots\dots (7)$$

【0125】

この式(7)において、 sumPreNOxZ は、 NOx 供給量の前回値を表している。また、式(7)の右辺の第2項は、中間 NOx 濃度と排ガス流量と制御周期の積 $\text{CNOx_Pre} \cdot \text{QGAS} \cdot \Delta T$ であるので、前回の制御タイミングから今回の制御タイミングまでの間において、下流側触媒12に供給された NOx 量を表すものである。したがって、 NOx 供給量 sumPreNOx は、そのような値 $\text{CNOx_Pre} \cdot \text{QGAS} \cdot \Delta T$ を積算することによって算出されるので、高 NOx 濃度制御処理の開始タイミングから今回の制御タイミングまでの間において、下流側触媒12に供給されたと推定される NOx の総量を表すものになる。

10

【0126】

次いで、ステップ104に進み、下式(8)により、 NOx スリップ量 sumPostNOx を算出する。

【数 8】

$$\text{sumPostNOx} = \text{sumPostNOxZ} + \text{CNOx_Post} \cdot \text{QGAS} \cdot \Delta T \quad \dots\dots (8)$$

【0127】

この式(8)において、 sumPostNOxZ は、 NOx スリップ量の前回値を表している。また、式(8)の右辺の第2項は、下流側 NOx 濃度と排ガス流量と制御周期の積 $\text{CNOx_Post} \cdot \text{QGAS} \cdot \Delta T$ であるので、前回の制御タイミングから今回の制御タイミングまでの間において、下流側触媒12に捕捉されることなく、下流側触媒12を通過した NOx 量を表すものである。したがって、 NOx スリップ量 sumPostNOx は、そのような値 $\text{CNOx_Post} \cdot \text{QGAS} \cdot \Delta T$ を積算することによって算出されるので、高 NOx 濃度制御処理の開始タイミングから今回の制御タイミングまでの間において、下流側触媒12を通過したと推定される NOx の総量を表すものになる。

20

【0128】

すなわち、 NOx スリップ量 sumPostNOx は、下流側触媒12の NOx 捕捉能力が高いほど、より小さくなるように算出される。なお、本実施形態では、 NOx スリップ量 sumPostNOx が劣化度合パラメータおよび NOx スリップ量パラメータに相当する。

30

【0129】

次に、ステップ105で、 $\text{sumPreNOx} > \text{NOxREF}$ または $\text{sumPostNOx} > \text{NOxREF2}$ が成立しているか否かを判別する。この NOxREF2 は、 NOx スリップ量 sumPostNOx の所定の判定値(一定値)である。この判別結果が NO のときには、そのまま本処理を終了する。一方、ステップ105の判別結果が YES で、 $\text{sumPreNOx} > \text{NOxREF}$ が成立しているか、または $\text{sumPostNOx} > \text{NOxREF2}$ が成立しているときには、下流側触媒12の劣化判定を行うのに十分な量の NOx が下流側触媒12に供給されたか、または下流側触媒12を通り抜けた NOx 量が多い状態にあることで、下流側触媒12の劣化判定を行うべきであると判定して、ステップ106に進み、触媒劣化フラグ F_CATNG の設定処理を実行する。

40

【0130】

この触媒劣化フラグ F_CATNG の設定処理は、具体的には図17に示すように実行される。この処理では、まず、ステップ110で、補正係数 CorNOx を算出する。この補正係数 CorNOx は、具体的には、上流側酸素貯蔵能 PreOSC に応じて、図18に示すマップを検索することにより算出される。この上流側酸素貯蔵能 PreOSC (上流側酸素貯蔵能パラメータ)は、上流側触媒11の酸素貯蔵能を表すものであり、後述する図20の算出処理で算出される。

【0131】

50

図 18 おいて、PreOSC1 は、上流側酸素貯蔵能 PreOSC の所定値を表しており、このマップでは、補正係数 CorNOx は、PreOSC < PreOSC1 の範囲において、上流側酸素貯蔵能 PreOSC が小さいほど、より小さい値に設定されている。これは、PreOSC < PreOSC1 の範囲では、上流側酸素貯蔵能 PreOSC が小さいほど、上流側触媒 11 がより劣化した状態にあることで、上流側触媒 11 を通過した排ガスの活性度合がより低くなり、NOx スリップ量 sumPostNOx が実際よりも大きな値に算出されることになるので、それに対応するためである。また、補正係数 CorNOx は、PreOSC < PreOSC1 の範囲では、一定に設定されている。これは、PreOSC < PreOSC1 の範囲では、上流側触媒 11 が劣化していないことで、上流側触媒 11 を通過した排ガスの活性度合が変化しないためである。

10

【0132】

ステップ 110 に続くステップ 111 で、触媒温 TCAT に応じて、図 19 に示すマップを検索することにより、触媒温補正係数 CorTCAT3 を算出する。同図の TREF4 ~ 6 は、TREF4 < TREF5 < TREF6 が成立するように設定される触媒温 TCAT の所定値である。同図に示すように、このマップでは、触媒温補正係数 CorTCAT3 は、TREF4 < TCAT < TREF5 の範囲において、触媒温 TCAT が低いほど、より小さい値に設定されている。これは、触媒温 TCAT が TREF4 < TCAT < TREF5 の範囲にある場合、触媒温 TCAT が低いほど、上流側触媒 11 の活性度合がより低い状態になることで、NOx スリップ量 sumPostNOx が実際よりも大きな値に算出されることになるので、それに対応するためである。また、触媒温補正係数 CorTCAT3 は、TREF5 < TCAT の範囲では一定値に設定されており、これは、上流側触媒 11 の活性度合が TREF5 < TCAT の範囲において変化しないためである。

20

【0133】

次に、ステップ 112 に進み、下式 (9) により、補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF を算出する。

【数 9】

$$\text{sumPostNOxF} = \text{CorNOx} \cdot \text{CorTCAT3} \cdot \text{sumPostNOx} \quad \dots\dots (9)$$

【0134】

次いで、ステップ 113 に進み、補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF が所定の判定値 NOxJUD よりも大きいかな否かを判別する。この判定値 NOxJUD は、一定値に設定されている。この判別結果が NO で、sumPostNOxF < NOxJUD のときには、下流側触媒 12 が劣化していないと判定して、ステップ 114 に進み、それを表すために、触媒劣化フラグ F_CATNG を「0」に設定する。

30

【0135】

一方、ステップ 113 の判別結果が YES で、sumPostNOxF > NOxJUD のときには、下流側触媒 12 が劣化したと判定して、ステップ 115 に進み、それを表すために、触媒劣化フラグ F_CATNG を「1」に設定する。なお、本実施形態では、補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF が、補正された劣化度合パラメータおよび補正された NOx スリップ量パラメータに相当し、判定値 NOxJUD が所定値に相当する。

40

【0136】

以上のステップ 114 または 115 に続くステップ 116 で、高 NOx 濃度制御処理を終了すべきであることを表すために、高 NOx 条件フラグ F_NOxUP を「0」に設定する。

【0137】

次に、ステップ 117 に進み、NOx 供給量 sumPreNOx と、NOx スリップ量 sumPostNOx をいずれも値 0 に設定した後、本処理を終了する。

【0138】

図 13 に戻り、ステップ 106 で、触媒劣化フラグ F_CATNG の設定処理を以上の

50

ように実行した後、劣化判定処理を終了する。

【 0 1 3 9 】

なお、前述したステップ 1 0 5 において、 NO_x スリップ量 sumPostNO_x を、判定値 $\text{NO}_x\text{REF}2$ に代えて、前述したステップ 1 1 3 で用いた判定値 NO_xJUD と比較するように構成してもよい。また、前述したステップ 9 7 では、下流側温度センサの検出信号に基づいて下流側触媒温 $\text{TCA}T2$ を算出し、この下流側触媒温 $\text{TCA}T2$ を用いて触媒温補正係数 $\text{CorTCA}T2$ を算出したが、触媒温補正係数 $\text{CorTCA}T2$ の算出手法はこれに限らず、下流側触媒 1 2 の温度と相関性の高いパラメータを用いて、触媒温補正係数 $\text{CorTCA}T2$ を算出する手法であればよい。例えば、エンジン 3 の運転状態を表すパラメータ（例えば、エンジン回転数 NE 、吸入空気量 GAIR およびアクセル開度 AP など）に応じて、下流側触媒 1 2 の温度を推定し、この推定温度を用いて触媒温補正係数 $\text{CorTCA}T2$ を算出してもよい。また、前述した触媒温 $\text{TCA}T$ は、下流側触媒 1 2 の温度と相関性が高いものであるので、この触媒温 $\text{TCA}T$ に応じて設定したマップを用いて、触媒温補正係数 $\text{CorTCA}T2$ を算出してもよい。

10

【 0 1 4 0 】

次に、図 2 0 を参照しながら、前述した上流側酸素貯蔵能 PreOSC の算出処理について説明する。この処理は、前述したリッチスパイク制御中に所定の制御周期（例えば 1 0 m s e c）で実行される。この処理では、ステップ 1 1 9 において、以下に述べるように、上流側酸素貯蔵能 PreOSC が算出される。まず、前述したステップ 1 2 ~ 1 4 と同様の手法により、上流側 LAF センサ 2 2 の検出信号に基づき、第 1 当量比と値 1 . 0 との偏差に吸入空気量を乗算した値 $(\text{KACT}1 - 1 . 0) \cdot \text{GAIR}$ を積算することによって、第 1 還元剤量積算値 $\text{sumkact}1$ を算出するとともに、ステップ 1 5 ~ 1 8 と同様の手法により、第 1 当量比 $\text{KACT}1$ の平均値 $\text{avekact}1$ を算出する。

20

【 0 1 4 1 】

さらに、前述したステップ 1 3 と同一の手法により、第 2 還元剤量積算値 $\text{sumkact}2$ を算出するとともに、前述したステップ 1 5 , 1 6 と同一の手法により、第 2 当量比平均値 $\text{avekact}2$ を算出する。そして、下式 (1 0) により、上流側酸素貯蔵能 PreOSC が算出される。

【 数 1 0 】

$$\text{PreOSC} = \frac{\text{sumkact}1}{\text{avekact}1} - \frac{\text{sumkact}2}{\text{avekact}2} \quad \dots\dots (10)$$

30

【 0 1 4 2 】

ステップ 1 1 9 で、以上のように上流側酸素貯蔵能 PreOSC を算出した後、本処理を終了する。

【 0 1 4 3 】

次に、図 2 1 を参照しながら、高 NO_x 濃度制御処理および劣化判定処理を以上のように実行した場合の、各フラグおよび各算出値の経時変化の一例について説明する。なお、同図中の下流側 NO_x 濃度 CNO_x_Post と、 NO_x スリップ量 sumPostNO_x とにおいて、実線で示す曲線は、下流側触媒 1 2 が劣化している場合のものであり、破線で示す曲線は、下流側触媒 1 2 が劣化していない場合のものである。

40

【 0 1 4 4 】

同図に示すように、時刻 $t1$ で、下流側触媒 1 2 の劣化判定条件が成立し、 $\text{F_JUD}2 = 1$ が成立すると、その後の NO_x 供給量判定値 NO_xREF が算出された時点（時刻 $t2$ ）で、 $\text{F_NO}_x\text{UP} = 1$ が成立し、高 NO_x 濃度制御処理が開始されるとともに、この高 NO_x 濃度制御処理の開始時点から任意の時間が経過したタイミング（時刻 $t3$ ）で、高 NO_x 濃度の排ガスが中間 NO_x センサ 3 0 に到達し、 NO_x 供給量 sumPreNO_x が上昇し始める。この NO_x 供給量 sumPreNO_x の上昇開始以降において、下流側触媒 1 2 が劣化しているときには、下流側 NO_x 濃度 CNO_x_Post も時間の経過に伴って上昇するとともに、補正後 NO_x スリップ量 $\text{sumPostNO}_x\text{F}$ も時間

50

の経過に伴って上昇する。そして、 $\text{sumPreNOx} > \text{NOxREF}$ が成立した時点（時刻 t_4 ）で、 $\text{sumPostNOxF} > \text{NOxJUD}$ が成立する。それにより、下流側触媒 12 が劣化したと判定される。

【0145】

一方、下流側触媒 12 が劣化していないときには、下流側 NOx 濃度 $C_{\text{NOx}}_{\text{Post}}$ および NOx スリップ量 sumPostNOx がほとんど変化しない。それにより、 $\text{sumPreNOx} > \text{NOxREF}$ が成立した時点（時刻 t_4 ）でも、 $\text{sumPostNOxF} > \text{NOxJUD}$ が成立する。それにより、下流側触媒 12 が劣化していないと判定される。

【0146】

以上のように、第 2 実施形態の劣化判定装置 1A によれば、補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF を所定の判定値 NOxJUD と比較することによって、下流側触媒 12 の劣化の有無が判定されるとともに、この補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF が、 NOx スリップ量 sumPostNOx を、補正係数 CorNOx および触媒温補正係数 CorTCAT3 で補正することによって算出される。この場合、 NOx スリップ量 sumPostNOx は、下流側触媒 12 を通過したと推定される NOx の総量を表すものであるので、下流側触媒 12 の劣化度合を表すものに相当する。それにより、 NOx スリップ量 sumPostNOx に基づいて算出した補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF を用いることによって、下流側触媒 12 の劣化判定を精度よく行うことができる。

10

20

【0147】

また、補正係数 CorNOx は、前述したように、 $\text{PreOSC} < \text{PreOSC1}$ の範囲において、上流側酸素貯蔵能 PreOSC が小さいほど、より小さくなるように算出されるので、補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF は、上流側触媒 11 の酸素貯蔵能が低いほど、すなわち上流側触媒 11 が劣化していることで、これを通過する排ガスの活性度合が低いほど、より小さくなるように算出されることになる。したがって、上流側触媒 11 を通過する排ガスの活性度合の変化を反映させながら、補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF を算出することができ、それにより、上流側触媒 11 の劣化に起因して、上流側触媒 11 を通過する排ガスの活性度合が変化する場合でも、下流側触媒 12 の劣化判定を精度よく実行することができる。その結果、下流側触媒 12 の劣化判定精度を向上させることができる。

30

【0148】

また、触媒温補正係数 CorTCAT3 は、前述したように、 $\text{TREF4} < \text{TCAT} < \text{TREF5}$ の範囲において、触媒温 TCAT が低いほど、より小さくなるように算出されるので、補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF は、上流側触媒 11 を通過する排ガスの活性度合が低いほど、より小さくなるように算出されることになる。したがって、上流側触媒 11 を通過する排ガスの活性度合の変化を反映させながら、補正後 NOx スリップ量 sumPostNOxF を算出することができ、それにより、上流側触媒 11 の温度変化に起因して、上流側触媒 11 を通過する排ガスの活性度合が変化する場合でも、下流側触媒 12 の劣化判定を精度よく実行することができる。その結果、下流側触媒 12 の劣化判定精度をさらに向上させることができる。

40

【0149】

さらに、下流側触媒 12 の劣化判定処理を実行する際、空燃比制御処理において、高 NOx 濃度制御処理が実行され、下流側触媒 12 に供給される排ガス中の NOx 濃度が、空燃比のリーン制御処理が実行される通常運転時よりも高くなるように制御される。それにより、通常運転時と比較して、 NOx スリップ量 sumPostNOx の上昇タイミングを早めることができるとともに、その上昇速度も高めることができる。その結果、下流側触媒 12 の劣化判定を迅速に行うことができるとともに、その判定精度をより一層向上させることができる。

【0150】

50

なお、第２実施形態は、中間濃度パラメータ検出手段として、中間 NO_x センサ３０を用いた例であるが、本発明の中間濃度パラメータ検出手段はこれに限らず、上流側触媒と下流側触媒の間における排ガス中の、所定成分としての NO_x の濃度を表す中間濃度パラメータを検出または算出できるものであればよい。例えば、中間 NO_x センサ３０を省略し、エンジン回転数 NE および要求トルク PMCM D に応じて、中間 NO_x 濃度 CNO_x_Pre を推定し、この推定値を用いて、中間濃度パラメータとしての NO_x 供給量 sumPreNO_x を算出してもよい。

【０１５１】

また、第２実施形態は、下流側濃度パラメータ検出手段として、下流側 NO_x センサ３１を用いた例であるが、本発明の下流側濃度パラメータ検出手段はこれに限らず、下流側触媒の下流側における排ガス中の、所定成分としての NO_x 濃度を表す下流側濃度パラメータを検出または算出できるものであればよい。例えば、 NO_x センサ以外のセンサの検出信号に基づいて、下流側濃度パラメータとしての下流側 NO_x 濃度 CNO_x_Post を算出してもよい。

【０１５２】

さらに、第２実施形態は、排ガス流量パラメータとして、排ガス流量 QGAS を用いた例であるが、本発明の排ガス流量パラメータはこれに限らず、排ガス流量を表すものであればよい。例えば、排ガス流量パラメータとして、空間速度を用いてもよい。

【０１５３】

一方、第２実施形態は、 NO_x スリップ量パラメータとして、 NO_x スリップ量 sumPostNO_x を用いた例であるが、本発明の NO_x スリップ量パラメータはこれに限らず、下流側触媒を通り抜けた NO_x 量を表すものであればよい。

【０１５４】

また、第２実施形態は、上流側酸素貯蔵能パラメータとして、上流側酸素貯蔵能 PreOSC を用いた例であるが、本発明の上流側酸素貯蔵能パラメータはこれに限らず、上流側触媒の酸素貯蔵能を表すものであればよい。

【０１５５】

さらに、第２実施形態は、ステップ９４のゼロ点補正処理において、下流側 NO_x センサ３１のゼロ点補正のみを実行した例であるが、上流側触媒１１が下流側触媒１２と同じく NO_x 浄化触媒タイプのものである場合には、ステップ９４のゼロ点補正処理において、中間 NO_x センサ３０および下流側 NO_x センサ３１の双方のゼロ点補正を実行してもよい。

【０１５６】

また、第２実施形態の劣化判定装置１Ａにおいて、中間 LAF センサ２３を省略し、中間 NO_x センサ３０として酸素濃度を検出する能力を有するものを用いることにより、リッチスパイク制御中、上流側 LAF センサ２２および中間 NO_x センサ３０の検出信号値に基づいて、上流側酸素貯蔵能 PreOSC を算出するように構成してもよい。このようにした場合、センサを１個省略できることで、その分、製造コストを削減することができる。

【０１５７】

一方、第２実施形態は、高 NO_x 濃度制御処理を図１２に示すように実行した例であるが、高 NO_x 濃度制御処理はこれに限らず、下流側触媒１２に供給される排ガスの NO_x 濃度をリーン制御時よりも高い値になるように制御する処理であればよい。例えば、高 NO_x 濃度制御処理を図２２に示すように実行してもよい。

【０１５８】

同図に示すように、この高 NO_x 濃度制御処理では、まず、ステップ１２０で、前述したステップ８０と同じ手法により、高 NO_x 濃度制御用の燃料噴射量 QINJ および燃料噴射タイミング ϕINJ を算出する。

【０１５９】

次いで、ステップ１２１で、高 NO_x 濃度制御用の要求トルク PMCM D およびエンジ

10

20

30

40

50

ン回転数 N_E に応じて、図示しないマップを検索することにより、中間 NO_x 濃度 $C_{NO_x_Pre}$ の目標値 $C_{NO_x_Pre_CMD}$ を算出する。この目標値 $C_{NO_x_Pre_CMD}$ は、リーン制御中の中間 NO_x 濃度 $C_{NO_x_Pre}$ よりも高い値に設定されている。

【0160】

ステップ121に続くステップ122で、中間 NO_x 濃度 $C_{NO_x_Pre}$ が上記目標値 $C_{NO_x_Pre_CMD}$ に収束するように、EGR制御弁8bをフィードバック制御した後、本処理を終了する。以上により、中間 NO_x 濃度 $C_{NO_x_Pre}$ がリーン制御中の値よりも高い値になるように制御され、それによって、下流側触媒12の劣化判定を迅速かつ精度よく実行することができる。

10

【0161】

次に、本発明の第3実施形態に係る排ガス浄化装置の劣化判定装置について説明する。この劣化判定装置は、第2実施形態の劣化判定装置1Aと比較すると、第2実施形態の図13に示す劣化判定処理に代えて、図23に示す劣化判定処理をECU2によって実行する点のみが異なっているので、以下、図23に示す劣化判定処理についてのみ説明する。なお、本実施形態でも、ECU2が、中間濃度パラメータ検出手段、下流側濃度パラメータ検出手段、劣化度合パラメータ算出手段、活性度合パラメータ検出手段、補正手段、劣化判定手段、制御手段および上流側酸素貯蔵能パラメータ算出手段に相当する。

【0162】

この劣化判定処理も、前述した図13の劣化判定処理と同様に、中間 NO_x 濃度 $C_{NO_x_Pre}$ と下流側 NO_x 濃度 $C_{NO_x_Post}$ に基づいて、下流側触媒12の劣化判定を行うものであり、所定の制御周期 ΔT (例えば10ms) で実行される。

20

【0163】

この処理では、まず、ステップ130で、前述した触媒活性フラグ F_ACT が「1」であるか否かを判別する。この触媒活性フラグ F_ACT は、第1実施形態の劣化判定装置1と同様に、前述した図4の活性判定処理によって設定される。ステップ130の判別結果がNOで、上流側触媒11が活性状態になっていないときには、下流側触媒12の劣化判定を実行すべきでないと判定して、ステップ131に進み、後述する平均値算出済みフラグ F_AVE と、前述した判定値算出済みフラグ F_CAL とをいずれも「0」に設定した後、本処理を終了する。

30

【0164】

一方、ステップ130の判別結果がYESで、上流側触媒11が適切な活性状態にあるときには、ステップ132に進み、前述した判定条件成立フラグ F_JUD2 が「1」であるか否かを判別する。この判別結果がNOで、下流側触媒12の劣化判定条件が成立していないときには、下流側触媒12の劣化判定を実行すべきでないと判定して、前述したステップ131を実行した後、本処理を終了する。

【0165】

一方、ステップ132の判別結果がYESで、下流側触媒12の劣化判定条件が成立しているときには、ステップ133に進み、平均値算出済みフラグ F_AVE が「1」であるか否かを判別する。この判別結果がNOのときには、下流側 NO_x 濃度 $C_{NO_x_Post}$ の平均値 $ave_{C_{NO_x}}$ を算出すべきであると判定して、ステップ134に進み、平均値 $ave_{C_{NO_x}}$ の算出処理を実行した後、本処理を終了する。

40

【0166】

このステップ134では、平均値 $ave_{C_{NO_x}}$ が以下に述べるように算出される。まず、制御周期 ΔT 毎に、下流側 NO_x 濃度 $C_{NO_x_Post}$ を下流側 NO_x センサ31の検出信号に基づいて算出し、この算出値をサンプリングする。そして、所定個数(例えば100個)の算出値がサンプリングされた時点で、所定個数のサンプリング値を相加平均演算することによって、平均値 $ave_{C_{NO_x}}$ を算出する。そして、この平均値 $ave_{C_{NO_x}}$ が算出された時点で、これを算出済みであることを表すために、平均値算出済みフラグ F_AVE が「1」に設定される。

50

【 0 1 6 7 】

このように、ステップ 1 3 4 で平均値算出済みフラグ F_AVE が「 1 」に設定されると、ステップ 1 3 3 の判別結果が YES となり、その場合には、ステップ 1 3 5 に進み、判定値算出済みフラグ F_CAL が「 1 」であるか否かを判別する。

【 0 1 6 8 】

この判別結果が NO のときには、 NOx 供給量判定値 $NOxREF$ を算出すべきであると判定して、ステップ 1 3 6 ~ 1 4 0 を、前述したステップ 9 6 ~ 1 0 0 と同様に実行した後、本処理を終了する。

【 0 1 6 9 】

上記のようにステップ 1 4 0 を実行すると、ステップ 1 3 5 の判別結果が YES となり、その場合には、ステップ 1 4 1 に進み、前述した高 NOx 条件フラグ F_NOxUP が「 1 」であるか否かを判別する。この判別結果が NO のときには、高 NOx 濃度制御を実行すべきであると判定して、ステップ 1 4 2 に進み、それを表すために、高 NOx 条件フラグ F_NOxUP を「 1 」に設定した後、本処理を終了する。

【 0 1 7 0 】

このように、ステップ 1 4 2 で高 NOx 条件フラグ F_NOxUP が「 1 」に設定されると、ステップ 1 4 1 の判別結果が YES となり、その場合には、ステップ 1 4 3 に進み、前述した式 (7) により、 NOx 供給量 $sumPreNOx$ を算出する。

【 0 1 7 1 】

次いで、ステップ 1 4 4 に進み、前述した式 (8) により、 NOx スリップ量 $sumPostNOx$ を算出する。

【 0 1 7 2 】

次に、ステップ 1 4 5 で、下式 (1 1) により、排ガス供給量 $sumQGAS$ を算出する。

【 数 1 1 】

$$sumQGAS = sumQGASZ + QGAS \cdot \Delta T \quad \dots\dots (11)$$

【 0 1 7 3 】

この式 (1 1) において、 $sumQGASZ$ は、排ガス供給量の前回値を表している。式 (1 1) の右辺の第 2 項は、排ガス流量と制御周期の積 $QGAS \cdot \Delta T$ であるので、前回の制御タイミングから今回の制御タイミングまでの間において、下流側触媒 1 2 に供給されたと推定される排ガス量を表すものである。したがって、排ガス供給量 $sumQGAS$ は、そのような値 $QGAS \cdot \Delta T$ を積算することによって算出されるので、高 NOx 濃度制御処理の開始タイミングから今回の制御タイミングまでの間において、下流側触媒 1 2 に供給されたと推定される排ガスの総量を表すものになる。

【 0 1 7 4 】

次いで、ステップ 1 4 6 に進み、前述したステップ 1 0 5 と同様に、 $sumPreNOx > NOxREF$ または $sumPostNOx > NOxREF2$ が成立しているか否かを判別する。この判別結果が NO のときには、そのまま本処理を終了する。一方、ステップ 1 4 6 の判別結果が YES のときには、ステップ 1 4 7 に進み、触媒劣化フラグ F_CATNG の設定処理を実行する。

【 0 1 7 5 】

この触媒劣化フラグ F_CATNG の設定処理は、具体的には図 2 4 に示すように実行される。この処理では、まず、ステップ 1 5 0 で、下式 (1 2) により、判定値 $NOxJUD2$ を算出する。

【 数 1 2 】

$$NOxJUD2 = C1 + sumQGAS \cdot aveCNOx \quad \dots\dots (12)$$

【 0 1 7 6 】

この式 (1 2) において、 $C1$ は所定の定数を表している。この式 (1 2) を参照する

10

20

30

40

50

と明らかなように、判定値 NOx_JUD2 は、定数 $C1$ に、排ガス供給量と平均値の積 $sumQGA S \cdot aveCNOx$ を加算することによって算出されるので、高 NOx 濃度制御処理の開始タイミングから今回の制御タイミングまでの間において、下流側触媒 12 に供給されたと推定される NOx の総量を表すように算出される。

【0177】

次に、ステップ 151 ~ 153 で、前述した図 17 のステップ 110 ~ 112 と同一の手法により、補正係数 $CorNOx$ 、触媒温補正係数 $CorTCAT3$ および補正後 NOx スリップ量 $sumPostNOxF$ をそれぞれ算出する。すなわち、図 18, 19 のマップ検索によって、補正係数 $CorNOx$ および触媒温補正係数 $CorTCAT3$ をそれぞれ算出するとともに、前述した式 (9) により、補正後 NOx スリップ量 $sumPostNOxF$ を算出する。

10

【0178】

次いで、ステップ 154 に進み、補正後 NOx スリップ量 $sumPostNOxF$ が判定値 NOx_JUD2 よりも大きいかなかを判別する。この判別結果が NO で、 $sumPostNOxF < NOx_JUD2$ のときには、下流側触媒 12 が劣化していないと判定して、ステップ 155 に進み、それを表すために、触媒劣化フラグ F_CATNG を「0」に設定する。

【0179】

一方、ステップ 154 の判別結果が YES で、 $sumPostNOxF > NOx_JUD2$ のときには、下流側触媒 12 が劣化したと判定して、ステップ 156 に進み、それを表すために、触媒劣化フラグ F_CATNG を「1」に設定する。なお、本実施形態では、補正後 NOx スリップ量 $sumPostNOxF$ が、補正された劣化度合パラメータおよび補正された NOx スリップ量パラメータに相当し、判定値 NOx_JUD2 が所定値に相当する。

20

【0180】

以上のステップ 155 または 156 に続くステップ 157 で、高 NOx 濃度制御処理を終了すべきであることを表すために、高 NOx 条件フラグ F_NOxUP を「0」に設定する。

【0181】

次に、ステップ 158 に進み、 NOx 供給量 $sumPreNOx$ と、 NOx スリップ量 $sumPostNOx$ と、排ガス供給量 $sumQGA S$ とをいずれも値 0 に設定した後、本処理を終了する。

30

【0182】

図 23 に戻り、ステップ 147 で、触媒劣化フラグ F_CATNG の設定処理を以上のように実行した後、劣化判定処理を終了する。

【0183】

なお、前述したステップ 146 において、 NOx スリップ量 $sumPostNOx$ を、判定値 NOx_REF2 に代えて、前述したステップ 150 で算出した判定値 NOx_JUD2 と比較するように構成してもよい。

【0184】

40

以上のように、第 3 実施形態の劣化判定装置によれば、補正後 NOx スリップ量 $sumPostNOxF$ を判定値 NOx_JUD2 と比較することによって、下流側触媒 12 の劣化の有無が判定されるとともに、この補正後 NOx スリップ量 $sumPostNOxF$ が、 NOx スリップ量 $sumPostNOx$ を、補正係数 $CorNOx$ および触媒温補正係数 $CorTCAT3$ で補正することによって算出されるので、前述した第 2 実施形態の劣化判定装置 1A と同様の作用効果を得ることができる。

【0185】

すなわち、上流側触媒 11 の劣化および / または温度変化に起因して、上流側触媒 11 を通過する排ガスの活性度合が変化する場合でも、下流側触媒 12 の劣化判定を精度よく実行することができる。これに加えて、高 NOx 濃度制御を実行することによって、下流

50

側触媒 12 の劣化判定を迅速に行うことができるとともに、その判定精度を向上させることができる。以上により、劣化判定精度を向上させることができる。

【0186】

なお、第1実施形態は、排ガス中の所定成分として酸素を用い、第2および第3実施形態は、排ガス中の所定成分として NO_x を用いた例であるが、本発明の所定成分はこれに限らず、排ガス中の所定成分であればよい。例えば、所定成分として、 HC や CO などを用いてもよい。

【0187】

また、第1実施形態は、劣化度合パラメータとして酸素貯蔵能の基本値 OSC_{base} を用い、第2および第3実施形態は、劣化度合パラメータとして NO_x スリップ量 sum Post NO_x を用いた例であるが、本発明の劣化度合パラメータはこれに限らず、下流側触媒の劣化度合を表すものであればよい。例えば、下流側触媒を通り抜けた排ガス中の所定成分(HC や CO など)の積算値を用いてもよい。

10

【0188】

さらに、第1～第3実施形態は、活性度合パラメータとして触媒温 T_{CAT} を用いた例であるが、本発明の活性度合パラメータはこれに限らず、上流側触媒の活性度合を表すものであればよい。例えば、活性度合パラメータとして、上流側触媒を通過した排ガスの温度や、エンジン始動時からの経過時間の計数値、上流側触媒に供給された排ガスの熱量の積算値などを用いてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0189】

【図1】本発明の第1実施形態に係る劣化判定装置およびこれを適用した排ガス浄化装置を備えた内燃機関の概略構成を示す図である。

【図2】空燃比制御処理を示すフローチャートである。

【図3】下流側触媒の劣化判定処理を示すフローチャートである。

【図4】上流側触媒の活性判定処理を示すフローチャートである。

【図5】第2還元剤量積算値 sum kact_2 の算出処理を示すフローチャートである。

【図6】第3還元剤量積算値 sum kact_3 の算出処理を示すフローチャートである。

【図7】触媒劣化フラグ F_CATNG の設定処理を示すフローチャートである。

【図8】触媒温補正係数 $\text{Cor T}_{\text{CAT}}$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

30

【図9】排ガス流量補正係数 $\text{Cor Q}_{\text{GAS}}$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図10】本発明の第2実施形態に係る劣化判定装置およびこれを適用した排ガス浄化装置を備えた内燃機関の概略構成を示す図である。

【図11】空燃比制御処理を示すフローチャートである。

【図12】高 NO_x 濃度制御処理を示すフローチャートである。

【図13】下流側触媒の劣化判定処理を示すフローチャートである。

【図14】 NO_x 捕捉能 NO_xS の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図15】触媒温補正係数 $\text{Cor T}_{\text{CAT}2}$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

40

【図16】排ガス流量補正係数 $\text{Cor Q}_{\text{GAS}2}$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図17】触媒劣化フラグ F_CATNG の設定処理を示すフローチャートである。

【図18】補正係数 Cor NO_x の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図19】触媒温補正係数 $\text{Cor T}_{\text{CAT}3}$ の算出に用いるマップの一例を示す図である。

【図20】上流側酸素貯蔵能 Pre OSC の算出処理を示すフローチャートである。

【図21】第2実施形態の劣化判定装置によって高 NO_x 濃度制御処理および劣化判定処理を実行したときの、各フラグおよび各算出値の経時変化の一例を示すタイミングチャートである。

50

【図 2 2】高 NO_x 濃度制御処理の変形例を示すフローチャートである。

【図 2 3】第 3 実施形態の劣化判定装置における下流側触媒の劣化判定処理を示すフローチャートである。

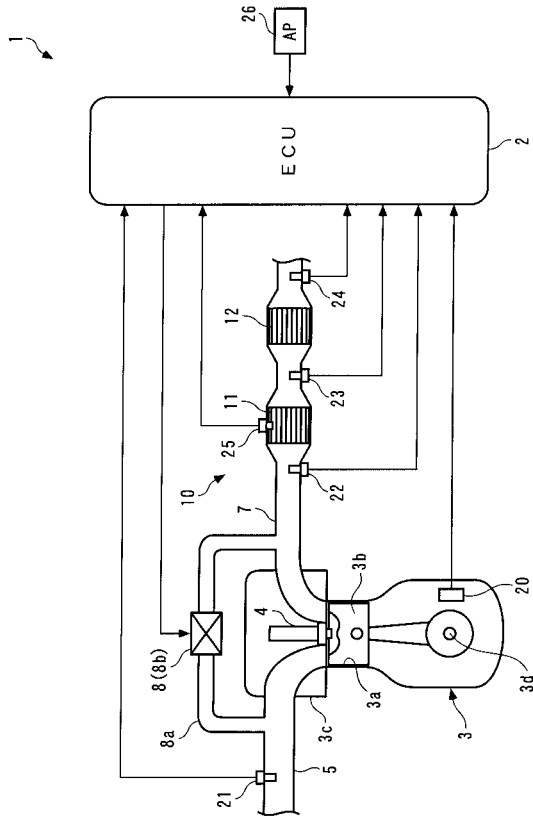
【図 2 4】第 3 実施形態の劣化判定装置における触媒劣化フラグ F_{__CATNG} の設定処理を示すフローチャートである。

【符号の説明】

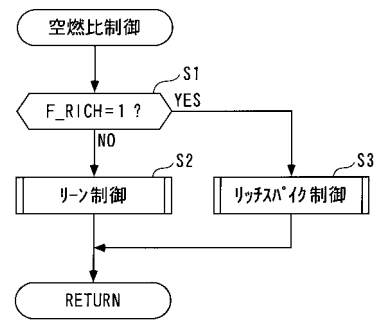
【 0 1 9 0 】

1	劣化判定装置	
1 A	劣化判定装置	
2	ECU (中間濃度パラメータ検出手段、下流側濃度パラメータ検出手段、劣化度合パラメータ算出手段、活性度合パラメータ検出手段、補正手段、劣化判定手段、制御手段、排ガス流量パラメータ検出手段、上流側酸素貯蔵能パラメータ算出手段)	10
3	内燃機関	
7	排気通路	
1 0	排ガス浄化装置	
1 1	上流側触媒	
1 2	下流側触媒	
2 0	クランク角センサ (排ガス流量パラメータ検出手段)	
2 1	エアフローセンサ (排ガス流量パラメータ検出手段)	20
2 3	中間 L A F センサ (中間濃度パラメータ検出手段)	
2 4	下流側 L A F センサ (下流側濃度パラメータ検出手段)	
2 5	触媒温センサ (活性度合パラメータ検出手段)	
3 0	中間 NO _x センサ (中間濃度パラメータ検出手段)	
3 1	下流側 NO _x センサ (下流側濃度パラメータ検出手段)	
KACT2	第 2 当量比 (中間濃度パラメータ)	
KACT3	第 3 当量比 (下流側濃度パラメータ)	
TCAT	上流側触媒の温度 (活性度合パラメータ、温度パラメータ)	
OSCbase	触媒酸素貯蔵能の基本値 (劣化度合パラメータ、酸素貯蔵能パラメータ)	
OSC	触媒酸素貯蔵能 (補正された劣化度合パラメータ、補正された酸素貯蔵能パラメータ)	30
OSCJUD	所定の判定値 (所定値)	
QGAS	排ガス流量 (排ガス流量パラメータ)	
CNOx_Pre	中間 NO _x 濃度 (中間濃度パラメータ)	
CNOx_Post	下流側 NO _x 濃度 (下流側濃度パラメータ)	
sumPostNOx	NO _x スリップ量 (劣化度合パラメータ、NO _x スリップ量パラメータ)	
sumPostNOxF	補正後 NO _x スリップ量 (補正された劣化度合パラメータ、補正された NO _x スリップ量パラメータ)	
NOxJUD	所定の判定値 (所定値)	
NOxJUD2	判定値 (所定値)	40
PreOSC	上流側酸素貯蔵能 (上流側酸素貯蔵能パラメータ)	

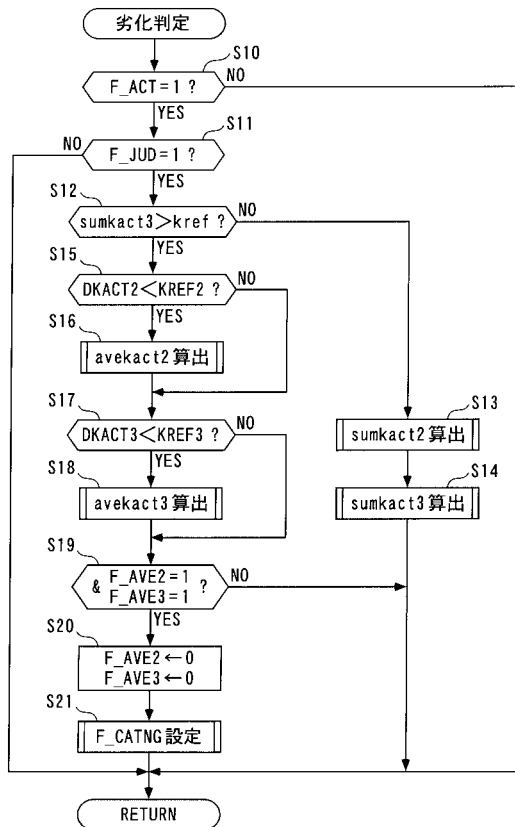
【図 1】



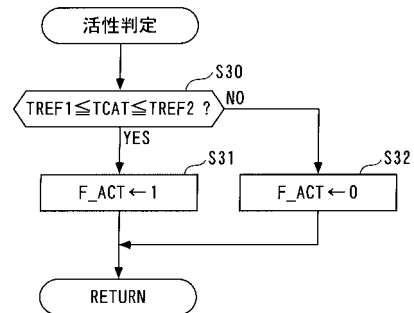
【図 2】



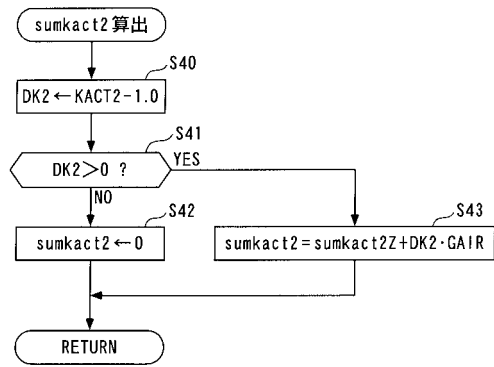
【図 3】



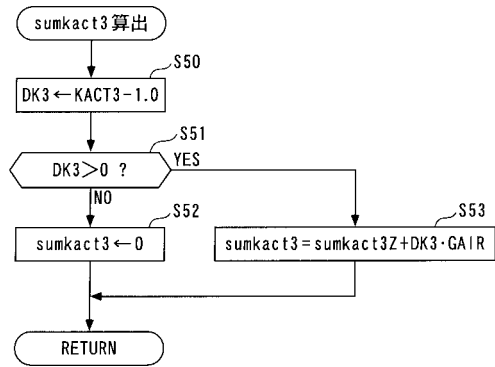
【図 4】



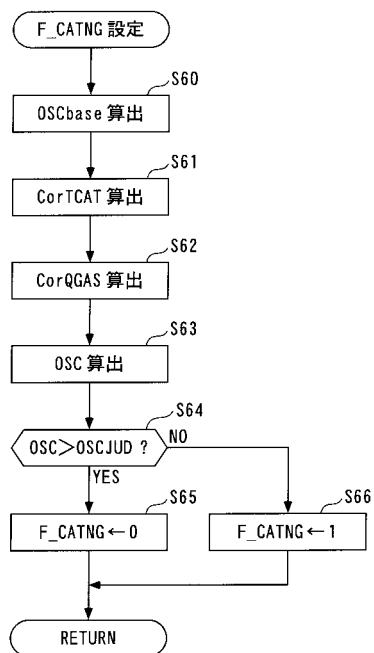
【図 5】



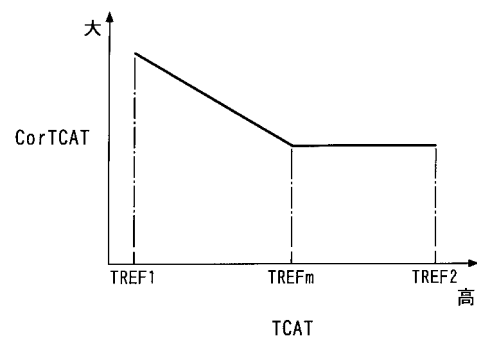
【図 6】



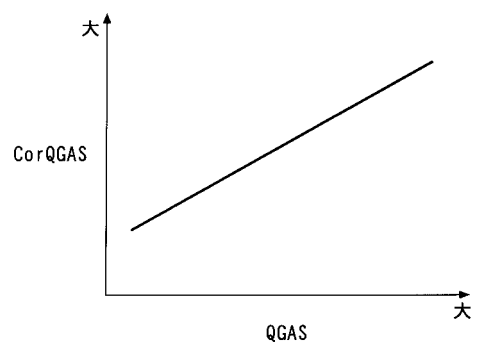
【図 7】



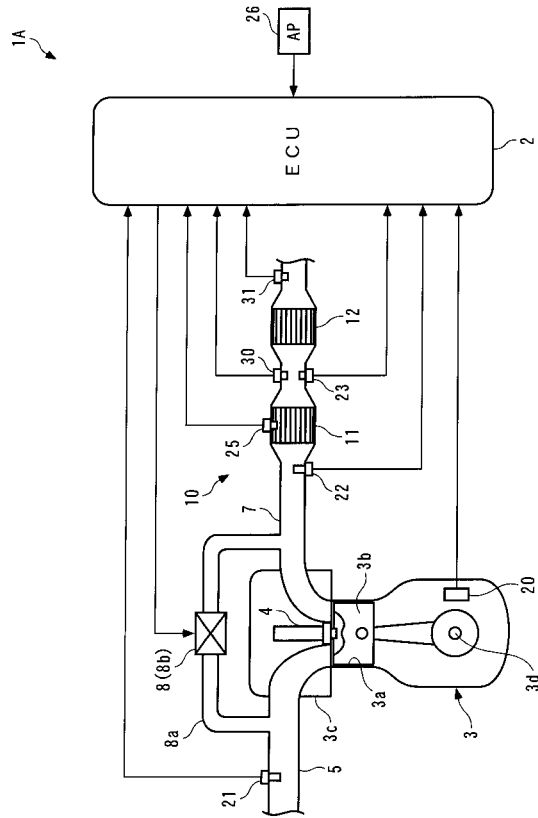
【図 8】



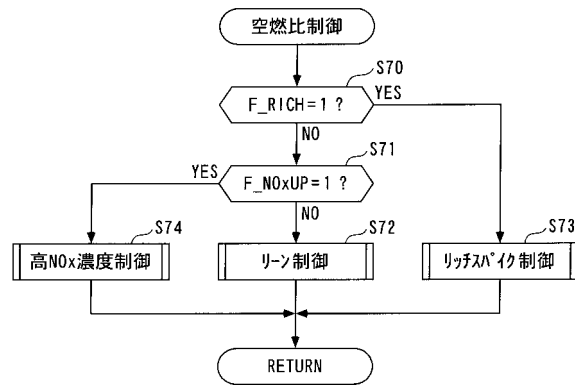
【図 9】



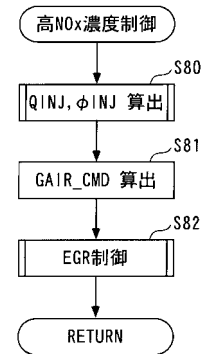
【図 10】



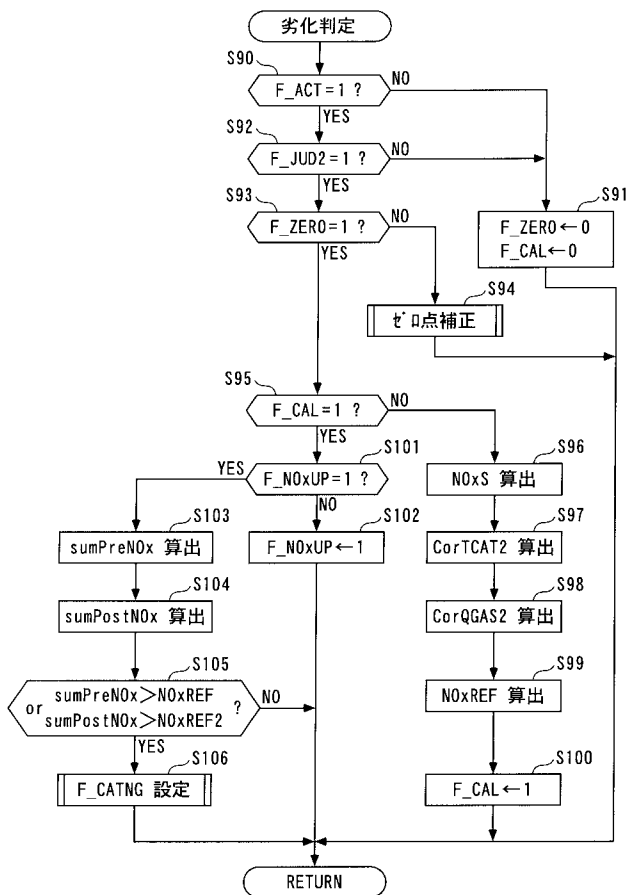
【図 11】



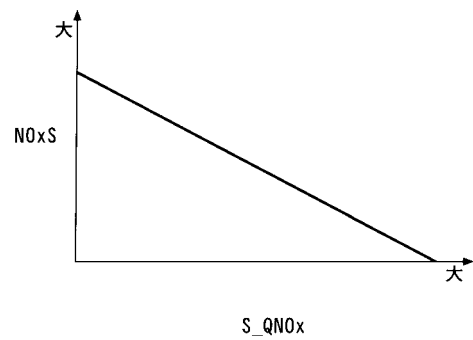
【図 12】



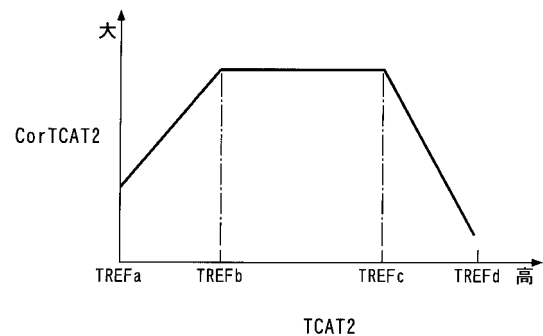
【図 13】



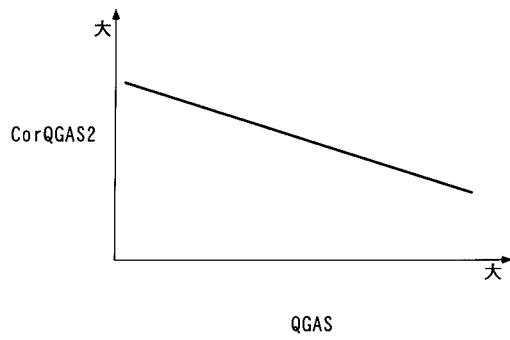
【図 14】



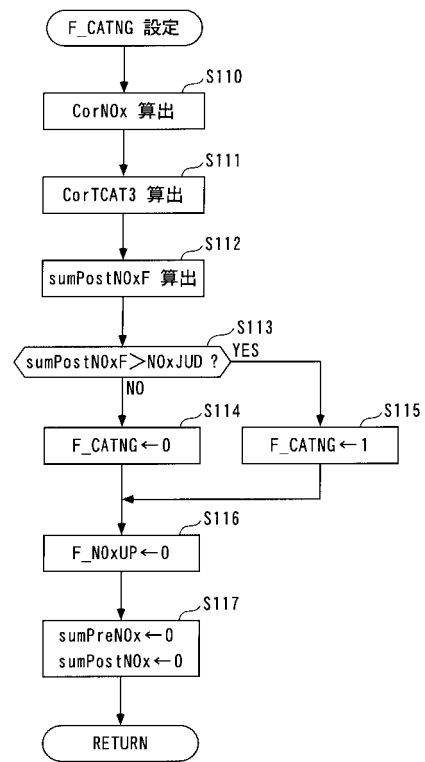
【図 15】



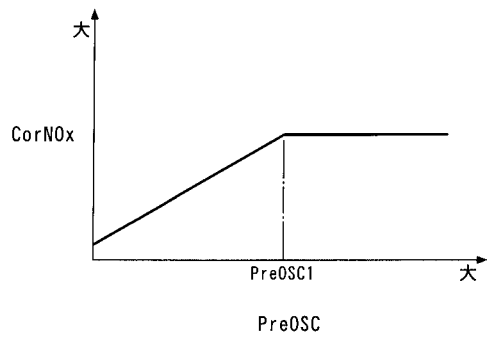
【図 16】



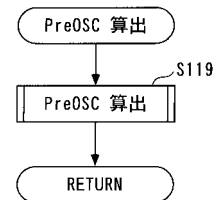
【図 17】



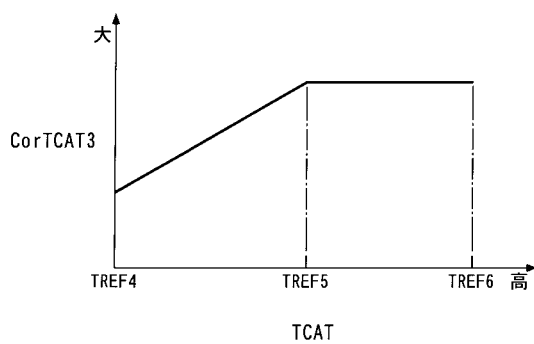
【図 18】



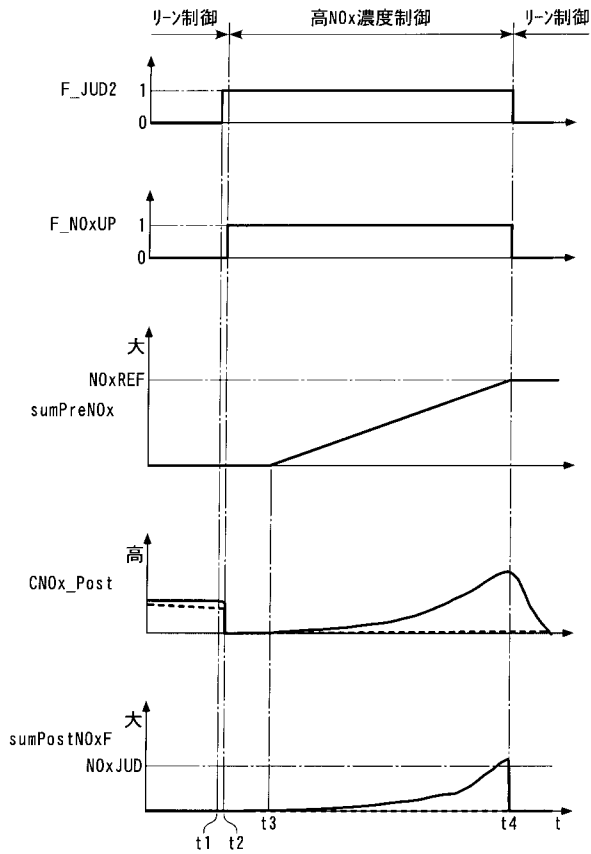
【図 20】



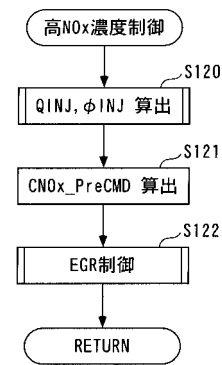
【図 19】



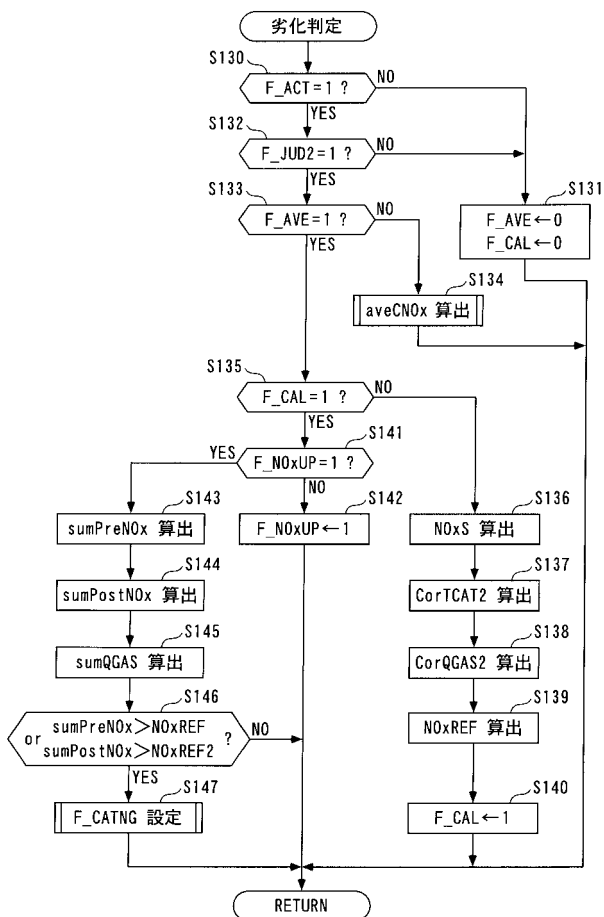
【図 2 1】



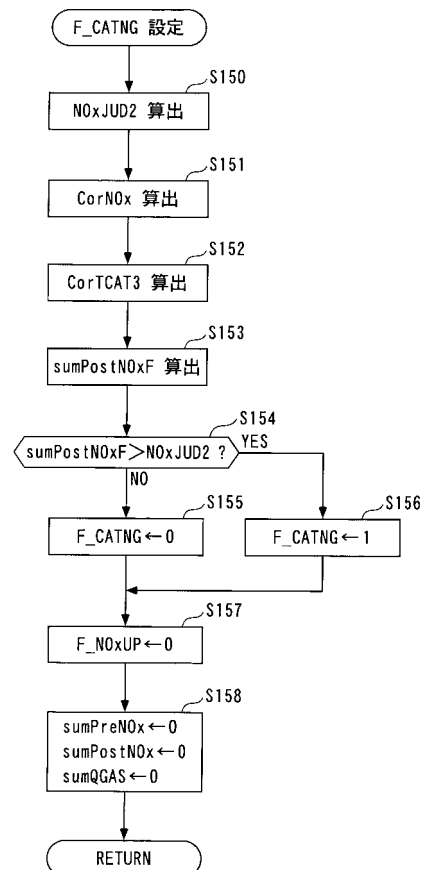
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
	B 0 1 D 53/36	1 0 1 A
	B 0 1 D 53/36	1 0 3 B
	B 0 1 D 53/36	1 0 1 B

F ターム(参考) 4D048 AA06 AA13 AA18 AB01 AB02 AB05 AB07 AC02 CC32 CD06
DA13 DA20 EA04